



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS**

**“PROPUESTA DE UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO  
TÉRMICO PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA  
PLANTA DE LA EMPRESA ELASTÓMEROS S.A LIMA, 2016”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

**POMPA FLORES, MANUEL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2017-**

**A:**

A Dios, ya que sin él nada podemos hacer, quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

A mis padres, Jesús y Angelina por haberme dado la vida, y enseñarme que las metas son alcanzables y que una caída no es una derrota sino el principio de una lucha que siempre termina en logros y éxitos.

A mi esposa e hijo, Apolonia y Erick por ser parte importante y especial en mi vida, gracias por comprenderme y ayudarme en toda mi carrera y ocupar un espacio significativo en mi corazón. Por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos dispere un futuro mejor.

**Manuel**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, Jesús y Angelina, quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas, han creído en mí y han dado un valor especial a mi vida. De quienes he recibido todo el amor que he requerido y han depositado en mí la semilla que me ha forjado hasta lo que soy, les agradezco por ser los mejores padres que pude haber tenido, por todo el esfuerzo que hicieron para darme la oportunidad de estudiar en la Universidad más grande del Perú.

A mi asesor, el Ing. Denis Arangurí Cayetano, quien me proporcionó todo el apoyo, la tolerancia y la paciencia para lograr llegar al final de mi camino en esta Facultad.

**El autor**

## RESUMEN

La presente tesis, se realizó en la planta de la empresa Elastómeros S.A., ubicado en el distrito de Lima, provincia y departamento de Lima; lo que se hizo en esta investigación hacer un diagnóstico y mejoras térmicas para la empresa, con la finalidad de disminuir el consumo energético térmico, y de esta manera, obtener beneficios económicos en el proceso productivo. Las 2 propuestas térmicas que se analizaron fueron, Reducción del Exceso de Aire en el Caldero y Aislamiento de Líneas de Distribución de Vapor. Con la primera propuesta se logra un ahorro energético anual que logra un ahorro anual de 6 868 sm<sup>3</sup> de gas natural, además que se deja de emitir 13.02 Ton/CO<sub>2</sub> a la atmosfera; mientras que con la segunda propuesta se logra un ahorro anual de 36 563 sm<sup>3</sup> de gas natural, además de dejar de emitir 69.29 Ton/CO<sub>2</sub> a la atmosfera. Además con la primera propuesta se logra un ahorro económico anual de S/. 5 783 y con la segunda propuesta se logra un ahorro económico anual de S/. 5 996 lo cual demuestra que ambas propuestas son viables económicamente para su implementación.

**Palabras claves:** Propuesta, diagnóstico energético, térmico, costos operativos, ahorro energético, ahorro económico.

## **ABSTRACT**

The present thesis was carried out in the Elastómeros S.A. plant, located in the district of Lima, province and department of Lima; What was done in this research to make a diagnosis and thermal improvements for the company, with the purpose of reducing the thermal energy consumption, and in this way, to obtain economic benefits in the production process. The 2 thermal proposals that were analyzed were: Reduction of Excess Air in the Cauldron and Isolation of Steam Distribution Lines. The first proposal achieves an annual energy saving that achieves an annual saving of 6 868 sm<sup>3</sup> of natural gas, in addition to ceasing to emit 13.02 Ton / CO<sub>2</sub> to the atmosphere; While the second proposal achieves an annual saving of 36 563 sm<sup>3</sup> of natural gas, in addition to the emission of 69.29 Ton / CO<sub>2</sub> to the atmosphere. In addition with the first proposal an annual economic saving of S /. 5 783 and with the second proposal an annual economic saving of S /. 5 996 which demonstrates that both proposals are economically viable for implementation.

**Keywords:** Proposal, energy, thermal diagnosis, operating costs, energy saving, economic saving.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	xii
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>01</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática	01
1.2. Delimitación de la investigación	02
1.2.1 Delimitación espacial	02
1.2.2 Delimitación conceptual	02
1.3. Planteamiento de problemas de investigación	03
1.3.1 Problema general	03
1.3.2 Problema específico	03
1.4. Objetivos de la investigación	03
1.4.1 Objetivo general	03
1.4.2 Objetivos específicos	03
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	04
1.5.1 Hipótesis general	04
1.5.2 Variables de la investigación	04
1.5.3 Operacionalización de las variables de la investigación	05
1.6. Metodología de la investigación	05
1.6.1 Tipo y nivel de investigación	05
1.6.2 Método y diseño de la investigación	06
1.6.3 Población y muestra de la investigación	06
1.6.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	07
1.6.5 Justificación e importancia de la investigación	07

<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	09
2.1. Antecedentes de la investigación	09
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1 Ubicación de la zona del estudio	11
2.2.2 Sistema de vapor	16
2.2.3 Generadores de vapor	18
2.2.4 Distribuciones de vapor	19
2.2.5 Medidas de ahorro de energía en sistemas de vapor	20
2.3. Definición de términos básicos	23
<b>CAPÍTULO III. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	26
3.1. Resultados del trabajo de investigación	26
3.2. Situación actual de la empresa Elastómeros S.A	29
3.3. Análisis energético - térmico	31
3.4. Análisis de aislamiento térmico	32
3.5. Diagrama de procesos	35
3.6. Descripción del sistema térmico	39
3.6.1 Equipamiento térmico	39
3.6.2 Redes de vapor	43
3.6.3 Consumo de combustible	44
3.7. Medidas de ahorro energético térmico	46
3.7.1 Reducción del exceso de aire en caldero	46
3.7.2 Aislamiento de líneas de distribución de vapor	50
3.8. Reducción de emisiones de (CO <sub>2</sub> ) dióxido de carbono	55
<b>CAPÍTULO IV. PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS</b>	57
4.1. Propuestas de mejora térmica – análisis energético	57
4.2. Propuestas de mejora térmica – análisis económico	58
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63

ANEXOS	64
Anexo 1: Matriz de consistencia	65
Anexo 2: Emisividades normales de materiales	66
Anexo 3: Resultados de los monitoreos térmicos	67
Anexo 4: Monitoreo de temperatura superficial de la caldera	70
Anexo 5: Caldero hurts de 200 hp	73
Anexo 6: Caldero pirotubular	74
Anexo 7: Reómetro	75



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Definición conceptual y operacional de las variables	05
Tabla 2. Datos generales de la empresa Elastómeros S.A	12
Tabla 3. Características técnicas de las prensas	41
Tabla 4. Características técnicas de autoclaves	42
Tabla 5. Características de las redes de vapor	43
Tabla 6. Características de la acometida de gas natural	44
Tabla 7. Detalle de facturación por consumo de gas natural	45
Tabla 8. Análisis del gas en llama alta	46
Tabla 9. Análisis de gas en llama media	47
Tabla 10. Análisis de gas en llama baja	47
Tabla 11. Costo en $\text{sm}^3$ del gas natural	49
Tabla 12. Redes vapor en el mal estado de la planta	50
Tabla 13. Precio del combustible del gas natural	52
Tabla 14. Perdidas de calor en las tuberías de la red de vapor	53
Tabla 15. Reducción de emisiones de $\text{CO}_2$ por mejoras térmicas	56
Tabla 16. Propuesta de mejoras térmicas Elastómeros S.A	57
Tabla 17. Análisis económico de la propuesta térmica	58
Tabla 18. Ahorro económico neto anual de la propuesta térmica	58
Tabla 19. Matriz de consistencia	65
Tabla 20. Emisividad normales de los materiales	66
Tabla 21. Monitoreo de gases de llama alta	67
Tabla 22. Monitoreo de gases de llama media	68
Tabla 23. Monitoreo de gases de llama baja	69

Tabla 24. Monitoreo de temperatura de llama alta	70
Tabla 25. Monitoreo de temperatura de llama media	71
Tabla 26. Monitoreo de temperatura de llama baja	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Plano de ubicación de la empresa Elastómeros S.A	13
Figura 2. Sistema típico de vapor	17
Figura 3. Caldero pirotubular típico	19
Figura 4. Sistema de distribución de vapor	20
Figura 5. Eficiencia v/s exceso de aire para petróleo y gas natural	21
Figura 6. Aislamiento de fibra de vidrio en tuberías de vapor	23
Figura 7. Organigrama estructural de la empresa Elastómeros S.A	30
Figura 8. Flujograma de procedimiento de análisis energético térmico	31
Figura 9. Diagrama de flujo para los procesos de la planta	36
Figura 10. Energía a utilizar en los procesos	37
Figura 11. Evolución del consumo de gas natural	45
Figura 12. Payback por reducción del exceso del aire	50
Figura 13. Payback por aislamiento térmico	55
Figura 14. Caldero hurts de 200 hp de la planta Elastómeros S.A	73
Figura 15. Medición de parámetros de caldero pirotubular	74
Figura 16. Determinación de las características para el proceso	75

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis es un compendio donde se da proponer un diagnóstico energético térmico para reducir costos operativos en la planta de la empresa Elastómeros S.A. Durante los últimos años la reducción de costos de energía en la industria ha sido objeto de cuidadosa atención. Esto se ha venido logrando con la aceptación e incorporación de medidas que permitan implementar proyectos de ahorro y establecer un programa sostenible. En algunas industrias los costos de energía representan un gran porcentaje que puede ir del 7 al 24% del costo de producción total.

En la presente investigación se plantean propuestas de mejoras térmicas, en la Planta de la empresa Elastómeros S.A.; específicamente se considera el diagnóstico térmico de la planta para minimizar los costos operativos que incurre la empresa.

En el Capítulo I se hace referencia al planteamiento del problema, el cual implica pérdidas de energía térmica; considerando los objetivos, la justificación y la importancia de realizar la tesis.

En el Capítulo II se muestran los antecedentes de la investigación, es decir trabajos e investigaciones como referencia en el estudio.

En el Capítulo III, se muestran los análisis y resultados.

En el Capítulo IV se presenta la metodología de la investigación, que permite contrastar la hipótesis.

En el Capítulo V, se presenta la discusión de los resultados.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El consumo energético mundial total en el 2005 fue de 138,900 TWh, considerando las distintas fuentes de energía, entre las que destaca el 86,5% correspondiente a combustibles fósiles, aunque hay al menos un 10% de incertidumbre en estos datos de la (AIE). Agencia Internacional de la Energía.

De acuerdo con las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) el gas natural seguirá aumentando su cuota en el mix energético mundial, con un crecimiento del 2% por año hasta 2020. En la actualidad, el gas natural representa una cuarta parte de las energías primarias utilizadas en el mundo y ha presentado un crecimiento muy significativo en los últimos años, que se explica, en gran parte, por su utilización como generador de energía eléctrica a través de centrales térmicas, ya sean nuevas o adaptadas.

En el Perú el consumo de energía en el sector industrial, está muy ligado al desarrollo de la economía. Al tercer trimestre del 2014, la

energía consumida fue de 31,888 GWh (gigawatts por hora), mayor en 5,38% respecto al mismo periodo del 2013, lapso de tiempo en el que el PBI creció 2,80%. Además del consumo de energía a nivel nacional, más del 50% es malgastada con el uso de tecnologías obsoletas e ineficiente, o por una pobre gestión de la energía por parte de sectores productivos, como la Industria, la construcción, transporte, entre otros (OSINERGMIN, 2016).

La industria utiliza toda clase de energía comercial, aunque en la práctica las energías más utilizadas son la electricidad y el gas natural; es por ello el adecuado uso de estas energías se ve reflejada en el aspecto económico de la empresa; es por ello que el objetivo actual que se promueve en el sector industrial es la disminución en la facturación y consumo de energía (eléctrica o térmica), sin afectar los requerimientos de calidad y confort de los clientes y los procesos; promoviendo el aumento de producción o servicios, conservando o disminuyendo el consumo de energía.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1 Delimitación espacial**

La presente investigación se desarrollará en la empresa Elastómeros S.A ubicada en la Avenida Guillermo Dansey N° 1369, distrito de Lima.

### **1.2.2 Delimitación conceptual**

El presente trabajo de investigación se centra principalmente en el estudio de procesos térmicos, indicando claramente la fundamentación teórica sobre transferencia de calor y su aprovechamiento como energía eléctrica en la industria de manufactura que posean sistemas térmicos.

### **1.3. Planteamiento de problemas de investigación**

#### **1.3.1 Problema general**

¿Qué propuestas de acciones en el sistema térmico de la empresa Elastómeros S.A., permitirán ahorros energéticos -económicos?

#### **1.3.2 Problema específico**

¿Cuál es el diagnóstico actual del sistema térmico de la empresa Elastómeros S.A.?

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1 Objetivo general**

- Determinar propuestas de mejora en el sistema térmico de la planta de la empresa Elastómeros S.A., con la finalidad de obtener ahorros energéticos – económicos.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de las características actuales del sistema térmico de la planta de la empresa Elastómeros S.A.
- Analizar las propuestas de mejora térmica para la planta de la empresa Elastómeros S.A.
- Determinar y calcular el ahorro económico y payback de las
- propuestas de mejora térmica de la empresa Elastómeros S.A.

## **1.5. Hipótesis y variables de la investigación**

### **1.5.1 Hipótesis general**

- La propuesta de un diagnóstico y acciones de mejoras energéticas térmicos que permite reducir costos operativos en la planta de la empresa Elastómeros S.A.

### **1.5.2 Variables de la investigación**

#### **Variable independiente**

- Diagnóstico energético térmico.

#### **Variable dependiente**

- Reducir costos operativos.



### 1.5.3 Operacionalización de las variables de la investigación

**Tabla 1:** Definición conceptual y operacional de las variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Diagnóstico energético térmico	Principalmente dos formas de intervención: Reducción del exceso de aire en el Caldero y Aislamiento de líneas de Distribución de Vapor.	Consumo de combustible m <sup>3</sup> /h
			Exceso de aire %
			Perdida de calor KJ/h
DEPENDIENTE	Costos Operativos	Las propuestas de mejora térmica, permitirán obtener un ahorro energético - económico en el sistema térmico de la empresa.	Energía térmica ahorrada KJ/h
			Cantidad de dinero ahorrado S/. /año

Fuente: Elaboración propia, 2017

## 1.6. Metodología de la investigación

### 1.6.1 Tipo y nivel de investigación

#### a. Tipo de investigación

La investigación a realizar fue de tipo aplicada, tiene como propósito la recolección de información, sometiéndola a un proceso de análisis, para determinar las principales medidas de ahorro económico.

