



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
TERMOFIJADORA PARA ENTRETELAS STRETCH FUSIONABLES
EN TRAJES DE VESTIR APLICANDO UN SISTEMA DE CONTROL
DE TEMPERATURA Y TIEMPO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE
TEXTILES”**

**TARQUINO MARIANO IZA PULLUTASIG
SANTIAGO RODRIGO VELASTEGUÍ ERAZO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

- 1 -

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Mayo 16 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

TARQUINO MARIANO IZA PULLUTASIG

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TERMOFIJADOR APARA
ENTRETELAS STRETCH FUSIONABLES EN TRAJES DE VESTIR
APLICANDO UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y TIEMPO
PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TEXTILES”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

ING. GEOVANNY NOVILLO A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

ING. JORGE LEMA M.
DIRECTOR DE TESIS

ING. WASHINGTON RUALES P.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Mayo 16 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

SANTIAGO RODRIGO VELASTEGUÍ ERAZO

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TERMOFIJADOR APARA
ENTRETELAS STRETCH FUSIONABLES EN TRAJES DE VESTIR
APLICANDO UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y TIEMPO
PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TEXTILES”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

ING. GEOVANNY NOVILLO A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

ING. JORGE LEMA M.
DIRECTOR DE TESIS

ING. WASHINGTON RUALES P.
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TARQUINO MARIANO IZA PULLUTASIG

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TERMOFIJADOR APARA ENTRETRELAS STRETCH FUSIONABLES EN TRAJES DE VESTIR APLICANDO UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y TIEMPO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TEXTILES”

Fecha de Examinación: Mayo 16 del 2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. MARCO SANTILLÁN G. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
ING. JORGE LEMA M. (DIRECTOR DE TESIS)			
ING. WASHINGTON RUALES P. (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

ING. MARCO SANTILLÁN G.
Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SANTIAGO RODRIGO VELASTEGUÍ ERAZO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TERMOFIJADOR APARA ENTRETRELAS STRETCH FUSIONABLES EN TRAJES DE VESTIR APLICANDO UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y TIEMPO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TEXTILES”

Fecha de Examinación: Mayo 16 del 2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. MARCO SANTILLÁN G. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
ING. JORGE LEMA M. (DIRECTOR DE TESIS)			
ING. WASHINGTON RUALES P. (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

ING. MARCO SANTILLÁN G.
Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Tarquino Mariano Iza Pullutasig

f) Santiago Rodrigo Velasteguí Erazo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres gracias al esfuerzo de ellos durante todo el tiempo de mi vida estudiantil que me supieron guiar, comprender y apoyar durante todo el trayecto de mi vida y seguro que lo seguirán haciendo gracias por su amor, gratitud y comprensión ha hecho que se cumpla uno de mis objetivos es justo reconocimiento.

A mis profesores, amigos con los mejores deseos de bienestar y triunfo.

Tarquino Iza

Dios Por darme la vida, y permitirme alcanzar esta meta, a mi madre Bélgica Lucia Erazo Erazo, por su amor, comprensión y enseñanzas, mis hermanos Orlando, Ítalo, Mónica, Tania. También a mis amigos quienes siempre estuvieron en los buenos y malos momentos. A todos por darme fuerzas en tiempos difíciles y alegrías el resto del tiempo

Santiago Velasteguí

AGRADECIMIENTO

A Dios que nos dio la vida, a mis queridos padres y hermanos ya que con su esfuerzo, trabajo y comprensión me apoyaron en los momentos difíciles durante toda mi carrera.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Tarquino Iza

A mi madre por sus consejos, apoyo, amor y comprensión, los cuales son la base fundamental de los emprendimientos en mi vida, a mis hermanos por su cariño y palabras de aliento.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Santiago Velasteguí

CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES.....	- 3 -
1.1 Antecedentes	- 3 -
1.2 Justificación técnico-económica	- 4 -
1.3 Objetivos	- 4 -
1.3.1 <i>Objetivo general..</i>	- 4 -
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>.....	- 4 -
2. INTRODUCCIÓN	- 5 -
2.1 Situación problema.....	- 6 -
2.2 Metodología de la investigación	- 6 -
2.3 Marco teórico	- 7 -
2.3.1 <i>Termofijado</i>.....	- 7 -
2.4 Tipos de entretelas.....	- 9 -
2.5 Proceso de termofijado.....	- 10 -
2.5.1 <i>Método de fusión</i>	- 10 -
2.5.2 <i>Componentes de termofijado</i>	- 10 -
2.5.3 <i>Ajuste y control del termofijado</i>	- 10 -
2.6 Ventajas de la termofijación.....	- 10 -
2.7 El método de fusión	- 10 -
2.8 Condiciones de termofijado de las entretelas.....	- 10 -
2.8.1 <i>Temperatura de termofijado</i>..	- 11 -
2.8.2 <i>Tiempo de termofijado</i>.....	- 11 -
2.8.3 <i>Presión de termofijado</i>.....	- 12 -
2.8.4 <i>Enfriamiento</i>.....	- 12 -
2.9 Estudio y selección de la mejor alternativa	- 12 -
2.9.1 <i>Metodología de diseño</i>.....	- 13 -

