



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: MOLINA VELASTEGUÍ PAUL FERNANDO

**TEMA: “LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y AUDITORÍA
ENERGÉTICA PARA LA FACTIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN
DE LA NORMA ISO 50001 EN EL SECTOR DE
TERMOPLÁSTICOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO
INDUSTRIAL S.A.”**

**DIRECTOR: ING. JIMÉNEZ MARIO
CODIRECTORA: ING. DELGADO IBETH**

LATACUNGA, AGOSTO 2014

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICADO

ING. MARIO JIMÉNEZ (DIRECTOR)
ING. IBETH DELGADO (CODIRECTORA)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA LA FACTIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL SECTOR DE TERMOPLÁSTICOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido que constituye un trabajo de excelente contenido científico coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado el UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a PAUL FERNANDO MOLINA VELASTEGUÍ, que lo entreguen al Ing. Katya Torres O., en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, agosto del 2014

Ing. Mario Jiménez
DIRECTOR

Ing. Ibeth Delgado
CODIRECTORA

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Paul Fernando Molina Velasteguí

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado “LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA LA FACTIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL SECTOR DE TERMOPLÁSTICOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan en el pie de página correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad, alcance científico del proyecto del grado en mención.

Latacunga, agosto del 2014

.....
Paul Fernando Molina Velasteguí

C.C. 180354389-9

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Paul Fernando Molina Velasteguí

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA LA FACTIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL SECTOR DE TERMOPLÁSTICOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2014

.....
Paul Fernando Molina Velasteguí
C.C. 180354389-9

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres, familia que creyeron siempre en mí y me apoyaron con todo su amor y consejos.

Así como también a mis profesores, quienes día a día han estado conmigo, apoyándome, en todo momento, siendo ellos los que me han impulsado a seguir pese los múltiples obstáculos que se me han presentado, siendo los que me inspiran a culminar mi carrera profesional con éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradezco:

A mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar y obtener una carrera profesional, siempre guiándome y dándome consejos para llegar a crecer como persona en todo ámbito.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE por los conocimientos que a través de sus docentes día a día con decisión y esfuerzo me han impartido de modo que como estudiante he recibido una formación académica de calidad, y competitividad.

A la empresa Plasticaucho Industrial S.A. por abrirme las puertas y permitir desarrollar el presente proyecto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| PORTADA..... | i |
| CERTIFICADO..... | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD..... | iii |
| AUTORIZACIÓN..... | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| RESUMEN | xv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| FUNDAMENTO TEÓRICO. | 1 |
| 1.1. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA. [1]..... | 1 |
| 1.1.1. POR QUÉ ES NECESARIO IMPLANTAR UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA..... | 1 |
| 1.1.2 MODELO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA LA NORMA ISO 50001 [1]..... | 2 |
| 1.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA [2] | 3 |
| 1.2.1. TIPOS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA..... | 3 |
| 1.2.2 OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA..... | 5 |
| 1.2.3 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ENTORNO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO | 5 |
| 1.2.4 RESULTADOS Y BENEFICIOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA EL AHORRO ENERGÉTICO. | 7 |
| 1.3 AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA..... | 7 |
| 1.3.1 INDUSTRIA Y GESTIÓN ENERGÉTICA..... | 8 |
| 1.3.2 BENEFICIOS COMERCIALES | 9 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.4 | NORMA ISO 50001 RESPONSABILIDADES DE LA DIRECCIÓN..... | 9 |
| 1.4.1 | ALTA DIRECCIÓN [3]..... | 9 |
| 1.4.2 | POLÍTICA ENERGÉTICA [3] | 10 |
| 1.5 | PROCESO DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA | 11 |
| 1.6 | COMPONENTES BÁSICOS PARA UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA [4]..... | 12 |
| 1.6.1 | EQUIPOS DE MEDICIÓN..... | 12 |
| 1.7 | FACTORES DE EVALUACIÓN FINANCIERA [5]..... | 16 |
| 1.7.1 | VALOR ACTUAL NETO..... | 16 |
| 1.7.2 | TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)..... | 17 |
| 1.7.3 | PERIODO DE RECUPERACIÓN..... | 18 |
| 1.7.4 | TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO (TMAR) | 18 |
| 1.8 | MEJORAS Y RECOMENDACIONES ENERGÉTICAS..... | 19 |
| 1.8.1 | RESUMEN Y CONCLUSIONES | 20 |
| | CAPÍTULO II..... | 21 |
| | SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DE LA EMPRESA | |
| | PLASTICAUCHO INDUSTRIAL..... | 21 |
| 2.1 | INTRODUCCIÓN | 21 |
| 2.2 | INFORMACIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA [6]..... | 21 |
| 2.3 | PLANILLAS DE CONSUMO | 22 |
| 2.3.1 | TARIFA ELÉCTRICA | 22 |
| 2.3.2 | DESCRIPCIÓN DE LA TARIFA G6 [7] | 23 |
| 2.3.3 | CALCULOS PARA DETERMINAR EL PAGO DE PLANILLA | 25 |
| 2.4 | CONSUMOS ENERGÉTICOS..... | 26 |
| 2.4.1 | USO Y CONSUMO ELÉCTRICO..... | 26 |
| 2.4.2 | VARIACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA (FP)..... | 30 |
| 2.4.2 | VARIACIÓN DE FACTOR DE PENALIZACIÓN | 31 |
| 2.5 | LEVANTAMIENTO DE CARGAS..... | 32 |
| 2.5.1 | TENDENCIA DE ANTIGÜEDADES DE LAS MÁQUINAS | 32 |
| 2.5.2 | ILUMINACIÓN [8]..... | 33 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.5.3 | EQUIPOS DE OFICINA | 36 |
| 2.6 | DATOS DE PRODUCCIÓN | 37 |
| 2.7 | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN | 38 |
| 2.7.1 | PROCESO DE TRANSPORTE DE ACEITES Y RESINAS | 38 |
| 2.7.2 | PROCESO DE MEZCLADO | 40 |
| 2.7.3 | ENFRIAMIENTO DEL POLVO DE PVC | 43 |
| 2.7.4 | PROCESO DE EXTRUSIÓN | 44 |
| 2.7.5 | ENFRIAMIENTO DE PELLET..... | 46 |
| 2.7.6 | TRITURACIÓN DEL MATERIAL RECUPERADO..... | 48 |
| 2.8 | FLUJOGRAMA GENERAL DE MEZCLAS TERMOPLÁSTICAS | 51 |
| 2.9 | EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS [9]..... | 52 |
| 2.9.1 | SISTEMA DE MEZCLADO: | 52 |
| 2.9.2 | SISTEMA DE EXTRUSIÓN: | 55 |
| 2.9.3 | SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE PELLETS:..... | 58 |
| 2.9.4 | SISTEMA DE REPROCESO: | 60 |
| 2.9.5 | SISTEMA DE COMPRESIÓN DE AIRE:..... | 61 |
| 2.10 | RESUMEN DE LA AUDITORIA | 62 |
| 2.10.1 | ANÁLISIS DE LA AUDITORIA PRELIMINAR | 63 |
| | CAPÍTULO III | 65 |
| | AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA Y EVALUACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 | 65 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN | 65 |
| 3.2 | CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN..... | 65 |
| 3.2.1 | METODOLOGÍA | 65 |
| 3.3 | DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS SIGNIFICATIVOS ENERGÉTICOS (USEN) [1]..... | 68 |
| 3.4 | PORCENTAJES DE CONSUMO ELÉCTRICO [3]..... | 70 |
| 3.5 | PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR LA LÍNEA BASE [1]..... | 71 |
| 3.6 | COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL (R2) [1]..... | 73 |
| 3.7 | DEFINICIÓN DE LA LÍNEA META [1]..... | 76 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3.8 | ENERGÍA NO ASOCIADA A LA PRODUCCIÓN | 77 |
| 3.9 | PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR LOS INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO (IDEN) [1]..... | 78 |
| 3.10 | FLUJOGRAMA PARA DETERMINAR LAS LÍNEA BASE E INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO [1] | 81 |
| CAPÍTULO IV..... | | 82 |
| PROPUESTA DE SOLUCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | | 82 |
| 4.1 | OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO [3] | 82 |
| 4.1.1 | MEDIDAS TECNOLÓGICAS | 82 |
| 4.1.2 | MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA [10] | 82 |
| 4.1.3 | ANÁLISIS DEL TRASFORMADOR DE 220 V | 84 |
| 4.1.4 | ANÁLISIS DEL TRASFORMADOR DE 440 V | 85 |
| 4.1.5 | EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS ACCIONADOS CON MOTORES ELÉCTRICOS | 91 |
| 4.2 | OPORTUNIDADES DE AHORRO EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS [11]..... | 91 |
| 4.3 | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA..... | 92 |
| 4.4 | CONDICIONES PARA INICIAR UN PROGRAMA DE MOTORES EFICIENTES [11]..... | 93 |
| 4.5 | MEDIDAS OPERATIVAS..... | 101 |
| CAPÍTULO V..... | | 105 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 105 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 105 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 106 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:..... | | 108 |
| ANEXOS..... | | 109 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabla 1. 1: | Características medidor Schneider PM810. | 14 |
| Tabla 1. 2: | Decisiones a tomar según el VAN | 17 |
| Tabla 1. 3: | Decisiones a tomar según el TIR..... | 18 |
| Tabla 2. 1: | Factor de corrección..... | 23 |
| Tabla 2. 2: | Descripción detallada de las facturas de Plasticaucho Industrial..... | 26 |
| Tabla 2. 3: | Niveles de iluminación..... | 34 |
| Tabla 2. 4: | Niveles de iluminación..... | 35 |
| Tabla 2. 5: | Producción anual..... | 37 |
| Tabla 2. 6: | Máquinas utilizadas en el proceso..... | 39 |
| Tabla 2. 7: | Máquinas utilizadas en el proceso..... | 41 |
| Tabla 2. 8: | Descripción gráfica del proceso..... | 43 |
| Tabla 2. 9: | Máquinas utilizadas en el proceso..... | 45 |
| Tabla 2. 10: | Descripción gráfica de los enfriadores de pellets por aire. | 47 |
| Tabla 2. 11: | Enfriadores de pellets por agua..... | 48 |
| Tabla 2. 12: | Sistema de reproceso..... | 49 |
| Tabla 2. 13: | Evaluación del estado técnico de los equipos | 52 |
| Tabla 2. 14: | Evaluación mezcladora Avalong..... | 52 |
| Tabla 2. 15: | Evaluación mezcladora Papenmeier | 53 |
| Tabla 2. 16: | Evaluación mezcladora Papenmeier | 54 |
| Tabla 2. 17: | Evaluación extrusor Xinda..... | 55 |
| Tabla 2. 18: | Evaluación del equipo extrusor Xinda | 55 |
| Tabla 2. 19: | Evaluación extrusor Xinda..... | 56 |
| Tabla 2. 20: | Evaluación extrusor Bausano | 56 |
| Tabla 2. 21: | Evaluación extrusor Bausano | 57 |
| Tabla 2. 22: | Evaluación extrusor Bausano | 57 |
| Tabla 2. 23: | Evaluación extrusor Bausano | 58 |
| Tabla 2. 24: | Evaluación del equipo Enfriador de Gránulos..... | 58 |
| Tabla 2. 25: | Evaluación del equipo Enfriador de Gránulos..... | 59 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tabla 2. 26: | Evaluación del equipo Enfriador de Gránulos..... | 59 |
| Tabla 2. 27: | Evaluación Colector de pelusa | 60 |
| Tabla 2. 28: | Evaluación detector de metales..... | 60 |
| Tabla 2. 29: | Evaluación Molino | 61 |
| Tabla 2. 30: | Evaluación Compresor | 61 |
| Tabla 3. 1: | Porcentajes de evaluación FTM | 66 |
| Tabla 3. 2: | Evaluación por puntos FS..... | 66 |
| Tabla 3. 3: | Evaluación por puntos y niveles PCE | 67 |
| Tabla 3. 4: | Evaluación por puntos FCE | 68 |
| Tabla 3. 5: | Porcentajes de energía de los centro | 71 |
| Tabla 4. 1: | Descripción de los motores de los (USEn). | 93 |
| Tabla 4. 2: | Comparación de los costos de operación M (250Kw) | 94 |
| Tabla 4. 3: | Comparación de los costos de operación M (45Kw) | 95 |
| Tabla 4. 4: | Comparación de los costos de operación M (200Kw) | 95 |
| Tabla 4. 5: | Comparación de los costos de operación M (90Kw) | 96 |
| Tabla 4. 6: | Comparación de los costos de operación M (160) | 96 |
| Tabla 4. 7: | Comparación de los costos de operación M (31) | 97 |
| Tabla 4. 8: | Comparación de los costos de operación M (55Kw) | 97 |
| Tabla 4. 9: | Análisis financiero motores de alta eficiencia | 98 |
| Tabla 4. 10: | Análisis financiero de cada motor especificado en la tabla 4.9 | 99 |
| Tabla 4. 11: | Tablero de control..... | 102 |
| Tabla 4. 12: | Turnos de operación..... | 103 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------|---|----|
| Figura 1. 1: | Modelo del sistema de gestión de la energía para esta norma internacional. | 3 |
| Figura 1. 2: | Alcance de la gestión energética..... | 9 |
| Figura 1. 3: | Proceso de planificación energética..... | 11 |
| Figura 1. 4: | Medidores de calidad de energía Fluke..... | 13 |
| Figura 1. 5: | Multímetros comúnmente utilizados. | 14 |
| Figura 1. 6: | Cámara Foto térmica Fluke Ti 25 | 15 |
| Figura 1. 7: | Luxómetro digital modelo YF-172..... | 16 |
| Figura 2. 1: | Ubicación Referencial..... | 21 |
| Figura 2. 2: | Naves de la planta Plasticaucho Industrial - Parque Industrial..... | 22 |
| Figura 2. 3: | Planilla Eléctrica | 24 |
| Figura 2. 4: | Factor de potencia (FP) | 31 |
| Figura 2. 5: | Factor de penalización..... | 31 |
| Figura 2. 6: | Tendencia de antigüedad de las máquinas | 32 |
| Figura 2. 7: | Tipo de iluminación..... | 36 |
| Figura 2. 8: | Equipos de oficina | 36 |
| Figura 2. 9: | Representación del proceso de transporte de materia prima..... | 40 |
| Figura 2. 10: | Ingreso de aceites y resinas hacia la mezcladora | 42 |
| Figura 2. 11: | Proceso de enfriamiento del polvo de PVC | 44 |
| Figura 2. 12: | Proceso de extrusión | 46 |
| Figura 2. 13: | Proceso de enfriamiento de pellet | 47 |
| Figura 2. 14: | Sistema de reproceso..... | 50 |
| Figura 2. 15: | Descripción del proceso de producción | 51 |
| Figura 2. 16: | Valoraciones de la Auditoria | 62 |
| Figura 3. 1: | Usuarios significativos de la energía | 69 |
| Figura 3. 2: | Porcentaje de consumo eléctrico..... | 70 |
| Figura 3. 3: | Condiciones para mejorar el desempeño energético | 72 |
| Figura 3. 4: | Estructura de una línea base..... | 73 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Figura 3. 5: | Línea base..... | 75 |
| Figura 3. 6: | Línea Meta..... | 77 |
| Figura 3. 7: | Indicadores de desempeño energético..... | 79 |
| Figura 3. 8: | Diagrama de flujo para determinar línea base e indicadores de desempeño energético | 81 |
| Figura 4. 1: | Análisis del factor de potencia por fases del Trasformador 220V | 85 |
| Figura 4. 2: | Análisis del factor de potencia por fases del trasformador de 440V | 86 |
| Figura 4. 3: | Datos del analizador Fluke | 87 |
| Figura 4. 4: | Triangulo de potencias | 89 |
| Figura 4. 5: | Datos del analizador Fluke | 89 |
| Figura 4. 6: | Triangulo de potencias | 91 |
| Figura 4. 7: | Oportunidades de ahorro en motores eléctricos..... | 92 |
| Figura 4. 8: | Grafica de pérdidas de eficiencia por cada rebobinado..... | 101 |

RESUMEN

En función de las políticas de estado vigentes y la necesidad de mejorar la eficiencia en el consumo energético para incrementar la rentabilidad y competitividad de los productos que fabrica, la empresa Plasticaucho Industrial ha visto la necesidad de hacer un análisis de la calidad de energía en función de la norma ISO 50001 para la posible implementación de un sistema de gestión energético que asegure el uso eficiente de la energía eléctrica. El estudio se lo realizó en el área de mezclas termoplásticas, el primer paso fue realizar una auditoría preliminar, la que comprende una examinación detallada de cómo se usa la energía en este sector, cuanto se paga, además de identificar brevemente cualquier zona de desperdicio de energía o de ineficiencia. Una vez concluidos los estudios preliminares se continuó con una auditoría detallada que consistió en el levantamiento de carga, análisis operativo de las máquinas involucradas en el proceso de mezclas termoplásticas, análisis energético en los transformadores que alimentan a ésta área. Estos análisis permitieron obtener datos fundamentales para identificar los problemas críticos para el desempeño energético. El más relevante y sobre el cual se prestó atención fue el obtenido en el análisis a los transformadores y planillas de consumo, el factor de potencia al estar en un promedio de 0.85 causa el pago de penalizaciones que encarecen el costo del pellet que es el producto final producido. Para solucionar este problema se plantea el instalar un banco de capacitores que permita mejorar el factor de potencia a 0.92. Siempre enfocado en la idea de la posible implementación de la Norma ISO 50001 se identificaron los Usuarios Significativos de Energía (USEn), sobre los cuales se tomará la mayor atención para lograr así mejorar el desempeño energético definiendo indicadores de desempeño energéticos (IDEn) que nos permitirá observar el comportamiento de la planta.

PALABRAS CLAVE: Desempeño energético, Sistema de Gestión Energética, Indicadores de desempeño Energético, Usuarios significativos de Energía

ABSTRACT

Depending on current state policies and the need to improve efficiency in energy consumption to increase profitability and competitiveness of the products it manufactures, the company Plasticaucho Industrial has seen the need to do an analysis of power quality according to ISO 50001 standard for the possible implementation of an energy management system to ensure the efficient use of electricity. The study was made in the area of thermoplastic blends, the first step was to conduct a preliminary audit, including a detailed examination of how energy is used in this sector, how much it pays, besides of briefly identifying any area of energy waste or inefficiency. Once the preliminary studies were finished we moved on with a detailed audit consisted on the analysis of electrical charges, operational analysis of the machines involved in the process of thermoplastic blends, energy analysis in transformers that energize this area. These analyzes allowed to obtain fundamental data to identify critical issues for energy performance. The most important and on which attention was paid was obtained in the analysis of the transformers and electric bills, the average power factor of 0.85 causes the payment of penalties that raise the cost of pellet which is the final product produced. To solve this problem we have to install a bank of capacitors to improve the power factor to 0.92. Always focused on the idea of the possible implementation of ISO 50001 the Major Users of Energy (use), on which most attention will be taken to achieve and improve energy performance by defining indicators of energy performance (IDEn) that will give us a perfect view of how the industry works.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO.

1.1. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA. [1]

Es la parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía.

1.1.1. Por qué es necesario implantar un sistema de gestión energética

a. Necesidad de asegurar el suministro de energía.

Una producción responsable de la energía así como su uso de manera eficiente, por parte de las organizaciones, son varios de los factores clave para conseguir la sostenibilidad.

b. Voluntad de cumplir con los compromisos del protocolo de Kioto

Cada vez es mayor el número de organizaciones, tanto públicas como privadas, que son conscientes de que una mejora de los consumos de energía, así como la utilización de fuentes de energía alternativas a las tradicionales, menos agresivas con el medio ambiente, son alguna de las medidas idóneas con las que contribuir con los compromisos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, suscritos en el protocolo de Kioto.

c. Actitud responsable y económicamente rentable.

Debido al interés actual por adoptar políticas de eficiencia energética y ahorro energético y ante la publicación de la norma internacional ISO 50001:2011 que especifica los requisitos de un sistema de gestión energética a partir de la cual la organización puede desarrollar e implantar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía, las industrias se muestran sumamente interesadas en la implantación de ésta norma.

Esta actitud ambientalmente responsable no es incompatible con la necesidad de hacer más competitivas a las organizaciones ni restar calidad a los productos o servicios que proporcionan.

1.1.2 Modelo del sistema de gestión de energía para la norma ISO 50001 [1]

Esta norma internacional se basa en el ciclo de mejora continua Planificar - Hacer - Verificar - Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la figura 1.1

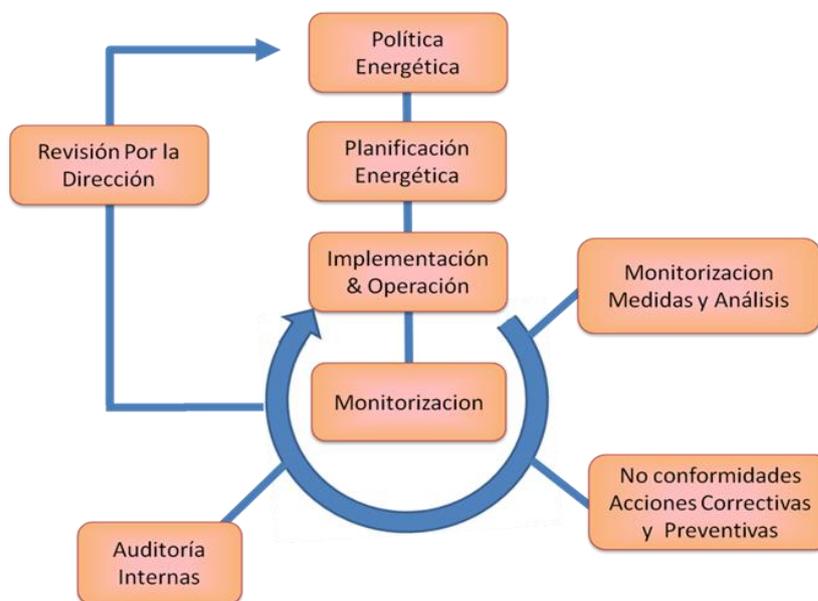


Figura 1. 1: Modelo del sistema de gestión de la energía para esta norma internacional.

Fuente: ISO 50001: Sistemas de gestión energética

1.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA [2]

Una auditoría energética consiste en una examinación detallada de como una empresa usa la energía, cuánto paga por ésta, y finalmente, un programa recomendado de cambios en prácticas de operación o en equipos consumidores de energía que ahorrarán a la empresa varios dólares en las planillas de luz.

1.2.1. Tipos de auditoría energética.

a. Auditoría Energética Preliminar

Es el tipo de auditoria más simple y rápida y se describe con una breve reseña de sus instalaciones, facturas de servicios públicos y otros datos de consumo de energía. Es una inspección de la planta que pretende visualizar las oportunidades más evidentes de conservación de energía en la misma,

para de esta manera identificar cualquier zona de desperdicio de energía o de ineficiencia.

Típicamente, sólo las principales áreas problemáticas se descubren durante éste tipo de auditoría. Las medidas correctivas se describen brevemente y las acciones son de bajo costo.

Este nivel de detalle es suficiente para dar prioridad a proyectos de eficiencia energética y para determinar la necesidad de una auditoría más detallada.

b. Auditoría Energética Detallada

Es una evaluación detallada de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos.

Requiere el uso de equipos de medida y su alcance puede abarcar la totalidad de recursos energéticos de la empresa, o solo un tipo de recurso.

Requiere un levantamiento completo de los consumos históricos de los diferentes energéticos a considerar. Su costo puede ser apreciable y su duración puede ser de algunas semanas o hasta unos pocos meses dependiendo de la complejidad del sector a ser evaluado.

c. Auditoría energética especial

Es una evaluación más profunda a la obtenida en la auditoría energética detallada, llegando al detalle de toma de registros por aparato, análisis de fallas durante un período determinado y su efecto en las horas hábiles de trabajo.

Estas auditorías energéticas se vuelven permanentes, durante un periodo de tiempo que puede ser de un año y en el cual se pueden efectuar los correctivos necesarios para el éxito de los cambios e inversiones efectuadas. Su costo es alto y requiere de una firma auditora que posea todos los instrumentos requeridos para éste tipo de auditoría sofisticada.

1.2.2 Objetivos de la auditoría energética

La implementación de una auditoría energética permite:

- Conocer la situación actual, datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el rendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Reducir los consumos de energía.
- Identificar las áreas que permitan un potencial ahorro de energía.
- Determinar y evaluar económicamente los puntos de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.
- Analizar la posibilidad de utilizar energías renovables.

1.2.3 Evaluación y diagnóstico del entorno para el ahorro energético

La evaluación y diagnóstico son herramientas de conocimiento y reflexión que permiten identificar aquellos aspectos del sistema que funcionan bien y aquellos otros que pueden y deben mejorarse.

La evaluación está, por tanto, al servicio de la mejora según ciertas estrategias de mantenimiento como:

- Predictivo
- Preventivo
- Detectivo

- Correctivo
- Mejorativo

a. Mantenimiento predictivo o basado en la condición

Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc. para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, no detención de la producción.

A través de técnicas de análisis predictivo (análisis espectral de señales, ensayos de carácter eléctrico, etc.), se puede determinar la condición de los equipos críticos de una planta, con el fin de optimizar las actividades de mantenimiento.

b. Mantenimiento preventivo o basado en el tiempo

Consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

c. Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas

Consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional)

d. Mantenimiento correctivo

Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

e. Mantenimiento mejorativo o rediseños

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

1.2.4 Resultados y beneficios de la auditoría energética para el ahorro energético.

- Disminución de las emisiones de CO₂ al medio ambiente contribuyendo de esta manera a la protección del mismo además de evitar el consumo de energía innecesaria, lo cual se traduce en reducción de costos en la planilla eléctrica y una mejora a la imagen de la empresa al ayudar con el bienestar social.
- Aumento del tiempo de vida de los equipos, ya que se asegura que estos trabajen en las condiciones más adecuadas, evitando sobredimensionamientos o sobrecargas.
- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Facilita el análisis de averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.
- Mejora la competitividad de la empresa al reducirse los costos de producción.