## **b. Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue explicativa, debido a que no se tiene un control sobre la variable independiente, propuestas de mejora térmica, en base a los resultados de este análisis se procederá a determinar las medidas de ahorro energético - económico.

### **1.6.2 Método y diseño de la investigación**

#### **a. Método de la investigación**

El método que se utilizó en la presente tesis profesional fue:

- Recopilación y toma de datos
- Análisis de la información
- Determinar las propuestas de mejora térmica
- Comparar y determinar el ahorro energético - económico

#### **b. Diseño de la investigación**

Según el diseño de la presente investigación es no experimental.

### **1.6.3 Población y muestra de la investigación**

#### **a. Población**

Se consideró como población del presente trabajo de investigación al sistema energético de la empresa Elastómero S.A.

#### **b. Muestra**

Se considera muestra de estudio al sistema térmico de la empresa Elastómeros S.A.

#### **1.6.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **a. Técnicas**

Las técnicas empleadas son la observación directa, la entrevista y la medición directa.

##### **b. Instrumentos**

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente trabajo de investigación son:

- Para la entrevista, un cuestionario.
- Para la observación directa, una ficha de campo.
- Recopilación de datos del sistema térmico.
- Recopilación de las características del equipamiento térmico.
- Recopilación de las características del sistema de distribución de vapor.
- Recopilación de datos de las facturaciones de gas natural.

#### **1.6.5 Justificación e importancia de la investigación**

##### **a. Justificación**

En el presente estudio se detalla que la industria consume energía como el transporte, y puede utilizar cualquier tipo disponible en el mercado. Al mismo tiempo, también produce toda clase de sustancias contaminantes e impactos sobre el medio ambiente. En ese contexto, en la planta de la empresa Elastómeros S.A., realizan una serie de actividades consumidoras de energía como: Fabricación y Revestimientos de Rodillos Industriales,

Revestimiento en Frío y Caliente de Tanques, Canaletas, etc.; además de revestimiento de interior de tuberías y conexiones en Caucho y Poliuretano, y fabricación de Repuestos para Celdas de Flotación Minera; entre las principales. Todas estas actividades requieren grandes cantidades de consumo energético tanto eléctrico como térmico; es así que en esta investigación se centra en proponer propuestas de mejora en el sistema térmico que permitan, el logro de todos los objetivos de la competitividad desarrollo energético de la empresa, de manera que se reduzca la necesidad de generar o consumir más energía, además de utilizar eficientemente los recursos energéticos; desplazando inversiones.

#### **b. Importancia**

La importancia de la presente tesis profesional después de implementar una Propuesta de un diagnóstico energético térmico para reducir costos operativos en la planta de la empresa elastómeros S.A .Reducirá los costos de producción u operación, mejorando la competitividad y estos costos evitados, puedan traducirse como beneficios económicos percibidos para la empresa. Además de contribuir con la protección al medio ambiente mediante la reducción del uso de la energía, ayudando a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Y al ser esta una empresa típica dentro del sector industrial peruano, los resultados obtenidos en la presente investigación se pueden extrapolar hacia otras empresas, con la finalidad de que se mejoran los parámetros térmicos de las empresas a nivel nacional.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

En Chile , en la Universidad de Talca, en la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Industrial, en la tesis “Propuestas de eficiencia energética en el sistema de vapor de una planta de jugos concentrados” para optar el título profesional de Ingeniero Civil Industrial , en esta tesis se entregó una propuestas de eficiencia energética en el sistema de vapor de una planta productora de jugos concentrados; el objetivo fue procurar hacer frente a los continuos aumentos en los precios de los combustibles que han elevado los costos de producción y disminuido los ingresos de la empresa. Como primer paso se realiza un diagnóstico de la planta con el cual se determinaron los consumos de energía térmica de la empresa, la segunda parte consiste en realizar un análisis de todo el sistema de vapor de la empresa y cuantificar el consumo y generación de vapor y energía en los distintos equipos del sistema de vapor (calderas, calentadores de pulpa, evaporadores, pasteurizador, etc.) a través de mediciones y balances térmicos. Se logró así identificar las principales pérdidas de energía que se producían en el sistema. La tercera parte consiste en proponer y evaluar alternativas de solución que evitarán las pérdidas de energía. Se consideró la evaluación económica de tres

alternativas de solución las cuales consisten en la aislación del estanque de alimentación de agua a las calderas, aislación de una cañería de vapor desde la caldera número cuatro al manifold de distribución de la sala de calderas y el cambio de dos trampas de vapor. Se determinó la factibilidad económica de estas tres alternativas cuya realización se recomendó a la empresa dado el bajo costo que representa la inversión en comparación a los beneficios futuros que se obtendrían. (Ibertti, V.E, 2006)

En Bucaramanga Colombia , en la Universidad Industrial de Santander , Facultad de Ingenierías Físicas Mecánicas , Escuela de Ingeniería Mecánica , en la tesis “Análisis energético de la sección generadora de vapor y el sistema de refrigeración para la producción de agua fría de la planta de Freskaleche S.A.”, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico , en esta tesis se caracterizaron las operaciones realizadas en el proceso “Revestimiento” mediante observación directa y entrevistas no estructuradas, se caracterizaron los desperdicios de dichas operaciones usando los mismos métodos anteriormente mencionados; se determinaron las posibles causas por la cuales la planta posee baja productividad a través de un análisis Causa-Efecto de las “5’M”, para finalmente diseñar una alternativa de mejora conformada por cuatro proyectos: desperdicio asociado al transporte de tuberías, presencia de humedad en el medio ambiente, planificación en la recepción de tuberías y al turno de mantenimiento; por último, se analizó técnicamente la factibilidad de las mejoras propuestas. (Silva, F. S., y Castillo.V.J., 2006)

En Ecuador, en la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, en la tesis “Diagnóstico y mejoramiento energético térmico de la fábrica extractora de aceite Palmeras del Ecuador S.A.”, para optar el título profesional de Ingeniero Químico, en esta tesis es determinar las causas y posibles soluciones para su baja eficiencia energética. Dentro de los procesos se determinaron los sistemas de generación y consumo de vapor. El análisis energético del

sistema de generación de vapor, comprendió la determinación de la eficiencia energética y cuantificación de vapor producido, obteniéndose: una eficiencia del 63,23 % y una generación de 10,61 t/h de vapor a 21,0 bares para la caldera 1, y una eficiencia de 54,91 %, con una generación de 12,62 t/h de vapor a 22,4 bares para la caldera 2. Para el análisis energético del sistema de consumo de vapor, se cuantificó el uso de vapor de los principales equipos, que son: tanque de alimentación del área de generación de vapor (2,83 t/h), dos turbinas del área de generación de potencia (23,17 t/h), cinco autoclaves del área de esterilización (13,28 t/h) y tres silos de almacenamiento de nuez y almendra del área de palmistería (0,68 t/h). Finalmente, se determinaron tres opciones de ahorro energético: aislamiento térmico de las tuberías sin recubrimiento, aislamiento térmico del tanque de alimentación y la recuperación de condensados; con las que se recupera 2,44 t/h de vapor y se genera una ganancia, por producción de aceite de palma y palmiste, de: 318 893,93 USD.(Jiménez ,R.J.,2014)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. Ubicación de la zona del estudio**

#### **a. Ubicación**

La Empresa Elastómeros Está ubicada en la Avenida Guillermo Dansey N° 1369, Lima. Cuenta con experiencia de 50 años en el mercado que ha logrado convertirse en una empresa líder en la fabricación de productos de caucho y poliuretano, y está registrada en la SUNAT con Ruc: 20143717969.

**Tabla 2:** Datos generales de la empresa Elastómeros S.A

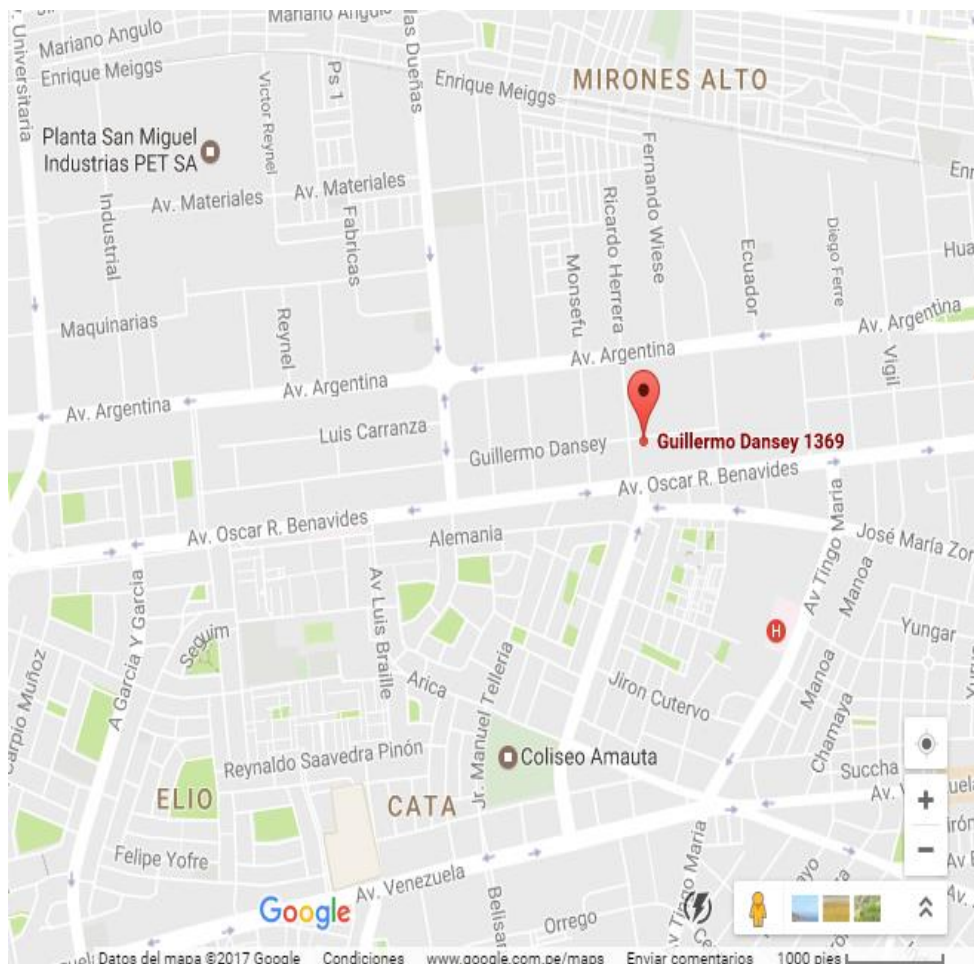
<b>Número de RUC:</b>	20143717969 - ELASTÓMEROS Y DERIVADOS S.A
<b>Actividad de Comercio exterior:</b>	EXPORTADOR
<b>Nombre Comercial:</b>	Elastómeros S.A.
<b>Inicio de actividades:</b>	11/06/1993
<b>Estado del Contribuyente:</b>	ACTIVO
<b>Condición del Contribuyente:</b>	HABIDO
<b>Dirección del Domicilio Fiscal:</b>	Av. Guillermo Dansey Nro. 1369 URB. Zona Industrial, LIMA - LIMA - LIMA
<b>Sistema de Contabilidad:</b>	COMPUTARIZADO
<b>Actividad(es) Económica(s):</b>	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CAUCHO, Y SERVICIOS EN METALMECÁNICA
<b>Área Ocupada:</b>	1 600 m <sup>2</sup>

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A



Elastómeros S.A. cuenta con una amplia experiencia en el mercado ha logrado convertirse en una empresa líder en la fabricación de productos de caucho y poliuretano. La empresa ofrece soluciones integrales a los requerimientos de elastómeros para los diferentes sectores productivos del país.

Con instalaciones de una planta de 1600 m<sup>2</sup>, maquinaria y equipos modernizados, con un permanente personal capacitado y un minucioso control de los procesos productivos, asume el reto de proporcionar solución a los problemas vinculados a la tecnología de los elastómeros.



**Figura 1:** Plano de ubicación de la empresa Elastómeros S.A.  
**Fuente:** Google Earth

## **b. Quienes somos**

**Misión:** Es una empresa que busca a “Brindar soluciones oportunas en caucho y poliuretano basadas en calidad y servicio personalizado a cada cliente, buscando el liderazgo en calidad y la diferenciación en nuestros productos y servicios.”

**Visión:** Su visión es “Ser reconocidos como una empresa líder en el revestimiento de rodillos industriales, así como en la fabricación de repuestos para equipos mineros de caucho y poliuretano, desarrollando una tecnología orientada a ofrecer productos y servicios de calidad para satisfacer las necesidades particulares de cada cliente.”

## **c. Servicios**

La empresa Elastómeros S.A es una empresa nacional cuyos principales productos y servicios que ofrecen son los siguientes:

Fabricación y Revestimiento de Rodillos Industriales.

Rodillos para la Industria del Papel:

– Gofradores, Clissé, Prensa

Rodillos para la Industria Plástica:

– Flexográficos, Jaladores, Selladores, Corona, Fusionadores.

Rodillos para Curtiembres:

– Descarnador, Exprimidor, Divididor, Lijador

Rodillos para Impresión

– Entintadores, Batidores, Mojadores.

Rodillos para la Industria de Envases Metálicos

– Barnizadores

Revestimiento en Frío y Caliente de:

– Tanques.

– Canaletas.

- Hélices, Ejes Agitadores.
- Ductos-chutes.
- Celdas de Flotación.

Revestimiento interior de tuberías y conexiones en Caucho y Poliuretano.

Fabricación de Repuestos para Celdas de Flotación Minera.

Repuestos para Bombas.

Polines de Impacto y Retorno.

Apoyos para Puentes.

Perfiles Tipo Nota Musical.

Defensas para Muelles.

Planchas Antiabrasivas.

Trabajos de Revestimiento a pie de obra.

Asesoramiento en proyectos.

Desarrollo de compuestos a solicitud del cliente.

