



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**PROPUESTA TÉCNICO – ECONÓMICA PARA LA
REPOTENCIACIÓN DEL “GRUPO CASA GRANDE DIVISIÓN
FÁBRICA EL TROJE” CON CRITERIOS DE LA NORMA NTE INEN-
ISO 50001:2012.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

BOLAÑOS NARVÁEZ MASHURY GABRIELA

mashury@hotmail.com

ESTRELLA VELASTEGUÍ HUGO ADRIÁN

adrian.-88@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUIS RUALES CORRALES

luis.ruales@epn.edu.ec

Quito, Febrero 2015

DECLARACIÓN

Nosotros, Mashury Bolaños y Hugo Estrella, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mashury Gabriela Bolaños Narvárez

Hugo Adrián Estrella Velasteguí

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mashury Gabriela Bolaños Narváez y Hugo Adrián Estrella Velasteguí, bajo mi supervisión.

Ing. Luis Ruales
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios que nos está permitiendo la culminación de nuestros estudios profesionales.

A nuestros padres y familiares por el apoyo y ayuda brindada en toda nuestra trayectoria estudiantil.

Al Ing. Luis Ruales Corrales, director de éste proyecto de titulación, por la confianza brindada, el apoyo y orientación necesaria para el desarrollo de este proyecto de titulación.

A nuestros docentes por habernos otorgado sus sabios conocimientos durante el tiempo de aprendizaje y que serán bien utilizados en nuestra futura vida profesional.

A nuestros compañeros y amigos que han estado presentes brindándonos el apoyo necesario en el transcurso de nuestra vida estudiantil.

Gaby & Hugo

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi padres que han sido mi motor y fuerza para seguir con mi carrera profesional ya que con el trabajo en familia han logrado a conseguir uno de mis principales anhelos, y también un sueño de ellos que como padres siempre me lo han hecho saber y a Dios que ha llevado mi vida por un camino hasta aquí lleno de satisfacciones y que espero que siga siendo así con esfuerzo y dedicación.

Mashury Bolaños N.

Este trabajo, se lo dedico a Dios que con sus bendiciones, su fortaleza y acompañamiento constante ha hecho posible la culminación de mi carrera, a mis padres, que supieron apoyarme en este sueño, y a toda mi familia que con sus consejos, apoyo y cariño forman parte de los pilares fundamentales para ahora culminar con mucha alegría esta etapa de mi formación profesional.

Hugo Estrella V.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	XI
PRESENTACIÓN.....	XIII
CAPITULO 1.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.4 RESEÑA HISTORICA DE LA INDUSTRIA	3
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA FÁBRICA.	3
1.5.1 ADMINISTRACIÓN	3
1.6 FABRICA EL TROJE	4
1.6.1 MISIÓN	5
1.6.2 VISIÓN	5
1.6.3 LA IDENTIDAD Y VALORES.....	5
1.6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN LA FÁBRICA.....	6
1.6.5 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y PLANO DE LA FÁBRICA.....	11
1.6.6 PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA	12
CAPITULO 2.....	14
2.1 NORMA TÉCNICA NTE INEN-ISO 50001:2012.	14
2.1.1 QUE ES LA NORMA.....	15
2.1.2 IMPORTANCIA DE LA NORMA.....	16
2.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA NORMA.	16
2.1.4 BENEFICIARIOS DE LA NORMA.....	17
2.1.5 REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DE LA NORMA TECNICA.	17
2.1.6 GESTIÓN DE LA ENERGÍA.	19
2.2 BASE CONCEPTUAL.	20
2.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA	20
2.2.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	22

2.2.3	REPOTENCIACIÓN INDUSTRIAL.....	23
2.2.4	AHORRO ENERGÉTICO	23
2.3	ÁREAS DE APLICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA.....	23
2.3.1	ILUMINACIÓN.....	23
2.3.2	INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	24
2.3.3	FACTOR DE POTENCIA.....	26
2.3.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	30
CAPITULO 3.....	36
3.1	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	36
3.1.1	LEVANTAMIENTO DE CARGA	36
3.1.2	DESCRIPCIÓN ELÉCTRICA DE LA PLANTA	38
3.1.3	DIAGRAMA UNIFILAR.....	40
3.1.4	DATOS HISTÓRICOS.....	42
3.1.5	MENÚ ENERGÉTICO	45
3.2	SELECCIÓN DE PUNTOS A CONSIDERARSE PARA LAS MEDICIONES PUNTUALES.....	48
3.3	EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	49
3.3.1	ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS POWER EXPLORER PX5.	49
3.3.2	CLAMP METER MS2000G.....	51
3.3.3	TACÓMETRO EXTECH INSTRUMENTS 461995.....	52
3.4	ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS.	53
3.4.1	TRANSFORMADOR DE 250 kVA, 13.8 kV - 220/127 V.....	53
3.4.2	TRANSFORMADOR DE 200 kVA, 13.8 kV - 460/265 V.....	59
3.4.3	PELETIZADORA, 200 HP, 460 V.....	63
3.4.4	MOLINO, 100 HP, 460 V.....	70
3.5	CALCULO DE LA LÍNEA BASE Y LINEA META	74
3.5.1	ANALISIS DE DATOS	74
3.5.2	DISEÑO DE LA LINEA BASE Y LINEA META	74
3.5.3	ANALISIS DE LA LINEA BASE Y LINEA META	77
CAPITULO 4.....	79
4.1	REQUISITOS GENERALES.	79
4.1.1	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA.....	79
4.1.2	ESTABLECER EL ALCANCE Y LOS LÍMITES	79
4.2	EQUIPO DE GESTIÓN	80

4.3	POLÍTICA ENERGÉTICA.....	82
4.4	PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA.	85
4.4.1	REDIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR 200 kVA (13.8 kV/460 V).	87
4.4.2	PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA.	107
4.4.3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO A NIVEL ELÉCTRICO Y MECÁNICO.	116
4.5	IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN.	130
4.6	VERIFICACIÓN.	130
4.7	REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN.	130
<i>CAPITULO 5.....</i>		<i>131</i>
5.1	SELECCIÓN DE FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO.	131
5.2	VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROCESOS DE MEJORA PROPUESTOS.....	133
5.2.1	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.	133
5.2.2	CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE 200 kVA a 300 kVA.	134
5.2.3	CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.	135
5.2.4	PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	136
5.3	kWh AHORRADOS CON EL CAMBIO DE TRANSFORMADOR.....	136
5.4	VIABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA.	141
5.4.1	FLUJOS ECONÓMICOS.....	141
5.4.2	INDICADORES FINANCIEROS Y ECONÓMICOS.	145
5.4.3	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE INDICADORES.	148
<i>CAPITULO 6.....</i>		<i>150</i>
6.1	CONCLUSIONES.....	150
6.2	RECOMENDACIONES.....	153
<i>BIBLIOGRAFIA.....</i>		<i>155</i>
<i>ANEXOS.....</i>		<i>162</i>

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo formular una propuesta de manejo eficiente de la energía eléctrica con criterios de la norma de gestión de energía NTE INEN-ISO 50001:2012 para el Grupo Casa Grande división Fábrica “El Troje” situada en la provincia de Tungurahua, cantón Baños de Agua Santa, Km 5 vía al Puyo.

El capítulo 1, se desarrolla con la ampliación del objetivo general y específicos, la justificación del proyecto, una breve reseña histórica de la industria, misión, visión y la descripción de las áreas y procesos involucrados en la fabricación del balanceado.

El capítulo 2, contiene los aspectos conceptuales y la descripción teórica de los elementos que forman parte del presente trabajo, se puede encontrar el análisis de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, una descripción de eficiencia energética, ahorro energético, los motores trifásicos eficientes, transformadores de distribución, definiciones de bancos de condensadores, y el proceso para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo.

En el capítulo 3 se realiza un diagnóstico energético, con los datos históricos de consumo, el levantamiento de carga, un análisis de las tarifas eléctricas a las que está sometida la industria, las mediciones efectuadas en los transformadores y puntos de mayor consumo de energía donde se identificó los problemas existentes para posteriormente plantear soluciones técnicas, adicionalmente se obtuvo la línea base y línea meta en relación a la producción de quintales de balanceado y el consumo de energía eléctrica.

El capítulo 4 presenta el desarrollo de la propuesta de política de gestión de energía en base a la norma NTE INEN-ISO 50001:2012 aplicada a las necesidades de la fábrica El Troje, partiendo de los resultados del diagnóstico energético. Se centró el análisis en el transformador de 200 kVA el cual presenta bajo factor de potencia y variación de voltaje por debajo de la norma ANSI C84.1-1989 que establece que los límites de tolerancia de voltaje para motores de inducción es de +/- 10%, para ello se plantea las propuestas para la remediación de estos problemas.

El capítulo 5 presenta el análisis financiero de la implementación de las propuestas planteadas, siendo éstas la implementación del sistema de gestión de energía, cambio de transformador de distribución, sistema para la corrección del factor de potencia y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Se acude a los indicadores financieros como TIR, VAN, C/B, Tiempo de recuperación de la inversión, para poder valorar financieramente al proyecto y conocer si se puede o no ejecutarse, pensando en el beneficio para la industria.

Finalmente en el capítulo 6, se plasma las conclusiones y recomendaciones que resultan del desarrollo del presente proyecto de titulación.

ABSTRACT

The present work has as an objective to formulate the management purpose of the efficient electric energy with the criteria of NTE INEN-ISO 50001:2012 for Grupo Casa Grande división Fábrica “El Troje” locales in Tungurahua province, Baños de Agua Santa city, Km 5.

The first chapter develops the general and specific objectives and their ampliation. Also, the Project justification. On the other hand, in this chapter we can find an abstract of the industry history, the mission, vision and the description of the areas and the involved procedures on the production of birds processed food.

The second chapter has the conceptual aspects and the theoretic description of the elements. The analysis of the norm NTE INEN-ISO 50001:2012, has an efficient energetic description, energy trifasic engine, electric regulators of the distribution, definitions of regulators and design of the management plan.

On the third chapter contains an energetic diagnostic with data, the charge lightens an analysis of the electric bills in the industry, the regulators meditions on their higher consume point, where, the problems showed up and help to formulate technical solutions. For more, the base and the goal line in the relation of the bird processed food quintales and electric energy consume.

The fourth chapter presents the development of politic gestion on base NTE INEN-ISO 50001:2012, based on the needs of El Troje Factory. The analysis was based on the electric regulators 200 kVA which shows a low level of potency and variation of voltage in the norm ANSI C84.1-1989. This norm establishes the tolerance of the voltage for engine of induction. For that the purposes for the solvement of these problems.

The fifth chapter presents the final analysis of the implementation of the presented purposes. These purposes are the implementation of the energy gestion, electric regulators of distribution and the correction system for the factor of implementation and potential prevent. The financial indicators like to feedback time for the inversion. This helped to evaluate the project and know about its effectiveness based on the benefit of the industry.

Finally, in sixth chapter, the conclusions and recommendations resulting from the implementation of this Project is reflected.

PRESENTACIÓN

La creciente industrialización a la que está sometida la humanidad, hace que el consumo de energía aumente rápidamente, con ello el agotamiento de las fuentes de energía no renovables, a la par del florecimiento industrial se debe considerar formas eficientes de consumo energético.

Los esfuerzos a nivel mundial para mejorar el consumo de la energía, ha hecho que se cree la Norma ISO 50001, la cual fue homologada para su aplicación en el país desde el año 2012, esta normativa a través del diseño de sistemas de gestión de energía permite identificar los puntos en los que se puede optimizar el consumo de energía.

En este documento, se pretende crear un sistema de gestión de energía basado en la Norma NTE INEN-ISO 50001:2012 para el Grupo Casa Grande división Fábrica “El Troje”, una industria ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Baños de Agua Santa, que es dedicada a la fabricación de balanceado de consumo aviar.

Para la creación del sistema de gestión de energía, se parte del levantamiento de información efectuando mediciones de las cuales se identifica los puntos susceptibles para la aplicación del sistema de gestión, se plantea las oportunidades de mejoramiento basadas en el sistema “*PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar)*”(pág. 16) que sugiere la normativa, de los escenarios planteados se analiza el comportamiento de los diferentes escenarios con la ayuda de simulaciones y por último se estudia la valoración económica que tendría la implementación de las propuestas planteadas, y con la ayuda de indicadores financieros que ayudan a calificar si un proyecto es viable o no se determina de una manera técnica y económica la implementación o no de la propuesta efectuada.

El presente trabajo de titulación, aporta alternativas para la optimización y mejoramiento del consumo de energía en el desarrollo de los procesos productivos del sector industrial.

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es un medio para optimizar recursos, y en el Ecuador al existir procesos encaminados al cambio de matriz productiva y energética, con la implementación de criterios de Eficiencia Energética existen beneficios como la disminución de pérdidas, mejora en el trabajo y la inversión que se realice sea recuperada a mediano y largo plazo; así como también que contribuya a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. Por tal razón el presente trabajo es una propuesta de repotenciación para el sector industrial con la aplicación de políticas de la gestión de energía, sugeridas por la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, que brinda los lineamientos para implementar sistemas de gestión de energía, y que de la mano de los avances industriales que vive el país aportan al mejoramiento del sector productivo.

Se plantea como caso de estudio la implementación de Políticas de Eficiencia Energética en la Fábrica El Troje, ubicada en la ciudad de Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

En las industrias se presentan maquinarias que funcionan con energía eléctrica en su mayoría como fuente de alimentación por tal razón buscar el ahorro energético es uno de los problemas a solucionar, las alternativas que se desarrollaran en el presente trabajo de titulación son casos que en la ingeniería eléctrica se usa, como son la implementación de maquinaria eficiente, mejora de procesos, cambio de iluminación entre otros, los cuales son puestos a selección adecuándose a los requerimientos de la industria para luego escoger la solución más acertada que acompañada del análisis económico se convierte en la alternativa más viable; y que sobretodo sea apegada a la gestión eficiente de energía que se establece en el trabajo de titulación.

El resultado de este trabajo permitirá brindar una alternativa de solución que este apegada a la eficiencia energética y proporcione un mejor desempeño industrial, empezando con implementación de sistemas de gestión que no solo representa la mejora de la economía sino hace partícipe del cambio de tecnologías

considerando técnicas eficientes que juntas forman parte de la solución al gasto innecesario de energía.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Formular una propuesta de manejo eficiente de energía eléctrica tomando criterios de la norma NTE INEN-ISO 50001 2012 en el “Grupo Casa Grande división Fábrica El Troje”

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Proponer la creación de una política de gestión energética enmarcada en la norma NTE INEN-ISO 50001 2012, que permita identificar el mejor uso y desempeño energético en la Fábrica El Troje.
- Realizar un levantamiento de información, que permita monitorear el comportamiento actual de la planta mediante, datos históricos de consumo de la planta, mediciones en transformador y tableros de distribución, levantamiento del tipo de carga eléctrica instalada, maquinaria, sistemas de control, los horarios y actividades en los cuales la planta funcione, siendo este el punto de inicio para la propuesta.
- Proponer una variedad de propuestas técnicas en las que pueda incluir cambios en la infraestructura del sistema eléctrico en base a criterios de eficiencia energética, pautas que contribuyan al mejor desenvolvimiento de la fábrica.
- Seleccionar las mejores propuestas técnicas, que permitan dar viabilidad al cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos, financieros y la optimización del ahorro energético.
- Formular una propuesta que permita incorporar mejoras tecnológicas optimizando costos y maximizando beneficios.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del presente proyecto, pretende realizar un diagnóstico energético actual de la fábrica, acompañado de una propuesta de mejoramiento con la implementación de un Sistema de Gestión de Energía.

Para este fin, se abordarán temas relacionados a la Eficiencia Energética, que en los últimos años, se han desarrollado para brindar una oportunidad para la salida a muchos problemas ocasionados por el consumismo desmesurado de energía por parte del ser humano, es por esto que las fábricas impulsan la creación y mejoramiento de tecnologías, la aplicación equipos más eficientes que permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y ahorro de dinero por concepto de generación de energía eléctrica.

Parte de las acciones propuestas en el país, es la creación de políticas de gestión que de la mano de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, a través del Ministerio de Electricidad se está impulsando su implementación.

1.4 RESEÑA HISTORICA DE LA INDUSTRIA

“AVICOLA AGOYÁN” es una industria que tuvo sus inicios en 1962; sus dueños fueron Manuel Chávez (+) y la señora Marina Zúñiga Villena que se dedican a la crianza de gallinas de postura, para la producción y comercialización de huevos para consumo masivo. Inicia su actividad en la parroquia Ulba del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua, donde hoy es su domicilio principal.

Nace como una fábrica pequeña que prospera hasta que su propietario fallece, tomando las riendas del negocio su hijo Iván, apoyado por sus hermanos Esthela y Francisco Chávez Zúñiga, con experiencia en el trabajo de campo y su visión de negocios hace que se expanda a lugares como: Patate, Guadalupe y Puyo.

En base a su crecimiento, se plantea la creación de la Fábrica de balanceados “El Troje” que es motivo de estudio en este proyecto de titulación.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA FÁBRICA.

1.5.1 ADMINISTRACIÓN

El Grupo Casa Grande, administrado por el propietario Sr. Iván Chávez como Gerente General, se amplía a cinco áreas de producción como son:

- Avícola Agoyán: Producción y comercialización de huevos para el consumo humano.
- División oriente: producción y comercialización de pollo en pie y faenado.

- Fabrica el Troje: Producción y comercialización de Alimento Balanceado.
- Reproductoras: Producción de huevos incubables para pollito bebe.
- Planta de Incubación: Producción de pollito bebe.

Cada una de estas divisiones de negocios está conformada por una estructura administrativa y de control independiente.



Fig. 1-1 Administración del Grupo Casa Grande.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

En este trabajo, se hará referencia a la Fábrica de Balanceados El Troje.

1.6 FABRICA EL TROJE

Fábrica el Troje se ubica en el cantón Baños de Agua Santa, Parroquia Ulba, caserío Agoyán, con una superficie de terreno de 3 hectáreas dedicada a la producción del balanceado, con una capacidad aproximada de producción de 18.000 quintales semanales.



Fig. 1-2 Logo de la fábrica.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

En sus inicios se alcanzaba una producción aproximada de 880 quintales al año.

Actualmente el 90 % de la producción se destina para consumo propio.

1.6.1 MISIÓN

“Entregar un producto de calidad con estricto control de normas sanitarias que garantizan la salud de nuestros consumidores, produciendo al más bajo costo y distribuyendo a precios competitivos en el mercado para brindar a sus empleados bienestar y obteniendo una rentabilidad efectiva para sus accionistas”. [1]

1.6.2 VISIÓN

“Ser una empresa líder, que le permita competir en el mercado con productos y servicios de calidad que superen las expectativas de los cliente”. [1]

1.6.3 LA IDENTIDAD Y VALORES

1. “Calidad
2. Integridad
3. Innovación
4. Liderazgo
5. Progreso
6. Responsabilidad
7. Humildad.” [1]

1.6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN LA FÁBRICA.

Las actividades que se ejecutan en la fábrica, van desde la recepción de la materia hasta el envío del producto terminado, y en la Fig. 1-3 se aprecia los procesos industriales con un detalle de los motores existentes en cada área.

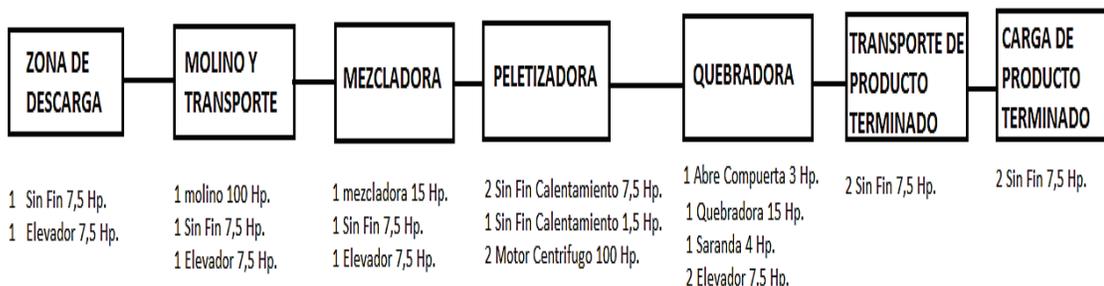


Fig. 1-3 Diagrama de Procesos Industriales.

Fuente: Procesos Industriales.

Elaboración: Propia.

RECEPCION DE MATERIA PRIMA

Para la elaboración del producto, se requiere de materia prima la misma que se la descarga en dos zonas:

- Descarga de Maíz.
- Descarga de Soya.

El maíz se lo recibe en tráilers, en promedio tres diarios con una carga de 850 quintales cada uno aproximadamente, el proceso de descarga se indica en la Fig. 1-4. Entre lunes y sábado se recibe en promedio 20 tráileres de carga, el tiempo de descarga fluctúa entre una hora y media, se realiza directamente desde una compuerta del tráiler, cae por gravedad en una tolva y usando un sinfín, el maíz es llevado a un elevador para ubicar el maíz en dos silos, el primero está destinado para alimentar al molino y el segundo para almacenamiento de maíz.

Cuando el silo de alimentación se termina, es nuevamente abastecido por medio de sinfín y elevadores desde el silo de almacenamiento.

El molino se alimenta por gravedad desde el silo, luego de este proceso, por medio de cintas se transporta el producto a tolvas de almacenamiento para su mezclado.



Fig. 1-4 Descarga de Maíz.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.

Por otro lado, la descarga de la soya se desarrolla de manera similar a la del maíz, en promedio semanal de 10 tráileres que es transportado por un sinfín y elevadores a dos silos de almacenaje para posteriormente alimentar al molino.

MOLIENDA

La molienda es un proceso en el que se tritura el maíz y la soya, preparando el producto para el mezclado, este proceso se realiza con un molino impulsado por un motor de 100 HP, en la Fig. 1-5, se encuentra el molino de maíz.



Fig. 1-5 Molino de Maíz.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.

El proceso de molienda se repite de forma similar en la soya, una vez molido se almacena en tolvas a la espera del siguiente proceso.

Las tolvas de almacenaje de producto molido son:

- Dos tolvas de Soya, y,
- Cuatro tolvas de Maíz.

MEZCLADO

Para el proceso de mezclado se cuenta con 6 tolvas que contienen la soya y el maíz previamente molido, la cantidad utilizada de productos primarios depende de las formulas existentes para cada producto y algunos de los elementos se los adiciona en forma manual como se aprecia en la Fig. 1-6. El proceso dura en promedio 7 min.



Fig. 1-6 Adición de elementos Químicos.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.

El producto mezclado, se transporta por un sinfín y un elevador hasta dos tolvas de almacenamiento (Fig. 1-7) donde se espera para su transporte al usuario final.



Fig. 1-7 Tolvas de almacenamiento.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.

Si el producto requiere ser peletizado, se transporta a una tolva de almacenamiento para iniciar este proceso.

PELETIZADO

Este proceso se realiza en la Peletizadora, Fig. 1-8, donde el producto mezclado es calentado e ingresa a un tambor con agujeros del diámetro que tendrá el producto final, Fig. 1-9, el cual es impulsado por los dos motores de 100 HP, usando la fuerza centrífuga el producto atraviesa por el tambor quedando de las especificaciones necesarias.



Fig. 1-8 Peletizadora.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.



Fig. 1-9 Tambor de Peletizado.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.

Luego el producto peletizado, cae a la quebradora, en donde se reduce el tamaño el producto fraccionándolo, de acuerdo a las dimensiones aptas para el consumo, adicional en este proceso, existe un tubo lateral para ingresar aire, para enfriar el producto peletizado, seguido de esto cae a la zaranda, donde se clasifica el producto, esto es si cumple con las dimensiones necesarias continua para su almacenamiento, de lo contrario, regresa al inicio del proceso de peletizado para su reprocesamiento.

Este producto de acuerdo a la demanda, se lo puede almacenar en sacos o en camiones tolva para llevarlo a los lugares de consumo.

TRANSPORTE DE PRODUCTO

Para ser transportado el producto, la planta cuenta con vehículos adecuados con tolvas para el transporte a los centros de consumo del producto terminado. El llenado de estos vehículos se puede apreciar en la Fig. 1-10.

Adicional, existe un pequeño porcentaje de producto que se comercializa en sacos, Fig. 1-11.



Fig. 1-10 Transporte de producto Terminado.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.



Fig. 1-11 Transporte de producto en sacos.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia.

1.6.5 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y PLANO DE LA FÁBRICA.

Partiendo de los procesos descritos anteriormente, a continuación se presenta los espacios destinados para cada uno de los procesos productivos, Fig. 1-12, donde se tiene:

- a) Silos de Almacenamiento de Maíz.
- b) Área de Descarga.
- c) Molienda.
- d) Silos de almacenamiento de Soya.
- e) Mezcladora.
- f) Peletizadora.
- g) Tolvas de almacenamiento de Producto Terminado.
- h) Área de carga de Producto Terminado.

El ANEXO A, presenta los planos estructurales en los que se aprecia de una mejor forma las áreas existentes en la planta.

En las siguientes Fig. 1-12 se identifica de una manera muy gráfica, la distribución de las áreas.

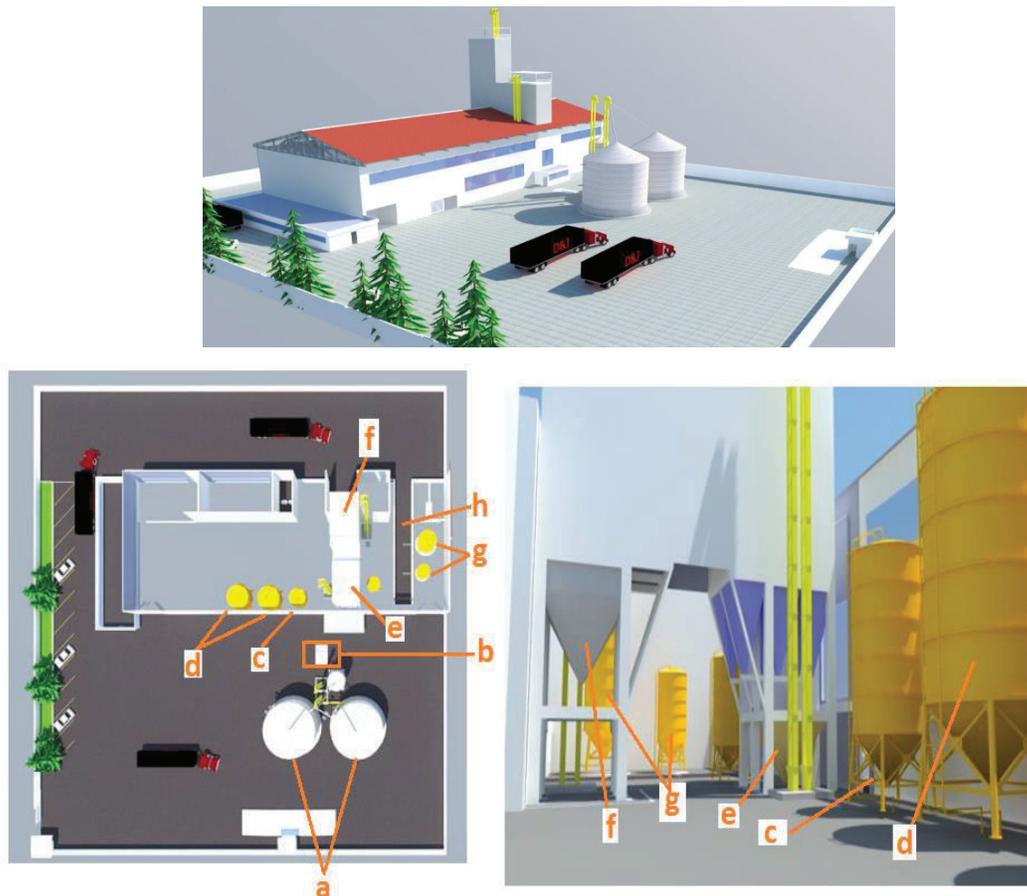


Fig. 1-12 Ubicación gráfica de las Áreas de la Fábrica.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia

1.6.6 PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA

Fábrica El Troje, pertenece al Grupo Casa Grande, y dentro de este grupo existen otras empresas que se dedican a la producción de pollitos bebe, gallinas ponedoras de huevos, reproductoras, para lo cual, la fábrica El Troje se encarga de proveer el alimento para todas estas aves, por esta razón la mayoría de la producción se la destina para consumo propio.

Con este antecedente, la producción alcanza valores entre 14000 qq y 18000 qq semanalmente.

En la Fig. 1-13 se presenta los requerimientos de balanceado por cada granja para el intervalo de una semana.

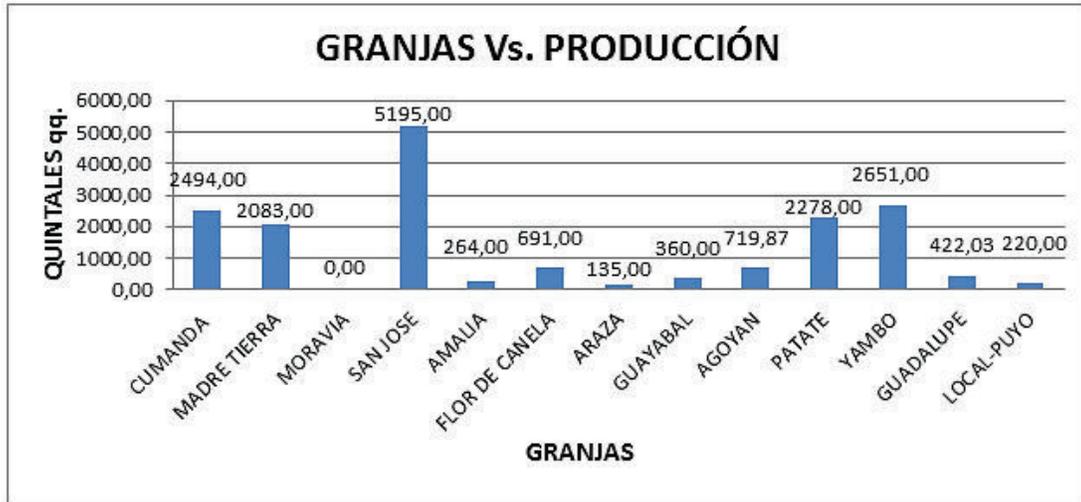


Fig. 1-13 Consumo de Producto por Granjas.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

CAPITULO 2

Para el desarrollo del presente capítulo, se parte de una norma técnica, una base conceptual y las principales áreas en las que se puede aplicar eficiencia energética, que permite facilitar el desarrollo de esta propuesta. A continuación se expondrá la información, relacionada a cada una de los ítems citados.

2.1 NORMA TÉCNICA NTE INEN-ISO 50001:2012.



Fig. 2-1 Norma ISO 50001.

Fuente: renovablesverdes.com

Elaboración: Propia.

Es una norma desarrollada por ISO (Organización internacional para la Estandarización), donde se establecen los requisitos para la gestión de la energía.

Está diseñada para ser aplicada en todas las áreas empresariales e industriales, sean estas de pequeña, mediana y gran capacidad productiva.

Fue creada por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), al ver la necesidad de crear un sistema que aporte a la lucha contra el avance del cambio climático, producido en gran medida por las industrias y su manera en la que emplean los recursos energéticos.

ISO habría identificado a la gestión de la energía como una de las cinco áreas prioritarias para las cuales era conveniente desarrollar Normas Internacionales,

para lo cual a finales del año 2008 creó un Comité de Proyecto, el ISO/PC 242, Gestión de la Energía, para adelantar con estos trabajos.

Para la preparación de la norma participaron expertos de 44 países que son miembros del ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares) y de la ABNT (Asociación Brasileira de Normas) además con la colaboración de ONUDI y el WEC (Consejo Mundial de la Energía).

El producto final de norma fue oficialmente presentada por el comité el 17 de junio de 2011 en el CICG (Centro internacional de Conferencias de Ginebra), desde allí la aplicación global de esta norma, contribuirá a una mayor disponibilidad de suministro de energía, mejora de competitividad industrial, y reducir el impacto al cambio climático.

En el Ecuador, el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) en el año 2012, toma la norma ISO 50001, y realiza los procesos pertinentes de homologación y es así como en el año 2012, se la adopta como (Norma Técnica Ecuatoriana) NTE INEN-ISO 50001:2012.

2.1.1 QUE ES LA NORMA.

Es la acumulación de líneas metodológicas que encaminan a la creación de sistemas de gestión de energía, aumentando la eficiencia en los procesos productivos de la industria. [2]

Para el Ecuador la norma es la aceptación y adopción de la Norma Internacional, desarrollada por ISO, proporcionando a las industrias y organizaciones los requisitos necesarios para generar los sistemas de Gestión de la Energía (SGEn).

La versatilidad de la norma permite la aplicación en industrias grandes y pequeñas, no distingue si el sector es público ó privado, y establece un marco sencillo para las instalaciones industriales, los establecimientos comerciales, institucionales y organismos estatales.

Esta proyección se basa en la información citada en “International Energy Outlook 2010” (La situación Energética Internacional 2010) y de la “Energy Information

Administration (EIA)” de los Estados Unidos, en el capítulo “*La demanda mundial de energías y las perspectivas económicas*”. [3]

La normativa está diseñada para atender al sector consumidor de la demanda de energía, del cual el 7 % es el sector terciario, 51 % sector industrial; al implementar esta normativa, se inyectaría eficiencia energética en aproximadamente el 60 % de la demanda de energía mundial.

2.1.2 IMPORTANCIA DE LA NORMA.

La energía eléctrica es protagonista en la mayoría de los procesos industriales, comerciales y domésticos, por ello al lograr optimizar el recurso energético, repercutirá en el costo de los productos finales.

De allí surge la importancia que tiene la norma, analizando los procesos industriales en que interviene la energía, además de esto saber que existen costos ambientales, costos sociales por el agotamiento de los recursos, que directamente está involucrado en el cambio climático.

Los medios tecnológicos permiten identificar nuevas fuentes de explotación energética, por lo que la creación de la norma brinda el acompañamiento para que el uso de la energía sea eficiente.

2.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA NORMA.

Se basa en modelos del sistema de Gestión ISO aplicados anteriormente en las normas: ISO 9001 que es un modelo de Gestión de Calidad, ISO 14001 que es un modelo de Gestión Ambiental, entre otras, la Norma NTE INEN – ISO 50001 2012 es un modelo que sigue este mismo esquema tratando de ser amigable con el medio ambiente.

Se basa principalmente en un modelo en el cual permita realizar un proceso de:

- PLANIFICAR,
- HACER,
- VERIFICAR,
- ACTUAR.

Este modelo permite mantener un ciclo de evaluación y mejora continua del sistema de Gestión de Energía.

Para el cumplimiento de la norma, se sugiere la creación de mecanismos entre los que se establezca: [4]

- Elaborar una política para un uso más eficiente de la energía.
- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política.
- Utilizar información energética para entender mejor y tomar decisiones en materia de uso y consumo de energía.
- Evaluar los resultados.
- Revisar la eficacia de la política.
- Mejorar de manera continua la gestión de la energía.

2.1.4 BENEFICIARIOS DE LA NORMA.

La norma al tener un campo de aplicabilidad amplio, hace que los beneficiarios esté a nivel de empresarios, consumidor, país, sector energético, etc., ya que al ser una norma de gestión se la puede aplicar a todo tipo de organización, de cualquier tamaño o actividad, sea ésta del sector público o privado.

La norma en si no presenta un proceso para mejorar el desempeño energético, por este motivo las empresas que estén interesadas en aplicar esta norma, indistintamente del sistema de gestión que presenten, pueden hacerlo, establecer una línea base, y en función de esto planificar su mejoramiento al ritmo que la empresa lo permita.

2.1.5 REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DE LA NORMA TECNICA.

La estructura que presenta la norma, hace que se establezcan lineamientos a seguir con el propósito de diseñar y concluir con la política de gestión de energía.

[5]

Las líneas a seguir se detallan a continuación:

- **Requisitos Generales.**

Se refiere a los compromisos que desde la organización deben surgir, entre estos implementar, mantener y mejorar, estableciendo los límites y alcance de los sistemas de Gestión de Energía.

- **Responsabilidad de la Dirección.**

Involucra el compromiso que se debe asumir desde la alta dirección con la creación de un representante que asuma los compromisos de aplicación, evaluación y mejora del sistema de gestión.

- **Política Energética.**

Establece el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético, se debe asegurar que incluya los aspectos de magnitud y consumo de energía, el compromiso de mejora continua, los objetivos y metas energéticas.

- **Planificación Energética.**

Debe mantener coherencia con la política energética, y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético. Para ello intervienen la Revisión Energética, Línea Base Energética, Indicadores de Desempeño, Objetivos y Metas Energéticas.

- **Implementación y Operación.**

Para ello, se deberá utilizar los planes de acción y otros elementos que permitan la implantación del Sistema de Gestión.

- **Verificación.**

Para un correcto desempeño de los sistemas de gestión, se debe implantar un correcto sistema de seguimiento, medición y análisis que permita tomar medidas correctivas a fin de que el beneficio sea el máximo posible.

- **Revisión por la Dirección.**

La alta dirección deberá realizar revisiones periódicas planificadas al Sistema de Gestión de Energía para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continua.

La norma sugiere la implementación de estos lineamientos para un correcto desempeño basado en la Norma NTE INEN-ISO 50001:2012, posteriormente se aplicará para la formulación de la propuesta de repotenciación, principal objetivo en el presente trabajo de titulación.

En el ANEXO B, se aprecia la explicación más detallada de los requerimientos de la norma.

2.1.6 GESTIÓN DE LA ENERGÍA.

“La gestión de la energía consiste en realizar acciones organizativas, técnicas y comportamentales, con solidez desde el punto de vista económico, para mejorar el desempeño energético de la organización.” [6]

“Es la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort y los niveles de producción”. [7]

Para esto las acciones se centran en:

- Conservación de la energía.
- Recuperación de la energía.
- Sustitución de la energía.

Un sistema de gestión de la energía demanda la aplicación de un proceso que garantice la mejora continua de los procesos.

Para este objetivo la norma establece: Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA), un proceso cíclico que garantiza la evaluación, corrección y reajuste que garantice el manejo de la energía más óptimo.

En la Fig. 2-2 se presenta todos los procesos a efectuar en el sistema de gestión de la energía.

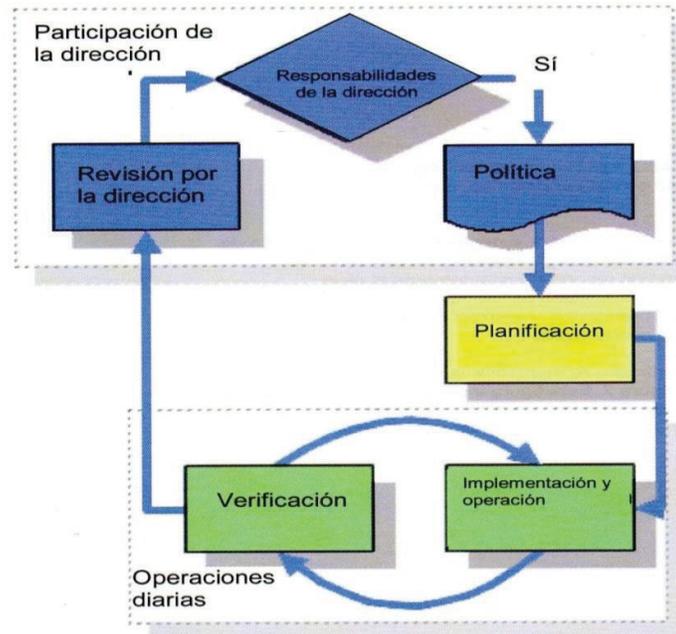


Fig. 2-2 Proceso del Sistema de Gestión de Energía.

Fuente: "Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001". Pág. 10

Elaboración: Propia.

Haciendo uso de la gráfica podemos tener una visión simplificada del Sistema de Gestión de Energía.

2.2 BASE CONCEPTUAL.

2.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Al aplicar eficiencia energética se logra consumir menos energía sin alterar los procesos productivos existentes, en este contexto, hay mecanismos que permiten la optimización del consumo de energía, el capital financiero y la disminución de gases de efecto invernadero.

"Ser energéticamente eficiente significa cumplir todas las necesidades de producción con el menor consumo posible de energía, sin afectar el confort o la cantidad producida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso, lo cual se expresa en menores costos de producción." [8]

La eficiencia energética permite su aplicación desde el área residencial hasta el industrial, siendo éste el caso en estudio.

Eficiencia energética eléctrica en la industria.

El consumo de energía en el sector industrial, es alto, por lo que es necesario estudiar la implementación de medidas de ahorro energético.

Para este fin, se prevé la implementación de medidas de gestión energética que aporten la optimización del recurso, siendo aplicable en áreas como:

- Iluminación: uso de equipos de alto rendimiento.
- Motores: reemplazo por equipos de alta eficiencia.
- Capacitores: uso de banco de Capacitores.
- Sistemas de acondicionamiento ambiental: uso de aire acondicionado.
- Bombas de agua: cambio del punto de operación.
- Envejecimiento de equipos: determinar los aumentos en el consumo debido al envejecimiento de equipos
- Establecer medidas de ahorro de energía eléctrica.
- Planes de Mantenimiento.

La aplicación de Eficiencia Energética en una industria, genera varios beneficios que se presentan en la Fig. 2-3, como son:



Fig. 2-3 Beneficios de la Eficiencia Energética.

Fuente: Manual de eficiencia energética. [8]

Elaboración: Propia.

2.2.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Es un informe ampliamente estructurado mediante el cual se responde a las preguntas: cuánto, cómo, dónde, por qué se está consumiendo la energía eléctrica y partiendo de ello describir alternativas de mejoramiento con criterios de eficiencia energética en cada proceso si las hubiera.

Esta actividad permitirá desarrollar un diagnóstico energético de la planta para que se enfoquen los esfuerzos y las tareas de mejoramiento que se plantearán, acompañadas del Sistema de Gestión de Energía.

Para el desarrollo del diagnóstico energético las principales actividades son:

- Recopilar información (en el sitio).
- Realizar mediciones puntuales.
- Análisis de datos.
- Elaboración del documento concluyente.

2.2.3 REPOTENCIACIÓN INDUSTRIAL

Es un proceso en el cual las instalaciones productivas de una planta se someten a trabajos y acciones para lograr el aumento en capacidad instalada, mejorando la productividad de la misma.

Adicionalmente, se entiende que una repotenciación industrial al proceso en el cual modificar las instalaciones físicas, a través de mecanismos de gestión, se logra la optimización y el mejoramiento de la producción. Los mecanismos a aplicarse es la implementación de políticas energéticas, medidas de gestión de energía, crear conciencia en el personal humano, capacitaciones en temas de manejo eficiente de maquinarias, etc.

2.2.4 AHORRO ENERGÉTICO

Al aplicar medidas de eficiencia energética en una industria, uno de los resultados que se obtienen es el ahorro energético que se convierte en ahorro económico, mejorando el costo del producto terminado.

La generación de gases de efecto invernadero en los procesos industriales capta la atención del sector productivo, es por ello que al aplicar medidas de eficiencia energética, se logra la disminución de la producción de estos gases y la disminución del consumo de energía considerado como ahorro energético.

Las áreas en las que se puede obtener ahorro energético es la iluminación en todas las aplicaciones existentes, transporte al ser de uso diario y de consumo hidrocarburiífero, con propuestas renovables se puede lograr un alto índice de ahorro energético.

2.3 ÁREAS DE APLICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA.

2.3.1 ILUMINACIÓN

En las industrias la iluminación debe contar con estándares de calidad y eficiencia energética, la implementación de nuevas tecnologías permite el ahorro en el consumo de energía, y en la Fig. 2-4, se plantea los potenciales de ahorro de acuerdo a las tecnologías existentes.

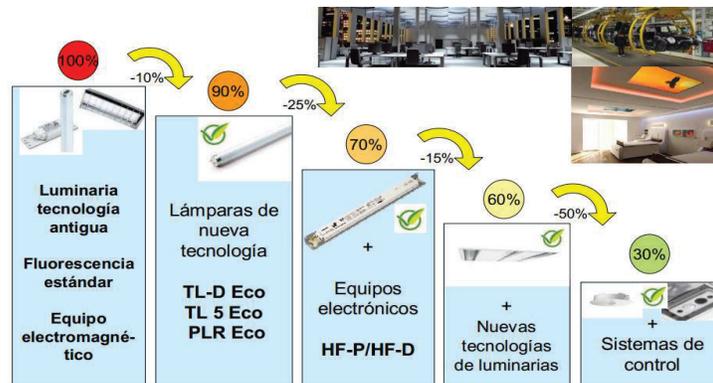


Fig. 2-4 Ahorros Energéticos por la Aplicación de Nuevas Tecnologías.