1.3 AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA

Las auditorías energéticas en la industria fueron desarrolladas en países industrializados, debido a la necesidad imperiosa de establecer programas de ahorro de energía, que luego se denominaron programas de conservación de energía. Por tanto, cuando una compañía opta por una Auditoría Energética adquiere el compromiso de mantener programas de

conservación de bienes escasos (agua, recursos naturales, energía, etc.), de manera sostenida.

Durante los procesos industriales de flujo de materia prima y de energía de la planta, se producen pérdidas que son tanto menores, cuanto mejor es el control de los procesos individuales.

Desafortunadamente, la optimización del control de los procesos individuales, va más allá del simple mantenimiento de máquinas, herramientas y equipos. Tiene que ver con una buena administración departamental de gestión de manejo de los diferentes entes que integran la compañía. Efectivamente, las empresas modernas poseen sistemas de manejo ambiental, financiero, de calidad, de energía, etc. que colaboran entre sí para cumplir la misión y la visión de la compañía.

1.3.1 Industria y gestión energética

La mayor parte de la eficiencia energética en la industria se logra a través de cambios en la forma que se gestiona la energía en una instalación industrial y no a través de la instalación de nuevas tecnologías.

- La gestión activa de la energía requiere un cambio organizacional en la cultura.
- La gerencia superior debe estar comprometida en la gestión de la energía sobre una base permanente.
- En su esencia, la gestión energética requiere que un grupo de personas cambien su conducta y sustenten el cambio.

En la figura 1.2 se muestra el alcance que tiene la gestión energética en la industria junto con sus componentes.



Figura 1. 2: Alcance de la gestión energética

Fuente: ISO 50001: Sistemas de gestión energética.

1.3.2 Beneficios comerciales

La implementación de un plan de gestión energética ayuda a:

- Gestionar activamente el uso de la energía y reducir la exposición a los crecientes costos de la misma.
- Reducir emisiones sin un efecto negativo en las operaciones.
- Mejorar continuamente la intensidad energética (uso de la energía/producto).
- Archivar documentos para uso interno y externo (créditos por emisiones por ejemplo).
- Usar el personal y recursos de la empresa de manera inteligente.

1.4 NORMA ISO 50001 RESPONSABILIDADES DE LA DIRECCIÓN

1.4.1 Alta dirección [3]

La alta dirección debe demostrar su compromiso de apoyar el sistema de gestión de la energía (SGEn) y de mejorar continuamente su eficacia:

- Definiendo, estableciendo, implementando y manteniendo una política energética.

- Designando un representante de la dirección y aprobando la creación de un equipo de gestión de la energía.
- Suministrando los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGEEn y el desempeño energético resultante.
- Identificando el alcance y los límites a ser cubiertos por el SGEEn.
- Comunicando la importancia de la gestión de la energía dentro de la organización.
- Asegurando que se establecen los objetivos y metas energéticas.
- Asegurando que los indicadores de desempeño energético (IDEn) sean apropiados para la organización.
- Considerando el desempeño energético en una planificación a largo plazo.
- Asegurando que los resultados se mide y se informa de ellos a intervalos determinados.
- Llevando a cabo las revisiones por la dirección.

1.4.2 Política energética [3]

La política energética debe establecer el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético. La alta dirección debe definir la política energética y asegurar que:

- Sea apropiada a la naturaleza y a la magnitud del uso y del consumo de energía de la organización.
- Incluya un compromiso de mejora continua del desempeño energético.
- Incluya un compromiso para asegurar la disponibilidad de información y de los recursos necesarios para alcanzar los objetivos y las metas.
- Incluya un compromiso para cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba,

relacionados con el uso y el consumo de energía y la eficiencia energética.

- Proporcione el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos energéticos y las metas energéticas.
- Apoye la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes y el diseño para mejorar el desempeño energético.
- Se documente y se comunique a todos los niveles de la organización.
- Se revise regularmente y se actualiza si es necesario.

1.5 PROCESO DE 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. En el siguiente esquema (figura 1.3) se resume el proceso de planificación:

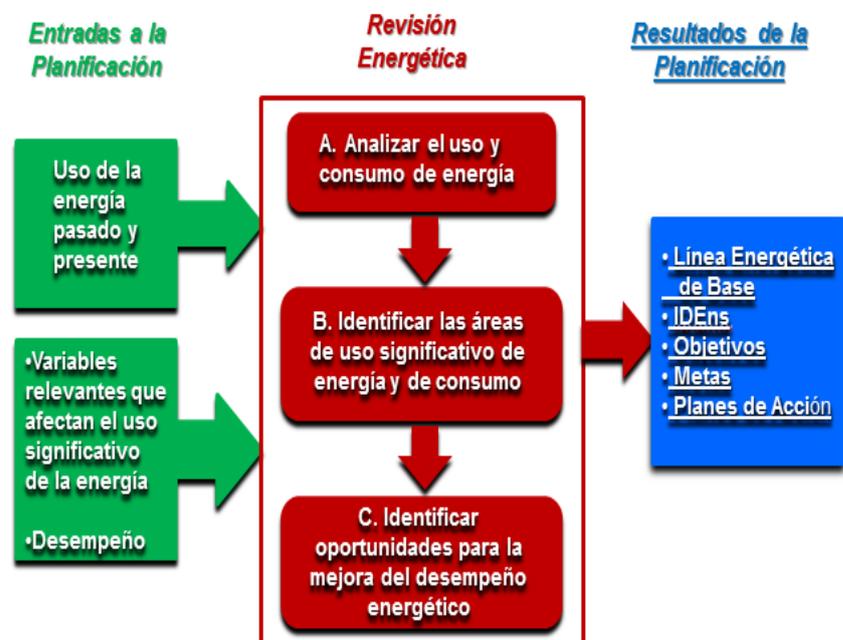


Figura 1. 3: Proceso de planificación energética.

Fuente: ISO 50001: Sistemas de gestión energética

1.6 COMPONENTES BÁSICOS PARA UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA [4]

El proceso de auditoría empieza por recolectar datos de la operación de la empresa y de sus consumos. Esta información es luego analizada para tener una idea de cómo la empresa usa la energía además de posibles desperdicios, dando al auditor una idea básica para reducir costos en energía. Cambios específicos - llamados Oportunidades de Conservación de Energía (ECOs por sus siglas en Ingles) - son identificados y evaluados para determinar sus beneficios y su efectividad de costo.

Finalmente un plan de acción es creado cuando ciertos ECOs son seleccionados para implementarlos, y el proceso de ahorro de energía y dinero comienza.

1.6.1 Equipos de medición

Para obtener la mejor información de un programa de control de energía exitoso, el auditor debe tomar algunas mediciones durante su inspección. La cantidad de equipo necesario depende del tipo de equipos usados en la instalación y del rango de potenciales ECOs que puedan ser considerados. Por ejemplo si la recuperación de calor desperdiciado está siendo considerada, él debe tomar varias medidas de temperatura de potenciales fuentes de calor.

Los equipos más comúnmente utilizados se muestran a continuación:

a. Medidores de calidad de energía

Estos instrumentos determinan la calidad de energía eléctrica, realizan estudios de carga y capturan eventos de tensión difíciles de detectar durante un periodo de tiempo. También permite detectar y registrar todos los detalles

de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico durante intervalos definidos por el usuario.

En la figura 1.4 se muestran dos modelos de medidores de calidad de energía conocidos en el mercado.



Fluke 434



Fluke 1745

Figura 1. 4: Medidores de calidad de energía Fluke.

Fuente: Paul Molina

b. Central de medida

Es un medidor de rms real capaz de medir con precisión altas cargas no lineales. Se pueden visualizar más de 50 valores de medición, además de una gran cantidad de datos máximos y mínimos directamente en la pantalla o de forma remota. En la siguiente tabla se muestra las características de una central de medida Schneider.

Tabla 1. 1: Características medidor Schneider PM810.



| Lecturas en tiempo real | Análisis de la potencia |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad (por fase, residual, trifásico) • Tensión (L-L, L-N, trifásico) • Potencia activa (por fase, trifásica) • Potencia reactiva (por fase, trifásica) • Potencia aparente (por fase, trifásica) • Factor de potencia (por fase, trifásico) • Frecuencia • THD (intensidad y tensión) | <ul style="list-style-type: none"> • Factor de potencia de desplazamiento (por fase, trifásico) • Tensiones fundamentales (por fase) • Intensidades fundamentales (por fase) • Potencia activa fundamental (por fase) • Potencia reactiva fundamental (por fase) • Desequilibrio (intensidad y tensión) • Rotación de fases • Componentes de secuencia |
| Lecturas de energía | Lecturas de la demanda |
| <ul style="list-style-type: none"> • Energía acumulada, activa • Energía acumulada, reactiva • Energía acumulada, aparente • Lecturas bidireccionales • Energía reactiva por cuadrante • Energía incremental • Energía condicionada | <ul style="list-style-type: none"> • Demanda de intensidad (por fase presente, media trifásica) • Media de factor de potencia (total trifásico) • Demanda de potencia activa (por fase presente, punta) • Demanda de potencia reactiva (por fase presente, punta) • Demanda de potencia aparente (por fase presente, punta) • Lecturas coincidentes • Demandas de potencia pronosticadas |

Fuente: Schneider Electric

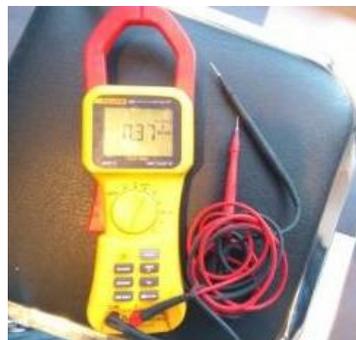
c. Multímetro

También denominado polímetro, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma.

En la siguiente figura se muestran dos tipos de multímetros usados comúnmente.



Multímetro Fluke 902



Multímetro Fluke 355

Figura 1. 5: Multímetros comúnmente utilizados.

Fuente: Paul Molina

d. Cámara foto térmica

Una cámara foto térmica o cámara infrarroja es un dispositivo que, a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano. Estas cámaras operan, más concretamente, con longitudes de onda en la zona del infrarrojo térmico, que se considera entre $3\ \mu\text{m}$ y $14\ \mu\text{m}$.

Permiten realizar inspecciones por infrarrojos de forma más rápida y eficiente, así como documentar minuciosamente detalles de las áreas problemáticas para realizar un seguimiento adicional.

En la figura 1.7 se muestra una cámara termo gráfica comúnmente utilizada:



Figura 1. 6: Cámara Foto térmica Fluke Ti 25

Fuente: Paul Molina

e. Luxómetro

Medidor digital de nivel de iluminación o luxómetro. Se trata de un dispositivo compuesto de dos partes: la unidad central y el sensor de luz que se conecta mediante cable rizado retraible.



Figura 1. 7: Luxómetro digital modelo YF-172

Fuente: Paul Molina

1.7 FACTORES DE EVALUACIÓN FINANCIERA [5]

1.7.1 Valor actual neto

El método de valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión.

Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula para el cálculo del valor neto es:

Ec: 1.1

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

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 periodos considerado.

k es la tasa de renta fija utilizada.

Tabla 1. 2: Decisiones a tomar según el VAN

| VALOR | SIGNIFICADO | DECISIÓN A TOMAR |
|-----------|--|--|
| $VAN > 0$ | La inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida | El proyecto puede aceptarse |
| $VAN < 0$ | La inversión producirá pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida | El proyecto debería impugnarse |
| $VAN = 0$ | La inversión no producirá ni ganancia ni pérdida | Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios |

Fuente: BREALEY, MYERS Y ALLEN (2006), Principios de Finanzas Corporativas, 8ª Edición, Editorial Mc Graw Hill.

1.7.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el costo de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el costo de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo).

Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por el TIR - supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Ec: 1.2

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Tabla 1. 3: Decisiones a tomar según el TIR.

| | |
|--------------|--|
| TIR \geq r | Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el costo de oportunidad). |
| TIR < r | Se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida. |

Fuente: BREALEY, MYERS Y ALLEN (2006), Principios de Finanzas Corporativas, 8ª Edición, Editorial Mc Graw Hill.

1.7.3 Periodo de recuperación

La medida de conveniencia económica más elemental es el periodo de recuperación de la inversión. En aquellos casos en que los ahorros anuales son constantes, el periodo de recuperación simple (PRS) en años será:

Ec: 1.3

$$PRS = \frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Ahorros anuales netos}}$$

1.7.4 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

El "TMAR" no es más que la tasa que representa una medida de rentabilidad, la mínima que se le exigirá al proyecto de tal manera que permita cubrir:

- La totalidad de la inversión inicial
- Los egresos de operación
- Los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con capital ajeno a los inversionistas del proyecto
- Los impuestos

- La rentabilidad que el inversionista exige a su propio capital invertido

Para determinar el TMAR podemos considerar las siguientes variables:

- La tasa de inflación más una prima al riesgo
TMAR = índice inflacionario + prima de riesgo
- El costo del capital más una prima al riesgo
TMAR = costo del capital + prima al riesgo

1.8 MEJORAS Y RECOMENDACIONES ENERGÉTICAS

En esta parte se diferenciarán las mejoras energéticas que serán detectadas, es decir analizar y evaluar el potencial de ahorro previamente estudiado, identificando las medidas de ahorro de energía.

- Medidas tecnológicas
- Medidas administrativas
- Priorización de las medidas de ahorro
- Adopción de las medidas de ahorro

Para cada propuesta se debe establecer:

- Consumo de energía actual
- Consumo de energía después de implantada la mejora
- Inversión necesaria
- Ahorro en energía y costos
- Rentabilidad de la mejora
- Resumen de las mejoras

1.8.1 Resumen y conclusiones

En esta parte se incluirá un resumen ejecutivo que brevemente muestra el contenido de la auditoría y sus principales conclusiones.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL

2.1 INTRODUCCIÓN

En base a los datos recopilados, se establece un análisis de la situación energética presente en la industria, el cual instaura un punto inicial para la elaboración de propuestas en eficiencia energética, con el fin de optimizar el uso de la misma.

2.2 INFORMACIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA [6]

La empresa Plasticaucho Industrial cuenta con dos plantas, la primera ubicada en Catiglata y la segunda en la cuarta etapa del Parque Industrial del cantón Ambato en donde se encuentra la nave de termoplásticos la cual será objeto de análisis en el presente proyecto. En la figura 2.1 se muestra la ubicación de la planta.

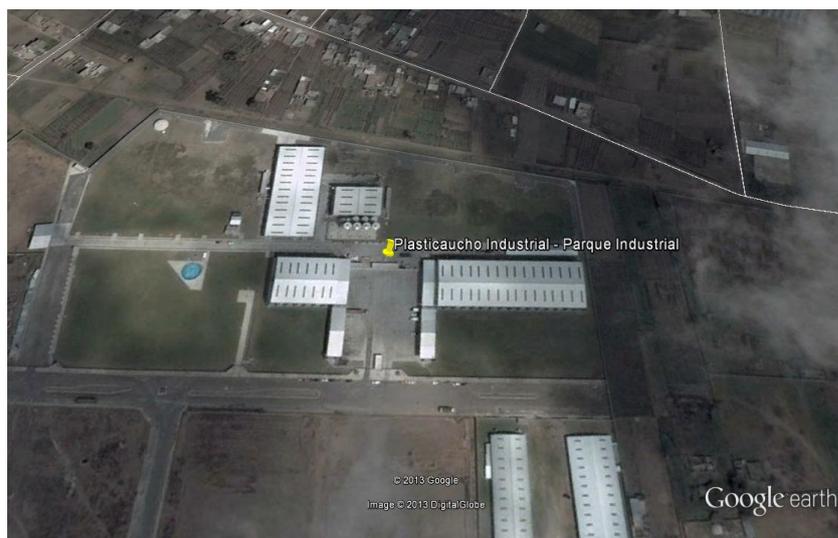


Figura 2. 1: Ubicación Referencial.

Fuente: www.google.earth.com.ec

Esta tarifa se aplica a los consumidores industriales, que disponen de un registrador de demanda máxima o para aquellos que tienen potencia calculada.

2.3.2 Descripción de la Tarifa G6 [7]

Según la tarifa G6 se aplicara a estos abonados industriales y deberá ser ajustado, según se detalla más adelante, a medida que se cuente con los equipos de medición necesarios para establecer la demanda máxima durante las horas de pico de la Empresa Plasticaucho Industrial

a. Costo de la demanda facturable (KW)

USD 4.576/KW, el mismo que varía en función del valor del Factor de Corrección.

Tabla 2. 1: Factor de corrección

| |
|---|
| 1.- Si el valor de DP/DM , se encuentra en el rango de 0.6 a 0.9 , se aplicara la siguiente fórmula: FC= A*(DP/DM) + (1-A)*(DP/DM)2 Donde: A = 0.5833 |
| 2.- Si el valor de DP/DM , se encuentra en el rango > 0.9 y <= 1 , se aplicara un FC = 1.20 |
| 3.- Si el valor de DP/DM , se encuentra en el rango < 0.6 , se aplicara un FC = 0.5 |
| Dónde: FC (Factor de Corrección) DP (Demanda Pico) DM (Demanda Máxima) |

Fuente: CONELEC

b. Cargos por servicios

9.0% del valor de la planilla por consumo, en concepto de Alumbrado Público, US\$ 4.77 contribución para el Cuerpo de Bomberos, el 10% del valor de la planilla por consumo, por Tasa de Recolección de Basura.

(www.conelec.gob.ec, 2011)

En la figura 2.3 se representa una planilla de pago del mes de septiembre del 2013 de toda la planta de Plasticaucho Industrial, por lo cual pudimos obtener los siguientes datos:



EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRONORTE S.A.
R.U.C. 1890001439001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RES. 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995

Aut. del S.R.L.: 1112326820 Fecha Aut.: 23-02-2013 Caduca: 15-02-2014
Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo
Teléfono: 03-2998600

Factura Nro.001-008-01019144

Fecha de Emisión: 01-Oct-2013 Vencimiento: 10-Oct-2013 Mes Consumo: Septiembre-2013

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Nombre: **PLASTICAUCHO INDUSTRIAL FABRIC** Código Único Eléctrico Nacional: **0100189789**
CC/ RUC: 9999999999999999

Dirección Notificación: PIA-IV ETAPA
Dirección del Servicio: PIA-IV ETAPA

Tipo de Tarifa: INDUSTRIAL CON DEMAN Ruta: 6 - 68 - 6 Tipo Lectura: LEIDO
Provincia: TUNGURAHUA Cantón: AMBATO

Medidor: 2762553 Fact. Multip.: 2300,00 Constante: 0,00
Desde: 01-09-2013 Hasta: 01-10-2013 Dias: 30

Factor Pot.: 0,90762 Penalización Fp: 0,01364 Fac. corrección: 1,20

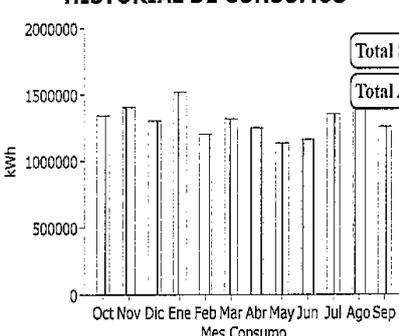
SUMINISTRO DEL SERVICIO ELECTRICO

| Concepto | Valor USD |
|------------------------|-----------|
| CONSUMO | 67.502,70 |
| Dem. Facturable | 12.503,48 |
| Penalización PF | 1.091,39 |
| P.I.T. | 0,00 |
| Valor Comercialización | 1,41 |
| Sub.Tarifa Dignidad CN | 0,00 |
| Sub.Tarifa Dignidad VC | 0,00 |

| Descripción | Actual | Anterior | Consumo | Und | Valor |
|-----------------|----------|----------|---------|------|-----------|
| Activa | 23530 | 22983 | 1258100 | kWh | 67.502,70 |
| Dem Máxima | 0,95 | 0,99 | 2277 | kW | |
| Dem Pico | 0,99 | 0,99 | 2277 | kW | |
| 08h00-18h00 L-V | 7243,08 | 7077,78 | 379500 | kWh | |
| 18h00-22h00 L-V | 2945,24 | 2876,44 | 158700 | kWh | |
| 22h-08h LVSDF | 12303,05 | 12016,61 | 657800 | kWh | |
| 18h00-22h00SDF | 1038,33 | 1012,5 | 57500 | kWh | |
| Reactiva | 12142 | 11889 | 581900 | kVAR | |

| 2012 | |
|------|---------|
| Oct | 1343200 |
| Nov | 1405300 |
| Dic | 1301800 |

HISTORIAL DE CONSUMOS



| 2013 | |
|------|---------|
| Ene | 1518000 |
| Feb | 1202900 |
| Mar | 1317900 |
| Abr | 1248900 |
| May | 1133900 |
| Jun | 1159200 |
| Jul | 1350100 |
| Ago | 1393800 |
| Sep | 1258100 |

Total Servicio Eléctrico: 81.098,96

Total Alumbrado Público: 313,00

| | |
|---------------|-----------|
| Total IVA 12% | 0,00 |
| Total IVA 0% | 81.411,96 |
| IVA 12% | 0,00 |
| IVA 0% | 0,00 |

TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (1): 81.411,96

SU AHORRO TARIFA DIGNIDAD 0,00



La Energía ya es de todos!

Figura 2. 3: Planilla Eléctrica

Fuente: Paul Molina

2.3.3 Calculos para determinar el pago de planilla

Para poder establecer el consumo, la demanda facturable, la penalización por bajo factor de potencia es necesario aplicar varias formulas de acuerdo a la tabla 2.1.

Para determinar el factor de corrección se divide la demanda pico (DP) sobre la demanda maxima(DM), en este caso en todos los meses está en el rango > 0.9 y ≤ 1 , se aplicara un factor de corrección **FC = 1.20**

Despues se calcula el factor de penalizacion con la siguiente formula:

Ec: 2.1

$$\text{Fac (pen)} = (0.92 / \text{factor de potencia}) - 1$$

Donde:

Fac (pen) = Factor de penalización

0.92 = constante

Este valor es calculado por la empresa electrica, y el factor de potencia es un dato medido. Para determinar la demanda facturable es necesario realizar la siguiente formula:

Ec: 2.2

$$\text{Dem (fac)} = (\text{Dem. Max}) * (\text{Cos. dem.}) * (\text{Fc})$$

Donde:

Dem (Fac) = demanda facturable

Dem. Max. = demanda maxima

Cos. dem. = costo de demanda conatante USD 4.576/KW

Fc = factor de corrección = 120

Para calcular la penalización se usa la siguiente fórmula:

Ec: 2.3

$$\text{Pen (Fp)} = (\text{consumo} + \text{Dem (Fac)}) * \text{Fac (pen)}$$

Dónde:

Pen (Fp) = penalización por bajo factor de potencia

Consumo = es el valor que se consume mes a mes en dólares

Dem (Fac) = demanda facturable ya calculada en dólares

Al tener todos estos valores ya se puede calcular el valor a pagar por el consumo de cada mes, así:

Ec: 2.4

$$\text{Valor a pagar} = \text{consumo} + \text{Dem. Fac.} + \text{Fac. pen} + 1.41$$

Dónde:

Valor a pagar = es el pago de planilla en dólares

1.42 = constante de comercialización

2.4 CONSUMOS ENERGÉTICOS

2.4.1 Uso y consumo eléctrico

El área de mezclas termoplásticas consume en su totalidad energía eléctrica la cual alimenta a motores, equipos de oficina e iluminación. En el anexo 2 se detalla el levantamiento de carga.