### **c. Calidad**

La empresa Elastómeros S.A cuenta con un control de calidad con un laboratorio equipado para la realización de ensayos físicos para muestras de caucho vulcanizado. También la empresa cuenta con un moderno Reómetro para determinar las características de vulcanización de compuestos y comparar diversas muestras asegurando que el proceso productivo se está realizando en un estado óptimo de calidad.

Regularmente realizamos las siguientes pruebas físicas a nuestros compuestos:

- Pruebas de tensión
- Pruebas de elongación
- Pruebas de dureza

- Pruebas de abrasión
- Pruebas de compresión
- Pruebas de envejecimiento
- Cambio de volumen por inmersión al agua

#### **d. Política ambiental**

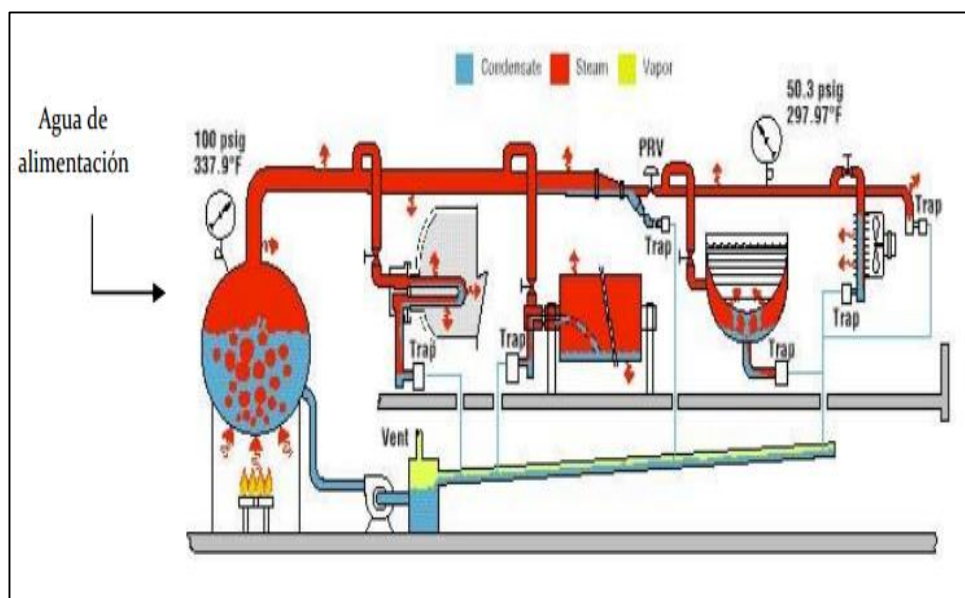
Dentro de una perspectiva de responsabilidad social empresarial Elastómeros y Derivados S.A. se encuentra implementando un Sistema de Gestión Ambiental (ISO 14000), desarrollado con el apoyo del proyecto Cadena Productiva Perú 2021.

En Elastómeros y Derivados S.A. asumimos el compromiso de mejorar nuestro proceso y operaciones constantemente, utilizando adecuadamente los recursos naturales y previniendo la contaminación, con el fin de controlar los impactos ambientales ocasionados por nuestras actividades de producción y de servicio, todo esto en mejora y beneficio de la comunidad, cumpliendo los requisitos legales y otros de la empresa adopte.

#### **2.2.2 Sistemas de vapor**

El vapor de agua es uno de los medios de transmisión de energía calórica de mayor efectividad en la industria, se estima que este servicio es utilizado por el 95% de las industrias como medio de calentamiento, por su fácil generación, manejo y bajo costo comparado con otros sistemas. El vapor es generado en una caldera a partir de la utilización de un combustible, generalmente un derivado del petróleo o biomasa, como medio aportante de energía, para transformar el agua en vapor a determinada presión y

temperatura. Luego de ser generado y debido a su presión puede ser transportado al equipo o proceso consumidor sin necesidad de utilizar algún medio mecánico como una bomba (por ejemplo). En el punto de consumo puede ser utilizado para transferir energía en forma de calor en algún proceso de calentamiento. Esta transferencia de calor (calor latente) se basa en la liberación de energía debido al cambio de fase del vapor de agua a agua líquida (condensado).



**Figura 2:** Sistema típico de vapor  
**Fuente:** Armstrong International (2011)

Un sistema de vapor está constituido por cuatro secciones: La primera corresponde a la generación, durante esta etapa, en la caldera, se aplica calor al agua de alimentación para elevar su temperatura; después de que el agua se ha evaporado, el vapor resultante pasa a la segunda etapa del ciclo de vapor, la distribución, esto es el movimiento del vapor de agua en un sistema cerrado a su punto de consumo, el uso de vapor en cualquier de las formas se denomina Transferencia de Calor, que vendría a ser la tercera etapa; y finalmente la cuarta etapa es el Retorno de condensado, que completa el ciclo del vapor.

### 2.2.3 Generadores de vapor

Un generador de vapor, representado generalmente por una caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor. (SILVA S. CASTILLO J, 2006)

La estructura real de una caldera dependerá del tipo, no obstante, de forma general podemos describir las siguientes partes:

**Quemador:** Sirve para quemar el combustible.

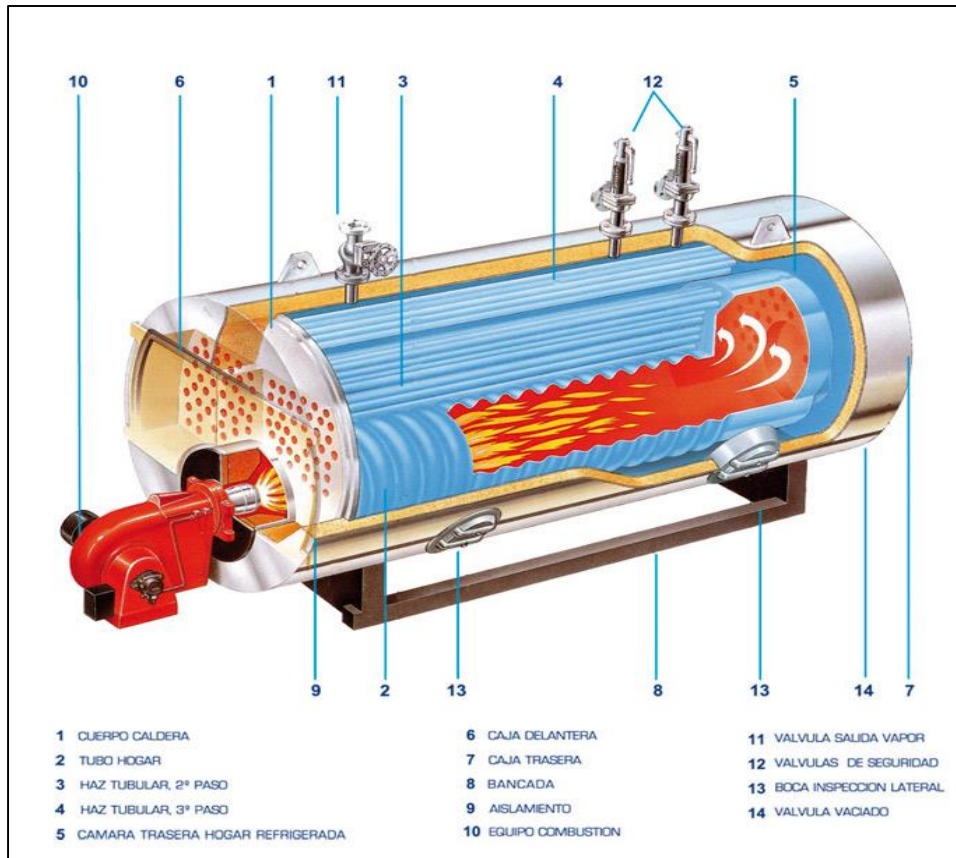
**Hogar:** Alberga el quemador en su interior y en su interior se realiza la combustión del combustible utilizado y la generación de los gases calientes.

**Tubos de intercambio de calor:** El flujo de calor desde los gases hasta el agua se efectúa a través de su superficie. También en ella se generan las burbujas de vapor.

**Separador líquido-vapor:** Es necesario para separar las gotas de agua líquida con los gases aún calientes, antes de alimentarla a la caldera.

**Chimenea:** Es la vía de escape de los humos y gases de combustión después de haber cedido el calor al fluido.

**Carcasa:** Contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor.



**Figura: 3** Caldero pirotubular típico

**Fuente:** Recogido de <https://www.sogecal.com/caldera-pirotubular/>

## 2.2.4 Distribuciones de vapor

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita energía calorífica.

Los tres componentes principales de un sistema de distribución de vapor son:

- Los cabezales o manifold (distribuidores de vapor),
- Las tuberías principales, y
- Los ramales de vapor.

Cada componente cumple con ciertas funciones específicas en un sistema de vapor y junto con los separadores y las trampas de vapor contribuyen al uso eficiente del vapor.



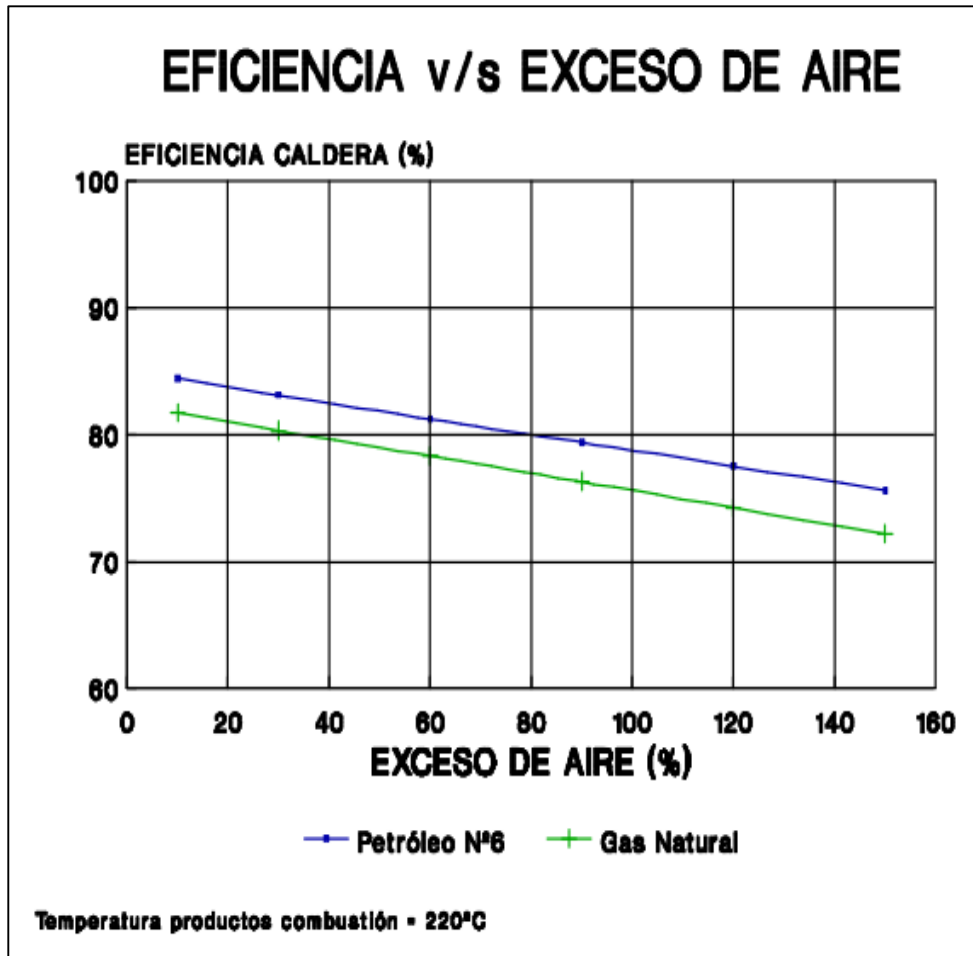
**Figura 4:** Sistema de distribución de vapor  
**Fuente:** Armstrong International, 2011

### **2.2.5 Medidas de ahorro de energía en sistemas de vapor**

#### **Pérdida de calor asociado al exceso de aire**

El concepto de “exceso de aire” tiene relación con la cantidad de aire para la combustión que debe ser entregado por sobre el estequiométrico, para lograr una buena mezcla aire/combustible y con ello una buena combustión. La magnitud del exceso de aire requerido por una caldera varía principalmente de acuerdo al tipo de combustible y a la tecnología del quemador.





**Figura 5:** Eficiencia v/s exceso de aire para petróleo y gas natural  
**Fuente:** Elaboración propia ,2017

En la figura 5 se observa la eficiencia térmica de una caldera en relación al exceso de aire con el que se encuentra trabajando, tanto para el caso de gas natural como para el caso del petróleo.

El trabajar con excesos de aire inferiores a los recomendados también provoca disminuciones drásticas en la eficiencia de una caldera, debido a la combustión incompleta del combustible. Otros problemas asociados a la operación con excesos de aire insuficientes son la formación de depósitos al interior de la caldera (hollín) y la emisión de productos de la combustión con características explosivas y tóxicas.

La determinación del exceso de aire con el que está trabajando una caldera puede ser efectuada en forma sencilla, a través de la medición del contenido de O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub> y CO presente en los productos de la combustión.

Los procedimientos que deben realizarse para reducir las pérdidas de calor asociados a un exceso de aire diferente al requerido, tienen relación con: ajuste de la presión de combustible, ajuste de la presión del hogar, en la entrada de aire al quemador, presión de atomización, temperatura del combustible, posición del quemador, espesor de la cama de combustible sólido, razón aire sobre y bajo parrilla, distribución de aire bajo parrilla.

### **Pérdidas de vapor en tuberías**

Las pérdidas de vapor en las tuberías de una planta sería que toda la energía que sale de la casa de calderas llegara al proceso. Sin embargo, ya que el vapor es considerablemente más caliente que la temperatura del aire circundante, siempre habrá algunas pérdidas, la clave es reducir las tuberías en la medida que sea posible. El primer paso es el aislamiento térmico de la línea. Hay una gran diferencia entre la pérdida de calor de una tubería al descubierto y una tubería con sólo 1" de aislamiento, pero la regla general es de 1" de aislamiento por 100 °F (25 mm por 56 °C) de la temperatura del vapor. Un aislamiento típico sería de fibra de vidrio con revestimiento de acero inoxidable. Lo ideal sería que todos los elementos auxiliares tales como válvulas de control, válvulas de aislamiento, etc. también se aislen, por lo que es buena idea considerar el aislamiento desprendible para los elementos auxiliares que necesiten un mantenimiento regular.

