



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Análisis estructural y térmico de una máquina termoformadora de botas de caucho de uso industrial para mejorar su rendimiento y disminuir su costo de operación

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Chavarry Susanibar, Christian (ORCID: 0000-0002-1068-4587)

Mendoza Morales, Hever Luis (ORCID: 0000-0002-4317-2430)

**ASESOR:**

Ing. Julca Verástegui, Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánico

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación realizada con mucho sacrificio, entusiasmo, esmero va dedicada a Dios a mi Padres Eugenio Mendoza Muñoz y Luisa Morales Neira, por su apoyo incondicional en el transcurso de la tesis y también a nuestros asesores asignados en el cual nos orientó para poder lograrlo realizar.

Esta investigación realizada con mucho sacrificio, entusiasmo, esmero va dedicada a Dios a mi Padres Nomberto Chavarry Cortez y María Florencia Susanibar Castillo, por su apoyo incondicional en el transcurso de la tesis y también a nuestros asesores asignados en el cual nos orientó para poder lograrlo realizar.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a mi universidad por haberme permitido formarme, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. Gracias a mis padres, que fueron mis mayores promotores durante este proceso, gracias a Dios, que fue mi principal apoyo y motivador para cada día continuar con nuestros objetivos.

Este es un momento muy especial que espero, perdurará en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes invirtieron su tiempo para echarle una mirada a mi proyecto de tesis; a ellos asimismo les agradezco con todo mi ser.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE A INVESTIGACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 <i>Objetivo general:</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	4
1.5 HIPÓTESIS .....	4
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGADOS .....	5
2.1.1 <i>Elizabeth Domínguez Peche (2017),</i> .....	5
2.1.2 <i>Patricio Javier Olalla Sarzosa (2010),</i> .....	5
2.1.3 <i>Marco Tulio Gómez Ochoa (2006),</i> .....	6
2.1.4 <i>Alberto Fernández Torres (2010)</i> .....	6
2.2 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	7
2.2.1 <i>Definición de termoformado:</i> .....	7
2.2.2 <i>TERMOFORMADO POR "CONFORMADO"</i> .....	7
2.2.3 <i>temperaturas y ciclo de formado.</i> .....	11
2.2.4 <i>Definición de caucho.</i> .....	12
2.2.5 <i>Partes de la máquina de termoformado.</i> .....	14
2.3 ENFOQUES CONCEPTUALES .....	25
2.3.1 <i>Capacidad calorífica:</i> .....	25
2.3.2 <i>Conductividad térmica:</i> .....	25
2.3.3 <i>Temperatura:</i> .....	25
2.3.4 <i>Presión:</i> .....	26

2.3.5 Formulas principales para el cálculo de la máquina de termoformado

26

<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	30
3.1.1 Tipo de investigación: .....	30
3.1.2 Método:.....	30
3.1.3 Diseño: .....	30
3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	31
3.2.1 Variable dependiente: .....	32
3.2.2 Variable in dependientes:.....	32
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	32
3.3.1 Población:.....	32
3.3.2 Muestra:.....	32
3.3.3 Muestreo:.....	32
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
3.4.1 Técnica: Entrevista. ....	33
3.4.2 Instrumento: Guía de entrevista. ....	33
3.4.3 Validez.....	34
3.5 PROCEDIMIENTOS .....	34
3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	35
3.7 ASPECTOS ÉTICOS .....	35
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE OPERACIÓN TÉRMICA ACTUAL. ....	36
4.2 MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUINA TERMOFORMADO EN SOLIDWORKS.....	37
4.3 MODELAMIENTO DE LOS COMPONENTES TÉRMICOS DE COMPACTACIÓN. ....	37
4.4 REALIZAR UN ANÁLISIS TÉRMICO EN SOLIDWORKS DE LOS COMPONENTES DE TERMOFORMADO.....	38
4.5 REALIZAR UN ANÁLISIS ESTÁTICO ESTRUCTURAL EN SOLIDWORKS DE LA MÁQUINA DE TERMOFORMADO. ....	39

4.6	DIMENSIONAR LOS COMPONENTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA QUE PUEDEN SER MEJORADOS.....	40
4.7	EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	41
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
TABLA 2: TEMPERATURAS DE LOS MOLDES DE LA MÁQUINA DE TERMOFORMADO.....	36
<b>TABLA 6 : ANÁLISIS DE VAN Y TIR .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
TABLA 4: DATOS TÉRMICOS DE LA MÁQUINA DE TERMOFORMADO .....	58
TABLA 5: COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA DE TERMOFORMADO.....	59
TABLA 6: COMPONENTES TÉRMICOS DE COMPACTACIÓN.....	60

## INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

FIGURA 1:CALENTAMIENTO DE LAMINA: .....	8
<b>FIGURA 2</b> : SISTEMA DE SUCCIÓN .....	8
FIGURA 3 :LAMINA MOLDEADA .....	9
FIGURA 4 :FORMADO A PRESIÓN.....	9
<b>FIGURA 5</b> MAQUINA DE TERMOFORMADO: .....	15
FIGURA 6: UNIDAD HIDRÁULICA.....	16
FIGURA 7: MOTOR TRIFÁSICO.....	17
<b>FIGURA 8</b> :TABLERO ELÉCTRICO.....	21
FIGURA 9: MEDICIÓN CON PINZA AMPERIMÉTRICA .....	57
<b>FIGURA 10</b> : TABLERO DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA .....	57
FIGURA 11: RESULTADOS DEL ANÁLISIS TÉRMICO.....	61
<b>FIGURA 12</b> : ANÁLISIS DE VON MISES.....	63
<b>FIGURA 13</b> : VISTA DE DESPLAZAMIENTO .....	64
<b>FIGURA 14</b> : FACTOR DE SEGURIDAD VIGA PORTA LATERAL .....	65
<b>FIGURA 15</b> : FACTOR DE SEGURIDAD DE SEPARADOR .....	66
<b>FIGURA 16</b> : FACTOR DE SEGURIDAD TEMPLADOR .....	67
FIGURA 17: FACTOR DE SEGURIDAD PINES .....	68
<b>FIGURA 18</b> : ANÁLISIS TÉRMICO SIN AISLANTE EN SOLIDWORKS.....	75
<b>FIGURA 19</b> : GRAFICO DE LOS SENSORES DE TIEMPO CON RESPECTO A LA TEMPERATURA. .....	76
<b>FIGURA 20</b> : ANÁLISIS TÉRMICO CON AISLANTE(ASBESTO) EN SOLIDWORKS.....	78
<b>FIGURA 21</b> : GRAFICO DE LOS SENSORES DE TIEMPO CON RESPECTO A LA TEMPERATURA. .....	79

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el estudio y análisis térmico y estructural de una máquina de termoformado para mejorar en rendimiento de consumo energético y rentabilidad económica. El proceso de termoformado en alta producción es indispensable en las empresas de producción de botas de caucho, pues permite mejorar rendimiento y generar mayor rentabilidad económica.

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario la recolección de datos de operación térmica, así como también las dimensiones de elementos estructurales, mecánicos, para desarrollar las respectivas simulaciones planteadas.

La utilización del diseño asistido de por computadora, mediante el software de SolidWorks simulation nos permitió corroborar el dimensionamiento de los elementos mecánicos de la maquina mediante el análisis de elementos finitos, el cual nos dio como resultado que el factor de seguridad está por encima de los valores requeridos, lo que garantiza un ciclo de vida prolongado de la estructura, por otra parte el análisis térmico dio como resultado condiciones no favorables ya que se observó perdidas de flujo de calor en elementos estructurales por la ausencia de un aislante térmico que permitiera aprovechar al máximo toda la potencia calorífica que entregan las resistencias, Por los que se contempló distintas alternativas de solución, considerando la más efectiva el aislamiento de asbesto por poseen un bajo costo, por ser de fácil adquisición y por su baja conductividad térmica, por lo que se evaluó mediante simulación térmica SolidWorks, considerandolo optimo por los resultados observados, gracias a sus propiedades mecanicas y termicas.

Palabras Claves: Máquina de Termoformado, potencia calorífica.

## **ABSTRACT**

This work presents the study and thermal and structural analysis of a thermoforming machine to improve energy consumption performance and economic profitability. The thermoforming process in high production is essential in rubber boot production companies, as it allows improving performance and generating greater economic profitability.

For the development of this research, it was necessary to collect thermal operation data, as well as the dimensions of structural and mechanical elements, to develop the respective simulations proposed.

The use of computer-aided design, through SolidWorks simulation software, allowed us to corroborate the dimensioning of the mechanical elements of the machine by means of finite element analysis, which gave us as a result that the safety factor is above the required values, which guarantees a prolonged life cycle of the structure, on the other hand the thermal analysis resulted in unfavorable conditions since losses of heat flow in structural elements were observed due to the absence of a thermal insulator that allowed to take advantage of the maximum all the calorific power delivered by the resistances, for which different solution alternatives were contemplated, considering asbestos insulation the most effective because they have a low cost, because they are easy to acquire and because of their low thermal conductivity, so it is evaluated by SolidWorks thermal simulation, considering it optimal for the observed results, thanks to its mechanical and thermal properties.

Keywords: Thermoforming Machine, calorific power.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática:**

En la actualidad dentro de los países en la cual existen talleres o empresas dedicadas a la producción de artículos por termoformado, en la cual se utilizan estas maquinarias de termoformado para diferentes tipos de trabajos para lo cual el problema principal existente es la falta de optimización en las diferentes operaciones que se realizan en los procesos de mantenimiento y fabricación de productos en donde se utiliza el termoformado, es por la cual no hay mejoras en las condiciones de trabajo del operario ya estos no cuentan con el equipamiento adecuado y optimizado para realizar de manera eficiente y profesional el trabajo encomendado aumentando de esta manera el riesgo de los accidentes laborales. Existe una disminución enorme y falta de confiabilidad de dichos trabajos debido a que existe una disminución del rendimiento y productividad en estos tipos de procesos (Torres y Bautista, 2016, p. 19).

Se manifiesta que los servicios y productos de una calidad alta con un precio bajo son factores de gran relevancia e importancia que pueden entrar en competitividad dentro del mercado, ya que en la actualidad es importante que los dueños de las industrias tengan conocimiento y se preocupen por lo más importante dentro de la empresa, lo cual hace referencia al trabajador, brindándole frecuentemente capacitaciones con el fin de volverlo un personal calificado, así mismo se recomienda proporcionarle maquinaria e implementos para facilitarle los que haceres dentro de la industria. El problema en Perú radica que la mayor parte de la maquinaria de prensas hidráulicas y máquinas de termoformado no son nacionales y tienen que importarse, lo que eleva sus precios demasiado, esto se convierte en la razón principal para que los empresarios locales no inviertan en tecnología en sus centros de trabajo, lo que les imposibilita realizar sus trabajos de manera más sencilla y segura.

A nivel nacional, expresa un tipo de maquinaria que es utilizada dentro de la industria del termoformado, se usa para la fabricación de suelas, moldeado de plásticos, fabricación de piezas automotrices. Esta maquinaria desarrolla fuerzan de 4Tn hasta fuerzas de 1000 Tn para trabajos enormes. Para efectuar los prensados correctos que cuentan con gran espesor, por la cual el gran problema existente en este tipo de trabajos es que al no contarse con este tipo de maquinarias no se podría ejercer esta cantidad de presión al objeto de trabajo y al hacerlo de forma manual se estaría poniendo en peligro el producto final del trabajo como la integridad física del operario que lo realiza, pérdida de tiempo al realizar los trabajos y por consiguiente gran pérdida económica a la empresa.

A nivel local, Para la pequeña industria, teniendo presente, que es en este nicho del mercado industrial peruano, donde más se carece de grandes recursos para invertir, en equipamiento productivo de alta tecnología. Conocedores de las limitantes señaladas, y dado que, dentro de los estudios realizados en el currículo de ingeniería mecánica, los profesionales de esta área deben mostrar mediante aplicaciones prácticas los conocimientos adquiridos. Se han buscado hacer siempre mejoras para dar solución a un problema industrial, mediante un análisis o rediseños para mejorar el rendimiento de las máquinas de producción, que se pueda utilizar en múltiples procesos de manufactura, que garantice, una gran versatilidad, adecuada resistencia, gran seguridad, controles apropiados, excelente estética y eficiente capacidad de operación.

Luego de conocer las fábricas de los diferentes sectores, ubicadas en la ciudad de Trujillo, se pudo constatar que el diseño de las máquinas de conformado utilizadas por ellos es de fabricación empírica y dichos equipos conllevan los problemas siguientes: La Ineficiencia en el proceso de prensado. El alto consumo energía en el proceso de vulcanizado. El tiempo de vulcanizado es demasiado largo. El ambiente de trabajo es hostil ya que el calor es intenso. Los mecanismos de operación del proceso, en la maquinas es manual y Produce fatiga en el

trabajador. La prensa no cuenta con guías para el desplazamiento. Los cilindros son de simple efecto y su peso alto.

Las prensas no cuentan con aislantes térmicos y esto produce un alta. Transferencia de calor al medio ambiente. Los cilindros de las prensas son alimentados por una sola central hidráulica. Concentrando el riesgo de parada de la planta. Las prensas no poseen contador de producción. Las prensas no poseen protección o guardas.

## **1.2 Formulación del problema**

¿En qué medida un análisis estructural y térmico de la máquina de termoformado para la fabricación de botas de caucho de uso industrial per mejorar su rendimiento y disminuir su costo de operación?

## **1.3 Justificación de a investigación**

La presente tesis, tiene como justificación desde el punto de vista económico lograr que el estudio y mejora de las de la máquina de termoformado de la empresa, posibilitará lograr beneficios mediante un análisis estructural y térmico y económicos debido a la mejora de rendimientos de producción y de energía.

Desde el criterio tecnológico el uso de máquinas de termoformado semiautomatizado, permite a las empresas que producen estos artículos de seguridad, mejorar la velocidad del proceso y acabado superficial, traducido en ahorro de tiempo y recursos en materiales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general:**

Realizar un análisis estructural y térmico para mejorar su rendimiento y disminuir su costo de operación

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- Recolección de datos de operación térmica actual.
- Modelamiento de la estructura de la maquina termoformado en SolidWorks.
- Modelamiento de los componentes térmicos de compactación.
- Realizar un análisis térmico en SolidWorks de los componentes de termoformado.
- Realizar un análisis estático estructural en SolidWorks de la máquina de termoformado.
- Dimensionar los componentes de generación de energía térmica de la máquina de conformado.
- Evaluar mejoras que se puedan implementar.

## **1.5 Hipótesis**

Mediante el estudio estructural y térmico se aumentará el rendimiento y disminuirán los costos de operación.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Antecedentes investigados**

#### **2.1.1 Elizabeth Domínguez Peche (2017),**

Quien realizo “Diseño de una Prensa Hidráulica de 40 Toneladas de Capacidad para Procesos de Deformación Plástica” de la Facultad de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica en la Universidad Tecnológica del Perú en lima Perú.

Domínguez Peche se formula el objetivo de la tesis: Diseñar una prensa hidráulica de 40 toneladas de capacidad para procesos de deformación plástica y se justifica el estudio ya que ofrece una solución frente a procesos de deformación plástica en la industria peruana, planteándose un modelo genérico que permita la utilización de la prensa en diversos procesos industriales. Tales como: doblado, deformación de chapas metálicas, embutido, ensamblaje de piezas a presión, entre otras. **(Peche, 2017)**

#### **2.1.2 Patricio Javier Olalla Sarzosa (2010),**

Quien diseño y construcción de una prensa hidráulica para termo moldeado de piezas y partes automotrices en caucho, en escuela politécnica del ejército carrera de ingeniería automotriz, en Latacunga Ecuador.

Olalla Sarzosa se formula el objetivo de diseñar y construir una prensa hidráulica para termo moldeado de piezas y partes automotrices en caucho, para producir

partes automotrices de caucho de cualquier tipo de automóvil. La prensa también podrá ser utilizada para otros trabajos como extracción e inducción de pines, casquillos, entre otros. La máquina está compuesta de una apropiada estructura metálica y tiene como componentes principales el sistema hidráulico compuesto por el cilindro de doble efecto, bomba hidráulica, válvula antirretorno, regulador de presión, válvula distribuidora, manómetro, mangueras de alta presión de doble capa y además posee un control eléctrico y electrónico. **(Sarzosa, 2010)**

### **2.1.3 Marco Tulio Gómez Ochoa (2006),**

Quien realizo un mejoramiento de prensa hidráulica para la fabricación de suelas de caucho En Universidad Cooperativa De Colombia Ingeniería Mecánica Medellín.