Fuente: PHILIPS

Elaboración: Propia.

2.3.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las instalaciones eléctricas es el conjunto de elementos eléctricos que interconectados forman un sistema eléctrico, el cual inicia en la cámara de transformación de donde se obtiene diferentes niveles de voltaje de acuerdo a los equipos existentes, se tiene tableros de control para el monitoreo y manejo de los equipos que utilizan la energía eléctrica para la producción de movimiento, calor, aire comprimido, etc.

Una instalación eléctrica debe cumplir con los siguientes requisitos: [9]

- Ser segura contra accidentes e incendios.
- Eficiente y económica.
- Accesible y fácil de mantenimiento.
- Cumplir con los requisitos técnicos que fija la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Uno de los elementos principales son los conductores, que cumplen la función de interconectar la fuente de energía, con los puntos receptores, completando así el ciclo.

2.3.2.1 Transformador.

Es un equipo que permite variar los valores de voltaje y corriente existentes en una red de distribución, existen varios tipos y su aplicación depende de la utilidad

que se le quiera dar, en el caso industrial se los utiliza para reducir el nivel de voltaje.

Generalmente los transformadores de distribución son equipos formados por un núcleo metálico de hierro ferromagnético, bobinados de cobre, aceite refrigerante, se puede apreciar en la Fig. 2-5.



Fig. 2-5 Transformador de distribución.

Fuente: Ecuatran. [10]

Elaboración: Propia.

La eficiencia del transformador es la relación existente entre la potencia de entrada con la de salida, y la potencia que consume el transformador se le llama “perdida técnica”, mientras más pequeña sea, mayor eficiencia tendrá el equipo.

En los transformadores más eficientes se usa cobre con aleaciones que permitan mejorar la conductividad eléctrica haciendo que *“las pérdidas técnicas se reduzcan y acompañado de un mejor enfriamiento hace que la vida útil del equipo aumente.”* [11]

2.3.2.2 Motores eléctricos.

Son máquinas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica, con la interrelación de campos magnéticos, se cuenta con una vasta clasificación de los motores que en la Fig. 2-6 se presenta.

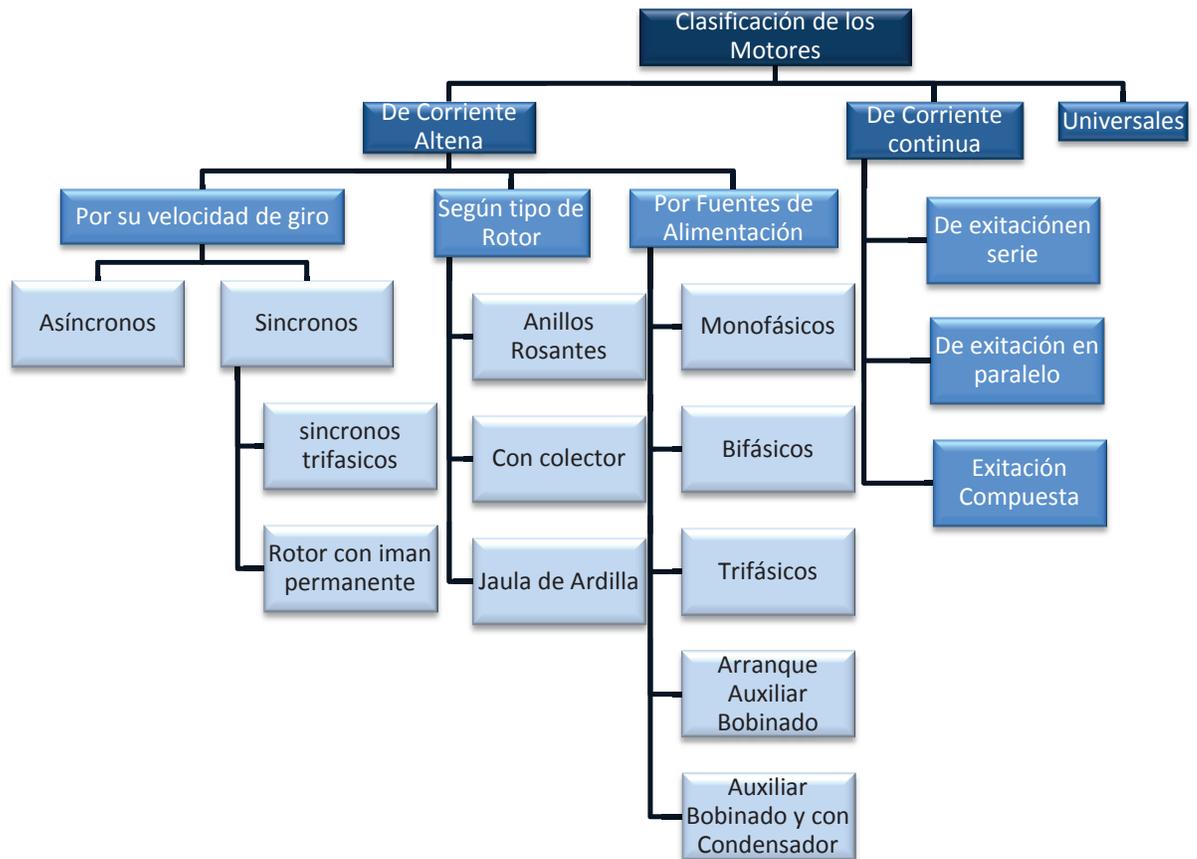


Fig. 2-6 Clasificación De Motores.

Fuente: Máquinas Eléctricas.

Elaboración: Propia.

De esta clasificación, se analizarán los Motores de Inducción de jaula de ardilla, que son los utilizados en la industria por presentar bajo costo, alta confiabilidad y eficiencia bastante alta.

En el ANEXO C se presentan factores que mejoran la eficiencia de los motores de inducción.

2.3.3 FACTOR DE POTENCIA

Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente en un momento determinado, el valor de un factor de potencia está comprendido entre 0 y 1.

Un factor de potencia cercano a la unidad significa que la energía reactiva es pequeña comparada con la *energía activa*. Se lo representa con las siglas *Fp*.

$$Fp = \frac{P (kW)}{S (kVA)} \quad (2-1)$$

Potencia Activa

Para que los diferentes dispositivos eléctricos que convierten la energía eléctrica en otras formas de energía, como: mecánica, lumínica, térmica, etc., intervienen magnitudes eléctricas como el voltaje y la corriente, y el producto de éstas se la conoce como Potencia Activa, su símbolo es **P**, y la unidad de medida son los **watts (W)**.

Potencia Reactiva

Los equipos que cuentan con bobinados como motores, transformadores así como utilizan potencia activa, el efecto de portar con bobinados en su estructura, consume también Potencia Reactiva, su símbolo es **Q**, y sus unidades son **volt-amperios-reactivos (VAr)**.

Potencia Aparente

Es la potencia que resulta de la suma vectorial de las potencias anteriormente mencionadas, su símbolo es **S**, y sus unidades son **volt-amperes (VA)**.

Las tres potencias se las puede apreciar en la Fig. 2-7, que es aplicable únicamente cuando las señales de voltaje y corriente son sinusoidales a la misma frecuencia.

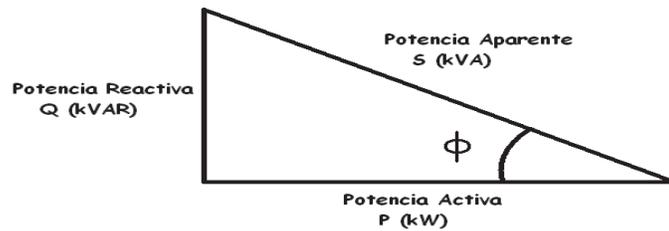


Fig. 2-7 Triángulo de Potencias.

Fuente: Apuntes de Clase.

Elaboración: Propia.

De donde se tiene que:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2-2)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (2-3)$$

De esto se deduce que el Factor de Potencia es la relación existente entre los kW, y kVA, y describe el comportamiento entre la potencia real utilizada, y la potencia total consumida.

Además expresa el desfase angular existente de la corriente con respecto al voltaje, y está definido por la relación:

$$FP = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (2-4)$$

Los contadores de energía que disponen las empresas de distribución, solo pueden cuantificar la potencia activa consumida, es por ello que para obtener una compensación económica por el consumo de la potencia reactiva se crea una penalización al bajo factor de potencia, estableciéndose a escala nacional, que:

“Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0.92, el distribuidor aplicará lo establecido en el Art. 27 de la Codificación del Reglamento de Tarifas: “Cargos por bajo factor de potencia”. [12]

En la fábrica El Troje, el problema que se detectó inicialmente es la penalización existente por bajo factor de potencia que se factura mensualmente a la empresa.

La afectación que en las instalaciones se presentan por el Factor de Potencia no adecuado son: [13]

- Incremento de las pérdidas eléctricas por efecto Joule.
- Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.
- Aumento de la caída de voltaje.
- Disminución de la potencia efectiva en los transformadores.
- Incremento de la facturación eléctrica.

Para corregir el bajo factor de potencia inductivo, se aplica un banco de capacitores que al aportar componentes reactivos capacitivos al sistema, contrarresta la parte inductiva predominante por la carga instalada. En la Fig. 2-8 se aprecia la forma de identificación del requerimiento de potencia reactiva capacitiva necesaria.

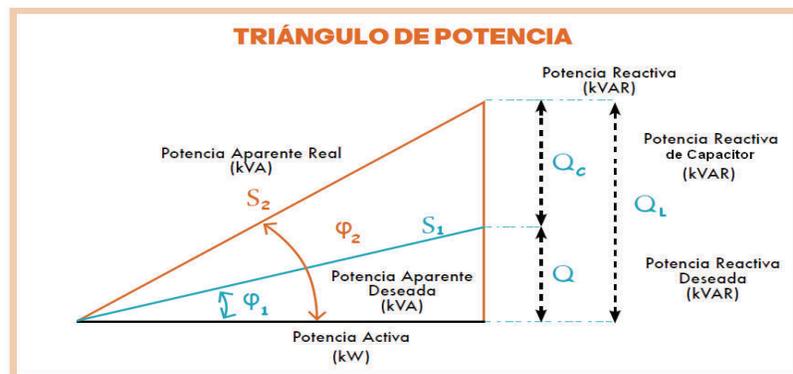


Fig. 2-8 Representación Gráfica de la Compensación de Factor de Potencia.

Fuente: "Potencia Eléctrica y Factor de Potencia" Villalobos Cabrera, J.

Elaboración: Propia.

Dónde:

- Q_L es el consumo de potencia reactiva de la carga,
- S_2 la potencia aparente consumida por la carga.
- Q_C es el suministro de reactivos del capacitor de compensación.

Al aplicar este banco de capacitores, se tiene el efecto de reducción del ángulo de ϕ_2 a ϕ_1 y con esto la Potencia aparente se reduce de S_2 a S_1 .

2.3.3.1 Banco de Capacitores.

Los bancos de capacitores Fig. 2-9, son equipos utilizados para la corrección del factor de potencia y se ubican en los sistemas eléctricos en baja, media y alto voltaje, se convierte en la solución práctica y económica para mejorar las condiciones de funcionamiento de la fábrica.



Fig. 2-9 Banco de Capacitores.

Fuente: Banco de Capacitores.

Elaboración: Propia.

Para seleccionar un banco de capacitores, es necesario conocer los tipos de carga existentes en el sistema eléctrico. En el mercado se ofertan bancos de capacitores fijos o autoajustables.

2.3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es un mecanismo para diagnosticar y pronosticar futuras fallas y alcanzar su prevención. Las fallas pueden ser: leves o catastróficas y darse en un componente o una máquina.

El objetivo del mantenimiento preventivo es programar el cambio del elemento antes de su avería, para minimizar el tiempo de parada inesperada de la planta, garantizando que el equipo se encuentre en óptimas condiciones de operación, y su vida útil aumente.

Las actividades claves del mantenimiento preventivo son:

- Inspección periódica, para ubicar las causas de posibles fallas.
- Limpieza de polvo, u otras sustancias abrasivas que puedan aumentar la temperatura interna del equipo.

- Conservar la planta, anulando y reparando causas que puedan ser dañinas cuando éstas empiezan.

En el caso de los motores al existir sobrecarga, esto acelera el proceso de deterioro del equipo, y si se aumenta la falta de lubricante, la vida útil del equipo se ve afectada aún más.

Se debe usar lubricantes o aceites permitidos para este objetivo, tener en cuenta que el exceso de grasas puede ser perjudicial para el motor, al existir partes eléctricas a las que puede llegar la grasa y causar fallas.

2.3.4.1 Áreas de aplicación del mantenimiento preventivo [14]

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de trabajos que es necesario desarrollar para evitar que una maquinaria pueda interrumpir el servicio que proporciona, las áreas de aplicación son:

- Selección,
- Instalación,
- Montaje.

Selección.

Es la correcta elección de un motor de acuerdo a la aplicación para la que se lo desea.

Los ciclos de trabajos son los que dañan a los motores, debido a los arranques y paros que tiene en los diversos procesos productivos, esto desencadena fallas en el motor.

Instalación.

Los errores en la instalación como la selección errónea del tamaño de los tornillos de anclaje, produce que éste vibre, tenga problemas de alineación y genere vibración en el equipo con posibles fallas en las rodamientos o hasta en el eje del rotor.

El montaje y la cimentación al momento de la instalación es importante para evitar problemas mecánicos y eventualmente eléctricos.

Montaje.

Un cambio en la carga aplicada a motor, desencadena problemas en los rodamientos y el sistema de engrasado falla, si se tiene acoplado, engranajes, empezarán a fallar, al tener sobrecarga se refleja en aumento de corriente y se produce un aumento en la temperatura que reduce la vida útil del aislamiento.

Los problemas en el engrasado y rodamientos es causa para la falla de motores sumado a la alineación errónea de bandas y demás elementos mecánicos.

2.3.4.2 Pasos para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

Un plan de mantenimiento es un documento que permite llevar un registro de fallas, con una ficha en la que se planificará, los tiempos y procedimiento a seguir para el mantenimiento que se realizará a los diferentes equipos para garantizar el funcionamiento continuo del sistema.

2.3.4.2.1 Elaboración de la ficha-historial

Se requiere elaborar una ficha historial de fallos y parada de los equipos. En la que debe contener todos los datos técnicos y económicos de las diferentes intervenciones realizadas, tanto en la reparación de averías como en las actuaciones sobre las anomalías de cada máquina o equipo.

La ficha deberá contener:

- Fecha y numeración del parte de averías/anomalías.
- Área donde se localizó la avería.
- Detalle de los trabajos realizados.
- Tiempo de paro de la máquina.
- Tiempo de intervención.
- Costo de materiales y recambios consumidos.
- Importe total de cada intervención.

En el ANEXO D, se presenta el modelo de Ficha para elaborar un control historial de averías, documento en el que se sabrá la ocurrencia de los daños, y planificar las acciones futuras.

2.3.4.2.2 *Preparación del Plan de Mantenimiento Preventivo de los equipos existentes.*

Lo ideal en una planta es lograr una ficha de mantenimiento para cada uno de los equipos, en este caso, se realizará una ficha que englobe los más representativos y con tendencia a fallas.

En el plan de mantenimiento debe existir:

- Una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una máquina o instalación (limpieza, control, visitas de inspección, engrase, intervenciones).
- Una duración prevista para realizar las tareas.
- Una frecuencia o periodicidad para su realización.
- Un estado de la máquina en marcha o parada.
- Valores límites de ciertos parámetros si éstos existen en la acción.
- Las herramientas necesarias para la inspección.
- La cantidad y referencia de piezas de recambio necesarias cuando hay un cambio cíclico.
- Las operaciones que se van a realizar.
- Identificación de la persona/s que van a realizar el trabajo.

2.3.4.2.3 *Selección de equipos sometidos a mantenimiento.*

Prioritariamente se aplicará mantenimiento preventivo en los elementos:

- Variadores de Velocidad mecánicos.
- Sistema de bandas acopladas a poleas.
- Limpieza de partes exteriores de motores eléctricos.

2.3.4.3 Etapas para la construcción de un Plan de Mantenimiento Preventivo.

Primera Etapa

Formación de un Grupo de Trabajo para el estudio y optimización de un plan de mantenimiento preventivo.

El equipo de trabajo está conformado por profesionales en cada una de las áreas en el que constará:

- Profesional encargado de la Producción de la Planta.
- Profesionales de Mantenimiento.
- Técnicos de Fabricación.
- Técnicos de Mantenimiento.

- Otros especialistas.

Se deberá contar con la información necesaria de historial de fallos, recomendación de los fabricantes y fichas de mantenimiento.

Segunda Etapa

Someter a control estadístico los ítems, efectuando un seguimiento de su comportamiento y elaborando un historial de averías y paradas.

Es importante que en un Control Estadístico conste información como:

- Los tipos de falla existente.
- Las consecuencias o efectos sobre el sistema.
- Las causas que producen la avería.
- La incidencia sobre los costos, tiempo de parada.
- Que componente originan los fallos.
- Medios de detección y protección.

Tercera Etapa

NIVEL Y FRECUENCIA DE UNA INTERVENCIÓN PREVENTIVA SOBRE UN EQUIPO.

Se realiza una selección de las tareas más adecuadas para evitar que las fallas críticas lleguen a áreas de trabajo sensibles.

Se identifica los puntos más vulnerables y se sitúa los esfuerzos, en prevenir futuras fallas aplicando criterios de mantenimiento preventivo.

En la Fig. 2-10 se muestra un esquema que de seguirlo, ayudara a discriminar opciones, para lograr un mantenimiento preventivo, e inclusive saber el momento indicado en que se reemplazará un equipo.

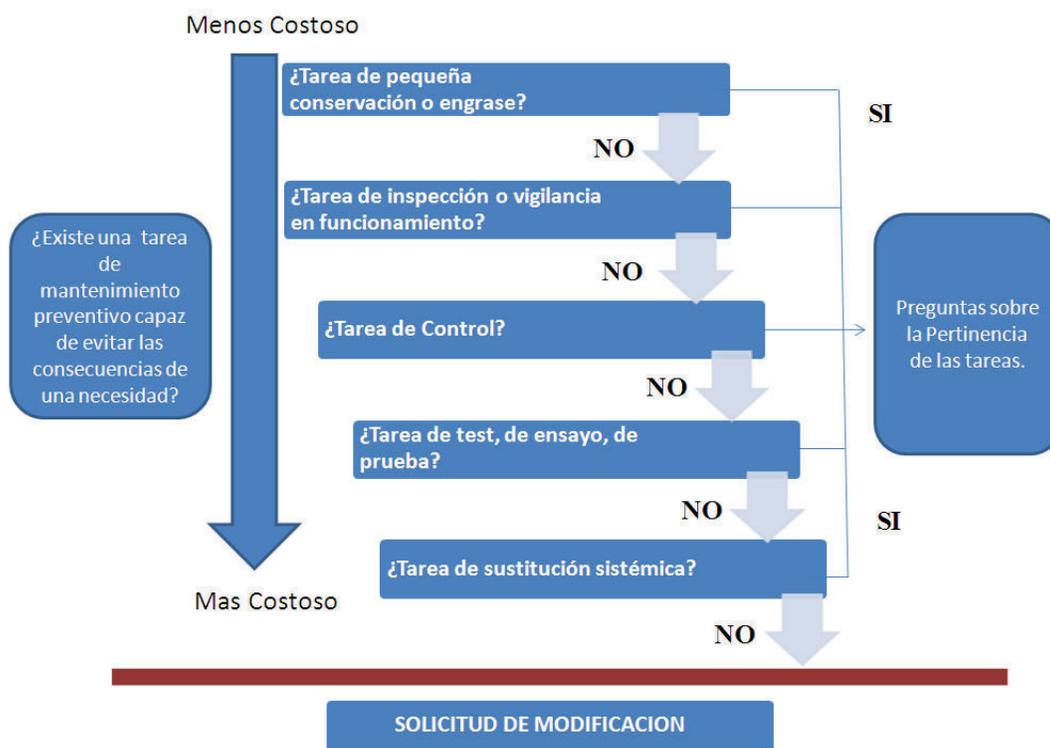


Fig. 2-10 Proceso de Selección de Tareas.

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

En base a la Fig. 2-10 se plantea el uso de las tablas del ANEXO D, en la que se puede mantener un control de las actividades realizadas.

CAPITULO 3

En el numeral 2.1.5, donde se plantean los ítems que la norma sugiere para la elaboración del Sistema de Gestión de energía, hace referencia a la Planificación Energética y Revisión Energética, en la que se propone: [15]

- a) Analizar el uso y el consumo de la energía eléctrica basándose en las mediciones y datos de fuentes de energía existentes evaluando el uso y consumo pasados y presentes de la energía.
- b) En base al análisis elaborado, identificar las áreas de uso significativo de la energía, considerando las instalaciones, equipamiento, sistemas; identificar otras variables que afecten a los usos significativos de la energía; determinar el desempeño energético actual de las instalaciones, equipamiento y procesos relacionados con el uso significativo de la energía.
- c) Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético, en base a las opciones técnicas que se pueda aplicar.

A continuación se desarrollará el análisis previo a la formulación de la propuesta de los Sistemas de Gestión de Energía (SGEn).

También, se plantea la construcción de la línea base y línea meta, relacionada al consumo de energía y la producción de la planta.

3.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

El diagnóstico energético, es un proceso evaluativo al que se somete la fábrica para identificar puntos críticos existentes, y las fortalezas que presenta la fábrica.

Para el diagnóstico energético, intervienen procesos como levantamiento de carga, evaluación del empleo y consumo pasado y presente de energía eléctrica, tarifas aplicadas al sector industrial por parte de la empresa distribuidora y la elaboración de un menú energético para el monitoreo del consumo de energía.

3.1.1 LEVANTAMIENTO DE CARGA

Para el levantamiento de carga, se efectúa un análisis minucioso de todos los equipos que consumen energía eléctrica para su funcionamiento; se cuenta con

motores, elevadores, molinos, bandas transportadoras, además de un pequeño grupo de luminarias; al comparar esta carga con el total, no es de interés abordarlas ya que su período de funcionamiento no es diario, por lo que no es objeto de análisis en este trabajo.

En la Tabla 3-1, se presenta un listado resumido de la información recabada de todos los motores que se encuentran en la fábrica.

Tabla 3-1 Resumen de motores existentes en la fábrica.

Potencia HP.	Cantidad	Voltaje (V)	Empleo	Tipo de Alimentación
100	3	460	MOLINOS	TRIFÁSICA
15	3	220	MOLINOS	TRIFÁSICA
7,5	16	220	SIN FIN	TRIFÁSICA
4	1	220	MOLINO	TRIFÁSICA
5	11	220	MEZCLADORA	TRIFÁSICA
3	2	220	SIN FIN	TRIFÁSICA
2	1	220	BOMBA	TRIFÁSICA
0,8	1	220	SECADORA	TRIFÁSICA
0,3	1	220	MEZCLADORA	MONOFÁSICA
1,5	1	220	SIN FIN	TRIFÁSICA
0,5	1	220	POLEA	MONOFÁSICA
5,5	2	220	ELEVADOR	TRIFÁSICA
30	1	220	ENFRIADOR	TRIFÁSICA
10	1	220	COMPRESOR	TRIFÁSICA
TOTAL	45			

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

El detalle del levantamiento de carga y las aplicaciones de cada motor, se encuentran en el ANEXO E.

3.1.2 DESCRIPCIÓN ELÉCTRICA DE LA PLANTA

Acometida en Medio Voltaje.

El suministro de energía eléctrica llega mediante una acometida en medio voltaje a nivel de 13.8 kV de la S/E Baños de la Empresa Eléctrica Ambato, hasta la cámara de transformación de la fábrica “El Troje”.

En la cámara de transformación existen dos transformadores trifásicos; el primero de 250 kVA, con el voltaje primario de 13.8 kV y secundario 220/127 V, el segundo transformador de 200 kVA con voltaje primario de 13.8 kV y el secundario de 460/265 V. En la Fig. 3-1 se presentan los equipos mencionados.

La acometida está realizada con cable aislado No 2/0 AWG, 25 kV.



Fig. 3-1 Cámara de Transformación.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia

De la cámara de transformación, se derivan dos ramificaciones una por cada nivel de voltaje formando dos sistemas, que de acuerdo al nivel de voltaje de alimentación de los motores detallados en la Tabla 3-1, éstos se encuentran conectados ya sea al transformador de 250 kVA (220/127 V), o al transformador de 200 kVA (460/265 V), al que están conectados 3 motores de 100 HP.

En la Tabla 3-2 se encuentran las características de los transformadores.

Tabla 3-2 Características de los transformadores.

	TRANSFORMADOR 1	TRANSFORMADOR 2
Año de Fabricación	2002	2012
Marca	ECUATRANS	ECUATRANS
Norma	ANSI	IEEE C.57.12
Potencia (kVA)	250	200
Grupo de Conexión	DY 5	DYn5
Clase de enfriamiento	OA	OA
Frecuencia (Hz)	60	60
BIL (kV)	95	95
Número de Fases	3	3
Aislante	ACEITE	ACEITE
Voltaje Secundario (V)	220	460
Voltaje Primario (kV)	1 14.745	1 14.490
Taps en lado de Alta.	2 13.8	2 14.145
Variación +/- 2.5%	3 13.455	3 13.8
	4 13.11	4 13.455
	5 12.765	5 13.111
Ubicación de Tap.	2	1

Fuente: Levantamiento de Carga

Elaboración: Propia

En la Fig. 3-2, y Fig. 3-3 , se presentan los datos de placa de los transformadores de distribución.

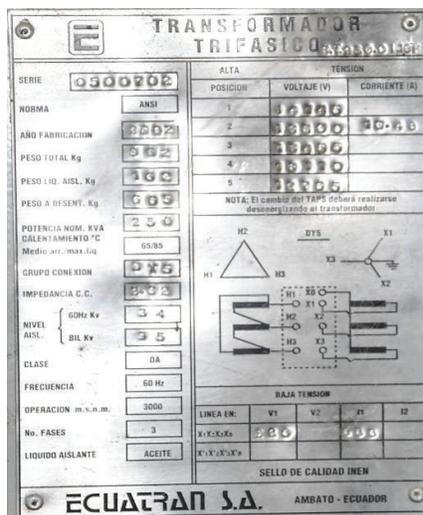


Fig. 3-2 Placa del transformador de 250 kVA.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia

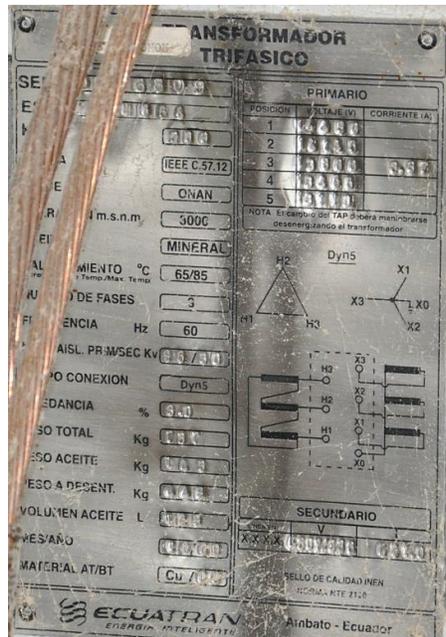


Fig. 3-3 Placa del transformador de 200 kVA.

Fuente: Fábrica el Troje.

Elaboración: Propia

3.1.3 DIAGRAMA UNIFILAR.

En el diagrama unifilar se presenta una ilustración de las instalaciones eléctricas partiendo de la cámara de transformación hasta cada uno de los motores.

En la Fig. 3-4, se encuentra el diagrama unifilar con la distribución de las protecciones, conductores y motores con las condiciones actuales del sistema. En el ANEXO F, se encuentra el diagrama unifilar más ampliado.

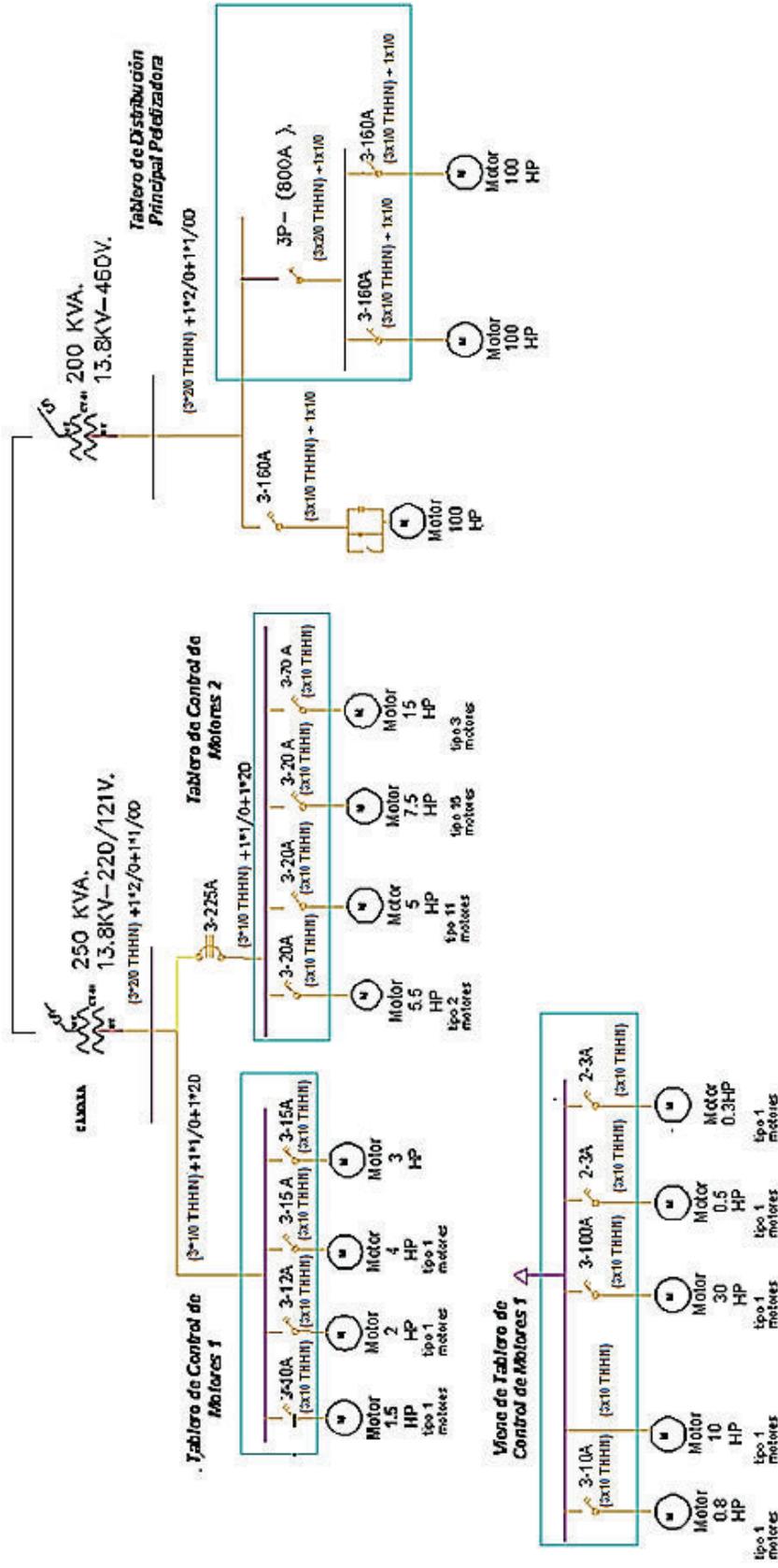


Fig. 3-4 Diagrama unifilar resumido Fábrica El Troje.

Fuente: Fábrica El Troje.
Elaboración: Propia.

3.1.4 DATOS HISTÓRICOS.

De acuerdo con la Norma NTE INEN–ISO 50001:2012 el consumo pasado y presente son las primeras pautas para analizar el comportamiento energético eléctrico en la fábrica.

Se parte de las planillas de servicio eléctrico que la Empresa Eléctrica Ambato facturó mensualmente a la fábrica. Se escoge una muestra a partir del mes de Diciembre del 2012 hasta el mes de Septiembre del 2013; las planillas se encuentran en el ANEXO G.

En la Tabla 3-3 se presentan los valores tabulados de las planillas de consumo eléctrico, la energía consumida en cada una de las tarifas horaria, la potencia reactiva consumida, factor de potencia, y todos los rubros facturables (medidos en dólares de EE.UU.) en concordancia con el pliego tarifario del CONELEC, tarifa de medio voltaje con un registrador de demanda horaria para consumidores industriales.

El resumen de la tarifa aplicada a clientes industriales de medio voltaje con un registrador de demanda horaria se encuentra en el ANEXO H.

Tabla 3-3 Datos de Planillas mensuales y rubros cancelados.

DATOS DE PLANILLAS MENSUALES	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13
08H00-18H00 L-V (kWh) (1)	38043,6	35700,0	23940,0	28980,0	34440,0	32340,0	31080,0	30660,0	34860,0	28980,0
18H00-22H00 L-V (kWh) (2)	432,6	420,0	1260,0	420,00	420,0	420,00	840,00	840,0	420,00	840,00
22H00-08H00 LVSDF (kWh) (3)	7816,2	8820,0	9660,0	9660,00	8400,0	14280,0	14700,0	13020,0	15120,0	13020,0
18H00-22H00 DF (kWh) (4)	273,0	0,00	420,0	0,00	0,00	840,00	0,00	0,00	420,00	0,00
DEMANDA (kWh) (1)+(2)+(3)+(4)=(5)	46565,4	44940,0	35280,0	39480,0	43260,0	47880,0	46200,0	44520,0	50820,0	42840,0
POTENCIA REACTIVA (KVAR) (6)	32340,0	28140,0	22260,0	25620,0	28560,0	31080,0	29820,0	26880,0	29400,0	24780,0
FACTOR DE POTENCIA	0,82	0,85	0,85	0,84	0,83	0,84	0,84	0,86	0,87	0,87
PENALIZACION FP	0,12	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,06	0,06
RUBROS MENSUALES A CANCELAR										
CONSUMO (USD) (5)*0,05 = (7)	2688,4	2597,2	2005,5	2224,32	2501,9	2683,80	2605,68	2506,14	2848,86	2403,66
DEM.FACTURABLE (8) (USD)	643,00	634,23	1134,8	643,84	682,28	634,23	653,45	634,23	653,45	615,01
PENALIZACIÓN PF (9) (USD)	388,00	276,34	275,9	477,60	326,24	321,43	309,74	234,65	220,24	189,73
P.I.T (10) (USD)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VALOR COMERCIALIZACIÓN (11) (USD)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
ALUMBRADO PUBLICO (12) (USD)	313,00	313,00	313,0	313,00	313,00	313,00	313,00	313,00	313,00	313,00
TOTAL S. ELECTRICO (7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)=(13) (USD)	4034,7	3822,2	3730,6	3460,17	3824,8	3953,87	3883,28	3689,43	4036,96	3522,81
VALORES PENDIENTES (14) (USD)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RECAUDACIÓN TERCEROS (15) (USD)	17,52	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08
TOTAL A PAGAR (13)+(14)+(15) (USD)	4052,2	3841,3	3749,7	3479,25	3843,95	3972,9	3902,36	3708,51	4056,04	3541,89

Fuente: Planillas E.E.A.S.A.

Elaboración: Propia

El consumo de energía reactiva de acuerdo a la Tabla 3-3 se encuentra en valores de 22260,0 kVARh hasta 32340,0 kVARh como mínimo y máximo respectivamente.

El factor de potencia inductivo varía desde 0,82 hasta 0,87.

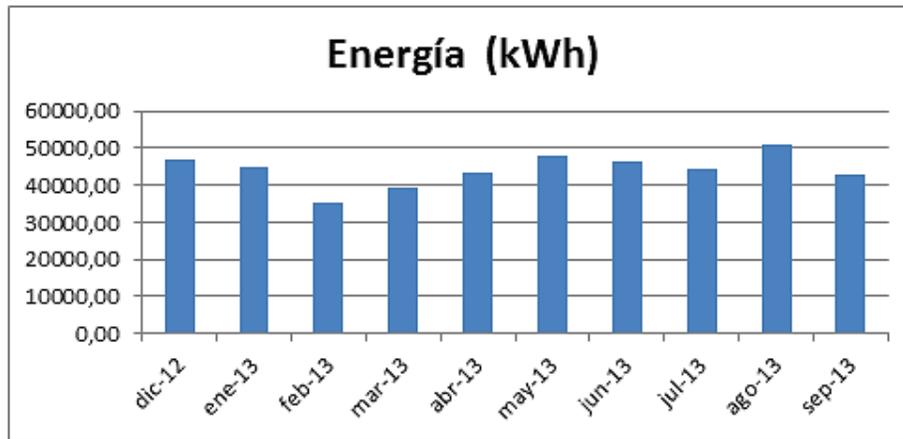


Fig. 3-5 Consumo de Energía Eléctrica.

Fuente: Planillas E.E.A.S.A.

Elaboración: Propia

Se identifica que una de las anomalías existentes es el pago de penalización por bajo factor de potencia, al encontrarse por debajo de 0.92 de acuerdo al Artículo 27 de la codificación de la reglamentación de tarifas; el presente artículo nos estipula que “*La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a consumo de energía, demandas, pérdidas en el transformador y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:*” [16]

$$Bfp = \left(\frac{0,92}{fpr} \right) - 1 \quad (3-1)$$

En donde el fpr, indica el factor de potencia registrado.

El cargo adicional de pago de la fábrica y sin pago de la penalización, se lo aprecia en la Tabla 3-4 y en la Fig. 3-6.

Así también se cuenta con un dato porcentual denominado *ahorro* que es la relación entre el valor a cancelar por penalización y el valor total a pagar. De acuerdo a la Tabla 3-4 el ahorro más significativo corresponde al mes de marzo con un 13.73 %.

Tabla 3-4 Penalización por FP bajo.

	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13
PENALIZACIÓN PF (USD)	388	276,3	275,9	477,6	326,2	321,4	309,7	234,6	220,2	189,7
TOTAL A PAGAR (USD)	4052,2	3841,3	3749,7	3479,2	3843,9	3972,9	3902,3	3708,5	4056,1	3541,9
PAGO SIN PENALIZACION (USD)	3664,2	3565,0	3473,8	3001,6	3517,7	3651,5	3592,6	3473,8	3835,8	3352,2
AHORRO (%)	9,57	7,19	7,36	13,73	8,49	8,09	7,94	6,33	5,43	5,36

Fuente: Planillas E.E.A.S.A.

Elaboración: Propia.

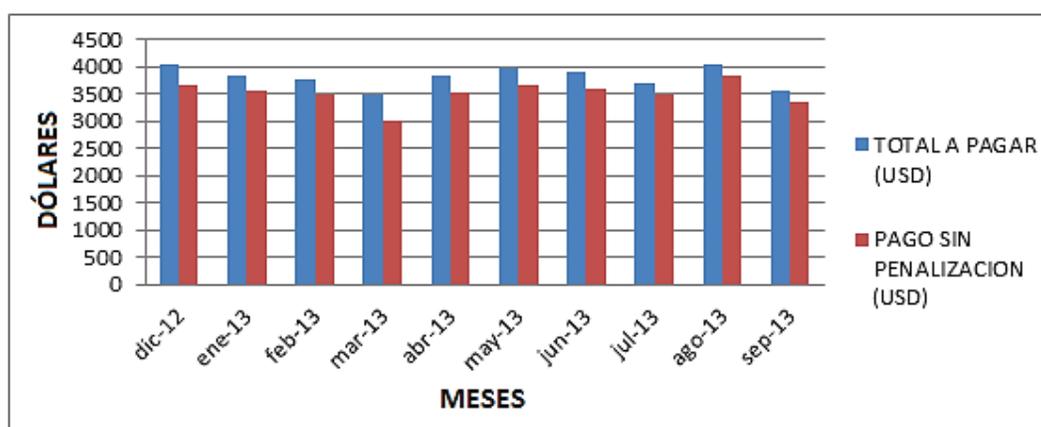


Fig. 3-6 Relación entre pago con y sin penalización.

Fuente: Planillas E.E.A.S.A.

Elaboración: Propia

3.1.5 MENÚ ENERGÉTICO

La norma NTE INEN-ISO 5000:2012 en lo que respecta a la revisión energética destaca que se identifique las instalaciones, equipamientos, sistemas que afecten significativamente al uso y al consumo de la energía.

Por tal motivo se aplica un menú energético en el presente trabajo de titulación que es una manera de determinar cuáles son los equipos que más consumen electricidad. En este estudio se involucra las horas de utilización de cada uno de los motores instalados en la planta.

Se debe considerar la potencia eléctrica de cada uno de los motores, este resultado se obtiene de la potencia mecánica dada en la placa de los equipos, en base a la siguiente ecuación:

$$n(\text{Eficiencia}) = \frac{\text{Potencia Mecánica}}{\text{Potencia Eléctrica}} \quad (3-2)$$

La potencia eléctrica se multiplica por el número de horas laboradas al día y así obtener la energía consumida por el motor; la demanda también se puede referir mensualmente como se indica a continuación.

En ocasiones para cumplir con la producción semanal, se trabaja media jornada los días sábados.

$$\text{Energía Diaria} = \text{Potencia Eléctrica} * (\text{Nro. de Horas al día}) \quad (3-3)$$

La energía mensual por motor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Energía Mensual} = \text{Energía diaria} * (\text{Días al mes}) \quad (3-4)$$

Al mes se contabilizan veinte días trabajados en jornada completa y 4 días con media jornada de trabajo. La energía mensual calculada es multiplicada por el cargo tarifario emitido en el pliego tarifario del CONELEC 2013, donde determina para clientes de medio voltaje con demanda horaria diferenciada, el costo de la energía suministrada.

En base al pliego tarifario, el costo de la energía (USD/kWh) de lunes a viernes en horario comprendido entre 7:30 y 17:30 es 0.061 (USD/kWh), la tarifa para el día sábado es 0.061 (USD/kWh). En la Tabla 3-5 se describe las tarifas eléctricas que rigen para la fábrica “El Troje”.

Tabla 3-5 Cargos Tarifarios CONELEC [17].

MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA			
INDUSTRIALES			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/consumidor)
	4,576		1,414
L-V 08h00 hasta 18h00		0,061	
L-V 18h00 hasta 22h00		0,075	
L-V 22h00 hasta 08h00		0,044	
S,D,F 18h00 hasta 22h00		0,051	

Fuente: CONELEC.

Elaboración: Propia.

El ANEXO I, presenta dos menús energéticos; el primero de lunes a viernes, y el segundo referente a sábados, domingos y feriados.

De la Tabla 3-3 se obtiene que del historial de pago por consumo de potencia activa desde diciembre 2012 hasta septiembre 2013, alcanza alrededor de 2600 dólares mensuales, y al contrastarlo con el menú energético elaborado en Tabla 3-6 en la que se obtiene 2614 dólares mensuales, se encuentra que existe relación entre lo registrado y lo calculado.

Los datos de los menús energéticos se los condensa en la Tabla 3-6 siguiente:

Tabla 3-6 Cuadro Resumen de Menú Energético.

	JORNADA	TARIFA	C. MENSUAL
Lunes a Viernes	7h30 a 17h30	0,061	2.379
Sábado	7h30 a 12h00	0,061	235
TOTAL			2.614

Fuente: Levantamiento de Carga

Elaboración: Propia

El análisis de la potencia aporta para la definición de la selección de puntos a considerar, puesto que al crear una proyección de la energía que consume cada motor, y el valor de la iluminación, se puede concluir que el motor del molino de 100 HP y los motores de la peletizadora de 100 HP son elementos a considerarse en el análisis como se muestra en la Fig. 3-7.

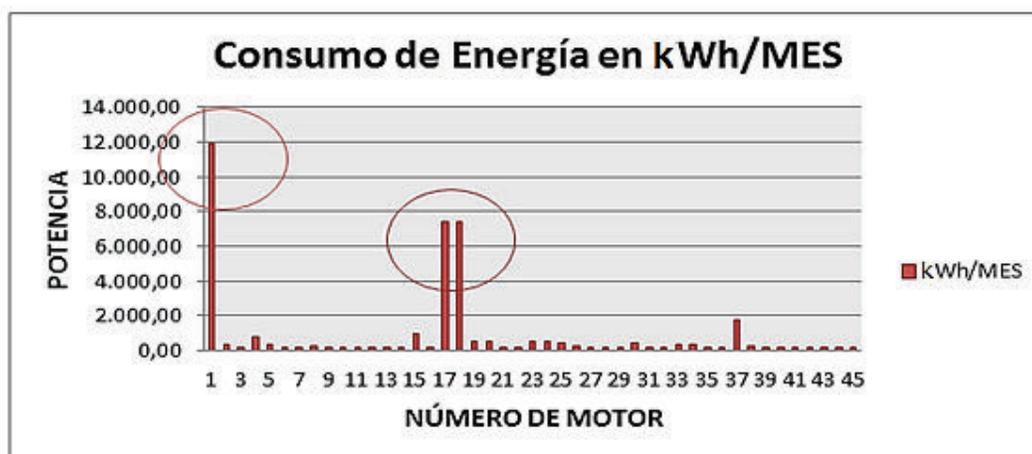


Fig. 3-7 Total Consumo de motores kWh/mes.