2.9.2	<i>Estructura de funciones</i>	- 16 -
2.9.3	Entradas.....	- 16 -
2.9.4	Salidas.	- 16 -
2.10	Aplicaciones de los sistemas técnicos y sus limitaciones	- 16 -
2.11	Matriz morfológica.....	- 19 -
2.12	Termofijadora plana de tijera (Opción 1).....	- 19 -
2.13	Termofijadora de bandeja deslizante (Opción 2)	- 21 -
2.14	Termofijadora automática (opción 3).....	- 23 -
2.15	Evaluación técnico–económico.....	- 25 -
2.16	Selección de la mejor alternativa	- 27 -
2.17	Descripción de la máquina termofijadora seleccionada.....	- 28 -
2.18	Grados de libertad de la alternativa seleccionada	- 29 -
2.19	Funcionamiento de la alternativa seleccionada.....	- 30 -
3.	DISEÑO TÉRMICO	- 32 -
3.1	Diseño del sistema calefactor para el termofijado.	- 32 -
3.2	Características principales de la placa de aluminio.....	- 32 -
3.2.2	<i>Mecánicas</i>	- 32 -
3.3	Diseño térmico de la placa calefactora.....	- 33 -
3.3.1	<i>Análisis en estado transitorio</i>	- 34 -
3.3.2	<i>Análisis en estado estable.</i>	- 43 -
4.	DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS	- 51 -
4.1	Diseño mecánico	- 51 -
4.1.1	<i>Brazo articulado</i>	- 51 -
4.1.2	<i>Brazo palanca</i>	- 58 -
4.1.3	<i>Eslabón</i>	- 63 -
4.1.4	<i>Placa de articulación</i>	- 68 -
4.1.5	<i>Estructura</i>	- 73 -

4.2	Análisis de posición, velocidad y aceleración de la alternativa seleccionada.....	- 78 -
4.2.1	<i>Posición</i>	- 79 -
4.2.2	<i>Velocidad</i>	- 79 -
4.2.3	<i>Aceleración</i>	- 80 -
5.	SISTEMAS DE CONTROL	- 81 -
5.1	Conceptos generales de sistemas de control	- 81 -
5.2	Acciones de control.....	- 82 -
5.3	Métodos clásicos de ajuste de Ziegler y Nichols	- 84 -
6.	CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO	- 88 -
6.1	Máquinas herramientas y equipo utilizado.....	- 88 -
6.2	Descripción del proceso de construcción.....	- 88 -
6.3	Operaciones tecnológicas de la construcción.....	- 90 -
6.4	Cartograma sinóptico de la construcción	- 93 -
7.	EXPERIMENTACIÓN.....	- 95 -
7.1	Pruebas	- 95 -
7.2	Calor perdido por convección	- 107 -
7.3	Análisis de termofijado en textiles antes del diseño de la máquina	- 108 -
7.4	Análisis de termofijado en textiles luego del diseño de la máquina	- 108 -
8.	COSTOS	- 109 -
8.1	Costos directos	- 109 -
8.2	Costos indirectos.....	- 112 -
8.3	Costos totales	- 113 -
8.4	Análisis de costos por operación y mantenimiento.....	- 113 -
8.5	Salvamento de la máquina termofijadora.....	- 114 -
8.6	Depreciación de la máquina.....	- 114 -
8.7	Viabilidad del proyecto.....	- 115 -

9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 121 -
9.1	Conclusiones	- 121 -
9.3	Recomendaciones	- 122 -

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Propiedades de los diferentes tipos de resina.....	7
2	Propiedades de los diferentes tipos de entretelas.....	9
3	Condiciones del fabricante para el termofijado de entretelas	11
4	Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones	21
5	Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones	23
6	Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones	25
7	Evaluación económica.....	26
8	Evaluación técnica.....	26
9	Diferentes sistemas constitutivos de la máquina seleccionada	30
10	Iteración de los diferentes tiempos.....	44
11	Iteración de los diferentes tiempos.....	49
12	Asignación individual de propiedades al elemento.....	53
13	Propiedades generales del elemento.....	54
14	Propiedades del elemento.....	64
15	Propiedades de los elementos.....	69
16	Asignación de propiedades.....	74
17	Parámetros de ajuste de acuerdo al método de oscilación....	85
18	Parámetros de ajuste de acuerdo al método de curva de reaccion	87
19	Equipos utilizados en la construcción.....	88
20	Partes constitutivas de la máquina.....	90
21	Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción de la máquina termofijadora.....	93
22	Tiempo vs Temperatura con los valores de PID=0 (ON/OFF) y set point=180.....	95
23	Valores de PID obtenidos por el método de Ziegler y Nichols	97
24	Tiempo vs temperatura con los valores de P=10, I=4, D=1 y set point=180.....	98
25	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de casimir antes del diseño de la máquina.....	101