Gómez Ochoa propone como objetivo general Estudiar los diferentes tipos de prensas; de columnas, tipo cajón y de vigas en C, seleccionando aquella que mayores ventajas técnicas y económicas brinde con el propósito de corregir las deficiencias encontradas, en la seleccionada, mejorando así su diseño y con ello su eficiencia. **(Ochoa, 2006)**

### **2.1.4 Alberto Fernández Torres (2010)**

Quien realizo una tesis titulada vulcanización de elastómeros con peróxidos orgánicos, en la Universidad Complutense De Madrid, en España, Madrid.

Fernández Torres propone como objetivo general, El propósito de esta Memoria es seguir avanzando en el estudio de la formación de redes y para ello utilizaremos como agente de entrecruzamiento peróxidos orgánicos, que presenta exclusivamente un mecanismo de entrecruzamiento por vía radical, Como los cauchos estudiados son insaturados, se consideró que el mecanismo de adición al doble enlace sería muy importante por la posibilidad de formación de nudos en la red de elevada funcionalidad, que posteriormente podrían tener incidencia en la

respuesta del material en relación con sus propiedades a tracción. Y concluyo que el NR la eficacia de entrecruzamiento es ligeramente superior a uno, la etapa de adición estaría favorecida por la temperatura y la concentración de peróxido (DCP). **(Torres, 2010)**

## **2.2 Teorías relacionadas al tema**

### **2.2.1 Definición de termoformado:**

El termoformado es un proceso mediante el cual se le da forma a un material mediante la aplicación de calor llegando a una temperatura de formado y mediante la aplicación de una fuerza, la cual puede ser presión o vacío. La calidad del producto final dependerá de la temperatura ideal que requiere cada material, la fuerza que se le aplique y la forma dependerá de la matriz o molde que se utilice el cual puede estar hecho de resina, madera, acero o aluminio. **(pack BC, 2016)**

### **2.2.2 TERMOFORMADO POR "CONFORMADO".**

El conformado es una técnica de estiramiento del material en estado semi-plástico producido por la aplicación de calor, este estiramiento se tiene que dar hasta cierto grado para que no se vea comprometida la integridad del producto, este tipo de procedimiento es usado en la fabricación de blíster. (interempresas, 2019)

#### **2.1.1.1. Conformado por adaptación.**

La lámina caliente se baja sobre el molde macho o se hace subir a éste, de modo que se adapte a su forma. La adaptación se complementa haciendo el vacío entre el molde macho y la lámina, o aplicando sobre ella presión de aire. Los productos de este proceso presentan un espesor grande en el fondo, que va disminuyendo hasta ser mínimo en los bordes. **(interempresas, 2019)**

### 2.1.1.2. Moldeo por vacío.

el moldeo por vacío consiste en suavizar la lámina del plástico a formar mediante la aplicación de calor, posteriormente se junta los bordes de la lamina con los bordes de el molde para conseguir hermetizar el interior de la lamina y generar un vacío en el para que este se adapte a la forma del molde y dejándolo endurecer para luego ser retirado y recortado.

Figura 1: Calentamiento de Lamina:

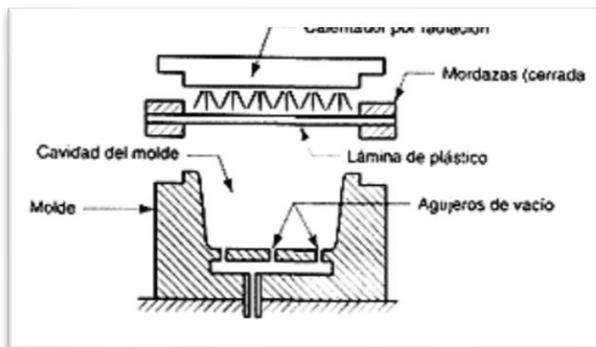


Figura 2 : Sistema de Succión

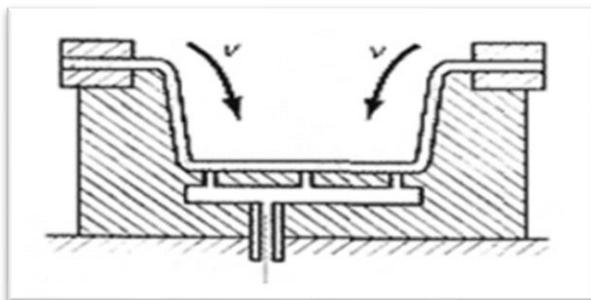
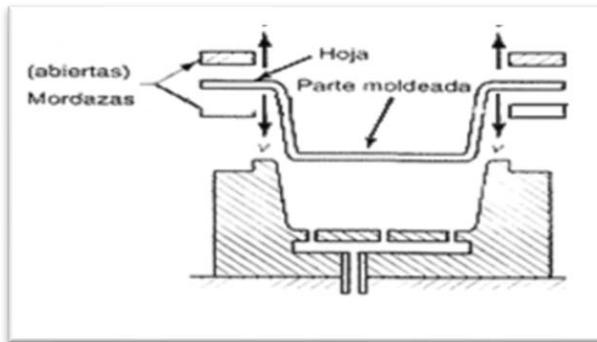


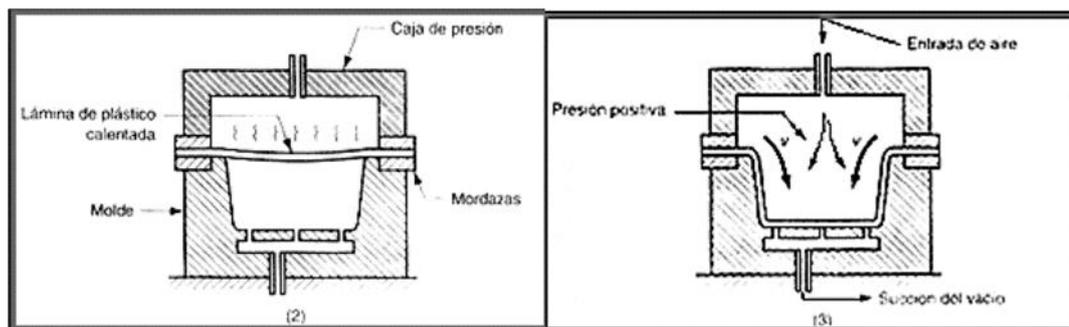
Figura 3 :Lamina Moldeada



### 2.1.1.3. Formado a presión.

La técnica de formado a presión consiste en no solo aplicar un vacío entre la matriz y la lámina caliente, sino además se le aplica una presión de aire que ronda los 1.4 MPa, por encima de la lámina dentro de una cámara cerrada superior, a este proceso se le denomina también formado por soplado, todo esto les permite obtener resultados más precisos.

Figura 4 :Formado a Presión



En este caso la lámina se presiona desde arriba hacia la cavidad del molde.

#### **2.1.1.4. Libre soplado.**

Esta técnica consiste en aplicar aire comprimido en el interior de una lámina caliente hermetizada en todo su perímetro para formar una burbuja cuya altura lo controlara el fabricante mediante un sensor. Esta técnica les permite obtener la superficie libre de marcas ya que no tiene ningún contacto con algún tipo de elemento. Esta técnica es muy utilizada para la fabricación de envases blíster.

#### **2.1.1.5. Molde y Contramolde.**

Esta técnica la utilizan para termoformar piezas de polímeros relativamente rígidos. Consiste en un molde hembra que es cubierto por el polímero calentado para que luego un molde macho presione por encima de la lámina ayudándole a formarse, en algunas ocasiones puede aplicarse vacío al molde hembra para ayudar al termoformado.

#### **2.1.2. Calentamiento de Plástico.**

Esto se puede dar a través de tres fenómenos distintos como son la conducción, la radiación y la convección, ya en la práctica estos tres fenómenos son concurrentes. El sistema más económico de calentamiento son las barras de resistencias, aun que tienen como desventaja su rápido deterioramiento por oxidación. También el calentamiento por radiación infrarroja es muy utilizado en la industria, así como también el calentamiento por radio frecuencia o microondas para esto es necesario que el material tenga las propiedades de absorber estas frecuencias como es el caso de PVC. **(interempresas, 2019)**

#### **2.1.2.1.1. Conducción.**

Este fenómeno sucede por el contacto directo entre dos materiales con distintas temperaturas, en la cual las moléculas del material de mayor temperatura vibran con mayor velocidad, mientras que el de menor temperatura vibran con menor velocidad. Al interactuar el material de mayor temperatura con las moléculas vecinas por contacto directo ocurre una transferencia de energía mas no de materia. (Pirobloc, 2016)

#### **2.1.2.1.2. Convección.**

Este fenómeno sucede por el contacto entre un material y un fluido habiendo un intercambio de moléculas frías y calientes, este fenómeno se puede dar de manera natural y de manera forzada, la diferencia radica en la velocidad del fluido se debe a un factor externo. (Pirobloc, 2016)

#### **2.1.2.1.3. Radiación.**

La radiación es la transferencia de calor realizada a través de ondas electromagnéticas. No existe un contacto directo entre estos dos medios y el intermedio puede ser el aire o incluso el vacío el cual no participa en las funciones de intercambio. (Pirobloc, 2016)

### **2.2.3 temperaturas y ciclo de formado.**

Los equipos actualmente cuentan con sensores y controladores electrónicos que permiten controlar las temperaturas en función del tipo de polímero con el cual se está trabajando. En cuanto a los ciclos tiene la temperatura de desmoldeo, límite inferior de operación, la temperatura normal de formado y el límite superior de operación. (Plastiglas, 2018)

#### **2.1.2.2. temperatura de desmolde.**

Es la temperatura a la cual el molde se puede remover sin sufrir algún tipo de distorsión, esta temperatura puede ser alcanzada de manera natural o de manera forzada. (Plastiglas, 2018)

#### **2.1.2.3. límite inferior de operación.**

Este límite viene dado por la temperatura mínima a la que puede ser deformado el material sin sufrir esfuerzos internos, sin sufrir distorsión, pérdida de brillo, craqueo o algún defecto físico en el producto final. (Plastiglas, 2018)

#### **2.1.2.4. temperatura normal de formado.**

Es la temperatura ideal en la que el material puede ser deformado sin sufrir algún tipo de distorsión, esta temperatura va a depender de la complejidad del molde a replicar y de las propiedades del material. (Plastiglas, 2018)

#### **2.1.2.5. límite superior de operación.**

Es la temperatura a la cual el material empieza a degradarse por tornarse demasiado fluida dificultando su manipulación. (Plastiglas, 2018)

### **2.2.4 Definición de caucho.**

Es un polímero obtenido de un hidrocarburo elástico, a diferencia del isopreno que es una emulsión lechosa obtenida de la savia de varias plantas y es conocida como látex, caracterizándose el caucho por su elasticidad, repelencia al agua y su resistencia eléctrica. (Elaplast, 2020)

### **2.2.4.1 Tipos de caucho:**

#### **2.2.4.1.1 NR Caucho Natural**

El caucho natural tiene buenas propiedades mecánicas, eléctricas, dinámicas y tiene buena resistencia a los ácidos y sales, además de contar con rangos de durezas amplio y su resistencia a las temperaturas llega al rango máximo de 90°C. el caucho natural no debe ser expuesto a grasas, aceites de origen vegetal o mineral, ni a hidrocarburos. (Elaplast, 2020)

#### **2.2.4.1.2 SBR Caucho Sintético, Copolímero de Estireno y Butadieno**

Este es un caucho sintético con propiedades similares a las del caucho natural, presenta un mayor rango de temperatura máxima, pudiendo alcanzar los 110°C, también es menos resistente al desgaste y no puede ser expuesto a productos químicos orgánicos, tampoco es resistente a los ácidos minerales u oxidantes, tampoco se recomienda su uso en aplicaciones al aire libre ya que es afectado por la luz solar y el ozono. (APB, 2020)

#### **2.2.4.1.3 NBR Caucho Nitrílico, Copolímeros de Butadieno y Acrilonitrilo**

El caucho de tipo NBR presenta resistencia elevadas ante agentes como los aceites e hidrocarburos, así como también a productos químicos inorgánicos y su rango máximo de temperatura llega hasta los 120°C. (APB, 2020)

### 2.2.5 Partes de la máquina de termoformado.

Al escoger la prensa apta para un trabajo dado deben antes conocerse las siguientes características del trabajo a realizar: Esfuerzo necesario, Medidas de las herramientas o accesorios, Carrera necesaria, Tipo de trabajo que se considera (intermitente o continuo) **(HARSSE, 2018)**

Como se mostró anteriormente hay distintos tipos de prensas hidráulicas, pero existen partes que son comunes como:

(c) la bancada

(d) el actuador (cilindro hidráulico)

(e) el tanque hidráulico

(f) el motor

bomba hidráulica

(g) la manguera hidráulica

(h) el panel de control

el manómetro para el control de la presión

Las partes (a), (b) y (j) son la viga principal, la columna y la viga secundaria respectivamente que son propias de las prensas hidráulicas tipo H.

**Figura 5** *Maquina de termoformado:*



### **2.2.5.1** *Unidad hidráulica*

Las unidades de potencia hidráulica están compuestas mínimo por los siguientes elementos, aunque se pueden agregar otros según el requerimiento: **(NEUHID, 2015)**

- Tanque de almacenamiento de aceite.
- Motor eléctrico (Simple o con respaldo).
- Bomba hidráulica (Piñones, paletas, tornillo).
- Válvula limitadora de presión.
- Filtros (Pueden estar en las líneas de presión, succión o retorno).
- Válvulas direccionales (Control de los actuadores).
- Instrumentación (Presión, temperatura, nivel, etc.).

## APLICACIONES

Las unidades de potencia hidráulica son la mejor opción para alimentar cualquier sistema que requiere de aceite a presión. A continuación, se listan las industrias para las cuales hemos suministrado nuestros equipos:

Reguladores de velocidad en Centrales Hidroeléctricas.

Apertura y cierre de válvulas en Centrales Hidroeléctricas,

Industria de la minería.

Industria maderera.

Industria del acero.

*Figura 6: Unidad Hidráulica*



### **2.2.5.2 Motor trifásico**

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator lo que provoca que el

arranque de estos motores no necesite circuito auxiliar, son más pequeños y livianos que uno monofásico de inducción de la misma potencia, debido a esto su fabricación representa un costo menor. **(Avellan, 2019)**

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

Estos motores constan de tres partes fundamentales, estator, rotor y escudo

El estator: está constituido por un enchapado de hierro al silicio de forma ranurado, generalmente es introducido a presión dentro de una de la carcasa.

El rotor: es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos.

Los escudos: por lo general se elaboran de hierro colado. En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes sobre los cuales descansa el eje del rotor.

*Figura 7: Motor Trifásico*



### **2.2.5.3 Bomba Hidráulica**

Una bomba hidráulica es una maquina capaz de transformar la energía con la que funciona (generalmente mecánica o eléctrica) en energía del fluido que intenta mover. Dicho de otra forma, suministra al fluido el caudal y la presión necesaria para cumplir determinada función. **(Florss, 2017)**

Ya que son las encargadas de suministrar el “empuje” necesario de un fluido para que pueda cumplir con determinada función, tenemos muchas aplicaciones comunes:

Subir agua a la cima de un edificio (bomba de agua)

Extraer fluidos debajo de la tierra (pozo petrolífero o bomba subterránea de extracción de agua).

Bombear liquido por sistemas (como en sistemas de refrigeración [aire acondicionado o heladera])

Direcciones hidráulicas en los vehículos (Para que ‘doblar’ sea más sencillo, no hacemos toda la fuerza nosotros, sino que nos ayuda una bomba hidráulica).

Movimiento y accionamiento de palas mecánicas (en una Retroexcavadora, en un Clark, en un camión volcador [para levantar la caja volcadora], etc.).

Partes de una bomba hidráulica

Puerto de entrada: Cilindro por donde ingresa el fluido a la bomba.

Pistones: Encargados de generar el empuje y compresión del fluido.

Eje de accionamiento: Es el encargado de generar el movimiento de los pistones cuando recibe la energía externa.

Puerto de salida: Cilindro por donde sale el fluido con la presión necesaria.

#### **2.2.5.4 Válvulas limitadoras de presión**

Las válvulas limitadoras de presión ayudan a asegurar la presión del sistema por debajo de un límite deseado y conservar una presión determinada en partes relevantes del circuito. La mayoría de sistemas neumáticos están diseñados para funcionar con un intervalo de presiones preestablecido; si estas fuerzas no se controlan o limitan, los componentes eléctricos y el equipo podrían sufrir daños con graves consecuencias económicas. Estas válvulas evitan una acumulación de presión o vacío excesivos que podría desequilibrar el sistema; es decir, actúan como dispositivos de seguridad que limitan la presión máxima del sistema liberándola cuando aumenta demasiado. **(Duarte, 2019)**

#### **2.2.5.5 Válvula de control direccional**

Una válvula de control direccional es el control de extensión y retracción para sus cilindros hidráulicos. Provee la ruta del flujo de la bomba a los cilindros y una ruta de retorno de los cilindros a la reserva de fluido. ... Una válvula de cuatro puertos es normalmente requerida para sistemas de doble acción. **(Gonzalez, 2019)**

#### **2.2.5.6 Electroválvula**

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. ... Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

#### **2.2.5.7 Manómetro**

Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y

la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. A este tipo de manómetros se les conoce también como "Manómetros de Presión".