El punto más importante es mantener el aislamiento seco, el aislamiento mojado es peor que la falta de aislamiento y el revestimiento debe estar bien sellado y la tubería no se debe instalar en zanjas o trincheras donde hay una posibilidad de inundación. El aislamiento de las tuberías de condensado, aunque a menudo se pasa por alto, también es muy importante. A pesar de que es condensado en lugar de vapor, cualquier pérdida de calor de la línea de condensados resulta ser más energía que se podría utilizar en la casa de calderas.



**Figura 6:** Aislamiento de fibra de vidrio en tuberías de vapor  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017

### 2.3 Definición de términos básicos

**Ahorro energético:** El ahorro energético consiste en la optimización del consumo energético con el objetivo final de disminuir el uso de energía, aunque sin que por ello se vea afectado el resultado final.

**Aislamiento térmico:** Son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica, cuyo empleo en los sistemas solares tiene por objeto reducir las pérdidas de calor.

**Auditoria energética:** Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida.

**Autoclave:** Es un recipiente metálico de paredes gruesa con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial.

**Caldero pirotubular:** Es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.

**Combustible:** Cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor.

**Eficiencia energética:** La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía. La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios.

**Exceso de aire:** Tiene relación con la cantidad de aire para la combustión que debe ser entregado por sobre el estequiométrico, para lograr una buena mezcla aire/combustible y con ello una buena combustión.

**Sistema térmico:** Conjunto de elemento o componentes térmicos o termodinámicos, conectados entre sí con el propósito de generar, transportar y suministrar energía calorífica.

**Vapor de agua:** El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H<sub>2</sub>O logran liberarse de las uniones (ej. Uniones de hidrógeno) que las mantienen juntas.

## **CAPITULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. Resultados del trabajo de investigación**

La presente tesis profesional, está basada de realizar una propuesta de un diagnóstico energético térmico para reducir costos operativos en la planta de la empresa Elastómeros S.A. Lima, 2016. Se ejecutó en el distrito de Lima, ubicado en la en la Avenida Guillermo Dansey N° 1369, distrito de Lima, con la finalidad de identificar los consumos energéticos tanto eléctricos como térmicos, los cuales influyen directamente en el óptimo desempeño operacional de la empresa.

Para su operación la planta se ha dividido en aéreas especializadas, las cuales se describen a continuación:

**Área de productos en tránsito:** En esta área se encuentran temporalmente ubicados los productos que llegan para ser sometidos a los diferentes procesos, según sea el servicio que se haya contratado. En esta zona también se ubican los trabajos ya terminados y que están listos para ser entregados.

**Área de dosificación:** Aquí se realiza la mezcla de sustancias químicas para obtener acelerantes que luego serán mezclados con diversos masterbatch (material compuesto por pigmentos y/o colorantes en altas concentraciones, pre-dispersados en un polímero de base que presenta la apariencia de mantas de goma de caucho).

**Área de molino:** Está conformada por una máquina compuesta por dos rodillos cilindros entre los cuales se prensa con los acelerantes. Su función es la de obtener caucho de diversas calidades y propiedades. El molino por efecto de la fricción eleva la temperatura de la materia prima a una temperatura de alrededor de 71 °C. Para mantener la estabilidad de la goma y evitar la vulcanización de esta, los cilindros se enfrían mediante un surtidor de agua que va a lo largo del eje axial de los cilindros, logrando que la temperatura superficial de estos no supere los 30°C.

**Área de calandria:** La calandria es una máquina similar al molino, la diferencia radica en que posee 3 rodillos cilíndricos y se inyecta vapor en el interior de estos para calentarlos y así poder manipular mejor el caucho estabilizado y tratado en el molino.

En la calandria, se le da al caucho la forma de “mantas” de diferente espesor y longitud, que después servirán para revestir interior o exteriormente a tuberías y piezas de diversas formas y tamaños (servicios especiales).

**Área de especiales:** En esta área se trabajan diversos productos a pedido. Los productos suelen ser tuberías que se revisten con caucho internamente o piezas metálicas especiales que requieren que se les cubra con caucho; para esto, se usan autoclaves para acelerar el “cocido” del caucho y fijarlo a las piezas metálicas.

**Área de mangueras:** En esta área se fabrican mangueras a partir bandas delgadas de caucho que ha sido elaborados en la

calandria. El proceso consiste en revestir varias veces un molde (tubo sellado en un extremo) con el caucho. Las bandas son enrolladas a lo largo del molde, formando varias capas entre las cuales se alterna alambre y nylon según sea el caso. Una vez terminado este proceso, el producto se lleva a una autoclave. Allí las bandas de caucho se vulcanizan y forman una sola unidad con el alambre y el nylon.

**Área de prensas:** En esta área se revisten piezas especiales y se fabrican diversas formas de caucho mediante el uso de moldes. Los moldes son de metal y son precalentados antes de entrar a las prensas. El proceso es de duración variable y depende de la pieza a trabajar. La planta cuenta con 6 prensas.

**Área de poliuretano:** En esta área se trabaja el revestimiento de piezas metálicas con poliuretano. Las piezas revestidas manualmente con poliuretano son introducidas en el horno de curado, allí se logra vulcanizar el metal y poliuretano.

**Área de soldadura y calderería:** En esta área se realizan trabajos de soldadura y trabajo de piezas metálicas, las cuales pueden requerir alguna reparación o modificación. Los trabajos que llegan a esta área de la planta son diversos.

**Área de mecanizado:** Aquí se encuentran diversos equipos electromecánicos para el trabajo en metal, como fresas, tornos, taladros, etc. En esta área se elaboran piezas en metal a partir de las especificaciones contenidas en los planos suministrados por el cliente.

**Área de granallado:** En esta área se limpian las piezas metálicas a través de un chorro de granallas a alta velocidad lanzado dentro de una cámara que tiene por finalidad reaprovechar los abrasivos, recircularlos y brindar seguridad durante la operación.

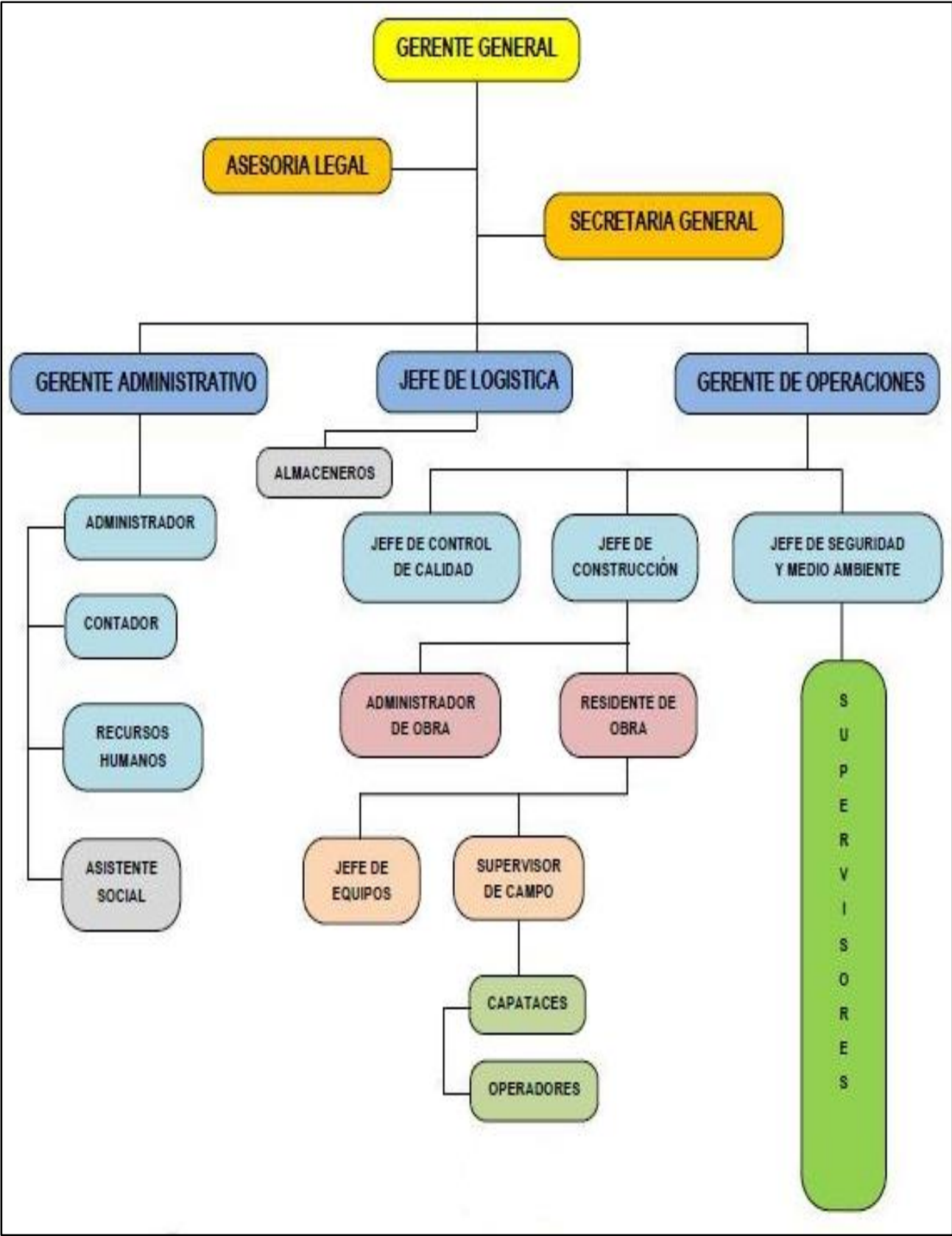


**Área de autoclaves:** Si bien es cierto, las autoclaves se encuentran ubicados en diferentes áreas de la planta, se ha dispuesto un área para dos principales. En estos se trabajan vulcanizados de gran tamaño o en cantidades superiores a la unidad, por otro lado, también podemos encontrar autoclaves en el área de poliuretano (pequeño) y en el área de mangueras (el más largo de la planta).

**Área de mantenimiento:** Aquí se realizan las labores de mantenimiento mecánico y eléctrico de los componentes de la maquinaria de producción.

### **3.2 Situación actual de la empresa Elastómeros S.A**

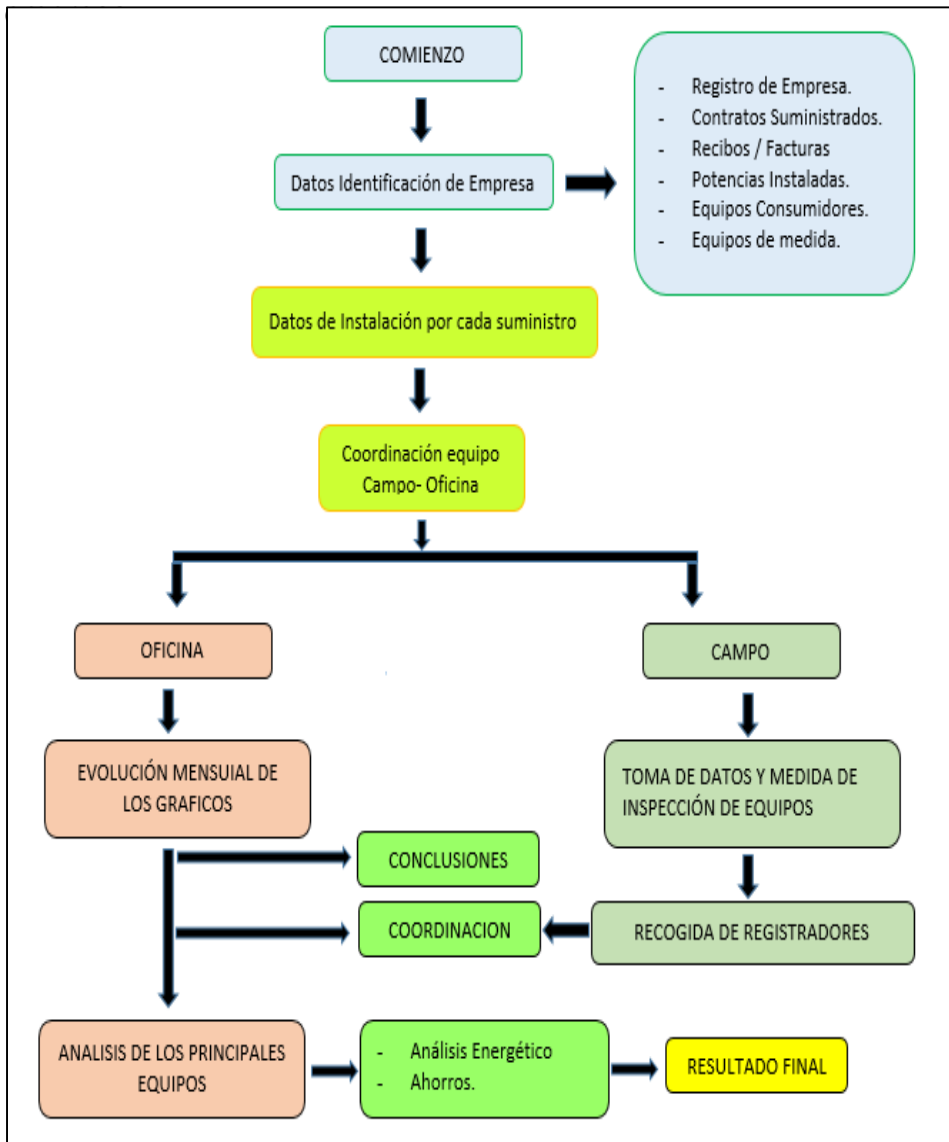
Elastómeros S.A, es una empresa dedicada en la fabricación de productos de caucho y poliuretano. La Empresa está situada en el Distrito de Lima, cuenta con una planta de 1 600 m<sup>2</sup>, dentro de la planta de fabricación de productos de caucho y poliuretano cuenta con maquinaria y equipos modernizados, esta empresa se encuentra comprometida desde su fundación con entregar a sus consumidores productos con la más alta calidad, es decir, haciendo uso de teorías como Seguridad e Higiene, Buenas Prácticas de fabricación y lo más importante hoy en día el sistema de análisis de peligros y control de puntos críticos , lo que garantizará distribuir en su mercado productos con la más alta confiabilidad .