Este costo está reflejado en las planillas de energía consumida que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. 2: Descripción detallada de las facturas de Plasticaucho Industrial.

| CONSUMO DE ENERGÍA DEL 2013 PLASTICAUCHO INDUSTRIAL | | | | | | | |
|---|--------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| ENERO | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,518,000.00 | \$ 0.054020 | \$ 82,001.90 | 0.91089 | 1.2 | \$ 957.01 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2484 | 4.549 | \$ 11,299.72 | 0.91089 | 1.2 | |
| DEM. PICO | KW | 2484 | 0 | \$ - | 0.91089 | 1.2 | |

Continúa →

| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 473800 | \$ 0.061000 | \$ 28,901.80 | 0.91089 | 1.2 | |
|---------------------|--------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 195500 | \$ 0.075000 | \$ 14,662.50 | 0.91089 | 1.2 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 784300 | \$ 0.044000 | \$ 34,509.20 | 0.91089 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 64400 | \$ 0.061000 | \$ 3,928.40 | 0.91089 | 1.2 | |
| REACTIVA | KVAR | 687700 | 0 | \$ - | 0.91089 | 1.2 | |
| FEBRERO | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,202,900.00 | \$ 0.053906 | \$ 64,843.90 | 0.90821 | 1.2 | \$ 1,015.29 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2438 | 4.549 | \$ 11,090.46 | 0.90821 | 1.2 | |
| DEM. PICO | KW | 2438 | 0 | \$ - | 0.90821 | 1.2 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 361100 | \$ 0.061000 | \$ 22,027.10 | 0.90821 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 154100 | \$ 0.075000 | \$ 11,557.50 | 0.90821 | 1.2 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 637100 | \$ 0.044000 | \$ 28,032.40 | 0.90821 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 52900 | \$ 0.061000 | \$ 3,226.90 | 0.90821 | 1.2 | |
| REACTIVA | KVAR | 554300 | 0 | \$ - | 0.90821 | 1.2 | |
| MARZO | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,317,900.00 | \$ 0.053195 | \$ 70,106.30 | 0.90521 | 1.2 | \$ 1,359.88 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2392 | 4.549 | \$ 10,881.21 | 0.90521 | 1.2 | |
| DEM. PICO | KW | 2346 | 0 | \$ - | 0.90521 | 1.2 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 374900 | \$ 0.061000 | \$ 22,868.90 | 0.90521 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 149500 | \$ 0.075000 | \$ 11,212.50 | 0.90521 | 1.2 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 719900 | \$ 0.044000 | \$ 31,675.60 | 0.90521 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 71300 | \$ 0.061000 | \$ 4,349.30 | 0.90521 | 1.2 | |
| REACTIVA | KVAR | 618700 | 0 | \$ - | 0.90521 | 1.2 | |
| ABRIL | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,248,900.00 | \$ 0.053945 | \$ 67,371.60 | 0.89673 | 1.2 | \$ 2,066.48 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2231 | 4.549 | \$ 10,148.82 | 0.89673 | 1.2 | |
| DEM. PICO | KW | 2231 | 0 | \$ - | 0.89673 | 1.2 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 384100 | \$ 0.061000 | \$ 23,430.10 | 0.89673 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 161000 | \$ 0.075000 | \$ 12,075.00 | 0.89673 | 1.2 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 650900 | \$ 0.044000 | \$ 28,639.60 | 0.89673 | 1.2 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 52900 | \$ 0.061000 | \$ 3,226.90 | 0.89673 | 1.2 | |
| REACTIVA | KVAR | 616400 | 0 | \$ - | 0.89673 | 1.20 | |

Continúa →

| MAYO | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,133,900.00 | \$ 0.054191 | \$ 61,446.80 | 0.89551 | 1.20 | \$ 2,001.30 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2139 | - | \$ - | 0.89551 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2139 | - | \$ - | 0.89551 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 363400 | \$ 0.061000 | \$ 22,167.40 | 0.89551 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 149500 | \$ 0.075000 | \$ 11,212.50 | 0.89551 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 577300 | \$ 0.044000 | \$ 25,401.20 | 0.89551 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 43700 | \$ 0.061000 | \$ 2,665.70 | 0.89551 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 563500 | - | \$ - | 0.89551 | 1.20 | |
| JUNIO | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,159,200.00 | \$ 0.053778 | \$ 62,339.20 | 0.90701 | 1.20 | \$ 1,073.80 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2300 | - | \$ - | 0.90701 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2300 | - | \$ - | 0.90701 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 347300 | \$ 0.061000 | \$ 21,185.30 | 0.90701 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 144900 | \$ 0.075000 | \$ 10,867.50 | 0.90701 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 611800 | \$ 0.044000 | \$ 26,919.20 | 0.90701 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 55200 | \$ 0.061000 | \$ 3,367.20 | 0.90701 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 538200 | - | \$ - | 0.90701 | 1.20 | |
| JULIO | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,350,100.00 | \$ 0.054189 | \$ 73,160.70 | 0.90968 | 1.20 | \$ 979.46 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2392 | - | \$ - | 0.90968 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2392 | - | \$ - | 0.90968 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 423200 | \$ 0.061000 | \$ 25,815.20 | 0.90968 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 179400 | \$ 0.075000 | \$ 13,455.00 | 0.90968 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 696900 | \$ 0.044000 | \$ 30,663.60 | 0.90968 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 52900 | \$ 0.061000 | \$ 3,226.90 | 0.90968 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 616400 | - | \$ - | 0.90968 | 1.20 | |

Continúa →

| AGOSTO | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,393,800.00 | \$ 0.053756 | \$ 74,924.80 | 0.91006 | 1.20 | \$ 955.17 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2277 | - | \$ - | 0.91006 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2277 | - | \$ - | 0.91006 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 420900 | \$ 0.061000 | \$ 25,674.90 | 0.91006 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 172500 | \$ 0.075000 | \$ 12,937.50 | 0.91006 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 736000 | \$ 0.044000 | \$ 32,384.00 | 0.91006 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 64400 | \$ 0.061000 | \$ 3,928.40 | 0.91006 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 634800 | - | \$ - | 0.91006 | 1.20 | |
| SEPTIEMBRE | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,258,100.00 | \$ 0.053654 | \$ 67,502.70 | 0.90762 | 1.20 | \$ 1,091.39 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2277 | - | \$ - | 0.90762 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2277 | - | \$ - | 0.90762 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 379500 | \$ 0.061000 | \$ 23,149.50 | 0.90762 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 158700 | \$ 0.075000 | \$ 11,902.50 | 0.90762 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 657800 | \$ 0.044000 | \$ 28,943.20 | 0.90762 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 57500 | \$ 0.061000 | \$ 3,507.50 | 0.90762 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 581900 | - | \$ - | 0.90762 | 1.20 | |
| OCTUBRE | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,294,900.00 | \$ 0.054021 | \$ 69,952.20 | 0.90725 | 1.20 | \$ 1,158.75 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2277 | - | \$ - | 0.90725 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2277 | - | \$ - | 0.90725 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 395600 | \$ 0.061000 | \$ 24,131.60 | 0.90725 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 165600 | \$ 0.075000 | \$ 12,420.00 | 0.90725 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 676200 | \$ 0.044000 | \$ 29,752.80 | 0.90725 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 59800 | \$ 0.061000 | \$ 3,647.80 | 0.90725 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 600300 | - | \$ - | 0.90725 | 1.20 | |

Continúa →

| NOVIEMBRE | | | | | | | |
|---------------------|--------|-----------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,320,200.00 | \$ 0.054538 | \$ 72,001.50 | 0.90610 | 1.20 | \$ 1,313.57 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2484 | - | \$ - | 0.90610 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2461 | - | \$ - | 0.90610 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 437000 | \$ 0.061000 | \$ 26,657.00 | 0.90610 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 179400 | \$ 0.075000 | \$ 13,455.00 | 0.90610 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 657800 | \$ 0.044000 | \$ 28,943.20 | 0.90610 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 48300 | \$ 0.061000 | \$ 2,946.30 | 0.90610 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 616400 | - | \$ - | 0.90610 | 1.20 | |
| DICIEMBRE | | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Consumo | Precio Unitario | Total | Factor Potencia | Factor Corrección | Penalización PF |
| ACTIVA | KWH | 1,055,700.00 | \$ 0.053083 | \$ 56,039.50 | 0.90482 | 1.20 | \$ 1,164.89 |
| DEM. MAXIMA | KW | 2438 | - | \$ - | 0.90482 | 1.20 | |
| DEM. PICO | KW | 2415 | - | \$ - | 0.90482 | 1.20 | |
| 08h00 - 18h00 L-V | KWH | 294400 | \$ 0.061000 | \$ 17,958.40 | 0.90482 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 L-V | KWH | 119600 | \$ 0.075000 | \$ 8,970.00 | 0.90482 | 1.20 | |
| 22h00 - 08h00 LVSDf | KWH | 581900 | \$ 0.044000 | \$ 25,603.60 | 0.90482 | 1.20 | |
| 18h00 - 22h00 SDF | KWH | 57500 | \$ 0.061000 | \$ 3,507.50 | 0.90482 | 1.20 | |
| REACTIVA | KVAR | 496800 | - | \$ - | 0.90482 | 1.20 | |
| | | Valor promedio | 0,06831 | | | | |

Fuente: Jefatura de Servicios Generales

En el anexo 3 se representa los consumos correspondientes al año 2012 y 2013 debido a que para el análisis se necesita el estudio de 2 años.

2.4.2 Variación del factor de potencia (Fp)

Uno de los puntos más importantes y que repercuten de gran manera en el costo de la planilla es el factor de potencia ya que dependiendo de este existen penalizaciones por su incumplimiento.



Figura 2. 4: Factor de potencia (FP)

Fuente: Paul Molina

Como se muestra en la figura 2.4 al pasar los años el factor de potencia va mejorando, lo cual es beneficioso para la industria que busca la implementación de procesos enfocados en la mejora continua.

2.4.2 Variación de factor de penalización

El factor de penalización muestra que dependiendo del factor de potencia existe una multa ya que no está dentro de los límites establecidos por el CONELEC



Figura 2. 5: Factor de penalización

En la figura 2.5 se muestra que el factor de penalización ha ido disminuyendo debido a los planes implementados por la empresa para lograr este objetivo, que va de la mano con la implementación de nuevos planes de eficiencia energética.

2.5 LEVANTAMIENTO DE CARGAS

2.5.1 Tendencia de antigüedades de las máquinas

El levantamiento de carga es para tener una idea general de la situación de las maquinarias para lo cual se realiza un estudio de tendencia determinando así la antigüedad de las máquinas. En la figura 2.6 se puede notar de forma clara la tendencia en años de construcción.

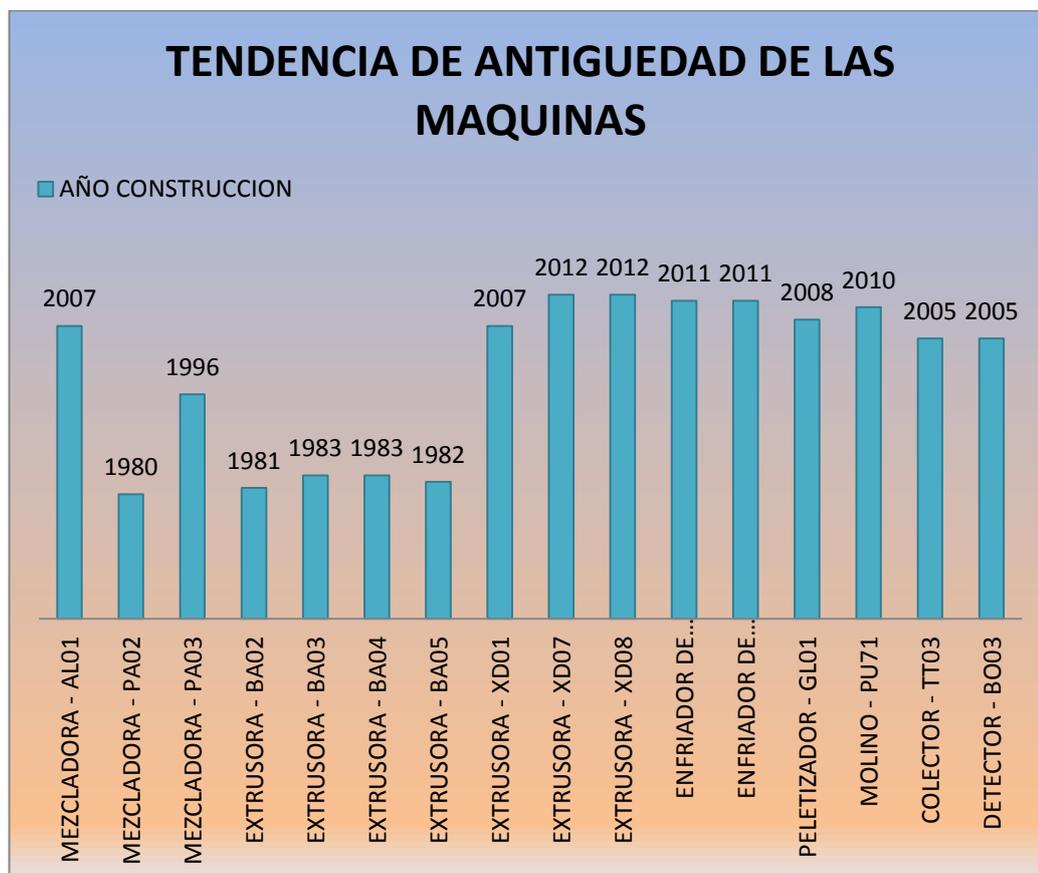


Figura 2. 6: Tendencia de antigüedad de las máquinas

Fuente Paul Molina

Con estos resultados se puede definir de que las mezcladoras tiene una tendencia de actualización mediana es decir que desde 1980 se ha actualizado hasta el 2007 por lo tanto se encuentra en un nivel aceptable, las extrusoras se puede decir que las más importantes son antiguas, pero están completamente operativas, esto se debe, a un buen plan de mantenimiento.

Recientemente en el 2012 se adquirió 2 extrusoras la XD07 y la XD08 que al no ser muy grandes solo se las utiliza solo para el reproceso ya que los extrusores marca (bausanos) son los más significativos

Los enfriadores de gránulos fueron adquiridos años atrás puesto que se los enfriaba solo con ventiladores pero esto no era muy eficiente ya que se demoraban mucho por esta razón nació la necesidad de adquirir mesas enfriadoras

En el sistema de reproceso se especifica que años atrás solo funcionaba un molino antiguo, al existir mayor material de reproceso en el 2010 se compró el molino Pullian para garantizar su durabilidad se reubico el detector de metales y el colector de pelusa que fueron adquiridos en el 2005 y funcionaba en la otra planta de Catiglata, con esto el molino no estaba expuesto a factores que lo dañen como es la pelusa o metales incrustados en el material de reproceso

2.5.2 Iluminación [8]

Según el “DECRETO EJECUTIVO 2393 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO” emitido por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.)

Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS.

Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

Tabla 2. 3: Niveles de iluminación

| NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA PARA TRABAJOS | |
|---|---|
| ILUMINACIÓN MÍNIMA | ACTIVIDADES |
| 20 luxes | Pasillos, patios y lugares de paso. |
| 50 luxes | Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos. |
| 100 luxes | Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores. |
| 200 luxes | Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas. |
| 300 luxes | Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, laboratorios, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía. |
| 500 luxes | Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo. |
| 1000 luxes | Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería. |

Fuente: DECRETO EJECUTIVO 2393 del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)

Al observar la norma del IESS se constata el tipo de iluminación existente así como los niveles de iluminación que actualmente se encuentran implementados, para establecer un punto de comparación después de ser implementadas las mejoras.

Los niveles de iluminación existentes están basados en datos entregados por el departamento de servicios generales pero no son actuales, por lo que se realizó mediciones para determinar las cantidades y contrastar con los anteriores valores que se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2. 4: Niveles de iluminación

| Lugar de medición | Mediciones actuales (LUXES) | Estándares según el IESS (LUXES) | Observaciones |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|
| Ubicación de máquinas principales | 250 | 100 | No cumple |
| Bodega producto terminado | 100 | 50 | No cumple |
| Laboratorio | 200 | 300 | No cumple |
| Oficinas | 85 | 100 | No cumple |

Fuente: Mantenimiento de Servicios Generales

Elaborado por: Paul Molina

En la tabla 2.4 podemos definir que los parámetros de iluminación no son los correctos ya que en el sector de máquinas principales según el IESS tiene que tener 100 Luxes pero al realizar las mediciones observamos que tiene un promedio de 250 Luxes lo cual es muy elevado al igual que el sector de bodega de producto terminado, por otra parte en el sector de laboratorios no llega al estándar fijado que es de 300 Luxes solo apenas tiene 200 Luxes lo cual no es recomendable del mismo modo todo lo que son oficinas no llega a los estándares fijados por el IESS lo cual necesita que se realice un cambio o una mejora.

En la figura 2.7 se describe el tipo de lámparas utilizadas para el área de Mezclas Termoplásticas:

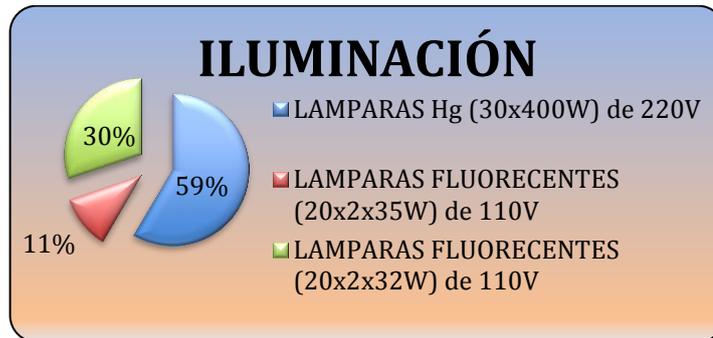


Figura 2. 7: Tipo de iluminación

Fuente: Paul Molina

El tipo de fuentes luminosas que predominan son lámparas de mercurio (Hg) de 220 voltios y en algunos sectores tenemos lámparas fluorescentes de 110 voltios, dichas áreas serán consideradas como de potencial ahorro y serán seleccionadas para el rediseño de iluminación eficiente

2.5.3 Equipos de oficina

Es necesario tener en cuenta el consumo de los equipos de oficina que aunque no representan un consumo significativo de energía son importantes para llevar un control detallado de la carga instalada.

En la figura 2.8 se detallan los equipos de oficina.

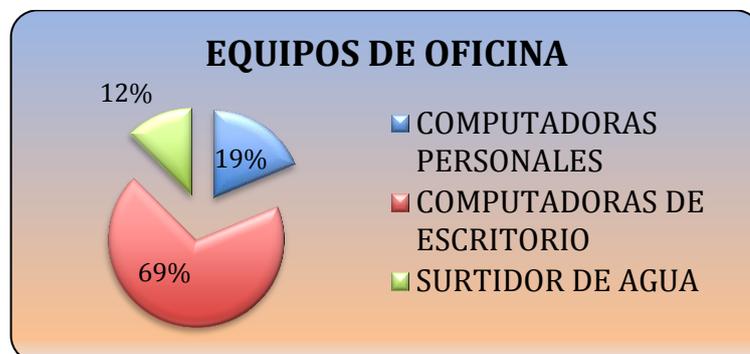


Figura 2. 8: Equipos de oficina

Fuente: Paul Molina

2.6 DATOS DE PRODUCCIÓN

El producto final elaborado en esta área es el PVC. El PVC es un plástico derivado del petróleo (Gas Etileno) y la sal. Se presenta en su forma original como un polvo blanco. Este polvo debe ser mezclado con adecuadas cantidades de aditivos (estabilizantes, pigmentos, plastificantes) para obtener el compuestos de PVC.

El compuesto resultante puede ser modelado por inyección o por extrusión, en nuestro caso de mezclas termoplásticas es extruido y así obtenemos el pellet que es enviado a las diferentes plantas.

En la siguiente tabla se muestra la producción anual de los años 2012 y 2013 que posteriormente serán tomados en cuenta para nuestro análisis.

Tabla 2. 5: Producción anual

| PVC PRODUCCIÓN KG | | |
|-------------------|------------|----------------------|
| 2012 | ENERO | 2.498.439,88 |
| | FEBRERO | 1.978.433,82 |
| | MARZO | 2.361.412,46 |
| | ABRIL | 2.176.175,83 |
| | MAYO | 1.871.297,76 |
| | JUNIO | 1.596.011,83 |
| | JULIO | 1.517.234,15 |
| | AGOSTO | 1.810.549,04 |
| | SEPTIEMBRE | 2.156.553,42 |
| | OCTUBRE | 2.289.752,89 |
| | NOVIEMBRE | 2.276.614,51 |
| | DICIEMBRE | 2.474.929,63 |
| Total 2012 | | 25.007.405,21 |
| 2013 | ENERO | 1594244,36 |
| | FEBRERO | 1678319,91 |
| | MARZO | 1576711,41 |
| | ABRIL | 1682584,91 |
| | MAYO | 1331053,21 |
| | JUNIO | 1452822,53 |
| | JULIO | 1643528,86 |
| | AGOSTO | 1818133,61 |
| | SEPTIEMBRE | 1933975,64 |
| | OCTUBRE | 1643622,46 |
| | NOVIEMBRE | 1678319,91 |
| | DICIEMBRE | 1815768,89 |
| Total2013 | | 19.849.087,70 |

Fuente: Jefatura de producción Plasticaucho Industrial S.A.

Al obtener estos datos de producción de todos los meses durante 2 años como nos indica la norma ISO 50001, podemos definir que en el mes de enero de 2012 se tuvo una producción elevada, esto se debe a que se tuvo una gran demanda de material.

En los meses posteriores disminuye gradualmente la producción por temporada baja incluso en el 2013 se suspende 1 turno, este fenómeno se le observa desde marzo hasta julio, a partir de este punto sube la producción debido a la exportación de material hacia Colombia desde el mes de Agosto hasta Octubre, los meses restantes (noviembre y diciembre) sube la producción por demanda. El 2013 tiene un comportamiento similar pero en su producción anual baja de modo que el 2012 se produjo más material que el 2013 por tal razón es necesario analizar y proyectarse en el 2014 a aumentar la producción con un costo de energía más bajo.

2.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para poder describir los procesos de producción en el área de mezclas termoplásticas, observamos que todas las máquinas y/o equipos están alimentados por un transformador de 500 KVA de 13.8 KV a 220 V y otro de 1000 KVA de 13.8 KV a 440 V.

Las máquinas y/o equipos se encuentran definidas en el anexo 2.

2.7.1 Proceso de transporte de aceites y resinas

Mediante bombas se transportan los diferentes tipos de aceites y resinas que se obtiene de los silos de almacenamiento hacia las máquinas mezcladoras. Los ingredientes que se usa para la obtención de la masa plástica son los siguientes:

- Resina

- D.O.P (Di Octil Pialato)
- Parafina
- Estabilizante
- Aceite de soya

En la siguiente tabla se muestran las máquinas involucradas en el proceso.

Tabla 2. 6: Máquinas utilizadas en el proceso.

| PROCESO DE TRANSPORTE DE ACEITES Y RESINAS | | | |
|---|--|--|-------------------|
| Flujograma | Descripción del proceso | Gráficos de las bombas | Código |
|  INICIO | Almacenamiento de aceites y resinas de los silos |  | AVALONG (AL01) |
|  SUCCIÓN DEL MATERIAL | Mediante bombas se realiza el transporte de la materia prima desde los silos hacia las mezcladoras |  | PAPENMEIER (PA02) |
|  FIN | Materia prima transportado hacia las diferentes mezcladoras |  | PAPENMEIER (PA03) |

Elaborado por: Paul Molina

En la figura 2.9 se observa el proceso de transporte de aceites y resinas desde los silos hacia las mezcladoras

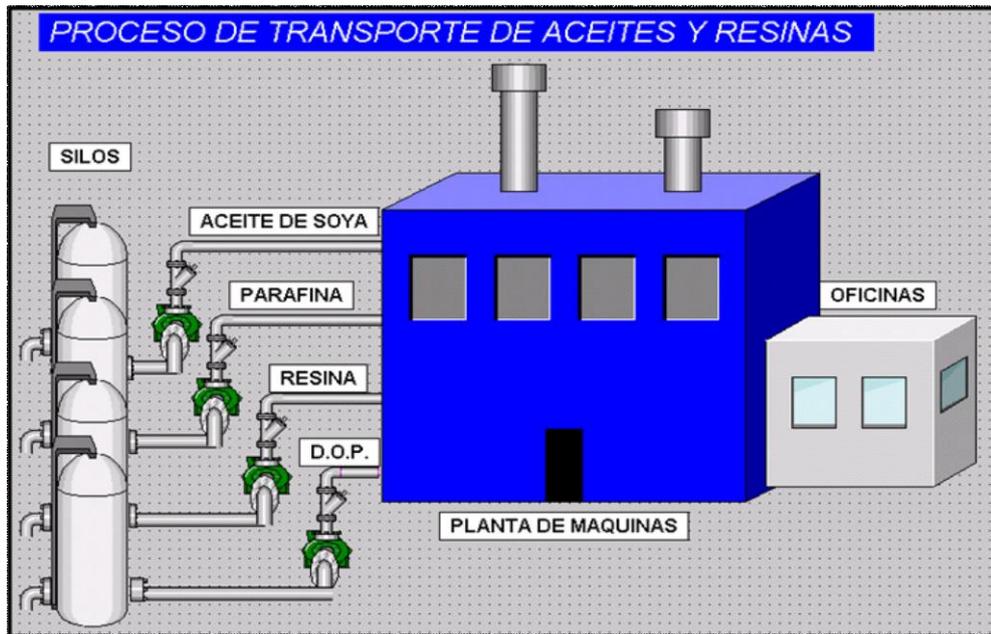


Figura 2. 9: Representación del proceso de transporte de materia prima.

2.7.2 Proceso de Mezclado

Después del transporte de aceites y resinas se realiza un pesaje para determinar las proporciones de ingreso de los materiales a las máquinas, los porcentajes de ingreso de los materiales dependerán de la fórmula que se necesite, a continuación ingresa a la mezcladora y empieza el proceso de mezclado, además en esta parte del proceso se añade manualmente una proporción de carbonato, esto hace que el material sea más abrasivo es decir tome una consistencia viscosa. En la siguiente tabla observamos las máquinas involucradas en el proceso.