Fuente: Levantamiento de Carga.

Elaboración: Propia

3.2 SELECCIÓN DE PUNTOS A CONSIDERARSE PARA LAS MEDICIONES PUNTUALES.

Luego del levantamiento de carga, se identificó que la fábrica cuenta con transformadores, motores, e iluminación, por tal razón se identificó que los puntos a considerarse para las mediciones puntuales serían:

- Transformador de 250 kVA, (220/127 V),
- Transformador de 200 kVA, (460/265 V),
- Peletizadora con dos motores de 100 HP, potencia total 200 HP, y,
- Molino con motor de 100 HP.

Al analizar los transformadores, se tendrá un panorama general del comportamiento energético de la planta.

Del levantamiento de carga realizado se discriminaron los equipos con mayor potencia dando como resultado tres motores jaula de ardilla de 100 HP, perteneciente al molino y peletizadora que están conectados al transformador de 200 kVA.

En la Tabla 3-7 se detalla las características de los motores que se sometieron a medición.

Tabla 3-7 Características de Motores.

	Molino	Peletizadora (x2)
Marca	WORLD MOTOR	WEG
Potencia (HP)	100	100
Voltaje (V)	460	460
Corriente (A)	114	121
Frecuencia (Hz)	60	60
RPM	1780	1190
Fp (%)	87.4	82.0
Eficiencia (%)	94.5	95.0

Fuente: Levantamiento de Carga

Elaboración: Propia

En la Tabla 3-2, se encuentra el detalle de las características de los transformadores existentes en la fábrica.

3.3 EQUIPOS DE MEDICIÓN.

Los equipos utilizados para el levantamiento de información del comportamiento eléctrico así como del comportamiento mecánico en velocidad de los motores son:

3.3.1 ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS POWER EXPLORER PX5.

De fabricación **DRANETZ BMI**, Fig. 3-8, este equipo permite visualizar el comportamiento de las redes eléctricas, de propiedad de la Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Energía Eléctrica. Este equipo permite obtener información en tiempo real, visualizar datos de voltaje, corriente, potencia, con sus formas de onda utilizando la función de osciloscopio, el desplazamiento fasorial presente. Este equipo brinda la información necesaria para el análisis de los puntos a consideración.

De acuerdo con la norma de calibración del equipo EN50160 equivalente a la norma IEC1000-2-2 "Voltage disturbances", los parámetros medidos deben encontrarse por debajo del valor límite superior de 95% del periodo de medición. Los parámetros que presenten valores fuera del límite deben ser durante el 5% restante de periodo de medición.

La normativa IEC1000-2-2 hace relación a la calidad de voltaje que la empresa distribuidora debe proporcionar en los terminales de alimentación del cliente.
[18]

CARACTERISTICAS DEL ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS "POWER EXPLORER PX5"

MARCA: POWER EXPLORER, DRANETZ BMI.

MODELO: PX5.

INTERVALOS DE MEDICION: 1-5-10-15-30, minutos, 1-2 horas.

PARAMETROS DE ANALISIS:

- Potencia Activa, Reactiva, Aparente.
- Voltaje.
- Corriente.
- Frecuencia.
- Factor de Potencia.
- Flicker de corta y larga duración.
- Armónicos de voltaje y corriente (THD).
- Desbalance de Voltaje y de Corriente.
- Diagrama fasorial.



Fig. 3-8 Analizador de Redes Power Explorer PX5.

Fuente: Analizador de Redes.

Elaboración: Propia.

3.3.2 CLAMP METER MS2000G.

Este instrumento de medición que se presenta en la Fig. 3-9 es de fabricación, **MASTECH**, con la que se obtuvo mediciones de temperatura superficial en los conductores, y se monitoreo las mediciones tanto de voltaje y de corriente.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO CLAMP METER

MARCA: CLAMP METER

MODELO: MS2000G

PARAMETROS DE ANALISIS:

- Rango de voltaje DC: 2/20/200 V \pm 0.5%, 1000 V \pm 1.0%.
- Rango de voltaje AC: 200/750 V \pm 1.0%.
- Rango de Corriente AC: 200/2000 A <600 A \pm 2.0%, \geq 600 A \pm 3.0%.
- Temperatura: 0~400 °C \pm 1.0%, 400~750 °C \pm 2.0%.
- Accesorios: Termocupla.
- Normativa: IEC 1010-1 & IEC 1010-2-032, CAT II 1000V



Fig. 3-9 Clamp Meter MS2000G.

Fuente: Multímetro Clamp.

Elaboración: Propia.

3.3.3 TACÓMETRO EXTECH INSTRUMENTS 461995.

Este instrumento se empleó para las mediciones de velocidad de los motores para corroborar la eficiencia del equipo, de propiedad de la Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Energía Eléctrica, permite la medición de velocidad en RPM.

CARACTERISTICAS DEL TACOMETRO

- Marca: tacómetro EXTECH.
- Modelo: 461995.
- Pantalla Unique donde los personajes cambian de dirección dependiendo del modo de medición se encuentra en Large 0.4 "(5 dígitos) Display LCD.
- Microprocesador base con oscilador de cristal de cuarzo para mantener la alta precisión.
- Memoria de Tacómetro pasado, máximo y lecturas mínimas.
- Proporciona una amplia RPM (foto y contacto) y mediciones de la velocidad de superficie lineal.
- Precisión de 0,05% con una resolución máxima de 0,1 rpm ya sea en el modo de contacto o foto.



Fig. 3-10 Tacómetro EXTECH MS2000G.

Fuente: Tacómetro.

Elaboración: Propia.

3.4 ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS.

Partiendo de las mediciones realizadas, a continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos.

3.4.1 TRANSFORMADOR DE 250 kVA, 13.8 kV - 220/127 V.

Este transformador alimenta los motores de potencia menor a 50 HP, y en la Tabla 3-8, se presenta los parámetros calibrados para las mediciones, así como en la Fig. 3-2, se presenta la placa del transformador.

Tabla 3-8 Parámetros de Calibración del Equipo de Medición.

LUGAR – PARÁMETRO	VALOR
Punto de Medición	Se realizó en el lado de bajo voltaje del transformador de 250 kVA, con voltaje de 220 V.
Voltaje Nominal (Línea)	220 V.
Equipo de Medición	ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS "POWER EXPLORER PX5"
Intervalo de registros.	5 minutos
Total acumulado	7 días en promedio
Registro completo de parámetros Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje RMS de cada fase (media, min, max.). • Corriente RMS de cada fase (media, min, max.). • Sucesos de voltaje (caída, subida, interrupción). • Potencia (kW, kVA, kVAR) • Energía Total. • Forma de onda de voltaje.
Fecha de Inicio / Fin.	01 de junio del 2013 / 08 de junio del 2013.

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

Las mediciones se realizaron en un período de 7 días y a continuación en la Tabla 3-9 se detalla el resumen de mediciones realizadas en: los valores máximos y mínimos de voltaje, corriente, factor de potencia y demanda, en donde se puede apreciar la manera en la que los valores fluctúan.

Tabla 3-9 Resumen de lectura de datos, transformador 250 kVA.

Fases	Voltaje de Fase (V)		Corriente (A)		P. Activa (kW)		P. Reactiva (kVAR)		Factor de Potencia		Demanda (kWh)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
A	124,49	130,04	5,40	79,37	0,69	24,08	7,38	50,04	0,867	0,986	0,738	25,026
B	125,30	130,82	4,54	71,52								
C	119,97	129,90	4,53	71,07								

Fuente: Mediciones.

Elaboración: Propia.

Para determinar el margen de regulación de voltaje a la que los motores pueden estar sometidos, el Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE), a través de la publicación IEEE Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (Práctica recomendada para la distribución de energía eléctrica para plantas industriales), recomienda que: *“Los límites de tolerancia de voltaje en la norma ANSI C84.1-1989 se basan en la norma NEMA MG 1-1993, que establece los límites de tolerancia de voltaje del motor de inducción estándar de +/- 10% de la placa de identificación de 230 V y 460 V. Dado que los motores representan la principal componente del equipo de utilización, se les dio consideración primordial en el establecimiento de la norma de voltaje.”* [19]

Como parte del análisis de las mediciones efectuadas, se evaluará el cumplimiento o no de la regulación de voltaje, de lo que se desprende la Tabla 3-10.

Tabla 3-10 Análisis de la regulación de voltaje.

Fase	Voltaje de Fase (V)		Voltaje de Fase Nominal (V)	Voltaje Nominal con tolerancia (V)		Cumplimiento de la Regulación	
	Min.	Max.		- 10%	+ 10%	Min.	Max.
A	124,49	130,04	127,02	114,48	139,92	Si	Si
B	125,3	130,82	127,02	114,48	139,92	Si	Si
C	119,97	129,9	127,02	114,48	139,92	Si	Si

Fuente: Mediciones realizadas.

Elaboración: Propia.

Para la construcción de la Tabla 3-10, se tomó el valor de voltaje de fase nominal, al que se le aumenta y disminuye el 10% correspondiente, se

contrasta con los valores medidos y se evalúa su cumplimiento, es decir si el valor medido está en el margen establecido o si esta por fuera.

Del análisis obtenido se concluye que el comportamiento del voltaje en este transformador está dentro de los parámetros regidos por la normativa.

Adicionalmente se presentan las gráficas de las variables eléctricas iniciando con la Fig. 3-11, la variación del voltaje de fase se toma como análisis la fase C, en la que se tiene fluctuaciones entre 119,97 y 129,90 V en plena carga, resultado de los registros obtenidos en el período de medición, a medida que más motores van entrando en funcionamiento, la variación de voltaje es más notoria.

La corriente, en la Fig. 3-12, describe el comportamiento de funcionamiento de la planta en el intervalo de tiempo de medición, al iniciar el día aproximadamente a las 7h00, el consumo de corriente sube así como al medio día decrece, y en la tarde nuevamente se restablece de 14h00 a 17h30.

La corriente mínima en la fase C a la salida del transformador es de 4,53 A y en máxima carga 71,07 A.

En la Fig. 3-13 se presenta la potencia activa, que sigue un comportamiento similar al de la corriente, por la relación existente entre estas magnitudes eléctricas, la variación de potencia fluctúa: potencia mínima 0,69 kW y máxima potencia 24,08 kW. El patrón de comportamiento se repite cada día de trabajo.

En la Fig. 3-14, la potencia reactiva, que se presenta con la entrada en funcionamiento de carga inductiva en el sistema, en la figura, la línea roja representa el promedio de la potencia reactiva que varía desde 7,38 kVAR hasta 50,04 kVAR.

En la Fig. 3-15 se evidencia el bajo voltaje presente, al aumentar el flujo de corriente. Uno de los motivos para que el voltaje baje es el bajo factor de potencia que tiene el sistema.

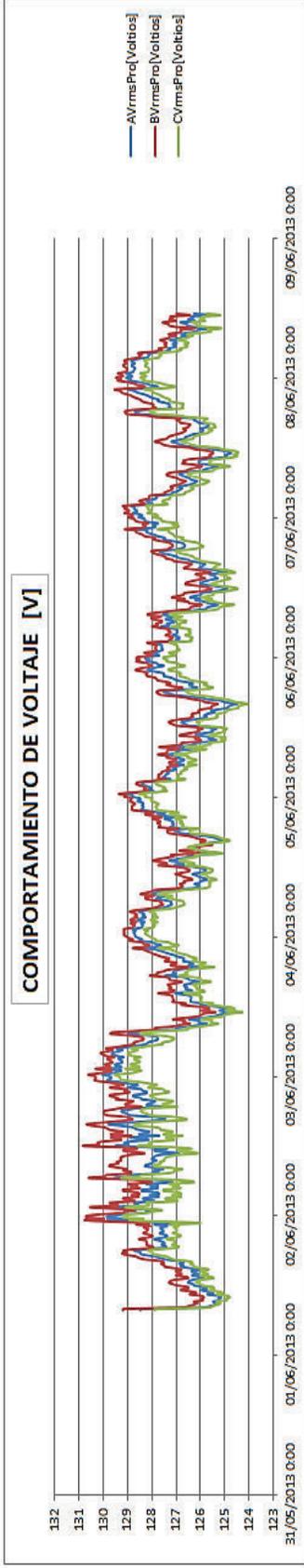


Fig. 3-11 Comportamiento de Voltaje, Transformador 250 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

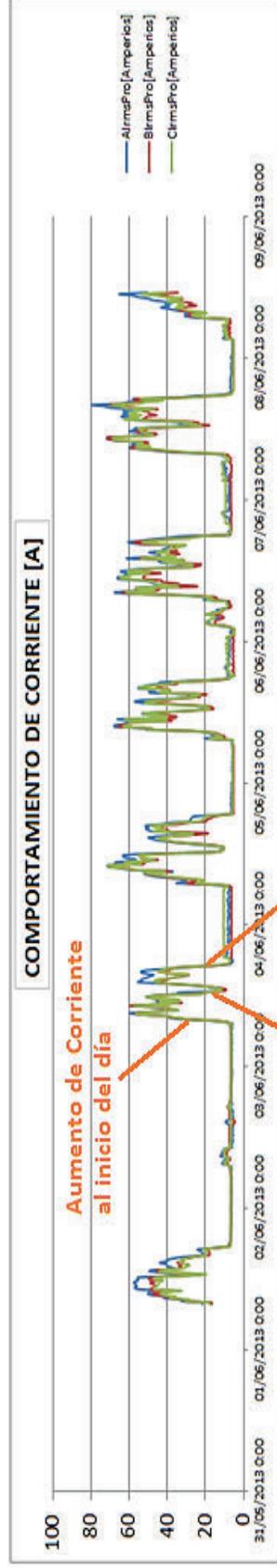


Fig. 3-12 Comportamiento de la Corriente, Transformador 250 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

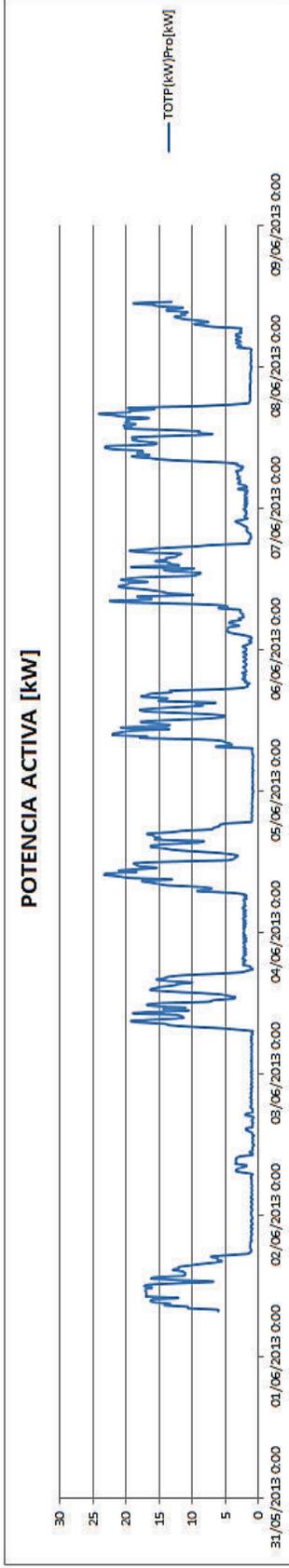


Fig. 3-13 Comportamiento de la Potencia Activa, Transformador 250 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

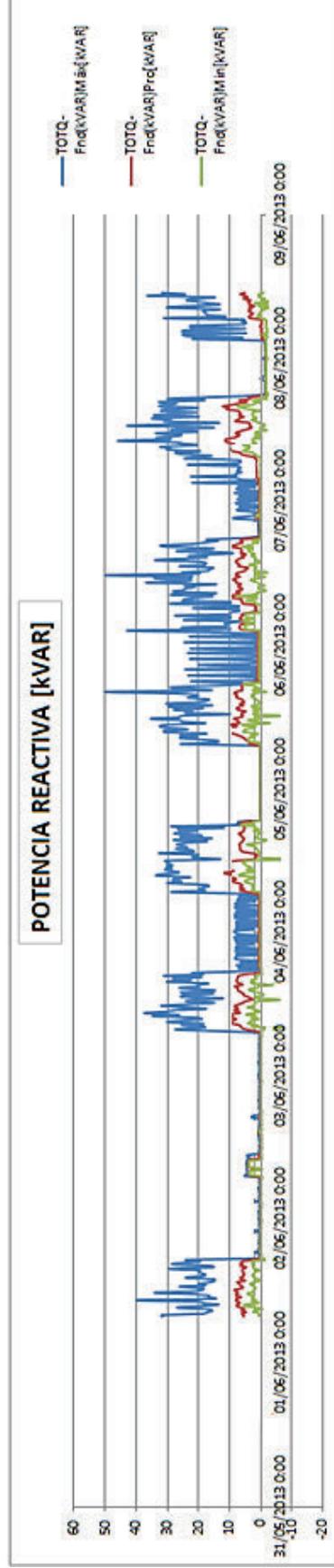


Fig. 3-14 Comportamiento de la Potencia Reactiva, Transformador 250 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

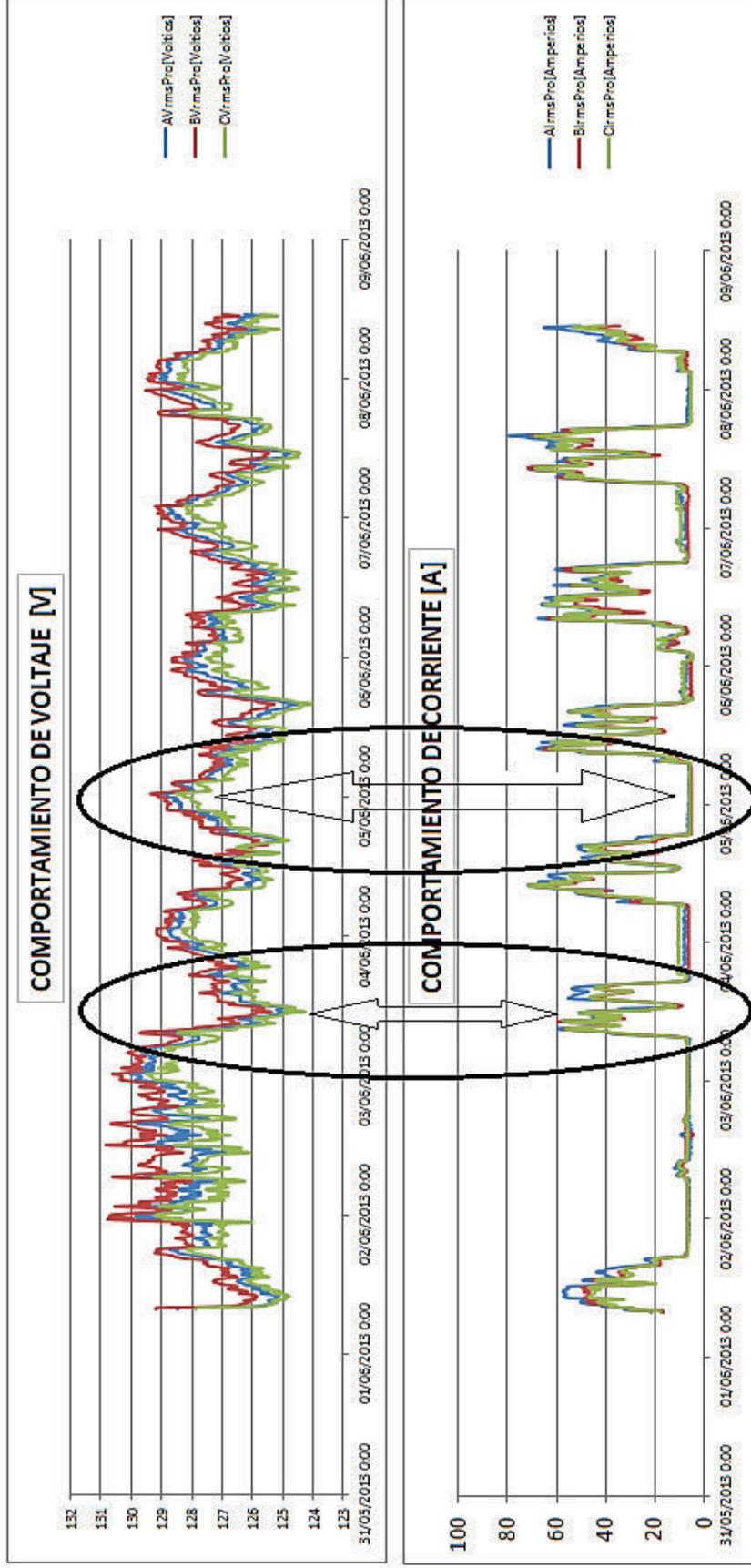


Fig. 3-15 Comportamiento del Voltaje Vs. Corriente, Transformador 250 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

3.4.2 TRANSFORMADOR DE 200 kVA, 13.8 kV - 460/265 V.

Este transformador alimenta directamente a tres motores con una potencia de 100 HP cada uno, en la Fig. 3-3, se aprecia los datos de placa de éste transformador.

Tabla 3-11 Parámetros de Calibración del Equipo de Medición.

LUGAR – PARÁMETRO	VALOR
Punto de Medición	Se realizó en el lado de bajo voltaje del transformador de 200 kVA, con voltaje de 460 V.
Voltaje Nominal (Línea)	460 V.
Equipo de Medición	ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS "POWER EXPLORER PX5"
Intervalo de registros.	5 minutos
Total acumulado	7 días en promedio
Registro completo de parámetros Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje RMS de cada fase (media, min, max.). • Corriente RMS de cada fase (media, min, max.). • Sucesos de voltaje (caída, subida, interrupción). • Potencia (kW, kVA, kVAR) • Energía Total. • Forma de onda de voltaje.
Fecha de Inicio / Fin.	08 de junio del 2013 / 15 de junio del 2013.

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

El primer motor acciona el molino de maíz y los otros dos intervienen en el proceso de peletizado, se realizaron mediciones durante siete días continuos y se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12 Resumen de Lectura de Datos, Transformador 200 kVA.

Fases	Voltaje de Fase (V)		Corriente (A)		P. Activa (kW)			P. Reactiva (kVAR)		Factor de Potencia		Demanda (kWh)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
A	216.99	263.89	10.03	248.71	0.01	111.27	155.36	0.83	304.35	0.78	0.91	0,013	108,55
B	220.35	264.82	7.34	201.47									
C	244.44	262.58	7.54	200.18									

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

Con el mismo criterio del análisis realizado en el caso anterior, relacionando la Regulación CONELEC 004/01, se presenta la Tabla 3-13, con los criterios que permiten el análisis.

Tabla 3-13 Análisis de la variación de voltaje / Regulación.

Fase	Voltaje de Fase (V)		Voltaje de Fase Nominal (V)	Voltaje Nominal con tolerancia (V)		Cumplimiento de la Regulación	
	Min.	Max.		- 10%	+ 10%	Min.	Max.
A	216,99	263,89	265,58	239,02	292,14	No	Si
B	220,35	264,82	265,58	239,02	292,14	No	Si
C	244,44	262,58	265,58	239,02	292,14	Si	Si

Fuente: Mediciones realizadas.

Elaboración: Propia.

De los resultados arrojados se aprecia que los voltajes de línea en las fases A, B, no cumplen la normativa en el límite inferior, solamente el voltaje de la fase C esta dentro de la norma, la variación en la fase A es del 18 % y la fase B es 17%, por el límite superior, los valores de voltaje cumplen la normativa.

Se presenta las curvas de voltaje a través de la Fig. 3-16 donde muestra lo asimétrico del comportamiento de la carga. Tomando el caso de la fase A para el análisis, se obtiene que los valores de voltaje fluctúan entre 263,89 V siendo el pico más alto y como valor bajo 216.99 V.

De la misma forma las gráficas de corriente, Fig. 3-17 evidencia el desbalance de carga hacia la fase A, variando entre 248.71 A como máximo y 10.03 A como mínimo. Se puede observar el comportamiento en los días de consumo son similares en especial el lunes y el jueves que tuvieron las mismas cargas en intervalos similares de tiempo. Así también los días martes, miércoles y viernes se registra incremento de carga en las madrugadas, para cubrir los faltantes de producción que puedan existir.

Las gráficas de potencia activa y reactiva, Fig. 3-18 y Fig. 3-19 sigue conservando la misma tendencia en la forma de onda, debido a que la potencia está en función de voltaje y corriente.

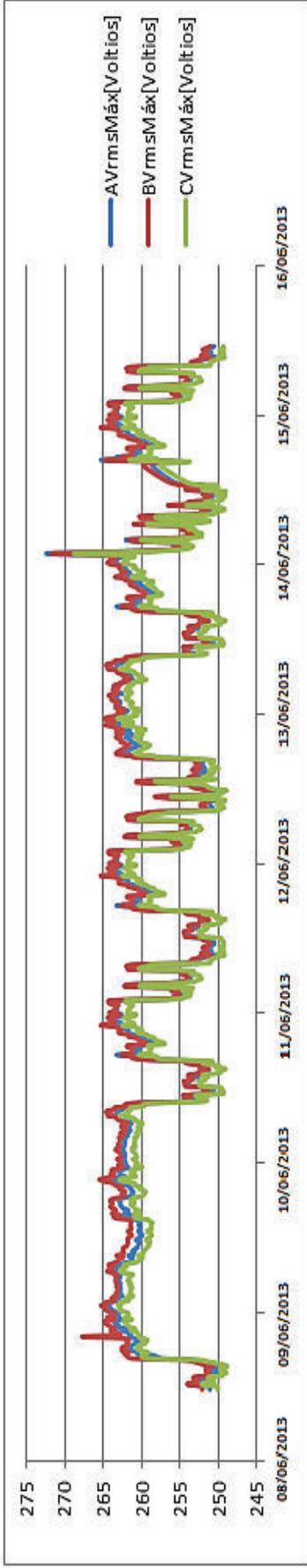


Fig. 3-16 Comportamiento de Voltaje, Transformador 200 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

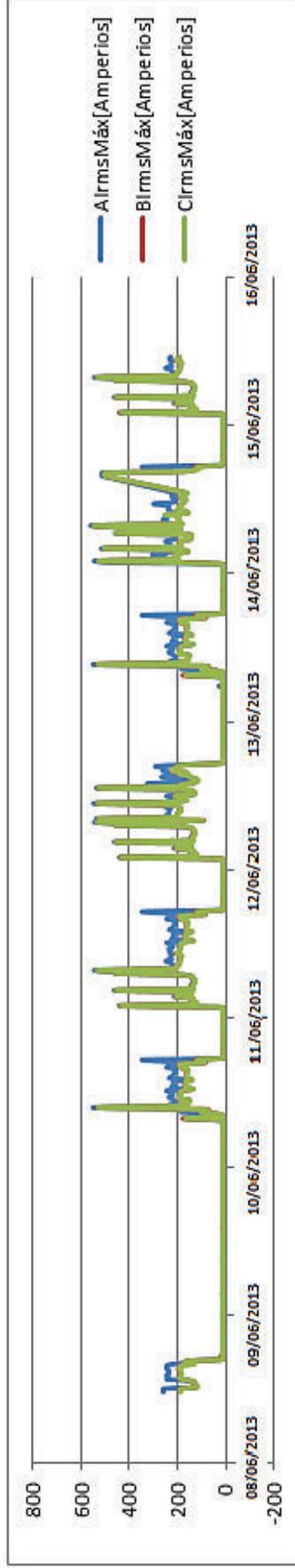


Fig. 3-17 Comportamiento de Corriente, Transformador 200 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

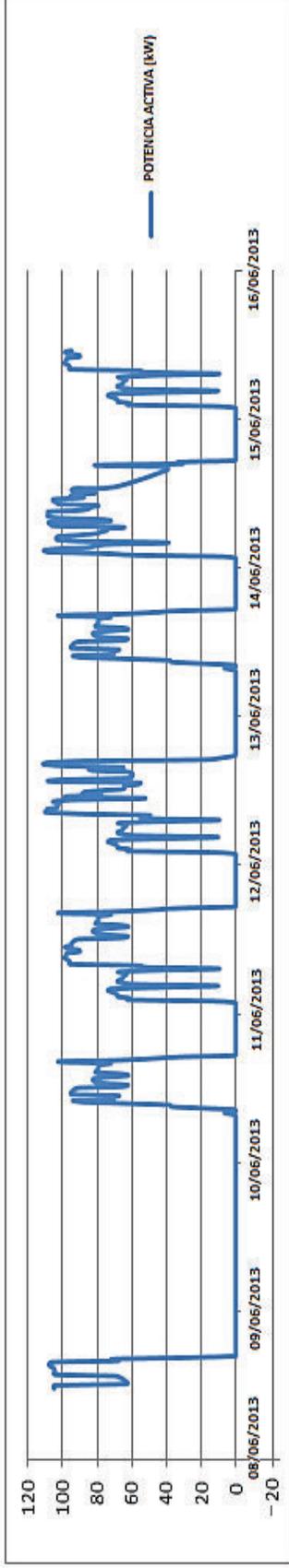


Fig. 3-18 Comportamiento de la Potencia Activa, Transformador 200 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

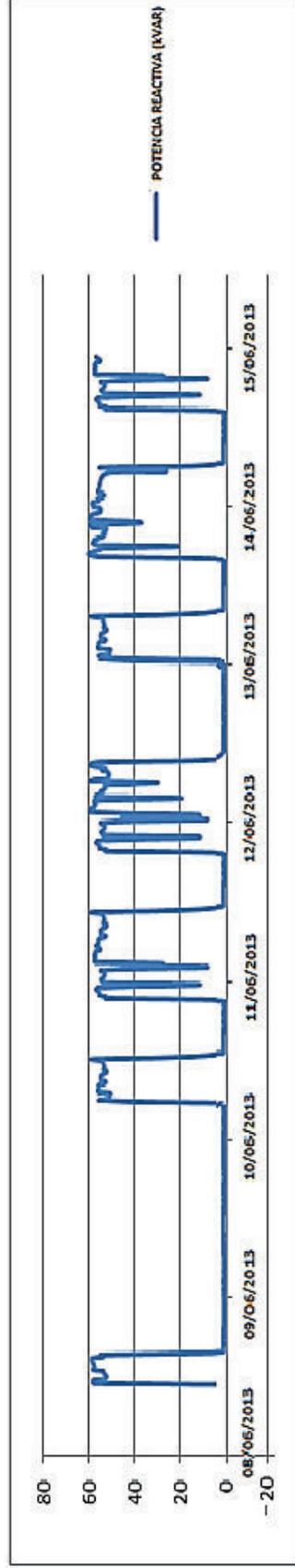


Fig. 3-19 Comportamiento de Potencia Reactiva, Transformador 200 kVA.

Fuente: Mediciones Realizadas.
Elaboración: Propia.

3.4.3 PELETIZADORA, 200 HP, 460 V.

La Peletizadora es el equipo con mayor potencia instalada, utiliza dos motores cada uno de 100 HP, por esta característica, se realiza el análisis de este equipo al formar parte de la carga conectada al transformador de 200 kVA, 460/265 V.

Tabla 3-14 Parámetros de Calibración del Equipo de Medición.

LUGAR – PARÁMETRO	VALOR
Punto de Medición	Barras principales de la peletizadora.
Voltaje Nominal (Línea)	460 V.
Equipo de Medición	ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS "POWER EXPLORER PX5"
Intervalo de registros.	5 minutos
Total acumulado	6 días en promedio
Registro completo de parámetros Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje RMS de cada fase (media, min, max.). • Corriente RMS de cada fase (media, min, max.). • Sucesos de Voltaje (caída, subida, interrupción). • Potencia (kW, kVA, kVAR) • Energía Total. • Forma de onda de voltaje.
Fecha de Inicio / Fin.	24 de junio del 2013 / 29 de junio del 2013.

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

Las mediciones en este caso se realizaron en un intervalo de 6 días y a continuación, se encuentra una tabla resumen, Tabla 3-15 donde se detalla los valores máximos y mínimos tanto de voltaje, corriente, factor de potencia y demanda.

Tabla 3-15 Resumen de Lectura de Datos, Peletizadora.

Fases	Voltaje de Fase (V)		Corriente (A)		P. Activa (kW)		P. Reactiva (kVAR)		Factor de Potencia		Demanda (kWh)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
A	235,46	256,65	1,148	182,38	0,013	120,08	0,052	280,79	0,746	0,89	0,0040	69,78
B	235,93	257,09	0,5867	186,65								
C	234,71	255,14	0,5612	176,56								

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

Con el criterio del análisis anteriormente utilizado, se presenta la Tabla 3-16, con los criterios que permitan el análisis.

Tabla 3-16 Análisis de la regulación de voltaje.

Fase	Voltaje de Fase (V)		Voltaje de Fase Nominal	Voltaje Nominal con tolerancia (V)		Cumplimiento de la Regulación	
	Min.	Max.		- 10%	+ 10%	Min.	Max.
A	235,46	256,65	265,58	239,02	292,14	No	Si
B	235,93	235,09	265,58	239,02	292,14	No	Si
C	234,71	255,14	265,58	239,02	292,14	No	Si

Fuente: Mediciones realizadas.

Elaboración: Propia.

Se concluye que los voltajes de línea en las fases A, B, C no están dentro del margen mínimo que la normativa establece, por lo que en el lado del secundario del transformador, existe bajo voltaje, la variación en la fase A y B es del 11% y de la fase C del 12 %, en el límite superior los valores de voltaje están dentro de la norma.

En la Fig. 3-20, el voltaje de la fase C que se toma como ejemplo, varía entre 234,71 V y 255,14 V, esta variación describe que cuando las maquinarias entran en funcionamiento se presenta estos descensos de voltaje.

Esto se puede justificar, por la ubicación que tiene el tap del transformador, que al estar en posición 1, presenta un voltaje de línea en la salida de 440 V.

En la Tabla 3-17, se puede apreciar los valores de voltaje que se tuvo tanto en vacío como a plena carga, la máxima diferencia que alcanza es 24 V.

Tabla 3-17 Voltajes en Bornes de entrada de Peletizadora.

Voltaje	En Vacío (V)	Plena Carga (V)	Diferencia (V)
VAB	440,15	414,02	26,13
VAC	433,06	412,16	20,90
VBC	437,40	414,25	23,15
Vmax	440,15	413,48	26,67
Vmin	433,06	412,16	20,90
Promedio	436,87	413,48	23,39

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

La corriente, en la Fig. 3-21, al igual que en el caso del transformador, describe el comportamiento del funcionamiento de los equipos en la planta para el período de tiempo de medición, donde el incremento y decremento de corriente sigue los horarios de trabajo de la fábrica.

Como corriente mínima que se tiene que en la fase C es: 0,56 A, y máxima corriente 176,56 A.

En la Fig. 3-22, se presenta la potencia activa, que tiene una variación entre: 0,013 kW y 120,08 kW. El patrón de comportamiento se repite en los días de trabajo, salvo pequeñas fluctuaciones en las que la potencia máxima alcanza valores instantáneos pico.

En la Fig. 3-23, la potencia reactiva presenta variación que está en el rango de 0,052 hasta 280,79 kVAR, y en la línea roja se muestra el promedio de la potencia reactiva que alcanzo en el período de medición.

En la Fig. 3-24, se encuentra la interacción del voltaje con la corriente, con el accionamiento del cambiador de tomas en vacío realizado por un técnico de la industria, es más evidente el efecto de disminución del voltaje cuando la corriente aumenta.

En el número 1, cuando llega las 17h30, al terminarse el horario de trabajo, se apaga la maquinaria, la corriente llega hasta el valor mínimo, y el voltaje regresa a su valor nominal que por accionamiento del cambiador de tomas en vacío, es 440 V, y al llegar a la hora 7h15, nuevamente se da el efecto antes mencionado.

De la misma forma, en el Número 2 de la Fig. 3-24, al observarlo minuciosamente, cuando existe una pequeña variación en la corriente, en ese mismo instante, el voltaje también varía en relación inversamente proporcional.

Este escenario, se repite durante la semana, y la variación que tiene en voltaje hace al sistema irregular, convirtiendo en foco de atención para el análisis.

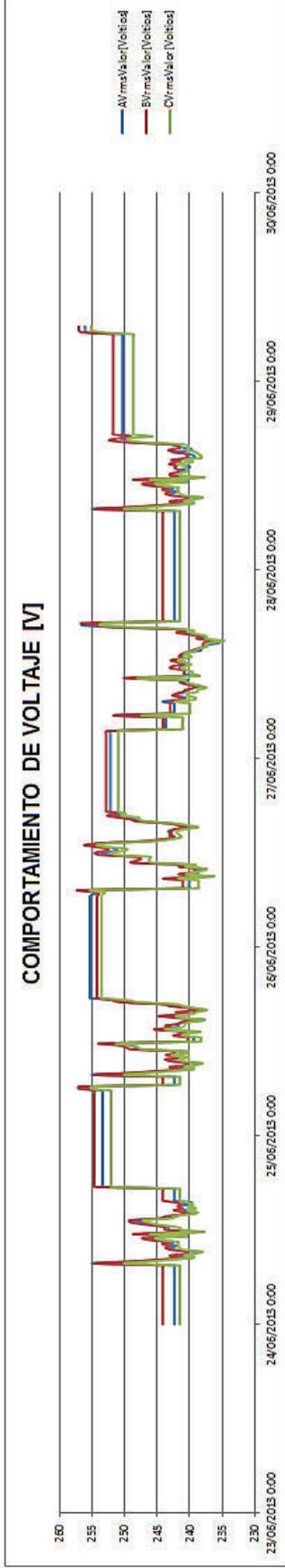


Fig. 3-20 Comportamiento de Voltaje, Peletizadora.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

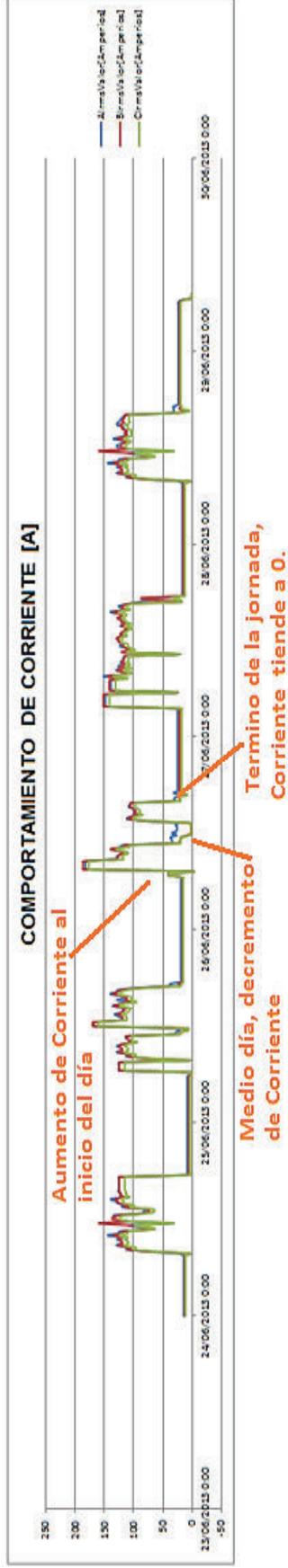


Fig. 3-21 Comportamiento de la Corriente, Peletizadora.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

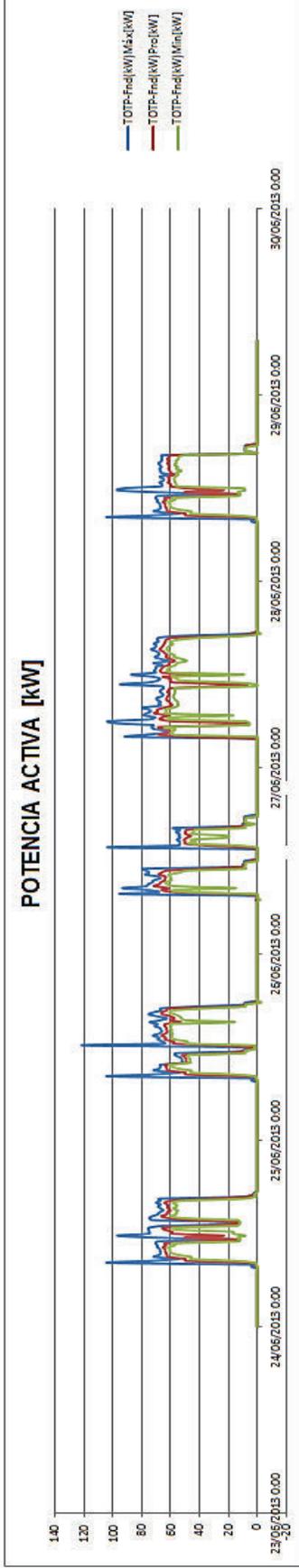


Fig. 3-22 Comportamiento de la Potencia Activa, Peletizadora.

Fuente: Mediciones Realizadas.
 Elaboración: Propia.

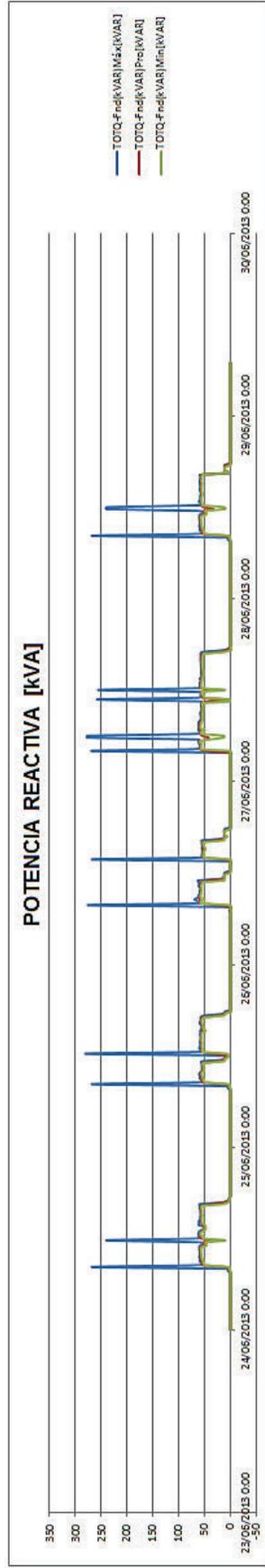


Fig. 3-23 Comportamiento de la Potencia Reactiva, Peletizadora.

Fuente: Mediciones Realizadas.
 Elaboración: Propia.