**Figura 7:** Organigrama estructural de la empresa Elastómeros S.A  
**Fuente:** Data de la empresa Elastómeros S.A, 2017

### 3.3 Análisis energético - térmico

Para el análisis de sistema térmico de la empresa ELASTÓMEROS S.A., se tuvo en cuenta el siguiente flujograma con los procesos del procedimiento realizado para la recolección de datos, análisis y evaluación técnica – económica del Sistema térmico de la



**Figura 8:** Flujograma de procedimiento de análisis energético – térmico  
**Fuente:** Elaboración propia 2017.

### 3.4 Análisis de aislamiento térmico

Para el análisis del ahorro energético del aislamiento térmico, se realizarán 3 pasos, basados en las siguientes metodologías.

#### Consumo diario de vapor

Para hallar el consumo diario de vapor, se tendrá que seguir los siguientes pasos:

#### 1° Hallar el flujo másico de vapor teórico

$$Q_{\text{util}} \times 8437 \times 4.18 = m_v \times (h_2 - h_1) \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

- Q útil: BHP caldera
- $m_v$ : flujo de vapor (kg/h)
- $h_2$ : entalpía en 2 (Kj/kg)
- $h_1$ : entalpía en 1 (Kj/kg)

#### 2° Hallar el flujo másico de vapor real

$$n_{\text{CALDERA}} = \frac{m_v \text{ real}}{m_v} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

- $\eta$  caldera: Eficiencia de la caldera de producción
- $m_v$  real: flujo de vapor real (kg/h)
- $m_v$ : flujo de vapor (kg/h)

### 3° Hallar el consumo diario de vapor

$$\text{Consumo diario de vapor} = \frac{m_v \text{ real} \times t \text{ operación}}{1000} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

- Consumo diario de vapor: (Ton/día)
- $m_v$  real: flujo de vapor real (kg/h)
- $t$  operación: tiempo de operación (h/día)

### Precio del vapor

Una vez hallado el consumo diario, se procede a hallar el precio del vapor diario:

$$\text{Precio del Vapor} = \frac{\text{Precio del combustible diario}}{\text{Consumo diario de vapor}} \dots\dots\dots (4)$$

Dónde:

- Precio del vapor: (soles/Ton)
- Precio del combustible diario: (soles/día) $1+0.794$
- Consumo diario de vapor: (Ton/día)

### Ahorro energético en las redes de vapor

Las pérdidas por radiación y convección las calcularemos con las siguientes ecuaciones recomendadas por la norma ASME:

$$Q_{rad} = 4.88 \times 10^{-8} \times E * ((T_s + 273) - (T_A + 273)) \dots (5)$$

$$Q_{conv} = C \times 4.88 \times \left(\frac{1}{d}\right)^{0.2} \times \left(\frac{1}{T_{av}}\right)^{0.2} \times (1 + 0.794)^{1/2} \dots (6)$$

Dónde:

- Q rad: Kcal/h.m<sup>2</sup>
- Q conv: Kcal/h.m<sup>2</sup>
- C: 2.74
- d: Diámetro de la tubería (m)
- T<sub>a</sub>: Temperatura ambiente (°C)
- T<sub>s</sub>: Temperatura de la superficie (°C)
- T<sub>av</sub>: (T<sub>a</sub> + T<sub>s</sub>)/2
- dT: T<sub>s</sub> - T<sub>a</sub>
- V: Velocidad del aire (km/h)
- E: Emisividad de la superficie

Luego las pérdidas de calores totales serían:

$$P.C.T = (Q_{rad} + Q_{conv}) \times T.O. \times \text{Área} \dots\dots\dots (7)$$

Dónde:

- P.C.T.: Perdida de calor totales(Kcal/año)
- Q rad: Kcal/h.m<sup>2</sup>
- Q conv: Kcal/h.m<sup>2</sup>
- T.O anual: Tiempo de operación anual (h/año)
- Área: Área de tubería descubierta o en mal estado

Una vez hallado el calor pedido total, se procede a hallar el equivalente térmico, en la cantidad de vapor perdido.

$$C.V.P = \frac{P.C.C}{h_g} \dots\dots\dots (8)$$

Dónde:

- C.V.P: Cantidad de vapor perdido (kg/año)
- P.C.T: Perdida de calor Totales(Kcal/año)
- h<sub>g</sub>: Entalpía del vapor (Kcal/kg)

### Ahorro económico

Para obtener el ahorro económico, a partir de un ahorro energético, se procederá a utilizar el siguiente cálculo:

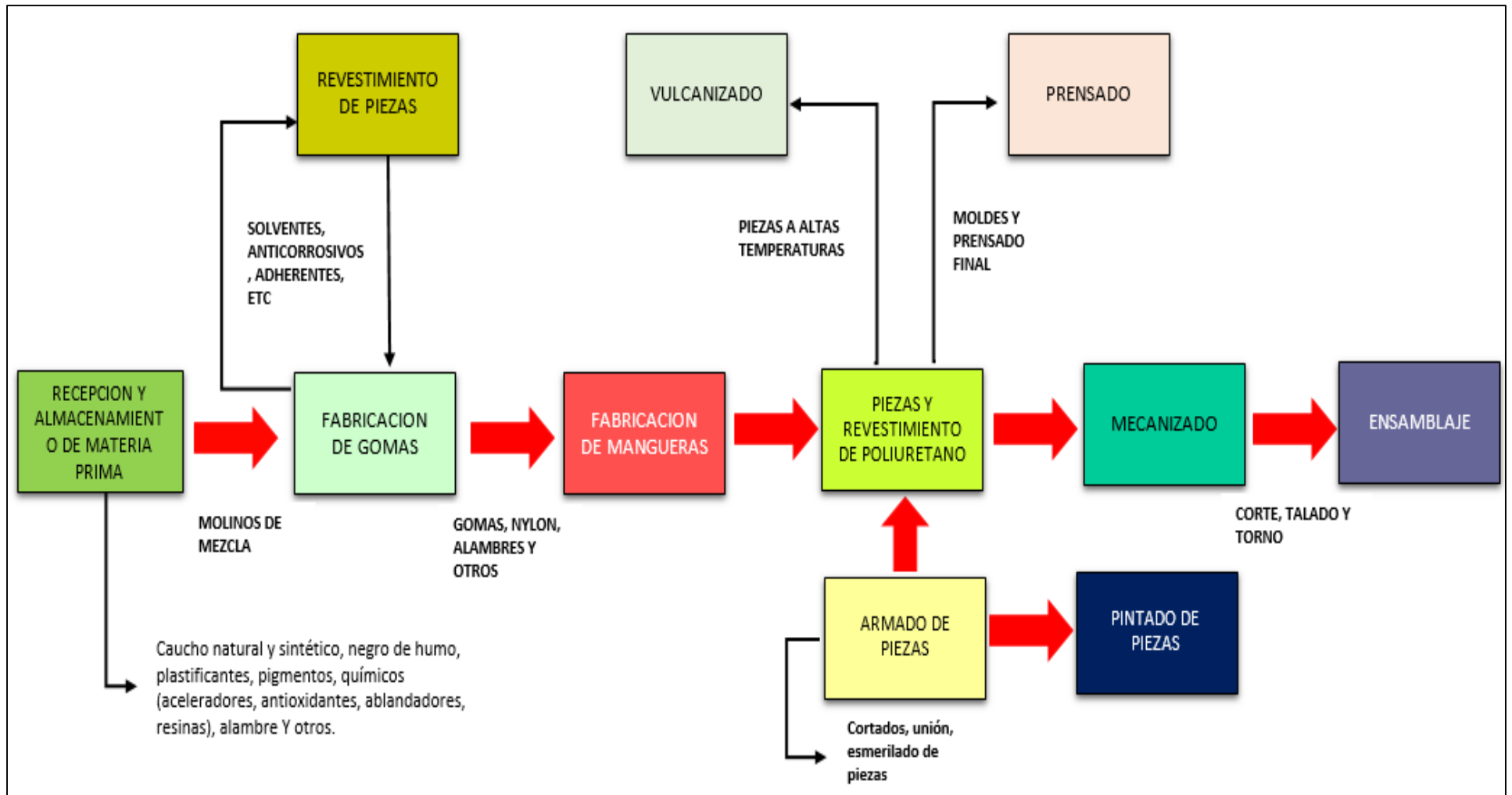
$$Payback = \frac{Inversión}{A.E.A} \times 12 \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

- Payback: Tiempo de retorno de inversión sin rendimiento (meses)
  
- A.E.A: Ahorro económico anual del ahorro energético (S./año)
  
- Inversión: para las medidas de instalación del ahorro energético (S.)

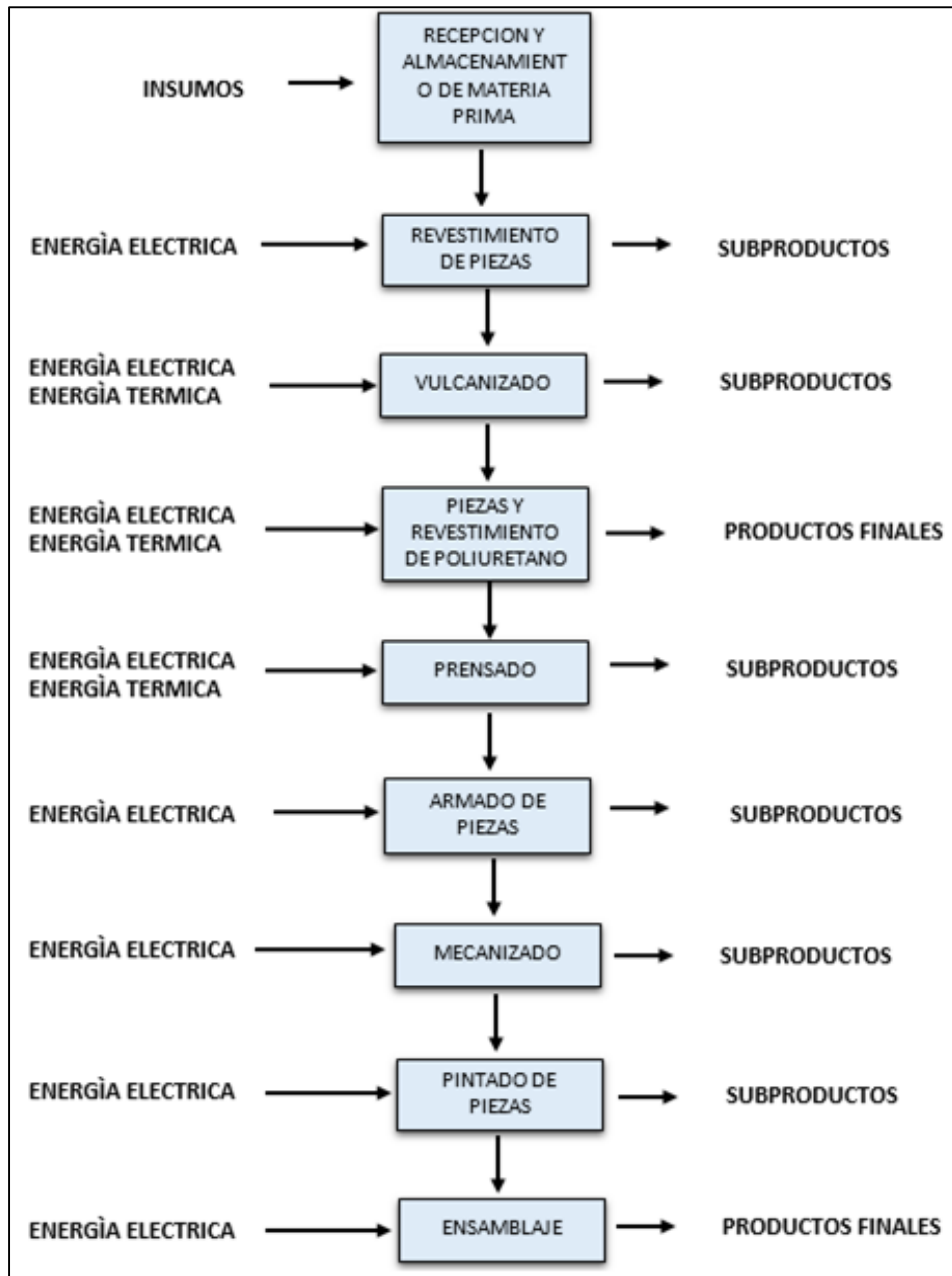
### 3.5 Diagramas de procesos

En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo correspondiente a los procesos de la planta, considerando todas las etapas del proceso; esto permite evidenciar las zonas donde el consumo de energía térmica se hace en mayores cantidades. Mientras que en la figura 9, se presentan todas las formas de energía a utilizar en los procesos de la planta de la empresa Elastómeros S.A.



**Figura 9:** Diagrama de flujo para los procesos de la planta  
**Fuente:** Datos de proceso de la empresa Elastómeros S.A





**Figura 10:** Energía a utilizar en los procesos  
**Fuente:** Datos de proceso de la empresa Elastómeros S.A.

A continuación, se realiza una breve descripción de los procesos del proyecto:

**Fabricación de Gomas:** Proceso a base de molinos, en la cual se mezclan el caucho natural y sintético, negro de humo, gomas, acelerantes, aceites químicos, plástico, solventes, entre otros, para dar como resultado piezas de goma.

**Revestimiento de Piezas:** En este proceso solo ingresan piezas que requieren ser revestidas, donde se aplica una serie de insumos como son: solventes, anticorrosivos, adhesivos, pintura y masilla, con las herramientas respectivas. Este proceso da como resultado de piezas revestidas.

**Armado de piezas:** En este proceso se realiza la construcción de piezas metálicas. La materia prima son las planchas metálicas, que son cortadas dependiendo el tipo de pieza a construir, luego se realizan soldadura y el taladrado para unir las partes y finalmente se realiza el esmerilado y así obtener las piezas requeridas.