#### **2.2.5.8 . Mangueras hidráulicas**

Las mangueras en general son tubos flexibles empleados para transportar fluidos de un lugar a otro. Su estructura está conformada por un tubo interno, diseñado con base a las propiedades asociadas a la compatibilidad del material conducido; el refuerzo, que aporta resistencia a la presión de trabajo; y la cubierta, que lo protege de factores como la intemperie, abrasión o productos químicos. Las mangueras hidráulicas, fabricadas en caucho sintético y de gran resistencia, son necesarias en la mayoría de sistemas hidráulicos, ya que se pueden usar en espacios limitados y admiten movimiento, a la vez que transmiten la potencia necesaria para llevar a cabo un trabajo mecánico.

Existen mangueras hidráulicas de baja, mediana, alta y extrema presión, por ello vienen de uno, dos y tres trenzas de acero; o cuatro y hasta seis mallas en espiral de acero, según las libras o bares de presión que soporten. A continuación, una explicación más detallada: **(Sumatec, 2021)**

- **Mangueras hidráulicas de baja presión (SAE100R6)**

Usadas en trabajos con presiones menores a los 300 psi (libras por pulgada), normalmente para el paso de fluidos de combustible, aceite lubricante a alta temperatura, aire, agua y anticongelantes.

- **Mangueras hidráulicas de mediana presión (SAE100R1, SAE100R5, SAE100R7)**

Utilizadas para el transporte de aceites minerales, hidráulicos y emulsiones de agua y aceite. Son muy flexibles y están presentes en maquinaria pesada: tractores, camiones, tractomulas, dirección hidráulica y cilindros hidráulicos para equipos de elevación.

- **Mangueras hidráulicas de alta presión (SAE100R2, SAE100R8)**

Empleadas para aplicaciones que requieran presiones de trabajo elevadas, por ejemplo, en máquinas equipos fuera de carretera (línea amarilla), de lavado a presión. Se utilizan en equipos medianos y grandes, su rango de presión va desde los 1.825 a 6.000 psi, y normalmente, tienen un refuerzo de dos mallas de alambre de alta tensión y en los conceptos termoplásticos con refuerzos en Aramid.

- **Mangueras hidráulicas de muy alta y extrema presión (SAE100R12, SAE100R13, SAE100R15)**

Son las más robustas y pueden trabajar a 5000 o 6000 psi. Son utilizadas para equipos de construcción y maquinaria pesada con cambios súbitos de presión. Sus tubos sintéticos tienen refuerzos de 4 a 6 capas de espirales en acero de alta tensión.

#### **2.2.5.9 Tablero eléctrico o panel de control**

Los tableros de automatización y control eléctricos son paneles donde se encuentran instrumentos para la conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos pequeños dispositivos que integran el tablero eléctrico permiten que una instalación eléctrica funcione correctamente.

**Figura 8:** Tablero Eléctrico



Los tableros de control eléctrico están compuestos de los siguientes partes:

#### **2.2.5.10 Pulsador de parada de emergencia**

Según la norma EN ISO 13850, la función de parada de emergencia sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona.

Para ello se necesitan unidades de mando que estén equipadas con un pulsador tipo champiñón rojo y un fondo amarillo. La función de parada de emergencia puede utilizarse en general como medida de seguridad complementaria a las funciones de protección directas, como los interruptores de seguridad instalados en puertas de protección que neutralizan las situaciones de peligro sin necesidad de que la persona actúe. **(Elion, 2018)**

#### **2.2.5.11 Selectores**

Un selector eléctrico rotativo tiene la función de abrir o cerrar contactos de acuerdo a una posición seleccionada de manera manual. En cuanto al estado que guardan los contactos es necesario contar o elaborar una tabla de cada posición ya que pueden existir infinidad de combinaciones. es recomendable verificar si efectivamente se cumple con las funciones de la tabla proporcionada.

### **2.2.5.12 Pulsadores eléctricos**

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaños y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo. Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA (Normalmente abierto), o con un contacto NC (normalmente cerrado) en reposo.

### **2.2.5.13 controlador de temperatura**

Un controlador de temperatura es un instrumento usado para el control de la temperatura. El controlador de temperatura tiene una entrada procedente de un sensor de temperatura y tiene una salida que está conectada a un elemento de control tal como un calentador o ventilador.

### **2.2.5.14 controlador de tiempo (TIMER)**

Un temporizador es un aparato con el que podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida. El tiempo es determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar.

Se diferencia del relé, en que los contactos del temporizador no cambian de posición instantáneamente. Podemos clasificar los temporizadores en:

De conexión: el temporizador recibe tensión y mide un tiempo hasta que libera los contactos

De desconexión: cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo, libera los contactos

#### **2.2.5.15      *interruptor termomagnético***

Un interruptor magnetotérmico, interruptor termomagnético o llave térmica, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

#### **2.2.5.16      *Contactores eléctricos***

El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. (ANONIMO, 2018)

Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores, que son accionados manualmente o por relés, el resto de motores se accionan por contactores.

Un contactor está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

## 2.3 Enfoques conceptuales

### 2.3.1 Capacidad calorífica:

Algunas veces llamada calor específico, es una medida de la cantidad de energía requerida para aumentar la temperatura del polímero. En termodinámica, una de las medidas fundamentales de absorción de energía es la entalpía. **(ÇENGEL, 2012)**

### 2.3.2 Conductividad térmica:

Es una propiedad de los materiales que valora la capacidad de transmitir el calor a través de ellos. Es elevada en metales y en general en cuerpos continuos, es baja en polímeros, y muy baja en algunos materiales especiales como la fibra de vidrio.

### 2.3.3 Temperatura:

La temperatura se refiere a una magnitud utilizada para medir la energía cinética de un sistema termodinámico, que se genera con los movimientos de las partículas que son parte del sistema. A mayor movimiento, aumenta la temperatura, mientras que, a menor movimiento, la temperatura tiende a disminuir. **(Fisicalab, 2019)**

### 2.3.4 Presión:

Magnitud que se define como la derivada de la fuerza con respecto al área. Cuando la fuerza que se aplica es normal y uniformemente distribuida sobre una superficie, la magnitud de presión se obtiene dividiendo la fuerza aplicada sobre el área correspondiente. **(Cenam, 2017)**

### 2.3.5 Formulas principales para el cálculo de la máquina de termoformado

#### 2.3.5.1 Calculo Para El Cilindro Hidráulico

- $P = F / A$  (Ec. 1)

$$A = F / P \text{ (despejando Ec.1)}$$

- $A = \frac{\pi d^2}{4}$  (Ec. 2)

- Donde,
- A: Área requerida para el pistón [ $m^2$ ].
- F: Fuerza de trabajo requerido, [100 ton.] o [981 kN].
- P: Presión de trabajo, [1000 psi] o [69000 kPa].
- d: Diámetro necesario para el pistón hidráulico [m].

### 2.3.5.2 fórmulas para cálculo de la bomba hidráulica.

$$t_h = \frac{L}{v} =$$

$$Q = \frac{V}{t_h} =$$

$$Pot = \frac{gpm \times psi}{1.714}$$

Donde,

**th:** Tiempo de avance del pistón [s]

**L:** Carrea del cilindro hidráulico [cm].

**v:** Velocidad de avance del pistón [ cm/s].

**V:** Volumen del actuador RH1010 [cm<sup>3</sup>].

**Q:** Caudal del sistema [cm<sup>3</sup>/ s ].

**Pot:** Potencia requerida para el sistema [Hp].

### 2.3.5.3 fórmulas para seleccionar el motor.

$$HP = \frac{KW}{0,736}$$

$$\text{Cos.}\varphi = \frac{KW}{KVA} \times 100$$

$$KW = \frac{1,73 \times I \times V \times \text{Cos. } \varphi}{1000}$$

Donde:

HP = 736 W. KW = 1000 W. KVA =  $[I \times V \times 1,73] / 1000$ . I = Amperios nominales. V = Voltaje nominal.

#### 2.3.5.4 fórmulas para el cálculo de la estructura:

$$(\theta_C)_P = (\theta_B)_P = -\frac{P\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2EI} = -\frac{PL^2}{8EI}$$

$$(y_C)_P = (y_B)_P + (\theta_C)_P \left(\frac{L}{2}\right)$$

$$(y_C)_P = -\frac{P\left(\frac{L}{2}\right)^3}{3EI} - \frac{P\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2EI} * \left(\frac{L}{2}\right)$$

$$(y_C)_P = -\frac{PL^3}{24EI} - \frac{PL^3}{16EI}$$

$$(y_C)_P = -\frac{5PL^3}{48EI}$$

Donde:

P: Carga externa aplicada [N].

L: Longitud total de la viga [m].

E: Módulo de Young del acero [GPa].

I: Momento de Inercia de la sección transversal de la viga [m<sup>4</sup>].

---

**Fuerza Rc:**

$$(\theta_C)_R = + \frac{R_C L^2}{2EI}$$

$$(y_C)_R = + \frac{R_C L^3}{3EI}$$

**Momento Mc**

$$(\theta_C)_M = + \frac{M_C L}{EI}$$

$$(y_C)_M = + \frac{M_C L^2}{2EI}$$

- **Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flector**

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S}$$

Donde:

S: Modulo de la sección de la viga [m<sup>3</sup>].

M<sub>máx</sub>: Momento flector máximo [kNm]

- **Esfuerzo permisible**

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{\eta}$$

**(Shigley, 2011),9na edicion**

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación:**

Nuestra investigación será de tipo aplicada, de nivel correlacional, con datos cuantitativos y con un diseño de investigación pre experimental, ya que utilizaremos conocimientos descubiertos por investigaciones básicas, y estudiaremos la relación de nuestras variables y no las manipularemos, nuestros datos serán medibles, y solo analizaremos la variable dependiente.

##### **3.1.2 Método:**

El método es Descriptivo, debido a que lo que se busca es poder definir de una manera clara de mejorar el diseño de una de una máquina de termoformado, estableciendo todos los procedimientos de análisis de diseño y dimensionamiento quedando de esta manera un instrumento didáctico para futuras investigaciones de diseño.

##### **3.1.3 Diseño:**

Pre experimental, ya que utilizaremos conocimientos descubiertos por investigaciones básicas, y estudiaremos la relación de nuestras variables y no las manipularemos, nuestros datos serán medibles, y solo analizaremos la variable dependiente.

### 3.2 Variables y operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
<b>Variable independiente</b>  Parámetros térmicos  Parámetros estructurales	Es la parte sobre la que se apoyan los demás componentes, sirve para proteger la máquina y para que otros elementos de la máquina se unan a ella. <b>(Maquinas y Estructuras, 2014)</b>	Los parámetros de la maquina están diseñados para termoformar el caucho y obtener un determinado producto (botas de caucho)	La temperatura se midió en °C	Intervalo
			La presión será medida en bar.	De intervalo
<b>Variable Dependiente</b>  Rendimiento Térmico  Costo de operación.	El Rendimiento térmico muestra la eficiencia con que un motor térmico transforma el calor en trabajo mecánico. Un motor térmico transforma la energía térmica en trabajo (energía mecánica) de modo continuo	En esta tesis se medirá en rendimiento térmico en KWh y el costo de operación en soles	Flujo de calor ahorrado	De razón
			VAN, TIR, ROI	De razón

### **3.2.1 Variable dependiente:**

- Rendimiento termico.
- Costo de operación.

### **3.2.2 Variable in dependientes:**

- Parámetros térmicos
- Parámetros estructurales.

## **3.3 Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1 Población:**

- Máquinas de termoformado para fabricación de botas de caucho existentes en Perú.

### **3.3.2 Muestra:**

- Máquina de termoconformado de la empresa Securindustria.

### **3.3.3 Muestreo:**

- No probabilístico intencional

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 1: *técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Validez</b>
Entrevista	Guía de entrevista	Se validó por los asesores de la investigación.
Observación	Ficha de observación	

Fuente: Autores

#### 3.4.1 Técnica: Entrevista.

Se planificarán entrevistas con los jefes de producción de la empresa, y también se entrevistará al personal operativo de máquinas para obtener la información necesaria y poder plasmarla en parámetros ingenieriles.

#### 3.4.2 Instrumento: Guía de entrevista.

La guía de entrevista cuenta con una serie de preguntas puntuales que nos ayudaran a identificar las necesidades de la empresa, y también información relevante que nos ayudaran al proceso de selección.

### **3.4.3 Validez**

Dicha validación se efectuó mediante un documento formal, donde los asesores asignados certifican y pone en manifiesto que los instrumentos utilizados en dicho procedimiento son válidos para la obtención de información.

### **3.5 Procedimientos**

La entrevista se realizó mediante una guía de entrevista, nos permitió determinar las condiciones de la máquina de termoconformado (presión, temperatura, requerimientos de termoformado.), condiciones de la máquina mediante toma de dimensiones para (análisis estructural térmico). Permitiendo proyectar si la máquina el rendimiento de la máquina de termoformado.

La guía de entrevista, permitió conocer las condiciones reales estructurales y térmicas de la máquina de termoformado, como presiones y otros datos para el cálculo estructural y análisis térmico.

Así mismo también se recolectó información mediante una ficha de observación de campo para recolectar datos necesarios para la investigación.

Los datos serán analizados mediante un formato EXCEL, donde se comparará los datos obtenidos con los datos medidos con anterioridad.

### **3.6 Método de análisis de datos**

El procesamiento del análisis de datos del estudio teórico de una máquina de termoformado, se expresarán en tablas y gráficos, respecto, a la presión temperatura y fuerza y otros. Permitiendo determinar el diseño óptimo de la máquina de termoformado, para el sector industrial (seguridad industrial)

Compromiso: Terminar el proyecto hasta lograr una óptica configuración de diseño.

Responsabilidad: El proyecto se pueda ejecutar respetando los tiempos de desarrollo

### **3.7 Aspectos éticos**

Los autores del presente estudio se comprometen a salvaguardar la propiedad intelectual y legitimidad de los resultados obtenidos, así como la confiabilidad de los datos ofrecidos por los colaboradores de la empresa segurindustria, con la única finalidad de utilizarlos para la presente investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Recolección de datos de operación térmica actual.

Los datos se recolectaron mediante la entrevista y ficha de observación realizada a la empresa, y se encuentra en el **anexo 2 y 3**.

La máquina de termoformado cuenta con seis resistencias para realizar el proceso de termoformado, cuatro para formar la caña y dos para la planta. A continuación, se hizo la toma de datos de las temperaturas en los moldes(sensores). **anexo 4**.

Tabla 2: *temperaturas de los moldes de la máquina de termoformado*

ITEM	DESCRIPCION	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	T%(°C)
1	Sensor 1	172	170	172	171	172	171.4
2	Sensor 2	168	167	168	168	168	167.8
3	Sensor 3	160	162	160	161	160	160.6
4	Sensor 4	158	158	158	159	158	158.2
5	Sensor 5	163	162	163	163	163	162.8
6	Sensor 5*	163	162	163	163	163	162.8

Fuente: Autores

#### 4.2 Modelamiento de la estructura de la maquina termoformado en SolidWorks.

Para llegar a este resultado se hizo uso del software SolidWorks el cual nos permitió modelar cada uno de los elementos que conforman la máquina de conformado cuyas dimensiones fueron obtenidas en campo a partir de una ficha de obtención de datos. En la tabla 4 podemos observar la lista de elementos que conforman la estructura de la maquina como son los elementos llamados templadores ubicada en el ítem 1 cuyo material de fabricación fue el acero AISI 1045, en el ítem 2 tenemos el elemento denominado viga lateral fabricada en acero AISI 1045, a su vez tenemos en el ítem 3 la plancha estructural fabricada en acero AISI 1020, también tenemos en el ítem 4 unos elementos denominados espaciadores fabricadas también en acero AISI 1020. A continuación, se muestra la siguiente tabla en el **anexo 5**

#### 4.3 Modelamiento de los componentes térmicos de compactación.

Los componentes térmicos de compactación están conformados por cuatro matrices las cuales están diseñadas para el vulcanizado de botas de las siguientes dimensiones: talla 42, altura de la caña: 39 cm, las mismas que se han modelado mediante el programa SolidWorks para su posterior análisis.

La siguiente tabla podemos encontrar con el ITEM 1 la matriz horma en cuya descripción encontramos que fue fabricada en acero AISI 1045, posteriormente con los ITEM 2 y 3 encontramos las matrices laterales de conformado cuya descripción específica que fue fabricada con el tipo de acero AISI 1045 y por último en el ITEM 4 encontramos la matriz planta fabricada también en acero AISI 1045. A continuación, se muestra la siguiente tabla en el **anexo 6**.