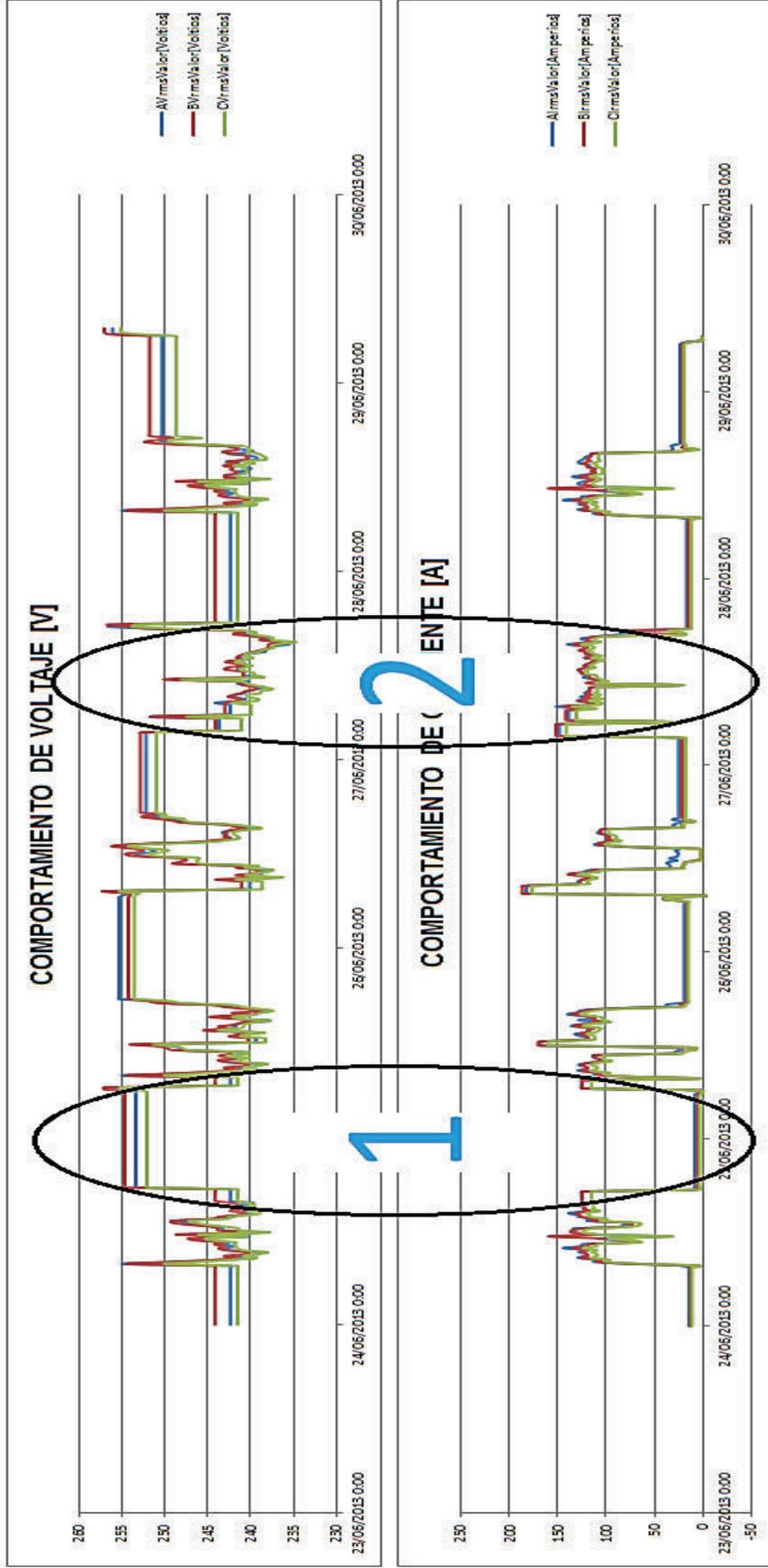


Fig. 3-24 Comportamiento del Voltaje Vs. Corriente, Peletizadora.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

3.4.4 MOLINO, 100 HP, 460 V.

El molino, es accionado por un motor de 100 HP, que está alimentado desde el transformador de 200 kVA, con un nivel de voltaje de 460 V.

Los parámetros de medición en este equipo son los siguientes:

Tabla 3-18 Parámetros de Calibración del Equipo de Medición.

LUGAR – PARÁMETRO	VALOR
Punto de Medición	Acometida principal del Molino.
Voltaje Nominal (Línea)	460 V.
Equipo de Medición	ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS "POWER EXPLORER PX5"
Intervalo de registros.	5 minutos
Total acumulado	20 minutos.
Registro completo de parámetros Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje RMS de cada fase (media, min, max.). • Corriente RMS de cada fase (media, min, max.). • Sucesos de Voltaje (caída, subida, interrupción). • Potencia (kW, kVA, kVAR) • Energía Total. • Forma de onda de voltaje.
Fecha de Inicio / Fin.	5 de julio del 2013

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

Al realizar las mediciones, este equipo presentó una serie de inconvenientes, al producir demasiados eventos, conocidos como variaciones de voltaje, de corriente, armónicos, lo que generó una gran cantidad de datos instantáneos, por lo que solamente se logró obtener un registro de 20 min.

Para el funcionamiento del molino, existe un variador de velocidad, que permite un arranque suave por este motivo, la corriente no sobrepasa los 114 A.

La información recabada se presenta en la Tabla 3-19, el criterio de medición es el mismo implementado en los procesos anteriores.

Tabla 3-19 Resumen de Lectura de Datos, Molino.

Fases	Voltaje de Fase (V)		Corriente (A)		P. Activa (kW)		P. Reactiva (VAR)		Factor de Potencia	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
A	255,03	261,37	49,41	73,9	15,43	16,748	1,5153	4,014	-0,87	0,88
B	253,76	260,23	32,48	49,65						
C	252,01	258,66	31,336	49,65						

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

Con el criterio del análisis utilizado para los casos anteriores, se presenta la Tabla 3-20 con los criterios que permiten el análisis.

Tabla 3-20 Análisis de la regulación de voltaje.

Fase	Voltaje de Fase (V)		Voltaje de Fase Nominal	Voltaje Nominal con tolerancia (V)		Cumplimiento de la Regulación	
	Min.	Max.		- 10%	+ 10%	Min.	Max.
A	255,03	261,37	265,58	239,02	292,14	Si	Si
B	253,76	260,23	265,58	239,02	292,14	Si	Si
C	252,01	258,66	265,58	239,02	292,14	Si	Si

Fuente: Mediciones realizadas.

Elaboración: Propia.

Se concluye que los voltajes de línea en las fases A, B, C están dentro del margen que la regulación establece, el motor se encuentra funcionando dentro de los parámetros de correcto funcionamiento, además que las formas de onda de voltaje y corriente que se usa para analizar el comportamiento o influencia del motor en la red.

En la Fig. 3-25, el comportamiento del voltaje en el intervalo de tiempo registrado para la fase C, fluctúa entre: 252,01 y 258,66 V, las formas de onda de la corriente, (Fig. 3-26) demuestra la existencia de un desequilibrio de fases, siendo la fase A la que se encuentra con una circulación de corriente diferente de valor mínimo: 49,41 A y máximo 73.9 A y en las fases B, C, la corriente tiene valores mínimo de 32 A y máximo de 49 A.

En la Fig. 3-27, la forma de voltaje describe un comportamiento totalmente diferente en cada una de las fases en un instante determinado, que se puede atribuir a la forma en la que las corrientes también varían.

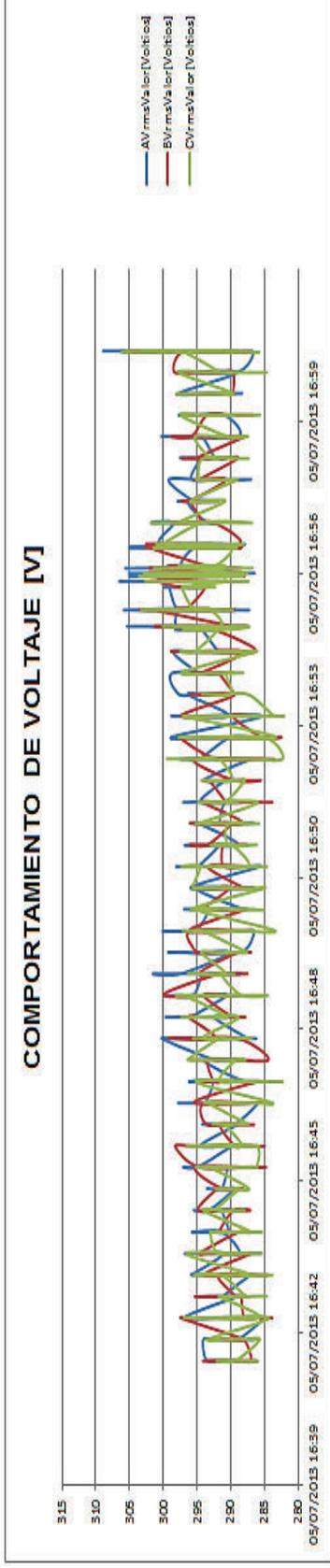


Fig. 3-25 Comportamiento de Voltaje, Molino.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

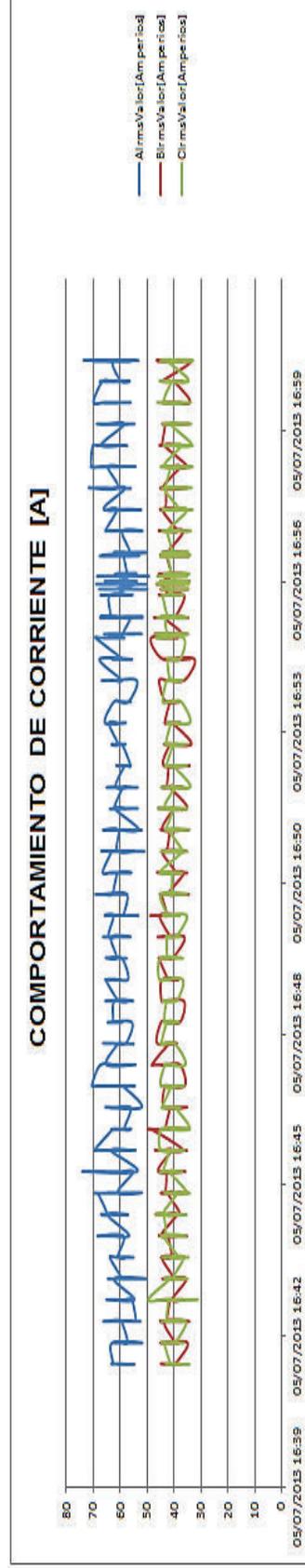


Fig. 3-26 Comportamiento de la Corriente, Molino.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

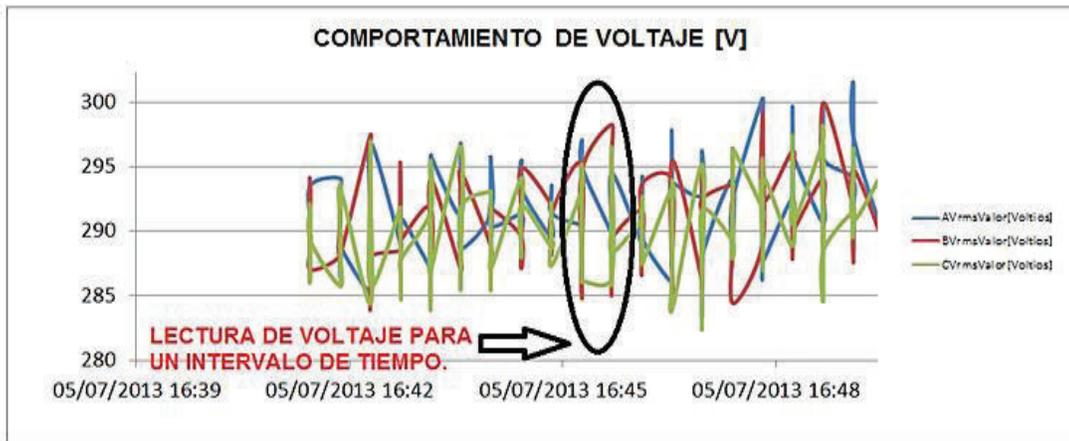


Fig. 3-27 Variación instantánea de Voltaje, Molino.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

3.5 CALCULO DE LA LÍNEA BASE Y LINEA META

La producción de la fábrica, se centra en el balanceado de uso avícola, la cantidad de producción depende de la demanda que exista, por esta razón la producción no tiene comportamiento constante.

Para establecer la línea base, se usa los datos de consumo energético, y de la producción en quintales existente.

La línea meta resulta de identificar los puntos de producción eficiente y usarlos para mantener los márgenes de consumo y producción deseados con uso eficiente de la energía y menor costo.

3.5.1 ANALISIS DE DATOS

Los datos utilizados corresponden a la producción en el periodo, diciembre 2012 – septiembre 2013 con la información de consumo de energía eléctrica, y producción de balanceado en quintales.

La producción de balanceado es semanal y no tiene un comportamiento lineal, a diferencia del consumo eléctrico que se registra mensualmente, para que pueda ser comparativo, se desagregó proporcionalmente el consumo de energía eléctrica en relación a la producción semanal de balanceado para obtener valores semanales que sean comparables, esto para obtener una línea base de consumo de energía respecto a la producción.

Las unidades de medida seleccionadas para la energía son los kWh, y para la producción de balanceado son los quintales.

3.5.2 DISEÑO DE LA LINEA BASE Y LINEA META

Para la construcción de la Fig. 3-28 se toma los valores de consumo energético en kWh, con los datos de producción de balanceado en quintales que se posee.

Para la línea base y línea meta, en la Tabla 3-21 se presenta la información de consumo de energía eléctrica, producción de quintales de balanceado y datos ajustados de línea base y línea meta.

Los datos ajustados resultan de comparar el consumo de energía y quintales de balanceado, obteniendo el consumo en kWh destinado para la producción de quintales de balanceado, este valor se conoce como línea base, y la línea meta es la diferencia entre el consumo de energía y la línea base.

Tabla 3-21 Consumo de energía semanal vs producción de balanceado.

MES	SEMANA	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (kWh)	PRODUCCION EN qq.	LINEA BASE	LINEA META
Diciembre	1	11 760	16 820	10 977	783
	2	11 210	16 652	10 909	720
	3	12 441	16 990	11 046	165
	4	11 629	16 818	10 976	1 465
Enero	1	11 329	15 914	10 609	720
	2	11 207	15 743	10 540	668
	3	11 146	15 657	10 505	641
	4	11 258	15 814	10 569	689
Febrero	1	8 952	13 754	9 732	(780)
	2	8 688	13 294	9 545	(858)
	3	8 661	13 240	9 523	(862)
	4	8 979	13 808	9 754	(775)
Marzo	1	10 117	14 929	10 209	(93)
	2	9 623	14 373	9 983	(360)
	3	9 732	14 490	10 031	(299)
	4	10 008	14 812	10 162	(154)
Abril	1	11 194	17 671	11 322	(129)
	2	10 545	17 180	11 123	(579)
	3	10 436	17 355	11 194	(758)
	4	11 085	17 846	11 393	(308)
Mayo	1	12 389	19 764	12 172	217
	2	11 671	19 215	11 949	(279)
	3	11 551	19 411	12 029	(478)
	4	12 269	19 960	12 252	18
Junio	1	11 723	19 265	11 970	(246)
	2	11 146	18 282	11 571	(425)
	3	11 377	17 819	11 382	(6)
	4	11 954	18 801	11 781	173
Julio	1	11 442	15 886	10 598	844
	2	10 818	15 320	10 368	450
	3	11 074	15 509	10 445	630
	4	11 186	16 074	10 674	512
Agosto	1	13 061	21 847	13 018	43
	2	12 349	21 070	12 702	(353)
	3	12 641	21 329	12 808	(166)
	4	12 769	22 106	13 123	(355)
Septiembre	1	11 329	15 914	10 609	720
	2	11 207	15 657	10 569	668
	3	11 146	15 743	10 505	641
	4	11 258	15 814	10 540	689

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

3.5.2.1 CONSTRUCCION DE LA GRÁFICA

Para la construcción de la Fig. 3-28 se usa los valores de consumo de energía y producción, la línea de tendencia, resultado de una regresión lineal se conoce como Línea Base, con esta información se crea una línea de tendencia calculando los valores ajustados, con lo que se obtiene la proyección que permite comparar los valores de consumo de energía.

Al hacer la diferencia entre el valor ajustado, línea base, y el valor real, consumo en kWh, se presentan dos casos:

El primero, que la diferencia sea negativa que en la Tabla 3-21 se presenta en color rojo, lo que significa un consumo menor de energía de la que muestra el valor ajustado, evidenciando eficiencia en el proceso.

El segundo, que la diferencia sea positivo, con el caso opuesto al anterior, es decir que el consumo de energía fue mayor que el valor ajustado, lo que demuestra ineficiencia en el proceso productivo.

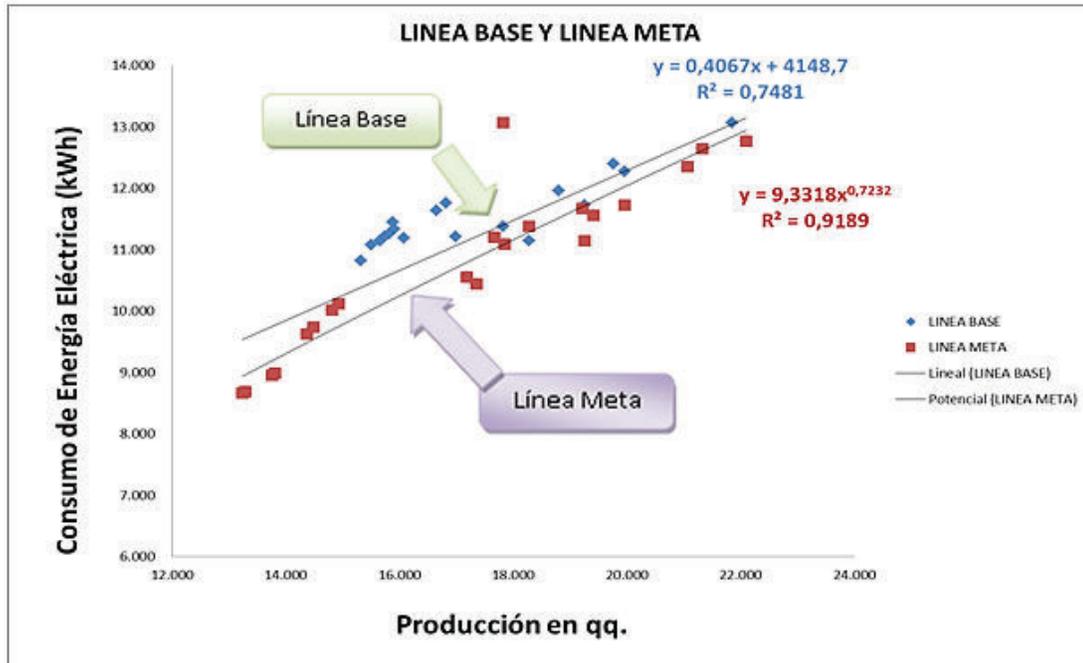


Fig. 3-28 Línea Base de consumo de Energía Vs Producción de Balanceado.

Fuente: Tabla de Consumo de Energía Vs Producción.

Elaboración: Propia.

3.5.3 ANALISIS DE LA LINEA BASE Y LINEA META.

Para el análisis de las líneas de tendencia creadas, se recurre al “coeficiente de correlación de Pearson, denominado R^2 , es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias” [20], este coeficiente fluctúa entre los valores:

$$-1 < R^2 < 1 \quad (3-5)$$

Mientras más cercano a la unidad es el coeficiente la relación de las variables es más perfecta.

Para la interpretación del coeficiente de correlación, en la Tabla 3-22, se presenta las equivalencias para determinar la relación que existe entre las variables de la gráfica, que para este caso de estudio son: el consumo de energía eléctrica y la producción de balanceado en quintales.

Tabla 3-22 Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.

VALOR	SIGNIFICADO	VALOR	SIGNIFICADO
-1	Correlación negativa grande y perfecta	0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta	0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta	0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada	0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja	0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja	1	Correlación positiva grande y perfecta
0	Correlación nula		

Fuente: Coeficiente de Correlación de Pearson. [20]

Elaboración: Propia.

De la línea de tendencia expresada como línea base, proporcionada en la Fig. 3-28 se obtiene el coeficiente de correlación:

$$R^2 = 0,7481 \quad (3-6)$$

Al ubicar la correspondencia en la Tabla 3-22, se determina que corresponde a una **Correlación positiva alta**.

La línea meta se presenta como el escenario al que la fábrica llegaría una vez aplicada la política de Gestión de Energía.

Los valores, en color rojo de la Fig. 3-28, considerados para la línea meta, representan el consumo eficiente de energía para la producción de balanceado.

De la línea de tendencia de la meta, se obtiene que:

$$R^2 = 0,9189 \quad (3-7)$$

Que del análisis comparativo con la Tabla 3-22, se obtiene que tiene una **Correlación positiva muy alta.**

Si el valor del coeficiente de correlación, R^2 fuera cercano a 0, significaría que la energía consumida por la empresa, es demasiada en relación a la cantidad de producción.

CAPITULO 4

En este capítulo se detallará los requisitos para la creación del Sistema de Gestión de la Energía para la Fábrica El Troje, en base a los criterios que propone la Norma NTE INEN ISO 50001:2012.

Se detallará las problemáticas identificadas resultado del diagnóstico energético y la elaboración de propuesta de soluciones que en la norma se categoriza en *“Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético”*. [21]

De acuerdo al literal 2.1.5, los requerimientos para la elaboración de un Sistema de Gestión son:

4.1 REQUISITOS GENERALES.

4.1.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA

La política energética, es un conjunto de mecanismos que permite desarrollar un sistema de mejoramiento en el que intervienen factores de planeación, ejecución, mantenimiento y mejora, con estos factores se garantiza la sustentabilidad del programa en la fábrica.

Para el estudio de viabilidad se hace necesario que se detalle:

- Cantidad total de energía consumida, en este caso de electricidad.
- Costos de la energía.
- Datos de la producción.

4.1.2 ESTABLECER EL ALCANCE Y LOS LÍMITES

Es necesario que se establezca los límites y alcances que se tiene para la aplicación de los mecanismos de la política energética, puesto que el análisis puede abarcar una parte de la planta o su totalidad y de esto dependerá el impacto que tenga al evaluar los resultados.

Se tiene en cuenta los principales puntos:

- La aplicación del sistema de gestión se realizará en la Fábrica El Troje.

- Comprende la estructura principal de la fábrica cuya distribución se muestra en el plano de la Fig. 4-1.
- Los procesos de mezclado, molienda y peletizado para la elaboración del producto.
- El análisis se centra en el consumo de energía eléctrica.
- No se incluye el transporte.
- No se incluye la gestión del agua por no intervenir mayoritariamente en los procesos.

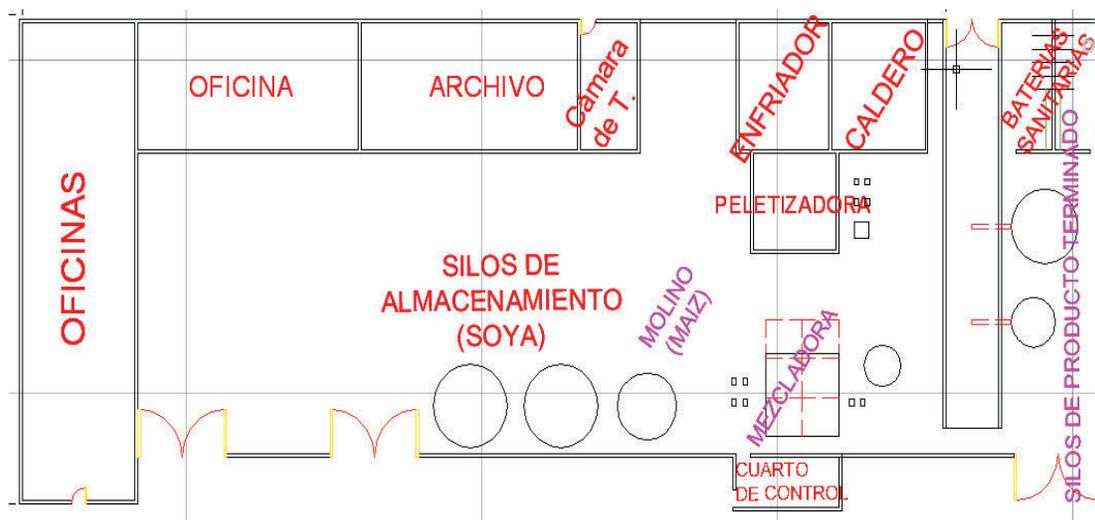


Fig. 4-1 Plano Estructural de la fábrica.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

4.2 EQUIPO DE GESTIÓN

“El representante de la dirección es responsable de la creación, implementación y mejora del sistema de gestión de energía. La alta dirección es el o la responsable de su nombramiento” [22]. El tiempo que se dedique a este trabajo puede ser llevado a la par con sus responsabilidades habituales de dirección de ingeniería entre otras.

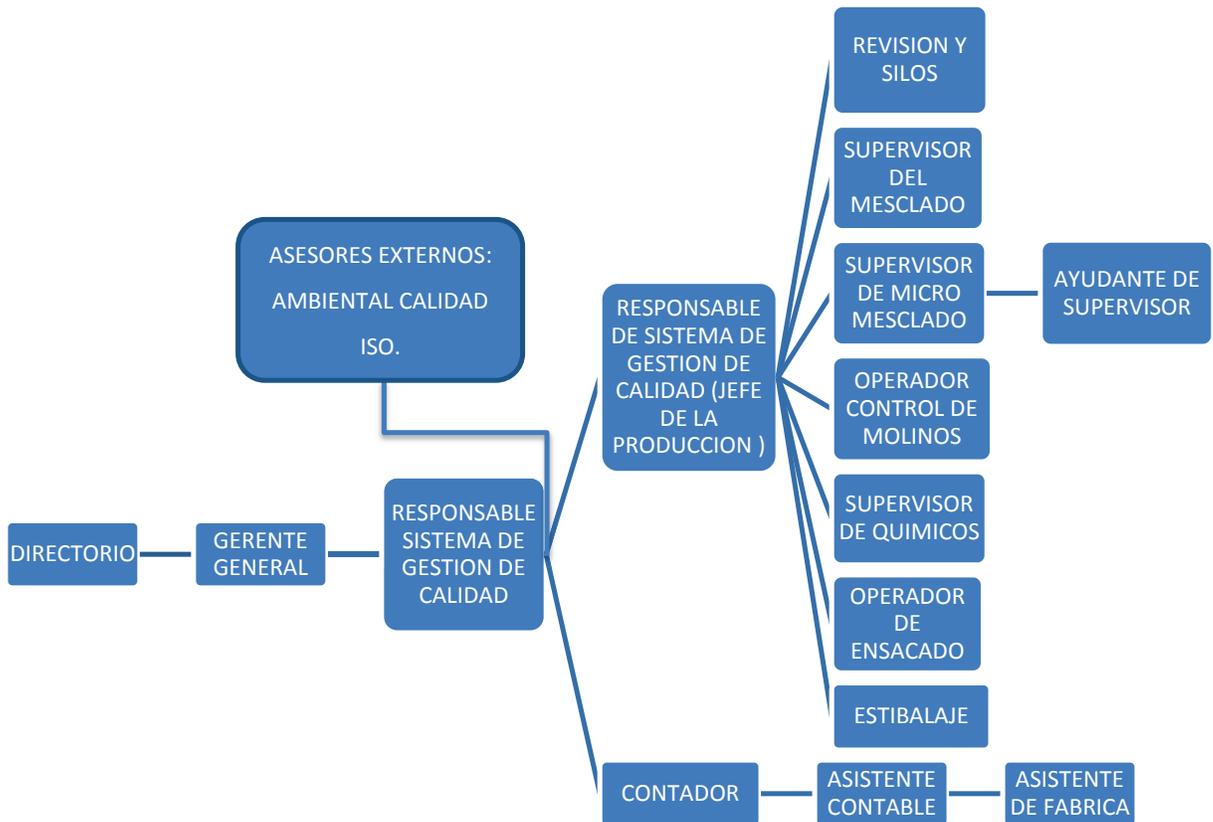


Fig. 4-2 Diagrama Organizacional.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

En la Fig. 4-2 se identifica claramente la formación del equipo de gestión de energía, propuesto en este proyecto de titulación, en el cual se logre un compromiso de los departamentos y unidades del trabajo para la implementación del sistema de gestión.

Además, en la Tabla 4-1 se muestra un esquema de las delegaciones y las funciones a desarrollar en la fábrica por el personal encargado de la ejecución del sistema de gestión de energía, para la designación de este personal se analizarán los perfiles profesionales de cada trabajador para con ello seleccionar al equipo.

Tabla 4-1 Miembros del equipo de Gestión Energética.

Tareas:	Alto directivo (Gerente General)	Representante de la dirección	Gerente Administrativo (Contador)	Supervisor de Mesclado (Jefe de la Producción)
Nombre				
Establecer políticas		Liderar		
Aprobar políticas	Liderar	Participar		
Miembro del equipo de energía	Participar	Liderar		Participar
Analizar el consumo Energético		Liderar		
Determinar los parámetros energéticos		Liderar		
Control Operacional		Participar		Participar
Evaluación Financiera	Participar	Participar	Participar	
Hacer seguimiento de tarifas			Participar	
Mantener la base de datos de ODE				
Implementar la formación		Participar	Participar	
Implementar la DEE		Participar		

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

4.3 POLÍTICA ENERGÉTICA.

Para el éxito de los sistemas de gestión, es importante determinar la política energética, que es un documento oficial, a través del cual la alta dirección demuestra la cooperación con la ejecución del sistema de gestión de la energía, aportando para lograr mejoras continuas en el desempeño energético.

Este documento albergará los compromisos de la organización y su enfoque general respecto a la gestión de la energía. No es necesario identificar en detalle la forma en la que se gestionará el recurso energético, sino el compromiso que se adquirirá, a nivel del sector administrativo.

La política energética, deberá contener lo siguiente: [23]

- Debe adecuarse al tipo y a la dimensión del uso de la energía de la organización.

- Se la debe revisar y actualizar periódicamente para garantizar su permanencia.
- Se la debe notificar a todo el personal y a los contratistas, para demostrar que la dirección superior está comprometida con la gestión de la energía.

A continuación se presenta un modelo sugerido para la elaboración de este documento de Política Energética:



AVICOLA AGOYAN
GRUPO CASAGRANDE
Chávez Zúñiga Salomón Iván

POLÍTICA ENERGÉTICA

En **GRUPO CASA GRANDE, DIVISIÓN FÁBRICA EL TROJE**, estamos comprometidos en llevar a cabo operaciones con responsabilidad hacia el Medio Ambiente, promovemos el uso eficiente de los recursos energéticos y estamos comprometidos con la mejora continua del desempeño energético y la productividad de nuestros procesos productivos.

Nuestros objetivos para cumplir la Política Energética son:

1. Disponer de recursos necesarios para desarrollar proyectos de mejora y reducción de costos por el uso eficiente de la energía.
2. Cumplir con todos los requerimientos legales y otros que apliquen al uso de energía.
3. Los nuevos proyectos se someterán a una planificación energética para asegurar que el uso de energía es el más bajo posible; además sea técnica y económicamente factible.
4. Mantener visible y evaluar periódicamente los indicadores de eficiencia energética.
5. Estamos comprometidos a capacitar y promover el uso eficiente de la Energía, y toma de conciencia para evitar el desperdicio de energía.
6. Mantener la certificación de acuerdo con estándares internacionales.
7. Esta política será actualizada regularmente para garantizar que continúe y muestre nuestro compromiso con el buen manejo energético.

ING. IVÁN CHAVEZ

GERENTE

4.4 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA.

La planeación energética de la empresa contiene los aspectos del desempeño energético que la fábrica dispone, así se parte identificando falencias y las posibles soluciones.

Para el desarrollo de la planificación energética, en la Fig. 4-3 se presenta un esquema práctico en el que los niveles y alcances que tiene la planificación energética se puede aplicar.

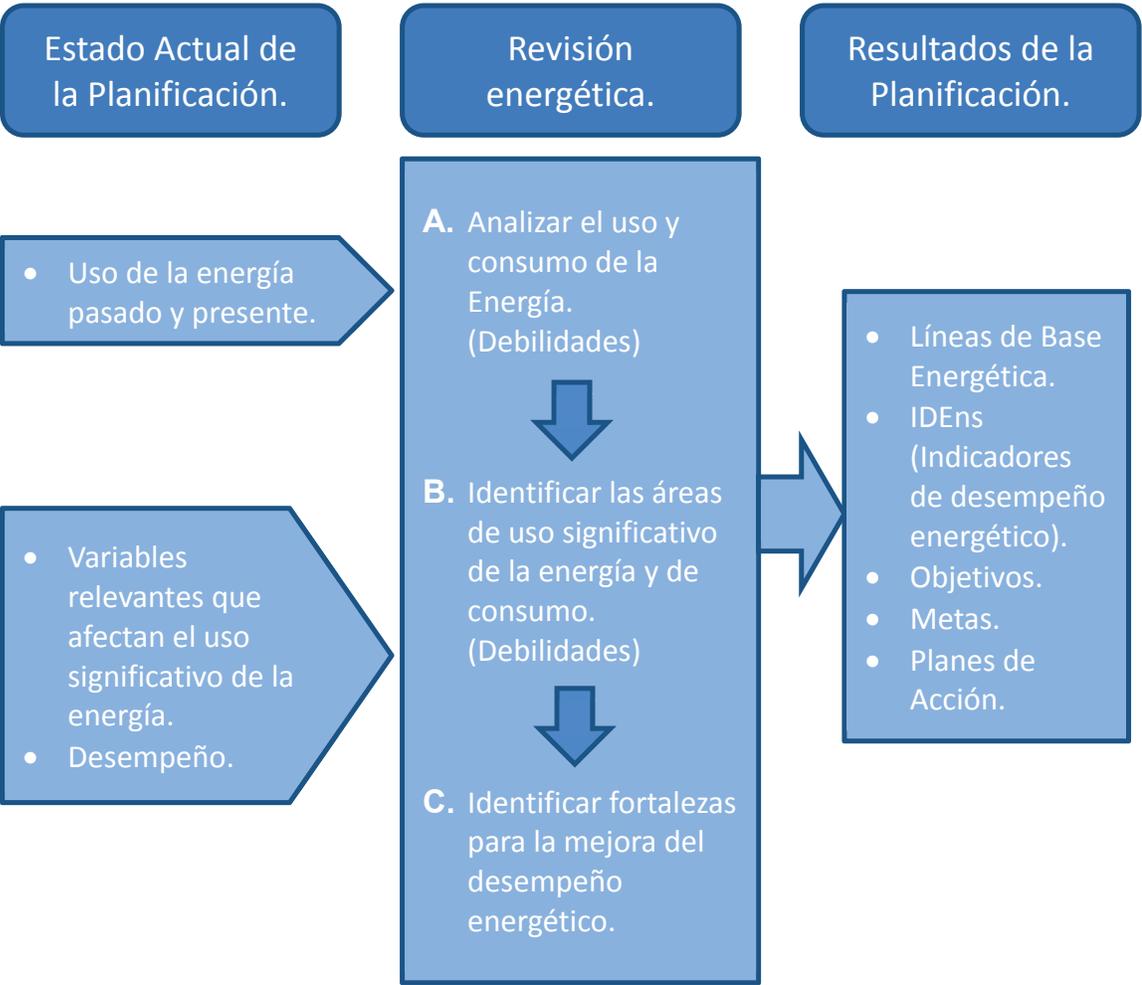


Fig. 4-3 Diagrama conceptual del Proceso de Planificación Energética.

Fuente: Norma NTE INEN-ISO 50001:2012.

Elaboración: Propia.

En base al esquema de los Procesos de Planificación Energética, para la Revisión Energética se plantea la siguiente esquematización:

IDENTIFICACIÓN DE FORTALEZAS PARA EL MEJORAMIENTO

Partiendo del levantamiento de información descrito en el capítulo 3, se identifican oportunidades para el mejoramiento del desempeño energético de la fábrica, además que se planteará las posibles soluciones a emplearse para mejorar el consumo energético.

Las fortalezas y oportunidades de mejora, corresponden a las siguientes temáticas:

Fortalezas:

- Redimensionamiento del Transformador.
- Penalización por bajo factor de potencia.
- Redimensionamiento del Arrancador Suave.
- Implementación de Variador de Velocidad Electrónico.
- Mantenimiento preventivo a nivel eléctrico y mecánico.

Oportunidades:

La Norma NTE INEN-ISO 50001:2012, está diseñada para ayudar a los industriales a crear fábricas más eficientes, optimizando el consumo de energía y la mejor utilización a los sistemas, a través de la creación de políticas de gestión eficiente de energía.

A continuación se planteará el desarrollo de las oportunidades de mejoramiento aplicando criterios técnicos y de eficiencia energética.

4.4.1 REDIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR 200 kVA (13.8 kV/460 V).

Partiendo del análisis de la información contenida en el capítulo anterior, surge la necesidad de iniciar un estudio del transformador.

Uno de los estudios es el análisis de la sobrecarga del transformador. Este estudio permite determinar si el equipo está operando dentro de parámetros seguros o se lo está sobre exigiendo, para ello se empleará el cálculo de acuerdo a la potencia de la carga conectada a éste.

Las consecuencias de tener el transformador funcionando sobrecargado, desencadena en la reducción de la vida útil del equipo, tendencia a fallas ligadas a aislamiento interno y pérdida del equipo, baja regulación de voltaje y bajo factor de potencia, esto ocurre en los periodos de sobrecarga. [24]

4.4.1.1 Dimensionamiento del transformador.

Se plantea el dimensionamiento del transformador para la carga que está conectada a éste, que consta de tres motores trifásicos de 100 HP con un voltaje nominal de 460 V.

Las Normas de diseño de la Empresa Eléctrica Quito, parte A, brindan las pautas para realizar el dimensionamiento, que a continuación se presenta:

Partiendo de la fórmula:

$$kVA(t) = DD * (\% FFNU) * DMe \quad (4-1)$$

Dónde:

- DD = Demanda de Diseño.
- % FFNU = Porcentaje de Factor de Frecuencia de Uso.
- DMe = demanda máxima de acuerdo a Cargas Especiales (para este caso al no existir cargas especiales, no se considera esta variable).

Se calcula la Demanda de Diseño, que corresponde a la carga en HP que tendrá el sistema.

Tabla 4-2 Cálculo de Demanda de Diseño.

Potencia (HP)	Factor de Potencia	Potencia (kW)	Potencia (kVA)
200	0.82	149.14	181.88
100	0.87	74.57	85.71

Fuente: Levantamiento de Carga y Cálculos.

Elaboración: Propia.

Entonces se concluye que la Demanda de diseño es:

$$DD = 267.59 \text{ kVA.}$$

De acuerdo al National Electrical Code (NEC) el factor de simultaneidad para el dimensionamiento se debe considerar de 100% puesto *“que todas las cargas que se espera que funcionen a la vez, o 125 por ciento de la corriente a plena carga del motor más grande, o primero 60 amperios de la carga”* [25]

Para el cálculo de la demanda del transformador de la fábrica “El Troje” el factor de simultaneidad es 100 % puesto que los tres motores de 100 HP conectados al transformador funcionan al mismo tiempo.

Aplicando la ecuación se tiene:

$$kVA(t) = DD * (\% FFNU) * DMe \quad (4-1)$$

$$kVA(t) = 267.59 * 100\%$$

$$kVA(t) = 267.59 \text{ kVA}$$

Además se considera una *“buena práctica de la ingeniería que el tamaño del transformador este bordeando el 125% de la carga actual, para permitir el crecimiento del sistema y el cambio en la diversidad de cargas”* [26]

Para el desarrollo de la propuesta, se escoge un transformador de 300 kVA.

En el ANEXO J se encuentra el estudio de carga para el transformador de 200 kVA (13.8 kV / 460 V) en base a la normativa de la Empresa Eléctrica Quito; con el análisis se concluye que el transformador se encuentra con 134% de sobrecarga, por lo que el transformador debe ser mayor a 200 kVA.

4.4.1.2 Análisis de voltaje y corriente en el transformador.

Se efectúa el análisis del voltaje y corriente en el transformador, para ello en la Tabla 4-3, se ha tomado la mediciones efectuadas en la fase A en valores rms, durante la jornada de trabajo (7h30 a 17h30) del día 24 de junio del 2013.

Tabla 4-3 Relación de Voltaje y Corriente tabulado / nominal.

Día	Hora	Vrms (V)	Irms (A)	Irms Nominal (A)	Irms - Irms Nominal (A)	Porcentaje de sobrecarga (%)
24/06/2013	7:30	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	7:45	423,712	272,84	251,32	21,52	8,56
24/06/2013	8:00	430,199	268,73	251,32	17,41	6,93
24/06/2013	8:15	420,459	274,95	251,32	23,63	9,40
24/06/2013	8:30	414,283	279,05	251,32	27,73	11,04
24/06/2013	8:45	417,605	276,83	251,32	25,51	10,15
24/06/2013	9:00	413,453	279,61	251,32	28,29	11,26
24/06/2013	9:15	413,678	279,46	251,32	28,14	11,20
24/06/2013	9:30	420,528	274,91	251,32	23,59	9,39
24/06/2013	9:45	420,286	275,07	251,32	23,75	9,45
24/06/2013	10:00	418,435	276,28	251,32	24,96	9,93
24/06/2013	10:15	421,826	274,06	251,32	22,74	9,05
24/06/2013	10:30	419,525	275,57	251,32	24,25	9,65
24/06/2013	10:45	425,078	271,97	251,32	20,65	8,22
24/06/2013	11:00	425,632	271,61	251,32	20,29	8,07
24/06/2013	11:15	415,546	278,20	251,32	26,89	10,70
24/06/2013	11:30	427,846	270,21	251,32	18,89	7,52
24/06/2013	11:45	414,871	278,66	251,32	27,34	10,88
24/06/2013	12:00	420,788	274,74	251,32	23,42	9,32
24/06/2013	12:15	420,788	274,74	251,32	23,42	9,32
24/06/2013	12:30	422,795	273,44	251,32	22,12	8,80
24/06/2013	12:45	426,341	271,16	251,32	19,84	7,89
24/06/2013	13:00	428,227	269,97	251,32	18,65	7,42
24/06/2013	13:15	430,043	268,83	251,32	17,51	6,97
24/06/2013	13:30	421,549	274,24	251,32	22,92	9,12
24/06/2013	13:45	418,937	275,95	251,32	24,63	9,80
24/06/2013	14:00	416,913	277,29	251,32	25,97	10,33
24/06/2013	14:15	413,505	279,58	251,32	28,26	11,24
24/06/2013	14:30	416,826	277,35	251,32	26,03	10,36
24/06/2013	14:45	414,162	279,13	251,32	27,82	11,07
24/06/2013	15:00	414,456	278,94	251,32	27,62	10,99
24/06/2013	15:15	417,484	276,91	251,32	25,59	10,18

24/06/2013	15:30	414,629	278,82	251,32	27,50	10,94
24/06/2013	15:45	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	16:00	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	16:15	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	16:30	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	16:45	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	17:00	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	17:15	419,266	275,74	251,32	24,42	9,72
24/06/2013	17:30	438,365	263,72	251,32	12,40	4,94
	valores máximos	438,365	279,613	251,319	28,294	11,26
	valores mínimos	413,453	263,723	251,319	12,404	4,94
	promedio (8:15-17:15)	419,496	275,614	251,319	24,294	9,667

Fuente: Sistema de Medición

Elaboración: Propia.

Adicionalmente en la Tabla 4-3, se muestra el valor de corriente nominal, el cual se calcula en base a la potencia del transformador 200 kVA y el nivel de voltaje de secundario 460 V de lo que resulta 251,32 A.

De los valores de corriente medida, se obtiene 279,63 A de corriente máxima, al compararlo con el valor de corriente nominal obtenido 251,42 A, se determina que el flujo de corriente real, es 11,26 % mayor que la nominal.

El valor mínimo de corriente en operación es 263,72 A, se determina que se encuentra 4,94% por encima del valor nominal.

Finalmente se analiza el valor de corriente promedio que es 275.61 A, de la misma forma que en los análisis anteriores, evidencia un aumento del 9.66%, del valor nominal.

Del análisis efectuado a estos tres niveles de corriente, se concluye que en operación el 100% del tiempo el transformador esta sobrecargado, por lo que se ratifica la necesidad de cambiar el transformador o incrementar uno adicional.

4.4.1.3 Mejora del sistema con la variación del cambiador de tomas en vacío.

Se plantea la posibilidad de mejorar las condiciones del sistema, con la variación del cambiador de tomas en vacío (Tap) en el lado de alto voltaje del

transformador de 200 kVA, para lo cual se acude al programa de simulación Power Factory de DlgSILENT.

El programa de simulación Power Factory de DlgSILENT, efectúa flujos de potencia combinados con el método de Newton Raphson para garantizar que el flujo de cargas siempre converja. [27]

Con estos antecedentes, se efectúa las modelaciones del sistema eléctrico de la fábrica y como situación de análisis inicial, se simula las condiciones actuales presentadas en la Fig. 4-4.

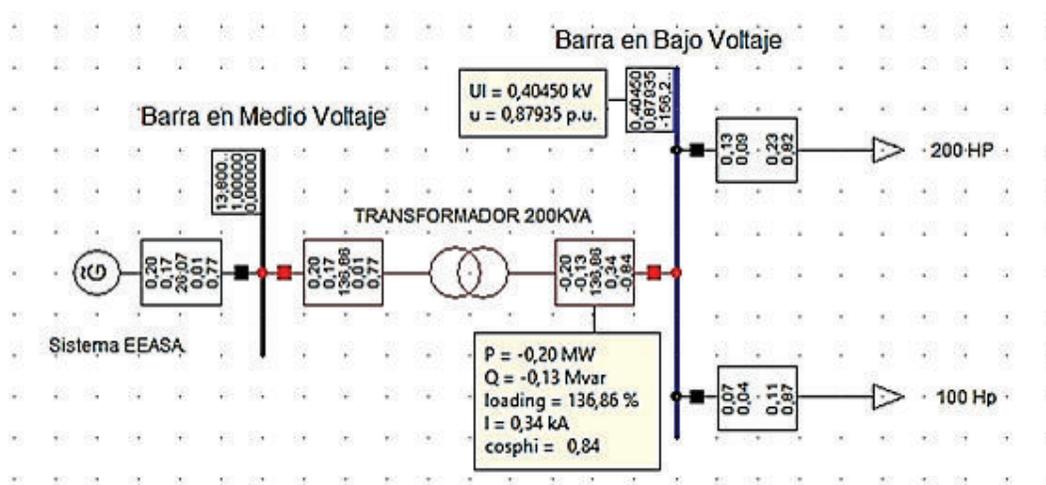


Fig. 4-4 Simulación condiciones actuales transformador 200 kVA.