**Vulcanizado:** En este proceso las piezas revestidas se calientan a altas temperaturas en la autoclave por medio de vapor, para luego obtener una pieza con caucho vulcanizado.

**Fabricación de mangueras:** Para la fabricación de mangueras se utilizan gomas, alambre, vendas, nylon cordel, tela engomada, solventes y silicona, los cuales son ingresados a la autoclave de mangueras, para dar como productos final mangueras.

**Prensado:** En este proceso las piezas son colocadas en moldes para luego ser prensadas, luego se realiza el acabado de las piezas y finalmente son pintadas.

**Piezas y Revestimiento de Poliuretano:** Esta área se encarga de producir piezas revestidas con poliuretano. Las piezas son calentadas en un horno, luego pasan por una prensa y finalmente moldeadas para dar como resultado el producto.

**Pintado de Piezas:** Área destinada para el acabado de piezas que requieren ser pintadas.

**Mecanizado:** En esta etapa las piezas son preparadas (corte, taladro y/o torno), para luego pasar a la etapa de ensamblaje.

**Ensamblaje:** Etapa en la cual se arman y/o acoplan las piezas según el pedido del cliente. Las piezas son almacenadas en parihuelas y se transportan por medio de montacargas al almacén de productos terminados.

### 3.6 Descripción del sistema térmico

#### 3.6.1 Equipamiento térmico

##### **Caldero pirotubular**

Para la producción de vapor, la planta cuenta con un caldero pirotubular que transporta calor a los principales equipos térmicos de la planta, que operan a una presión de 150 psi. La operación del caldero es modulante con la carga y suministra el vapor a una presión de 80 psi.

A continuación, se muestra las principales características técnicas del caldero y su quemador de la planta de la empresa Elastómeros S.A.

##### **Caldero**

Marca	:	Hurst
Fabricante	:	Boiler & Welding Co. INC.
Serie	:	ES702 - 150 - 3
Tipo	:	Pirotubular
Operación	:	Modulante con la carga
Año de fabricación	:	2007

Potencia	:	200 BHP
Capacidad nominal	:	6900 lb/h
Presión máxima de trabajo	:	150 PSI

### **Quemador**

Fabricante	:	Power Flame
Modelo	:	C5 – GO - 30
Serie	:	100727211
Tipo	:	Dual
Combustible	:	Gas natural / Diésel oil
Consumo de combustibles		
Gas natural	:	3000 MBH - 8400 MBH
Diésel oil	:	18.0 GPH – 60.0 GPH
Potencia del soplador	:	1.5 HP
Presión máxima de trabajo	:	80 PSI

La caldera opera las 24 horas del día, 6 días por semana, parando por mantenimiento solamente 4 días al año. El régimen de purgas de fondo del caldero, se realiza a razón de 1 purga cada 2 horas.

### **Prensas**

Las prensas son mecanismos compuestos por 2 planchas de acero que son calentadas internamente por un serpentín por el cual se hace circular vapor. Las planchas presan moldes hechos de acero y les transfieren calor. Estos moldes tienen la forma de la pieza a obtener y han sido cuidadosamente llenados con el material de caucho, el cual después de haber sido sometido al calor se “cose” y toma la forma del molde.

La superficie de las planchas de la prensa alcanza alrededor de 110 °C; debido a que las planchas de la prensa son muy pesadas, estas son elevadas mediante cilindros hidráulicos, que varían en número según el tamaño de la prensa.

**Tabla 3:** Características técnicas de las prensas

Prensas	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Presión Hidráulica Máxima de Trabajo (PSI)	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
N° de Pistones	4 de 10"	1 de 28"	4 de 24"	4 de 12"	1 de 8"	1 de 8"
	2 de 1.5"		2 de 1.5"			
Apertura Máxima (mm)	700	400	785	500	500	500
Dimensiones (m)	1.30 x 1.30	1.20 x 1.20	1.60 x 1.60	1.20 x 1.50	0.5 x 0.5	0.5 x 0.5

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A.

### Calandria

Está compuesta por tres cilindros calentados internamente mediante vapor. Los cilindros actúan como rodillos y tienen la función de mantener maleable la masa de caucho que pasa entre ellos para que pueda ser trabajada y convertida en bandas de diferente espesor.

Para que la máquina no exceda una determinada temperatura, se inyecta agua al sistema de vapor que va a los cilindros, de tal manera que se pueda controlar la temperatura de los cilindros, los cuales se encuentran en un rango de 30 a 55°C.

## Autoclaves

Son equipos que tienen por función elevar la temperatura de las piezas para lograr la vulcanización de estas con el caucho. El vapor ingresa en cámara de la autoclave, en donde previamente se ha colocado la pieza a trabajar, llenándola por completo y transfiriendo el calor contenido en este equipo. El vapor ingresa progresivamente a la autoclave desplazando al aire y una vez que ha llegado a su presión y temperatura de operación, se cierran las válvulas de venteo, para mantenerlos constantes. La presión de trabajo de las autoclaves es de 50 PSI, en la siguiente tabla, se muestra el listado de las autoclaves que se encuentran en la planta y sus principales características.

**Tabla 4:** Características técnicas de autoclaves

Autoclaves	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Fabricante	Conrad Engelke	----	Servindustria	Servindustria
Presión Máxima	50	50	50	50
Trabajo (PSI)				
Tipo	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Diámetro Máximo	1.28	----	1.9	3
Útil (m)				
Largo útil (m)	2.5	----	12	7

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A.

## Horno de curado

En el horno de curado, las piezas a trabajar se someten a una temperatura en un tiempo determinado, los cuales dependen del producto a obtener.

## Mesa de engomado

Está conformada por un serpentín que la recorre de extremo a extremo. Su función es suministrar calor mediante intercambio indirecto por radiación a las partes que requieran ser engomadas.

### 3.6.2 Redes de vapor

Para que sea posible el transporte de energía térmica la empresa cuenta con redes de vapor. Están divididas en 4 líneas las cuales envían vapor a las diferentes áreas, en tuberías de fierro negro cedula 40, ubicadas a lo largo de los techos; y además envía a través de una red de agua, de tubería de cobre, el agua caliente producido en el calentador. Los condensados son recuperados a través de tuberías de fierro negro, de cedula 40; a continuación, se muestra una tabla resumen de las redes de vapor.

**Tabla 5:** Características de las redes de vapor

Áreas	Tubería				
	Línea	Indicador	L (m)	M	D (mm)
Horno de Poliuretano	L1	Vapor	49.6	FN	1 ½"
Calandra 02	L1	Vapor	44.96	FN	1 ½"
Extrusora 02	L1	Vapor	46.5	FN	1 ½"
Autoclave 01	L1	Vapor	8.5	FN	2"
Prensa 01	L2	Vapor	11.5	FN	1"
Prensa 02	L2	Vapor	10.22	FN	1"
Prensa 03	L2	Vapor	4.5	FN	1"
Prensa 05	L2	Vapor	14.0	FN	1"
Prensa 06	L2	Vapor	10.5	FN	1"
Prensa 04	L3	Vapor	6.9	FN	1"
Autoclave 02	L3	Vapor	12.3	FN	2"
Autoclave 03	L4	Vapor	17.68	FN	2"
Autoclave 04	L4	Vapor	-	-	-
Calandra 01	L4	Vapor	42.90	FN	1 ½"
Extrusora 01	L4	Vapor	44.0	FN	1 ½"

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

### 3.6.3 Consumo de combustible

En la actualidad, la planta productiva de Elastómeros S.A. es cliente regulado de la empresa Cálidda, con número de suministro 112712 y bajo la categoría tarifaria “B”, lo que implica que en su facturación se incluyan cargos por: volumen consumido de gas natural, servicio vía la red principal, descuento por adelanto de la GRP, margen de distribución y margen de comercialización.

El consumo de gas natural se da mayoritariamente para producción de vapor, mientras que un porcentaje es usado para calentamiento de agua en las duchas y suministra el gas natural por redes de tuberías subterráneas, similar al servicio de agua potable. A continuación, se muestra un cuadro resumen de los datos del suministro de la concesionaria.

**Tabla 6:** Características de la acometida de gas natural

TARIFAS APLICADAS	IMPORTE	UNIDAD
Tipo de Usuario	Regulado	-----
Tipo de Tarifa	Regulado	-----
Categoría Tarifaria	CAT-C	-----
Precio de GN	9.4302	S/GJ
Costo Medio del Transporte	0.1736107	S/sm3
Distribución Variable	0.1056569	S/sm3

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

Según los registros de planta, se tiene el siguiente detalle de facturación para el periodo Enero – Junio del presente año, lo cual se muestra en la siguiente tabla.



**Tabla 7:** Detalle de facturación por consumo de gas natural (Últimos 06 meses)

Mes	Consumo	Costo gas	TRP	MD	OTROS	IGV 18%	Costo
	(sm <sup>3</sup> )	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	Total (S/.)
Enero	27955.49	10921.03	4163.63	3544.1	28.51	3358.06	22015.33
Febrero	21968.95	8745.32	3426.62	2951.84	-	2722.28	17846.06
Marzo	18985	7338.14	2809.87	2889.99	39.99	2354.04	15432
Abril	15012	6378.85	2469.41	2564.04	1359.73	2298.97	15071
Mayo	23152.35	8750.58	4031.76	3103.34	37.86	2864.84	18788.42
Junio	19538	7354.75	3392.01	2848.72	23.67	2451.45	16070.6

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

Donde:

TRP: Transporte Red Principal

MD: Margen de Distribución



**Figura 11:** Evolución del consumo de gas natural.

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

Como se puede observar de la tabla y figura anterior, el consumo mayor de la planta en los últimos 6 meses fue de 27955.49 sm<sup>3</sup>, que representa un costo de S/. 22 015.33; así mismo se visualiza un menor consumo de 15012 sm<sup>3</sup> que se produjo en el mes de abril del presente año.

### 3.7 Medidas de ahorro energético térmico

#### 3.7.1 Reducción del exceso de aire en caldero

Dentro del programa de trabajos de campo en la empresa, se realizó un monitoreo de gases para poder verificar la eficiencia de la combustión. Los datos tomados en campo se muestran en las tablas siguientes, de donde se muestra el promedio de 3 mediciones realizadas.

**Tabla 8:** Análisis de gases en llama alta

Parámetros	Símbolo	Unidades	1	2	3	Promedio
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.2	3.2	3.1	3.5
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0	0	0	0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.5	10.1	10.3	10
Temperatura de humos	Tg	°C	187.4	184.2	184.6	185.4
Exceso de Aire	Ea	%	25.2	18	17.5	20.2
Eficiencia de Combustión	h	%	82.6	83.1	83.2	83
Temperatura ambiente	Ta	°C	25.5	26	26.2	25.9
Opacidad	Op.		0	0	0	0

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

**Tabla 9:** Análisis de gases en llama media

Parámetros	Símbolo	Unidades	1	2	3	Promedio
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	2.7	2.7	----	2.7
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0	0	----	0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	10.4	10.4	----	10.4
Temperatura de Humos	Tg	°C	183.8	181.6	----	182.7
Exceso de Aire	Ea	%	14.8	14.8	----	14.8
Eficiencia de Combustión	h	%	83.4	83.5	----	83.5
Temperatura Ambiente	Ta	°C	27	28.3	----	27.7
Opacidad	Op.		0	0	----	0

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

**Tabla 10:** Análisis de gases en llama baja

Parámetros	Símbolo	Unidades	1	2	3	Promedio
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	5.4	5.4	5.4	5.4
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0	0	0	0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	8.8	8.8	8.8	8.8
Temperatura de humos	Tg	°C	171.6	173.1	172.9	172.5
Exceso de Aire	Ea	%	35	34.6	34.7	34.8
Eficiencia de Combustión	h	%	83.1	83.1	83.1	83.1
Temperatura ambiente	Ta	°C	28.6	29.4	29.5	29.2
Opacidad	Op.		0	0	0	0

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

Al respecto se sabe que por cada 10% que se reduce el exceso de aire se incrementa en 1% la eficiencia de combustión, es decir, que se ahorrará combustible por cada tonelada de vapor producida.

El caldero está programado para producir vapor en llama alta, sin embargo, como su operación es modulante, este se enciende, opera unos minutos en llama baja, llega a plena carga, después de un determinado tiempo baja a llama media, luego a llama baja y luego se apaga. Este ciclo se repite a lo largo de las 12 horas de operación.

Durante el monitoreo de la caldera, se llegó a observar que el caldero operó en promedio 13 minutos a llama baja, 29 minutos en llama media y 34 en llama alta (total del ciclo 1,27 h). Si tomamos esta operación como referencia y sabemos que el consumo de combustible a esas cargas es 55.36 sm<sup>3</sup>/h, 89.97 sm<sup>3</sup>/h y 98.92, sm<sup>3</sup>/h, respectivamente, podemos usar esta información para calcular los consumos de combustibles para cada carga de operación. Sumado a lo anterior, se estima que las horas anuales de operación del caldero en promedio son 6 833 (factor de planta de 78%), tendremos que el caldero realiza aproximadamente 5 380 ciclos/año.

Por lo tanto, inicialmente la eficiencia de la combustión a llama baja es de 83,1% y el exceso de aire 34,8%, al regular el exceso de aire a 10% estaremos reduciendo en 24,8% el exceso de aire, con un incremento de la eficiencia de combustión de 2,5 %. El consumo de combustible disminuirá entonces en esa misma tasa. Similarmente para llama media y llama alta, se obtendrán incrementos de 0,48% y 1,02% respectivamente. Luego podemos calcular el ahorro de combustible mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ahorro (GN)} = \text{NC} \times 10^{-2} (2.90 \times \text{CGN}_B \times \text{HHC}_B + 0.57 \times \text{CGN}_M \times \text{HHC}_M + 1.21 \times \text{CGN}_A \times \text{HHC}_A) \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- Ahorro (GN) : Ahorro en gas natural (sm3)
- NC : Número de ciclos por año de operación del caldero (5 380).
- CGN : Consumo de gas natural a de terminada llama (sm3).

- $CGN_B$  : 55.36 sm<sup>3</sup>/h
- $CGN_M$  : 89.97 sm<sup>3</sup>/h
- $CGN_A$  : 98.92 sm<sup>3</sup>/h

HHC : Horas de operación por ciclo a determinada llama

- $HHC_B$  : 0.22 sm<sup>3</sup>/h
- $HHC_M$  : 0.48 sm<sup>3</sup>/h
- $HHC_A$  : 0.57 sm<sup>3</sup>/h

A,M,B : Llamas alta, media y baja respectivamente.