#### 4.4 Realizar un análisis térmico en SolidWorks de los componentes de termoformado.

Para este resultado nos apoyamos en el uso del programa SolidWorks, en la cual ingresamos los parámetros actuales de operación de la maquina obtenida mediante la ficha de recolección de datos. Se trabajaron los parámetros exigidos por el programa, los cuales son la potencia calorífica, coeficiente de convección y la temperatura ambiente a la que opera la máquina.

El estudio realizado nos muestra en la figura (9) la variación de temperaturas que existe a lo largo de todos los elementos que conforman la estructura, cuya temperatura se expresa en grados Celsius, donde el color rojo expresa la máxima temperatura y la mínima temperatura está representada por el color azul. Observamos una distribución de calor no uniforme en toda la superficie de las matrices encargadas del curado del caucho, concentrándose el calor en la parte superior de la matriz con una temperatura de 263°C y en la parte inferior llegando a alcanzar 150 °C aproximadamente. Analizando los elementos estructurales podemos encontrar que los elementos donde se soportan las matrices no superan los 70 °C a diferencia del elemento estructural encargada de ejercer una fuerza axial mediante un actuador hidráulico para el compactado, llega a alcanzar los 160 °C. **Anexo 7**

#### **4.5 Realizar un análisis estático estructural en SolidWorks de la máquina de termoformado.**

Se desarrollo el estudio de esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad en el programa SolidWorks simulation de los elementos más críticos seleccionados por estar expuestos directamente a las cargas de compactación para el proceso de conformado. En la figura 9 se observa la distribución de esfuerzos por toda la estructura estudiada, esta distribución esta representada por una serie de colores cuya escala de valores se encuentran a lado derecho, con lo que pudimos obtener como resultados el esfuerzo máximo de 43.20 MPa.

De igual manera en la figura 10 encontramos la distribución de desplazamiento representada por una serie de colores cuya escala de valores se encuentra en el lado derecho de la figura y cuyo valor máximo indicado es de 0.035mm ubicada justo en la parte central de la estructura que soporta las resistencias de la máquina y cuyo valor está representado por el color rojo.

Por otro lado, se realizó un estudio de factor de seguridad de forma individual de los elementos involucrados es esta selección de elementos críticos como se observan en las figuras 11, 12,13, 14, en todas ellas se observa un valor por encima de 8 de factor de seguridad, por lo que podemos deducir que ninguno de estos elementos se encuentra en riesgo de sufrir algún daño por las cargas a las cuales están sometidas.

#### **Anexo 8**

#### **4.6 Dimensionar los componentes de generación de energía térmica que pueden ser mejorados.**

Con el fin de comparar los resultados teóricos con los datos reales de operación térmicas actuales de la maquina se realizaron una serie de cálculos para cada elemento involucrado directamente con el curado del caucho, las cuales son las matrices laterales, la matriz de la planta, así como también se consideró en el cálculo la bota misma. Para esto se consideraron una serie de variables como la masa en gramos de cada elemento, también la temperatura que se desea alcanzar, así como también el calor específico del material y el tiempo en que se desea llegar a la temperatura deseada.

En general se estableció la los cálculos poder llegar a una temperatura de 170 °C en un periodo de tiempo de 85 min. Para esto teóricamente se necesitaría una potencia total de 7227.18watts ya habiendo considerado un factor de seguridad de 3 por perdidas de convección, conducción, radiación y eficiencia de las resistencias.

#### **Anexo 9.**

#### 4.7 Evaluación de las propuestas de mejora.

Mediante el estudio térmico realizado en el programa de SolidWorks pudimos encontrar una clara pérdida de calor por el contacto directo existente entre los elementos térmicos con algunos elementos estructurales, lo que se podría traducir como una pérdida de consumo eléctrico. También en la figura 18 se observa una no uniforme distribución de calor en la matriz, registrando una temperatura máxima en la parte superior de 190.86 °C, y en la parte inferior registra una temperatura máxima de 159.68 °C, ambos registros corresponden a la ubicación real de los sensores tipo termocuplas instalados en la máquina de conformado. A su vez en la gráfica de la figura 19 observamos la trayectoria del sensor superior representada por la línea de color azul, mientras que el sensor de la parte inferior está representado por la línea roja. En esta grafica encontramos que el tiempo máximo en que demora en llegar a su temperatura actual de trabajo que va de entre 150°C y 170 °C, para ello le toma un periodo de tiempo de 150min.

Ante esta problemática decidimos proponer tres tipos de aislantes térmicos para lograr una mayor eficiencia en la distribución de calor a través de las matrices de conformado, para esta selección se contemplaron criterios como el costo, la facilidad de adquisición en el mercado local y su factor de conducción térmica.

El aislante escogido fue el asbesto, material con el que se elaboró es estudio térmico mostrado en la figura 20 en la que observamos una mejor distribución de temperatura en la matriz, llegando en la parte superior donde está ubicada uno de los sensores, a una temperatura de 202.92 °C y en la parte inferior donde se encuentra ubicada el otro sensor, llega a una temperatura de 183.27 °C. Y en la tabla de la figura 21 podemos observar cómo en promedio de 85 min esta matriz alcanza su temperatura máxima de operación de 170°C.

Se elaboró una matriz de selección según criterios mas importantes como el costo, la facilidad de adquisición a nivel local y la conductividad térmica de cada material. Y la puntuación está dada por:

Bueno (8-10)

Regular (4-7)

Mala (1-3)

alternativa criterio	Tablero de fibra cerámica	WDS Ultra Board	Amianto (asbesto)
Costo	4	4	9
Facilidad de disponibilidad a nivel local	3	3	9
Conductividad Térmica	7	10	7
<b>Total = 56</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>25</b>
<b>% Real</b>	<b>25</b>	<b>30.36</b>	<b>44.64</b>

## Anexo 10

## V. DISCUSIÓN

### Discusión 1

Los parámetros de operación térmica de la maquina son: temperatura, presión y tiempo de vulcanización.

El señor Alberto Fernández Torres en su investigación Vulcanización de elastómeros con peróxidos orgánicos. Determinó los parámetros de operación del proceso de vulcanización efectuadas de forma experimental en un laboratorio por la técnica de Geometría de disco oscilante para el material de caucho NBR (caucho de nitrilo), siendo estos los valores obtenidos: para una temperatura de curado de 170°C se determinó un tiempo de 13.6 min.

En nuestra investigación hemos obtenido como parámetros promedios de operación de vulcanización los siguientes datos: para una temperatura de 170°C, un tiempo de curado de 8 min y 20kg F de presión. Comparando el estudio del señor Alberto Fernández Torres y nuestros resultados obtenidos mediante la recolección de datos, podemos observar que se está dentro de los parámetros establecidos por el fundamento experimental.

### Discusión 1 y 2.

Comparando el estudio de los señores Miguel Ángel Guilcamaigua Tarco y Patricio Javier Olalla Sarzosa de su investigación Diseño y Construcción de una prensa hidráulica para termo moldeado de piezas y partes automotrices de caucho con nuestra investigación podemos encontrar que ambos aplicamos el uso del modelamiento virtual en tres dimensiones de los elementos que conforman la máquina de termoformado ya que a ellos les permitía hacer un previo ensayo, simulaciones y análisis para la posterior fabricación de las piezas de manera optimizada

disminuyendo de esta manera sus costes, acción que no hubiera sido factible hacerla de manera directa en el campo. Por nuestra parte el modelamiento de los elementos de la maquina nos permitió tener una visión más clara de la maquina permitiéndonos acceder a ella de manera virtual para su posterior análisis, acceso que no se nos hubiera hecho posible tener en la planta debido a que esta máquina se encuentra operando las 24 horas del día.

#### Discusión 4

Para el estudio térmico se seleccionaron el conjunto de elementos matrices teniendo en cuenta sus propiedades físicas del material, así como también sus parámetros de operación como son el periodo(t) y la temperatura (°C). Los señores Miguel Ángel Guilcamaigua Tarco y Patricio Javier Olalla Sarzosa en su investigación Diseño y Construcción de una prensa hidráulica para termo moldeado de piezas y partes automotrices de caucho, determinaron que el flujo de potencia necesaria para alcanzar una temperatura de 150°C para un periodo de curado de 10 min es necesario 0.024 watts por gramo de masa. En comparación con nuestra investigación que obtuvimos un flujo de potencia eléctrica necesaria de 0.109 watts por gramo de masa para alcanzar una temperatura de 170°C en un periodo de curado de 8 min.

#### Discusión 5

Los señores Miguel Ángel Guilcamaigua Tarco y Patricio Javier Olalla Sarzosa en su investigación Diseño y Construcción de una prensa hidráulica para termo moldeado de piezas y partes automotrices de caucho, realizaron un estudio estático en SolidWorks para obtener parámetros como son tensiones de Von Mises, desplazamientos y factor de seguridad. Tras la simulación obtuvieron tensiones máximas de Von Mises de 76.4 MPa, factor de seguridad mínimo de 3.27, también desplazamiento máximo de 1.878e-002mm. A diferencia de nuestro estudio que pudimos obtener tensión máxima de Von Mises de 43.20 MPa en su punto más crítico,

así como un factor de seguridad mínimo de 8.14 y un desplazamiento máximo de 0.035mm.

#### Discusión 6

Para mejorar las pérdidas por flujo de calor presentadas por el contacto de los elementos térmicos de la maquina con parte de su estructura, se estudió mediante simulación térmica en solidworks la posibilidad de aislar ese contacto existente mediante un material de baja conductividad térmica, con lo que pudimos obtener un calentamiento de las matrices del 41% más rápido del que se obtiene actualmente, que a diferencia de la investigación de los señores Miguel Ángel Guilcamaigua Tarco y Patricio Javier Olalla Sarzosa en su investigación Diseño y Construcción de una prensa hidráulica para termo moldeado de piezas y partes automotrices de caucho, quienes no contemplaron la incorporación de algún tipo de aislante térmico entre sus elementos estructurales con los elementos térmicos.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se realizó la recolección de datos de operación térmica actual de la máquina de termoformado en la empresa Segurindustria-Trujillo, conociendo las temperaturas que brindan las resistencias a los moldes de compactación de la bota, esta medición se realizó cada una hora por cinco veces mediante sensores de temperatura (termocuplas) ubicados en los moldes y controladores de temperatura digitales obtenidos como resultados los siguientes promedios, molde uno 171.4 °C , molde dos 167.8°C, molde tres 160.6°C, molde cuatro 158.2°C, molde cinco

162.8°C, molde 162.8°C.concluimos que los datos actuales de la máquina de termoformado están con un margen de más menos 5 °C.

- 6.2. Se realizo el modelamiento de la estructura de la máquina de termoformado en el programa SolidWorks, partiendo desde las mediciones que se realizó a la máquina con la finalidad de reconocer los principales componentes de la estructura, ver la función que desarrollan en el proceso, el material de la estructura es acero AISI 1045.concluimos que el material utilizado para la estructura es adecuado.
- 6.3. Se realizo el modelamiento de los componentes térmicos de compactación con el programa SolidWorks, para lo cual llegamos a la conclusión de la importancia del uso de estas herramientas virtuales porque nos permiten tener acceso y manipulación de los elementos, labor que se complica en campo.
- 6.4. Según los datos recolectados se realizó el análisis térmico de los componentes de la máquina de termoformado en el programa SolidWorks simulation, se obtuvo como resultado, el calentamiento de algunos elementos estructurales, generando una deficiencia de calentamiento en las matrices el cual no llegan a su temperatura deseada afectando el termoformado de la bota, generando un producto deficiente.
- 6.5. Los esfuerzos, calculados mediante el programa SolidWorks, de diseño de elementos mecánicos, son aproximaciones a los esfuerzos reales que

soporta la máquina de termoformado, los resultados obtenidos de factores de seguridad son mayores a los recomendados para este tipo de estructuras, por lo tanto, la máquina está preparada a soportar las cargas utilizadas.

## VII. RECOMENDACIONES

- Según los resultados obtenidos se recomienda tener en cuenta los cálculos realizados para la implementación del presente proyecto con esto se garantiza mejorar el rendimiento y aumentar la eficiencia en la producción, ya que según los datos obtenidos existe en el mercado necesidades por satisfacer.
- Se recomienda tener en cuenta los cálculos realizados del análisis estático de la máquina de termoformado para fabricación de botas de caucho ya que de esta forma se está garantizando el buen funcionamiento del diseño cumpliendo de esta manera el fin para la cual es diseñada, en tal sentido se recomienda el uso para las columnas acero ASTM A36 debido a que estas tienen un menor costo que el acero AISI 1045 y tienen similares propiedades.
- se recomienda la implementación de un aislante térmico para aprovechar la energía en su totalidad y no se disipe en elementos estructurales y por lo tanto genere un exceso de consumo de energía, aumente el costo de producción.
- Se recomienda la implementación de una torreta(soporte) en la base de la máquina de termoformado para evitar vibraciones al momento de compactar y evitar que la maquina sufra grietas en los componentes mecánicos de mayor concentración de esfuerzos.
- Se recomienda la implementación de un mantenimiento preventivo a los elementos mecánicos (pines, soportes de matrices) y térmicos (resistencias, termocuplas, controladores de temperatura) de la máquina de esta manera se evitará fallas en plena producción.
- Tener cuidado el momento de maniobrar la matriz una vez realizado el termoformado ya que este sale con una temperatura elevada.

## REFERENCIAS

- ANONIMO. (15 de 5 de 2018). *TECNOLOGIA*. Obtenido de CONTACTOR:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>
- APB. (2020). *materialesriegos*. Obtenido de  
[https://www.materialesriegos.com/WebRoot/StoreES3/Shops/64472737/MediaGallery/Tipos\\_de\\_Caucho\\_y\\_PVC.pdf](https://www.materialesriegos.com/WebRoot/StoreES3/Shops/64472737/MediaGallery/Tipos_de_Caucho_y_PVC.pdf)
- Avellan, S. (19 de 05 de 2019). *Motor eléctrico trifásico*. Obtenido de Motor eléctrico trifásico: [https://www.ecured.cu/Motor\\_el%C3%A9ctrico\\_trif%C3%A1sico](https://www.ecured.cu/Motor_el%C3%A9ctrico_trif%C3%A1sico)
- Cenam. (2017). Obtenido de Cenam: <https://www.cenam.mx/FYP/Presion/Pre1.aspx>
- ÇENGEL, Y. A. (2012). *Termodinamica*. Pablo E. Roig Vázquez.
- Duarte, L. F. (19 de 04 de 2019). *Válvula Limitadora de Presión*. Obtenido de Válvula Limitadora de Presión: <https://es.scribd.com/document/376435408/FRENOS-Neumaticos-Resuelta>
- Elaplast. (2020). Obtenido de Elaplast: <http://www.elaplas.es/materiales/cauchos-y-elastomeros/>
- Elion. (2018). Obtenido de Elion: <https://www.elion.es/productos/mando-y-senalizacion/pulsadores-de-emergencia/>
- Fiscalab. (2019). Obtenido de Fiscalab:  
<https://www.fiscalab.com/apartado/temperatura#:~:text=el%20cero%20absoluto-,Concepto%20de%20temperatura,con%20una%20determinada%20energ%C3%ADa%20cin%C3%A9tica.>

Florss, B. (12 de 12 de 2017). *bomba hidráulica*. Obtenido de Como funciona una bomba hidráulica: <http://como-funciona.co/una-bomba-hidraulica/>

Gonzalez, A. V. (15 de 08 de 2019). *Válvulas distribuidoras hidráulicas*. Obtenido de Válvulas distribuidoras hidráulicas: <https://es.scribd.com/document/389981189/Valvulas-distribuidoras-hidraulicas>

HARSSE. (29 de 12 de 2018). Obtenido de PARTES DE LA PRENSA HIDRAULICA: <https://www.harsle.es/Tipos-y-Partes-de-La-Prensa-Hidr%C3%A1ulica-id1804286.html>

*interempresas*. (2019). Obtenido de *interempresas*: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3765-Termoformado-Procedimiento-maquinaria-y-materiales.html>

*Kaban Tool*. (2012). Obtenido de <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/rendimiento-de-proceso>

Maquinas y Estructuras. (2014). Obtenido de <http://www.colegioortegaygasset.com/users/kino/ma5/142.pdf>

*Morgan Advanced Materials*. (2018). Obtenido de Morgan Advanced Materials: <https://www.morganthermalceramics.com/media/2598/vf-boards.pdf>

NEUHID. (05 de 02 de 2015). *UNIDADES DE POTENCIA HIDRÁULICA*. Obtenido de Hidraulica y Neumatica S.A.: <http://www.hnsa.com.co/unidades-de-potencia-hidraulica/>

Ochoa, M. T. (2006). *tesis de investigacion*. Marco .

*pack BC*. (2016). Obtenido de *pack ABC*: <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/termoformado/>

Peche, E. D. (2017). *tewsis de investigacion*. Elizabeth .