Fuente: Simulación, Power Factory.

Elaboración: Propia.

Las condiciones del circuito presentado son:

- Cambiador de tomas en vacío del lado de alta en posición 1.
- Sin banco de capacitores para corrección de factor de potencia.

Se describe la existencia de factor de potencia igual a 0,84 inductivo, el voltaje en la barra del secundario de 404,5 V la sobrecarga del transformador es 136,86%.

Se plantea otro escenario de simulación que se presenta en la Fig. 4-5 con las siguientes condiciones:

- Cambiador de tomas en vacío del lado de alta en posición 3.

- Sin banco de capacitores para corrección de factor de potencia.

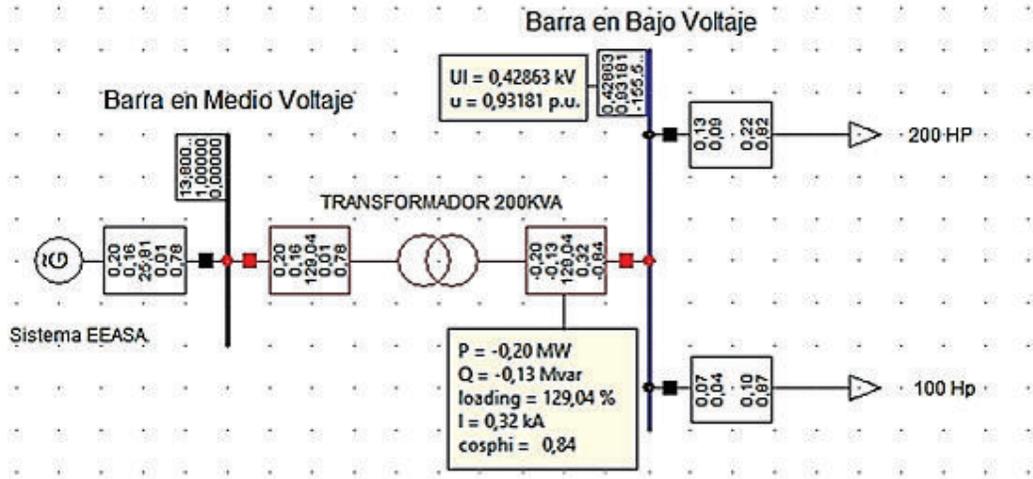


Fig. 4-5 Simulación cambiador de tomas posición 3, transformador 200 kVA.

Fuente: Simulación, Power Factory.

Elaboración: Propia.

El escenario describe un factor de potencia 0,84 inductivo, voltaje en el secundario del transformador de 428,6 V y la sobrecarga del transformador es de 129,04%.

Un último escenario presentado Fig. 4-6 es con el cambiador de tomas en vacío del transformador en la última posición, con las siguientes condiciones:

- Cambiador de tomas en vacío del lado de alta en posición 5.
- Sin banco de capacitores para corrección de factor de potencia.

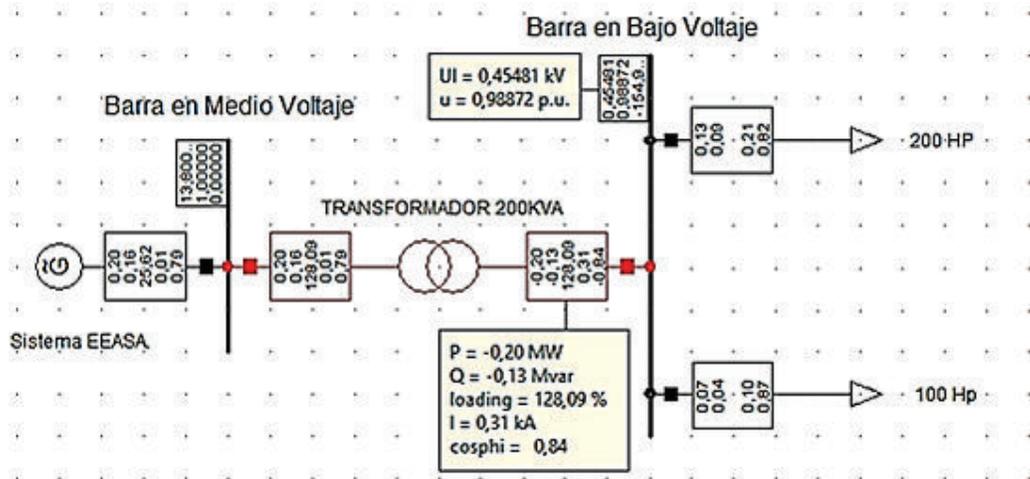


Fig. 4-6 Simulación cambiador de tomas posición 5, transformador 200 kVA.

Fuente: Simulación, Power Factory.

Elaboración: Propia.

El resultado de simular este escenario es factor de potencia 0,84, voltaje en el secundario del transformador 454,81 V, y la sobrecarga del transformador que alcanza el 128,09 %.

Al modificar el cambiador de tomas en vacío del transformador, se concluye que solamente se logra mejorar el perfil de voltaje, pero el transformador se mantiene aún sobrecargado, por esta razón, no se realizó ejercicios incluyendo banco de capacitores, ya que no sería una solución eficiente.

En la Tabla 4-4, se presenta la compilación de las posibilidades manejadas con la variación del cambiador de tomas en vacío.

Tabla 4-4 Comportamiento del sistema con el cambio de tomas en vacío.

ESCENARIOS	FACTOR DE POTENCIA	CARGA DEL TRANSFORMADOR (%)	VOLTAJE EN EL SECUNDARIO (V)
Condición actual posición 1	0,84	136,86	404,5
Posición 3	0,84	129,04	428,6
Posición 5	0,84	128,09	454,81

Fuente: Simulación, Power Factory.

Elaboración: Propia.

4.4.1.4 Implementación de un nuevo transformador de 100 kVA (13.8 kV/460 V).

Al determinar la sobrecarga del transformador existente, se plantea la implementación de un transformador adicional de 100 kVA, para repartir las cargas existentes con el transformador de 200 kVA.

La norma de Diseño de la Empresa Eléctrica Quito sección B, responde a las características de obra civil necesarias para la construcción de subestaciones, recomienda que para transformadores de 100 kVA a 350 kVA, se requiere un área de 1,40m x 1,40m el detalle de las dimensiones, se puede apreciar en la Fig. 4-7.

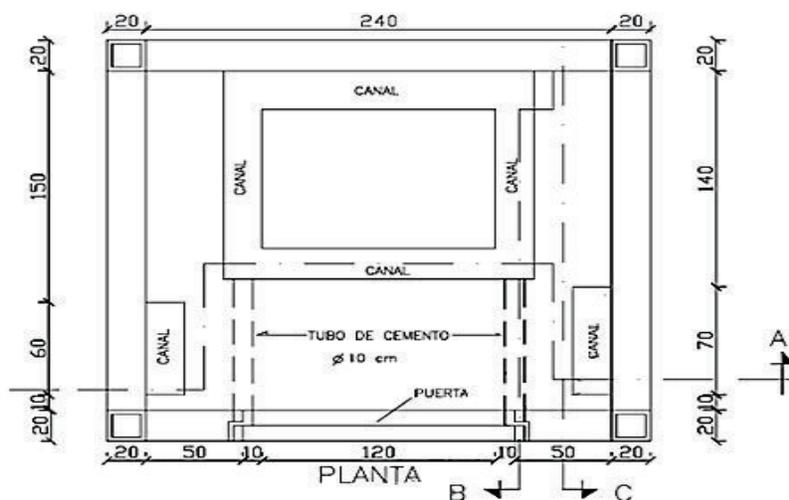


Fig. 4-7 Obra civil – disposición y dimensiones generales.

Fuente: Norma de la Empresa Eléctrica Quito Parte B

Elaboración: Empresa Eléctrica Quito

“Un transformador, de acuerdo a la norma de diseño, deberá estar instalado con una separación prudente de mínimo de dos metros de distancia en la parte frontal del transformador para su operación, y un metro de distancia del transformador a cualquier pared consumible”. [28]

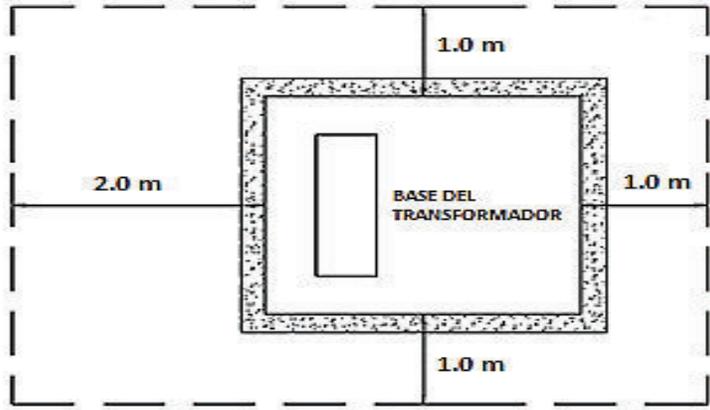


Fig. 4-8 Distancia de Trabajo para la Instalación de un transformador.

Fuente: Norma de la Empresa Eléctrica Quito Parte b.

Elaboración: Empresa Eléctrica Quito

Se considera la posibilidad de la implementación de un transformador adicional de 100 kVA, el espacio físico disponible para la cámara de transformación, debería garantizar las distancias adecuadas entre transformadores.

En las instalaciones actuales, no existe el área que permita implementar un transformador adicional, en la Fig. 4-9, se presenta la distribución actual de la cámara de transformación, evidenciando en incumplimiento de la norma, haciendo imposible la colocación de un transformador extra.

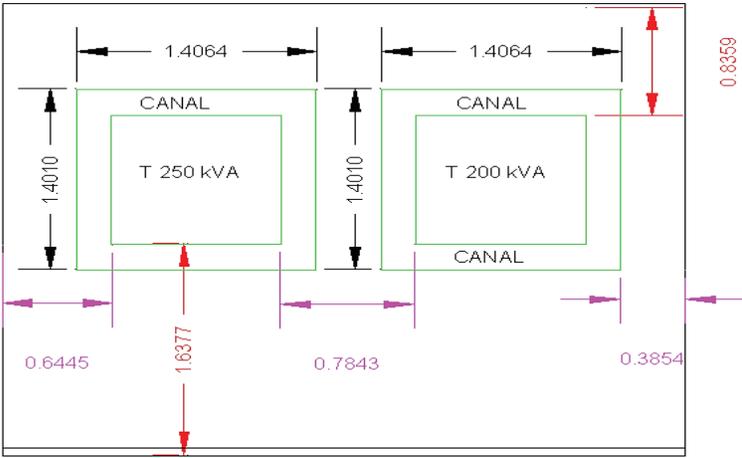


Fig. 4-9 Dimensiones de la cámara de Transformación Fábrica El Troje.

Fuente: Mediciones realizadas.

Elaboración: Propia.

En la Fig. 4-10, se presenta la cámara de transformación actual.



Fig. 4-10 Cámara de Transformación del Fábrica El Troje.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

La implementación de un transformador adicional, involucra costos relacionados a las acometidas, sistemas de protección, costos de operación y mantenimiento que se deben considerar al momento de seleccionar.

4.4.1.5 Cambio de Transformador de 200 kVA a 300 kVA (13.8 kV/460 V)

Del análisis previo se selecciona un transformador de 300 kVA como propuesta, y se efectúa el estudio de los requerimientos y el dimensionamiento de los elementos que variarían, con la implementación de este transformador.

Se analizará la situación actual de la fábrica que se encuentra en la Fig. 4-11.

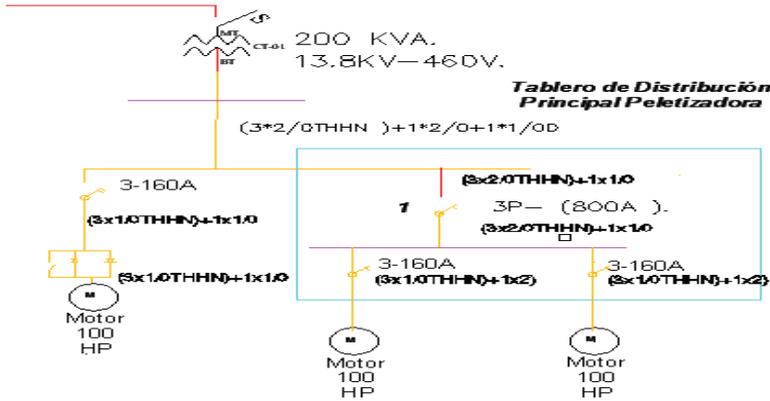


Fig. 4-11 Diagrama Unifilar del transformador de 200 kVA (Actual).

Fuente: Diseño propio.

Elaboración: Propia.

En el diagrama unifilar de la situación actual en el transformador de 200 kVA, se identifica las siguientes deficiencias:

- Carece de protecciones en bajo voltaje (fusibles NH).
- No existe un tablero de distribución principal que controle las acometidas a cada una de las cargas del sistema. Actualmente existe un empalme de derivación.

Para el cambio del transformador de 200 kVA a 300 kVA es necesario realizar un rediseño de alimentadores y protecciones del transformador. Se colocará el tablero de distribución principal, y se realizará una verificación de los alimentadores y protecciones de los motores del molino y la peletizadora.

4.4.1.5.1 Redimensionamiento de los alimentadores y Protecciones de los motores conectados al transformador de 300 kVA.

La carga conectada a este transformador consta de 2 motores de 100 HP de la peletizadora, y 1 motor de 100 HP para el motor del molino.

Se efectúa el redimensionamiento de los alimentadores y protecciones de los motores para compararlos con los alimentadores que actualmente se encuentran instalados en la planta.

El proceso de cálculo que se realizó es el siguiente:

1. Se tiene en cuenta los parámetros de potencia, el voltaje, frecuencia y factor de potencia de cada uno de los motores.
2. En la Tabla 4-5 se encuentran los valores de corriente a plena carga que dependen del nivel de voltaje, potencia y tipo de motor, este valor es necesario ser multiplicado por un factor que varía de acuerdo al factor de potencia. [29]

Tabla 4-5 Intensidad de Corriente a Plena Carga.

TABLA DE MOTORES					
INTENSIDAD DE CORRIENTE A PLENA CARGA					
MOTORES DE AC TRIFÁSICOS					
MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO					
	110 V	200 V	208 V	220 V	460 V
1 / 2	4	2,2	2,12	2	1
3 / 4	506	3,08	2,968	2,8	1,4
1	7	3,85	3,71	3,5	1,8
1 1 / 2	10	5,5	5,3	5	2,5
2	13	7,15	6,89	6,5	3,3
3		9,9	9,54	9	4,5
5		16,5	15,9	15	7,5
7 1 / 2		24,2	23,32	22	11
10		29,7	28,62	27	14
15		44	42,4	40	20
20		57,2	55,12	52	26
25		70,4	67,84	64	32
30		85,8	82,68	78	39
40		114,4	110,24	104	52
50		137,5	132,5	125	63
60		165	159	150	75
75		203,5	196,1	185	93
100		270,6	260,76	246	123
125		341	328,6	310	155
150		396	381,6	360	18
200		528	508,8	480	240
PARA FP=0,9 TODO MULTIPLICAR POR 1,1					
PARA FP=0,8 TODO MULTIPLICAR POR 1,25					

Fuente: National Electrical Code Handbook, Tabla 430.250.

Elaboración: Propia.

Puesto que los motores son de potencia y voltaje similar, se dimensionará las condiciones para uno de ellos, que se replicará para los dos motores restantes.

Para el motor de 100 HP, a un nivel de voltaje nominal de 460 V, y un factor de potencia inductivo de 0,8; la corriente nominal a plena carga es:

$$I(\text{corriente plena carga}) = 124 \text{ A} * 1,25 = 155 \text{ A} \quad (4-2)$$

Con el valor de corriente a plena carga de 155 A se selecciona el alimentador que está conformado por tres conductores N° 1/0 más un conductor N° 2 AWG para tierra. El conductor N° 1/0 soporta 170 A, como lo indica en la Tabla 4-6; donde se encuentran las capacidades de corriente de cada conductor THHN según su calibre.

Tabla 4-6 Capacidad de Conductores THHN.

Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION No. de Hilos por diámetro en mm.	ESPEJOR AISLAM. mm	ESPEJOR CHAQUETA mm	DIAM. EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
							Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.519	1 x 0.813	0.38	0.10	1.77	7.07	15	10	TFN	A,B
18	0.823	1 x 1,02	0.38	0.10	1.98	10.94	15	10	TFN	A,B
16	1.31	1 x 1,29	0.38	0.10	2.25	16.48	20	15	TFN	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.38	0.10	2.59	23.17	35	25	THHN	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.38	0.10	3.01	34.16	40	30	THHN	A,C
10	5.26	1 x 2,59	0.51	0.10	3.81	55.04	55	40	THHN	A,D
8	8.34	1 x 3,26	0.76	0.13	5.04	91.22	80	55	THHN	A,B
16	1.31	19 x 0,30	0.38	0.10	2.46	17.95	20	15	TFN	A,B
14	2.08	19 x 0,38	0.38	0.10	2.86	23.80	35	25	THHN	A,B
12	3.31	19 x 0,47	0.38	0.10	3.31	35.70	40	30	THHN	A,C
10	5.26	19 x 0,60	0.51	0.10	4.22	56.20	55	40	THHN	A,D
8	8.37	7 x 1,23	0.76	0.13	5.47	93.70	80	55	THHN	A,B,E
6	13.30	7 x 1,55	0.76	0.13	6.43	141.30	105	75	THHN	A,E
4	21.15	7 x 1,96	1.02	0.15	8.22	227.60	140	95	THHN	A,E
2	33.62	7 x 2,47	1.02	0.15	9.75	348.10	190	130	THHN	A,E
1	42.36	7 x 2,78	1.27	0.18	11.24	446.20	220	150	THHN	A,D,E
1/0	53.49	19 x 1,89	1.27	0.18	12.35	553.30	260	170	THHN	D,E,Z
2/0	67.43	19 x 2,12	1.27	0.18	13.50	688.70	300	195	THHN	D,E,Z
3/0	85.01	19 x 2,39	1.27	0.18	14.85	856.80	350	225	THHN	D,E,Z
4/0	107.20	19 x 2,68	1.27	0.18	16.30	1069.50	405	260	THHN	D,E,Z
250	127.00	37 x 2,09	1.52	0.20	18.07	1263.00	455	290	THHN	Z
300	152.00	37 x 2,29	1.52	0.20	19.47	1502.00	505	320	THHN	Z
350	177.00	37 x 2,47	1.52	0.20	20.73	1743.00	570	350	THHN	Z
400	203.00	37 x 2,64	1.52	0.20	21.92	1981.00	615	380	THHN	Z
500	253.00	37 x 2,95	1.52	0.20	24.09	2457.00	700	430	THHN	Z
600	304.00	37 x 3,23	1.78	0.23	26.63	2960.00	780	475	THHN	Z
650	329.00	37 x 3,37	1.78	0.23	27.61	3221.00	820	500	THHN	Z
700	355.00	37 x 3,49	1.78	0.23	28.45	3453.00	855	520	THHN	Z

Fuente: Electrocables

Elaboración: Propia.

Los conductores existentes son del tipo THHN que cumplen la normativa del NEC. “Los conductores de cobre tipo THHN son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y usarse en zonas abrasivas o contaminadas con aceites, grasas, gasolinas, etc. y otras sustancias químicas corrosivas como pinturas, solventes, etc., tal como se especifica en el National Electrical Code (NEC). Este tipo de conductor

cuando es utilizado como THHN puede ser usado en lugares secos con temperatura máxima de operación de 90°C. En cuanto a su voltaje de servicio, para todas las aplicaciones, es de 600 V" [30]

De acuerdo a la capacidad de corriente a plena carga del motor de 155 A y el valor de corriente del conductor 1/0 AWG THHN de 170A se elige la capacidad del interruptor termomagnético tripolar de 160 A.

Para el dimensionamiento del contactor es necesario que la capacidad intermedia sea superior un 25% de la corriente a plena carga, que es 193 A y de la capacidad de corriente que soporta el conductor seleccionado que es 170 A. [31]

Se selecciona un contactor tripolar de 185 A. que en el comercio existe en la característica AC3, que es aplicado para un motor jaula de ardilla con factor de potencia inductivo hasta 0,85. [32]

La Tabla 4-7, presenta un resumen del dimensionamiento de la protección termomagnética y del contactor que deben tener los motores. En la actualidad con lo que respecta a la protección y alimentadores están correctamente dimensionados.

Tabla 4-7 Dimensionamiento de protecciones de motores, nivel de voltaje 460 V.

	MOTOR MOLINO	MOTOR 1 PELETIZADORA	MOTOR 2 PELETIZADORA
POTENCIA	100 HP	100 HP	100 HP
NRO. FASES	3	3	3
VOLTAJE	460	460	460
FRECUENCIA	60	60	60
FACTOR DE POTENCIA	0,84	0,84	0,84
CORRIENTE (PC)	124	124	124
CORRIENTE PC*1.25	155	155	155
ALIMENTADOR	3 Nro.(1/0AWG THHN)+(1*Nro 2 AWG D)	3 Nro.(1/0AWG THHN)+(1*Nro 2 AWG D)	3 Nro.(1/0AWG THHN)+(1*Nro 2 AWG D)
INTERRUPTOR T.M.	3P-160 A	3P-160 A	3P-160 A
CONTACTOR	3P-185 A	3P-185 A	3P-185 A

Fuente: Diseño propio.

Elaboración: Propia.

Para el caso de los tres motores de 100 HP, se selecciona la combinación de disyuntor más contactor. *“El disyuntor es un equipo con unidad de disparo térmico, magnético instantánea normalmente ajustable.”* [33]

Los motores de 100 HP, cuentan con arrancadores suaves de capacidad regulable de 17 a 590 A. de 208 a 600 V. al desarrollo de esta propuesta, se utilizaran los mismos arrancadores. *“El uso de un arrancador suave o progresivo es de importante uso para la reducción de picos de corriente, arrancar máquinas de fuerte inercia y de uso para motores de más de 10 kW; cumpliendo con las características de este caso en particular”.* [34]

En la Fig. 4-12, se puede observar la configuración de los equipos de maniobra seleccionados.

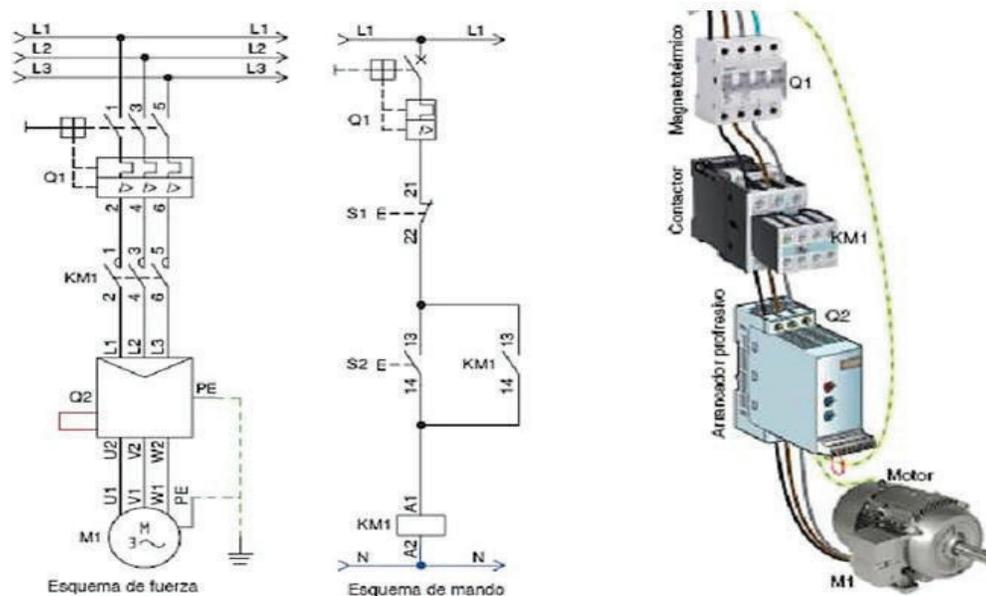


Fig. 4-12 Instalación recomendada para arrancadores de velocidad

Fuente: Automatismos Industriales. [34]

Elaboración: Propia.

4.4.1.5.2 Alimentador y protección para el tablero de la peletizadora.

Para el cálculo del alimentador de la peletizadora se hace referencia a lo siguiente:

“Los conductores que alimentan a un grupo de dos o más motores deben tener una capacidad de corriente no menor que 125% de la corriente nominal a plena

carga del motor mayor, más la corriente nominal a plena carga de todos los otros motores del grupo” [35]

La corriente se calcula de acuerdo a los parámetros de este caso en la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Corriente} &= (1.25 * \text{corriente nominal del motor mas grande}) \\ &+ \sum \text{corrientes nominales de los motores que faltan.} \end{aligned}$$

$$\text{Corriente} = (1.25 * 124) + 124 = 279 \text{ A} \quad (4-3)$$

El tipo de conductor que soporta el flujo de corriente calculado es el AWG THHN 250 MCM, que en base a la Tabla 4-6, posee la capacidad de soportar un flujo de corriente de 290 A, adicionalmente un conductor AWG THHN 250 MCM, para neutro y un conductor AWG 2/0 desnudo para tierra.

Pero es buena práctica de Ingeniería colocar dos conductores Nro. 1 por cada fase, dos conductores Nro 1 para neutro y un conductor Nro. 2/0 AWG desnudo para tierra. El alimentador resulta ser $3(2*\text{Nro } 1 \text{ AWG THHN})+(2*\text{Nro } 1 \text{ AWG THHN})+1*2/0 \text{ D}$.

La protección (interruptor termomagnético) tripolar debe encontrarse entre los valores de la corriente calculada para los motores de la peletizadora 279 A y la corriente que soporta los dos conductores AWG THHN Nro 1 que suma 300 A.

El interruptor termomagnético tripolar seleccionado es de 300 A. que comercialmente se lo puede encontrar.

4.4.1.5.3 Cálculo del alimentador y protecciones para el transformador de 300 kVA.

Para el dimensionamiento de cableado y sus protecciones de acuerdo a la norma NEC, deben existir protecciones para sobrecarga y cortocircuito en el transformador.

Para un transformador de 300 kVA, según las Normas de la Empresa Eléctrica Quito, requiere juegos de seccionadores fusibles provistos de tira fusibles cuya corriente nominal está relacionada con la potencia nominal del transformador y el nivel de voltaje que llega en el lado primario. [36]

Para hallar el valor de corriente nominal de los seccionadores porta fusibles, es necesario calcular la corriente nominal en el lado de alto voltaje del transformador de 300 kVA.

Para el cálculo de la corriente nominal del transformador, se aplica la siguiente ecuación:

$$I_{n_{primario}} = \frac{S(\text{kVA transformador})}{\sqrt{3} * \text{Votaje de red primaria}} \quad (4-4)$$

$$I_{n_{primario}} = \frac{300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 13.8 \text{ kV}}$$

$$I_{n_{primario}} = 12.56 \text{ A.}$$

Con el valor de la corriente nominal del transformador se tiene en el mercado un seccionador de capacidad 15K (K según la normativa EEI-NEMA) [37]. Se requiere de un seccionador porta-fusible para cada fase.

Al momento se encuentran instalados en la fábrica seccionadores porta fusible de 15 A tipo K, por lo que no requiere cambio alguno al implementar el nuevo transformador.

Así como se cuentan protecciones para el lado de alto del transformador se deben contar con fusibles NH (tipo 3NA1) limitadores de corriente para la protección de sobrecarga y fallas originadas en el lado de bajo voltaje del transformador. [38]

Para determinar el valor del tira fusible NH, se requiere saber la corriente nominal del secundario del transformador.

$$I_{n_{secundario}} = \frac{S(\text{kVA transformador})}{\sqrt{3} * \text{Votaje de red secundaria}} \quad (4-5)$$

$$I_{n_{secundario}} = \frac{300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 460 \text{ V}}$$

$$I_{n_{secundario}} = 376.979 \text{ A}$$

En base a la corriente nominal, se requiere 3 tira fusibles NH de 400 A.

La corriente nominal en el secundario del transformador es 376 A. para seleccionar el conductor es importante aumentar un 25 %, para considerar un

posible crecimiento de carga, obteniendo como resultado 470 A, el calibre de conductor que soporta esta capacidad de corriente es el 600 MCM.

Para este alimentador es preferible seleccionar según la corriente nominal, 2 conductores AWG THHN Nro 4/0 para la fase y dos conductores AWG THHN Nro 4/0 para el neutro y un conductor AWG 3/0 desnudo para tierra; resultando así: 3 (2 *Nro 4/0 THHN) + 2* Nro 4/0 TTN+ 2/0 desnudo para tierra.

En combinación los dos conductores AWG THHN suman 520 A por fase; entre este valor y el encontrado en la corriente nominal del secundario de 470 A, se selecciona un interruptor termomagnético de 500 A.

En la fábrica la protección (interruptor termomagnético) del lado del secundario del transformador no existe, por lo que es indispensable la implementación de este interruptor.

“Los alimentadores y subalimentadores deben llegar a cada uno de los tableros por medio de una bandeja porta-cables o tubería PVC en concordancia con la norma NEC”. [39]

En la Fig. 4-13, se plantea el diagrama unifilar resultante con la propuesta planteada, y en el ANEXO F se encuentra el diagrama unifilar ampliado.

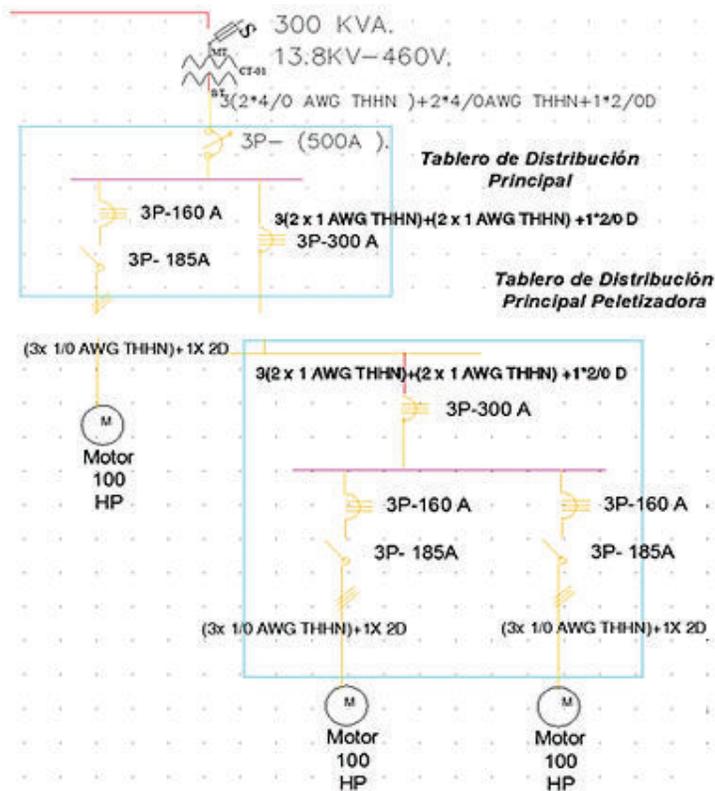


Fig. 4-13 Diagrama Unifilar del transformador de 300 kVA (Propuesto).

Fuente: Diseño propio.

Elaboración: Propia.

4.4.1.6 Simulación de transformador 300 kVA 13.8 kV / 460 V.

Con la propuesta de cambio de transformador, se procede a simular las condiciones y el comportamiento que tendría el sistema.

En la Fig. 4-14, se presenta las condiciones al incorporar un transformador de 300 kVA, se evidencia que el factor de potencia estará en 0,84 inductivo similar a los valores monitoreados en las mediciones efectuadas en el transformador actual, esto debido a que la carga se mantiene similar.

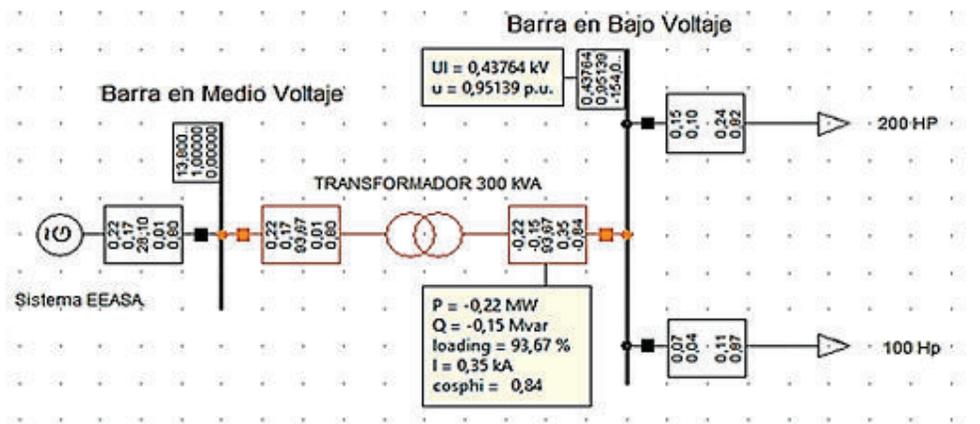


Fig. 4-14 Simulación con el transformador 300 kVA.

Fuente: Simulación, Power Factory.

Elaboración: Propia.

Además, se aprecia que el nivel de voltaje en el lado del secundario del transformador, registra 437,6 V. De acuerdo a la IEEE a través de la publicación: IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, y en la normativa de CONELEC, el voltaje está dentro del +/- 10% permitido para la regulación de voltaje.

La simulación se realizó con el cambiador de tomas en vacío en posición 3, que es la posición adecuada de acuerdo al nivel de voltaje.

Se registra un nivel de carga en el transformador de 93,67 % lo que muestra la existencia de un margen disponible de carga, para la incorporación futura de nueva carga.

Debido al factor bajo de potencia que se encuentra, se sugiere la incorporación de un banco de capacitores.

4.4.2 PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA.

La penalización se origina al tener la carga eléctrica predominantemente inductiva o capacitiva, en este caso es predominantemente inductiva, por lo que se requiere el dimensionamiento de un banco de capacitores que reduzca el ángulo existente entre los vectores de voltaje y corriente.

4.4.2.1 Dimensionamiento de Banco de Capacitores para Transformador de 200 kVA.

Partiendo de los datos que se obtuvieron al analizar el transformador 200 kVA, se puede evidenciar la existencia de variación del factor de potencia en la Tabla 4-8. Con esta información se diseñará el banco de capacitores.

De las mediciones realizadas, al transformador de 200 kVA durante la semana del 8 de Junio del 2013 (11h30) hasta 15 de Junio del 2013 (11h00), que se muestra en la Tabla 4-8, se aprecia que el factor de potencia varía desde un valor de 0.66 como mínimo y un valor máximo de 0.93.

Para el cálculo del tamaño del capacitor, se parte de:

La potencia reactiva del capacitor que es:

$$Q_c = Q_L - Q \quad (4-6)$$

Dónde:

- Q_c = Potencia reactiva del banco de capacitores.
- Q_L = Potencia reactiva inicial.
- Q = Potencia reactiva final.

Del triángulo de Potencias, Fig. 2-7, se tiene que:

$$Q = P * \tan \phi \quad (4-7)$$

Sustituyendo:

$$Q_c = P * (\tan \phi_2 - \tan \phi_1) \quad (4-8)$$

Para la aplicación de la ecuación (4-8), se parte de las mediciones realizadas que alcanzan 660 valores en el transcurso de siete días, para el diseño se toma como muestra un día, el 12 de Junio del 2013 con un total de 93 valores analizados (24 horas), con estos insumos se realiza el cálculo de la potencia Q_c .

En la Tabla 4-8 se muestra en resumen la potencia activa y los ángulos iniciales y final expresado en radianes para el cálculo de la potencia reactiva necesaria para el banco de condensadores para cada intervalo de 15 minutos.

Tabla 4-8 Cálculo de Potencia Reactiva Requerida.

Horario	P activa (kW)	Fp	\emptyset inicial	\emptyset inicial en rad	\emptyset final en rad	Qc (kVAR) Requeridos
12/06/2013 7:30	53,110	0,843	32,520	0,568	0,376	12,871
12/06/2013 7:45	55,290	0,844	32,435	0,566	0,376	13,284
12/06/2013 8:00	49,980	0,792	37,655	0,657	0,376	18,813
12/06/2013 8:15	90,170	0,858	30,952	0,540	0,376	18,439
12/06/2013 8:30	109,820	0,854	31,306	0,546	0,376	23,385
12/06/2013 8:45	106,850	0,854	31,318	0,547	0,376	22,781
12/06/2013 9:00	108,980	0,853	31,417	0,548	0,376	23,493
12/06/2013 9:15	103,040	0,852	31,559	0,551	0,376	22,566
12/06/2013 9:30	103,490	0,844	32,403	0,566	0,376	24,782
12/06/2013 9:45	102,400	0,842	32,627	0,569	0,376	25,084
12/06/2013 10:00	102,650	0,848	31,962	0,558	0,376	23,478
12/06/2013 10:15	105,220	0,851	31,723	0,554	0,376	23,458
12/06/2013 10:30	93,840	0,863	30,379	0,530	0,376	17,921
12/06/2013 10:45	52,190	0,790	37,852	0,661	0,376	19,932
12/06/2013 11:00	98,320	0,860	30,672	0,535	0,376	19,455
12/06/2013 11:15	77,500	0,806	36,303	0,634	0,376	26,305
12/06/2013 11:30	88,350	0,811	35,836	0,625	0,376	28,885
12/06/2013 11:45	87,520	0,810	35,894	0,626	0,376	28,751
12/06/2013 12:00	78,410	0,847	32,135	0,561	0,376	18,263
12/06/2013 12:15	64,710	0,790	37,852	0,661	0,376	24,713
12/06/2013 12:30	64,390	0,787	38,122	0,665	0,376	25,079
12/06/2013 12:45	64,280	0,787	38,140	0,666	0,376	25,070
12/06/2013 13:00	56,460	0,810	35,943	0,627	0,376	18,621
12/06/2013 13:15	55,080	0,847	32,070	0,560	0,376	12,742
12/06/2013 13:30	107,650	0,849	31,897	0,557	0,376	24,452
12/06/2013 13:45	100,400	0,844	32,456	0,566	0,376	24,174
12/06/2013 14:00	62,350	0,776	39,086	0,682	0,376	26,003
12/06/2013 14:15	60,150	0,778	38,895	0,679	0,376	24,753
12/06/2013 14:30	59,570	0,768	39,790	0,694	0,376	26,070
12/06/2013 14:45	59,820	0,773	39,421	0,688	0,376	25,531
12/06/2013 15:00	62,280	0,788	37,982	0,663	0,376	24,013
12/06/2013 15:15	82,730	0,794	37,439	0,653	0,376	30,644
12/06/2013 15:30	84,820	0,855	31,240	0,545	0,376	17,927
12/06/2013 15:45	65,060	0,822	34,704	0,606	0,376	19,344
12/06/2013 16:00	100,400	0,871	29,402	0,513	0,376	16,896
12/06/2013 16:15	111,270	0,869	29,681	0,518	0,376	19,440
12/06/2013 16:30	109,020	0,862	30,458	0,532	0,376	21,023
12/06/2013 16:45	89,310	0,862	30,492	0,532	0,376	17,293
12/06/2013 17:00	16,666	0,892	26,836	0,469	0,376	1,865
12/06/2013 17:15	8,491	0,918	23,321	0,407	0,376	0,305
12/06/2013 17:30	2,417	0,913	24,105	0,421	0,376	0,126

Fuente: Sistema de Medición

Elaboración: Propia.

Para la construcción de la tabla se determinó que el valor del factor de potencia final es 0.92; en concordancia de lo estipulado por el CONELEC que: “Para aquellos consumidores de la categoría general, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92 el distribuidor aplicará lo establecido en el Art. 27 de la codificación del reglamento de Tarifas: Cargos por bajo factor de potencia”. [40]

La necesidad de potencia reactiva, aumenta de acuerdo a la incorporación de la carga, es así que al llegar a las 17:00, el requerimiento de potencia reactiva disminuye; el máximo requerimiento se registró a las 15:15 con un valor de 30,64 kVAR.

Del análisis, se concluye que se requiere una compensación reactiva de 30,64 kVAR.

En la Fig. 4-15 se presenta el comportamiento de la necesidad de energía reactiva para compensar el factor de potencia para la jornada laboral del día 12 de junio del 2013 que se tomó de muestra.

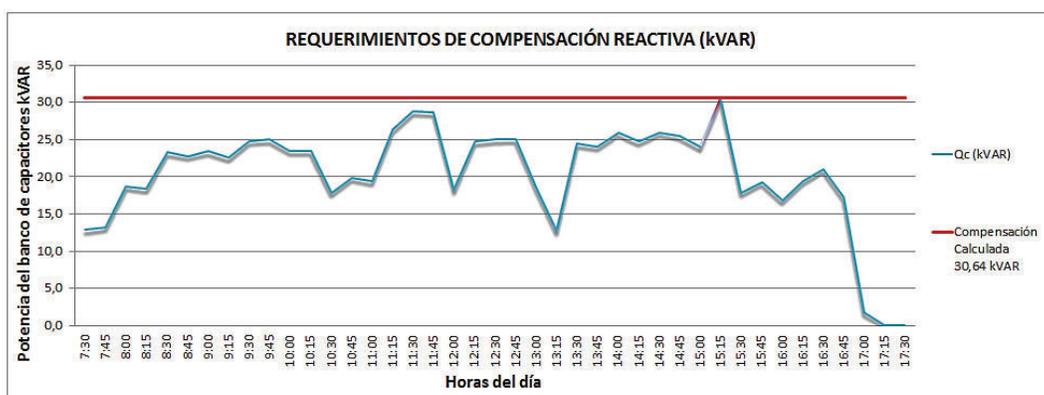


Fig. 4-15 Potencia Reactiva necesaria para Corregir el factor de Potencia.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

Del análisis se determina que se aplicará un banco de capacitores de 30 kVAR, por la facilidad de encontrar este valor de capacitores en el mercado, la fracción restante de potencia no se considera necesaria ya que únicamente se presenta en un instante de tiempo.

4.4.2.2 Selección del tipo de banco de capacitores.

BANCO DE CAPACITORES FIJO.

Se analiza la implementación de un banco de capacitores fijo de 30 kVAR, pero al visualizar en la Fig. 4-16 que el comportamiento del requerimiento varía durante el día, se identifica que existiría sobrecompensación de potencia reactiva.

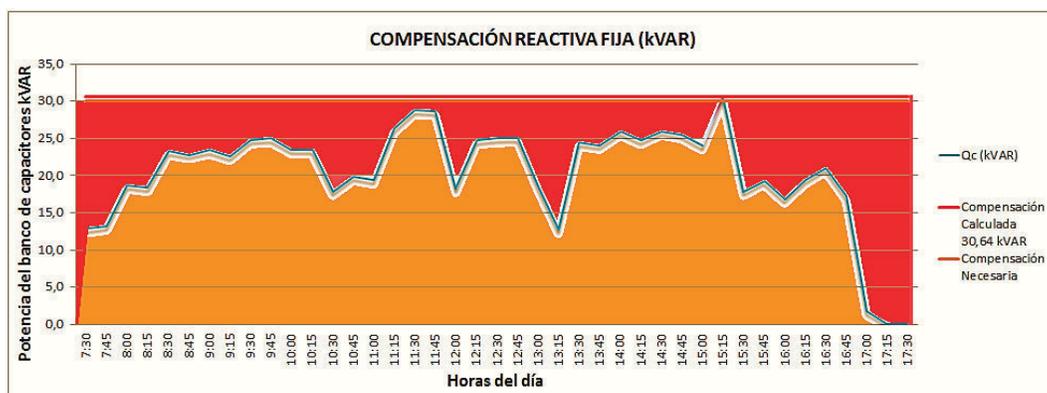


Fig. 4-16 Compensación Reactiva Fija.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Elaboración: Propia.