Reemplazando los valores en la ecuación N°11 tendremos que el ahorro anual de gas natural será.

$$\text{Ahorro GN} = 6868 \text{ sm}^3$$

### Ahorro económico de la empresa Elastómeros S.A

Además de acuerdo a datos de la empresa de facturación de gas natural, podemos hallar el valor promedio del costo del sm<sup>3</sup> de gas natural.

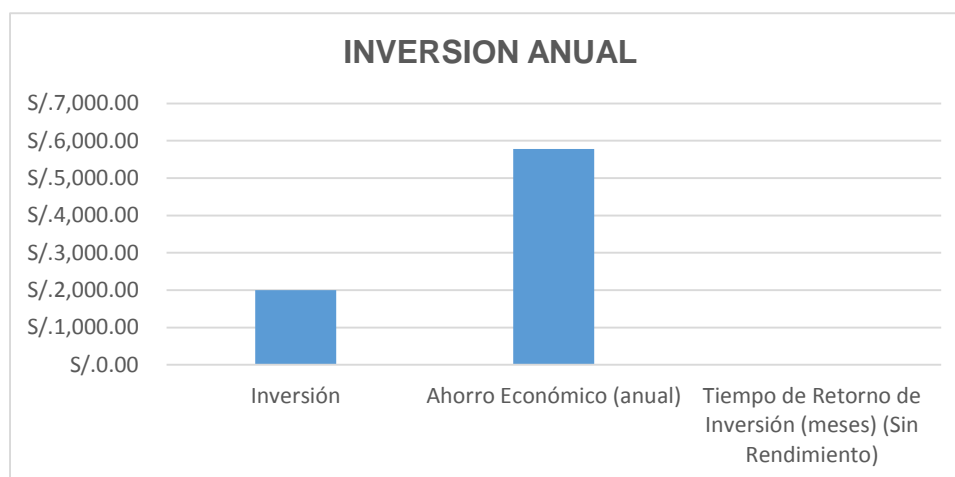
**Tabla 11:** Costo en sm<sup>3</sup> del gas natural

Mes	Consumo (sm <sup>3</sup> )	Costo Total (S/.)	Costo (S/. / sm <sup>3</sup> )
Enero	27955.49	2,201 5.33	0.788
Febrero	21968.95	1,784 606	0.812
Marzo	18985	15 432	0.813
Abril	15012	15 071	1.004
Mayo	23152.35	1,878 8.42	0.812
Junio	19538	16 070.6	0.823
<b>PROMEDIO</b>			0.842

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A

Donde se estima que el ahorro económico anual sería:

$$\text{Ahorro Anual} = 6868 \text{ sm}^3 \times 0.842 \frac{\text{S/}}{\text{sm}^3} = 5,783$$



**Figura 12:** Payback por reducción del exceso del aire

**Fuente:** elaboración propia, 2017

### 3.7.2 Aislamiento de líneas de distribución de vapor

De acuerdo a una recopilación de datos en técnicos en campo, se obtuvo la siguiente tabla que muestra las características de las redes de vapor, en las cuales se puede evidenciar falta de aislamiento en redes de distribución de vapor.

**Tabla 12:** Redes de vapor en mal estado de la planta

Áreas	Tuberías			Aislamiento		
	Línea	Material	D (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud descubierta (m)
Calandra 02	L1	FN	1 ½"	Fibra de Vidrio	44.96	18
Extrusora 02	L1	FN	1 ½"	Fibra de Vidrio	46.5	16
Autoclave 03	L4	FN	2"	Fibra de Vidrio	17.68	10
Calandra 01	L4	FN	1 ½"	Fibra de Vidrio	42.90	9
Extrusora 01	L4	FN	1 ½"	Fibra de Vidrio	44.0	10

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de la empresa Elastómeros S.A

## Determinación de datos técnicos

De acuerdo a las características técnicas de los equipos de la red de vapor, se obtuvo los datos técnicos operativos que servirán para el análisis energético del aislamiento térmico de la red de vapor de la Planta de la empresa Elastómeros S.A.

Para hallar los datos técnicos operativos, necesitamos los siguientes datos técnicos del sistema térmico:

- Operación anual de la caldera: 6833 h
- Presión de trabajo de Caldera: 100 psi
- Temperatura del agua de alimentación: 85°C
- $\eta$  CALDERA: 81.4%
- Q útil (Caldera): 200 BHP
- $h_1$  (entalpía del agua de alimentación, 85°C y 100psi): 356.02 KJ/kg
- $h_2$  (entalpía del vapor, vapor saturado a 100psi): 2762 KJ/kg

Determinación de consumo diario de vapor, de acuerdo a la metodología descrita en la sección 3.4 de **consumo diario de vapor**, se logra obtener el consumo diario de vapor.

Ingresando los datos en las ecuaciones obtenemos:

- De la ecuación N°1:  $m_v = 2931.58 \text{ kg/h}$
- De la ecuación N°2:  $m_v \text{ real} = 2386.31 \text{ kg/h}$
- De la ecuación N°3:

$$\text{Consumo diario de vapor} = 57.27 \text{ Ton/día}$$

Luego se determina el precio del vapor, de acuerdo a la metodología descrita en la sección 3.4 de Precio de vapor, se logra obtener el precio de vapor; para ello se obtiene el precio del combustible diario, de acuerdo a la tabla siguiente.

**Tabla 13:** Precio del combustible del gas natural.

Mes	Costo Total (S/.)	Costo Diario (S/.)
Enero	22015.33	733.84
Febrero	17846.06	594.87
Marzo	15432	514.40
Abril	15071	502.37
Mayo	18788.42	626.28
Junio	16070.6	535.69
<b>PROMEDIO</b>	17537.24	584.57

**Fuente:** Datos de la empresa Elastómeros S.A.

Ingresando los datos en la ecuación obtenemos:

- De la ecuación N°4:  $\text{Precio del vapor} = 10.20 \text{ soles/Ton}$



## Análisis de ahorro energético

De acuerdo a la metodología descrita en la sección 3.4 de Ahorro energético en las redes de vapor, se procede a analizar el ahorro energético capaz de obtenerse con el mejoramiento del aislamiento térmico de la red de vapor de la empresa Elastómeros S.A.

Para hallar el ahorro energético, necesitamos los siguientes datos técnicos del sistema térmico:

- Longitud de tubería en mal estado: 63m
- hg (entalpía del vapor, vapor saturado a 100psi): 2762 j/kg  
= 660.76 Kcal/kg
- Ta: 20 °C
- Ts: 150 °C
- V: 7.2 km/h
- E: 0.74 Emisividad de Fierro oxidado.

Ingresando los datos en las ecuaciones N°5, 6 y 7 obtenemos:

**Tabla14:** Pérdidas de calor en tuberías descubiertas de la red de vapor

Áreas	Longitud descubierta	Diámetro de la línea	Área descubierta	Total, de pérdidas	Total, de pérdidas
	(m)	(Pulg)	(m <sup>2</sup> )	(kCal/h.m2)	(kCal/año)
CALANDRA 02	18	0.75	1.08	12,229.51	90,019 722.6
EXTRUSORA 02	16	0.75	0.96	12,229.51	80,017 531.2
AUTOCLAVE 03	10	2	1.60	11.636.44	12,689 517.9
CALANDRA 01	9	0.75	0.54	12,229.51	45,009 861.3
EXTRUSORA 01	10	0.75	0.60	12,229.51	5,001 095.7
<b>TOTAL</b>					<b>391 953 251</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de la empresa Elastómeros S.A

Esta pérdida calórica se puede representar también en su equivalente de estándar metro cubico de gas natural; si consideramos el poder calorífico superior del gas natural (PCS = 34 599 BTU/sm<sup>3</sup>), entonces:

$$GN \text{ sm}^3 = \frac{391,953,251 \frac{\text{kcal}}{\text{año}} \times 3.965 \frac{\text{BTU}}{\text{kcal}}}{34,599 \frac{\text{BTU}}{\text{sm}^3}} \times 81.4\%$$

$$GN \text{ sm}^3 = 36,563 \text{ sm}^3$$

Luego, de acuerdo a la ecuación N° 8, se obtiene la cantidad de vapor perdido:

$$\text{C.V.P} = 587,848 \text{ kg/año}$$

De haber realizado la metodología, se obtiene una cantidad de vapor perdido de 587.8 Ton/año en 63 metros de longitud descubierta, lo cual es una cantidad apreciable de ahorro energético que puede lograrse con el mejoramiento del aislamiento térmico de esta longitud de tuberías de vapor del sistema térmico.

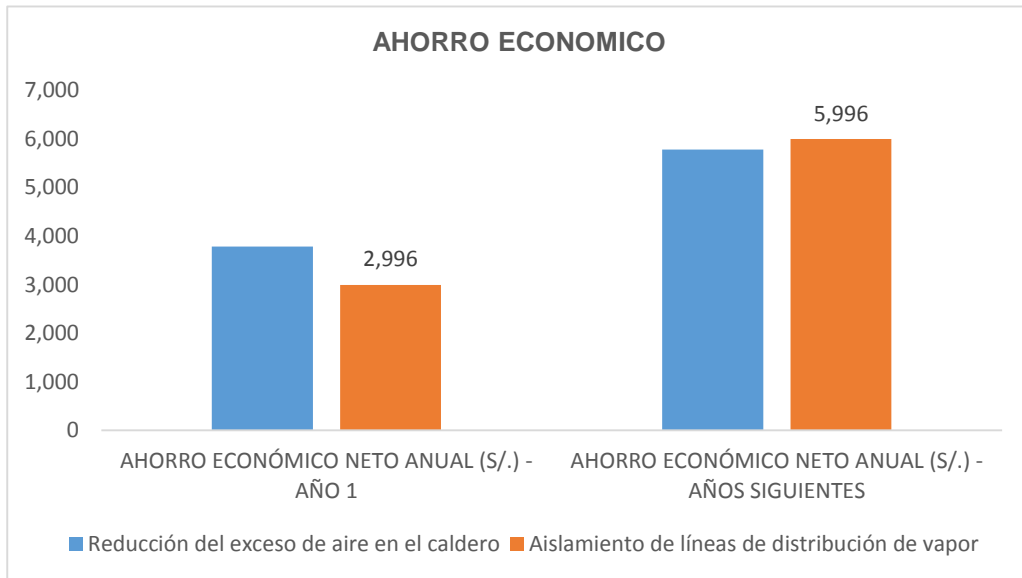
### **Ahorro económico**

Del análisis energético, se obtiene una cantidad de vapor perdido en el sistema térmico apreciable, si multiplicamos esta cantidad de energía perdida, con el precio del vapor calculado obtendremos el ahorro económico anual del ahorro energético.

$$\text{Ahorro anual} = 587.8 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \times 10.20 \frac{\text{soles}}{\text{ton}}$$

$$\text{Ahorro anual} = 5996 \text{ soles/año}$$

Además, mediante un sondeo realizado a empresas encargadas del mantenimiento de sistemas de vapor, el costo aproximado para la aislación de esta deficiencia sería de aproximadamente S/.3,000.00 que se obtuvo.



**Figura 13:** Payback por aislamiento térmico  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.8 Reducción de emisiones de (CO<sub>2</sub>) dióxido de carbono

También es importante calcular el impacto de estas mejoras al medio ambiente, en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> que se evitan como consecuencia de implementar las mejoras propuestas en el presente estudio.

Para el cálculo de emisiones producto del ahorro de gas natural se han tomado los siguientes datos:

- FEE: Factor emisión eficaz (inferior) = 54300 kg/TJ (IPCC 2006)
- VCN: Valor Calorífico Neto del gas natural (límite inferior) = 34.9 x 10<sup>6</sup> TJ/m<sup>3</sup>

Luego el ahorro de emisiones devenidas de la reducción del consumo de gas natural está dado por:

$$\text{Emisión CO}_2 = \text{Ahorro Gas} \times \text{VCN} \times \text{FEE}/1000 \text{ (Ton CO}_2\text{/año)...(11)}$$

En la siguiente tabla se muestra la magnitud en que serán reducidas las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente, de acuerdo a la ecuación N° 11.

**Tabla 15:** Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por mejoras térmicas

<b>Mejoras a ser implementadas</b>	<b>Ahorro de GN (sm<sup>3</sup>)</b>	<b>Reducción de emisiones CO<sub>2</sub> (t/año)</b>
Reducción del Exceso de Aire en el Caldero	6868	13.02
Aislamiento de Líneas de Distribución de Vapor	36563	69.29
<b>TOTAL</b>		82.30

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

### 4.1 Propuestas de mejora térmica – análisis energético

Una vez obtenidos las propuestas de mejora térmica procedemos a sistematizar los resultados, para poder obtener conclusiones del ahorro energético del sistema.

En la tabla siguiente podemos visualizar cada una de las propuestas de mejora térmica para la empresa Elastómeros S.A., Lima; para cada propuesta de mejora térmica hemos obtenido la cuantificación de su ahorro energético anual, junto con la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> dióxido de carbono que dejaría de emitir.

**Tabla 16:** Propuestas de mejoras térmicas Elastómeros S.A.

<b>PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO</b>	<b>AHORRO ENERGÉTICO ANUAL</b>	<b>REDUCCIÓN DE EMISIONES CO<sub>2</sub> (TON/AÑO)</b>
Reducción del Exceso de Aire en el Caldero	6,868 sm <sup>3</sup> de GN	13.02
Aislamiento de Líneas de Distribución de Vapor	36,563 sm <sup>3</sup> de GN	69.29

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## 4.2 Propuestas de mejora térmica – análisis económico

Una vez cuantificado el ahorro energético de cada una de las propuestas de Mejora Térmica, se procede a realizar a analizar el ahorro económico, para lo cual se procede a contrastar cuanto es el ahorro económico neto anual, contando las inversiones que se realizaran, del sistema térmico de la planta de la empresa Elastómeros S.A.