26	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de casimir después del diseño de la máquina.....	101
27	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de paño antes del diseño de la máquina.....	102
28	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de paño después del diseño de la máquina.....	102
29	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de gabardina antes del diseño de la máquina.....	103
30	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de gabardina después del diseño de la máquina.....	103
31	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de pana antes del diseño de la máquina.....	104
32	Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de pana después del diseño de la máquina.....	104
33	Temperaturas en la placa.....	105
34	Costo por prenda termofijada con la máquina actual.....	107
35	Costo de los materiales y accesorios mecánicos.....	110
36	Costos del sistema térmico y eléctrico.....	111
37	Costos por maquinaria y equipos utilizados.....	112
38	Costos por mano de obra.....	112
39	Costos por transporte.....	113
40	Valor total costos directos.....	113
41	Costo total indirecto.....	113
42	Consumo eléctrico.....	114
43	Depreciación anual.....	116
44	Producción de entretelas.....	117
45	Mano de obra por día.....	117
46	Costo por transporte.....	117
47	Flujo de caja.....	117
48	Interés compuesto.....	118
49	Tabla punto de equilibrio.....	119

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Muestra de entretelas termofijadas.....	7
2	Abstracción de caja negra.....	15
3	Termofijadora plana de tijera.....	20
4	Termofijadora de bandeja deslizante.....	22
5	Prensa térmica automática.....	24
6	Evaluación de propuestas.....	27
7	Identificación de las partes de la máquina.....	29
8	Forma detallada de la placa calefactora.....	33
9	Placa calefactora.....	34
10	Plancha de aluminio.....	35
11	Dimensiones de la placa.....	36
12	Resolución de la ecuación 12 mediante software.....	43
13	Análisis estado transitorio.....	44
14	Resolución de la ecuación 19 mediante software.....	49
15	Análisis estado estable.....	51
16	Conexión de las resistencias en paralelo.....	51
17	Ubicación de brazo articulado.....	52
18	Brazo articulado.....	52
19	Asignación de propiedades.....	52
20	Mallado del elemento.....	54
21	Representación de las tensiones de Von Mises.....	55
22	Representación gráfica de los desplazamientos.....	56
23	Obtención del factor de seguridad.....	57
24	Ubicación de brazo palanca.....	58
25	Brazo palanca.....	58
26	Asignación de propiedades.....	59
27	Mallado del elemento.....	59
28	Representación de las tensiones de Von Mises.....	60
29	Representación de los desplazamientos.....	61
30	Obtención del factor de seguridad.....	62

31	Ubicación del eslabón.....	63
32	Eslabón.....	63
33	Asignación de propiedades.....	64
34	Mallado del elemento.....	64
35	Representación de las tensiones de Von Mises.....	65
36	Representación de los desplazamientos.....	66
37	Obtención del factor de seguridad.....	67
38	Ubicación de la placa de articulación.....	68
39	Placa de articulación.....	68
40	Asignación de propiedades.....	69
41	Mallado del elemento.....	69
42	Representación de las tensiones de Von Mises.....	70
43	Representación de los desplazamientos.....	71
44	Obtención del factor de seguridad.....	72
45	Ubicación de la estructura.....	73
46	Estructura.....	73
47	Asignación de propiedades.....	74
48	Mallado del elemento.....	74
49	Representación de las tensiones de Von Mises.....	75
50	Representación de los desplazamientos.....	76
51	Obtención del factor de seguridad.....	77
52	Esquema dinámico de la máquina.....	78
53	Cálculo de posición.....	79
54	Cálculo de velocidad.....	79
55	Cálculo de aceleración.....	80
56	Diagrama de bloques de sistema con controlador.....	81
57	Lazo cerrado solo con ganancia proporcional.....	85
58	Respuesta de una planta ante la aplicación de señal escalón	87
59	Inercia térmica.....	96
60	Gráfica de datos tomados con un control de temperatura ON/OFF.....	97
61	Curva corregida la inercia térmica.....	99

62	Máquina sin teflón.....	99
63	Colocación de las entretelas en la máquina diseñada.....	100
64	Prensado de las entretelas.....	100
65	Comportamiento de temperatura en las columnas 1 y 2 de la tabla 32.....	105
66	Comportamiento de temperatura en las columnas 3 y 4 de la tabla 32.....	106
67	Comportamiento de temperatura en las columnas 8 y 9 de la tabla 32.....	106
68	Diagrama de evaluación financiera.....	118