La Fig. 4-16 determina que el área de color naranja representa el valor de compensación reactiva requerida, y en color rojo se tiene la compensación que sin ser necesaria, el sistema estaría recibiendo en todo momento, esto al utilizar un banco de capacitores fijo.

Con este antecedente se concluye que la implementación de un banco de capacitores fijo, no es la opción más viable para el caso en análisis, por ello se sugiere la implementación de un banco automático de capacitores.

BANCO AUTOMÁTICO DE CAPACITORES.

El banco de capacitores automático trifásico, es un equipo diseñado para corregir las deficiencias de potencia reactiva generada por cargas inductivas conectadas, la corrección se la realiza de forma automática, a través de varias etapas que pueden conectarse o desconectarse de acuerdo a las necesidades reactivas que tenga el sistema.

Para el diseño del banco de capacitores, se requiere de elementos que complementan al tablero de compensación reactiva entre los que está el controlador de factor de potencia, contactores y elementos externos de la instalación como cableado y protección principal.

Controlador de Factor de Potencia

El banco de capacitores automático que se propone en este estudio es **VARLOGIC N POWER FACTOR CONTROLLER**, Fig. 4-17 de la compañía **SCHNEIDER ELECTRIC**, el modelo NR6 en especial brinda la facilidad de controlar hasta en 6 niveles de condensadores lo que resulta ideal para el caso de análisis.



Fig. 4-17 Regulador Automático de Potencia Reactiva.

Fuente: Schneider Electric

Elaboración: Propia.

El funcionamiento se basa en las mediciones periódicas del $\cos \varphi$ del sistema eléctrico y evaluarlo dentro de un área de tolerancia en función del factor C/K, para lo que conecta o desconecta los escalones correspondientes a las diferentes potencias de compensación.

El factor C/K [41] es el valor de respuesta que tiene el variador a la falta de potencia reactiva y se lo puede calcular utilizando la ecuación:

$$C/K = \frac{Q_{1st}}{I_1/5A \times U_{LL} \times \sqrt{3}} \quad (4-9)$$

Dónde:

- Q_{1st} = Tamaño del 1er escalón trifásico en VARS.
- U_{LL} = Voltaje fase-fase en voltios.
- $I_1/5A$ = Relación de transformación TC.

Para la incorporación de los escalones existen configuraciones que se pueden aproximar a las necesidades existentes.

Al analizar el comportamiento del faltante de potencia reactiva necesaria para compensar el factor de potencia, Fig. 4-15, se concluye que se necesita pasos de compensación progresivos, divididos en tres escalones que inyecten al sistema una potencia reactiva de 10 kVAR trifásicos.

El banco automático de capacitores seleccionado, cuenta con programas que permiten la adaptación a las características que el sistema necesita, en este caso se aplicará: PROGRAMA DE ACUMULACION LINEAL, y la secuencia de funcionamiento obedece al principio LIFO, last-in-first-out (“último en entrar, primero en salir”).

El último escalón conectado será el primero en desconectarse, apegado al funcionamiento del sistema. Para poder funcionar correctamente, el número de escalones programados en el regulador debe coincidir exactamente con el número de escalones físicos.

En la Fig. 4-18 se presenta el comportamiento secuencial que tendría el banco automático en relación a los requerimientos de potencia reactiva que tendría.

SOLICITUD DE ESCALON	No.		
	1	2	3
+	X		
+	X	X	
+	X	X	X
-	X	X	
+	X	X	X
-	X	X	
-	X		
-			
+	X		
+	X	X	
+	X	X	X

Fig. 4-18 Programa de Acumulación Lineal – Secuencia de funcionamiento 1:1:1.

Fuente: Manual NR6 Variologic.

Elaboración: Propia.

Con este programa de implementación de escalones, la forma de la corrección reactiva se tendría de acuerdo a la Fig. 4-19.

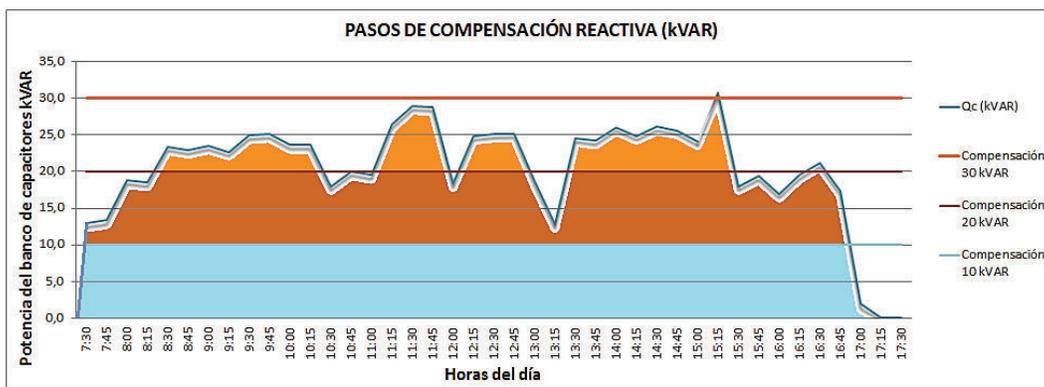


Fig. 4-19 Pasos de compensación Reactiva.

Fuente: Requerimientos de Potencia Reactiva.

Elaboración: Propia.

En la figura se aprecia el comportamiento de los pasos de compensación en función de la necesidad de potencia reactiva del sistema, con la implementación de 3 escalones.

Cada color muestra una etapa de compensación iniciando con un primer escalón de 10 kVAR, con pasos sucesivos hasta alcanzar el valor de diseño del banco de capacitores que es 30 kVAR.

AJUSTE DE LA SENSIBILIDAD C/K.

La sensibilidad C/K, determina el margen de tolerancia antes de cambiar de paso que se calibraría en el controlador automático.

Para el cálculo del factor C/K, partimos de:

$$C/K = \frac{Q_{1st}}{I_{1/5} \times U_{LL} \times \sqrt{3}} \quad (4-9)$$

$$C/K = \frac{10000 \text{ VAR}}{300/5 \text{ A} \times 460 \text{ V} \times \sqrt{3}}$$

$$C/K = 0.209 = 20\%.$$

La sensibilidad que tendría el variador es 0,209 que significa que el REGULADOR DE VARS detectará que el requerimiento de potencia reactiva llegue a un 20 % del siguiente escalón para enviar la señal y se ejecute el cambio de paso, esto se aplica para el aumento o decremento de escalones.

ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL BANCO AUTOMÁTICO DE CAPACITORES.

En la Fig. 4-20, se presenta el diagrama de la conexión de los tres escalones accionados por los contactores KC1, KC2, KC3, la forma de funcionamiento fue descrita anteriormente.

El aumento o disminución de potencia reactiva capacitiva, genera perturbaciones en el sistema eléctrico, para lo cual el variador que se analizó, dispone de un sistema que reduce los efectos producidos por el accionamiento de los escalones.

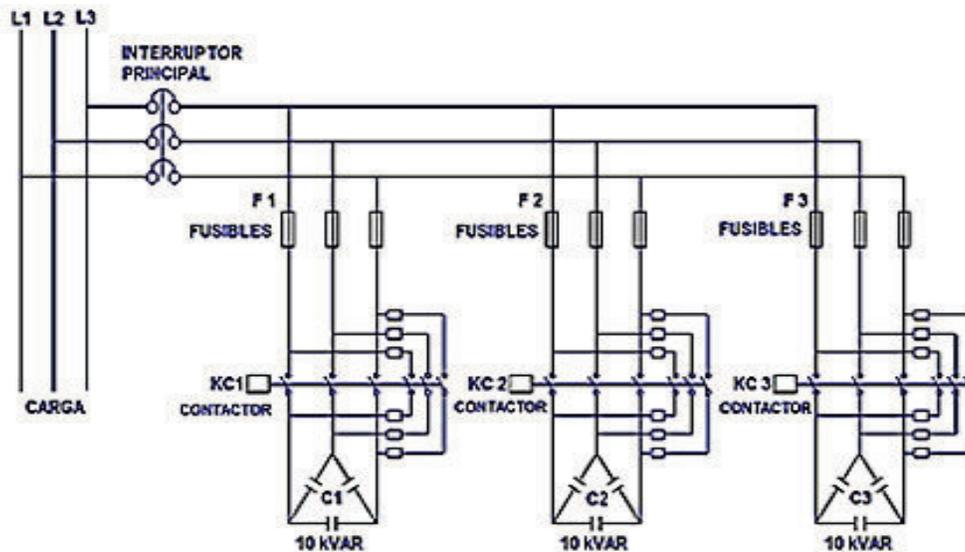


Fig. 4-20 Esquema de conexión de los pasos del banco de capacitores.

Fuente: Apuntes de Automatismos Eléctricos.

Elaboración: Propia.

4.4.2.3 Banco de capacitores para Transformador 300 kVA (13,8 kV/460 V).

En base al literal 4.4.1.5 en el que se plantea el cambio de transformador de 200 kVA, por uno de 300 kVA, al efectuar la simulación, se identifica la necesidad de implementar un banco de capacitores para la corrección de factor de potencia.

El factor de potencia resultado de la simulación es 0,84 que de acuerdo a la Tabla 3-3, coincide con las mediciones registradas por la empresa eléctrica Ambato, por lo que en base al requerimiento de potencia reactiva identificado, se efectúa la simulación del comportamiento del sistema con el banco de capacitores de 30 kVAR.

En la Fig. 4-21, se presenta la simulación de la que se puede determinar que el factor de potencia es 0,92, el voltaje en la barra del secundario del transformador es 445,3 V y la carga del transformador descendió a 83,67 %.

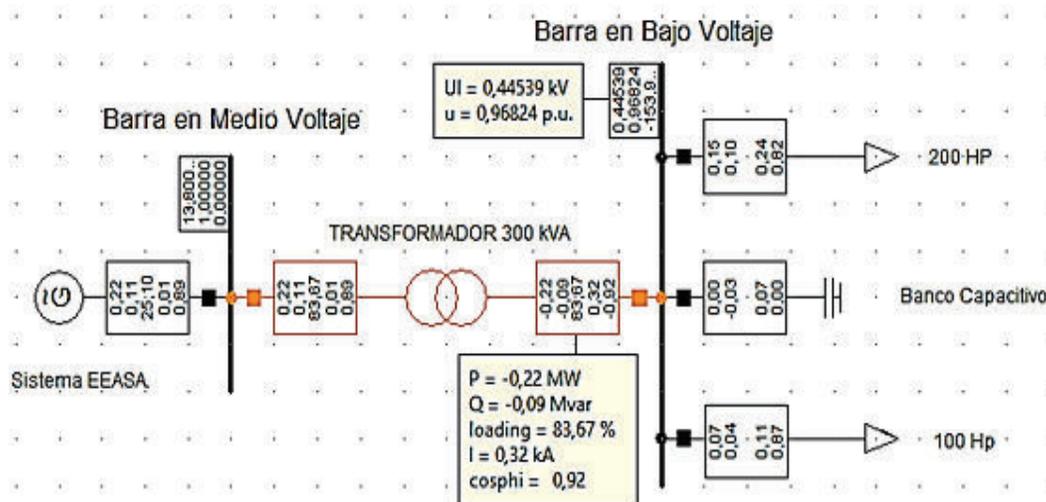


Fig. 4-21 Simulación del transformador 300 kVA, con banco de capacitores.

Fuente: Simulación, PowerFactory.

Elaboración: Propia.

Al aplicar el banco de capacitores, se determina que el comportamiento del sistema está dentro de los parámetros aceptables de funcionamiento.

4.4.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO A NIVEL ELÉCTRICO Y MECÁNICO.

4.4.3.1 Diagnóstico de mantenimiento preventivo en la fábrica.

La falta de mantenimiento preventivo se evidenció al realizar el levantamiento del diagnóstico de la fábrica. Se detectaron los siguientes casos.

POCA LIMPIEZA DE LAS PARTES EXTERNAS DE LOS MOTORES.

Al realizar el levantamiento de carga, se evidenció que algunos de los motores, no se había realizado un trabajo de limpieza, como se aprecia en la Fig. 4-22, al estar ubicado en áreas de contaminación elevada produce calentamiento del núcleo y partes móviles del motor, y la reducción progresiva de la vida útil.

La periodicidad de falla de los equipos que se ha registrado es bimensual, y las acciones tomadas han sido el reemplazo del equipo por otro ya reparado con anterioridad.



Fig. 4-22 Acumulación de polvo en el exterior de motores.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia

SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LOS MOTORES, EN ESTADO DEFICIENTE.

Los elementos de control y protección de un motor deben estar correctamente dimensionados y en funcionamiento, para prevenir el daño del motor; en la fábrica se identificó casos en los que se había suprimido la protección de sobrecorrientes del motor asociado al proceso de fraccionamiento del producto pelletizado, esto al presentarse accionamientos consecutivos de esta protección, para evitar que la producción se detenga, se optó por eliminar esta protección, en la Fig. 4-23 se puede identificar la acción que se efectuó.

Las consecuencias de esta acción, se registran en la avería del motor del fraccionamiento de balanceado en al menos tres ocasiones, generando la paralización de la producción.

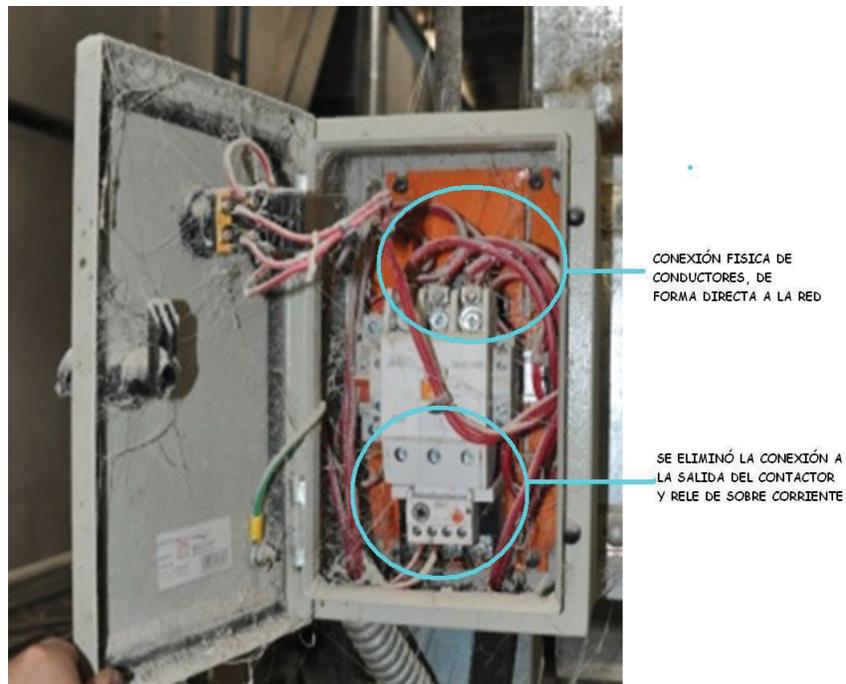


Fig. 4-23 Eliminación del sistema de Protección del Motor.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia

SISTEMA DE ANCLAJE Y ALINEACIÓN DE BANDAS

El sistema de anclaje es fundamental al momento de ubicar un motor, si se hace un buen anclaje, las vibraciones se reducen significativamente mejorando el desempeño en el funcionamiento.

Si se realiza un mal anclaje, se puede presentar problemas de alineación de bandas, ejes mecánicos, variadores de velocidad mecánicos, y esto genera problemas frecuentes y la consecuente disminución de la vida útil del equipo, en la Fig. 4-24, se puede apreciar un ejemplo de la mala alineación del sistema de bandas y su consecuente desgaste y rotura por el rozamiento con la parte mecánica del sistema.

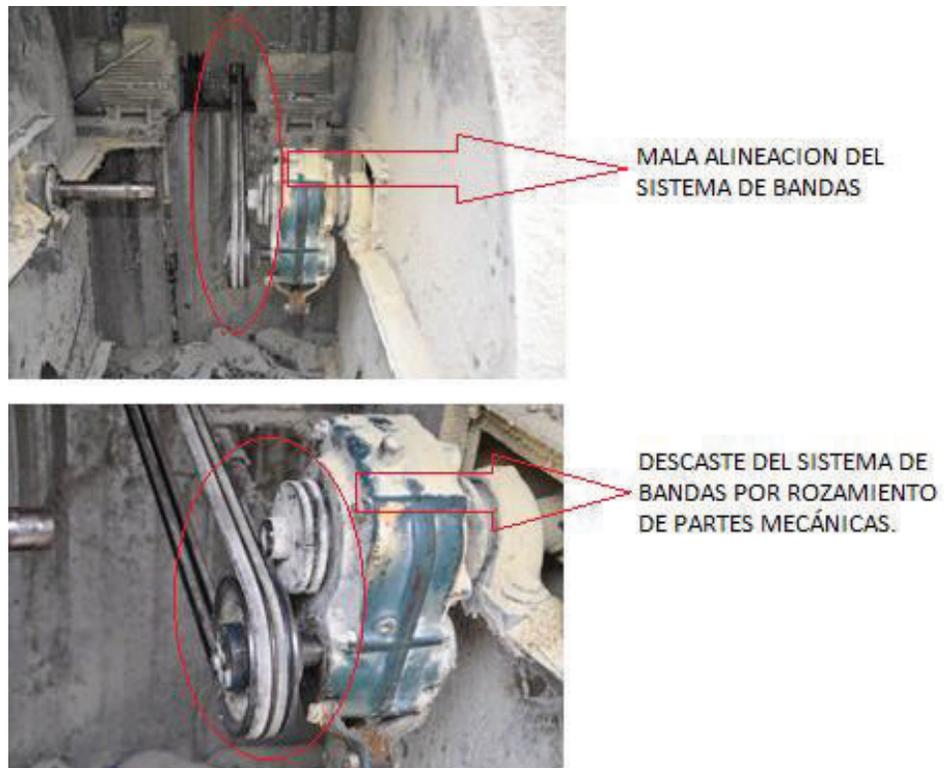


Fig. 4-24 Desgaste de banda por mala alineación del motor.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia

4.4.3.2 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA GRUPO CASA GRANDE FÁBRICA EL TROJE.

Para la creación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se parte de:

4.4.3.2.1 Elaboración de la ficha-historial.

Para la elaboración de esta ficha historial, se ha utilizado datos recogidos de forma verbal por parte de los trabajadores del recinto, y con ellos se preparó una ficha en la que se recoge las fallas más representativas que se han suscitado en los últimos tiempos, se recoge datos del área donde se produjo la falla, una pequeña descripción y las acciones realizadas para su remediación.

En la Tabla 4-9 se presenta el levantamiento de información histórica de fallas como un diagnóstico de la situación actual de la fábrica El Troje.

4.4.3.2.2 Elaboración de la ficha de control estadístico.

La funcionalidad de esta tabla es contabilizar los eventos y su periodicidad, y permitir al encargado del mantenimiento de la planta tener un control y la predicción y ubicación de eventos futuros.

En la Tabla 4-10 se presenta la ficha, con un detalle de la falla, las causas, cuál sería el posible plan de mantenimiento sugerido todo esto por cada elemento.

4.4.3.2.3 Elaboración de la ficha de mantenimiento preventivo.

Para la creación de esta ficha de mantenimiento preventivo, se usó el antecedente de las tablas anteriores, todo esto como insumo que se lo deberá ir actualizando para su mejor aplicación y que se convierta en un aporte significativo para el mejoramiento de la producción.

La tabla propuesta de mantenimiento se la puede apreciar en la Tabla 4-11 donde se tiene un bosquejo de cómo y cuándo se deberían realizar las diferentes acciones.

Los variadores de velocidad mecánicos, al funcionar con partes móviles, el aceite lubricante debe ser reemplazado, según fabricantes de este elemento, se recomienda hacerlo cada 700 horas de funcionamiento.

La correcta alineación de las bandas permite garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas, en la fábrica esto no se evidencia al presentar fallas por rotura de bandas con una frecuencia alta, por esta razón se sugiere considerar dentro del plan de mantenimiento preventivo el sistema de bandas.

Por las características del trabajo que se realiza, las partículas de maíz, se posicionan sobre los motores generando calentamiento interno, por ello se considera para su mantenimiento.

Tabla 4-9 Ficha de Historial de Averías.

N.	FECHA	HISTORIAL DE AVERIAS GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE								DESCRIPCIÓN DE LA AVERIA.	ACCIONES A REALIZAR	HORAS DE PARADA DE LA MAQUINARIA	COSTO TOTAL DE CADA INTERVENCIÓN. *					
		DESEMBARQUE	ALMACENAMIENTO	MOIENDA	MEZCLADO	PELETIZADO	ALMACENAMIENTO	PRODUCTO	TERMINADO					ENSACADO	EMBARQUE	PRODUCTO	TERMINADO	
1		X																
2								X										
3									X									
4			X															
5									X									
6				X														
7										X								
8																		
9				X														
10			X	X	X													
11																		

(*) No se cuenta con información relacionada a los costos totales de cada intervención.

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

Tabla 4-10 Ficha de Control Estadístico.

FICHA DE CONTROL ESTADISTICO GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		N de Máquina.		Analista.		Hoja..	
BALANCEADOS EL TROJE		Area de Trabajo.		Fecha de Analisis			
N.	ELEMENTO	FUNCION	TIPO DE FALLO	CAUSAS DEL TIPO DE FALLO	PLAN DE ACCION, MANTENIMIENTO - MODIFICACION	RESPONSABLE	PLAZO
1	Banda	Elevador	Rotura de cinta transportadora.	Vejez del equipo.	Revisión de daños, y reparación.	Técnico en Mantenimiento.	
2	Banda	Transmisión	Rotura de Banda de transmisión.	Mala alineación del eje de motor con regulador de velocidad.	Realineación de la banda.	Técnico en Mantenimiento.	
3	Regulador de Velocidad	Reducir la velocidad de Motor.	Rotura de sistema de engranaje (Caja de Cambios).	Falta de aceite lubricante, en sistema de transmisión.	Revisión, control y cambio de aceite de transmisión.	Técnico en Mantenimiento.	
4	Sin fin	Sacar Maiz de silo.	Obstrucción del sistema, al sacar maiz del silo.	Maiz obstruye el motor que acciona el sistema.	Limpieza, y colocar sistema de protección para motor.	Técnico en Mantenimiento.	
5	Elevador	Transporte de Producto Terminado.	Derrame de producto Pelletizado.	Acumulación de producto terminado.	Sistema de racionalización de producto terminado.	Técnico en Mantenimiento.	
6	Motor 100 Hp	Moler Maiz	Accionamiento de Protecciones.			Técnico en Mantenimiento.	
7	Motor	Elevador	Fallo en rodamientos.	Mala alineación del eje de motor con regulador de velocidad.	Cambio de rodamientos y posible realineación del eje.	Técnico en Mantenimiento.	
8	Motor	Mezcladora	Desalineación del Eje.	Vibración por mal anclaje del Motor.	Alineación y verificación de pernos de anclaje.	Técnico en Mantenimiento.	
9	Motor	Molino	Falla de rodamientos por eje desalineado.	Por variación de la carga el esfuerzo sobre el eje cambia.	Verificación de la racionalización de la carga	Técnico en Mantenimiento.	
10	Motores cuyo funcionamiento esta inmerso en polvo	Elevador, Mezcla, Transporte	Aumento de consumo de corriente por calentamiento producido por capa de polvo sobre la carcasa del motor.	Película de polvo presente en la carcasa del motor.	Limpieza periodica de la carcasa del motor, para evitar calentamiento del núcleo del mismo.	Personal de Limpieza	
11							

Fuente: Fábrica El Troje.
Elaboración: Propia.

Tabla 4-11 Ficha de Mantenimiento Preventivo.

N.		FECHA		ELEMENTO		AVERIA		ACCIONES A REALIZAR		DESEMBARQUE		PELETIZADO								
										ALMACENAMIENTO M.P.	ALMACENAMIENTO P.T.	ALMACENAMIENTO P.T.	ENSACADO	EMBARQUE P.T.						
										AREAS DE TRABAJO	MOLIENDA	MEZCLADO	PERIODICIDAD	ESTADO DE LA MAQUINA	VALORES LIMITES	CANTIDAD Y DENOMINACION	PIEZAS A CAMBIAR	CODIGO	FICHA N.	
														1 - MAL 10 - OK						
1				Bandas de Transmisión	Rotura por desgaste producido por rozamiento			Revisión periódica y cambio en horarios no laborables.	40	bimensual	5	Tensión de funcionamiento.								
2				Variadores de Velocidad	Falta de Aceite lubricante			Cambio de Aceite y revisión de fugas	120	trimestral	4	Nivel de aceite								
3				Sistema de bandas de Transmisión	Rozamiento por mala alineación del sistema.			Realizar trabajo de readecuación y/o reubicación de motores para buscar una mejor alineación de las bandas.	240	Una vez realizado el cambio, no necesita periodicidad	6	Alineación de la banda								
4				Sistema de extracción de maíz del silo	Bloqueo por presencia de maíz en las poleas.			Colocar un sistema de protección para evitar el ingreso del material al interior	120	Una vez realizado el cambio, no necesita periodicidad	4	--								
5				Motores inmersos en áreas de contaminación.	Aumento en la temperatura interna del motor.			Jornadas de limpieza para retirar película de polvo.	5	semanal	7	--								
6				Motores.	Mala alineación y afectación en el eje.			Revisión del funcionamiento y control de los rodamientos para garantizar una correcta alineación del eje.	15	mensual	4	Nivel de bamboleo del eje.								
7				Banda transportadora elevadores de maíz.	Rotura por desgaste producido por antigüedad de la banda.			Revisión total de fisuras o quebraduras y analizar su reemplazo para evitar pérdidas en la producción.	60	trimestral	2	Cantidad de reparaciones realizadas.								
8																				
9																				
10																				
11																				

Fuente: Fábrica El Troje.
Elaboración: Propia.

4.4.3.2.4 Nivel y frecuencia de una intervención preventiva sobre un equipo.

Una vez diseñado un plan de mantenimiento preventivo, se plantea el análisis más profundo de cada uno de los equipos vulnerables.

La intención del estudio es identificar los elementos que se deberá considerar su remplazo para asegurar el funcionamiento correcto del sistema.

Las preguntas claves que se realizarán son:

- ¿Tarea de pequeña conservación o engrase?
- ¿Tarea de inspección o vigilancia en funcionamiento?
- ¿Tarea de control?
- ¿Tarea de test, de ensayo, de prueba?
- ¿Tarea de sustitución sistémica?

Los equipos involucrados en este análisis son:

- Reductor mecánico de velocidad.
- Sistema de transmisión por bandas.
- Motores inmersos en contaminación ambiental.
- Banda transportadora de maíz (elevador).

Reductor mecánico de velocidad

El reductor de velocidad al ser un equipo indispensable para el funcionamiento de las bandas usadas para el movimiento del producto, tanto en materia prima como en producto terminado, el mantenimiento que se le deba dar a estos sistemas merece una atención especial.

En la Tabla 4-12, se evidencia el nivel de tareas que se debería realizar donde se evidencia las tareas mínimas para asegurar su funcionamiento en un tiempo prolongado.

Sistema de transmisión por bandas.

El sistema de bandas, es fundamental para la transmisión de la potencia mecánica del motor al reductor de velocidad, el momento que se rompa una de ellas, toda la cadena productiva se verá afectada por esta razón en la Tabla 4-13 se presenta las acciones mínimas con las que se garantiza el correcto funcionamiento.

Motores inmersos en contaminación ambiental.

El ambiente de trabajo de los motores en algunos sectores es precario, por la existencia de partículas de polvo características del proceso productivo, es así que en el área de molienda y mezclado es inevitable que los motores se cubran de partículas de polvo, es por esta razón que en la Tabla 4-14 se plantea la posibilidad de efectuar una tarea de limpieza de estos equipos.

Banda transportadora de Maíz (elevador).

Este sistema es el encargado de la movilización de producto desde y hacia diferentes lugares donde para la producción, y por la edad que presentan estos equipos se sugiere en la Tabla 4-15 la revisión periódica de las condiciones de trabajo de las cintas transportadoras, esto para evitar daños y paros en la línea de producción.

Tabla 4-12 Ficha de Selección de Tareas, Variador de Velocidad Mecánico.

 FICHA DE SELECCIÓN DE TAREAS GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		N de Máquina.		Analista.		Hoja.	
		VARIADOR DE VELOCIDAD MECANICO		Fecha de Analisis.			
		Area de Trabajo.		COSTO ESTIMADO		PLAZO	
TIPO DE TAREA	DENOMINACION DE LAS TAREAS PROPUESTAS	ESPECIALIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	INSUMOS UTILIZADOS	RESPONSABLE	
Pequeño Mantenimiento	Revisión del nivel de Aceites y Grasas lubricantes.	Area de Mantenimiento.	Trimestral	30 min.	Aceite lubricante, Grasa	Mant. Mecánico	
Inspeccion y control en funcionamiento	Inspección de sonidos y vibraciones en funcionamiento.	Area de Mantenimiento.	Bimestral	30 min.	---	Mant. Mecánico	
Control o visita con equipo parado							
Test, ensayo o prueba							
Sustitucion sistematica							
Modificación.							

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

Tabla 4-13 Ficha de Selección de Tareas, Sistema de Transmisión.

 FICHA DE SELECCIÓN DE TAREAS GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE	N de Máquina.		Analista.		Hoja.		
	SISTEMA DE TRANSMISIÓN (BANDAS)		Fecha de Análisis.				
TIPO DE TAREA	DENOMINACIÓN DE LAS TAREAS PROPUESTAS	ESPECIALIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	COSTO ESTIMADO	INSUMOS UTILIZADOS	PLAZO RESPONSABLE
Pequeño Mantenimiento	Revisión de la alineación de las bandas.	Area de Mantenimiento.	Semestral	15 min	...		Mant. Mecánico
Inspeccion y control en funcionamiento	Revisión de rozamiento con partes mecánicas de la banda.	Area de Mantenimiento.	Mensual	15 min	...		Mant. Mecánico
Control o visita con equipo parado	En caso de mala alineación del eje, se procedera a realizarlo, si se encuentra rozamiento, se sugiere la reubicacion del	Area de Mantenimiento eléctrico y mecánico.	Semestral	2 horas	...		Mant. Eléctrico y Mecánico
Test, ensayo o prueba							
Sustitucion sistematica							
Modificación.							

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

Tabla 4-14 Ficha de Selección de Tareas, Motores inmersos en Contaminación Ambiental.

 FICHA DE SELECCIÓN DE TAREAS GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		N de Máquina.		Analista.		Hoja.	
DENOMINACION DE LAS TAREAS PROPUESTAS		ESPECIALIDAD		TIEMPO ESTIMADO		INSUMOS UTILIZADOS	
TIPO DE TAREA		FRECUENCIA		COSTO ESTIMADO		PLAZO	
RESPONSABLE		Area de Trabajo.		Fecha de Analisis.			
Pequeño Mantenimiento	Limpiar de las impurezas (polvo de maíz) la carcasa del motor.	Area de Mantenimiento.	Semanal	5 Min.	...		Mant. Mecánico
Inspeccion y control en funcionamiento	Revisión de ruidos generados por polvo en los rodamientos del motor, eje, y demás partes móviles.	Area de Mantenimiento.	Semanal	5 Min.	...		Mant. Mecánico
Control o visita con equipo parado	En caso de ruidos generados en los rodamientos, considerar su limpieza.	Area de Mantenimiento Eléctrico.	Trimestral	2 Horas	...		Mant. Eléctrico.
Test, ensayo o prueba							
Sustitucion sistematica							
Modificación.							

Fuente: Fábrica El Troje.
Elaboración: Propia.

Tabla 4-15 Ficha de Selección de Tareas, Sistema de Transmisión-Elevador.

 FICHA DE SELECCIÓN DE TAREAS GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		N de Máquina.		Analista.		Hoja.		
		BANDA TRANSPORTADORA DE MAIZ (ELEVADOR)		Fecha de Analisis.				
		Area de Trabajo.						
TIPO DE TAREA	DENOMINACION DE LAS TAREAS PROPUESTAS	ESPECIALIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	COSTO ESTIMADO	INSUMOS UTILIZADOS	PLAZO	RESPONSABLE
Pequeño Mantenimiento	Revisión periódica del estado de la cinta transportadora, ruidos extraños.	Area de Mantenimiento.	Bimensual	1 Hora	...			Mant. Mecánico
Inspeccion y control en funcionamiento	Revisar si existen rajaduras en la cinta, o partes criticas donde se pueda romper.	Area de Mantenimiento.	Trimestral	2 Horas	...			Mant. Mecánico
Control o visita con equipo parado	Si se ha detectado alguna amenaza como rasgaduras, se estudiará su reparación inmediata.	Area de Mantenimiento.	Trimestral	4 Horas	...			Mant. Mecánico
Test, ensayo o prueba	Verificar si la reparación, permite el funcionamiento eficaz del equipo.	Area de Mantenimiento.	Luego de la reparación.	1 Hora	...			Mant. Mecánico
Sustitucion sistematica	Revisar el historial de cuantas reparaciones ha sufrido la cinta, y considerar su reemplazo.	Area de Mantenimiento.	Semestral	2 Horas	...			Mant. Mecánico
Modificación.								

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

4.5 IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN.

Para la implementación del Sistema de Gestión de Energía, se deberá utilizar los planes de acción y otros elementos que permitan la implementación del sistema, que se podrá realizar en fases, para evitar que la planta tenga momentos de paralización prolongada que afecte a la producción.

La decisión de la implementación y posterior operación es responsabilidad directa de la alta gerencia, siendo un procedimiento que escapa de los alcances de este proyecto de titulación.

4.6 VERIFICACIÓN.

Dentro de la norma de Sistema de Gestión de Energía, recomienda tener un correcto sistema de verificación, en el que intervenga el seguimiento, medición y análisis que permita tomar medidas correctivas a fin de que el beneficio sea el máximo posible.

Resultado de la verificación, se podrá identificar deficiencias en el sistema de gestión inicialmente diseñado, permitiendo realizar variaciones al documento que aumente la eficiencia del sistema y por consiguiente el mejoramiento de la producción.

4.7 REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN.

Es importante que en todo momento al ejecutarse el Sistema de Gestión de Energía, la alta dirección deberá realizar revisiones periódicas planificadas en el que se asegure su conveniencia, adecuación y eficacia continua, de manera que se convierta en un instrumento útil para el mejoramiento institucional.

CAPITULO 5

ANTECEDENTES

Del análisis ejecutado, se han identificado varias opciones que de aplicarse se logrará el mejoramiento en el desempeño del Grupo Casa Grande, División fábrica “El Troje”, en el desarrollo del presente capítulo se encontrará el análisis financiero de su aplicación, de las alternativas seleccionadas.

En el proceso de creación del sistema de gestión en base a la Norma NTE INEN-ISO 50001 2012, se identificaron varias fortalezas y oportunidades de mejora, inicialmente se propone una selección de alternativas en base a diferentes indicadores y al evaluar las propuestas, se determinó que todas las propuestas planteadas aportan al mejoramiento del desempeño de la fábrica, por lo que se presentará una priorización porcentual con la que se puede determinar la prioridad de implementación.

5.1 SELECCIÓN DE FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO.

Como parte del trabajo en capítulos anteriores, se planteó varias fortalezas y oportunidades de mejora, que de aplicarlas se lograría la repotenciación deseada, a continuación se detalla los criterios de selección utilizados para priorizar la implementación de las alternativas.

Los factores de análisis son:

- Tiempos de implementación.
- Costos.
- Prioridad (grado de necesidad).
- Eficiencia (relacionada al rendimiento energético)

En la Tabla 5-1, se presenta las oportunidades de mejora planteadas contrastada con los factores de análisis que se convierten en indicadores que permiten ponderar y alcanzar la priorización de las alternativas.

Tabla 5-1 Priorización ponderada de las Oportunidades de Mejora.

PRIORIZACION	INDICADORES								PRIORIZACION PORCENTUAL
	TIEMPO	PONDERACION	COSTO	PONDERACION	PRIORIDAD	PONDERACION	EFICIENCIA	PONDERACION	
Cambio del Transformador de 200 kVA a 300 kVA.	BAJO No requiere demasiado tiempo, se debe tener listos todos los elementos involucrados en el cambio, para que el corte del servicio sea reducido.	0,8	ALTO El costo involucrado es bastante representativo, se debe tener presente que es una solución definitiva para el sistema.	0,5	ALTA Los niveles de voltaje y corrientes a los que está sometido el sistema eléctrico está deteriorando los elementos y equipos involucrados.	0,8	ALTA Al tener un sistema que funcione cercano a las condiciones nominales, mejora notablemente en la eficiencia de los equipos.	0,9	73%
Implementación de Banco de Capacitores.	BAJO La instalación de un banco de capacitores, incluye estudio de capacidad cotización, compra y mano de obra que se ubicará a la salida del transformador de 460 V.	0,8	MEDIO Incurrir en gastos del banco de condensadores, instalación.	0,6	ALTO Reducir el exceso de corriente, por potencia reactiva, mejora el factor de potencia para dejar de pagar la penalización a la Empresa Distribuidora.	0,8	ALTA Al tener Fp bajo, esta solución se vuelve indispensable para que el sistema tenga un funcionamiento estable y brindar las condiciones óptimas de funcionamiento.	0,9	77%
Plan de Mantenimiento Preventivo	MEDIO El plan preventivo requiere una serie de procesos, delegación de responsabilidades que se van a desarrollar paulatinamente. Así como también que el personal encargado empiece a familiarizarse con el proceso.	0,6	BAJO La inversión que se realiza en estos casos requiere tan solo una coordinación de actividades, capacitación del personal, los costos incluirían el pago de actividades extras que se realizarían y elementos para poner en marcha el plan.	0,7	ALTO La implementación de un plan preventivo es urgente por la existencia de muchas averías en el proceso de producción, al plantear el mantenimiento preventivo se reduciría el tiempo de parada de la planta.	0,8	ALTO El mantenimiento preventivo es una opción altamente eficiente ya que ayudaría a evitar pérdidas de energía futuras. Muchas veces una mala instalación eléctrica, o su uso inadecuado hacen que los resultados se vean reflejados en el aumento de costos.	1	81%
Criterios para llenar la tabla:	1 Si es beneficioso para la Fábrica. 0 Si es poco beneficioso para la Fábrica.								

Fuente: Planificación Energética.

Elaboración: Propia.

El criterio para la elaboración de la Tabla 5-1, en base a un análisis técnico, se otorga la clasificación de: BAJO, MEDIO Y ALTO, para cada una de las propuestas relacionada con los indicadores.

Además se otorga una calificación entre 0 y 1, cuando el valor tiende a 1 la opción tiene una alta prioridad de ejecución con relación a las demás alternativas, y viceversa; los indicadores utilizados son: tiempo de implementación, costos, prioridad para la fábrica, y la eficiencia que produciría.

5.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROCESOS DE MEJORA PROPUESTOS.

En este estudio, se plantea la necesidad de la creación del sistema de gestión de energía, por lo que el primer rubro en análisis será el costo de la implementación de éste sistema.

5.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.

La implementación de sistemas de gestión de energía de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, es una propuesta que permite la implementación sistematizada de criterios de eficiencia energética aplicados a la fábrica El Troje.

Se analizó los pasos de implementación, en donde la delegación de responsabilidades y compromiso por parte de la industria es muy importante. “El funcionamiento de un sistema de gestión de energía depende de la voluntad de la organización, realizar acciones y operaciones cotidianas para conseguir mejoras y reducir así costos”. [42]

Costos de fases de implementación del sistema de gestión.

Los costos que se proyectan para la implementación del sistema de gestión de energía no resultan exorbitantes, la implementación del sistema implica que se desarrolle en etapas de la mano siempre de la alta gerencia. A continuación en la Tabla 5-2 se señala los elementos que intervienen en este proceso.

Tabla 5-2 Valoración de la implementación del Sistema de Gestión.

MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	Tiempo (meses)	Costo Unitario	Costo Total
Alquiler del Analizador de Redes	4	1,00	400,00	1600,00
Transporte Quito - Baños y viáticos	12	6,00	20,00	240,00
Gastos Varios	10	2,00	2,00	20,00
Costos de Delegaciones /gerente	4	6,00	20,00	480,00
Costos de equipo de ingeniería	1	2,00	2000,00	2000,00
TOTAL				4340,00

Fuente: Listado de precios.

Elaboración: Propia.

5.2.2 CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE 200 kVA a 300 kVA.

Se analiza el cambio de transformador para solventar el subdimensionamiento existente, a continuación se presenta los requerimientos en suministros necesarios para la implementación de un nuevo transformador.

Costos del cambio de transformador.

Los costos relacionados al cambio de transformador describen el soporte técnico, transporte, y los elementos requeridos para la instalación, el detalle de lo planteado, se aprecia en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Valoración del cambio de transformador.

MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	Tiempo (meses)	Costo Unitario	Costo Total
Transformador de 300 kVA (13.8 kV / 460 V)	1	0,10	7600,00	7600,00
Fusibles NH 15K	3	0,10	2,00	6,00
Cable THHN 2 AWG (metros)	7	0,10	3,70	25,90
Cable THHN 2/0 AWG (metros)	45	0,10	8,00	360,00
Interruptor principal Termomagnético Regulable (500 A)	1	0,10	144,66	144,66
Tablero de distribución principal armado	1	0,10	1100,00	1100,00
Total				9236,56

Fuente: Listado de precios.

Elaboración: Propia.

5.2.3 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

Esta propuesta soluciona la necesidad de eliminar el aporte económico mensual que la fábrica efectúa a la empresa distribuidora, sin contar con la mejora del nivel de voltaje y aumento en la confiabilidad del sistema.

Ahora se enfoca el análisis en el costo que tendría la implementación de esta propuesta.

Costos de Corrección Factor de Potencia

La implementación del banco automático de capacitores, pone fin al problema de bajo factor de potencia, en la Tabla 5-4, se presenta el detalle del costo de los materiales necesarios para su implementación.

Tabla 5-4 Valoración de la implementación del sistema para corrección del Fp.

MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	Tiempo (meses)	Costo Unitario	Costo Total
Instalación y transporte	1	0,10	200,00	200,00
Elementos para la instalación del banco de condensadores (460V)				
Capacitores trifásicos tubulares 10 KVAR	3	0,10	94,61	283,83
Contactores para cada uno de los pasos (Especiales) (25 A)	3	0,10	175,40	526,20
Fusibles NH 00-25 A	9	0,10	4,50	40,50
Interruptor principal Termo magnético (100 A)	1	0,10	144,96	144,96
Controlador de Factor de Potencia de 3 pasos DCRK5/7 (voltaje 460V)	1	0,10	518,56	518,56
Transformador de Corriente 300/5	1	0,10	75,00	75,00
Conductor 16 AWG THHN (metros)	10	0,10	0,54	5,40
Conductor 4 AWG THHN (metros)	5	0,10	2,26	11,30
Tablero para banco de Condensadores	1	0,10	291,51	291,51
Total				2097,26

Fuente: Listado de precios.

Elaboración: Propia.

5.2.4 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Sin lugar a dudas esta propuesta creará una cultura de conservación y prevención de fallas, al contar con un sistema de monitoreo de desperfectos, de la misma forma se procederá a realizar el cálculo del recurso económico necesario para la implementación.

Costos de Mantenimiento Preventivo

Para el análisis de los costos de implementación de esta propuesta, se considera la implementación de personal, la reasignación de las labores de personal existente en la planta, el detalle de los requerimientos se detalla en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5 Valoración de la implementación de Mantenimiento Preventivo.

MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	Tiempo (meses)	Costo Unitario	Costo Total
levantamiento de datos /fichas /estudio/preparación del plan				
Costos de ingeniería	1	0,10	150,00	150,00
Gastos varios	1	0,10	120,00	120,00
Capacitación del personal	1	0,30	580,00	580,00
Actualización del plan de mantenimiento preventivo.	1	0,10	165,00	165,00
TOTAL				1015,00

Fuente: Listado de precios.

Elaboración: Propia.

5.3 kWh AHORRADOS CON EL CAMBIO DE TRANSFORMADOR.

Con el cambio de transformador se calcula la energía eléctrica en kWh que se ahorraría la empresa al utilizar un transformador de la potencia que necesita el sistema eléctrico conectado a éste.

CÁLCULO DE POTENCIA DE PÉRDIDAS, TRANSFORMADOR DE 200 kVA.

Se parte del cálculo de la potencia de pérdidas del transformador de 200 kVA (13.8 kV / 460 V) con los datos presentados en la Tabla 5-6.

Los datos técnicos completos se encuentran en el ANEXO K.

Tabla 5-6 Datos Técnicos de pruebas de transformador 200 kVA.