Tabla 2. 7: Máquinas utilizadas en el proceso

| PROCESO DE MEZCLADO | | | |
|---|---|---|-------------------|
| Flujograma | Descripción del proceso | Gráficos de las mezcladoras | Código |
|  | Arribo de la materia prima |  | AVALONG (AL01) |
|  | Al llegar la materia prima es necesario realizar un pesaje ya que el proceso está en función de una fórmula |  | PAPENMEIER (PA02) |
|  | Después de que los aceites y resinas llegan en proporciones correctas se procede al proceso de mezclado |  | PAPENMEIER (PA03) |
|  | Al terminar el proceso de mezclado se realiza se tiene que enfriar al polvo de PVC | | |

Elaborado por: Paul Molina

En la figura 2.10 Se observa el proceso en donde ingresan los aceites y resinas en porcentajes ya definidos hacia la mezcladora

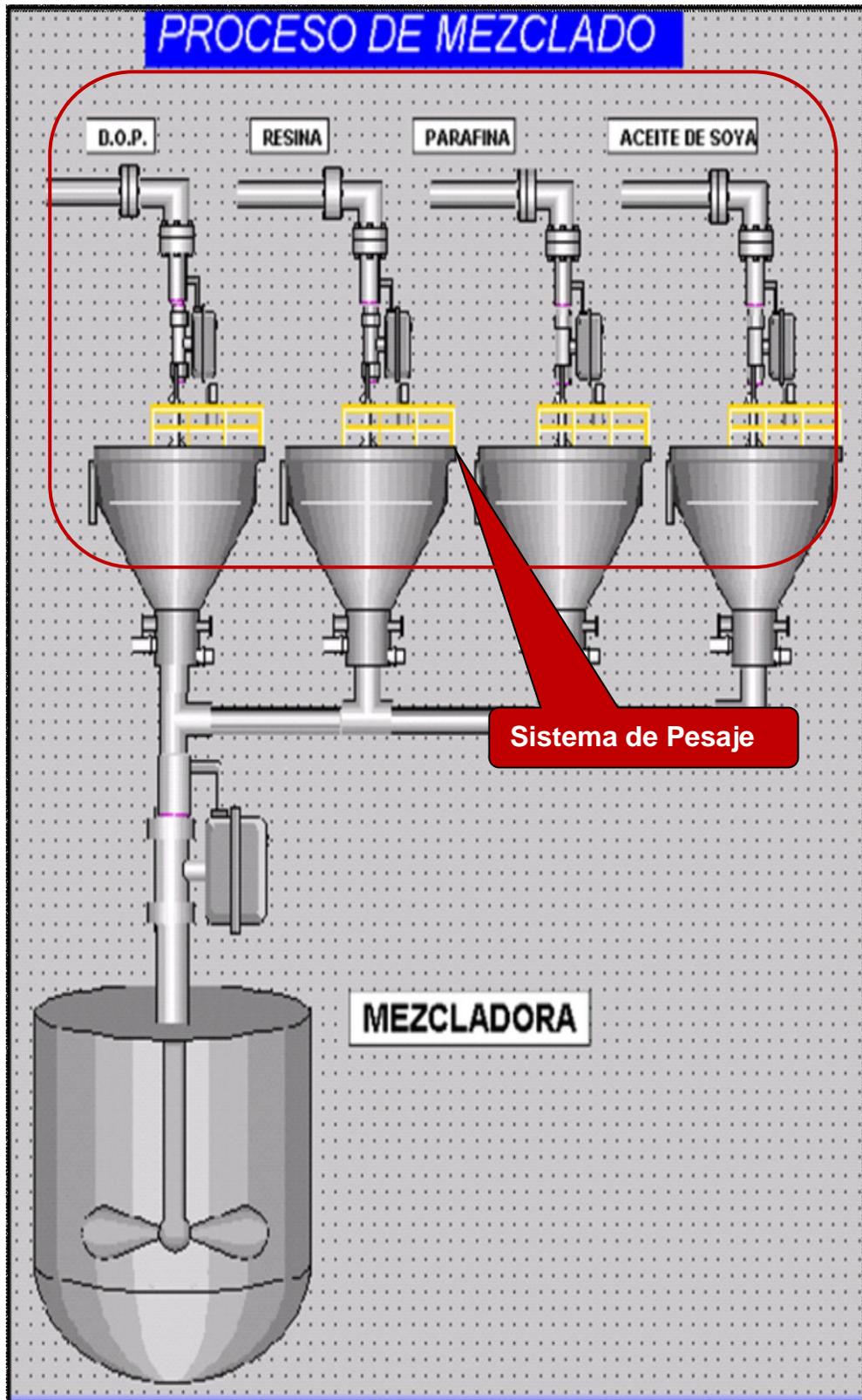


Figura 2. 10: Ingreso de aceites y resinas hacia la mezcladora

Fuente Paul Molina

2.7.3 Enfriamiento del polvo de PVC

Debido al rose del material la temperatura de la masa plástica se eleva, por tanto, debe pasar por un proceso de enfriado el cual se lo realiza en una tolva de la misma máquina. En la siguiente tabla se muestra en resumen el proceso y las máquinas involucradas en el proceso.

Tabla 2. 8: Descripción gráfica del proceso.

| PROCESO DE ENFRIAMIENTO DEL POLVO DE PVC | | | |
|---|---|--|-------------------|
| Flujograma | Descripción de la actividad | Gráficos de las mezcladoras | Código |
|  | Al ingresar el material tiene una temperatura de 40°C |  | AVALONG (AL01) |
| ↓ | | | |
|  | Es necesario realizar un enfriamiento ya que no se puede transportar a los silos en esas temperaturas porque dañaría las cañerías plásticas y es necesario que estén a temperatura ambiente |  | PAPENMEIER (PA02) |
| ↓ | | | |
|  | Mediante bombas de vacío se transporta el polvo de PVC hacia los silos |  | PAPENMEIER (PA03) |
| ↓ | | | |
|  | El producto terminado se almacena en los silos | | |

Elaborado por: Paul Molina

En la figura 2.11. Se puede apreciar el proceso de enfriamiento del polvo de PVC

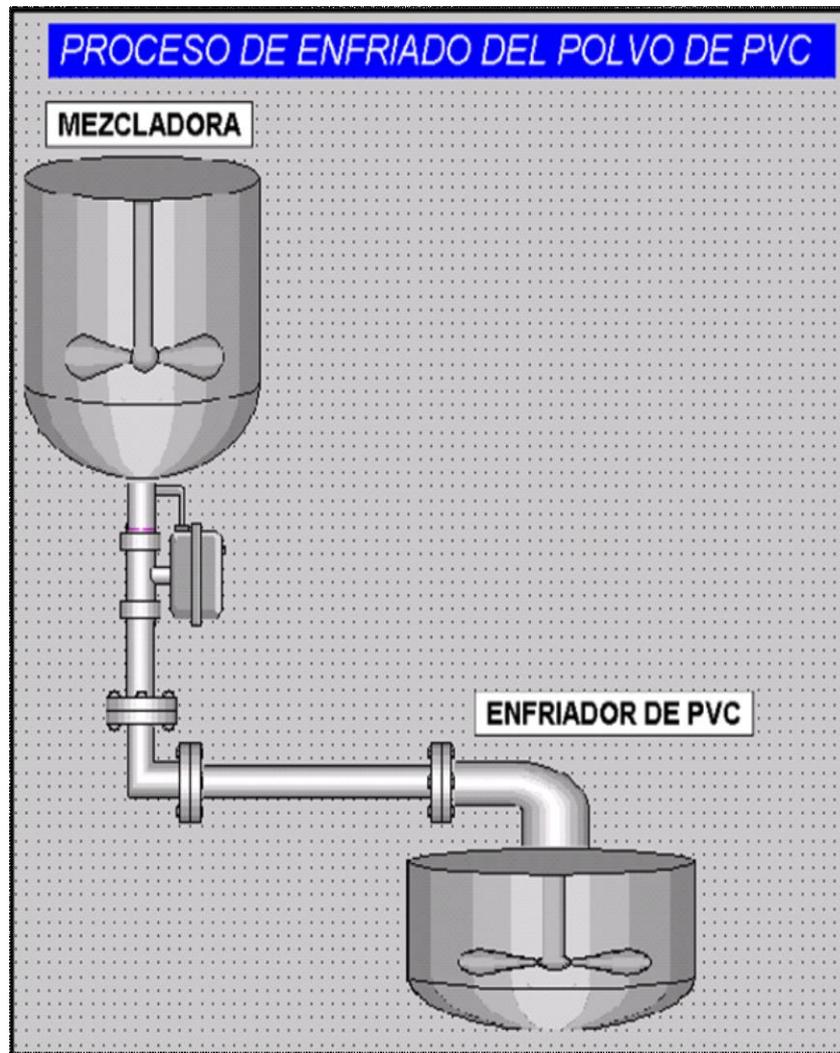


Figura 2. 11: Proceso de enfriamiento del polvo de PVC

Fuente Paul Molina

2.7.4 Proceso de Extrusión

Se alimenta al extrusor con la masa plástica que se encuentra en forma de polvo, dentro del extrusor se eleva la temperatura mediante resistencias tipo collar, aproximadamente a unos 120 °C. El polvo de PVC se transforma en una masa sólida caliente, posterior a esto se realiza el corte de los pellets ya que el material se encuentra maleable.

En la siguiente tabla se muestran las máquinas extrusoras involucradas en el proceso.

Tabla 2. 9: Máquinas utilizadas en el proceso.

| PROCESO DE EXTRUSIÓN | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| Flujograma | Descripción del proceso | Gráficos de las extrusoras | Código |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">INICIO</div> ↓ | Transporte del polvo de PVC hacia el extrusor |  | XINDA (XD01) |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">ALIMENTACIÓN DE L POLVO DE PVC AL</div> ↓ | Se deposita en tolvas el polvo de PVC para alimentar al extrusor |   | XINDA (XD07) XINDA (XD08) |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">CALENTAMIENTO DEL POLVO PVC</div> ↓ | En el extrusor se eleva la temperatura a 120°C por medio de resistencias para transformar el polvo de PVC en masa plástica |   | BAUSANO (BA02) BAUSANO (BA03) |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">CORTE DE LA MASA PLÁSTICA DE PVC</div> ↓ | Al obtener la masa plástica se procede al corte del pellet mediante cuchillas rotatorias impulsadas por un motor |   | BAUSANO (BA04) |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">FIN</div> | Se transporta el pellet hacia los enfriadores ya que salen con una temperatura aproximada de 40°C. |  | BAUSANO (BA05) |

Elaborado por: Paul Molina

En la figura 2.12. Se puede puntualizar el proceso de extrucción

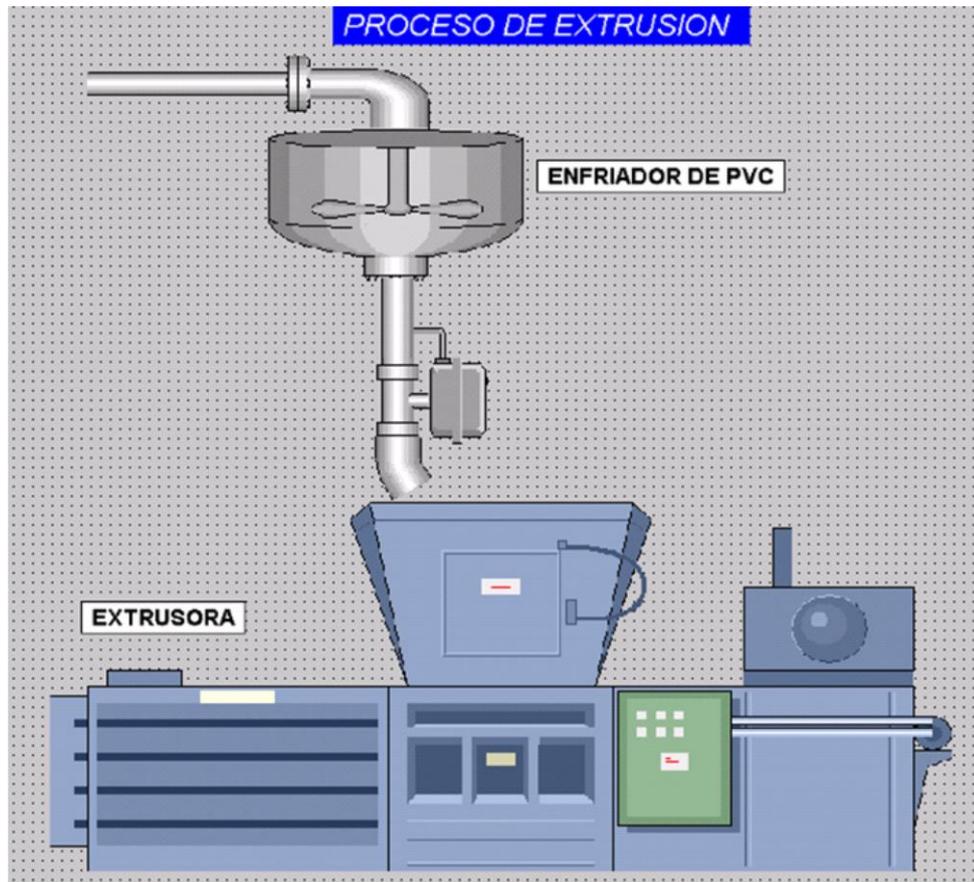


Figura 2. 12: Proceso de extrusión

Fuente Paul Molina

2.7.5 Enfriamiento de pellet

El material al salir del extrusor tiene una temperatura alta de aproximadamente unos 40 °C y se pueden adherir entre ellos por tanto es necesario enfriarles y además este proceso sirve para facilitar su transporte hacia los súper sacos para su posterior uso o almacenamiento a los silos.

a. Enfriamiento por Aire:

Al salir de la cortadora de pellets se los transporta hacia unas máquinas especiales que tiene ventiladores y moto vibradores lo cual hace que se enfríen por medio de aire ventilándolas y de esta manera enfriándola

En la siguiente tabla se muestran los enfriadores de pellets por aire.

Tabla 2. 10: Descripción gráfica de los enfriadores de pellets por aire.

| ENFRIAMIENTO DE PELLETS (Aire) | | | | |
|--------------------------------|--|---|--|----------------|
| | Flujograma | Descripción del proceso | Gráficos de los enfriadores | Código |
| | <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">INICIO</div> <div style="text-align: center;">↓</div> | Se transporta los pellets hacia las enfriadoras |  | BAUSANO (BA08) |
| | <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">PROCESO DE ENFRIAMIENTO POR AIRE</div> <div style="text-align: center;">↓</div> | Mediante ventiladores y moto vibradores se procede al enfriamiento del material |  | BAUSANO (BA09) |
| | <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">FIN</div> | | | |

Elaborado por: Paul Molina

En la figura 2.13. Se puede apreciar el proceso de enfriamiento de pellets

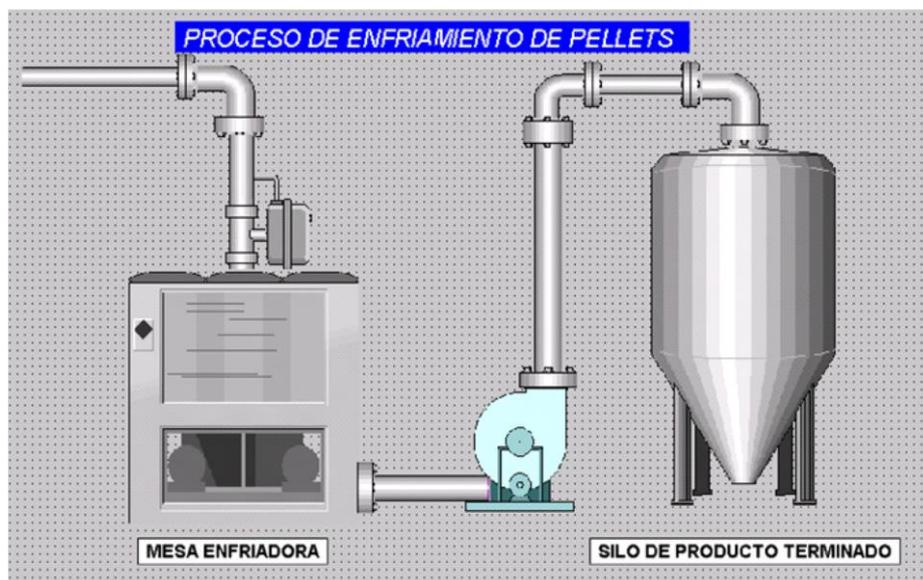


Figura 2. 13: Proceso de enfriamiento de pellet

Fuente Paul Molina

b. Enfriamiento por agua:

En este proceso de enfriamiento también existe una máquina que lo hace con agua, lo cual es posible ya que después del corte que realiza las cuchillas se envía agua a través de tuberías y el agua al tener contacto con el pellet se enfría mediante un intercambio de calor, al enfriarlos se los filtra del agua y por medio de ventiladores se los transporta

Tabla 2. 11: Enfriadores de pellets por agua.

| ENFRIAMIENTO DE PELLETS (Agua) | | | | |
|--|---|--|-------------|--|
| Flujograma | Descripción del proceso | Gráficos de los enfriadores | Código | |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">INICIO</div> <div style="text-align: center;">↓</div> | Se transporta los pellets hacia el enfriador |  | GALA (GL01) | |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> PROCESO DE ENFRIAMIENTO POR AGUA </div> <div style="text-align: center;">↓</div> | por medio del agua también se puede enfriar, ya que después del corte del pellet se mezcla produciéndose un intercambio de calor al llegar a su temperatura se le filtra y se le transporta | | | |
| <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">FIN</div> | | | | |

Elaborado por: Paul Molina

2.7.6 Trituración del material recuperado

Antes del proceso de molido es importante realizar una detección de metales ya que pueden estar incrustados en el material reciclado o en algún lugar de las rebabas y si por accidente ingresaran a las cuchillas del molino esto provocaría daños severos en la máquina y afectaría el sistema de extrusión al unirse con el material virgen. Luego se procede al proceso de

molido de todo este material, pero al moler todo ese material se produce un cantidad alta de pelusa por lo que se necesita un colector de pelusa para que no se contamine al aire al igual que el material molido. Finalmente este material es enviado junto a los pellets ya listos para su posterior inyección. En la siguiente tabla se muestran las máquinas utilizadas en este proceso.

Tabla 2. 12: Sistema de reproceso.

| SISTEMA DE REPROCESO | | | | |
|----------------------|---|--|-----------------|--|
| Flujograma | Descripción del proceso | Gráficos de las máquinas | Código | |
| INICIO | En esta parte del proceso ingresa material no conforme y material reciclado como por ejemplo botas mal inyectadas rebabas |  | PRAPENTA (BO03) | |
| DETECCIÓN DE METALES | Es necesario realizar una detección de metales ya que no puede ingresar restos metálicos a la trituradora ya que se produce daños en las cuchillas | | | |
| TRITURACIÓN | El proceso de molido comprende en triturar el material y como es de PVC se puede volver a extruir y con esto se puede utilizar nuevamente |  | PULLIAN (PU71) | |
| COLECTOR DE PELUSA | Al someter el material a la trituración se desprende una pelusa ya que las botas poseen una media interna y esta al triturarse genera pelusa por lo que es necesario recolectar |  | DONALSON (TT03) | |
| FIN | | | | |

Elaborado por: Paul Molina

En la figura 2.14. Se observa cómo funciona el sistema de reproceso, la detección de metales la trituración y la recolección de la pelusa

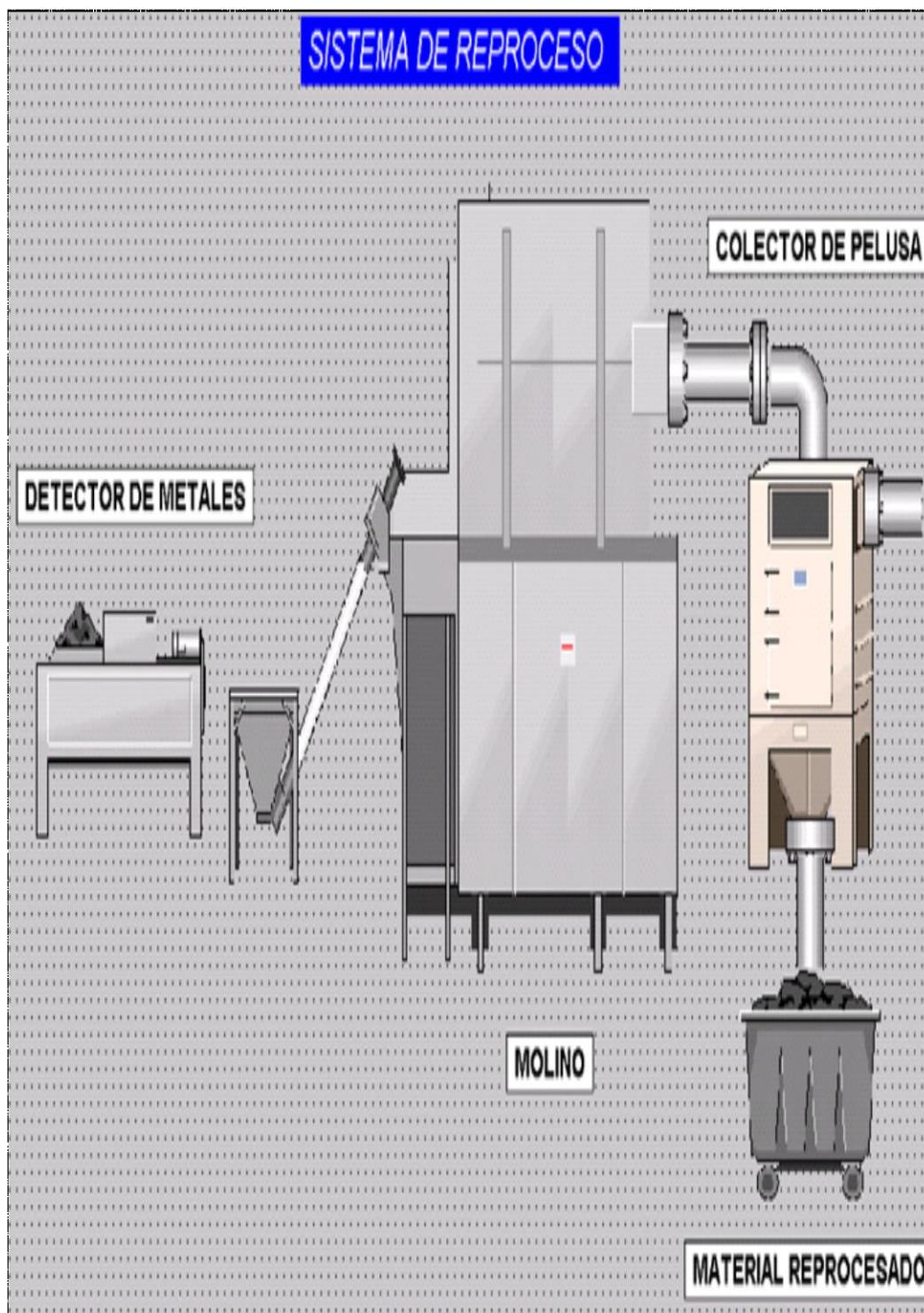


Figura 2. 14: Sistema de reproceso.

Fuente: Paul Molina

2.8 FLUJOGRAMA GENERAL DE MEZCLAS TERMOPLÁSTICAS

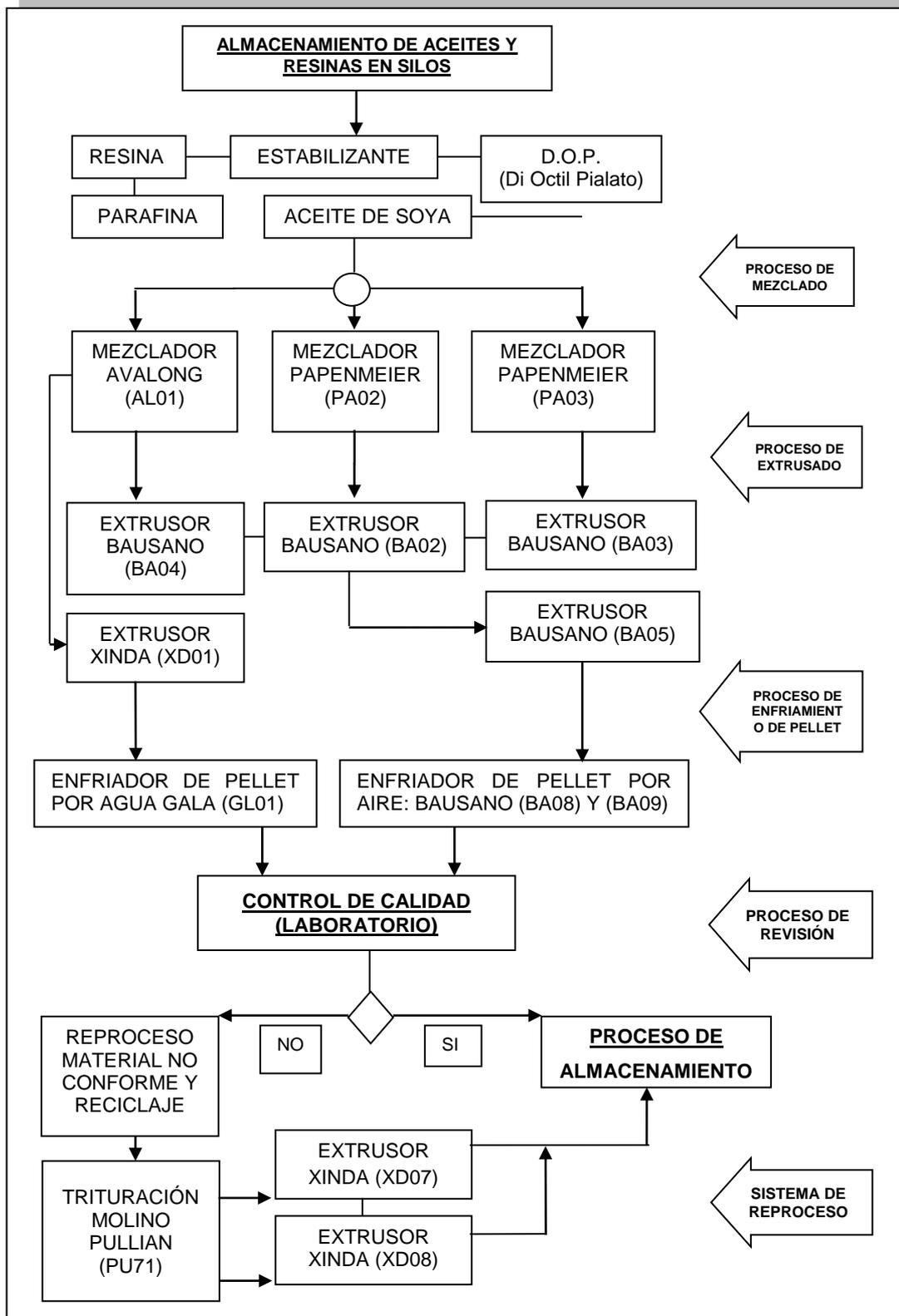


Figura 2. 15: Descripción del proceso de producción

Fuente: Paul Molina

2.9 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS [9]

De acuerdo a los diferentes procesos descritos en el punto anterior se realizó una evaluación y análisis de cada máquina y sus sistemas obteniendo los siguientes resultados:

La evaluación se basa a los indicadores que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. 13: Evaluación del estado técnico de los equipos

| ESTADO TÉCNICO DE LOS EQUIPOS | | | |
|-------------------------------|--------|------------|---------------------------|
| ESTADO TÉCNICO | % | VALORACIÓN | SERVICIO DE MANTENIMIENTO |
| BUENO | 90-100 | 1 | REVISIÓN |
| REGULAR | 75-89 | 0.8 | REPARACIÓN PEQUEÑA |
| MALO | 50-74 | 0.6 | REPARACIÓN MEDIA |
| MUY MALO | < 50 | 0.4 | REPARACIÓN GENERAL |

Fuente: (Zamora Denis & Morera Feito, 1984)

2.9.1 Sistema de mezclado:

a. MEZCLADORA AVALONG

Tabla 2. 14: Evaluación mezcladora Avalong

| | |
|--------------------|-------------|
| CÓDIGO | AL01 |
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2007 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema de pesaje | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| Sistema eléctrico | 0,6 |
| Sistema neumático | 0,8 |
| TOTAL | 3,4 |
| Valoración en % | 85,0 |

Fuente: Paul Molina

- El sistema de pesaje se encuentra en buen estado, además los aceites y resinas se encuentran en proporciones correctas según la fórmula de PVC.
- El sistema mecánico está en pésimas condiciones, el motor mezclador necesita de mantenimiento o un cambio ya que produce ruidos excesivos y vibraciones altas.
- El sistema eléctrico no presenta fallas por ser relativamente moderno, cuenta con arrancadores suaves que funcionan de manera adecuada.
- Sistema neumático de la máquina está en condiciones aceptables ya que recientemente se le realizó los mantenimientos necesarios.

b. MEZCLADORA PAPANMEIER

Tabla 2. 15: Evaluación mezcladora Papanmeier

| CÓDIGO | PA02 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 1980 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema de pesaje | 0,6 |
| Sistema mecánico | 0,6 |
| Sistema eléctrico | 0,8 |
| Sistema neumático | 1 |
| TOTAL | 3 |
| Valoración en % | 75,0 |

Fuente: Paul Molina

- El sistema de pesaje requiere de un mantenimiento amplio ya que la fórmula de PVC no es exacta puesto que las pruebas de laboratorio analizan de que en cada parada tiene una variación entre la una y la otra.
- En el sistema mecánico determinamos que el motor mezclador y el motor enfriador se encuentran en mal estado por su excesivo ruido y vibraciones altas, y al analizar en los resultados foto - térmicos los motores tienen puntos calientes, por lo que requiere de un mantenimiento alto o a su vez una adquisición de motores eficientes.