**Tabla 17:** Análisis económico de las propuestas térmicas

<b>PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO</b>	<b>INVERSIÓN (S/.)</b>	<b>AHORRO ECONÓMICO ANUAL (S/.)</b>	<b>RETORNO INVERSIÓN (MESES)</b>
Reducción del exceso de aire en el caldero	2000	5783	4
Aislamiento de líneas de distribución de vapor	3000	5996	6

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

**Tabla 18:** Ahorro económico neto anual de las propuestas térmicas

<b>PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO</b>	<b>AHORRO ECONÓMICO NETO ANUAL (S/.) - AÑO 1</b>	<b>AHORRO ECONÓMICO NETO ANUAL (S/.) - AÑOS SIGUIENTES</b>
Reducción del Exceso de Aire en el Caldero	3,783	5,783
Aislamiento de Líneas de Distribución de Vapor	2,996	5,996
<b>TOTAL</b>	<b>6,779</b>	<b>11,779</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se analizaron 2 propuestas de mejora térmica para la planta de la empresa Elastómeros S.A., Lima.

- a. La primera propuesta fue la de reducir el exceso de aire en el caldero pirotubular, con lo cual se logrará aumentar la eficiencia de la combustión a llama baja es de 83,1%, con un exceso de aire 34,8%; a una eficiencia de 85.6% con un exceso de aire de 24.8%; logrando con ello ahorrar 6868 sm<sup>3</sup> de gas natural, lo que se traduce a un ahorro económico anual de S/.5783, con un periodo de recuperación de la propuesta de 4 meses.
  
- b. La segunda propuesta fue la del aislamiento de las líneas de distribución de vapor, con lo cual se logrará evitar las pérdidas 587.8 Ton/año de vapor; logrando con ello ahorrar 36,563 sm<sup>3</sup> de gas natural, lo que se traduce a un ahorro económico anual de S/.5996, con un periodo de recuperación de la propuesta de 6 meses.

De analizar las 2 propuestas de mejora térmica para la empresa Elastómeros S.A., se demostró que se puede obtener un ahorro económico neto anual de S/. 6,779 el primer año de la implementación de las propuestas; y un ahorro económico neto anual de S/.11779 al segundo año de la implementación de las propuestas térmicas.



## CONCLUSIONES

Se propuso un diagnóstico de las características actuales del sistema térmico de la empresa Elastómeros S.A., donde se logró determinar que el mayor consumo de la planta en los últimos 6 meses del año 2016 fue de 27955.49 sm<sup>3</sup>, lo cual representa un costo de S/. 22 015.33; así mismo se logró determinar que existían 63m de tubería de red de vapor que se encontraban sin aislamiento.

La propuesta de mejoras térmicas realizada se concluye que la en cuanto a la Reducción del exceso de aire en el caldero, logra un ahorro anual de 6868 sm<sup>3</sup> de gas natural, y logra evitar que se emita 13.02 Ton/CO<sub>2</sub> a la atmosfera; así mismo la propuesta de aislamiento de líneas de distribución de vapor logra un ahorro anual de 36,563 sm<sup>3</sup> de gas natural, y logra evitar que se emita 69.29 Ton/CO<sub>2</sub> a la atmosfera.

El ahorro económico anual de la empresa Elastómeros S.A es de S/. 5 783, con un periodo de recuperación de la inversión de 4 meses; mientras que la propuesta de aislamiento de líneas de distribución de vapor logra un ahorro económico anual de S/. 5996, con un periodo de recuperación de la inversión de 6 meses. Mientras que ambas juntas logran un ahorro neto anual S/. 6,779 el primer año, y S/. 11,779 a partir del segundo año de implementación de la propuesta.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda crear un plan de gestión en la empresa Elastómeros S.A., e implementarlo para que puedan monitorearse y ver cómo es su desempeño durante los siguientes años; así mismo se deben analizar periódicamente los sistemas energéticos de la empresa con la finalidad de renovar o mejorar los planes de eficiencia energética de la empresa.

Las propuestas térmicas analizadas, deben formar parte de un plan de mantenimiento general de la empresa, con el fin de evitar volver a tener pérdidas energéticas – económicas por estas fallas ya detectadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campo, A.J, Lora, F.E, Meriño, S.L, Tovar, O.I, Navarro, G.A, Quispe, O.E y Prias, C.O. (2007) Eficiencia energética en la generación y distribución del vapor .Colciencias. Colombia

Castellanos S. y Nuñez F. (1994). Catálogos de productos Spirax Sarco.

Ibertti, V. E. (2006). Tesis “Propuestas de eficiencia energética en el sistema de vapor de una planta de jugos concentrados” Universidad de Talca, Chile.

Incropera, Frank P. y Dewitt, David P. (1999). Fundamentos de Transferencia de calor.4°. Ed. Prentice Hall. México.

Jiménez, R.J. (2014).Tesis “Diagnóstico y mejoramiento energético térmico de la fábrica extractora de aceite Palmeras del Ecuador S.A.” Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Ministerio de Energía y Minas (2008). Guía N°09: Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del uso Eficiente de la Energía y de Diagnostico Energético, Minería Metálica.

Silva, F. S., y Castillo.V.J. (2006). Tesis “Análisis energético de la sección generadora de vapor y el sistema de refrigeración para la producción de agua fría de la planta de Freskaleche S.A.” Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Yunus A., C. (2007). Transferencia de Calor y Masa. McGraw - Hill. México.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

“PROPUESTA DE UN DIAGNOSTICO ENERGÉTICO TÉRMICO PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA PLANTA DE LA EMPRESA ELASTÓMEROS S.A. LIMA, 2016”

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE		DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
¿Qué propuestas de acciones en el sistema térmico de la empresa ELASTÓMEROS S.A., permitirán ahorros energéticos - económicos?	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	La propuesta de un diagnostico energético térmico permitirá reducir costos operativos en la planta de la empresa ELASTÓMEROS S.A. Lima.	INDEPENDIENTE	Diagnóstico energético térmico	Serán 2, Reducción del exceso de aire en el caldero y aislamiento de líneas de distribución de vapor.	Consumo de combustible m <sup>3</sup> /h
	Determinar propuestas de mejora en el sistema térmico de la planta de la empresa elastómeros S.A., con la finalidad de obtener ahorros energéticos – económicos.					Exceso de aire %
			<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	DEPENDIENTE	Costos operativos	Las propuestas de mejora térmica, permitirán obtener un ahorro energético- económico en el sistema térmico de la empresa.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizar un diagnóstico de las características actuales del sistema térmico de la planta de la empresa ELASTÓMEROS S.A.</li> <li>▪ Analizar las propuestas de mejora térmica para la planta de la empresa ELASTÓMEROS S.A.</li> <li>▪ Determinar y calcular el ahorro económico y payback de las propuestas de mejora térmica de la empresa ELASTÓMEROS S.A</li> </ul>		Energía térmica ahorrada KJ/h			
						Cantidad de dinero ahorrado S/. /año

Fuente: Elaboración propia, 2017

## ANEXO 2: Emisividades normales de materiales

**Tabla 20:** Emisividad normales de los materiales

METALES	Estado superficie	Temperatura (°C)	Emisividad	NO METALES	Estado superficie	Temperatura (°C)	Emisividad
Aluminio	placa pulida	25	0,040	Amianto	en cartón	37	0,960
Aluminio	placa pulida	200-600	0,038-0,06	Amianto	en papel	37	0,930
Aluminio	oxidado	100-500	0,20-0,33	Ladrillo	magnesita refractar	1000	0,380
Aluminio	placa mate	25	0,070	Ladrillo	rojo, rugoso	20	0,930
Antimonio	pulido	37-260	0,28-0,31	Ladrillo	gris, satinado	1100	0,750
Latón	oxidado	200-500	0,600	Ladrillo	silice	540	0,800
Latón	pulido	20-300	0,05-0,032	Carbón,	filamento	1050-1400	0,526
Latón	placa usada	50-350	0,220	Carbón,	carbonilla bujias	95-270	0,953
Latón	mate	50	0,202	Carbón,	negro de humo	20	0,930
Cromo	pulido	37-1100	0,058	Cerámica	alfarería, satinado	20	0,900
Cobre	negro oxidado	37	0,780	Cerámica	porcelana	22	0,920
Cobre	ligeramente mate	25	0,037	Cerámica	refractaria, negra	93	0,940
Cobre	pulido	37-260	0,04-0,05	Arcilla	caldeada	70	91
Cobre	pulido electrolítico	80	0,018	Hormigón	rugoso	37	0,94
Oro	no pulido	20	0,470	Vidrio	liso	22	0,940
Oro	pulido	37-260	0,020	Vidrio	Pyrex, plomo, sosa	260-530	0,95-0,85
Hierro	oxidado	100	0,740	Hielo	liso	0	0,966
Hierro	esmerilado	20	0,240	Hielo	rugoso	0	0,985
Hierro	pulido	425-1025	0,14-0,38	Mármol	grano fino pulido	22	0,93
Hierro	pulido electrolítico	175-225	0,052-0,064	Mica		37	0,75
Hierro	todo oxidado	20	0,69	Mampostería	emplastecida	0	0,930
Hierro	laminado	925-1100	0,87-0,95	Papel	ordinario	20	0,8-0,9
Fundición	mecanizada	22	0,44	Papel	amianto	20	0,950
Fundición	oxidada a 600°C	200-600	0,64-0,78	Papel	alquitranado	20	0,910
Plomo	oxidado a 200°C	200	0,63	Papel	ordinario	95	0,920
Plomo	oxidado gris	23	0,280	Yeso blanco	rugosa	20	0,930
Plomo	pulido	130-260	0,08-0,056	Porcelana	vidriada	20	0,930

**Fuente:** Elaboración propia ,2017

### Anexo 3: Resultados de los monitoreos térmicos

Tabla 21: Monitoreo de gases de llama alta

LLAMA ALTA						
Periodo	11:14					
	11:28					
PARÁMETROS	Símbolo	unidades	1	2	3	Promedio
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.2	3.2	3.1	3.5
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0.0	0.0	0.0	0.0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.5	10.1	10.3	10.0
Temperatura de humos	Tg	°C	187.4	184.2	184.6	185.4
Exceso de Aire	Ea	%	25.2	18.0	17.5	20.2
Eficiencia de Combustión	η	%	82.6	83.1	83.2	83.0
Temperatura ambiente	Ta	°C	25.5	26.0	26.2	25.9
Opacidad	Op.		0.0	0.0	0.0	0.0
Observaciones						

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla 22:** Monitoreo de gases de llama media

LLAMA MEDIA						
Periodo	11:39					
	11:48					
PARÁMETROS	Símbolo	unidades	1	2	3	Promedio
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	2.7	2.7		2.7
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0.0	0.0		0.0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	10.4	10.4		10.4
Temperatura de humos	Tg	°C	183.8	181.6		182.7
Exceso de Aire	Ea	%	14.8	14.8		14.8
Eficiencia de Combustión	η	%	83.4	83.5		83.5
Temperatura ambiente	Ta	°C	27.0	28.3		27.7
Opacidad	Op.		0.0	0.0		0.0
Observaciones						

**Fuente:** Elaboración propia ,2017



**Tabla 23:** Monitoreo de gases de llama baja

LLAMA BAJA						
Periodo	11:54					
	12:02					
PARÁMETROS	Símbolo	unidades	1	2	3	Promedio
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	5.4	5.4	5.4	5.4
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0.0	0.0	0.0	0.0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	8.8	8.8	8.8	8.8
Temperatura de humos	Tg	°C	171.6	173.1	172.9	172.5
Exceso de Aire	Ea	%	35.0	34.6	34.7	34.8
Eficiencia de Combustión	η	%	83.1	83.1	83.1	83.1
Temperatura ambiente	Ta	°C	28.6	29.4	29.5	29.2
Opacidad	Op.		0.0	0.0	0.0	0.0
Observaciones						

**Fuente:** elaboración propia, 2017

## Anexo 4: Monitoreo de temperatura superficial de la caldera

Tabla 24: Monitoreo de temperatura de llama alta

LLAMA ALTA						
Punto	Superficie lateral (°C)				Placas (°C)	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	46.5	42.0	41.0	38.0	71.5	104.0
2	54.5	49.5	39.5	37.0	67.0	58.0
3	42.5	40.0	37.5	37.5	63.5	55.0
4	41.5	40.0	37.5	39.0	126.0	45.0
5	41.0	40.5	37.5	36.5	121.0	45.0
6	39.5	42.0	37.5	38.5	74.0	55.0
7	40.5	41.5	38.0	36.5	62.5	57.5
8	42.0	44.0	40.0	36.0	75.5	90.0

Fuente: Elaboración propia, 2016

**Tabla 25:** Monitoreo de temperaturas de llama media

LLAMA MEDIA						
Punto	Superficie lateral (°C)				Placas (°C)	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	48.5	43.0	43.0	42.0	82.0	106.0
2	54.5	42.0	41.0	39.5	74.5	61.0
3	41.0	40.5	38.5	38.0	77.5	57.0
4	43.5	41.0	39.0	41.5	130.0	46.0
5	43.0	43.5	38.5	40.0	94.0	46.5
6	40.5	40.5	39.5	40.5	111.0	58.0
7	41.5	42.0	38.5	41.0	68.0	60.5
8	44.0	46.0	48.0	39.0	84.5	104.0

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla 26:** Monitoreo de temperatura de llama baja

LLAMA BAJA						
Punto	Superficie lateral (°C)				Placas (°C)	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	50.5	46.5	43.0	42.5	82.0	86.5
2	52.0	44.0	43.0	41.5	65.0	60.0
3	44.0	42.0	38.0	40.5	94.5	54.0
4	44.5	43.0	40.0	42.5	122.0	46.0
5	43.0	44.0	39.0	42.0	102.0	50.0
6	42.5	43.5	38.5	41.5	82.0	59.0
7	42.5	47.0	39.5	41.5	75.0	60.5
8	44.0	47.5	43.0	39.5	80.0	98.5

**Fuente:** Elaboración propia ,2017

## Anexo 5: Caldero hurts de 200 HP



**Figura 14:** Caldero Hurts de 200 HP de la planta Elastómeros S.A  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## Anexo 6: Caldero piro-tubular



**Figura 15:** Medición de parámetros de caldero piro-tubular  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## Anexo 7. Reómetro



**Figura 16:** Determinación de las características para el proceso productivo  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017