Datos del Transformador	Valores
S nominal (kVA)	200
Voltaje	460
I nominal en secundario (A)	251,32
Perdidas en el devanado al 100% carga (W) 3φ	2630
Impedancia de cortocircuito (Max) (%)	4

Fuente: ECUATRAN.

Elaboración: Propia.

La potencia de pérdidas en el devanado al 100 % de la carga es:

$$P_{perdidas} = 3 I_{nominal}^2 * R \quad (5-1)$$

Despejando el valor de la resistencia se obtiene:

$$R = \frac{2630}{3 * (251,32)^2} = 0,01388 \Omega \quad (5-2)$$

Se calcula el valor de la impedancia de cortocircuito del transformador, es necesario el cálculo de la impedancia de base del lado secundario. [43]

$$Z_{base} = \frac{(Voltaje Nominal Base kV)^2}{(S nominal MVA)} \quad (5-3)$$

$$Z_{base} = \frac{(0,46 kV)^2}{(0,2 MVA)} = 1,058$$

Con el valor de la impedancia base se calcula el valor de la resistencia en por unidad.

$$R(pu) = \frac{R(\Omega)}{Z_{base}} \quad (5-4)$$

$$R(pu) = \frac{0,01388 \Omega}{1,058} = 0,01312 pu$$

Para el cálculo de la reactancia inductiva intervienen los valores de resistencia e impedancia de cortocircuito que para este transformador es 4%, expresados en por unidad.

$$X(pu) = \sqrt{(Zpu)^2 - (Rpu)^2} \quad (5-5)$$

$$X(pu) = \sqrt{(4)^2 - (1,312)^2} = 3,77 pu$$

Para el transformador de 200 kVA, la corriente que circula es de 275,51 A, resultado de la medición a plena carga realizada en el transformador para el ejercicio de este cálculo.

Con los valores calculados anteriormente, se calcula la potencia de pérdidas para el transformador de 200 kVA.

$$P_{perdidas} = 3 (Corriente)^2 * R \quad (5-6)$$

$$P_{perdidas} = 3 (275,51 A)^2 * 0,01388$$

$$P_{perdida} = 3160,75 W$$

CÁLCULO DE POTENCIA DE PÉRDIDAS, TRANSFORMADOR DE 300 kVA.

De igual forma se procede al cálculo de la potencia de pérdidas en el transformador de 300 kVA, partiendo de los datos de la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Datos Técnicos de pruebas de transformador 300 kVA.

Datos del Transformador	Valores
S nominal (kVA)	300
Voltaje	460
I nominal (A)	376,98
Perdidas en el devanado al 100% carga (W) 3φ	3677
Impedancia de cortocircuito (Max) (%)	4,5

Fuente: ECUATRAN.

Elaboración: Propia.

La potencia de pérdidas en el devanado al 100 % de la carga es:

$$P_{perdidas} = 3 I_{nominal}^2 * R \quad (5-1)$$

Despejando el valor de la resistencia se obtiene:

$$R = \frac{3677 W}{3*(376,98 A)^2} = 0,00863 \Omega. \quad (5-7)$$

Para el cálculo de la impedancia base en el lado del secundario se realiza.

$$Z_{base} = \frac{(\text{Voltaje Nominal Base kV})^2}{(S \text{ nominal MVA})} \quad (5-8)$$

$$Z_{base} = \frac{(0,46 \text{ kV})^2}{(0,3 \text{ MVA})} = 0,70533 \Omega$$

Con este valor se determina el valor de resistencia por unidad.

$$R(\text{pu}) = \frac{R(\Omega)}{Z_{base}} \quad (5-4)$$

$$R(\text{pu}) = \frac{0,00863 \Omega}{0,70533} = 0,01224 \text{ pu}$$

Para el cálculo de la reactancia inductiva en por unidad intervienen los valores de resistencia e impedancia de corto circuito que según datos de placa es 4,5%, expresados en por unidad.

$$X(\text{pu}) = \sqrt{(Z_{pu})^2 - (R_{pu})^2} \quad (5-5)$$

$$X(\text{pu}) = \sqrt{(4,5)^2 - (1,224)^2} = 4,33034 \text{ pu}$$

Se utiliza el mismo valor de corriente del transformador, ya que la carga se mantiene similar, por lo que la corriente es 275,51 A.

Con los valores calculados anteriormente, se calcula la potencia de pérdidas para el transformador de 300 kVA.

$$P_{perdidas} = 3 (\text{Corriente})^2 * R \quad (5-6)$$

$$P_{perdidas} = 3 (275,51 \text{ A})^2 * 0,00863$$

$$P_{perdida} = 1965,2 \text{ W}$$

La potencia de pérdidas del transformador 300 kVA es 38% menor que la potencia de pérdidas registrada en el transformador de 200 kVA.

Para obtener la potencia que se ahorraría la fábrica con el cambio de transformador se efectúa la diferencia de potencias de pérdidas entre los transformadores.

$$P \text{ pérdidas totales} = P \text{ pérdidas trafo } 200 \text{ kVA} - P \text{ pérdidas trafo } 300 \text{ kVA} \quad (5-9)$$

$$P \text{ pérdidas totales} = 3160,75 \text{ W} - 1965,2 \text{ W}.$$

$$P \text{ pérdidas totales} = 1195,55 \text{ W}.$$

La potencia ahorrada convertida en energía que se dejará de consumir en la planta, y el costo que representa se calcula a continuación.

Energía ahorrada al mes (lunes a viernes) en kWh/mes

$$\text{Energía ahorro} = 1,195 \text{ kW} * (\text{Nro Horas}) * (\text{Nro de Dias al mes}). \quad (5-10)$$

$$\text{Energía ahorro} = 1,195 \text{ kW} * 8 * 20$$

$$\text{Energía ahorro} = 191,2 \text{ kWh}$$

Energía ahorrada al mes (sábado) en kWh/mes

$$\text{Energía ahorro} = 1,195 \text{ kW} * (\text{Nro Horas}) * (\text{Nro de Dias al mes}). \quad (5-11)$$

$$\text{Energía ahorro} = 1,195 \text{ kW} * 4 * 4$$

$$\text{Energía ahorro} = 19,12 \text{ kWh}$$

La energía ahorra al mes es 210,32 kWh.

El costo de la energía para la fábrica es 0,061 (USD/kWh).

El ahorro en dólares por concepto de la energía que dejarán de utilizar para el proceso productivo es:

$$\text{Costo de la Energía} = 210,32 \text{ kWh} * 0,061 \text{ USD/kWh} \quad (5-12)$$

$$\text{Costo de la Energía} = 12.83 \text{ USD}.$$

5.4 VIABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA.

Para el financiamiento del proyecto se consideró el rubro que la fábrica dejaría de cancelar por concepto de multa por bajo factor de potencia, el promedio mensual es de 360,00 dólares de los EE.UU, y el costo de la energía que se dejará de consumir con el cambio del transformador, este rubro es de 12,83 USD mensuales, la suma de estos dos valores es 372,83 USD.

La metodología utilizada para el cálculo de la inversión a realizarse, involucra los requerimientos de materiales y mano de obra que se ha detallado anteriormente, con recursos liberados del pago de multas mensuales realizadas a la Empresa Eléctrica Ambato S.A, lo que implica la no utilización de inversión adicional. Los criterios económicos con los que se evaluará la viabilidad del proyecto son: [44]

- **Inversión:** La valoración en la fase de inversión considera los insumos en mano de obra calificada y no calificada, materiales y equipos necesarios para la realización de cada actividad.
- **Costos de Operación y Mantenimiento:** Se considera los costos relacionados al reemplazo de elementos del sistema que por su vida útil, son necesarios reemplazarlos.
- **Ingresos:** Se consideran a todos flujos de caja positivos que genere la implementación del proyecto.
- **Beneficios Valorados:** Es el resultado de las necesidades satisfechas con la ejecución del proyecto, en este caso no pagar la penalización por Factor de Potencia Bajo a la empresa suministradora de energía.

5.4.1 FLUJOS ECONÓMICOS.

Para el desarrollo de los flujos económicos, en la Tabla 5-8 se presenta el resumen de los valores considerados dentro de la inversión.

Tabla 5-8 Resumen de valores en Inversión.

COSTO TOTAL	
IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA	4.340,00
CAMBIO DE TRANSFORMADOR	9.236,56
BANCO AUTOMÁTICO DE CAPACITORES	2.097,26
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1.015,00
SUMATORIO	16.688,82
12% IVA.	2.002,66
TOTAL USD	18.691,48

Fuente: Tablas de Valoración de Propuestas.

Elaboración: Propia.

Para la construcción de la Tabla 5-9, los costos de operación y mantenimiento del banco automático de condensadores, se considera la vida útil de los elementos más propensos a falla y que es necesario reemplazarlo periódicamente; se identificó los contactores que accionan los pasos del banco de capacitores que cada tres años debe ser reemplazados.

El costo de los tres contactores requeridos es:

$$\text{Costo de contactores} = 526,2 \text{ USD}$$

Considerando que se requiere tres contactores para 25A.

Los beneficios valorados tienen directa relación con la multa por bajo factor de potencia que se dejaría de cancelar al implementar el sistema de gestión, y por la energía de pérdidas que se dejaría de consumir con el cambio del transformador, la suma de estos valores es llevada a una unidad comparativa anual siendo:

$$\text{Multa Fp bajo mensual} = 360 \text{ USD}$$

$$\text{Ahorro por no consumo de energía} = 12,83 \text{ USD}$$

$$\text{Beneficios económicos anuales} = 372,83 * 12$$

$$\text{Beneficios económicos anuales} = 4473,96 \text{ USD}$$

En base a estas consideraciones se plantea en la Tabla 5-9 el Flujo Económico calculado con los valores de ajuste, flujos netos, y el Valor presente Neto de los beneficios.

Para el cálculo del factor de corrección, se aplica la tasa de descuento que refleja la pérdida de valor que a través del tiempo sufre los equipos instalados en la planta, se toma un valor de 12%.

El criterio utilizado para la determinación de la duración del proyecto, se consideró 10 años, en función de la depreciación a la que están sujetos los equipos industriales, el fabricante recomienda considerar este intervalo de tiempo.

Tabla 5-9 Flujo Económico.

Año	Inversión USD	Costos de mantenimiento USD	Beneficios por ahorro en multa de Fp bajo. USD	Flujo neto. USD	Factor de Corrección Financiero.	Valor actual USD	Valor Actual acumulado USD
0	18.691,48		0	-18691,48	1,00	-18691,48	-18691,48
1			4.473,96	4473,96	0,89	3994,61	-14696,87
2		526,20	4.473,96	3947,76	0,80	3147,13	-11549,74
3			4.473,96	4473,96	0,71	3184,48	-8365,26
4			4.473,96	4473,96	0,64	2843,28	-5521,98
5		526,20	4.473,96	3947,76	0,57	2240,07	-3281,92
6			4.473,96	4473,96	0,51	2266,65	-1015,27
7			4.473,96	4473,96	0,45	2023,79	1008,52
8		526,20	4.473,96	3947,76	0,40	1594,43	2602,96
9			4.473,96	4473,96	0,36	1613,35	4216,31
	VALOR PRESENTE NETO DE LOS BENEFICIOS			(VPNB)			4216,31

Fuente: Tabla resume Valores de Inversión.

Elaboración: Propia.

5.4.2 INDICADORES FINANCIEROS Y ECONÓMICOS.

Son indicadores que permiten valorar financieramente a un proyecto, y conocer si se puede o no ejecutarse pensando en el beneficio de la fábrica y al ser un análisis económico, se refleja en el beneficio a la rentabilidad de la empresa. Los indicadores considerados son: VAN, TIR, B/C, Tiempo de recuperación de la inversión.

5.4.2.1 Cálculo del VAN.

Es un procedimiento mediante el cual se puede calcular el valor presente existente en el flujo de caja futuro que origina una inversión.

Si el VAN, resulta ser mayor que cero, significa que la inversión plantada, produciría ganancias que sobrepasan la rentabilidad exigida, por lo que el proyecto puede aceptarse.

Si el VAN, resulta ser menor que cero, la inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida, entendiéndose que el proyecto no debería ejecutarse.

Y si el VAN, es igual a cero, no produciría ni pérdida ni ganancia, por lo que se debería acudir a otros factores para tener criterio de decisión.

Para el cálculo del VAN, se puede aplicar la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (5-13)$$

Dónde:

- V_t = representa los flujos de caja en cada periodo t .
- I_0 = es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- n = es el número de período considerado.
- k = es el interés.

El Valor Actual Neto es:

$$VAN = 22907,79$$

5.4.2.2 Cálculo del TIR.

La Tasa Interna de Retorno, determina la rentabilidad que tiene un proyecto, es decir a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se considera a la TIR como un indicador para decidir sobre la aceptación o rechazo que pueda tener un proyecto de inversión.

Se obtiene que la Tasa Interna de Retorno es:

$$TIR = 18\%$$

5.4.2.3 Cálculo de la relación Beneficio – Costo (B/C).

El cálculo de la relación B/C, facilita la toma de decisiones en base a los beneficios calculados en tiempo presente con la implementación del factor de corrección, dividido para la sumatoria de todos los costos y gastos expresados al presente, este cálculo se detalla en la Tabla 5-10.

De esta relación se obtiene que cuando sobrepasa la unidad, el proyecto es económicamente rentable y el tiempo de recuperación es menor al periodo de vida útil del sistema.

Tabla 5-10 Factores para cálculo de B/C.

BENEFICIO / COSTO		
Año	Beneficio calculado al presente.	Inversión total
0	0,00	18.691,48
1	3994,61	-
2	3566,61	526,20
3	3184,48	-
4	2843,28	-
5	2538,65	526,20
6	2266,65	-
7	2023,79	-
8	1806,96	526,20
9	1613,35	-
TOTAL	23838,38	20270,08

Fuente: Tabla resume Valores de Inversión.

Elaboración: Propia.

El cálculo de Beneficio / Costo es:

$$B/C = \frac{\text{Beneficio calculado al presente}}{\text{Inversión Total}} \quad (5-14)$$

$$B/C = \frac{23838,38}{20270,08}$$

$$B/C = 1,18$$

5.4.2.4 Cálculo del Tiempo de Recuperación de la Inversión.

El tiempo de recuperación de la inversión, es el indicador que al gerente de la fábrica le permite conocer y decidir con un criterio más claro si es conveniente o no la implementación de un proyecto de inversión.

Es la relación existente entre el último valor acumulado negativo y el valor actual del siguiente año, esta relación determina la fracción del año que sumado al último año en negativo, se convierte en el tiempo que se demorará en recuperar la inversión, los valores mencionados se presentan en la Tabla 5-11.

Tabla 5-11 Cálculo tiempo de recuperación de la Inversión.

Año	Valor actual	Valor Actual acumulado
0	-18691,48	-18691,48
1	3994,61	-14696,87
2	3147,13	-11549,74
3	3184,48	-8365,26
4	2843,28	-5521,98
5	2240,07	-3281,92
6	2266,65	-1015,27
7	2023,79	1008,52
8	1594,43	2602,96
9	1613,35	4216,31

Fuente: Tabla resume Valores de Inversión.

Elaboración: Propia.

$$\textit{Tiempo de Recuperación de la Inversión} = \frac{-1015,27}{2023,79} \quad (5-15)$$

$$\textit{Tiempo de Recuperación de la Inversión} = -0.502$$

Sumado al año 7 en el que se registra el último valor negativo, el tiempo de recuperación de la inversión es:

$$\textit{Tiempo de Recuperación de la Inversión} = 7,5 \text{ años.}$$

5.4.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE INDICADORES.

Una vez contruidos y elaborados los indicadores, en la Tabla 5-12 se presenta el resumen de los cálculos efectuados que permitan determinar la viabilidad de un proyecto.

Tabla 5-12 Resumen de Viabilidad Financiera.

RESUMEN DE VIABILIDAD FINANCIERA	
INDICADOR	VALOR
VPNB	4216,31
VAN	22907,79
TIR	18%
B/C	1,18
T. recuperación de inversión.	7,5 años

Fuente: Cálculos de Viabilidad Financiera.

Elaboración: Propia.

Al analizar los factores se determina que:

- El VPNB, se convierte en utilidad adquirida al final del tiempo de análisis del proyecto se incluirá al fondo contable de la empresa. Esto determina que es un proyecto financieramente atractivo.
- VAN, al resultar positivo, determina que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, por lo que sugiere que el proyecto debería ejecutarse.

- TIR, es el indicador que representa la rentabilidad del proyecto, al resultar 18%, supera al TIR de equilibrio seleccionado de 12%, permite considerar al proyecto viable para su ejecución.
- Indicador B/C, al resultar mayor que la unidad, representa que el beneficio es mayor que el costo.
- Tiempo de Recuperación de la Inversión, lo calculado se considera aceptable al resultar menor que la totalidad del tiempo de vida útil del sistema implementado, convirtiéndose en ganancia para la fábrica, luego del tiempo de recuperación de la inversión.

Todos los indicadores financieros concluyen que la ***“PROPUESTA TÉCNICO–ECONÓMICA PARA LA REPOTENCIACIÓN DEL GRUPO CASA GRANDE DIVISIÓN FÁBRICA EL TROJE CON CRITERIOS DE LA NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012.”***, es un proyecto **VIABLE** para su ejecución.

CAPITULO 6

6.1 CONCLUSIONES

Resultado del desarrollo del presente proyecto de titulación, nos permitimos plasmar las siguientes conclusiones:

- La creación del sistema de gestión de energía con criterios de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, ha permitido identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades existentes en la Fábrica “El Troje”, lo que ha reflejado la necesidad de modernizar y actualizar la tecnología empleada en el sector industrial. Con el desarrollo de este proyecto de titulación se concluye que la implementación de las normativas disponibles en el país, en este caso la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, para los procesos de diseño y modernización de plantas industriales, garantizan la optimización del consumo de los recursos energéticos.
- Del levantamiento de información realizado para identificar las deficiencias en la planta, se constató la existencia de malas instalaciones eléctricas, entendiéndose conductores en mal estado, inexistencia de protecciones eléctricas en lugares determinados de la planta, sobrecarga del transformador, penalización por bajo factor de potencia, inexistencia de mantenimiento preventivo. Se concluye que al aplicar las alternativas de solución planteadas: creación del sistema de gestión de energía con criterios de la norma, repotenciación del transformador de distribución, la instalación de un banco de capacitores, y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo; se obtendrá una reducción en los costos por consumo de energía en la operación diaria de la fábrica.
- Del análisis de las planillas de consumo eléctrico y del levantamiento del diagnóstico, se confirmó la existencia de bajo factor de potencia, para lo cual se dimensiona un banco de capacitores automático que permitirá corregir la deficiencia de reactivos de acuerdo al comportamiento de la

carga inductiva, esto para evitar sobrecompensación de energía reactiva en momentos del día en los que no sea necesario.

- Al realizar el estudio en el transformador de 200 kVA (13.8 kV/460 V) se determina que actualmente está trabajando con 134% de carga, y la corriente que fluye por el equipo es 11% mayor a la nominal, en base a estos resultados se concluye que existe la necesidad de reemplazarlo por uno de mayor capacidad, del dimensionamiento realizado se concluye que un transformador de características 300 kVA (13.8 kV/460 V), satisface las necesidades de la fábrica, mejorando la regulación de voltaje y aumentando la vida útil de los equipos eléctricos conectados a éste.
- Las mediciones efectuadas en condiciones actuales, en los motores de 100 HP, evidencio que los límites de tolerancia de voltaje en el umbral más bajo, no cumplen los parámetros presentados en la norma ANSI C84.1-1989 de la publicación “Práctica recomendada para la distribución de energía eléctrica para plantas industriales” de la IEEE, el caso más crítico de bajo voltaje se presenta en la fase A del transformador de 200 kVA (13.8 kV/460 V) al presentar un valor de bajo voltaje 18% menor que el nominal cuando la norma establece que sea máximo el 10%.
- De la ejecución de los cálculos de la energía eléctrica que se dejaría de consumir al efectuar el cambio del transformador de 200 kVA por uno de 300 kVA, se dejaría de consumir 210,32 kWh de energía eléctrica al mes, lo que representa la existencia de eficiencia energética en la fábrica, por ello se concluye que el cambio de transformador aporta a mejorar el comportamiento del sistema eléctrico, y reduce el consumo de energía eléctrica.
- La forma de financiamiento para este proyecto, se consideró el valor económico que la fábrica El Troje dejaría de cancelar por concepto de multa por bajo factor de potencia, y el valor en dólares de la energía eléctrica mensual que se dejaría de consumir fruto del cambio de

transformador planteado en este documento, con ello se concluye que no es estrictamente necesario recurrir a una forma de financiamiento externo para la ejecución de la propuesta de repotenciación desarrollada.

- Al efectuar el análisis financiero de las propuestas planteadas, se concluye que los indicadores financieros utilizados para valorar al proyecto: TIR: 18%, VAN: 22907.79, B/C: 1.18, Tiempo de recuperación de la Inversión: 7.5 años, determinan que el proyecto financieramente es viable para su ejecución, tomando en cuenta que para el financiamiento solo se consideró el rubro que dejaría de cancelar la fábrica por concepto de penalización por bajo factor de potencia.

6.2 RECOMENDACIONES

En base a las experiencias adquiridas en el desarrollo del proyecto de titulación, nos permitimos realizar las siguientes recomendaciones:

- La implementación de los criterios de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012 en la fábrica “El Troje” para la creación del sistema de gestión de energía permite optimizar el consumo de energía, por lo que se recomienda al sector industrial la implementación de esta normativa que de la mano de la gerencia y el compromiso del equipo de formulación de política energética garantizarán el éxito del sistema de gestión.
- Se recomienda que para la elaborar del diagnóstico se realicen todas las mediciones necesarias, recabar la información histórica posible relacionada al consumo de energía eléctrica, efectuar el levantamiento de carga y el seguimiento a la cadena productiva, con el levantamiento de ésta información, se procede a la formulación de la propuesta de políticas de consumo energético.
- Se recomienda que las mediciones efectuadas para determinar el consumo de energía eléctrica sea mínimo de siete días, como se efectuó en este trabajo, ya que con una muestra semanal se puede determinar el patrón de consumo que se tendrá en las semanas siguientes, y así proponer una solución que responda a las necesidades de la fábrica.
- Se recomienda el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la detección de posibles eventos de falla que comprometa la cadena productiva de la fábrica. Ejemplos de fallas pueden ser la rotura de la banda transportadora, rotura del sistema de transmisión; con la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la fábrica El Troje se tendrá una continua producción de balanceado.
- Para determinar si el transformador se encuentra sobrecargado, se recomienda efectuar un estudio de carga, un análisis de voltajes y flujos de

corrientes y el dimensionamiento del transformador para la carga existente, con estos estudios se puede determinar el correcto funcionamiento del transformador o a su vez recomendar el cambio del equipo.

- Tomar la decisión de cambiar un transformador de distribución que aún está en funcionamiento, puede ser una decisión difícil de tomar, en este caso se recomienda realizar el cambio puesto que se mejorará el sistema eléctrico abastecido por el equipo, así como también mejorará el desenvolvimiento de los motores conectados.
- Se recomienda efectuar análisis financieros para evaluar los costos de la implementación de la propuesta, ya que no siempre una decisión técnica es económicamente conveniente para la fábrica, por esta razón el criterio técnico se debe conjugar con el criterio financiero y encontrar un equilibrio que permita mejorar las condiciones de operación.
- Se recomienda efectuar el cálculo de la energía eléctrica que se dejaría de consumir al efectuar el cambio de transformador, para poder visibilizar el ahorro de energía y de dólares que tendrá la fábrica, en este caso el ahorro obtenido de doce dólares con ochenta y tres centavos comparado con el valor mensual que la fábrica factura no resulta ser representativo, pero es muestra de la existencia de eficiencia energética en la fábrica.
- Una vez implementado el sistema de gestión de energía, se recomienda realizar evaluaciones periódicas del sistema, que determine si existe la necesidad de realizar ajustes o a su vez la aplicación de otras medidas que permitan alcanzar el nivel de eficiencia energética deseado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Tomado de registros organizacionales de Grupo Casa Grande División Fábrica El Troje.
- [2] Basado en el folleto de ISO: <Win the Energy challenge with ISO 50001>
- [3] Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, (2011) “Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001:2011, IDT)”, Montevideo – Uruguay Pág. 21.
- [4] Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, (2011) “Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001:2011, IDT)”, Montevideo – Uruguay Pág. 24.
- [5] INEN, 2012 “NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012”, Ecuador, pág. 7.
- [6] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 9.
- [7] IDIEM, Seminario PTO MONTT, 2011 “Certificación, Eficiencia y Gestión energética en Edificaciones” Chile
- [8] Cooperativa Rural de Electrificación, “MANUAL DE EFICIENCIA ENERGETICA”, Bolivia, Pág. 2
- [9] HARPER, Enríquez, 2005 “Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales”, Ed. LIMUSA, MEXICO, Pág. 65
- [10] Catálogo transformadores trifásicos Ecuatran.
- [11] Pro Cobre, “TRANSFORMADORES ENERGETICAMENTE EFICIENTES”, México, Pág. 2.
- [12] CENACE, (2012) “Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas”, DIRECCION DE TARIFAS, ECUADOR, Pág. 16
- [13] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, (2009) “PyME, Motores Eléctricos”, México, Pág. 12.
- [14] VIDELA, Andrés, “Manual de Motores Eléctricos”, Pág. 25
- [15] INEN, 2012 “NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012”, Ecuador, Pág. 7.
- [16] Tomado de: <http://www.eeasa.com.ec/upload/file/PLIEGO%20TARIFARIO%202012.pdf>

- [17] Cargos Tarifarios 2013_ Conelec.pdf
- [18] ABB “Guía Nro 6 Técnica de Analizador de Redes” Pág. 7
- [19] IEEE RED BOOK, “IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants”, 1993, USA, Pág. 85
- [20] Steel, R.G.D, and Torrie, J. H., Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences., McGraw Hill, 1960, pp. 187, 287.
- [21] INEN, 2012 “NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012”, Ecuador, Pág. 7
- [22] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 17
- [23] INEN, 2012 “NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012”, Ecuador, Pág. 6
- [24] Tadeo Czerweny S.A. “Soluciones Transformadoras en base a Normas IEEE CC57.99.1995”
- [25] NEC HANDBOOK 2011 Mark W Early, Jeffrey S. Sargent, Pág. 138
- [26] IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems Pág. 423.
- [27] DigSILENT GmbH, “Power Factory Guía Básica de Uso”, Alemania.
- [28] EEQ 2011 Normas para el Sistema de Distribución-Parte B Estructuras Tipos. Pdf, Pág. 306
- [29] EARLY M, SARGENT J, ROUX R National Electrical code Handbook 2011 Tabla 430-250 “Intensidad a Plena Carga MOTORES AC TRIFÁSICOS” Pág. 651
- [30] Tomado de: <http://electrocable.com/productos/cobre/THHN.html>
- [31] Recuperado de: http://www.academia.edu/9623364/DIMENSIONAMIENTO_DE_CONDUCTOR_PRINCIPAL_PARA_MOTOR, el 4 de enero del 2015.
- [32] SCHNEIDER ELECTRIC “Lista de precios Ecuador” Febrero 2013, Pág. 3
- [33] ANGULO P, “Diagramas de Control Industrial” 1990 Facultad Ingeniería Eléctrica EPN, Pág. 10.
- [34] Tomado de: <http://automatismoindustrial.com/arrancadores-electronicos/>

- [35] EARLY M, SARGENT J, ROUX R National Electrical code Handbook 2011 Sección 2011 160-108 (a) Pág. 321.
- [36] Normas de la Empresa Eléctrica Quito parte A Pág. 124
- [37] Tomado de: <http://bussmannbyeaton.worksmartsuite.com/electrical/fulllinecatalog/#180>.
- [38] Normas de la Empresa Eléctrica Quito parte A Pág. 124
- [39] EARLY M, SARGENT J, COACHE C, ROUX R, NEC 2011 Handbook, 12 Edición. Pág. 494
- [40] CONELEC 2014 “Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas de Distribución” Pág. 17.
- [41] SCHNEIDER ELECTRIC, “Manual del usuario Varlogic NR6”, Pág. 26.
- [42] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 25.
- [43] ANALISIS OF ELECTRICAL MACHINERY, 1982, Paul C Krause.
- [44] SENPLADES, 2010 “Normas para la Inclusión de Programas y Proyectos en los Planes de Inversión Pública”, Ecuador, Pág. 11.
- [45] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 16.
- [46] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 17.
- [47] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 23.
- [48] ONUDI, 2011 “Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001” Ed. ONUDI, Viena – Austria. Pág. 25.
- [49] DE ALMEIDA Aníbal, NAHUI Johnny; (2012) “Optimización de Sistemas Motrices- Eléctricos” Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ONUDI Pág. 29.
- [50] Wikipedia http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Joule-Thomson
- [51] DE ALMEIDA Aníbal, NAHUI Johnny; (2012) “Optimización de Sistemas Motrices-Eléctricos “Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ONUDI Pág. 22.

[52] CONELEC, 2012 “Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas–Servicio Eléctrico”, Ecuador.

[53] EEQ, 2009 “Normas para Sistemas de Distribución -Parte A- Guía de Diseño”, Quito.

ACOLTZI Acoltzi, H., & Pérez Rebolledo, H. (Abril de México, 2011). *ISO 50001, “Gestión de Energía”*. Recuperado el 6 de Marzo de 2013, de <http://www.iie.org.mx/boletin042011/tecnico.pdf>

DE ALMEIDA, A., Fong, J., & Falkner, H. (2012). “*Sistemas de motores eléctricos energéticamente eficientes*”. Austria - Viena: UNUDI.

MANUAL INDUCON, (1982) “Capacitores de potencia”, Inducon do Brasil Capacitores S.A.

HARPER, E. (2005). “Manual de Instalaciones Electricas Residenciales e Industriales”. Mexico: LIMUSA NORIEGA EDITORES.

IM., & Procobre.” Transformadores Energéticamente Eficientes”. Recuperado el 05 de Marzo de 2013, de http://www.iclei.org.mx/web/uploads/assets//Documentos/TRANSFORMADORES_ENERGETICAMENTE_EFICIENTES.pdf

Idiem. (2011). Seminario PTO MONTT. “Certificación, Eficiencia y Gestión energética en Edificaciones”. Chile.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2011). “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con la orientación para su uso (iso 50001:2011,IDT)”. Montevideo, Uruguay.

Energética, A. C. (2014). "Guía de Implementación norma ISO 50001", Chile. Recuperado el 25 de Febrero de 2014, de http://guiaiso50001.cl/implementacion-etapa1/#link_levantamiento

OGATA, K. "Ingeniería de Control Moderna". Minesota.

ONUDI. (2011). "Sistema de Gestión de Energía ISO 50001". Viena, Austria.

Cooperativa Rural de Electrificación, "Manual de Eficiencia Energética". Bolivia.

STEELE, Rob, Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2011) "Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001:2011, IDT)". Montevideo – Uruguay.

MANAGEMENT, E. "Win the energy challenge with ISO 50001". International Organization for Standardization.

EEASA. (2012). "Pliego Tarifario Clientes Especiales". Recuperado el 12 de Noviembre de 2013, de <http://www.eeasa.com.ec/upload/file/PLIEGO%20TARIFARIO%202012.pdf>

CONELEC, 2012 "Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas – Servicio Eléctrico". Ecuador.

MARK W Early, Jeffrey S. Sargent, IEEE, 2011 "National Electrical Code (NEC) HANDBOOK

DigSILENT GmbH, "Power Factory Guía Básica de Uso", Alemania.

VILLALOBOS Cabrera, J. "Potencia Electrica y Factor de Potencia". Recuperado el 20 de Febrero de 2014, de <http://www.slideshare.net/idefime/potencia-electrica-y-factor-de-potencia>.

WEG. "Selección y aplicación de motores electricos". Recuperado el 18 de Noviembre de 2013, de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-motores-electricos-articulo-tecnico-espanol.pdf>

CENACE, (2014) "Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas", DIRECCION DE TARIFAS, Ecuador.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, (2009) "PyME, Motores Eléctricos", México.

ELECTRIC, S. (2003). "Manual del usuario Varlogic NR6". Merlin Gerin.

IEEE RED BOOK, (1993) "IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants", USA.

INTERNACIONAL CAPACITOR, "Notas Técnicas de Aplicaciones TS-03-12 Selección de contactores p1/4." Recuperado el 21 de Febrero de 2014, de <http://www.internacionalcapacitor.com>

ING MARCO TORRES, Apuntes de Clase, Tabla Nro. 1 de Motores "Intensidad a Plena Carga Motores AC Trifásicos". EPN. Ecuador.

ELECTROCABLES. "Tabla de Capacidad de Corriente de Conductores". Recuperado el 15 de Enero de 2014, de http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf

EEQSA. “Normas de Diseño de Instalaciones en Bajo Voltaje”. Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de <http://www.eeq.com.ec/upload/normas/partea.pdf>

ROCKWELLAUTOMATION. Recuperado el 35 de Enero de 2014, de <http://jngdelecuador.com/SITEC%20ENERO%2009.pdf>.

VIDELA, Andrés, “Manual de Motores Eléctricos”.

ROSALER, Robert C. (2002). “Manual del Ingeniero de Planta”. Mac-Graw-Hill/Interamericana de Editores, S.A. de C.V.

SENPLADES, (2010). “Normas para la Inclusión de Programas y Proyectos en los Planes de Inversión Pública”. Ecuador.

PAUL C KRAUSE, (1982). “Analysis of Electrical Machinery”. Mac-Graw-Hill.

ESPINOZA Mendoza , G. “Redes Electricas”.

ANEXOS

ANEXO A: Plano Arquitectónico de la Planta.

ANEXO B: Pasos para desarrollar un Sistema de Gestión de Energía. **[45]**

REQUISITOS GENERALES.

Dentro de los requisitos generales se estipula:

Autoevaluación

Se debe evaluar el nivel de gestión de energía existente en la empresa, para ello existen preguntas claves que permiten hacer una evaluación actual de las prioridades principales de la organización.

Las preguntas claves son:

- ¿La alta dirección sabe que se pueden lograr ahorros significativos de energía tan solo tomando medidas de bajo costo?
- ¿Se han identificado y documentado las funciones, responsabilidades y grado de autoridad de todas las personas que influyen en algún uso significativo de la energía?
- ¿Se han cuantificado e identificado todos los usos significativos de la energía?
- ¿Se ha establecido una línea base de desempeño energético para poder compararla con los avances?
- ¿Se han establecido y documentado los objetivos y metas energéticos de la organización?
- ¿Se han establecido planes de acción con respecto a la energía?

RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN.

La garantía del buen desenvolvimiento de un sistema de Gestión, tiene relación con el grado de responsabilidad que asume desde la gerencia, para ello se tiene:

Asegurar el compromiso con la alta dirección.

Para que un sistema de gestión de energía funcione es importante se debe contar con el compromiso de la alta dirección de la organización, la misma que puede

demostrar su compromiso firmando una política energética, y se puede lograr exponiendo las ventajas que representa para la organización en ahorro energético y ahorro en costos.

Se puede obtener datos e información que puede ayudar a llevar un control de la empresa como por ejemplo:

- Tendencias para el uso de la energía, el costo que tiene la energía, y otros valores que influyen en la energía.
- Estimación de ahorro proveniente de datos de medidas genéricas de ahorro disponible.
- Datos de estudios comparativos del sector que la industria pertenece.
- Estudios de casos que describen logros en la gestión de la energía.

Al contar con el compromiso pleno de la alta dirección, no significa que otras prioridades de la organización se vean afectadas. Significa asignar a las cuestiones relacionadas con el desempeño energético la prioridad correcta, de manera que se ajusten a los objetivos y desafíos generales. [46]

Establecer el alcance y los límites.

Es importante definir que abarcara los SGEEn. Para este fin se presentara una lista con las decisiones que se deberá tomar con respecto al alcance y a los límites.

- ¿Se incluirán todos los edificios de la instalación?
- ¿Se incluirán todas las fábricas de la organización? Esto para medir el nivel de impacto que tendrá los sistemas de gestión, se sugiere comenzar una prueba piloto en una sola instalación.
- ¿Se incluirán todos los departamentos?
- ¿Se incluirán todos los procesos?
- ¿Se incluirán todas las fuentes de energía?
- ¿Se incluirá transporte?

Nombrar al representante de la dirección.

Quien sea nombrado representante de la dirección es el encargado de la creación, implementación y mejoramiento del sistema de gestión de energía. La alta dirección es responsable del nombramiento y de darle la autoridad y los recursos necesarios para que cumpla la tarea de implementar el sistema.

En la práctica el responsable de la implementación del sistema de gestión puede ser una persona que esté en relación estrecha con los sistemas de gestión en la empresa, pudiendo ser los departamentos de: dirección de ingeniería, gerencia medioambiental, gerencia de producción, gerencia de operaciones, etc.

Formar el equipo de Gestión de Energía.

Dependiendo del tamaño de la organización, se debería considerar la conveniencia de crear un conjunto de personas encargadas de la Gestión de Energía de la empresa, para comprometer a varios departamentos de la organización con el establecimiento y la implementación del SGEEn.

Este equipo muestra la importancia de la cooperación dentro de la organización, para garantizar el éxito del SGEEn. y su formación es el primer paso para el cambio de la cultura de la organización con respecto a la Energía.

“Un equipo es un grupo cooperativo con una finalidad en común. Se ayudan mutuamente para alcanzar los objetivos del equipo”

POLÍTICA ENERGÉTICA

La Política Energética se convierte en el documento del compromiso que se adquiere desde la Gerencia de la empresa.

Determinar la Política Energética.

Es importante que cualquier Sistema de Gestión cuente con el compromiso de la alta dirección de la organización.

La Política Energética es documentar el compromiso de la organización con su enfoque general respecto a la gestión de Energía de más alto nivel.

La Política Energética requiere de:

- Debe adecuarse al tipo y al uso de energía que tiene la empresa.
- Se la debe revisar y actualizar periódicamente, para garantizar su permanencia.
- Hay que notificarla a todo el personal y a los contratistas, para demostrar que la dirección superior está comprometida con la gestión de energía.

Es necesario evitar que la política se limite a ser apenas un símbolo del compromiso de la dirección, sin el compromiso verdadero necesario para ponerla en marcha. [47]

PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

La planificación energética debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético, además que debe incluir una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar al desempeño energético.

IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN

El éxito de la implementación es diseñar un sistema que permita la implementación con el menor impacto en el desarrollo del proyecto, para ello se acude a:

Determinar la estructura para implementar el SGen.

Para garantizar el éxito de la implementación del sistema, es necesario tener un cierto nivel de planificación y de gestión de proyectos, el plan deberá ser lo más sencillo posible, y a lo largo de la implementación, se podrá ir aumentando la complejidad del mismo, aunque lo más efectivo es siempre lo más simple.

El representante de la alta dirección, deberá comprometerse con este proceso y apoyar a su implementación en medida de lo necesario.

VERIFICACIÓN

La verificación es la herramienta que permite la evaluación y creación de mecanismos para la corrección del Sistema de Gestión, para ello el manejo documental permite el monitoreo secuencial.

Entender la función de la comunicación, los documentos y los registros.

Para obtener resultados favorables acerca del proceso que se pretende implementar, es necesario documentar varios elementos que pueden ser los siguientes:

- Política energética.
- Revisión energética.
- Copias de las auditorías energéticas o de los informes de evaluación.
- Objetivos, metas y planes de acción.
- Planes de formación.
- Lista de los parámetros operativos críticos.
- Planos de los sistemas y equipos, incluyendo procesos y diagramas de instrumentación y diagramas de procesos.
- Especificación técnica de los equipos.
- Especificación de adquisición de los equipos que usan energía.
- Indicadores de desempeño energético.
- Línea de base.
- Registros de operación.
- Registros de mantenimiento y reparación.
- Actas de las reuniones de energía, y;
- Otros documentos o registros.

La recolección de esta información, al inicio puede ser tediosa y molesta, pero a la larga brinda datos muy importantes para la elaboración de mejora de desempeño energético y para mantener esta tendencia de mejora. [48]

REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN.

ANEXO C: Factores para mejorar la eficiencia de un Motor.

Calidad de energía eléctrica

Las variaciones que presentan las ondas tanto de voltaje como de corriente, es decir los armónicos que se presentan a la onda sinusoidal que sería una condición ideal al cual fue diseñada; en los motores nos influyen directamente en la eficiencia propiamente debido al aumento de pérdidas se indica que una variación de la onda de corriente de un 2% nos resulta un aumento en pérdidas del 25%.

Así podemos indicar que si estos funciona con esta clase de perturbaciones podrían afectar tanto a la vida útil de los motores como también el daño total de dicho motor, así como también se reduce el torque, ya que cabe tener presente que son diseñados para que funcionen sin perturbaciones, una solución sería el uso de protecciones contra el desequilibrio de voltaje.

El sobrevoltaje otro punto a considerarse en la considerarse en la calidad del suministro ya que no precisamente se le atribuye a la energía proporcionada por la red sino más bien a las cargas que al ser dispositivos interfieren directamente al incremento de armónicos al motor; los armónicos son los causantes de la reducción del factores de potencia aumento de pérdidas entre otros.

Red de Distribución

La red distribución implica todo lo que existe entre la carga y la subestación, aquí se estima los transformadores, la dimensión de cables y la compensación del factor de potencia.

- Lo transformadores juegan un papel importante debido a que si son antiguos deben ser cambiados por otros más eficientes, se tiene en cuenta que la eficiencia con la que se trabaja con los transformadores es aproximadamente de un 95 % con valores superiores como óptimos.
- Con lo que respecta a la dimensión de los cables es importante ya que su adecuada selección nos disminuye en pérdidas (por la corriente al cuadro por Resistencia) de tal manera que la dimensión del transformador va a

disminuir, al igual se hablaría de la disminución económica. En la dimensión de cables es importa que se analice la reducción de sobrecalentamiento en el motor, ya que la correcta selección implica un motor más eficiente.

- Un motor sobredimensionado nos indica un factor de potencia bajo, así en la elección del motor se hablaría de un correcto factor de potencia, el solución para que dicho factor de potencia aumente sería con la implementación de capacitores conectados al motor, esta incorporación reduciría las pérdidas, se usaría a plena carga el motor en uso, y se reduciría las perturbaciones en la red.

En la sobredimensión de los motores como ya se analizó bajaría el factor de potencia lo que el beneficio del uso de un motor eficiente disminuiría; por tal motivo es importante a la hora de implementar un motor, ya que se pone en contra los beneficios frente a los problemas que ocasiona la sobredimensión.

Los beneficios de la sobredimensión de un motor nos indican el deseo de mejorar en un futuro la fiabilidad, mejor par de arranque, capacidad de ajustarse a requisitos energéticos, inventario de repuesto etc. Pero no son razones suficientes para utilizar la sobredimensión.

La selección de estos motores en una industria es clave y se debe realizar un proceso adecuado en cuanto a las alternativas se requiera como:

- Se cuente con un motor con alta eficiencia, alto factor de carga.
- Tener en cuenta las causas beneficiosas de la sobredimensión en cierto grado.
- Los costos para la selección del motor, la carga, características del motor.
- Es importante que el ahorro se potencial y la compra sea a base a cálculos específicos para ahí si implementar la eficiencia.

“En el mundo ya se ha implementado ayudas para cálculos efectivas, como Motor Mater plus patrocinado por el departamento de Energía de los EE.UU Y EURODDEM” [49]

Sistema de transmisión

Los sistemas de transmisión nos lleva la potencia mecánica desde un motor hasta la carga, la debida selección depende de factores depende de cargas, potencia, velocidad entre otros y algunos ejemplos de estos sistemas son:

- ✓ **Correas.-** el uso de estas en el motor son el aumento o disminución de la velocidad mediante poleas, los rangos de eficiencia se encuentran desde el 90 al 99 por ciento debido a la clasificación y a las aplicaciones en las que se utiliza; las pérdidas que se asocian son el deslizamiento y la resistencia al viento que tengan, siendo las más eficientes las de diseño síncrono con un porcentaje mínimo de fricción entre poleas y la correa.
- ✓ **Engranajes.-** es un aspecto importante a considerarse debido a que esta genera reducción en energía muy significativos, estos se deben a su relación entre el torque de impulso para la carga; los más utilizados son los helicoidales y cónicos más eficientes, con la finalidad de aumento en la velocidad del eje del motor.
- ✓ **Cadenas.-** utilizadas para aplicaciones de velocidad baja, estas no resbalan, si se habla de eficiencia en estos casos es del 98 %, pero es necesario que se aplique un mantenimiento adecuado por la lubricación y reajustes por tal razón es importante la sustitución de las correas sincrónicas.