- El sistema eléctrico se encuentra en buen estado. Se han realizado los mantenimientos necesarios.
- El sistema neumático de esta máquina se encuentra en condiciones aceptables por que recientemente se realizó un mantenimiento en el que se cambió válvulas para evitar fugas de aire.

c. MEZCLADORA PAPPENMEIER

Tabla 2. 16: Evaluación mezcladora Pappenmeier

| CÓDIGO | PA03 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 1996 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema de pesaje | 0,8 |
| Sistema mecánico | 0,8 |
| Sistema eléctrico | 0,8 |
| Sistema neumático | 1 |
| TOTAL | 3,4 |
| Valoración en % | 85,0 |

Fuente: Paul Molina

- El sistema de pesaje se encuentra en condiciones aceptables ya que la variación en la formula entre parada y parada no es muy grande.
- El sistema mecánico de la máquina está en buenas condiciones, esto debido a que se arregló el motor mezclador recientemente, por tanto, no presenta vibraciones altas.
- El sistema eléctrico se encuentra en condiciones aceptables debido a mantenimientos realizados de manera oportuna.
- En el sistema neumático al igual que la mezcladora PA02 se realizó un cambio de válvulas, por lo que él se encuentra en condiciones aceptables.

2.9.2 Sistema de Extrusión:

a. EXTRUSOR XINDA

Tabla 2. 17: Evaluación extrusor Xinda

| CÓDIGO | XD01 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2007 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 0,8 |
| Sistema mecánico | 0,8 |
| TOTAL | 1,6 |
| Valoración en % | 80,0 |

Fuente: Paul Molina

- Al analizar el sistema eléctrico de la máquina nos damos cuenta que el estado de las conexiones se encuentran en buen estado al igual que los dispositivos actuadores como son relés y contactores.
- Se observa el sistema mecánico de la máquina que se encuentra en un estado aceptable, ya que los motores están funcionando correctamente y la temperatura de la maza plástica es la correcta para proceder al corte de pellets.

b. EXTRUSOR XINDA

Tabla 2. 18: Evaluación del equipo extrusor Xinda

| CÓDIGO | XD07 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2012 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

c. EXTRUSOR XINDA

Tabla 2. 19: Evaluación extrusor Xinda

| CÓDIGO | XD08 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2012 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

- Las extrusoras XD07 Y XD 08 se encuentran en buen estado ya que tienen pocos años de uso.

d. EXTRUSOR BAUSANO

Tabla 2. 20: Evaluación extrusor Bausano

| CÓDIGO | BA02 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 1981 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 0,8 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 1,8 |
| Valoración en % | 90,0 |

Fuente: Paul Molina

- Pese a sus años de uso se le ha mantenido en buen estado, ya que solo ha presentado pequeños daños en el sistema eléctrico, como por ejemplo cambios en los sistemas actuadores

e. EXTRUSOR BAUSANO

Tabla 2. 21: Evaluación extrusor Bausano

| CÓDIGO | BA03 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 1983 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

- Esta máquina acaba de pasar por un overhaul por lo que todos los sistemas funcionan correctamente.

f. EXTRUSOR BAUSANO

Tabla 2. 22: Evaluación extrusor Bausano

| CÓDIGO | BA04 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 1983 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 0,6 |
| Sistema mecánico | 0,8 |
| TOTAL | 1,4 |
| Valoración en % | 70,0 |

Fuente: Paul Molina

- El sistema eléctrico se encuentra en mal estado ya que las conexiones están deterioradas, los equipos actuadores están obsoletos, por lo que requieren de un cambio.
- El sistema mecánico de esta máquina se encuentra en mejores condiciones que el sistema eléctrico ya que todas las resistencias elevadoras de temperatura funcionan correctamente los motores se

encuentran en buen estado y la temperatura de la masa plástica es la correcta para el proceso siguiente que es el corte de los pellets.

g. EXTRUSOR BAUSANO

Tabla 2. 23: Evaluación extrusor Bausano

| CÓDIGO | BA05 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 1982 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

- Esta máquina acaba de pasar por un overhaul, y entro a funcionar nuevamente debido al incremento de producción en la planta.

2.9.3 Sistema de enfriamiento de Pellets:

a. ENFRIADOR DE GRANULOS (PELLETS) – AIRE

Tabla 2. 24: Evaluación del equipo Enfriador de Gránulos

| CÓDIGO | BA08 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2011 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

b. ENFRIADOR DE GRANULOS (PELLETS) – AIRE

Tabla 2. 25: Evaluación del equipo Enfriador de Gránulos

| CÓDIGO | BA09 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2011 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

- Al analizar estas máquinas (BA08 y BA09) podemos decir que todos los sistemas funcionan bien, ya que tienen pocos años de uso y se les ha dado los mantenimientos correspondientes.

c. ENFRIADOR DE GRANULOS (PELLETS) – AGUA

Tabla 2. 26: Evaluación del equipo Enfriador de Gránulos

| CÓDIGO | GL01 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2008 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

- Al igual que los enfriadores por aire, esta máquina se encuentra en buen estado.

2.9.4 Sistema de Reproceso:

a. COLECTOR DE PELUSA DONALSON

Tabla 2. 27: Evaluación Colector de pelusa

| | |
|--------------------|-------------|
| CÓDIGO | TT03 |
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2005 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 0,8 |
| Sistema neumático | 0,8 |
| TOTAL | 1,6 |
| Valoración en % | 80,0 |

Fuente: Paul Molina

- El sistema eléctrico se encuentra en un estado aceptable. Se hizo un mantenimiento recientemente en el que se cambió los sistemas actuadores porque estaban en mal estado
- En el sistema neumático existen fugas de pelusa que afectan a los demás procesos ya que su ubicación es alejada y tiene altos grados de ventilación.

b. DETECTOR DE METALES PRAPENTA

Tabla 2. 28: Evaluación detector de metales

| | |
|------------------------------|-------------|
| CÓDIGO | BO03 |
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2005 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico de control | 0,6 |
| TOTAL | 0,6 |
| Valoración en % | 60,0 |

Fuente: Paul Molina

- Al analizar el detector de metales podemos decir que su funcionamiento es defectuoso y poco eficiente ya que se ha realizado

muchos cambios de cuchillas al molino por efecto de la contaminación del material con metales

c. MOLINO PULLIAN

Tabla 2. 29: Evaluación Molino

| CÓDIGO | PU71 |
|--------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2010 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico | 1 |
| Sistema mecánico | 1 |
| TOTAL | 2 |
| Valoración en % | 100,0 |

Fuente: Paul Molina

- Todos sus sistemas están funcionando correctamente ya que tiene pocos años de uso, podemos mencionar que se realiza cambio de cuchillas en periodos cortos debido a que el detector de metales no funciona correctamente, afectando al sistema de molido.

2.9.5 Sistema de compresión de aire:

a. COMPRESOR INGERSOLL

Tabla 2. 30: Evaluación Compresor

| CÓDIGO | IN01 |
|------------------------------|------------|
| AÑO DE FABRICACIÓN | 2008 |
| ASPECTOS EVALUADOS | VALORACIÓN |
| Sistema eléctrico de control | 0,8 |
| Bomba | 0,9 |
| Compresores | 0,7 |
| Evaporador | 0,8 |
| TOTAL | 3,2 |
| Valoración en % | 80,0 |

Fuente: Paul Molina

- Al realizar un análisis podemos afirmar que el sistema eléctrico de control se encuentra en un estado aceptable ya que todas las conexiones están en buen estado
- La bomba está bien ya que no hace mucho se le hizo el cambio
- El compresor funciona de manera regular necesita una limpieza
- El estado del evaporador es aceptable ya que no hay humedad en el aire almacenado

2.10 Resumen de la auditoria

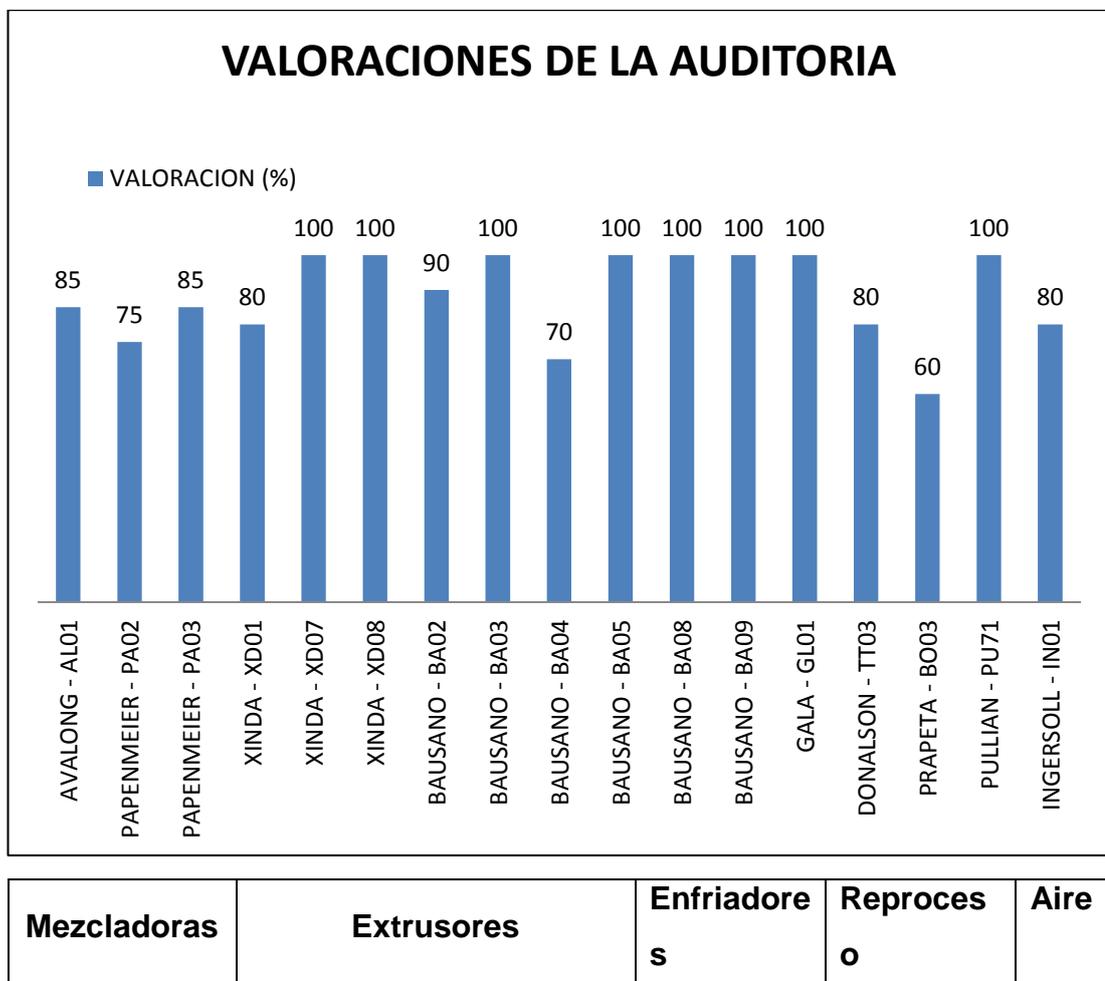


Figura 2. 16: Valoraciones de la Auditoria

Fuente: Paul Molina

2.10.1 Análisis de la auditoría preliminar

En Plasticaucho Industrial, el mayor porcentaje de la carga instalada son los motores de las máquinas, lo cual en su gran mayoría son antiguos y de gran potencia con una eficiencia baja, gracias a la Auditoría Energética preliminar, se obtuvo conocimiento de la situación actual, datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el rendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía

Al observar estos valores podemos determinar las máquinas que necesitan mayor atención en los diferentes ámbitos como por ejemplo sistemas mecánicos, eléctricos, condiciones físicas, etc. Pero hay que mencionar la importancia de la eficiencia que los grandes constructores de motores consideran, puesto que dependiendo del fabricante se obtienen eficiencias que pueden ir entre 89,5% y 93,6% o superiores por lo que es necesario analizar costos para remplazar o reparar algunos motores de ciertas máquinas

De cierta manera las máquinas tienen su mantenimiento habitual, pero sin embargo fallan por esta razón siempre se necesita supervisión para que la producción no se detenga ya que a través del uso eficiente de la energía se logra mantener los niveles de producción referenciales, con un menor costo de energía, lo que permite una mayor competitividad de los productos.

Al observar las mezcladoras su mayor problema radica en el sistema de pesaje ya que no son muy exactos por lo que necesita siempre una recalibración o cambio para mantener la calidad del producto terminado (pellet), en este caso la mezcladora PAPANMEIER (PA02) es la de mayor problema puesto que es una máquina antigua y necesita una supervisión continua al contrario de las mezcladoras AVALONG (AL01) y la

PAPENMEIER (PA03) que se encuentran en mejores condiciones como el sistema de pesaje, el sistema mecánico etc.

Al revisar las extrusoras pudimos constatar que los sistemas eléctricos se encontraban en mal estado ya que todos los sistemas de accionamientos eléctricos son arcaicos por esta razón cada cierto tiempo tienen que ir remplazando los elementos a medida que se van dañando y estos paros afectan directamente con la producción por lo que no es eficiente.

A nivel de extrusores el que más problemas genera es el BAUSANO (BA04) ya que es el único que aún no se le realiza el mantenimiento general al contrario de los otros extrusores (BAUSANOS) que ya se les realizo todos los mantenimientos correspondientes.

En cambio en los XINDAS el de mayor problemas es el (XD01) al ser un poco antiguo presenta problemas por esta razón se tuvo que adquirir nuevos equipos como por ejemplo el XINDA (XD07 y XD08) y aparte no necesitan mucho mantenimientos.

Al analizar el sistema de reproceso pudimos confirmar que la máquina que más problemas genera es el detector de metales ya que todo el sistema de control se encuentra en mal estado y podemos darnos cuenta al ver rastros de metales en el material molido y esto a parte que daña las cuchillas del molino también afecta a los extrusores de reproceso por esta razón es necesario cambiarlo o mejorarlo.

CAPÍTULO III

AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA Y EVALUACIÓN DE LA NORMA ISO 50001

3.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado un análisis preliminar de la situación energética de la planta, sus procesos de producción y modos de operación se procederá a analizar en detalle los consumos energéticos reales siguiendo las bases y criterios indicados en la norma ISO 50001 para la implantación de un sistema de gestión de energía con el cual se obtendrá los resultados para la posible aplicación de soluciones que ayudaran a mejorar los niveles de eficiencia energética en la planta.

3.2 CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

Para lograr categorizar cada máquina se deben instaurar ciertos criterios que permitan de alguna manera evaluar el desempeño de cada elemento de la máquina, una vez logrado esto se podrá analizar el efecto que estos tienen dentro del proceso de producción y del consumo global de energía.

3.2.1 METODOLOGÍA

Paso 1.- se debe realizar un levantamiento total de todos los motores que conforma cada máquina y sus amperajes de placa como tenemos en anexo 2 esto nos va a servir para comparar los datos medidos con la suma de los amperajes de los motores

Paso 2.- al no tener medidores de energía independientes en cada máquina se tiene que realizar mediciones en 2 fases de energía y determinar el

promedio de los amperajes, esto hará que las mediciones sean lo más exactas posibles y de esta manera saber cuánta energía está consumiendo

Paso 3.- se crea un sistema de evaluación esto quiere decir que tenemos que evaluar ciertos parámetros de cada máquina y así de esta manera encontrar a los Usuarios Significativos de la Energía (USEn) ya que este es el objetivo de los criterios de priorización

Paso 4.- para determinar los criterios de priorización se analizan los siguientes factores:

- **Factor de trabajo de la máquina (FTM).** Es la cantidad de material que va procesando en cada turno y es evaluado mediante la siguiente tabla porcentual:

Tabla 3. 1: Porcentajes de evaluación FTM

| | |
|------------|----------|
| 0 al 30% | 5 puntos |
| 30 al 50% | 4 puntos |
| 50 al 75% | 3 puntos |
| 75 al 100% | 2 puntos |

Fuente: Paul Molina

- **Factor de servicio (FS).** Son determinados por los turnos de trabajo y se evalúa de la siguiente manera:

Tabla 3. 2: Evaluación por puntos FS

| | |
|------------|----------|
| 4 turnos | 5 puntos |
| 3 turnos | 4 puntos |
| 2 turnos | 3 puntos |
| 1 turno | 2 puntos |
| Estacional | 1 punto |

Fuente: Paul Molina

- **Porcentaje de consumo energético (PCE).** De acuerdo a su consumo se los califica como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. 3: Evaluación por puntos y niveles PCE

| | | |
|-------------|------------|----------|
| Nivel alto | Mayor a 5% | 5 Puntos |
| Nivel medio | 2 – 5% | 3 Puntos |
| Nivel bajo | 0 – 2% | 1 Punto |

Fuente: Paul Molina

Para evaluar este ítem tenemos que determinar el **%PCE** que no es más que el promedio de los amperajes medidos en 2 fases dividido a la sumatoria de los promedios de amperajes de todas las máquinas con esto sabemos cuál es el porcentaje de consumo en relación a toda la planta y lo podemos realizar con la siguiente formula:

Ec: 3.1

$$\%PCE = \frac{I1}{IT} * 100$$

Dónde:

%PCE = es el porcentaje de carga eléctrica

I1 = La corriente promedio de 2 fases de cada maquina

IT = es la sumatoria de todas las corrientes de todas las máquinas

- **Factor de carga energética (FCE).** Es la carga eléctrica real en la que están trabajando las máquinas pero para determinar el FCE necesitamos calcular el **%FCE** con la siguiente fórmula:

Ec: 3.2

$$\%FCE = \frac{I1}{\sum Imotores} * 100$$

Dónde:

%FCE = es el factor de carga eléctrica

I1 = es la corriente máxima de 1 fases

$\sum Imotores$ = es la sumatoria de todas las corrientes de placa de los motores que comprende cada máquinas

Al determinar este valor se toma el valor de amperaje de una fase de la máquina y se divide a la sumatoria de amperajes de los motores así podemos darnos cuenta el porcentaje de carga eléctrica que tiene dicha máquina para después evaluar mediante esta tabla:

Tabla 3. 4: Evaluación por puntos FCE

| | |
|------------|----------|
| 0 al 30% | 5 Puntos |
| 30 al 50% | 4 Puntos |
| 50 al 75% | 3 Puntos |
| 75 al 100% | 2 Puntos |

Fuente: Paul Molina

Como sabemos la norma no determina puntualmente que criterios que debemos analizar por esto, creamos nuestro propio criterio evaluando ciertos puntos esenciales que visualice el comportamiento real de cada una de las máquinas y esto podemos encontrar en el anexo 4.

3.3 DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS SIGNIFICATIVOS ENERGÉTICOS (USEn) [1]

Después del análisis que se realizó en el anexo 4 se definió cuáles son las máquinas de mayor importancia para poder enfocarnos puntualmente en ellas ya que cualquier cambio que se les realice a dichas máquinas vamos a observar una variación significativa.

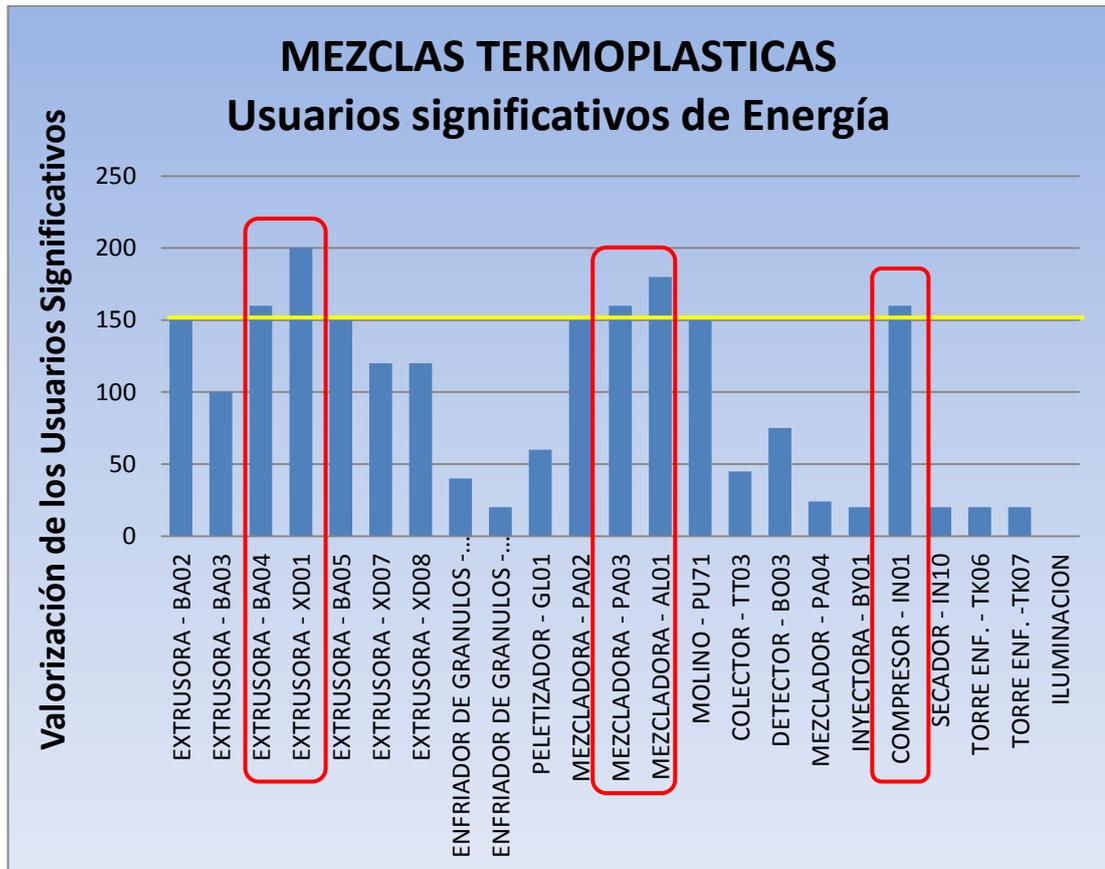


Figura 3. 1: Usuarios significativos de la energía

Fuente: Paul Molina

Después de realizar los criterios de priorización podemos observar en la figura 3.1 cuales son los usuarios mas significativos:

1. Extrusora XINDA (XD01)
2. Mezcladora AVALONG (AL01)
3. Mezcladora PAPENMEIER (PA03)
4. Extrusora BAUSANO (BA04)
5. Compresor INGERSOLL (IN01)

Estas 5 máquinas son las más significativas por lo tanto de aquí en adelante nos vamos a fijar solo en estas máquinas ya que los cambios que se les realice van a tener un gran impacto y con ayuda de los indicadores

energéticos, que se los va a definir más adelante vamos a ver a que niveles de eficiencia podemos llegar.