Pirobloc. (21 de 12 de 2016). <https://www.pirobloc.com/blog-es/principios-de-transferencia-de-calor-en-ingenieria/>.

Plastiglas. (2018). *tecnologia3bunlp*. Obtenido de <https://tecnologia3bunlp.files.wordpress.com/2015/03/manual-determoformado.pdf>

Sarzosa, P. J. (2010). *investigacion de tesis*. Patricio .

Shigley. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica*. Miguel Ángel Toledo Castellanos.

*Sumatec*. (2021). Obtenido de Sumatec: Las mangueras en general son tubos flexibles empleados para transportar fluidos de un lugar a otro. Su estructura está conformada por un tubo interno, diseñado con base a las propiedades asociadas a la compatibilidad del material conducido; el refuerzo, q

Torres, A. F. (2010). *Vulcanización De Elastómeros Con Peróxidos Orgánicos*. Madrid.

## ANEXOS

### ANEXO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
<b>Variable independiente</b>  Parámetros térmicos  Parámetros estructurales	Es la parte sobre la que se apoyan los demás componentes, sirve para proteger la máquina y para que otros elementos de la máquina se unan a ella. <b>(Maquinas y Estructuras, 2014)</b>	Los parámetros de la maquina están diseñados para termoformar el caucho y obtener un determinado producto (botas de caucho)	La temperatura se midió en °C	Intervalo
			La presión será medida en bar.	De intervalo
<b>Variable Dependiente</b>  Rendimiento Térmico  Costo de operación.	El Rendimiento térmico muestra la eficiencia con que un motor térmico transforma el calor en trabajo mecánico. Un motor térmico transforma la energía térmica en trabajo (energía mecánica) de modo continuo	En esta tesis se medirá en rendimiento térmico en KWh y el costo de operación en soles	Flujo de calor ahorrado	De razón
			VAN, TIR, ROI	De razón

## ANEXO 2: INSTRUMENTOS DE RECOLECIÓN DE DATOS ENTREVISTA

### ENTREVISTA

Entrevista realizada a la empresa SEGURINDUSTRIA SAC, con la finalidad de conocer el nivel de necesidad del área de bota de caucho referente a las máquinas de termoformado para su mejoramiento, con un análisis de estructural y térmico para mejorar el rendimiento y gastos de operación.

1. **¿Qué problemas usted observa en el en el área de bota de caucho (máquinas de termoformado) de la empresa SEGURINDUSTRIA SAC?**

- Las paradas imprevistas por fallas en las máquinas de termoformado
- Desperdicio d energía por dispersión de calor en el ambiente
- Carencia de orden en la estructura del cableado
- Presencia de fugas en el sistema hidráulico

2. **¿Cree que debería existir una mejora en las máquinas de termoformado para la fabricación de botas de caucho en la empresa?**

Si, ya que generalmente los repuestos más utilizados por estas máquinas son las resistencias termocuplas, contactores, mandómetros, mangueras hidráulicas retenes etc.

3. **¿Usted cree que con un análisis ingenieril la máquina de termoformado podría optimizar los procesos de fabricación de botas de caucho?**

Claro, ya que las maquinas fueron construidas en base a unas máquinas mecánicas y no se hizo un análisis o estudio para ver si están sobredimensionas o no, ya que a veces presentan fallas en resistencias presiones y ruptura de algunos elementos.

4. **¿Qué cantidad de horas trabaja la máquina de termoformado diariamente/mensualmente/anualmente?**

- Las 24 horas, salvo las paradas de emergencia y cuando baja la producción, y en los meses de diciembre que hay parada de planta.

5. **¿Cada cuanto tiempo se realiza mantenimiento al maquina?**

- Se revisa diariamente por los operadores y cuando hay una falla por los mecánicos, pero generalmente se realiza el trabajo de mantenimiento a fin de año en la parada de planta.

6. **¿Cuánto tiempo necesita la máquina de termoformado para producir las botas de caucho?**

- Se necesita 350 segundos para producir una bota, por lo tanto: cada

6 min = 1 bota  
60 min = 10 botas  
8 horas = 80 botas

- Este dato es aproximado porque depende del comportamiento de la maquina y el operador.

**7. ¿Cuánto es la presión y temperatura aproximada que trabaja la maquina?**

- La presión es aproximadamente 100 Bar
- Las temperaturas varían: en la planta la temperatura es de 170 °C y las laterales están entre los 10 a 150 °C



Ing. Luis Julca Verástegui

V<sup>B</sup> de revisión del instrumento  
presentado para ser aplicado en  
la obtención de datos.

## ANEXO 3: FICHA DE OBSERVACION

FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

Análisis estructural y térmico de una Máquina termoformadora de botas de caucho de uso industrial para mejorar su rendimiento y disminuir su costo de operación.

Nombre de la empresa	Segurindustria
Ubicación de la empresa	Trujillo – La Esperanza
Dirección	Mz. A1 Lote 15 Parque Industrial

OBJETIVO: observar y recolección de datos de la máquina de termoformado.

TABLA: 1 recolección de datos técnicos

Ítem	Datos	Unidades	Valores/descripción
1	Presión máxima de trabajo máximo de la maquina	Bar	100
2	Temperatura máxima de trabajo de la maquina	°C	172
3	Diámetro del pistón principal	mm	170
4	Material de la estructura de la máquina		Acero AISI 1045
5	Cantidad de resistencias que lleva la maquina		7
6	Tipo de mangueras hidráulicas utilizadas		R2
7	Marca de componentes eléctricos que se emplean		Schneider electric.

TABLA: 2 Aspectos generales del diseño

N°	DESCRIPCION	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	observación
1	Ayuda a la ergonomía		x				Buena condición de adaptación
2	El diseño es apropiado para el uso		x				Se puede trabajar bien
3	Soporta las cargas indicadas			x			
4	Es fácil su uso			x			Operación manual
5	Requiere alta tecnología			x			Tecnología apropiada
6	Tiene un peso adecuado			x			
total							

TABLA: 3 Aspectos de la estructura

N°	DESCRIPCION	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	observación
1	Ayuda a la ergonomía		x				Buena condición de adaptación
2	La estructura es apropiada	x					Acero 1045
3	Soporta las cargas establecidas	x					
4	Cuenta con estándares			x			
5	Requiere alta tecnología			x			
6	Que tipo de soldadura requiere			x			Soldadura 6011
total							

TABLA: 4 Aspectos del sistema hidráulico

N°	DESCRIPCION	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	observación
1	Ayuda a la ergonomía		x				Buena condición de adaptación
2	El diseño es apropiado para su uso con el sistema hidráulico		x				
3	Soporta las cargas establecidas				x		Fugas de aceite
4	Es fácil su uso			x			
5	Que tipo de mangueras requiere			x			mangueras hidráulicas R2
6	Que tipo de conexiones requiere			x			Conexiones NPT Y BSP
total							

**ANEXO 4: imágenes de toma de temperaturas**

*Figura 9: medición con pinza amperimétrica*



**Figura 10:** *tablero de controladores de temperatura*

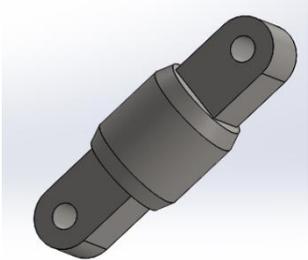
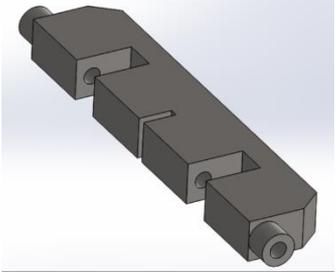
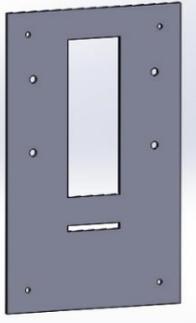
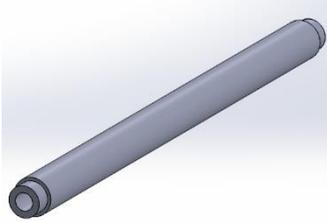


*Tabla 3: datos térmicos de la máquina de termoformado*

<b>ITEM</b>	<b>DETALLE DE MAQUINA</b>	<b>DATOS</b>	<b>OBSERVACION</b>
1	Temperatura de matrices porta laterales.	160°C	
2	Temperatura de matriz porta planta.	172 °C	
3	Potencia y voltaje de resistencias	2600 W – 380 V	
4	Cantidad de resistencias porta laterales	4	Empotradas en placa de aluminio
5	Cantidad de resistencias porta planta	2	De níquel y cromo
6	Motor Trifásico 1LA7 112-4YA80		
6.1	Potencia	5 HP – 3.73 KW	
6.2	velocidad nominal	1740 RPM	
6.3	Tensión Conmutable	220/380/440V	

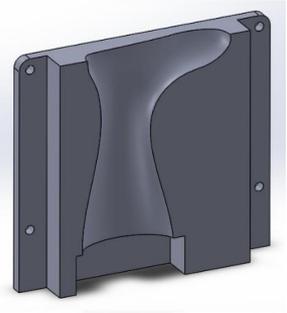
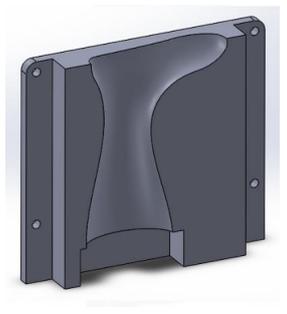
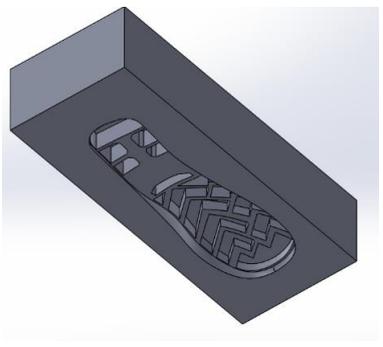
## ANEXO 5:

Tabla 4: componentes de la estructura de la máquina de termoformado

Ítem	Componentes de Maquina	Propiedades	Imagen
1	Templador	Tipo: AISI 1045	
2	Viga lateral porta	Tipo: AISI 1045	
3	Planchas estructura de	Tipo: AISI 1020	
4	Separador	Tipo: AISI 1020	

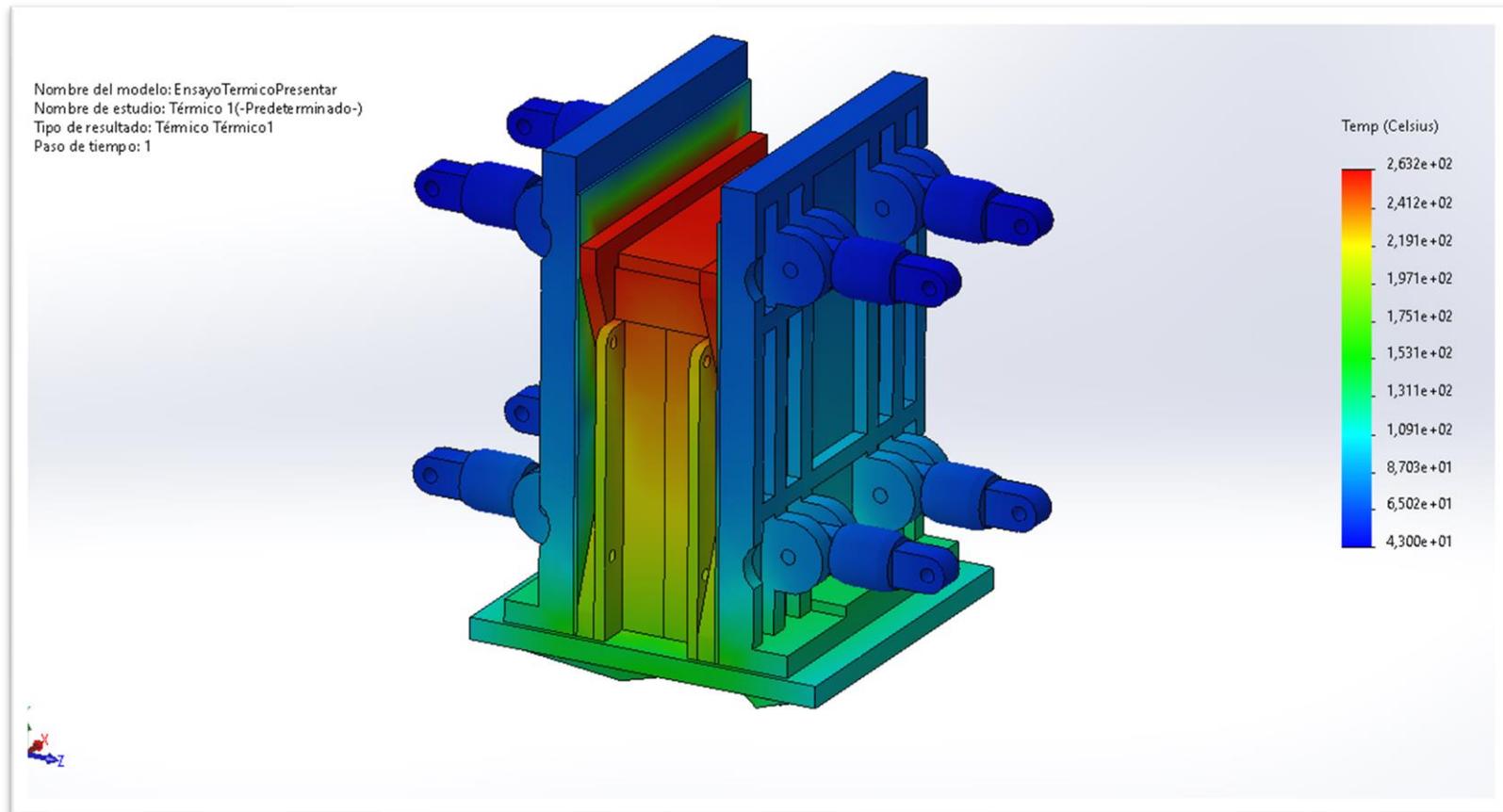
## ANEXO 6:

Tabla 5: Componentes Térmicos de Compactación

ITEM	COMPONENTE	DESCRIPCION	IMAGEN
1	Matriz de horma	Tipo: AISI1045 Altura de cana:39 cm	
2	Matriz lateral derecha	Tipo: AISI1045 Altura de cana:39 cm	
3	Matriz lateral izquierda	Tipo: AISI1045 Altura de cana:39 cm	
4	Matriz de planta	Tipo: AISI1045 Talla:42	

## ANEXO 7:

Figura 11: resultados del análisis térmico



**ANEXO 8: Cálculo de potencia eléctrica necesaria para el proceso de conformado de la bota.**

Los siguientes datos se recolectaron mediante la ficha de observación:

Presión: 100 bar = 917744.592 kg/m<sup>2</sup>

Diámetro del pistón: 170 mm

**CÁLCULO DE LAS FUERZAS DEL CILINDRO HIDRÁULICO**

$$F = P * A$$

$$F = 917744.592 \text{ kg/m}^2 * \frac{\pi * D^2}{4}$$

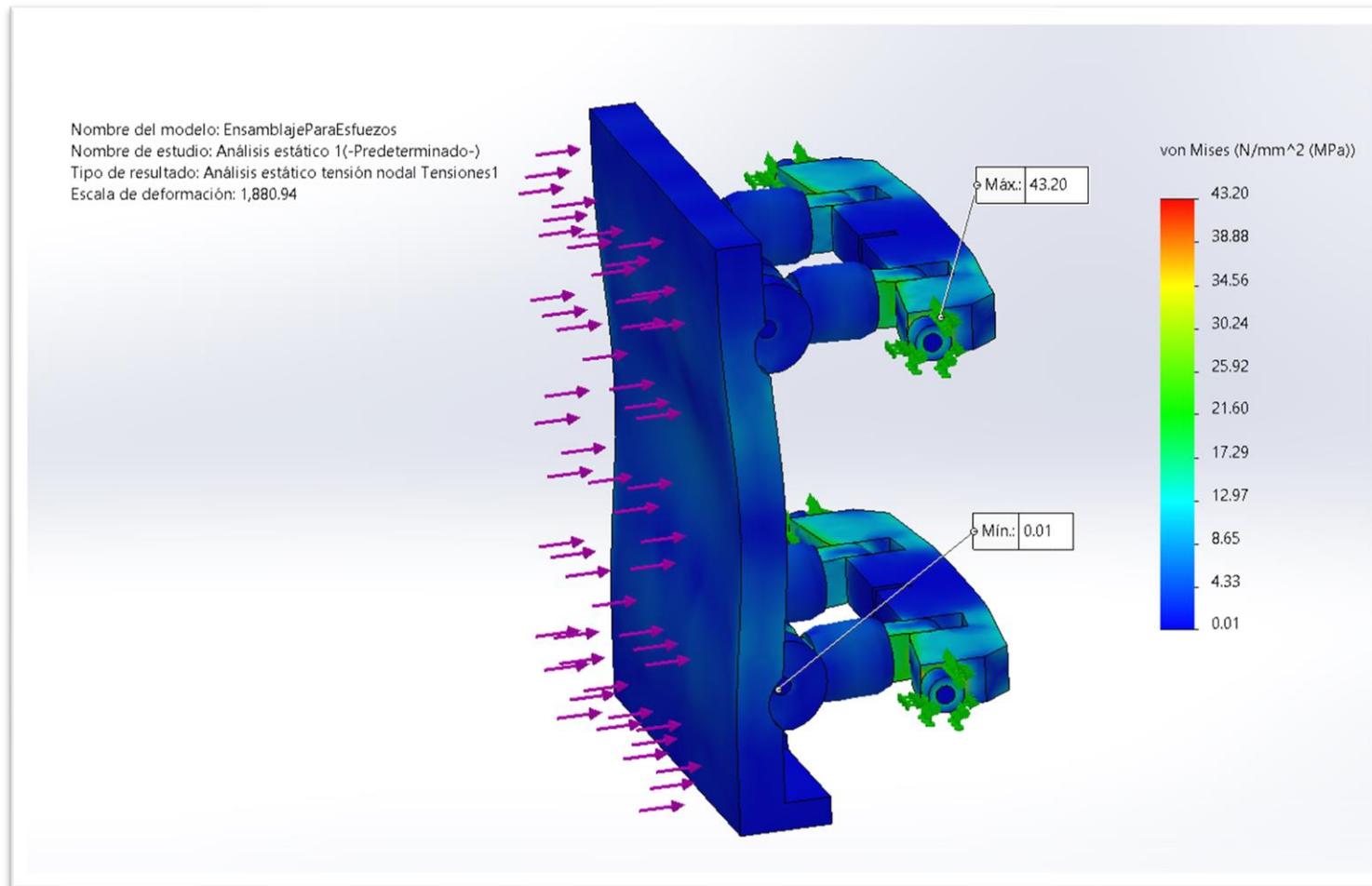
$$F = 917744.592 \text{ kg/m}^2 * \frac{\pi * 170^2}{4}$$

$$F = 917744.592 \text{ kg/m}^2 * 0.0227\text{m}^2$$

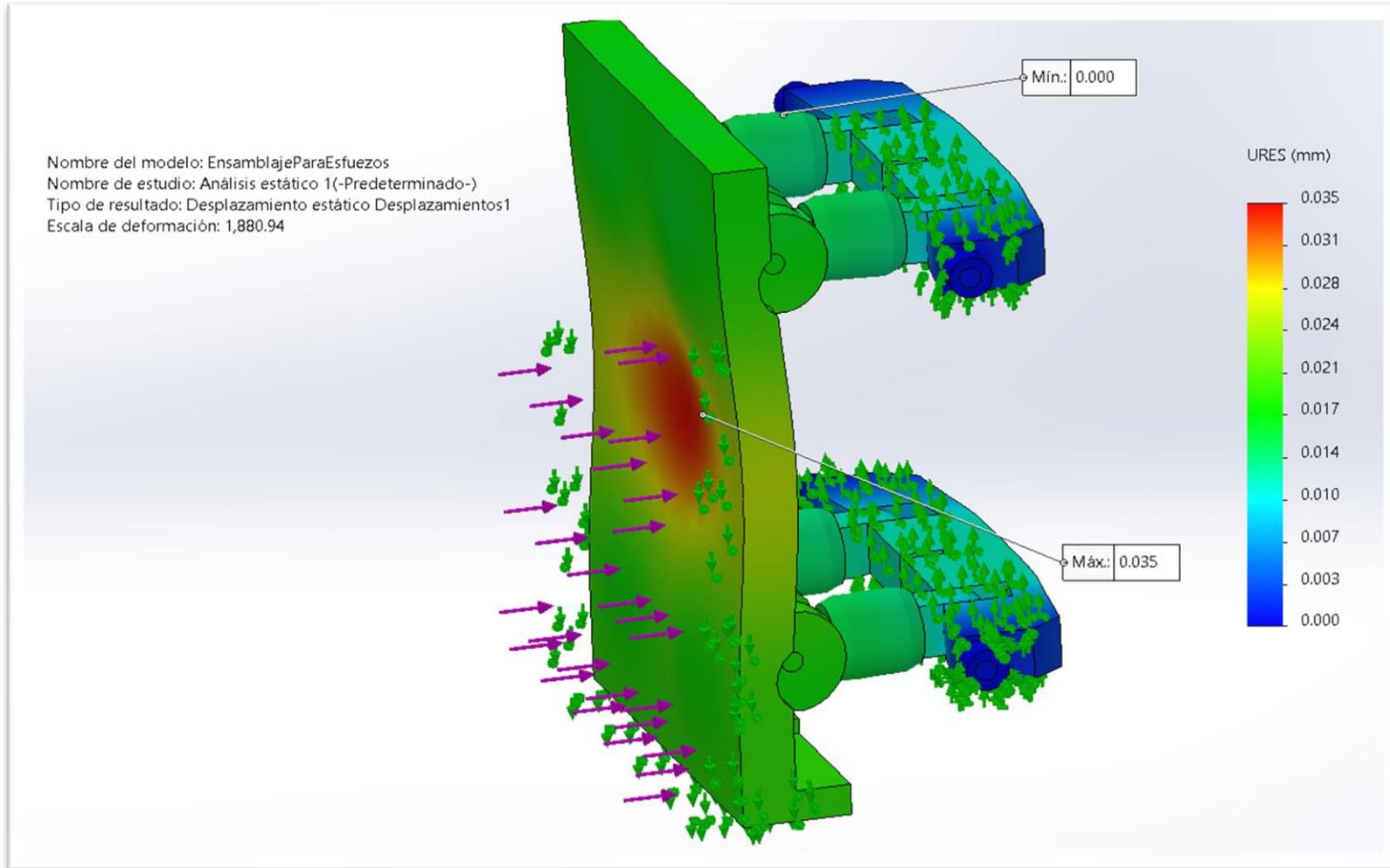
$$F = 20.832802\text{Kg}$$

$$F = 20.832 \text{ Tn}$$

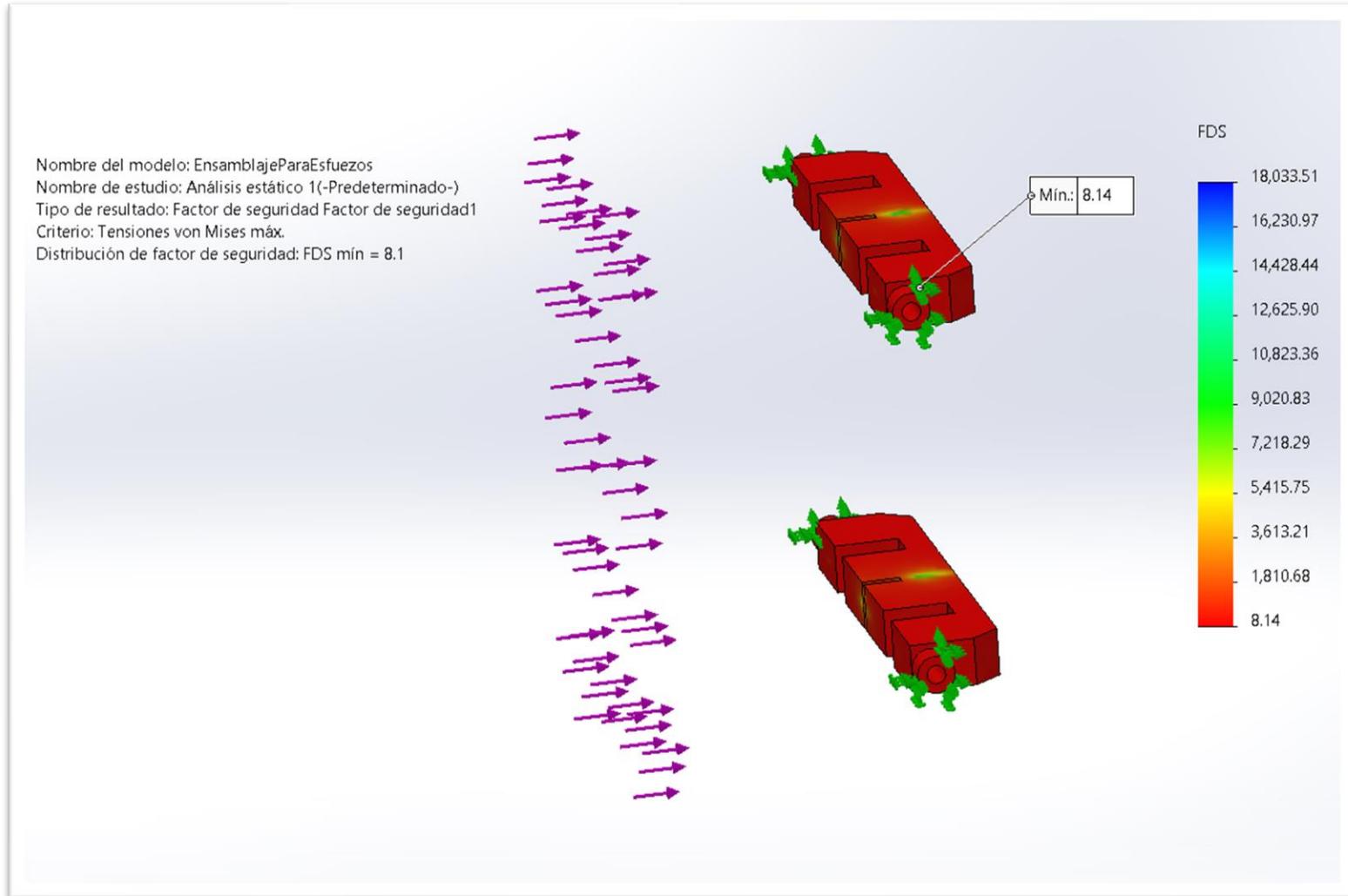
**Figura 12:** *Análisis de Von Mises*



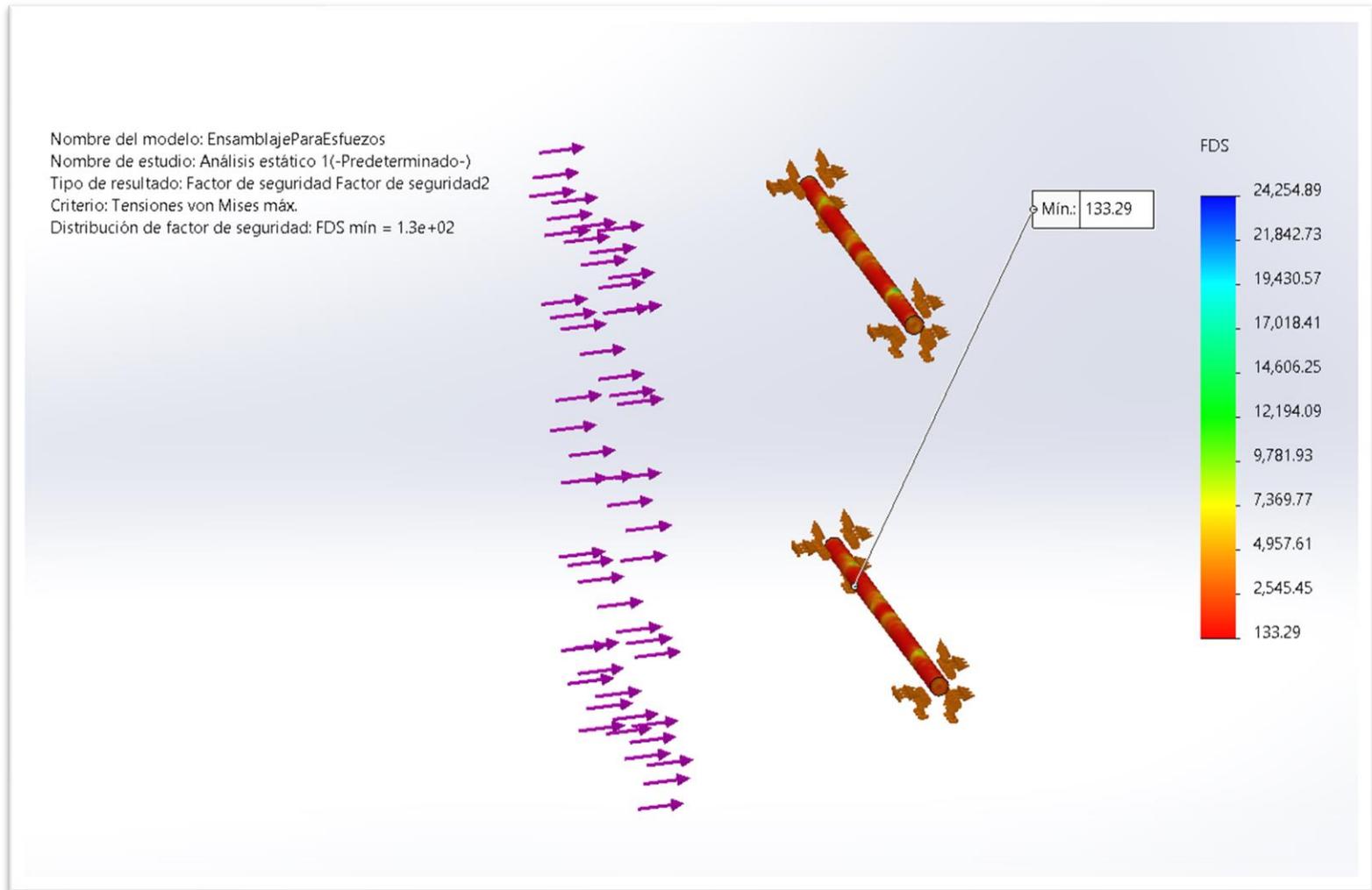
**Figura 13:** *vista de desplazamiento*