El mantenimiento en general se debe realizar de una manera simultánea y periódica, aquí intervienen factores como limpieza, lubricación para conseguir el mismo nivel de eficiencia y rendimiento. Las verificaciones de temperatura, eficiencia mecánica del uso final, condiciones de limpieza, los incrementos de temperatura ya que su aumento contribuye directamente al efecto joule.

El efecto joule “es el proceso en el cual la temperatura de un sistema disminuye o aumenta al permitir que el sistema se expanda libremente manteniendo la entalpia (cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno) constante.” [50]

La temperatura se halla íntimamente relacionada con la energía que se encuentra en entorno de trabajo contribuyendo así al desempeño adecuado y punto a tomar en cuenta para su puesta en servicio.

OTROS MOTORES EFICIENTES

Motores con Imanes Permanentes

Estos motores cuentan con un gran nivel de fiabilidad ya que se tiene una misma estructura en el estator la misma estructura que un motor de inducción trifásico y lo que difiere es el rotor que cuenta con imanes permanentes contruidos a base de aleaciones de neodimio - hierro - boro. Estos materiales poseen una gran cantidad de energía y el costo es moderado resultando una posibilidad de conseguir motores de alta eficiencia y que estos motores resulten ser eficientes.

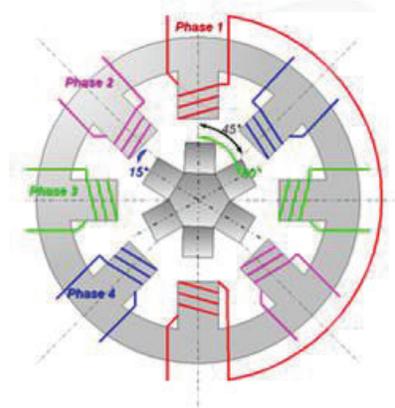
Al tener imanes en el rotor no permite pérdidas por excitación; cuentan con un convertidor de frecuencia y un sensor de posición de rotor, otra característica importantísima de los motores con imanes permanentes es que ya no se cuenta con un reductor, de esta manera se reduciría el mantenimiento y costos que se engloben.

Los motores de imanes permanentes no presentan deslizamiento como tienen los motores de inducción al trabajar a la misma frecuencia el estator del rotor, estos presentan un gran potencial de ahorro, poseen una aplicación importante en ventiladores de velocidad variable y algunos electrodomésticos.

Motores con Reluctancia Conmutada

Los motores de reluctancia conmutada poseen un estator el cual se encuentra con devanados de excitación concentrada, que es conmutado por un conmutador de potencia a base de semiconductores de potencia; mientras que el rotor no presenta devanados y tiene polos salientes. Gracias a que no se tiene solapamientos en las fases se reduce el gran riesgo de cortocircuito entre estas.

Estator y Rotor de Motor con Reluctancia Conmutada



Fuente: www.ecomotriz.com/2011/11.

Elaboración: Propia.

Porque se dice que es eficiente ya que se presenta un funcionamiento seguro en el caso de que se pierda una fase; presenta también un momento e inercia grande frente a los motores asíncronos. “La eficiencia de estos motores es del 90 % incluyendo las pérdidas del motor y del controlador; y esa eficiencia se mantiene a través de todo el rango de velocidad y de carga.” [51]

Motores de imanes permanentes con arranque directo

Son muy eficientes ya que pueden alcanzar niveles altos como es el caso de Eficiencia Supe Premium, ya que cuentan con imanes de alta energía magnética. Los motores presentan corrientes inducidas más pequeñas por lo tanto el efecto Joule en el rotor es menor que en motores de inducción; pueden alcanzar factor unitario reduciéndose así las pérdidas en el estator.

Estos son algunos motores de uso industrial, pero no solo dependen del funcionamiento y clase de motor, sino se identifican factores de los cuales depende la eficiencia de los motores entre los que se tiene controles de velocidad del motor, calidad del suministro Eléctrico, sobredimensiones del sistema, transmisiones mecánicas, prácticas de mantenimiento, gestión y alternancia en ciclos de las cargas, eficiencia en los dispositivos de uso final que se indicaran puntos claros de cada uno.

ANEXO D: Formato de Tablas para creación del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Modelo de Ficha Historial.

N.	FECHA	HISTORIAL DE AVERIAS BALANZAS DE TROJE - GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE										AREAS DE TRABAJO	DESEMBARQUE ALMACENAMIENTO M.P. MOLIENDA MEZCLADO			PELETIZADO ALMACENAMIENTO P.T. ENSACADO EMBARQUE			HORAS DE PARADA DE LA MAQUINARIA	COSTO DE MATERIALES Y RECAMBIOS.	COSTO TOTAL DE CADA INTERVENCIÓN.	
		DESEMBARQUE	ALMACENAMIENTO	MOLIENDA	MEZCLADO	PELETIZADO	ALMACENAMIENTO	PRODUCTO	TERMINADO	ENSACADO	EMBARQUE		PRODUCTO	TERMINADO								
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						

Fuente: Elaboración Propia.
Elaboración: Propia.

Ficha de Mantenimiento Preventivo.

 FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		AREAS DE TRABAJO		DESEMBARQUE		PELETIZADO				
		ALMACENAMIENTO M.P. MOLIENDA MEZCLADO		ALMACENAMIENTO P.T. ENSACADO EMBARQUE P.T.		VALORES LIMITES		PIEZAS A CAMBIAR		
N.	FECHA	ELEMENTO	AVERIA	ACCIONES A REALIZAR	DURACION PREVISTA	PERIODICIDAD	ESTADO DE LA MAQUINA 1 - MAL 10 - OK	CANTIDAD Y DENOMINACION	CODIGO	FICHA N.
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Fuente: Elaboración Propia.
Elaboración: Propia.

Ficha de Control Estadístico.

		FICHA DE CONTROL ESTADISTICO GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		N de Máquina. Area de Trabajo.		Analista. Fecha de Analisis		Hoja.	
N.	ELEMENTO	FUNCION	TIPO DE FALLO	CAUSAS DEL TIPO DE FALLO	PLAN DE ACCION, MANTENIMIENTO - MODIFICACION	RESPONSABLE	PLAZO		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

Fuente: Elaboración Propia.
 Elaboración: Propia.

Ficha de Selección de Tareas

		FICHA DE SELECCIÓN DE TAREAS GRUPO CASA GRANDE - EL TROJE		N de Máquina.		Analista.		Hoja.	
				ESPECIALIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	COSTO ESTIMADO	INSUMOS UTILIZADOS	PLAZO RESPONSABLE
TIPO DE TAREA	DENOMINACION DE LAS TAREAS PROPUESTAS	AREA DE TRABAJO.	FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	COSTO ESTIMADO	INSUMOS UTILIZADOS	PLAZO RESPONSABLE		
Pequeño Mantenimiento									
Inspeccion y control en funcionamiento									
Control o visita con equipo parado									
Test, ensayo o prueba									
Sustitucion sistematica									
Modificación.									

Fuente: Elaboración Propia.

Elaboración: Propia.

ANEXO E: Levantamiento de carga.

# MOTOR	MARCA	POT. [HP]	VOLT. NOMINAL [V]	VOLT. ALIM. [V]	CORRIENTE NOMINAL [A]	Fp. [COS phi]	EFIC. [%]	ALIMENT.	OTROS	EMPLEO
1	WORL MOTOR	100,0	230/480	460	228/114		94,5	3 PH.		Molino de Maíz
2	SIEMENS	15,0	220/440	220	43,0/21,5	0,84	81,3	3 PH.	la=5In	Molino de Soya.
3	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	la=5,6In	Sin fin transporte de soya.
4	SIEMENS	15,0	220/440	220	42,5/21,0		87,5	3 PH.		Mezcladora de balanceado.
5	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	la=5,6In	Sin fin transporte de producto.
6	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	la=5,6In	Sin fin 1 transporte de soya.
7	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	la=5,6In	Sin fin 2 transporte de soya.
8	BEIDE	4,0	220/440	220	6,4	0,76	81,0	3 PH.		Zaranda clasificadora de producto.
9	AEO	0,8	220/440	220	1,5	0,75		3 PH.		Sacador de polvo del enfriador.
10	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	la=5,6In	Sin fin embarque a camión tolva.
11	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	la=5,6In	Sin fin embarque a camión tolva.
12	GRUNDFOS	3,0	208 - 230/460	220	8,9 - 8,5/4,25	0,81	82,5	3 PH.		Bomba de agua del caldero.
13	CLEAVER-BROOKS	2,0	230/460	220	5,8/2,9		79,5	3 PH.		Bomba de Combustible.
14	MARATHON	0,3	115	220	4,4			1 PH.		Mezcladora de líquido.
15	HIDGE	15,0	220/380	220	40,0/23,0	0,85	85,0	3 PH.		Quebradora.
16	LEEASON	3,0	208	220	9	0,75	82,5	3 PH.		Abre compuerta quebradora
17	WEG	100,0	460	460	121	0,82	95,0	3 PH.		Peletizadora.
18	WEG	100,0	460	460	121	0,82	95,0	3 PH.		Peletizadora.
19	EO MASTER	7,5	230/460	220	19/9,5		89,5	3 PH.		Sin fin Peletizadora (3).
20	EO MASTER	7,5	230/460	220	19/9,5		89,5	3 PH.		Sin fin Peletizadora (2).
21	BALDOR RELIANCE	1,5	208-230/440	220	5,1-4,8/2,4	0,7	84,0	3 PH.		Sin fin Peletizadora (1).

22	BALDOR RELIANCE	0,5	115/208-230	220	9,2/4,6	0,62	57,5	1 PH.	Polea Peletizadora.
23	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	Elevador Peletizadora (1).
24	SIEMENS	7,5	220/440	220	23,2/11,6	0,79	80,1	3 PH.	Elevador Peletizadora (2).
25	TECO	7,5	220/380	220	20,2/11,6			3 PH.	Elevador mezcladora
26	BALDOR ELECTRIC	5,0	230/450	220	13,4/6,7	0,79	87,5	3 PH.	Elevador mezcladora
27	SIEMENS	7,5	220/440	220	21,0/10,5	0,8	87,0	3 PH.	Elevador
28	WEG	7,5	220/380/440	220	26,6/15,4/13,3	0,83	89,0	3 PH.	Banda transportadora
29	WEG	7,5	220/380/440	220	26,6/15,4/13,3	0,83	89,0	3 PH.	Banda transportadora
30	WEG	7,5	220/380/440	220	26,6/15,4/13,3	0,83	89,0	3 PH.	Sin fin tolva descarga maíz
31	BALDOR	5,0	208-230/460	220	15-13,2/6,6	0,8	85,5	3 PH.	Sin fin sacar maíz del silo
32	S/M	5,0	208-230/460	220	15-13,2/6,6	0,8	85,5	3 PH.	Sin fin sacar maíz del silo
33	WEG	5,5	220/380/440	220	20,0/11,6/10,0	0,82	88,0	3 PH.	Elevador
34	WEG	5,5	220/380/440	220	20,0/11,6/10,0	0,82	88,0	3 PH.	Elevador
35	S/M	5,0	208-230/460	220	15-13,2/6,6	0,8	85,5	3 PH.	Sin fin interior silo maíz (1).
36	S/M	5,0	208-230/460	220	15-13,2/6,6	0,8	85,5	3 PH.	Sin fin interior silo maíz (2).
37	AEG	30,0	220/440	220	39	0,82		3 PH.	Enfriador externo
38	SCHULZ	10,0	220/380	220	26,33/15,2	0,84	89,2	3 PH.	Compresor.
39	WEG	7,5	220/380	220	25,5/14,8	0,88	87,6	3 PH.	Compresor.
40	ABB	5,0	230/440	220	14,8 – 7,41	0,76		3 PH.	Sin fin alimentación Maíz.
41	BALDOR	5,0	230/460	220	13,4 / 6,7	0,79	87,5	3 PH.	Sin fin alimentación Maíz.
42	BALDOR	5,0	230/460	220	13,4 / 6,7	0,79	87,5	3 PH.	Sin fin alimentación Maíz.
43	BALDOR	5,0	230/460	220	13,4 / 6,7	0,79	87,5	3 PH.	Sin fin alimentación Maíz.
44	BALDOR	5,0	230/460	220	13,4 / 6,7	0,79	87,5	3 PH.	Sin fin alimentación Soya.
45	ABB	5,0	120/230 – 440/460	220	14,8 – 7,41	0,76		3 PH.	Sin fin alimentación Soya.
	POTENCIA TOTAL	586,1							

Fuente: Fábrica El Troje.

Elaboración: Propia.

ANEXO F: Diagrama Unifilar de la Planta.

ANEXO G: Planillas de Consumo Energético de la Industria.

Consumo mes de Enero 2013

EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE
 RUC: 1890001439001 - CONTRIBUYENTE ESPECIAL RES. 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995
 Av. del S.R.L.: 110752203 Fecha Aut.: 24-02-2012 Caduca: 22-02-2013
 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo
 Teléfono: 03-2998600
EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Factura Nro. 001008-8693435

Fecha de Emisión: 01-Feb-2013 Vencimiento: 10-Feb-2013 Mes Consumo: Enero-2013

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Nombre: CHAVEZ IVAN
 CC/RUC: 1801798990001
 Dirección Notificación: AGOYAN-BAÑOS
 Dirección del Servicio: AGOYAN-BAÑOS
 Tipo de Tarifa: INDUSTRIAL CON DEMAN Ruta: 8 - 105 - 1 Tipo Lectura: LEIDO
 Provincia: TUNGURAHUA Cantón: BAÑOS

Código Único Eléctrico Nacional: 0100101599

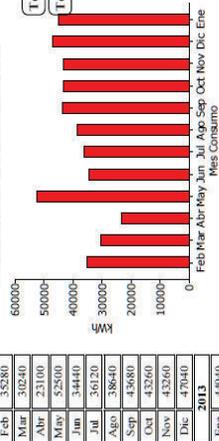
Medidor: 5385376 Fact. Multip.: 420,00 Constante: 0,00
 Desde: 02-01-2013 Hasta: 01-02-2013 Dias: 30
 Factor Pot.: 0,84755 Penalización Ep: 0,08548 Fac. corrección: 0,50

SUMINISTRO DEL SERVICIO ELECTRICO

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und	Valor
Activa	7751	7644	4040	kWh	2.597,28
Dem Máxima	0,66	0,67	277,2	kW	
Dem Pico	0,22	0,17	92,4	kW	
18000-18000 L-V	5336,79	5252,29	3570	kWh	
18000-22000 L-V	59,77	58,62	420	kWh	
22h-08h LVSDP	2335,89	2314,67	820	kWh	
18000-22000SDF	18,16	18,16	0	kWh	
Reactiva	8730	8663	28140	kVArh	

Concepto	Valor USD
CONSUMO	2.597,28
Penalización PF	276,34
Valor Comercialización	1,41
Sub-Tarifa Dignidad CN	0,00
Sub-Tarifa Dignidad VC	0,00

HISTORIAL DE CONSUMOS



Total Servicio Eléctrico:	3.509,26
Total Alumbrado Público:	313,00
Total IVA 12%:	0,00
Total IVA 0%:	3.822,26
IVA 12%:	0,00
IVA 0%:	0,00
TOTAL SERVICIO ELECTRICO (I):	3.822,26
SU AHORRO TARIFA DIGNIDAD	0,00

Consumo mes de Diciembre 2012

EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE
 RUC: 1890001439001 - CONTRIBUYENTE ESPECIAL RES. 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995
 Av. del S.R.L.: 110752203 Fecha Aut.: 24-02-2012 Caduca: 22-02-2013
 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo
 Teléfono: 03-2998600
EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Factura Nro. 001008-8508709

Fecha de Emisión: 02-Ene-2013 Vencimiento: 11-Ene-2013 Mes Consumo: Diciembre2012

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Nombre: CHAVEZ IVAN
 CC/RUC: 1801798990001
 Dirección Notificación: AGOYAN-BAÑOS
 Dirección del Servicio: AGOYAN-BAÑOS
 Tipo de Tarifa: INDUSTRIAL CON DEMAN Ruta: 8 - 105 - 1 Tipo Lectura: LEIDO
 Provincia: TUNGURAHUA Cantón: BAÑOS

Código Único Eléctrico Nacional: 0100101599

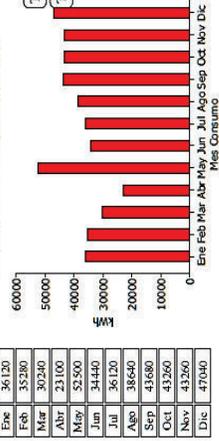
Medidor: 5385376 Fact. Multip.: 420,00 Constante: 0,00
 Desde: 02-12-2012 Hasta: 31-12-2012 Dias: 30
 Factor Pot.: 0,82404 Penalización Ep: 0,11645 Fac. corrección: 0,50

SUMINISTRO DEL SERVICIO ELECTRICO

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und	Valor
Activa	7644	7532	4704	kWh	2.688,42
Dem Máxima	0,67	0,65	285,6	kW	
Dem Pico	0,17	0,16	100,8	kW	
18000-18000 L-V	5252,29	5161,71	38043,6	kWh	
18000-22000 L-V	58,62	57,59	432,6	kWh	
22h-08h LVSDP	2314,67	2296,06	7816,2	kWh	
18000-22000SDF	18,16	17,51	273	kWh	
Reactiva	8663	8586	32340	kVArh	

Concepto	Valor USD
CONSUMO	2.688,42
Penalización PF	388,04
Valor Comercialización	1,41
Sub-Tarifa Dignidad CN	0,00
Sub-Tarifa Dignidad VC	0,00

HISTORIAL DE CONSUMOS



Total Servicio Eléctrico:	3.721,71
Total Alumbrado Público:	313,00
Total IVA 12%:	0,00
Total IVA 0%:	4.034,71
IVA 12%:	0,00
IVA 0%:	0,00
TOTAL SERVICIO ELECTRICO (I):	4.034,71
SU AHORRO TARIFA DIGNIDAD	0,00

Consumo mes de Febrero 2013

EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE
 RUC: 1890001439001 - CONTRIBUYENTE ESPECIAL RES. 568 DEL 2 DE JUNIO DE 1995
 Aut. del S.R.L: 1112326820 Fecha Aut: 22-02-2013 Caduca: 15-02-2014
 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo
 Teléfono: 03-2998600
FACTURA CENTRO NORTE S.A.
 Factura Nro.001008-8878481

Fecha de Emisión: 01-Mar-2013 Vencimientos: 10-Mar-2013 Mes Consumo: Febrero-2013

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

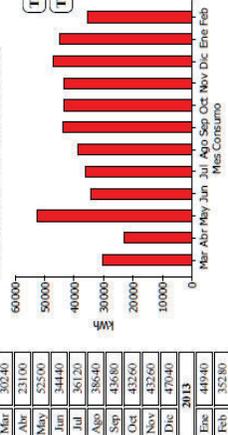
Nombre: CHAVEZ IVAN
 CC/RUC: 1801798990001
 Código Único Eléctrico Nacional: **0100101599**

Dirección Notificación: AGOYAN-BANOS
 Dirección del Servicio: AGOYAN-BANOS
 Tipo de Tarifa: INDUSTRIAL CON DEMAN RUTA: 8 - 105 - 1 Tipo Lectura: LEIDO
 Provincia: TUNGURAHUA Cantón: BANOS
 Medidor: 5385376 Fact. Multipl.: 420,00 Constante: 0,00
 Hasta: 01-03-2013 Días: 30
 Desde: 30-01-2013 Penalización Fp: 0,08782 Fac. corrección: 0,8435

SUMINISTROS DEL SERVICIO ELECTRICO				Valor USD
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid
Activa	7835	7751	35280	kWh
Dem Máxima	0,7	0,66	294	kW
Dem Pico	0,62	0,22	260,4	kW
88000-18000 L.V.	5394,04	5336,79	23940	kWh
18000-22000 L.V.	63,2	59,77	1260	kWh
220-080 L.V.SIDE	2358,58	2335,89	9660	kWh
18000-22000SDF	18,82	18,48	420	kWh
Reactiva	8783	8770	22260	kVAR

CONCEPTO		Valor USD
CONSUMO	2.005,50	
Penalización PF	1.155,91	
Sub-Tarifa Dignidad CN	1,41	
Sub-Tarifa Dignidad VC	0,00	

HISTORIAL DE CONSUMOS



Total Servicio Eléctrico:	3.417,66
Total Alumbrado Público:	313,00
Total IVA 12%:	0,00
Total IVA 0%:	3.730,66
IVA 12%:	0,00
IVA 0%:	0,00
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (I):	3.730,66
SU AHORRO TARIFA DIGNIDAD	0,00

Consumo mes de Marzo 2013

EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE
 RUC: 1890001439001 - CONTRIBUYENTE ESPECIAL RES. 568 DEL 2 DE JUNIO DE 1995
 Aut. del S.R.L: 1112326820 Fecha Aut: 22-02-2013 Caduca: 15-02-2014
 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo
 Teléfono: 03-2998600
FACTURA CENTRO NORTE S.A.
 Factura Nro.001008-9064152

Fecha de Emisión: 01-Abr-2013 Vencimientos: 10-Abr-2013 Mes Consumo: Marzo-2013

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

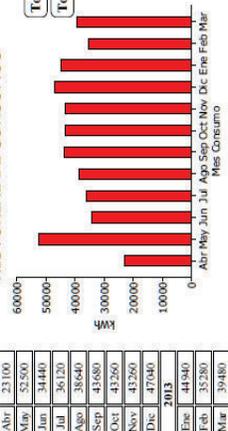
Nombre: CHAVEZ IVAN
 CC/RUC: 1801798990001
 Código Único Eléctrico Nacional: **0100101599**

Dirección Notificación: AGOYAN-BANOS
 Dirección del Servicio: AGOYAN-BANOS
 Tipo de Tarifa: INDUSTRIAL CON DEMAN RUTA: 8 - 105 - 1 Tipo Lectura: LEIDO
 Provincia: TUNGURAHUA Cantón: BANOS
 Medidor: 5385376 Fact. Multipl.: 420,00 Constante: 0,00
 Hasta: 01-04-2013 Días: 30
 Desde: 02-03-2013 Penalización Fp: 0,09674 Fac. corrección: 0,50

SUMINISTROS DEL SERVICIO ELECTRICO				Valor USD
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid
Activa	7929	7835	39480	kWh
Dem Máxima	0,67	0,7	281,4	kW
Dem Pico	0,19	0,62	79,8	kW
88000-18000 L.V.	5463,42	5394,04	28980	kWh
18000-22000 L.V.	64,23	63,2	420	kWh
220-080 L.V.SIDE	2382,22	2358,58	9660	kWh
18000-22000SDF	19,18	18,82	0	kWh
Reactiva	8844	8783	25620	kVAR

CONCEPTO		Valor USD
CONSUMO	2.224,32	
Penalización PF	277,60	
Sub-Tarifa Dignidad CN	1,41	
Sub-Tarifa Dignidad VC	0,00	

HISTORIAL DE CONSUMOS



Total Servicio Eléctrico:	3.147,17
Total Alumbrado Público:	313,00
Total IVA 12%:	0,00
Total IVA 0%:	3.460,17
IVA 12%:	0,00
IVA 0%:	0,00
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (I):	3.460,17
SU AHORRO TARIFA DIGNIDAD	0,00

ANEXO H: Tarifas a clientes industriales de media tensión.

Para el registro de las tarifas de clientes industriales se requiere un registrador de demanda horaria.

Las tarifas eléctricas es la relación existente entre el servicio eléctrico, y la recaudación económica por parte de la empresa distribuidora para entregar el servicio.

Para este efecto, CONELEC elabora un documento con tarifas para los sectores eléctricos, y la industria en base a este pliego tarifario para la Empresa Eléctrica Ambato; se encuentra en la tarifa de media tensión con un registrador de demanda horaria para industriales.

Se genera un incentivo para aquellos usuarios industriales por el uso de la energía eléctrica en horas de menor demanda (22h00 a 08h00).

El pliego determina:[53]

- a) Cargo por la comercialización, independiente del consumo.
- b) Cargo por la demanda por cada kW de demanda facturable afectada por FCI.
- c) Un cargo por la energía en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 08h00 hasta 18h00.
- d) Un cargo por la energía en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 18h00 hasta 22h00.
- e) Un cargo por la energía en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 22h00 hasta 08h00, incluyendo la energía de sábados a domingos y feriados en el periodo de 22H00 a 18H00.
- f) Un cargo por la energía en función de la energía consumida en el periodo de sábados, domingos y feriados en el periodo de 18h00 hasta 22h00.

Se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa (18h00 – 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FCI).

Demanda Facturable [52]

Al disponer un Medidor que registre Demanda Máxima:

La demanda facturable mensual corresponde a la máxima demanda registrada en el mes, y no podrá ser inferior al 60% del valor de la máxima demanda de los últimos 12 meses, incluyendo el mes de facturación.

Industriales en media y alta tensión (FCI):

Para los consumidores industriales en media y alta tensión que disponen de un registrador de demanda horaria, el factor de corrección (FCI), se obtiene de la siguiente manera:

- a) Para aquellos consumidores industriales, cuya relación de los datos demanda en hora pico (DP) y de demanda máxima (DM) se encuentra en el rango de 0.6 a 0.9, se deberá aplicar la siguiente expresión para el cálculo del factor de corrección:

$$FCI = 0.5833 * \frac{DP}{DM} + (0.4267) * \left(\frac{DP}{DM}\right)^2$$

Dónde:

DP = Demanda máxima registrada por el consumidor en las horas de demanda pico de la empresa eléctrica (18h00 – 22h00).

DM = Demanda máxima del consumidor en un mes.

- b) Para aquellos consumidores industriales cuya relación de los valores de demanda en hora pico (DP) y de Demanda máxima (DM) se encuentra en el rango mayor a 0.9 y menor o igual a 1, se debe aplicar:

$$\mathbf{FCI = 1.20}$$

- c) Para aquellos consumidores industriales cuya relación de los datos de demanda en hora pico (DP) y de Demanda máxima (DM) se encuentra en el rango menor a 0.6, se debe aplicar:

$$\mathbf{FCI = 0.5}$$

ANEXO J: Estudio de carga del transformador de 200 kVA / 460 V.

En la tabla se observa el diseño de una planilla para determinar la demanda unitaria del transformador de 13.8 kV a 460 V.

La construcción de la tabla, se base en las normas de la Empresa Eléctrica Quito.

Estudio de Carga del Transformador de 200kVA.

EMPRESA ELECTRICA	PARAMETROS DE DISEÑO				FECHA		
REGIONAL AMBATO	ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA				09-jun-14		
NOMBRE DEL PROYECTO:	GRUPO TROJE SECCIÓN "EL TROJE "BAÑOS						
ACTIVIDAD TIPO:	INDUSTRIAL						
LOCALIZACION:	Baños						
USUARIO TIPO:	A						
NUMERO DE USARIOS:	1						
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO							
REGLON	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			FFUN	CR	FSn	DMU
	DESCRIPCION	CANT	Pn(W)	%	(W)	(%)	W
1	MOTOR DE MOLINO	1	74570	100	74570	100	74570
2	MOTOR 1 PELETZADO	1	74570	100	74570	100	74570
3	MOTOR 2 PELETZADO	1	74570	100	74570	100	74570
					223710		223710
FACTOR DE POTENCIA fp	<input type="text" value="0,84"/>	PORCENTAJE TIPO DE USUARIO (%)		<input type="text" value="100,00"/>			
DMU (kVA)	<input type="text" value="266,32"/>	DEMANDA REQUERIDA (kVA)		<input type="text" value="229,59"/>			
N	<input type="text" value="1,00"/>	FD		1			
Fc	<input type="text" value="1,16"/>						
DD	<input type="text" value="229,6"/>						
OBSERVACIONES							

Fuente: Diseño propio.

Elaboración: Propia.

En la plantilla se realiza la descripción de los equipos que se encuentran conectados al transformador con la potencia (Wattios) correspondiente a cada uno de los motores.

Las potencias se multiplican por un factor de frecuencia de uso (FFU) que de acuerdo al NEC es 100 %; este resultado se conoce como CIR (carga instalada por consumidor Representativo)

Para obtener la demanda máxima unitaria se multiplica **CIR** por el **F_s**. (factor de simultaneidad). Como su nombre lo indica el factor de simultaneidad representa la incidencia de la carga durante un periodo de máxima demanda.

Así la sumatoria de todas las demandas máximas unitarias da como resultado una demanda máxima total expresada en (Wattios) que luego es referida a kVA por medio de la relación de factor de potencia que actualmente es de 0.84.

La selección del transformador se ajusta principalmente a la Demanda Máxima Total. [53]

En el capítulo 3, se analizó el tiempo de utilización de los motores de 100 Hp, llegando a la conclusión de que el factor de simultaneidad es demasiado grande por el papel que tienen en la cadena productiva.

Para el transformador de 200 kVA, se presenta el resumen de los valores calculados colectivamente como individualmente.

Resumen de Valores calculados en transformador 200 kVA.

ESTUDIO	POTENCIA (kVA)
DIMENSIONAMIENTO	267.59
ESTUDIO DE CARGA	266.32

Fuente: Cálculos efectuados.

Elaboración: Propia.

Del análisis de la información se encuentra correspondencia entre los valores arrojados por el diseño y el estudio de carga, concluyendo la necesidad de cambio del transformador al estar éste subdimensionado.

ANEXO K: Datos técnicos de pruebas de transformadores 200 kVA y 300 kVA.

Datos de pruebas del transformador de 200 kVA.

HOJA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS				
ITEM	CONCEPTO	Unidad	Especificado	Garantizado
1	PROVEEDOR / FABRICANTE			ECUATRAN S.A.
2	PAIS DE FABRICACION			Ecuador
3	NORMAS APLICABLES			ANSI C57.12 - NTE INEN
4	TIPO			Subestación
5	CONDICIONES DE SERVICIO			
5,1	Servicio			Continuo
5,2	Montaje		Intemperie 3000 msnm	Intemperie hasta 3000 msnm
5,4	Sobre temperaturas admisibles:			
	5.4.1 En el cobre medido por resistencia	°C	65	65
	5.4.2 En el punto más caliente del cobre	°C	85	85
6	CARACTERISTICAS ELECTRICAS			
6,1	Número de fases		3	3
6,2	Frecuencia:	Hz	60	60
6,3	Potencia nominal:	KVA	200	200
6,4	Conexión			
	6.4.1 Primario		Delta	Delta
	6.4.2 Secundario		Estrella con acceso al neutro	Estrella con acceso al neutro
	6.4.3 Grupo de conexión		Dyn5	Dyn5
6,5	Tensiones nominales de línea:			
	6.5.1 Bobinado primario	V	13800	13800
	6.5.2 Bobinado secundario	V	460	460
6,6	Nivel de aislamiento nominal:			
	6.6.1 Bobinado primario	kV	15	15
	6.6.2 Bobinado secundario	kV	1,2	1,2
6,7	B.I.L.			
	6.7.1 Primario	KV pico	95	95
	6.7.2 Secundario	KV pico	30	30
6,8	Pérdidas			
	6.8.1 Pérdidas en vacío al 100% del voltaje nominal	W		569
	6.8.2 Pérdidas en devanados a 100% carga (a 85°C)	W		2630
6,9	Impedancia de cortocircuito (Máx)	%		4
6,10	Corriente de excitación (Máx)	%In		2,1
7	REFRIGERACION Y MATERIAL AISLANTE			
7,1	Refrigeración:		ONAN	ONAN
7,2	Material aislantes:			
	7.2.1 Aceite			
	a) Normas aplicables			IEC 296 - Clase IA y IIA
	b) Tipo			Mineral sin PCB's

	7.2.2 Papel aislante			
	a) Normas aplicables			ASTM D 202 - 203
	b) Tipo			Kraft
	c) Clase de aislamiento			A
8	GENERALIDADES			
8,1	Clase térmica de arrollamientos		A	A
8,2	Material utilizado en las bobinados:			
	8.2.1 Primario		Cobre	Cobre
	8.2.2 Secundario		Cobre	Cobre
8,3	Disposición de los bobinados			Baja/Media tensión
8,4	Características del acero al silicio (Núcleo):			
	8.4.1 Identificación de la chapa			Grano Orientado
	8.4.2 Inducción máxima	T		1,7
	8.4.3 Espesor de la chapa	mm		0,27
	8.4.4 Construcción			Tipo toroide
8,5	Características del tanque			
	8.5.1 Disipación térmica			Natural, panelado
	8.5.2 Fijación de la tapa al tanque			Empernada
8,6	Espesores de pintura:			
	8.6.1 Fondo epóxico (protección corrosión)	mils		3 (Mínimo)
	8.6.2 Pintura alquídica (Acabado)	mils		2 (Mínimo)
8,7	Número de pasatapas:			
	8.7.1 Primario			
	a) Cantidad		3	3
	b) Tipo			Porcelana
	c) Nivel de aislamiento	kV		15
	d) Ubicación	kV		TAPA
	8.7.2 Secundario			
	a) Cantidad		4	4
	b) Tipo			Porcelana
	c) Nivel de aislamiento	kV		1,2
	d) Ubicación	kV		FRENTE
8,8	Regulación sin carga, bobinado Media Tensión. Mecanismo de accionamiento exterior			
	8.8.1 Gama de regulación expresada en %	%	+1-3X2.5%	+1-3X2.5%
	8.8.2 Posiciones del cambiador de derivaciones		5	5
9	ACCESORIOS			
9,1	Conector de Derivación a Tierra del Tanque	PCS	2	2
9,2	Cambiador de derivaciones sin carga	PCS	1	1
9,3	Válvula de Drenaje para toma de muestras	PCS	1	1

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA -
ECUATRAN S.A.

Fuente: ECUATRAN.

Elaboración: ECUATRAN.

Datos de pruebas del transformador de 300 kVA.

HOJA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS				
ITEM	CONCEPTO	Unidad	Especificado	Garantizado
1	PROVEEDOR / FABRICANTE			ECUATRAN S.A.
2	PAIS DE FABRICACION			Ecuador
3	NORMAS APLICABLES			ANSI C57.12 - NTE INEN
4	TIPO			Subestación
5	CONDICIONES DE SERVICIO			
5,1	Servicio			Continuo
5,2	Montaje		Intemperie 3000 msnm	Intemperie hasta 3000 msnm
5,4	Sobre temperaturas admisibles:			
	5.4.1 En el cobre medido por resistencia	°C	65	65
	5.4.2 En el punto más caliente del cobre	°C	85	85
6	CARACTERISTICAS ELECTRICAS			
6,1	Número de fases		3	3
6,2	Frecuencia:	Hz	60	60
6,3	Potencia nominal:	KVA	300	300
6,4	Conexión			
	6.4.1 Primario		Delta	Delta
	6.4.2 Secundario		Estrella con acceso al neutro	Estrella con acceso al neutro
	6.4.3 Grupo de conexión		Dyn5	Dyn5
6,5	Tensiones nominales de línea:			
	6.5.1 Bobinado primario	V	13800	13800
	6.5.2 Bobinado secundario	V	460	460
6,6	Nivel de aislamiento nominal:			
	6.6.1 Bobinado primario	kV	15	15
	6.6.2 Bobinado secundario	kV	1,2	1,2
6,7	B.I.L.			
	6.7.1 Primario	KV pico	95	95
	6.7.2 Secundario	KV pico	30	30
6,8	Pérdidas			
	6.8.1 Pérdidas en vacío al 100% del voltaje nominal	W		758
	6.8.2 Pérdidas en devanados a 100% carga (a 85°C)	W		3677
6,9	Impedancia de cortocircuito (Máx)	%		4,5
6.10	Corriente de excitación (Máx)	%In		2
7	REFRIGERACION Y MATERIAL AISLANTE			
7,1	Refrigeración:		ONAN	ONAN
7,2	Material aislantes:			
	7.2.1 Aceite			
	a) Normas aplicables			IEC 296 - Clase IA y IIA
	b) Tipo			Mineral sin PCB's
	7.2.2 Papel aislante			
	a) Normas aplicables			ASTM D 202 - 203
	b) Tipo			Kraft

	c) Clase de aislamiento			A
8	GENERALIDADES			
8,1	Clase térmica de arrollamientos		A	A
8,2	Material utilizado en las bobinados:			
	8.2.1 Primario		Cobre	Cobre
	8.2.2 Secundario		Cobre	Cobre
8,3	Disposición de los bobinados			Baja/Media tensión
8,4	Características del acero al silicio (Núcleo):			
	8.4.1 Identificación de la chapa			Grano Orientado
	8.4.2 Inducción máxima	T		1,7
	8.4.3 Espesor de la chapa	mm		0,27
	8.4.4 Construcción			Tipo toroide
8,5	Características del tanque			
	8.5.1 Disipación térmica			Natural, panelado
	8.5.2 Fijación de la tapa al tanque			Empernada
8,6	Espesores de pintura:			
	8.6.1 Fondo epóxico (protección corrosión)	mils		3 (Mínimo)
	8.6.2 Pintura alquídica (Acabado)	mils		2 (Mínimo)
8,7	Número de pasatapas:			
	8.7.1 Primario			
	a) Cantidad		3	3
	b) Tipo			Porcelana
	c) Nivel de aislamiento	kV		25
	d) Ubicación	kV		TAPA
	8.7.2 Secundario			
	a) Cantidad		4	4
	b) Tipo			Porcelana
	c) Nivel de aislamiento	kV		1,2
	d) Ubicación	kV		FRENTE
8,8	Regulación sin carga, bobinado Media Tensión. Mecanismo de accionamiento exterior			
	8.8.1 Gama de regulación expresada en %	%	+1-3X2.5%	+1-3X2.5%
	8.8.2 Posiciones del cambiador de derivaciones		5	5
9	ACCESORIOS			
9,1	Conector de Derivación a Tierra del Tanque	PCS	2	2

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA -
ECUATRAN S.A.

Fuente: ECUATRAN.
Elaboración: ECUATRAN.

ANEXO L: Autorización para realizar Proyecto de Titulación.



AVICOLA AGOYAN
GRUPO CASAGRANDE

Chávez Zúñiga Salomón Iván

ING.

CARLOS HERRERA

SUBDECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

QUITO

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. y por su intermedio a quien corresponda con el objeto de certificar que el GRUPO CASA GRANDE ha aprobado a realizar su tema de tesis en la división FABRICA EL TROJE a los señores, BOLAÑOS NARVÁEZ MASHURY GABRIELA y ESTRELLA VELASTEGUI HUGO ADRIAN, estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería Eléctrica.

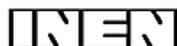
Además, el GRUPO CASA GRANDE agradece a la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, por incentivar a sus estudiantes en la vinculación de proyectos de titulación para el avance de la empresa privada.

Con sentimientos de alta consideración y estima, de Ud.

Atentamente,

Iván Chávez

GERENTE

ANEXO M: Portada de la Norma NTE INEN-ISO 50001-2012.**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**NTE INEN-ISO 50001:2012**

NÚMERO DE REFERENCIA ISO 50001:2011 (E)

**SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA. REQUISITOS CON
ORIENTACIÓN PARA SU USO.****Primera Edición**

ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS - REQUIREMENTS WITH GUIDANCE FOR USE.

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería de energía y transferencia de calor, generalidades, requisitos con orientación para su uso.
FD 03.05-452
CDU: 621.3.316
CIU: 4101
ICS: 27.010

ANEXO N: Galería Fotográfica.

Fábrica El Troje



Acometida eléctrica a nivel de 13,8 kV.



Cámara de Transformación



Transformadores de Distribución.



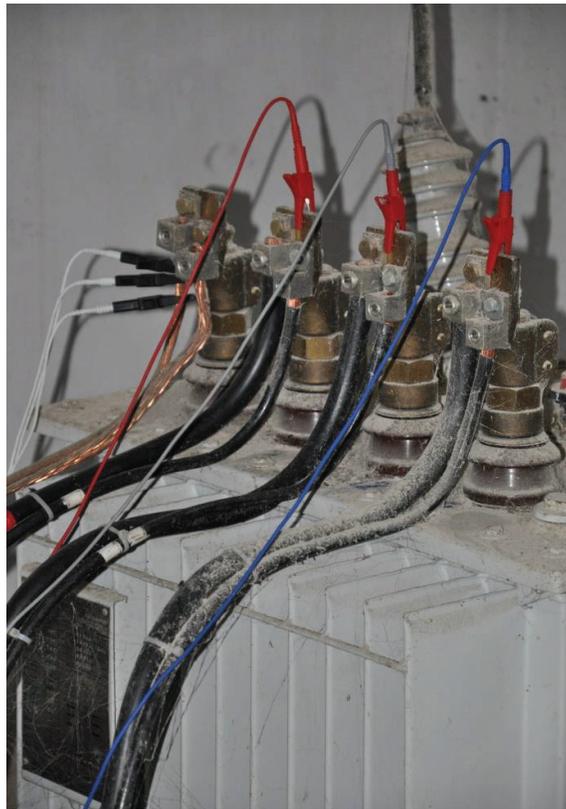
Instalación del Equipo de Medición en Cámara de Transformación.



Instalación del Equipo de Medición.



Instalación en bornes del Transformador.



Equipo de Medición instalado y operando.



Medición de las RPM del motor de Molino.



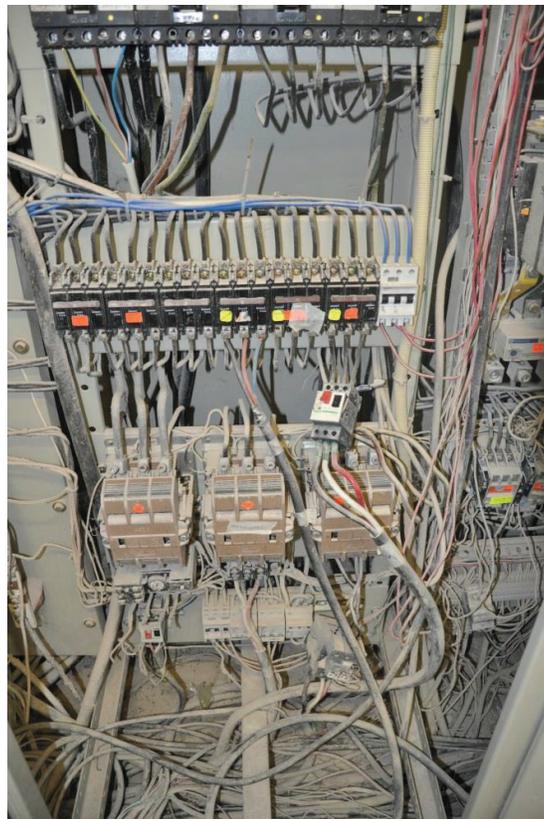
Medición de Temperatura en el alimentador del Molino.



Instalación del Equipo de Medición en la Peletizadora.



Tableros de Control existentes.



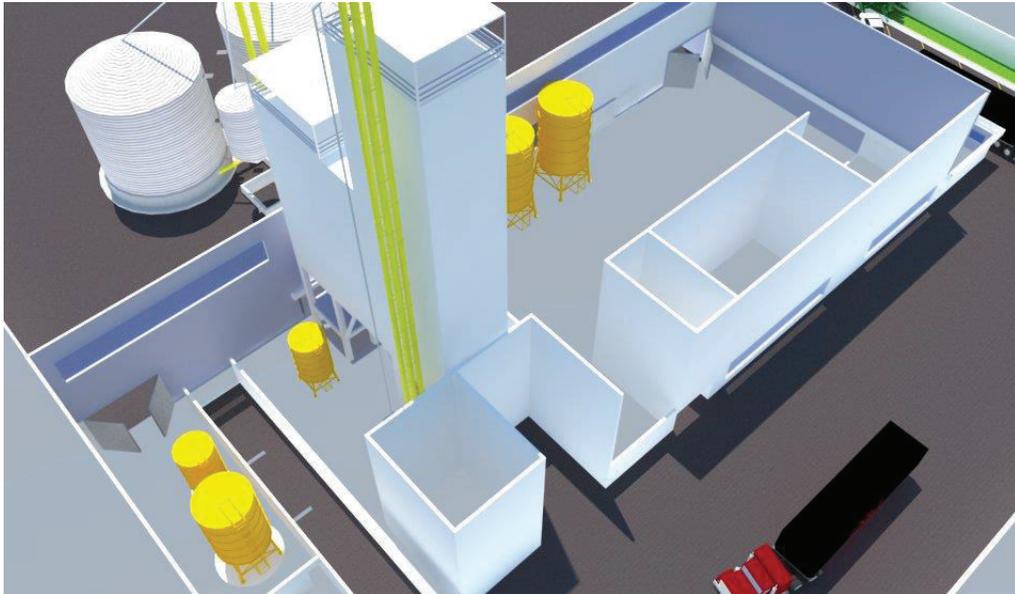
Tablero de Control en mal estado.



Vista interna de la Planta



Distribución de áreas en la Industria.



Vista externa de la Fábrica.