3.4 PORCENTAJES DE CONSUMO ELÉCTRICO [3]

Al tener las evaluaciones de las máquinas se puede calcular los porcentajes que tiene cada proceso. En el anexo 4 se muestra en detalle los cálculos que se realizaron.

En la siguiente gráfica se resume los porcentajes de cada sector:

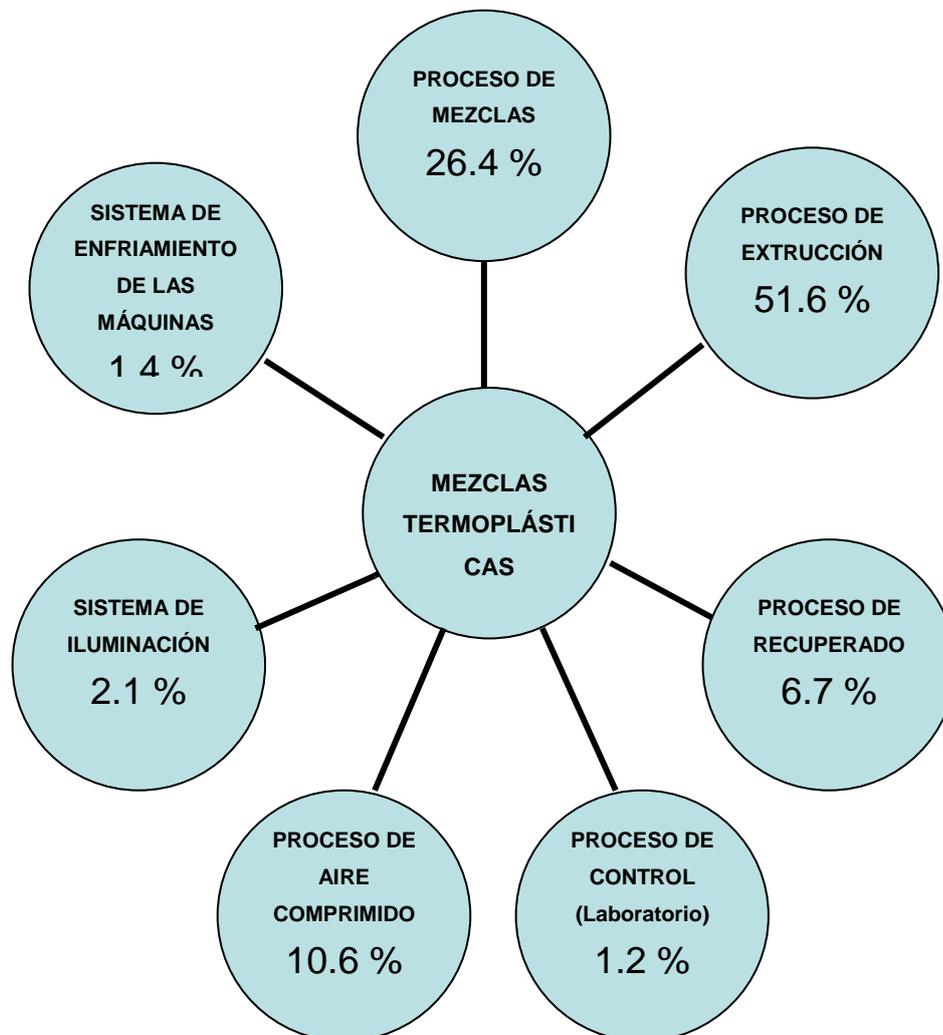


Figura 3. 2: Porcentaje de consumo eléctrico

Fuente: Paul Molina

También se pudo determinar que la planta de mezclas termoplásticas consume un 26.8% de energía en relación de toda la fábrica estos valores se determinó de estudios que se realizaron a todos los transformadores de las plantas en un tiempo estimado de 1 turno es decir en el lapso de 8 horas con un fin de control.

Tabla 3. 5: Porcentajes de energía de los centro

| PORCENTAJES DE ENERGÍAS POR CENTROS ANALIZADOS A LOS TRASFOMADORES DURANTE 1 TURNO (8 horas) | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA | | | | |
| ÁREA | CONSUMO TRAS. 1 (Kw) | CONSUMO TRAS. 2 (Kw) | TOTAL POR CENTROS (Kw) | % CONSUMO X ÁREA |
| CALZADO PLÁSTICO 1.- Tras. 1000 kva / 220v 2.- Tras. 500 kva / 440v | 1234 | 511 | 1745 | 30,2% |
| MEZCLAS TERMOPLÁSTICAS 1.- Tras. 1000 kva / 440v 2.- Tras. 500 kva / 220v | 920 | 630 | 1550 | 26,8% |
| CALZADO LONA 1.- Tras. 750 kva / 220v | 1148 | | 1148 | 19,9% |
| CALZADO ESCOLAR 1.- Tras. 750 kva / 220v | 776 | | 776 | 13,4% |
| SERVICIO ADMINISTRATIVOS 1.- Tras. 160 kva / 220v | 493 | | 493 | 8,5% |
| OJALILLADO 1.- Tras. 80 kva /220v | 66 | | 66 | 1,1% |
| TOTAL | | | 5778,0 | 100,0% |

Fuente: Paul Molina

3.5 PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR LA LÍNEA BASE [1]

La norma ISO 50001 define “¿El qué?; ¿Pero no el cómo?”, Por tal razón debemos crear un procedimiento para definir la línea base e indicadores de desempeño energéticos

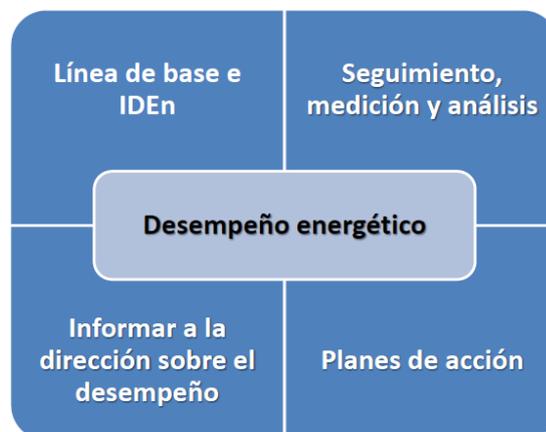


Figura 3. 3: Condiciones para mejorar el desempeño energético

Fuente: Paul Molina

Es importante determinar una metodología para establecer, implementar y registrar las líneas base, indicadores de desempeño y producciones equivalentes de tal forma que la Empresa Plasticaucho Industrial S.A., esté en capacidad de identificar y determinar los indicadores de desempeño energético (IDEn) para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en el sector de mezclas termoplásticas.

La línea base nos permite evaluar las mejoras en el desempeño energético, y es aplicable para todas las instalaciones, sistemas, áreas, equipos, y Usos Significativos de la Energía señalado por su siglas (USEn).

- Una línea de base energética refleja un período especificado.
- Una línea de base energética puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.
- La línea de base energética también se utiliza para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.

Al observar la figura 3.4 tenemos una línea base estándar es decir el modelo más aplicable para la determinación de eficiencia energética

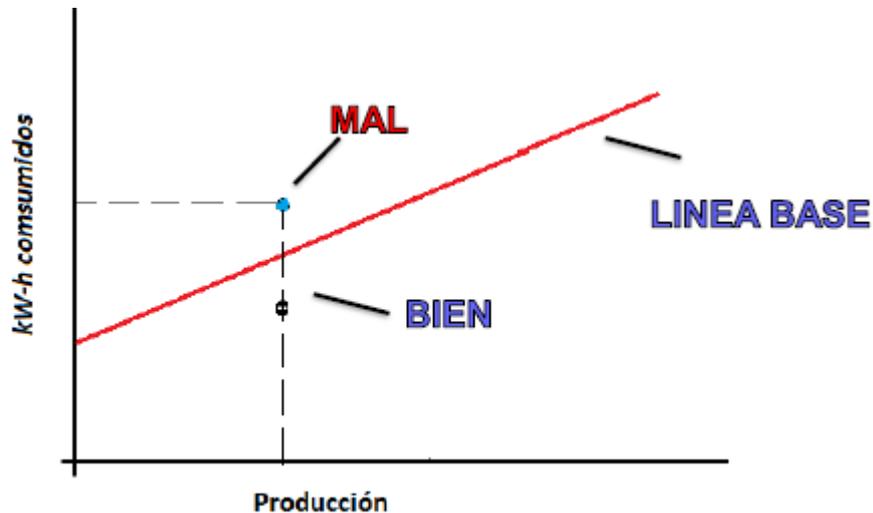


Figura 3. 4: Estructura de una línea base

Fuente: Paul Molina

- Los puntos de análisis deben estar por debajo de la línea base, de esta manera sabemos en qué condiciones se encuentra el sistema energético y los niveles de producción

3.6 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL (R2) [1]

El coeficiente de correlación, pensado para variables cuantitativas (escala mínima de intervalo), es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente.

Esto significa que puede haber variables fuertemente relacionadas, pero no de forma lineal, en cuyo caso no proceder a aplicarse la correlación

En el caso de producción vs consumo energético es conveniente utilizar la correlación. El coeficiente de correlación es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Digamos, en primera instancia, que sus

valores absolutos oscilan entre 0 y 1. Esto es, si tenemos dos variables como son la producción y el consumo energético definimos el coeficiente de correlación entre estas dos variables, entonces:

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

Decimos que la correlación entre dos variables es perfecta cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra.

Esto sucede cuando la relación entre ambas variables es funcionalmente exacta. Difícilmente ocurrirá pero eso es lo que realmente queremos llegar

Los pasos a seguir para cumplir la metodología para la obtención de la línea base son los siguientes:

- Se determinará los energéticos utilizados en la instalación industrial.
- Considerando que los datos más confiables y de mayor accesibilidad son de consumo eléctrico, el análisis realizado es de 2 años y de esta manera se obtuvo la mayor cantidad de registros históricos.
- Se obtendrá los históricos de producción para los mismos intervalos de consumo energético, en nuestro caso 2 años como nos indica la norma ISO 50001.
- Se constituirá un indicador de desempeño energético simple, considerando que debe ser un valor cuantitativo o medida de desempeño del mismo.
- Al tener un registro se procede a graficar el consumo energético vs producción, en un diagrama x, y. Donde el eje y se ubica la escala de consumo energético y en el eje x la escala de producción.
- Para graficar dicho diagrama debemos utilizar el método de los mínimos cuadrados para determinar el coeficiente de correlación entre el consumo energético vs producción y trazar la recta de mejor ajuste.

- El modelo más eficaz y simple es establecer una relación a través de una línea recta, ya que es el método que más se utiliza.

Al tener los datos de producción y consumos energéticos como se muestra en el anexo 5 se pudo levantar la línea base energética que será determinado en base a la ecuación lineal que es la siguiente:

Ec: 3.1

$$y = (m \cdot x) + b$$

Dónde:

y= Energía necesaria del proceso para la variable significativa determinada;

x= la variable significativa para correlacionar (producción, temperatura, presión, entre otras);

b= La energía inicial E_0 que requiere el proceso;

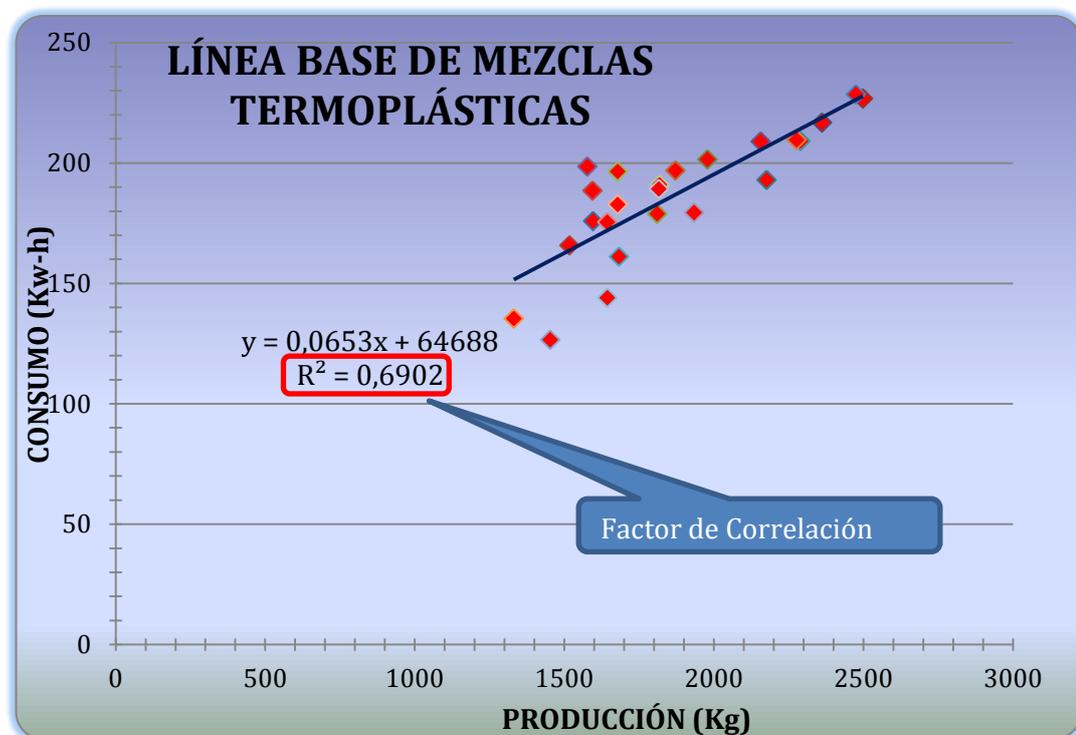


Figura 3. 5: Línea base

Fuente: Paul Molina

Como podemos observar el factor de correlación (**R²**) está en un valor aceptable según los resultados de la gráfica pero tenemos que aproximarnos a la cantidad de 1 ya que es el objetivo de este estudio.

La siguiente gráfica determina una referencia sobre el grado de correlación.

| | | | | |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| BAJO <0.04 | DEBIL >0.04 - <0.16 | MODERADO >0.16 - <0.49 | FUERTE >0.49 - <0.8 | ALTO >0.8 |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------|

Al tener los resultados de la línea base podemos definir que el estado operacional de sector de mezclas termoplásticas está bien pero no óptimo, por esta razón se debe analizar que factor es el que debemos mejorar, si el de producción o el de consumo energético con la finalidad de optimar la correlación entre las 2 variables y así llegar a nuestra línea meta que más adelante la graficaremos

Por lo tanto los resultados de la líneas base energéticas deben tener un grado alto, caso contrario se debe implementar un sistema de gestión para poder corregir el defecto.

3.7 DEFINICIÓN DE LA LÍNEA META [1]

Para cada línea base energética se establecerá su respectiva línea meta energética como se lo visualiza en la gráfica correspondiente, esto nos permite llegar a establecer un final. El método más utilizado para poder determinar la línea meta es el de los mínimos cuadrados.

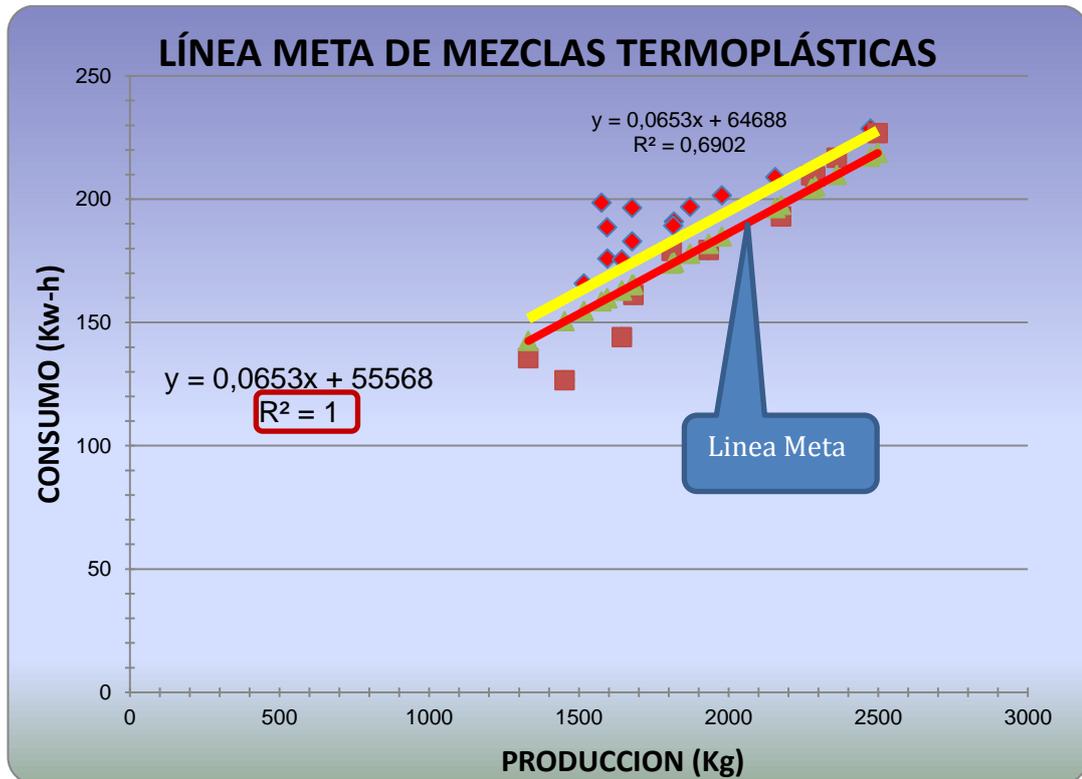


Figura 3. 6: Línea Meta

Fuente Paul Molina

Como podemos observar en la línea meta el factor de correlación $R^2 = 1$ es decir, que se encuentra con un proceso de producción óptimo que los objetivos energéticos y metas energéticas con sus respectivos planes de acción están trabajando bien.

3.8 ENERGÍA NO ASOCIADA A LA PRODUCCIÓN

Tenemos que considerar que existe energía no asociada al proceso productivo en el sector de termoplásticos como son:

- Iluminación, electricidad para equipos de oficinas, ventilación.
- Energía usada en servicios de mantenimiento con maquinaria externa.
- Trabajo en vacío de equipos eléctricos.

- Energía perdida en aire comprimido.
- Pre calentamiento de equipos como por ejemplo el sistema de extrusión.
- Pérdidas de electricidad por potencia reactiva.

3.9 PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR LOS INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO (IDEn) [1]

Es el valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización en nuestro caso el consumo de energía por unidad de producción.

La organización puede elegir los IDEns, que informen del desempeño energético de su operación y se puede actualizar los IDEns, cuando se produzcan cambios en las actividades del negocio o en las líneas de base que afecten a la pertinencia del IDEn, según sea aplicable.

Los IDEn son los que se usan para medir el desempeño energético por ejemplo: IDEn para toda la empresa, por áreas / procesos, por sistema energético, en nuestro caso es por área. Este tipo de procedimiento es aplicable a los Usuarios Significativos de Energía (USEn) determinados en la Revisión Energética.

Con estas condiciones definimos el Indicador de Desempeño Energético al consumo de energía por unidad de producción, estas 2 variables van a darnos el comportamiento real de la planta al realizar cambios en cada uno de los Usuarios Significativos de Energía (USEn).

$$\begin{array}{l}
 \text{IDEn} \\
 \text{(simple)}
 \end{array}
 =
 \frac{\text{Consumo anual de energía (kwh/año)}}{\text{Producción anual (p. ej. kg/año, unidades/año)}}$$

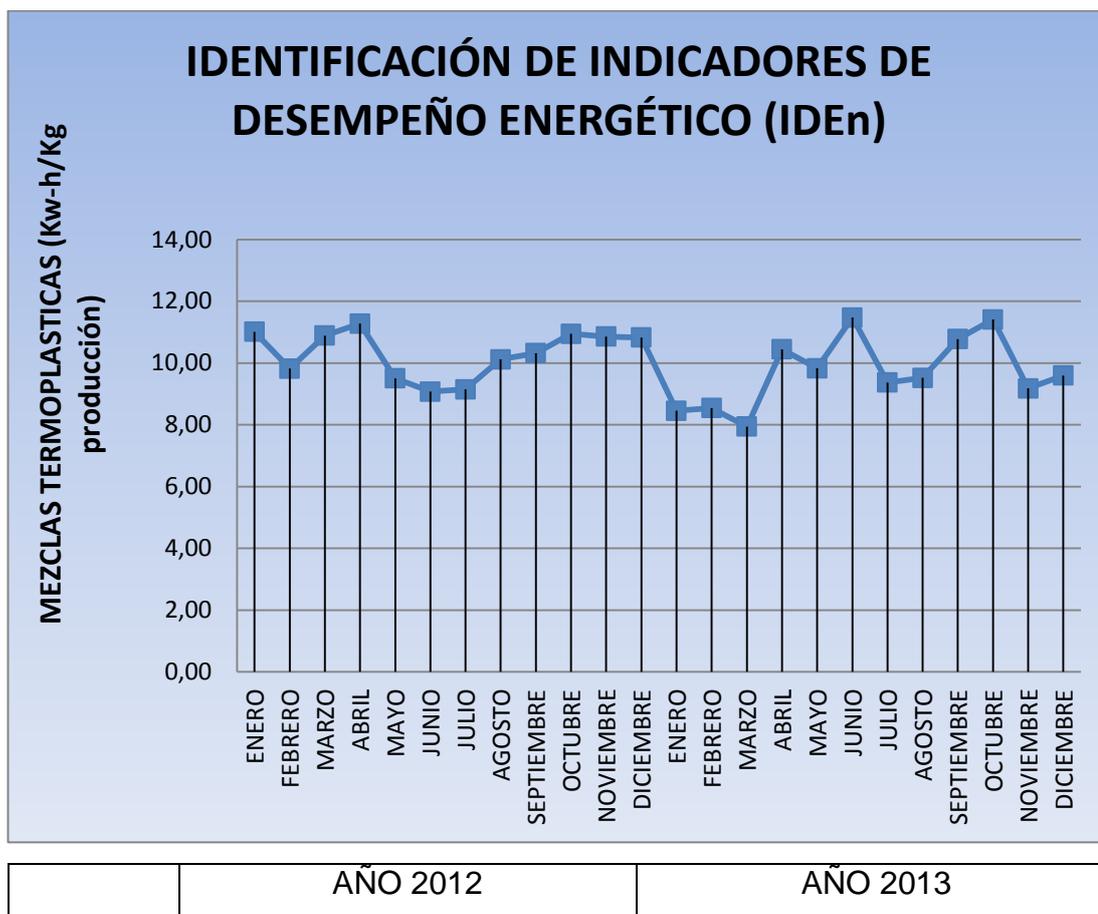


Figura 3. 7: Indicadores de desempeño energético

Fuente Paul Molina

Al observar la diferenciación del indicador podemos darnos cuenta como mes a mes la cantidad de KW-h de energía varia para la producción de 1 kg de pellet, el objetivo de la figura 3.6 es mirar el comportamiento del indicador de desempeño energético antes de la implantación de la norma ISO 50001 y después de la misma, lo cual al establecer todas las medidas de ahorro energético y nuestro sistema de gestión energética dicha curva tendrá que bajar en otras palabras consumir menos energía para la producción de 1 kg de pellet

La necesidad de un nuevo sistema de gestión nace porque al realizar los estudios el indicador de desempeño energético nos demuestra que en el 2013 fue un año crítico ya que en junio y octubre para producir 1 kg de pellet

necesitaron aproximadamente 12 KW-h lo cual es mucha energía, este fenómeno se dio porque las máquinas no se les realizó los mantenimiento anuales y trabajaban con fallas el cambio de personal constante, no existía un control estricto con los horarios de trabajo, personal no capacitado por estas razones y muchas más se necesita encontrar la manera de mejorar estos resultados

3.10 FLUJOGRAMA PARA DETERMINAR LAS LÍNEA BASE E INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO [1]

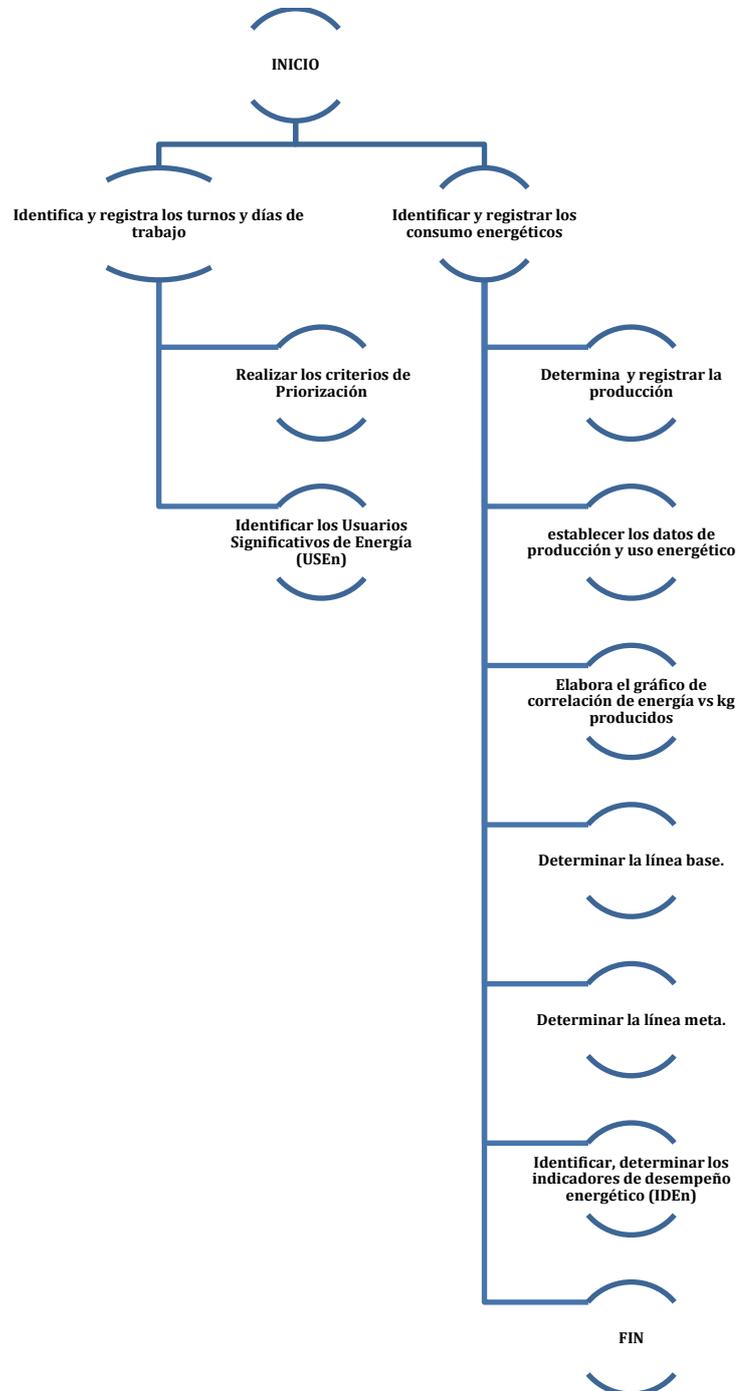


Figura 3. 8: Diagrama de flujo para determinar línea base e indicadores de desempeño energético

Fuente Paul Molina

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE SOLUCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO [3]

Una vez identificados los usuarios significativos de energía (USEn) en el capítulo 3, se concentraran los esfuerzos en identificar las oportunidades de mejora.