**Figura 14:** *factor de seguridad viga porta lateral*



**Figura 15:** factor de seguridad de separador



**Figura 16:** *factor de seguridad templador*

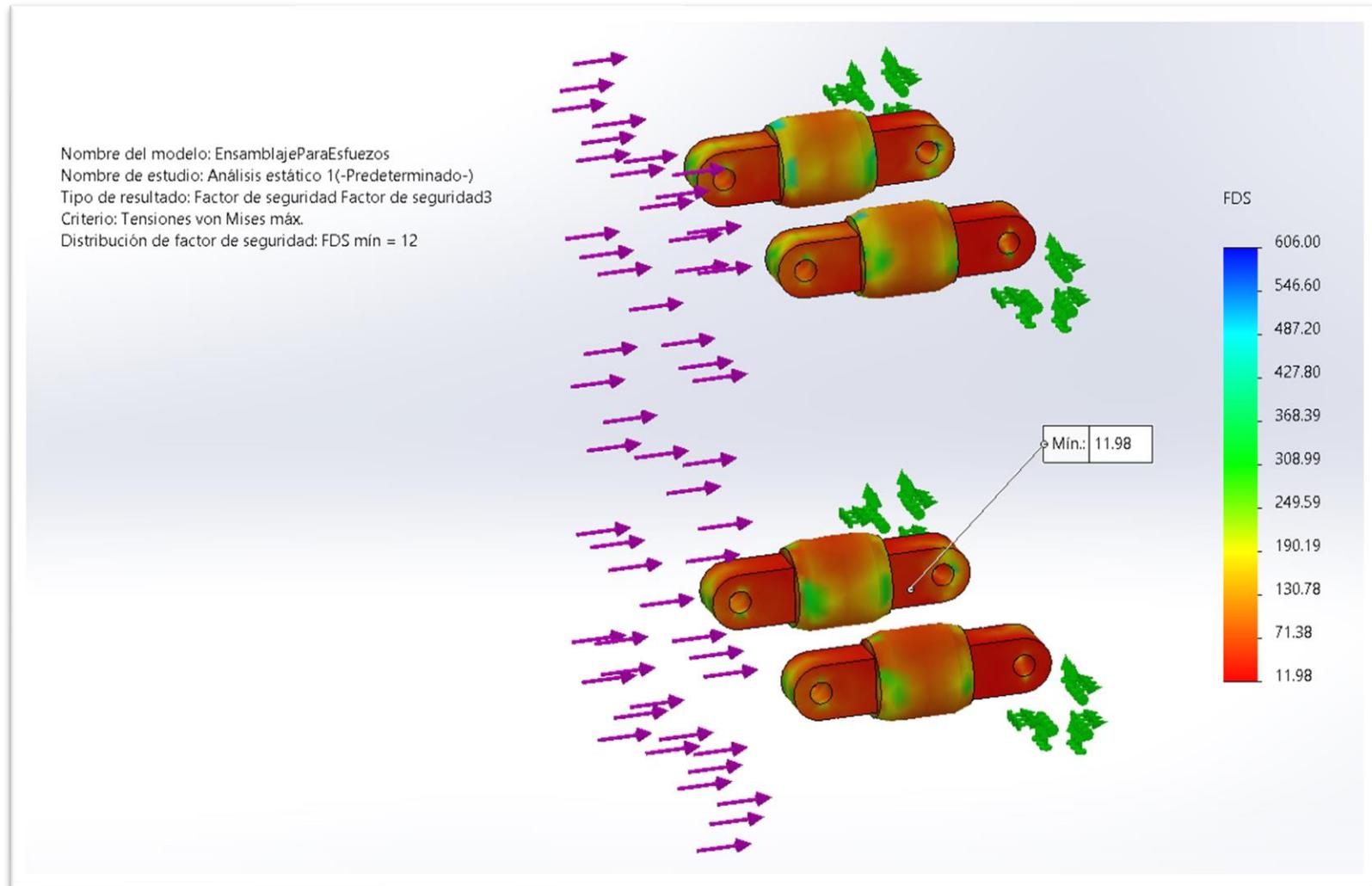
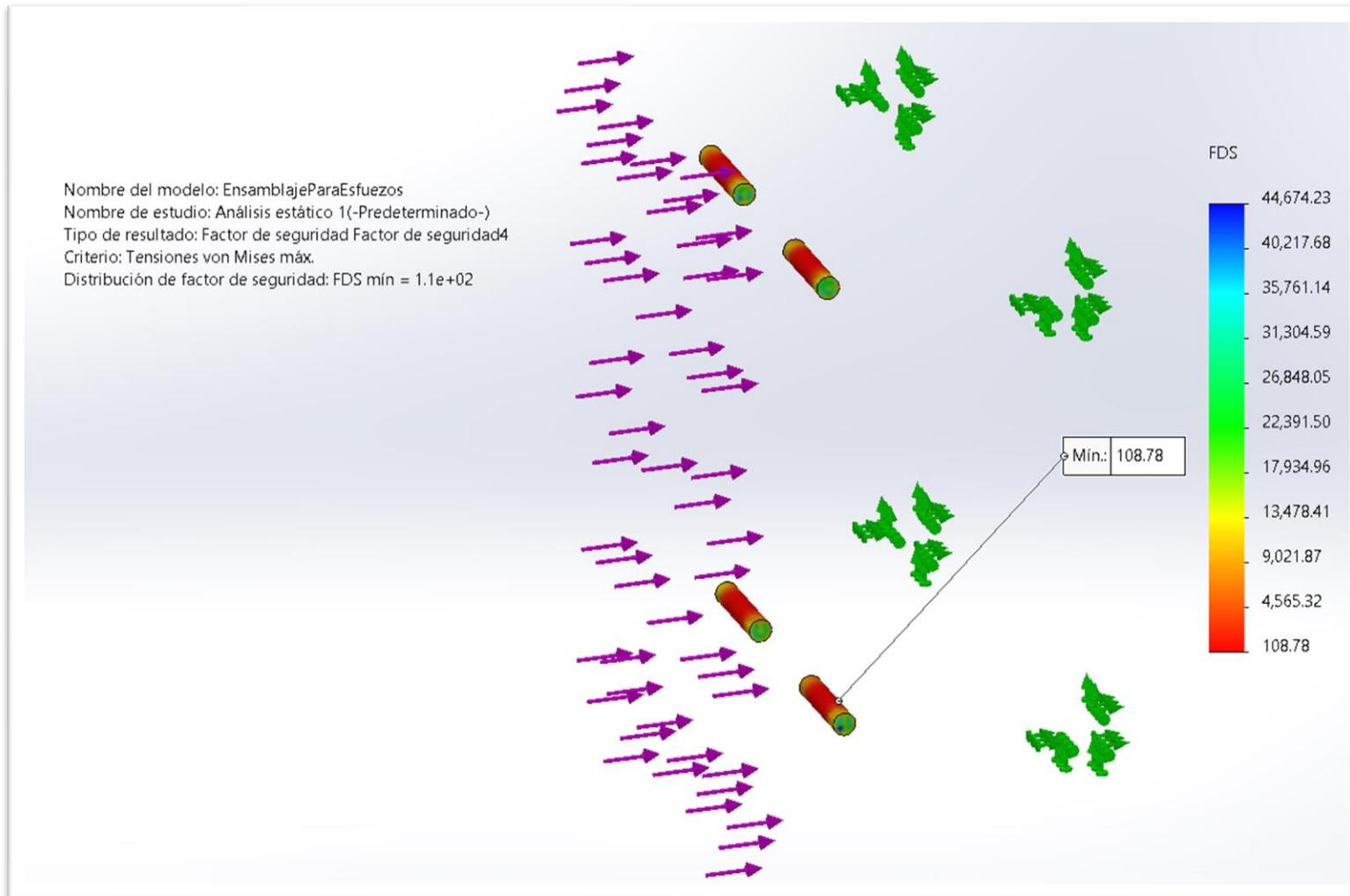


Figura 17: factor de seguridad pines



## ANEXO 9

$$Q = m * C_e * (T_1 - T_2)$$

$Q =$  tasa de transferencia de calor por conduccion(cal)

$m =$  masa de la bota

$C_e =$  calor especifico del material ( $\frac{cal}{g^{\circ}C}$ )

$T_1 =$  temperatura deseada ( $^{\circ}C$ )

$T_2 =$  temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ )

### Datos de la bota de caucho:

$m(\text{masa de la bota de caucho}) = 741.47g$

$$C_e = 0.25 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} = 0.25 \frac{cal}{g^{\circ}C} =$$

$T_1 = 170^{\circ}C$

$T_2 = 23^{\circ}C$

$$Q = 741.47g * 0.25 \frac{cal}{g^{\circ}C} * (170^{\circ}C - 23^{\circ}C)$$

$$Q = 27249 cal$$

Aplicando ley de joule:

$$Q = 0.24I^2Rt$$

$$Q = 0.24W$$

$$W = \frac{Q}{0.24}$$

$$W = \frac{27249 \text{ cal}}{0.24}$$

$$W = 113537.59 \text{ joules}$$

Cálculo de Potencia eléctrica:

$$P = \frac{W}{t}$$

Tiempo elegido = 90 min. (5400s)

$$P_1 = \frac{113537.59 \text{ joule}}{5400s}$$

$$P_1 = 21.03 \text{ watts}$$

**Cálculo de la potencia eléctrica necesaria para las matrices laterales de compactación:**

$$Q = m * C_e * (T_1 - T_2)$$

Datos:

$$m = 74864.83g$$

$$C_e = 0.12 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C} = 0.12 \frac{cal}{g \text{ } ^\circ C} =$$

$$T_1 = 170^\circ C$$

$$T_2 = 23^\circ C$$

$$Q = 74864.83g * 0.12 \frac{cal}{g \text{ } ^\circ C} * (170^\circ C - 23^\circ C)$$

$$Q = 1320615.60 \text{ cal}$$

Aplicando ley de joule:

$$Q = 0.24I^2Rt$$

$$Q = 0.24W$$

$$W = \frac{Q}{0.24}$$

$$W = \frac{1320615.60cal}{0.24}$$

$$W = 5502565 \text{ joules}$$

Cálculo de Potencia eléctrica:

$$P = \frac{W}{t}$$

Tiempo elegido = 90 min. (5400s)

$$P_2 = \frac{5502565 \text{ joule}}{5400s}$$

$$P_2 = 1018.99 \text{ watts}$$

Al ser dos matrices laterales multiplicamos por 2 el resultado obtenido:

$$P = (1018.99 * 2) \text{watts}$$

$$P = 2037.98 \text{ watts}$$

**Cálculo de la potencia eléctrica necesaria para la matriz Planta de compactación:**

$$Q = m * C_e * (T_1 - T_2)$$

Datos:

$$m = 25717.73g$$

$$C_e = 0.12 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C} = 0.12 \frac{cal}{g \text{ } ^\circ C} =$$

$$T_1 = 170^\circ C$$

$$T_2 = 23^\circ C$$

$$Q = 25717.73g * 0.12 \frac{cal}{g \text{ } ^\circ C} * (170^\circ C - 23^\circ C)$$

$$Q = 453660.76 \text{ cal}$$

Aplicando ley de joule:

$$Q = 0.24I^2Rt$$

$$Q = 0.24W$$

$$W = \frac{Q}{0.24}$$

$$W = \frac{453660.76cal}{0.24}$$

$$W = 1890253.16 \text{ joules}$$

Cálculo de Potencia eléctrica:

$$P = \frac{W}{t}$$

Tiempo elegido = 90 min. (5400s)

$$P_3 = \frac{1890253.16 \text{ joule}}{5400s}$$

$$P_3 = 350.05 \text{ watts}$$

**La potencia total de todo el sistema de termoformado seria:**

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_{total} = 21.03 + 2037.98 + 350.05$$

$$P_{total} = 2409.06 \text{ watts}$$

**Considerando perdidas a causa de efectos de radiación, conducción, convección y de factores de eficiencia, se consideró un factor de seguridad de 3:**

$$P_{total} = (\text{potencia})(\text{factor de seguridad})$$

$$P_{total} = (2409.06 \text{ watts})(3)$$

$$P_{total} = 7227.18 \text{ watts}$$

Cálculo de sección de cables para alimentar las resistencias:

Resistencias matrices laterales

$$P_2 = 2738.05 \text{ watts}$$

$$V = 380 \text{ voltios}$$

$$\cos\phi = 0.9$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi}$$

$$I = \frac{2738.05 \text{ watts}}{592.36}$$

$$I = 4.6$$

Luego:

$$I_n = 4.62 * 1.25 \text{ amperios}$$

$$I_n = 5.78 \text{ amperios}$$

## ANEXO 10:

Figura 18: *Análisis térmico sin aislante en SolidWorks*

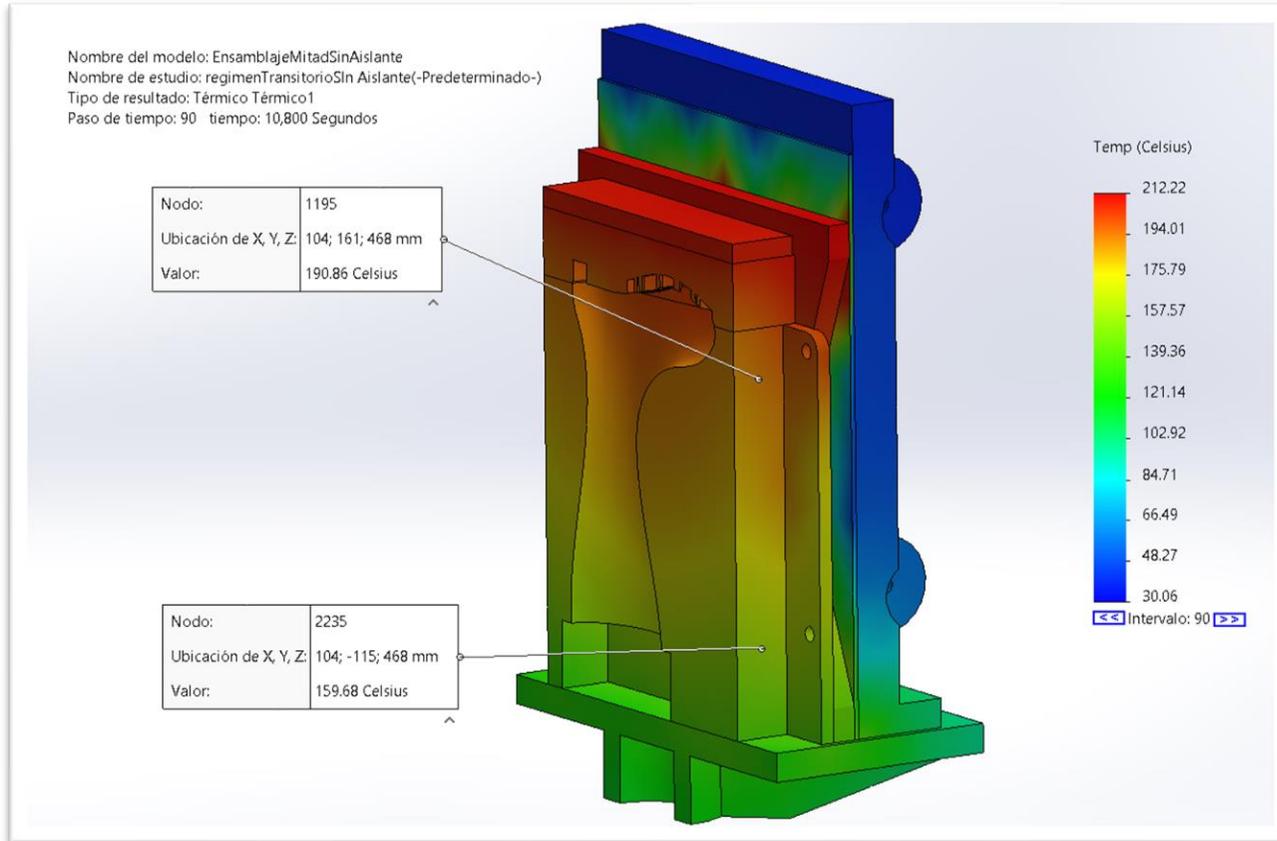
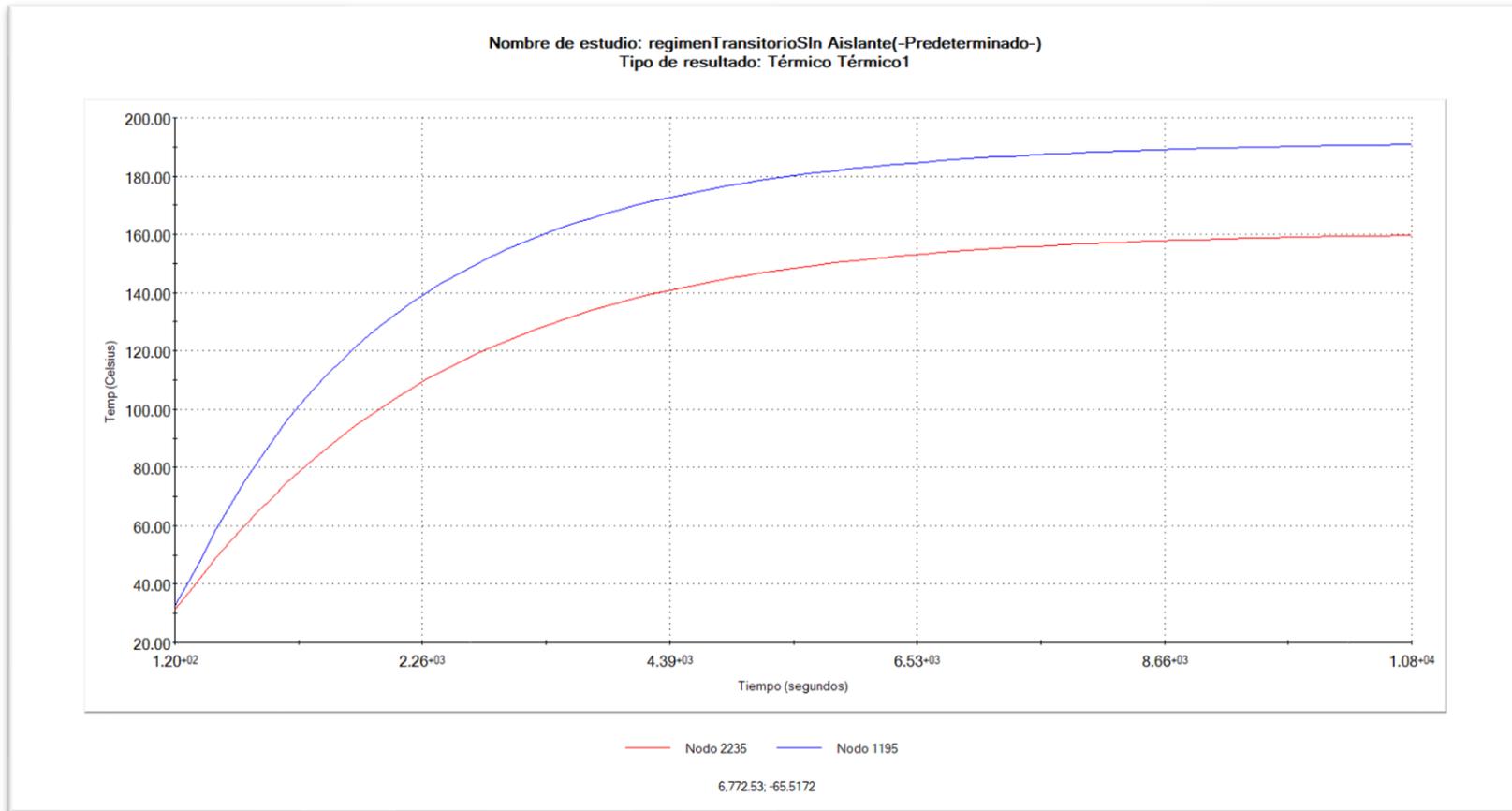


Figura 19: Grafico de los sensores de tiempo con respecto a la temperatura.