Para minimizar la cantidad de electricidad consumida se debe:

- Asegurar que el uso final de la energía tenga una utilidad
- Minimizar la cantidad de energía en el punto de uso
- Disminuir las pérdidas de energía entre el medidor y el punto de uso final

Con estos antecedentes se proponen diferentes medidas tanto tecnológicas como operativas así como también los beneficios de implementar un sistema de gestión energética como lo es la ISO 50001 para mejorar el desempeño energético.

4.1.1 MEDIDAS TECNOLÓGICAS

Considerando la información preliminar y las mediciones realizadas en la nave de mezclas termoplásticas, se consideran varios cambios para obtener mayor eficiencia.

4.1.2 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA [10]

El servicio eléctrico que se da a los clientes industriales es trifásico, a diferencia de la potencia monofásica suministrada a los clientes que poseen

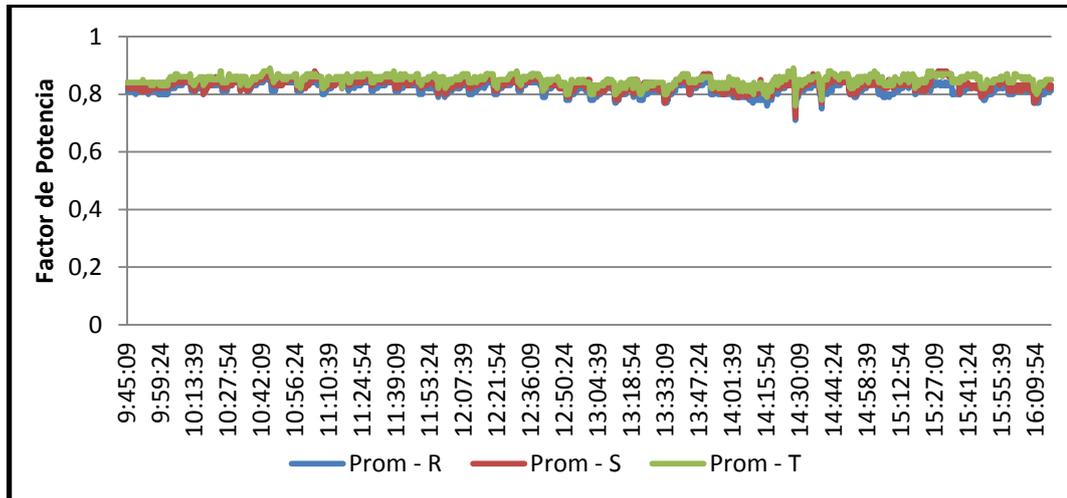
casas y comercios pequeños. En tanto que las prácticas de medición y facturación varían según la empresa, a los grandes consumidores siempre les será ventajoso reducir la componente cuadrática de su triángulo de potencias; esto se llama mejoramiento de factor de potencia.

Los sistemas industriales tienen generalmente un componente global inductivo debido al gran número de motores. Cada carga individual tiende a ser resistencia pura con factor de potencia de la unidad o resistencia y reactancia inductiva con factor de potencia retrasado. Todas las cargas están conectadas en paralelo y de la impedancia equivalente produce corriente atrasada y una correspondiente potencia cuadrática inductiva Q . Para mejorar el factor de potencia se conectan capacitores en bancos trifásicos al sistema ya sea en el lado primario o secundario del transformador principal, y así la combinación de la carga de la planta y los bancos de capacitores presentan una carga a la empresa de servicio que estará más cercano al factor de potencia unidad.

A continuación se presenta en la figura 4.1 y 4.2 respectivamente el análisis realizado mediante el equipo Fluke 434 a los transformadores de 220V y 440V de la empresa Plasticaucho Industrial que muestra la problemática del factor de potencia por cada fase.

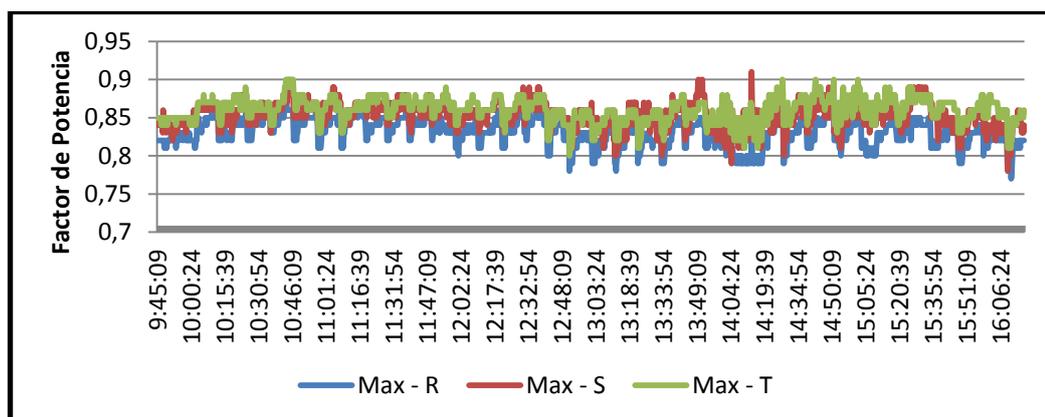
4.1.3 ANÁLISIS DEL TRASFORMADOR DE 220 V

a. Valores Promedios



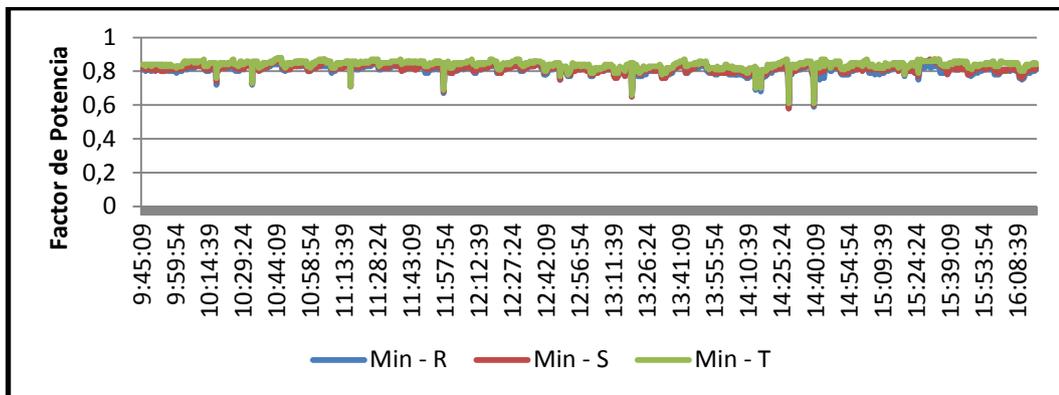
| Valores Promedios | Factor de Potencia | | |
|-------------------|--------------------|----------|----------|
| | Prom - R | Prom - S | Prom - T |
| Mayor | 0,85 | 0,88 | 0,89 |
| Menor | 0,71 | 0,72 | 0,76 |
| Promedio | 0,82 | 0,83 | 0,85 |

b. Valores Máximos



| Valores Máximos | Factor de Potencia | | |
|-----------------|--------------------|---------|---------|
| | Máx - R | Máx - S | Máx - T |
| Mayor | 0,87 | 0,91 | 0,9 |
| Menor | 0,77 | 0,78 | 0,8 |
| Promedio | 0,83 | 0,85 | 0,86 |

c. Valores Mínimos



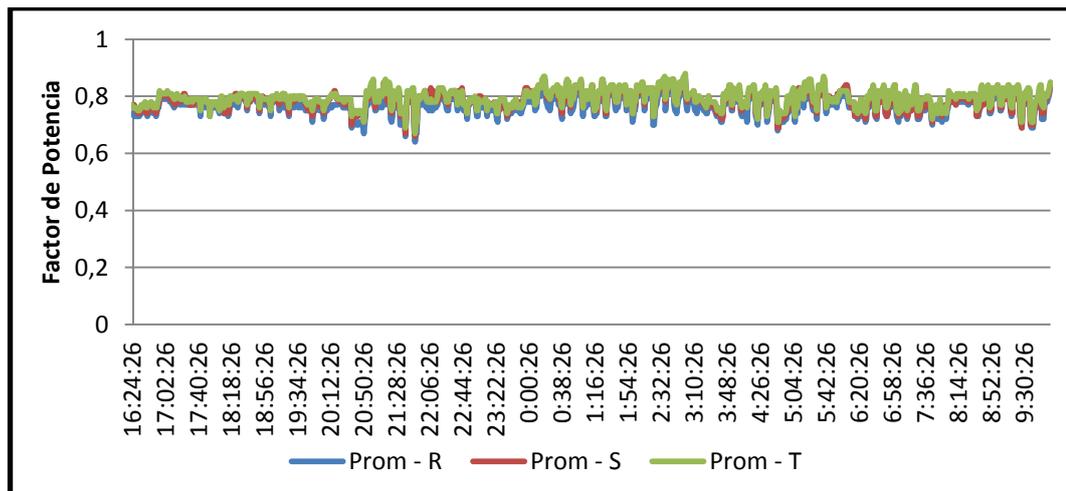
| Valores Mínimos | Factor de Potencia | | |
|-----------------|--------------------|---------|---------|
| | Min - R | Min - S | Min - T |
| Mayor | 0,85 | 0,87 | 0,88 |
| Menor | 0,58 | 0,58 | 0,61 |
| Promedio | 0,81 | 0,82 | 0,84 |

Figura 4. 1: Análisis del factor de potencia por fases del Transformador 220V

Fuente: resultados del analizador de energía

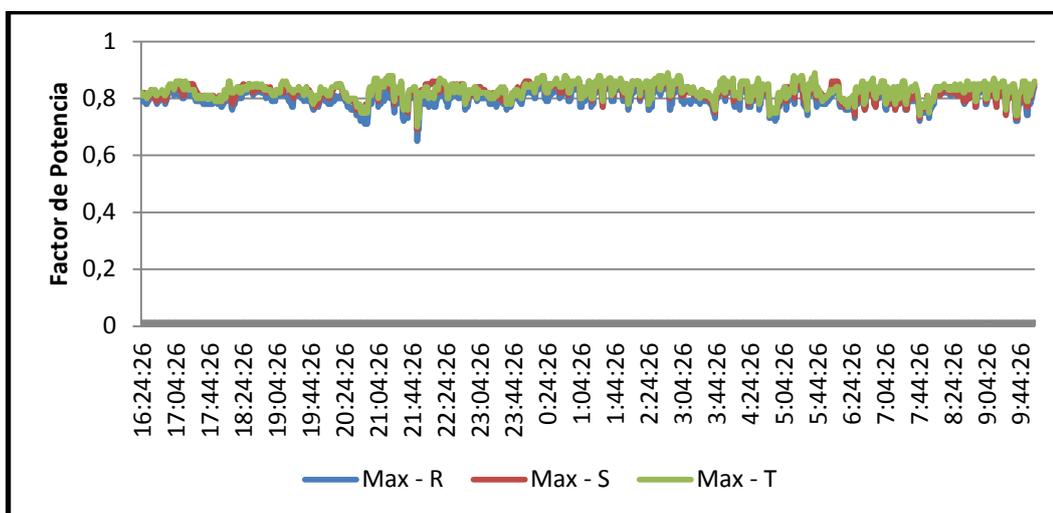
4.1.4 ANÁLISIS DEL TRASFORMADOR DE 440 V

a. Valores Promedio



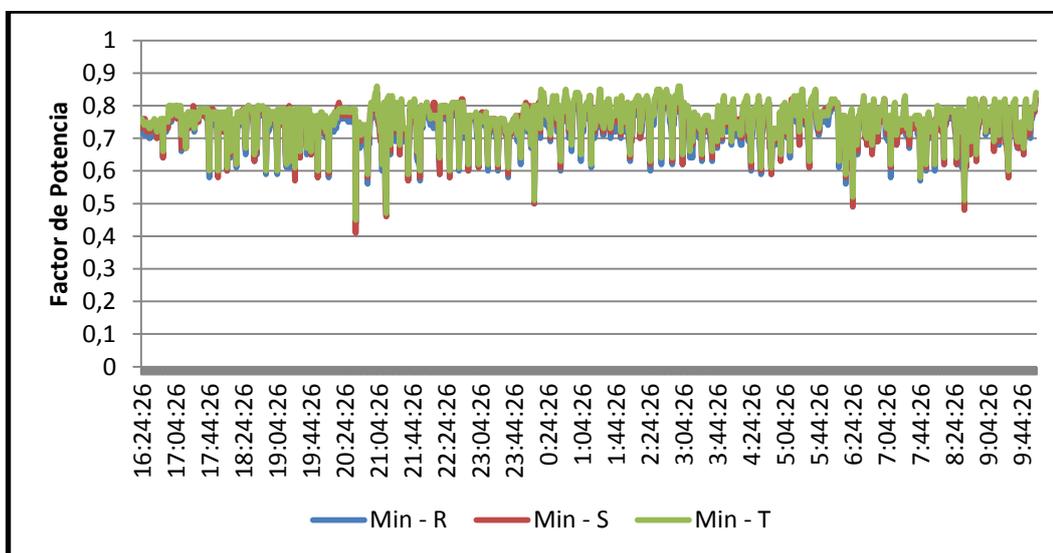
| Valores Promedios | Factor de Potencia | | |
|-------------------|--------------------|----------|----------|
| | Prom - R | Prom - S | Prom - T |
| Mayor | 0,85 | 0,86 | 0,88 |
| Menor | 0,64 | 0,66 | 0,67 |
| Promedio | 0,77 | 0,79 | 0,79 |

b. Valores Máximos



| Valores Máximos | Factor de Potencia | | |
|--------------------|--------------------|---------|---------|
| | Máx - R | Máx - S | Máx - T |
| Mayor | 0,87 | 0,88 | 0,89 |
| Menor | 0,65 | 0,69 | 0,7 |
| Promedio | 0,80 | 0,82 | 0,83 |

c. Valores Mínimos



| Valores Mínimos | Factor de Potencia | | |
|--------------------|--------------------|---------|---------|
| | Min - R | Min - S | Min - T |
| Mayor | 0,84 | 0,84 | 0,86 |
| Menor | 0,44 | 0,41 | 0,45 |
| Promedio | 0,74 | 0,75 | 0,76 |

Figura 4. 2: Análisis del factor de potencia por fases del transformador de 440V

Fuente: resultados del analizador de energía

El estudio se lo realizó por aproximadamente 18 horas en el mes de febrero. Los resultados muestran que es necesaria la implementación de un banco de capacitores.

Con los datos obtenidos mediante el analizador Fluke se realiza el cálculo de la potencia reactiva (Q^*) que debe proporcionar un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia a 0.92, En la figura 4.3 y 4.5 Se muestran los datos obtenidos con el analizador

| Potencia y energía | | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| FUND | 6:32:21 | | | |
| | A | B | C | Total |
| kW | 67.7 | 72.4 | 69.7 | 209.7 |
| kVA | 82.4 | 86.2 | 81.2 | 249.9 |
| kVAR | 47.1 | 46.9 | 41.8 | 135.8 |
| PF | 0.82 | 0.83 | 0.85 | 0.84 |
| DPF | 0.82 | 0.84 | 0.86 | 0.84 |
| kWh | 444.2 | 467.3 | 452.2 | 1364 |
| kVAh | 537.9 | 556.0 | 529.4 | 1623 |
| kVARh | 302.9 | 300.5 | 274.7 | 878.2 |
| START | 6:32:21 | | | |
| | PULSE CNT ON OFF | CLOSE ENERGY | MANUAL COUNT+1 | RESET ENERGY |

Figura 4. 3: Datos del analizador Fluke

Fuente Paul Molina

Cálculos para mejorar el factor de potencia del transformador de 220 V

Ec: 4.1

$$Fp = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Dónde:

Fp = Factor de potencia

P = Potencia Activa

Q = Potencia reactiva

Reemplazamos:

$$Fp = \frac{72,4}{\sqrt{72,4^2 + 46,9^2}}$$

$$Fp = 0,84$$

Por lo tanto necesitamos subir el factor de potencia a 0,92

Ec: 4.2

$$Fp_{new} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^{*2}}}$$

Dónde:

Fp_{new} = factor de potencia que exigimos llegar

Q^* = es la nueva potencia reactiva

Reemplazamos:

$$0,92 = \frac{72,4}{\sqrt{72,4^2 + Q^{*2}}}$$

$$Q^* = \sqrt{6193 + 72,4^2}$$

$$Q^* = 30,84 \text{ Kvar}$$

Calculamos la nueva potencia aparente

Ec: 4.3

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

Dónde:

S = Potencia aparente

Reemplazamos:

$$S = \sqrt{72,4^2 + 30,84^2}$$

$$S = 78,69 \text{ Kva}$$

Después de la mejora el triángulo tiene la misma potencia activa el nuevo valor de la potencia aparente es 78,69 Kva en comparación de la original que es igual a 86,2 Kva, la disminución de 7,51 Kva equivale a 8,71%

Por lo tanto se necesita un **banco de condensadores de 16.06 Kvar a 220 voltios**

Estos cambios podemos observar en la figura 4.4

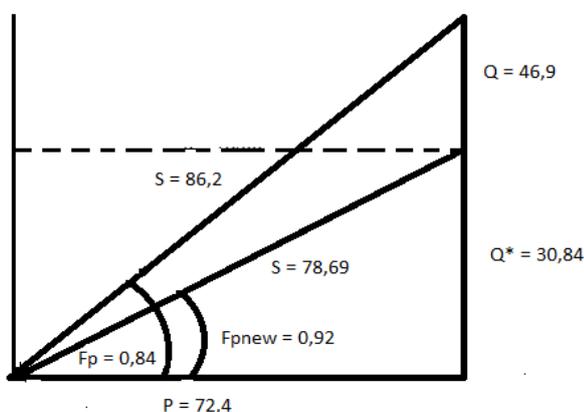


Figura 4. 4: Triangulo de potencias

Fuente Paul Molina

Cálculos para mejorar el factor de potencia del transformador de 440 V

| Potencia y energía | | | | |
|--------------------|-----------|--------|--------|----------|
| FUND 17:38:47 | | | | |
| | A | B | C | Total |
| kW | 133.7 | 137.4 | 137.6 | 408.7 |
| kVA | 181.2 | 183.6 | 179.6 | 544.3 |
| kVAR | 122.3 | 121.7 | 115.4 | 359.4 |
| PF | 0.73 | 0.74 | 0.76 | 0.75 |
| DPF | 0.74 | 0.75 | 0.77 | 0.75 |
| kWh | 2464 | 2596 | 2516 | 7575 |
| kVAh | 3142 | 3253 | 3118 | 9513 |
| kVAh | 1942 | 1952 | 1832 | 5726 |
| START | | | | 17:38:47 |
| | PULSE CNT | CLOSE | MANUAL | RESET |
| | ON OFF | ENERGY | COUNT | ENERGY |

Figura 4. 5: Datos del analizador Fluke

Fuente Paul Molina

Ec: 4.4

$$Fp = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Remplazamos los valores

$$Fp = \frac{137,4}{\sqrt{137,4^2 + 121,7^2}}$$

$$Fp = 0,74$$

Por lo tanto necesitamos subir el factor de potencia a 0,92

Ec: 4.5

$$Fp_{new} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^{*2}}}$$

$$0,92 = \frac{137,4}{\sqrt{137,4^2 + Q^{*2}}}$$

$$Q^{*} = \sqrt{22304,77 + 137,4^2}$$

$$Q^{*} = 58,54 \text{ Kvar}$$

Calculamos la nueva potencia aparente

Ec: 4.6

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

$$S = \sqrt{137,4^2 + 58,54^2}$$

$$S = 149,35 \text{ Kva}$$

Después de la mejora el triángulo tiene la misma potencia activa el nuevo valor de la potencia aparente es 149,35 Kva en comparación de la original que es igual a 183,6 Kva, la disminución de 34,25 Kva equivale a 18,65%

Por lo tanto se necesita un **banco de condensadores de 63,16 Kvar a 440 Voltios**

Estos cambios podemos observar en la figura 4.6

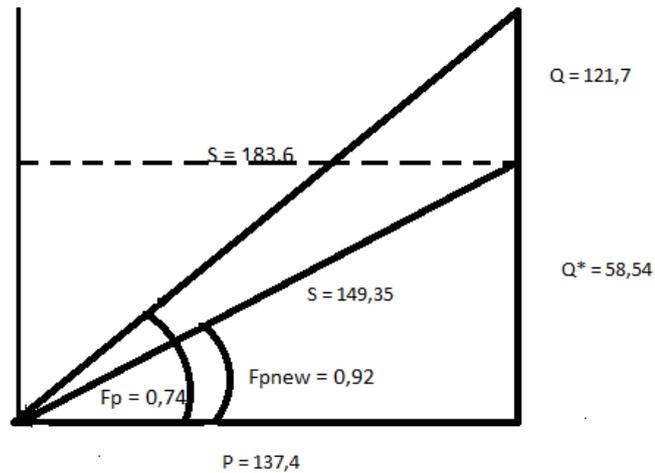


Figura 4. 6: Triangulo de potencias

Fuente Paul Molina

4.1.5 Eficiencia en los sistemas accionados con motores eléctricos

La eficiencia de los sistemas industriales accionados con motores eléctricos depende de varios factores, entre los que se incluyen:

- Eficiencia del motor
- Control de velocidad y par del motor
- Dimensionamiento correcto
- Calidad del suministro eléctrico
- Pérdidas por distribución
- Transmisión mecánica
- Prácticas de mantenimiento
- Eficiencia del uso final

4.2 OPORTUNIDADES DE AHORRO EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS [11]

En la siguiente figura se muestra de manera bastante clara las oportunidades de ahorro que pueden existir y su dependencia:

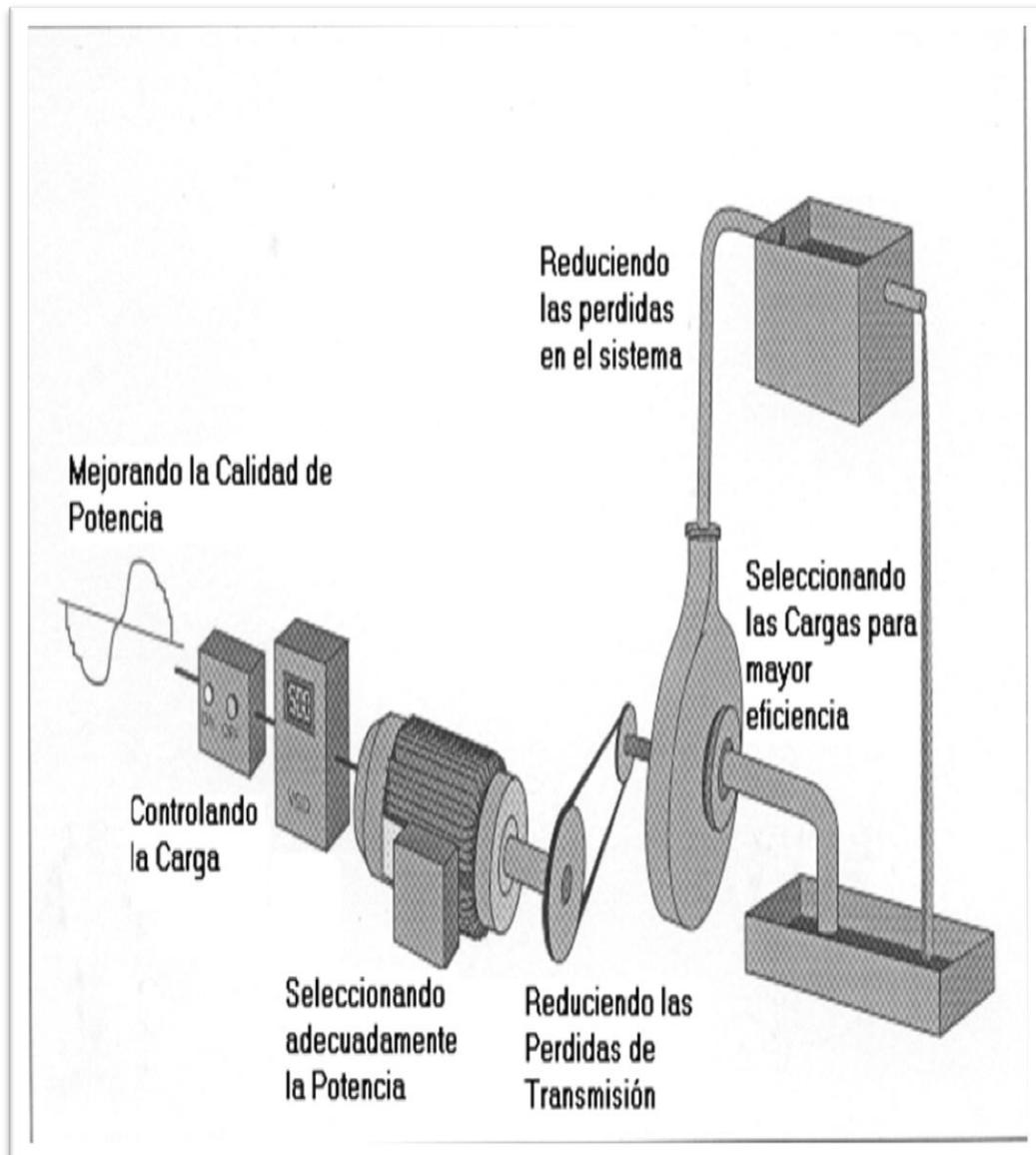


Figura 4. 7: Oportunidades de ahorro en motores eléctricos.