## Tableros de fibra cerámica

Los tableros de fibra cerámica están compuestos por microfibras cerámicas rígidas diseñados especialmente para aplicaciones en condiciones que se requieran un alto grado de aislamiento térmico y una gran resistencia mecánica. (**Morgan Advanced Materials**, 2018) (**Anexo: 7**)

### Aislante térmico WDS Ultra Board.

WDS Ultra Board es un aislamiento microporoso ligero con una matriz mineral diseñada para aplicaciones de hasta 950°C donde la alta resistencia a la compresión asociada a la baja densidad es principal criterio de selección. Este producto cuenta con buenas propiedades de manejo, bajo eficiente de conductividad térmica que le dan un muy buen aislamiento. (**Anexo 8**)

### Aislante térmico de Amianto o asbesto

El amianto es un aislante térmico a base de metasilicatos de hierro, aluminio y magnesio cuya presentación es en forma de fibras. Él es conocido por sus propiedades como aislante térmico, también por su resistencia mecánica, químicas, por su propiedad ignífugas y su bajo coste, lo que puede explicar sus numerosas aplicaciones en la industria.

Figura 20: Análisis térmico con aislante(asbesto) en SolidWorks

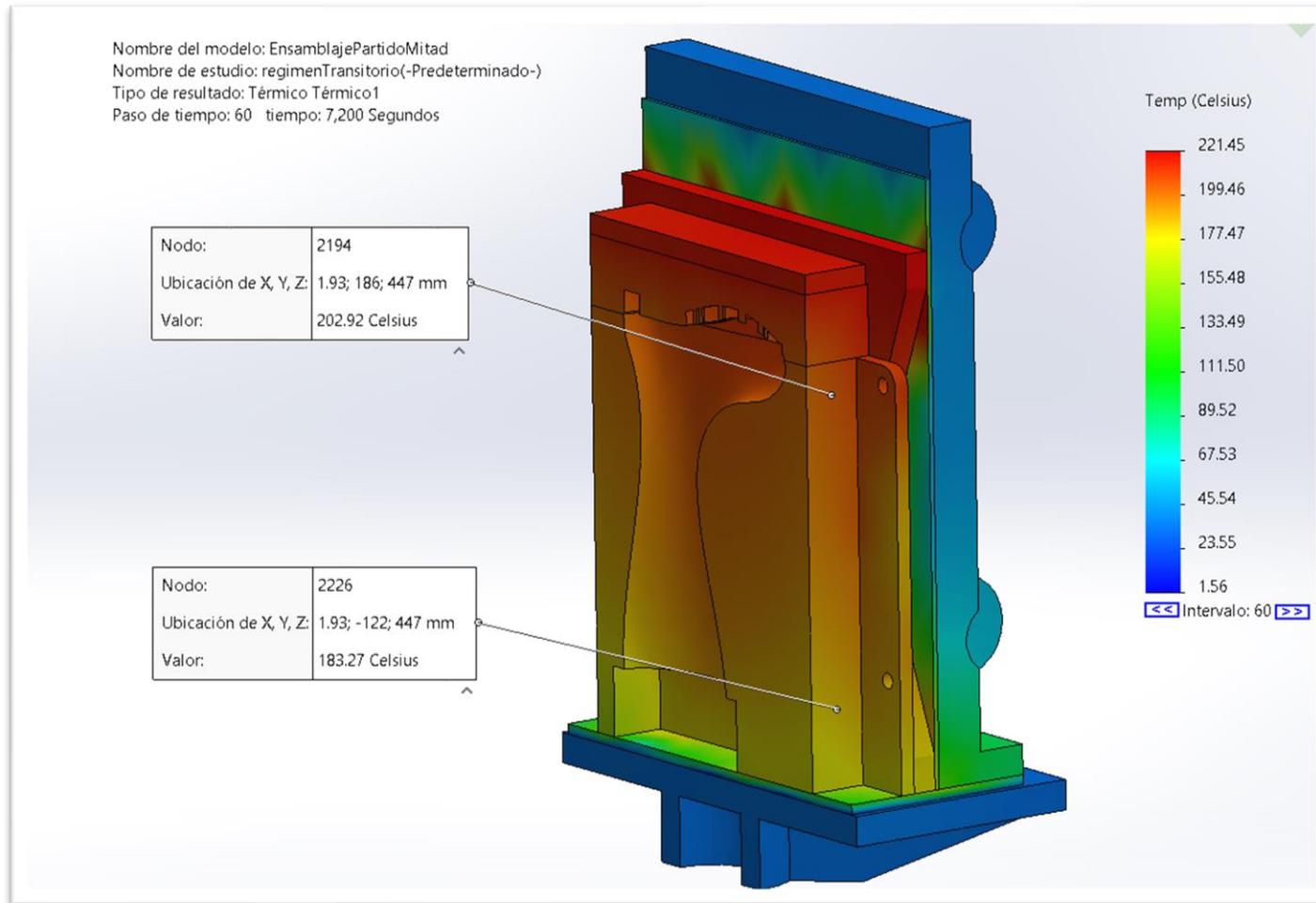
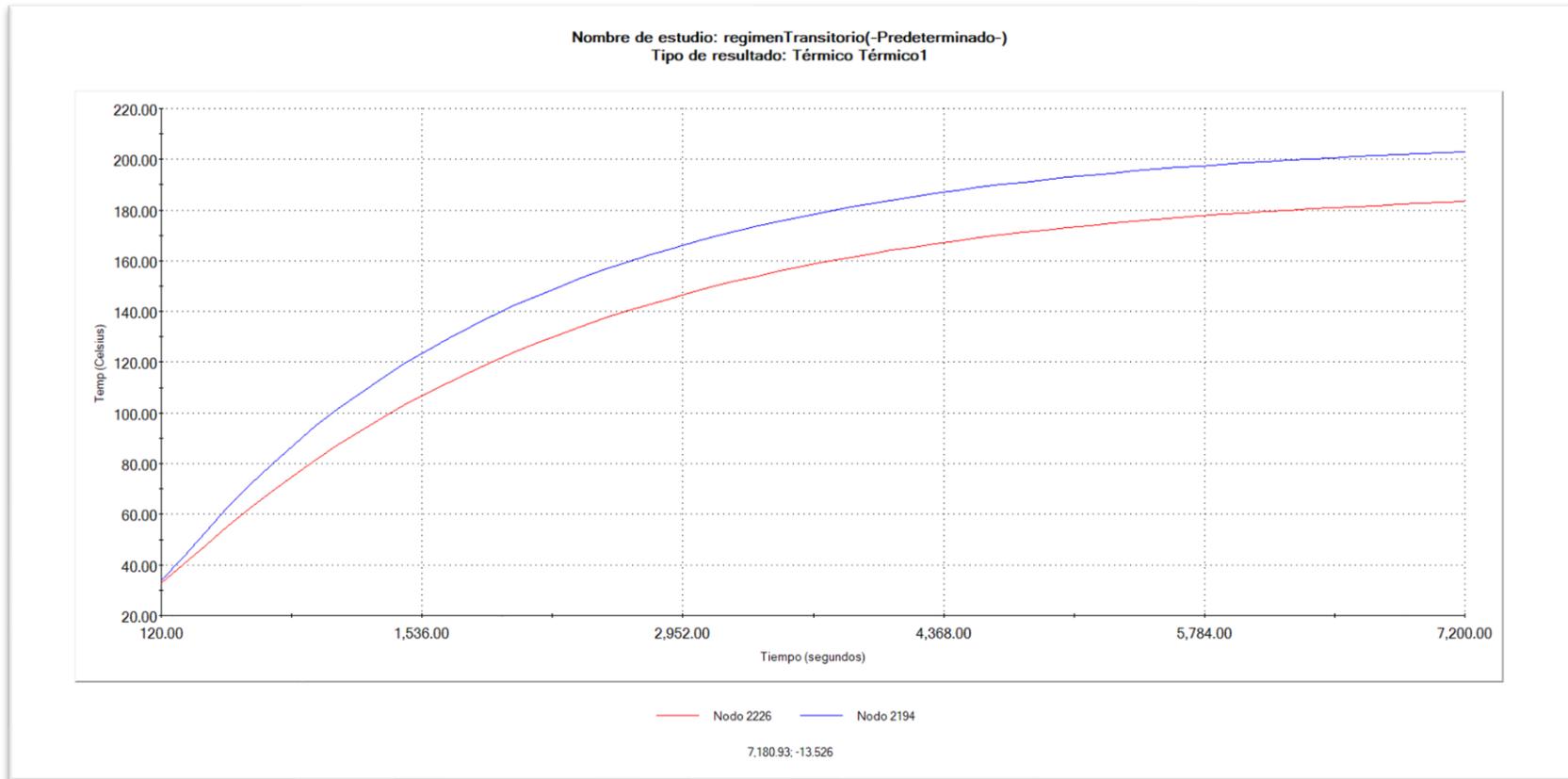


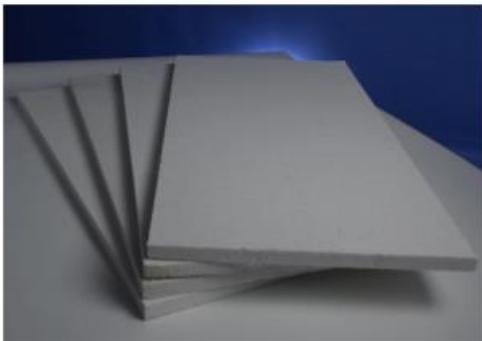
Figura 21: Grafico de los sensores de tiempo con respecto a la temperatura.



## Anexo 11: ficha técnica de materiales aislantes

### CERAMIC FIBRE BOARDS

Murugappa Morgan Thermal Ceramics Ltd., Associate company of Murugappa Group



**TYPE:** Rigid board based on refractory fibres

#### Classification temperature:

STD Board	: 1260 ° C
AZS Board	: 1400 ° C
S Board	: 1260 ° C
E Board	: 1100 ° C
Baffle Board	: 1260 ° C & 1400° C

#### DESCRIPTION

Ceramic fibre boards are rigid self supporting insulating product manufactured from Refractory fibres. Ceramic fibre boards are designed for use in application conditions requiring superior insulating properties combined with high rigidity and mechanical strength

#### AVAILABILITY

Standard sizes:

- 500 mm width X 1000 mm length
- 1000 mm width X 1000 mm length
- 1000 mm width X 1200 mm length

#### FEATURES

- Excellent insulating performance
- Excellent thermal stability
- Low heat storage
- Resistance to thermal shock
- Good machinability

#### APPLICATIONS

- Back up insulation in refractory construction
- High temperature ceramic kiln & cars
- Hot face lining material in furnace building
- Back up insulation in steel ladles
- Back up insulation in Glass melting furnace
- Molten aluminium handling applications

## CERAMIC FIBRE BOARDS

Murugappa Morgan Thermal Ceramics Ltd., Associate company of Murugappa Group

### MAIN PROPERTIES

Physical Properties	STD Board	AZS Board	S Board	E Board	Baffle Board	
Classification temperature ° C	1260	1400	1260	1100	1260	1400
<b>Chemical composition (%) (IS:12107 / XRF)</b>						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	> 40	> 29	> 44	> 30	> 40	> 29
SiO <sub>2</sub>	< 60	< 55	< 56	< 60	< 60	< 55
ZrO <sub>2</sub>	-	> 10	-	< 19.5	-	> 10
Loss on ignition %	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Density (Nominal) kg/m <sup>3</sup>	240	240	330	240	250-325	250-325
Modulus of Rupture (Kpa) up to 25 mm thick	500	500	1000	200	400	400
Modulus of Rupture (Kpa) Above 25 mm thick	200	200	700	125	150	150
Linear shrinkage % - 24 hrs (Max) (ENV 1094-7)	4.0 (1200°C)	4.0 (1350°C)	4.0 (1200°C)	3.5 (1100°C)	4.0 (1200°C)	4.0 (1350°C)
Thermal conductivity (w/mk) 600°C (Mean temperature) (ASTM C 201)	0.11	0.11	0.13	-	0.11	0.11
Thickness (mm)						
5	✓	✓	✓	-	-	-
10	✓	✓	✓	✓	-	-
12	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓	✓	✓	✓
40	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60	✓	✓	✓	✓	✓	✓
75	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100	✓	✓	-	✓	✓	✓
125	✓	✓	-	-	-	-
150	✓	✓	-	-	-	-

**All above boards are subjected to standard tolerances. The values given herein are typical values obtained in accordance with accepted test methods and subject to normal manufacturing variations. They are supplied as a technical service and are subject to change without notice. Therefore, the data contained herein should not be used for specification purposes.**



## WDS<sup>®</sup> Ultra<sup>™</sup> Board

### Product Data Sheet

#### Product Description

WDS Ultra Board is a light weight microporous insulation with an engineered mineral matrix designed for applications up to 950°C (1742°F) where high compressive strength associated to low density is the main selection criteria.

Like any other microporous insulation of our industrial range produced with our exclusive WDS Technology process, WDS Ultra Board features extremely good handling properties, low thermal conductivity coefficient giving it very good insulating properties in limited thickness allowing to design equipment where high energy efficiency, space optimization and reduction of weight are premium factors to be considered

#### Features

- Best-in-class for highest compressive resistance it provides within its nominal density.
- Not affected by thermal shock
- Improved product mineral matrix core features minimal dust release and very good handling and machining abilities
- Improved temperature resistance
- Homogeneity throughout the entire surface and thickness of the board leading to consistency in performances per square area of material installed

#### Benefits

- Dimensionally stable over time up to maximum continuous use temperature
- Easy to cut and with proven installation techniques
- Freedom in engineering at the design stage
- Increases effective volume inner capacity or reduces encumbrance in equipment and apparels of any kind.
- Largest product dimensions available
- Very low weight lining system can be foreseen due to the extremely favorable product density / thickness ratio
- Environmentally friendly

#### Applications

- Metal production
- Petrochemical process units
- Energy storage
- Fuel Cells
- Glass making
- Ceramic kilns
- Cement kilns
- Power Generation
- Incineration

#### Environmental and Health Safety

WDS Ultra Board does not contain any hazardous or decomposition substance according to the EU Directive 2006/1907/EEC and IARC. The fibers or filaments used as reinforcement of the mineral core are also exonerated from any classification as defined by the WHO (World Health Organization) and EU Directive 97/69/EC.

#### Resistance to Moisture and Water

WDS Ultra Board has a porous surface therefore it is sensitive to all liquids that can wet it; this includes substances such as water, oil and petroleum spirit, since they can densify the pore structure which would in turn affect the insulation properties. Non condensed moisture, on the contrary, does not affect the product.

Sensitivity to liquids of WDS Ultra Board can be fully eliminated by using a surface treatment such as temperature resistant aluminum foil or shrink-wrapped

# WDS<sup>®</sup> Ultra Board

## Product Data Sheet



Properties	WDS Ultra Board
Classification Temperature, °C (°F)	950 (1742)
Density, kg/m <sup>3</sup> (pcf), nominal	230 (14.4)
Cold Compression Strength, MPa (psi), ASTM C 165	>0.28 (>40.6)
Linear Shrinkage, %, ASTM C 365	
Full soak, 950°C (1742°F), 12 hours	<2.0
<b>Chemical Analysis, % weight basis after firing</b>	
Silica, SiO <sub>2</sub>	75-85
Silicon Carbide, SiC	12-20
Others	3-10
Loss of Ignition, Dry condition	<1.5
<b>Thermal Conductivity, W/m·K (BTU·in/hr·ft<sup>2</sup>·°F), ASTM C 201</b>	
200°C (392°F)	0.022 (0.154)
400°C (752°F)	0.027 (0.187)
600°C (1112°F)	0.034 (0.236)
800°C (1472°F)	0.044 (0.305)

### Shelf Life

- WDS Ultra Plus Board has unlimited shelf life if it stored properly
- WDS Ultra Plus Board must be handled and stored in dry conditions
- WDS Ultra Plus Board is resistant to diffusion by atmospheric humidity (water vapor) proving condensation is avoided

### Standard Dimensions and Availability

Dimensions, mm (in)	Thickness, mm (in)
1000 x 650 (39 x 24.41)	10, 12, 15, 17, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50
1320 x 1000 (47.24 x 39.27)	(0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1, 1.18, 1.37, 1.57, 1.77, 2)

Whilst the values and application information in this datasheet are typical, they are given for guidance only. The values and the information given are subject to normal manufacturing variation and may be subject to change without notice. Morgan Advanced Materials – Thermal Ceramics makes no warranties and gives no guarantee about the suitability of a product and you should seek advice to confirm the