Fuente: E C Quispe, Revista El Hombre y la Máquina, 2004.

4.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.

Se debe considerar el empleo de un motor de alta eficiencia en los siguientes escenarios:

- En toda nueva instalación

- Cuando se remodelan las instalaciones y se modifican los procesos
- En lugar de reparar un motor viejo de eficiencia estándar
- Cuando se reemplazan motores sobredimensionados
- Como parte de programas de mantenimiento preventivo o de conservación energética e impacto ambiental.
- Cuando su instalación sea fácil y que no induzcan inversiones adicionales

Cuando se requiere un motor para llevar a cabo cualquier aplicación industrial es común basar su elección principalmente según el criterio del costo inicial, sin embargo este criterio de elección repercute negativamente en los costos económicos futuros.

A pesar que el costo de motores de alta eficiencia es mayor comparado con los motores convencionales, en poco tiempo se puede recuperar la inversión inicial con lo ahorrado en consumo de electricidad, de manera que su elección queda totalmente justificada.

4.4 CONDICIONES PARA INICIAR UN PROGRAMA DE MOTORES EFICIENTES [11]

En la siguiente tabla y de acuerdo a lo analizado en capítulos anteriores se sugiere el cambio de motores en los usuarios significativos mencionados:

Tabla 4. 1: Descripción de los motores de los (USEn).

| | MOTOR ESTÁNDAR | | MOTOR DE ALTA EFICIENCIA |
|------------------------|------------------------|----------------------|--|
| | Comentario | | |
| Extrusora Xinda (XD01) | Motor Mezclador 200 kw | Motor Extrusor 90 kw | Se sugiere el cambio debido a la antigüedad del motor mezclador y el motor extrusor se encuentra sobre dimensionado ya que con uno de alta eficiencia funcionaria de mejor manera. Esto le vamos a comparar con datos de placa del motor de alta eficiencia. |

Continúa →

| | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Mezcladora Avalong (AL01) | Motor Mezclador 250 kw | Motor Enfriador 45 kw | El motor mezclador necesita cambios de las bobinas del estator ya que se encuentra en mal estado ya que en los estudios se observa una elevada temperatura, genera mucho ruido y al ser robusto ya que tiene una potencia alta de 250 kw en los arranques de este motor genera un pico grande de corriente |
| Mezclador Papermier (PA03) | Motor Mezclador 160 kw | Motor Enfriador 31 kw | El motor enfriador de 31 kw está en mal estado por su uso y se le ha hecho 3 overhaul y necesita un cambio por uno de alta eficiencia de la misma potencia |
| Extrusora Bausano (BA04) | Motor extrusor 55 kw | | El motor de esta máquina tiene una potencia sobre dimensionada, lo óptimo sería cambiar el motor por uno de alta eficiencia pero de una potencia más baja ya que no se requiere tanta potencia para su trabajo |

Fuente Paul Molina

Con las observaciones mostradas en la tabla 4.1 se realizará una comparación entre los costos de operación de un motor estándar con un motor de alta eficiencia.

Tabla 4. 2: Comparación de los costos de operación M (250Kw)

| Comparación de costos de operación de un motor de 250 KW (Avalong) | | | | |
|--|----------------|--------------------------|------------|--------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra (\$) | 14500 USD | 17250 USD | 2750 USD | 16% mayor |
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |
| Costo anual de energía operación (\$) | 104.318 USD | 99.782 USD | 4.535 USD | 4,34 % menor |
| Costo anual de pérdidas (\$) | 12.518 USD | 7.982 USD | 4.536 USD | 36,23% menor |
| Costo de la energía en 20 años (\$) | 2'086.360 USD | 1'995.640 USD | 90.720 USD | 4,34 % menor |
| Costo de pérdidas en 20 años (\$) | 250.360 USD | 159.640 USD | 90.720 USD | 36,23% menor |

Fuente Paul Molina

Cálculos:

Motor jaula de ardilla de 250 Kw a 440 V trifásico

Costo de energía promedio 0,068 USD / KW-h

Tiempo de operación aproximado 15 horas al día total 5400 h/año

$$\text{Costo anual de energía} = \frac{250 \text{ Kw}}{\text{eficiencia (\%)} * 0,01} * 0,068 \frac{\text{USD}}{\text{Kw} - \text{h}} * 5400 \text{ h}$$

$$\text{Costo anual de energía} = 104.318 \text{ USD/año}$$

Costo anual de pérdidas = costo anual de energía * 0,01 * pérdidas (%)

Costo anual de perdidas = 12.518 USD/año

Tabla 4. 3: Comparación de los costos de operación M (45Kw)

| Comparación de costos de operación de un motor de 45 KW (Avalong) | | | | |
|---|----------------|--------------------------|------------|--------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra | 5400 USD | 6900 USD | 1500 USD | 21.7% mayor |
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |
| Costo anual de energía | 18.777 USD | 17.960 USD | 817 USD | 4,34 % menor |
| Costo anual de pérdidas | 2.253 USD | 1.436 USD | 817 USD | 36,23% menor |
| Costo de la energía en 20 años | 375.540 USD | 359.200 USD | 16.340 USD | 4,34 % menor |
| Costo de pérdidas en 20 años | 45.060 USD | 28.720 USD | 16.340 USD | 36,23% menor |

Fuente Paul Molina

Tabla 4. 4: Comparación de los costos de operación M (200Kw)

| Comparación de costos de operación de un motor de 200 KW (Xinda) | | | | |
|--|----------------|--------------------------|------------|-------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra | 13500 USD | 15400 USD | 1900 USD | 12.3% mayor |

Continúa →

| | | | | |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------|
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |
| Costo anual de energía operación | 83.454 USD | 79.826 USD | 3.628 USD | 4,34% menor |
| Costo anual de pérdidas | 10.014 USD | 6.386 USD | 3.628 USD | 36.2% menor |
| Costo de la energía en 20 años | 1'669.080 USD | 1'596.520 USD | 72.560 USD | 4,34% menor |
| Costo de pérdidas en 20 años | 200.280 USD | 127.720 USD | 72.560 USD | 36.2% menor |

Fuente Paul Molina

Tabla 4. 5: Comparación de los costos de operación M (90Kw)

| Comparación de costos de operación de un motor de 90 KW (Xinda) | | | | |
|---|----------------|--------------------------|------------|-------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra | 6300 USD | 7200 USD | 900 USD | 12,5% mayor |
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |
| Costo anual de energía | 37.554 USD | 35.921 USD | 1633 USD | 4,34% menor |
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Costo anual de pérdidas | 4.506 USD | 2.873 USD | 1633 USD | 36.2% menor |
| Costo de la energía en 20 años | 751.080 USD | 718.420 USD | 32.660 USD | 4,34% menor |
| Costo de pérdidas en 20 años | 90.130 USD | 57.473 USD | 32.660 USD | 36.2% menor |

Fuente Paul Molina

Tabla 4. 6: Comparación de los costos de operación M (160)

| Comparación de costos de operación de un motor de 160 KW (Papermier) | | | | |
|--|----------------|--------------------------|------------|-------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra | 9500 USD | 11250 USD | 1750 USD | 15,5% mayor |
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |

Continúa →

| | | | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------|
| Costo anual de energía | 66.763 USD | 63.860 USD | 2.903 USD | 4,34% menor |
| Costo anual de pérdidas | 8.011 USD | 5.108 USD | 2.903 USD | 36.2% menor |
| Costo de la energía en 20 años | 1'335.260 USD | 1'277.200 USD | 58.060 USD | 4,34% menor |
| Costo de pérdidas en 20 años | 160.220 USD | 102.160 USD | 58.060 USD | 36.2% menor |

Tabla 4. 7: Comparación de los costos de operación M (31)

| Comparación de costos de operación de un motor de 31 KW (Papermier) | | | | |
|---|----------------|--------------------------|------------|-------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra | 1860 USD | 2200 USD | 340 USD | 15.45 mayor |
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |
| Costo anual de energía | 12.935 USD | 12.373 USD | 562 USD | 4,34% menor |
| Costo anual de pérdidas | 1.552 USD | 989 USD | 562 USD | 36.2% menor |
| Costo de la energía en 20 años | 258.700 USD | 247.460 USD | 11.240 USD | 4,34% menor |
| Costo de pérdidas en 20 años | 31.040 USD | 19.780 USD | 11.240 USD | 36.2% menor |

Fuente Paul Molina

Tabla 4. 8: Comparación de los costos de operación M (55Kw)

| Comparación de costos de operación de un motor de 55 KW (Extrusor Bausano) | | | | |
|--|----------------|--------------------------|------------|-------------|
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Precio de compra | 3300 | 4200 | 900 USD | 21.4% mayor |
| Eficiencia (%) | 88% | 92% | 4% | 4,5% mayor |
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Pérdidas (%) | 12% | 8% | 4% | 1/3 menor |
| Costo anual de energía | 22.950 USD | 21.952 USD | 998 USD | 4,34% menor |

Continúa →

| | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------------------------|------------|-------------|
| Costo anual de pérdidas | 2.754 USD | 1.756 USD | 998 USD | 36.2% menor |
| Base de comparación | Motor estándar | Motor de alta eficiencia | Diferencia | Comentario |
| Costo de la energía en 20 años | 459.000 USD | 439.040 USD | 19.960 USD | 4,34% menor |
| Costo de pérdidas en 20 años | 55.080 USD | 35.120 USD | 19.960 USD | 36.2% menor |

Fuente Paul Molina

Con los datos mostrados en las tablas 4.2 hasta la 4.8 se puede realizar un análisis financiero para determinar el tiempo de recuperación de la inversión inicial que se puede observar en la tabla 4.9.

Tabla 4. 9: Análisis financiero motores de alta eficiencia

| ANÁLISIS FINANCIERO PARA IMPLEMENTAR MOTORES DE ALTA EFICIENCIA | | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Máquinas | motores de alta eficiencia (Kw) | costo de inversión (USD) | capital más el 9% anual (USD) | ahorro de energía anual (USD) |
| Avalong AL01 | 250 Kw | 17250 | 18802,5 | 4536 |
| | 45 Kw | 6900 | 7521 | 817 |
| Xinda XD01 | 200 Kw | 15400 | 16786 | 3628 |
| | 90 Kw | 7200 | 7848 | 1633 |
| Papermier PA03 | 160 Kw | 11250 | 12262,5 | 2903 |
| | 31 Kw | 2200 | 2398 | 562 |
| Bausano BA04 | 55 Kw | 4200 | 4578 | 998 |
| | | total de inversión | 70196 | 15077 |

Fuente Paul Molina

El costo inicial para la compra de los motores de alta eficiencia es de 70.196 \$ a una tasa anual del 9%, el análisis de recuperación de la inversión del capital sería aproximadamente en 5 años, y de ahí en adelante se presentaría ganancias para la empresa.

Tabla 4. 10: Análisis financiero de cada motor especificado en la tabla

4.9

Avalong AL01

| Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL |
|----------------------|--------------|
| 18802,5 | 4536 |

| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año |
|------------------|--------|-------|---------|-------|-------|
| Cuota Anual Fija | 3760,5 | 2985 | 2209,5 | 1434 | 658,5 |
| AHORRO ANUAL | 4536 | 4536 | 4536 | 4536 | 378 |
| | -775,5 | -1551 | -2326,5 | -3102 | 2 |

SE PAGARA EN 50 MESES

| Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL |
|----------------------|--------------|
| 7521 | 817 |

| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año | 6 año |
|------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Cuota Anual Fija | 1504,2 | 817 | 1504,2 | 817 | 1504,2 | 687 |
| AHORRO ANUAL | 817 | 817 | 817 | 817 | 817 | 68 |
| | 687,2 | 0 | 687,2 | 0 | 687 | 10 |

SE PAGARA EN 70 MESES

Xinda XD01

| Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL |
|----------------------|--------------|
| 16786 | 3628 |

| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año |
|------------------|--------|--------|--------|---------|-------|
| Cuota Anual Fija | 3357,2 | 3086,4 | 2815,6 | 2544,8 | 2274 |
| AHORRO FIJO | 3628 | 3628 | 3628 | 3628 | 302 |
| | -270,8 | -541,6 | -812,4 | -1083,2 | 8 |

SE PAGARA EN 56 MESES

| Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL |
|----------------------|--------------|
| 7848 | 1633 |

| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año |
|------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Cuota Anual Fija | 1569,6 | 1506,2 | 1442,8 | 1379,4 | 1316 |
| AHORRO FIJO | 1633 | 1633 | 1633 | 1633 | 136 |
| | -63,4 | -126,8 | -190,2 | -253,6 | 10 |

SE PAGARA EN 58 MESES

Papermier PA03

| | Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL | | | |
|------------------------------|----------------------|--------------|---------|-------|-------|
| | 12262,5 | 2903 | | | |
| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año |
| Cuota Anual Fija | 2452,5 | 2002 | 1551,5 | 1101 | 650,5 |
| AHORRO FIJO | 2903 | 2903 | 2903 | 2903 | 241 |
| | -450,5 | -901 | -1351,5 | -1802 | 3 |
| SE PAGARA EN 51 MESES | | | | | |

| | Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL | | | |
|------------------------------|----------------------|--------------|--------|--------|-------|
| | 2398 | 562 | | | |
| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año |
| Cuota Anual Fija | 479,6 | 397,2 | 314,8 | 232,4 | 150 |
| AHORRO FIJO | 562 | 562 | 562 | 562 | 46 |
| | -82,4 | -164,8 | -247,2 | -329,6 | 3 |
| SE PAGARA EN 51 MESES | | | | | |

Extrusora Bausano BA04

| | Inversión + 9% anual | AHORRO ANUAL | | | |
|------------------------------|----------------------|--------------|--------|--------|-------|
| | 4578 | 998 | | | |
| | 1 año | 2 año | 3 año | 4 año | 5 año |
| Cuota Anual Fija | 915,6 | 833,2 | 750,8 | 668,4 | 586 |
| AHORRO FIJO | 998 | 998 | 998 | 998 | 83 |
| | -82,4 | -164,8 | -247,2 | -329,6 | 7 |
| SE PAGARA EN 55 MESES | | | | | |

Fuente Paul Molina

Un factor importante es el hecho que al dañarse un motor no necesariamente la solución es rebobinar, ya que puede incrementarse las perdidas, lo cual reduce su eficiencia, al manipular el motor daña la resistencia del aislamiento y aumenta las perdidas por corrientes parásitas como se muestra en la figura 4.8

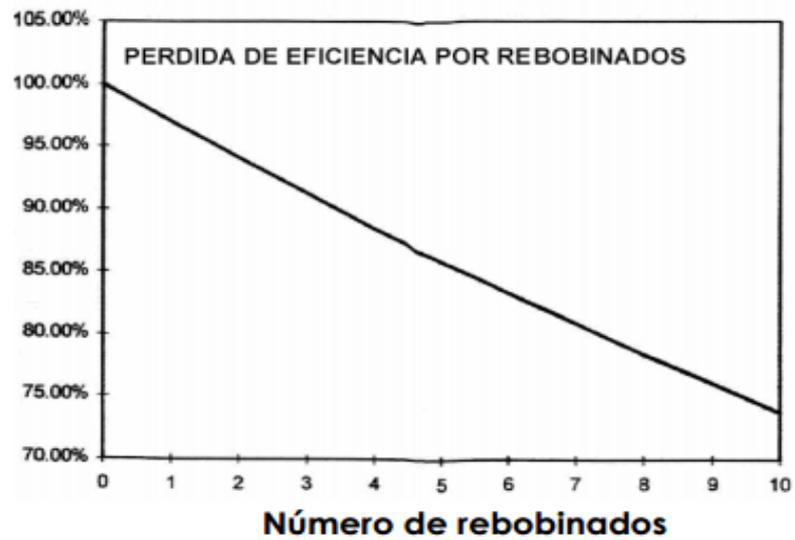


Figura 4. 8: Grafica de pérdidas de eficiencia por cada rebobinado

Fuente: (Valdivia, Mayo 2005)

4.5 MEDIDAS OPERATIVAS

Se deben identificar y planificar aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionados con el uso significativo de la energía. Tras un análisis de la operación de las máquinas, técnicas de control y registros de operación utilizados actualmente se sugieren las siguientes mejoras.

a. Tablero de control - Parámetros de control operacional

Tabla 4. 11: Tablero de control.

| TABLERO DE CONTROL PARA: PARAMETROS DE CONTROL OPERACIONAL | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------|
| USEN | PARAMETRO | UNIDADES | SET POINT | LIMITE SUPERIOR | LIMITE INFERIOR | INSTRUMENTO DE MEDICION | FECUENCIA MEDICIÓN | QUIEN NECESITA ESTAR INFORMADO | INDICADOR D. E (Kw-h) |
| AL01 | Temperatura Agua (MF) | ° C | 12 | 20 | 10 | Termómetro | 3 c/turno | Jefe de planta | (Kw-h/Kg) |
| | Energía | [Kw-h] | | N/A | N/A | Instalar medidor | 3 c/turno | Jefe de planta | |
| XD01 | Temperatura Agua (MF) | ° C | 20 | 27 | 15 | Termómetro | 3 c/turno | Jefe de planta | (Kw-h/Kg) |
| | Energía | [Kw-h] | | N/A | N/A | Instalar medidor | 3 c/turno | Jefe de planta | |
| PA03 | Temperatura Agua (MF) | ° C | 12 | 20 | 10 | Termómetro | 3 c/turno | Jefe de planta | (Kw-h/Kg) |
| | Energía | [Kw-h] | | N/A | N/A | Instalar medidor | 3 c/turno | Jefe de planta | |
| BA04 | Temperatura de Camisa | ° C | | | | Termómetro | 3 c/turno | Jefe de planta | (Kw-h/Kg) |
| | Energía | [Kw-h] | | N/A | N/A | Instalar medidor | 3 c/turno | Jefe de planta | |

Fuente: Paul Molina

Todas las variables indicadas en la tabla anterior deben ser tomadas en cuenta para un correcto y completo control operacional.

b. Cambio de horarios

Actualmente los motores de los Usuarios Significativos de Energía (USEn) arrancan, en los turnos como se muestra en la tabla:

Tabla 4. 12: Turnos de operación.

| | | TURNOS |
|-----------|---------------------|--------|
| HORARIOS: | 8am - 10 am - 12 am | MAÑANA |
| | 16pm - 18pm - 20pm | TARDE |
| | 24pm - 02am - 04am | VELADA |

Fuente: Jefatura de Servicios Generales

Una de las medidas operativas puede ser que se cambie los turnos de operación como por ejemplo desde las 22:00 hasta las 17:00 del día siguiente, con este cambio se puede reducir en un gran porcentaje el pago de la planilla de consumo de energía eléctrica debido a que se evitan las horas pico.

c. Cambio de las torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento no son eficientes debido a que no logran enfriar a la temperatura de 10 °C que es la necesaria, por tanto, las camisas de los extrusores se deterioran. Además existe un gasto adicional en químicos para el tratamiento de agua que representa alrededor de 10000 dólares anuales.

Se propone el cambio de las torres de enfriamiento por un chiller que fue presupuestado por la empresa, el cual cuesta 30000 dólares, valor que será recuperado en aproximadamente en 3 años.

d. Cambio del compresor Ingersoll

Al realizar los estudios a este compresor observamos que debido a los años de funcionamiento esta máquina necesita un cambio ya que no abastece en su totalidad la planta de mezclas termoplásticas por esta razón no se le realizó ningún tipo de análisis futuro

En el anexo 6 para facilitar el proceso de implantación de la norma ISO 50001 se realizó un manual de procedimiento, el cual permitirá desarrollar de mejor manera dicho proyecto de eficiencia energética en el sector de mezclas termoplásticas de la empresa de Plasticaucho Industrial S.A.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- A través de la auditoría energética se tuvo conocimiento de la situación actual de la empresa y específicamente en el sector de Mezclas Termoplásticas, datos sobre consumos, costos de energía y producción, esto servirá para mejorar el rendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos y así observar su comportamiento.
- Se debe implementar un banco de capacitores tanto en el Transformador de 220V como el de 440 V debido a que el promedio del factor de potencia en el área es de 0.85, por tanto, las penalizaciones son altas e influyen en el costo de la planilla.
- Los Usuarios Significativos de Energía (USEn) identificados en la auditoría energética requieren de una atención inmediata en lo que se refiere al cambio de sus motores estándar por motores de alto rendimiento para mejorar la eficiencia energética en el área de mezclas termoplásticas.
- Las medidas operativas como el cambio de horario, es decir no arrancar las maquinas en horas pico, instalar medidores de energía en cada máquina para poder tener un control individual del consumo que genera cada una, el poder examinar todas las variables que afectan en la producción son de gran importancia ya que permitirán a un futuro identificar oportunidades de mejora en el desempeño energético de la planta.

- El indicador de Desempeño Energético (IDEn), relaciona la energía con la producción por lo tanto en el 2012 se tuvo un promedio aproximado de 10,5 KW-h de energía necesaria para la producción de 1 kg de pellet y en el 2013 se tuvo un promedio aproximado de 9.6 KW-h de energía para la producción de 1 kg de pellet, por lo tanto se puede observar de que al pasar 1 año se ha reducido el consumo en un 8.5%, lo que pretende la norma ISO es reducir los consumos de energía aún más para producir la misma cantidad de pellet .
- La inversión necesaria para la implementación de motores de alta eficiencia es de 70.196 \$ lo cual después de realizar un análisis financiero se pudo determinar que la recuperación de dicha inversión es de 5 años aproximadamente.
- Al realizar los estudios de la norma ISO 50001 se pudo determinar que Plasticaucho Industrial S.A. necesita implantar dicha norma para mejorar su eficiencia energética en el sector de mezclas termoplásticas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la auditoria energética se realice de una forma responsable y estricta con personal capacitado, para que los valores que obtengamos sean lo más exactos posibles y de esta manera poder evaluar las condiciones en las que se encuentra la planta y concretamente el sector de mezclas termoplásticas.
- Al Instalar el banco de condensadores se debe analizar de que estén bien diseñados para llegar al factor de potencia requerido, por esta razón se recomienda efectuar los cálculos correspondientes para no cometer errores y dañar al equipo

- Al adquirir los motores de alta eficiencia se recomienda efectuar un buen plan de mantenimiento para asegurar la vida útil de los equipos y de esta manera certificar que todos los cambios que se le realizo a la planta se pueda evidenciar un cambio en la eficiencia energética
- La norma ISO 50001 puede ser implantada en el sector de mezclas termoplásticas, siempre y cuando se tomen en cuenta todas las recomendaciones y se sigan las directrices indicadas en el presente documento.
- La colaboración prestada por parte del personal para la implantación de la norma será primordial, ya que una buena comunicación y colaboración permitirá un mejor desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Norma ISO 50001 : 2012, 2012.
- [2] W. Turner, Energy Management Handbook, The Fairmont Press, 2007.
- [3] Manual de Energía, 2001.
- [4] W. Turner, Liburn, The fairmont Press, 2007.
- [5] M. y. A. Brealey, Principios de Finanzas, Mc Graw Hill, 2006.
- [6] Google, «www.google.earth.com.ec,» 2014. [En línea]. [Último acceso: 12 2013].
- [7] «www.conelec.gob.ec,» 24 06 2011. [En línea]. Available: www.conelec.gob.ec/normativa_tipo.php?cd=1135&cod_tipo=9&l=1. [Último acceso: 13 05 2014].
- [8] I.E.S.S., Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, 2013.
- [9] Z. D. & M. Feito, El Mantenimiento de Fabril Su Planificacion y Organizacion, La Habana: Cientifico - Técnica, 1984.
- [10] J. Edminister, Circuitos Eléctricos, España: Mc Granw - hill, 1988.
- [11] D. Valdivia, «Motores de Alta Eficiencia,» *Electro Industrial*, Mayo 2005.
- [12] «http://www.calidadydireccion.es/Eficiencia_Energetica.php,» citado, 12 febrero 2014. [En línea].

ANEXOS

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Paul Fernando Molina Velasteguí bajo mi supervisión.

.....
**ING. MARIO JIMÉNEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO**

.....
**ING. IBETH DELGADO
CODIRECTORA DEL PROYECTO**

.....
**ING. KATYA TORRES
DIRECTOR DE LA CARRERA**

.....
**DR. RODRIGO VACA
SECRETARIO ACADÉMICO**