LISTA DE ABREVIACIONES

PID	Proporcional, integral, derivativo
P	Proporcional
I	Integral
D	Derivativo
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society Of Testing Materials
C. total	Costo total
C. unitario	Costo unitario
Cant.	Cantidad
GPa	Giga Pascales
HB	Dureza Brinell
HP	Horse Power
Kg	Kilogramos
Kg/m ³	Kilogramos por metro cúbico
m	Metros
M	Grado métrico del perno
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
mm ²	Milímetros cuadrados
MPa	Mega Pascales
N	Newtons
N.m	Newtons por metro
N/m	Newtons sobre metro
N/m ²	Newton por metro cuadrado
°C	Grados centígrados

SIMBOLOGÍA

K_p	Constante de proporcionalidad
T_i	Constante integral
T_d	Constante derivativa
\$	Dólares
%	Porcentaje
A	Área
a	Distancia de aplicación de la carga distribuida
ANR	Área no roscada
AR	Área roscada
b	Ancho de la placa
C	Fracción de carga
C	Capacidad dinámica de carga
c1	Coefficiente de integración 1
dy/dx	Primera derivada de y con respecto a x
e	Espesor
E	Módulo de elasticidad
Em1	Módulo de elasticidad del material 1
Em2	Módulo de elasticidad del material 2
F	Fuerza
F	Carga a soportar por la placa
Fi	Precarga
FN	Fuerza normal
Fp	Carga de prueba
harand	Ancho de la arandela
htuerca	Ancho de la cabeza de la tuerca hexagonal
I	Inercia
K	Factor de carga
ka	Factor de modificación de la condición superficial
kb	Factor de modificación del tamaño
kb	Resistencia del perno
kc	Factor de modificación de la carga
kd	Factor de modificación de la temperatura
ke	Factor de modificación de efectos diversos

Km	Resistencia del material
km1	Resistencia del material 1
km2	Resistencia del material 2
KN	Kilonewtons
ktm	Resistencia del material equivalente
L	Longitud de la placa
L	Longitud del perno
LNR	Longitud no roscada del perno
Lp	Longitud del perno
Lplaca	Espesor de la placa
LR	Longitud roscada del perno
Mtg	Peso total de los elementos de la máquina
N	Factor de seguridad
n	Número de pernos
P	Fuerza de carga
P	Carga resultante
Q	Carga a soportar
Q	Carga aplicada
Se	Resistencia a la fatiga
Se'	Límite de resistencia a la fatiga
So	Coefficiente de seguridad relativa a la carga estática
Sp	Resistencia de prueba
Ssy	Resistencia de fluencia al cortante
Sut	Resistencia última a la tracción
Sy	Resistencia a la fluencia
V	Fuerza cortante
Vmáx	Fuerza cortante máxima
W	Carga total
ρ	Densidad del material de la placa
σ	Esfuerzo
σ_a	Esfuerzo alternante
σ_m	Esfuerzo medio

LISTA DE ANEXOS

- A** Funcionamiento y mantenimiento de la termofijadora
- B** Propiedades termofisicas
- C** Propiedades de los textiles
- D** Selección de elementos
- E** Planos de la maquina termofijadora

RESUMEN

El presente trabajo tiene de tema: Diseño y construcción de una máquina termofijadora para entretelas estrech fusionables en trajes de vestir aplicando un sistema de control de temperatura y tiempo para los diferentes tipos de textiles.

En la industria textil, donde se confecciona trajes de vestir, existe un material denominado entretela el cual debe ser adherido a la tela mediante una máquina termofijadora, la misma que consiste de una placa calefactora de aluminio, alcanzando la temperatura de termofijado a través de resistencias eléctricas las cuales están vigiladas por un sistema de control, la temperatura de trabajo oscila entre 100 y 300°C valores que dependen del tipo de trabajo.

La empresa CALTEX que se dedica a la confección de ternos, ha estado realizando este proceso con una máquina termofijadora de pequeña capacidad y sin control de temperatura lo que estaba provocando pérdidas de tiempo, mayor consumo de energía, debido a esto tenía una baja producción. Entonces con el presente trabajo se busca resolver estos inconvenientes, se diseña un sistema de termofijado más eficiente que consta de: Una placa calefactora de acuerdo a las necesidades de la empresa en cuanto a tamaño y eficiencia energética, un sistema de control de temperatura adecuado.

Al realizar una comparación, de la producción actual con la producción anterior, para textiles de casimir se tiene: tiempo de termofijado anterior 280(s), tiempo de termofijado actual 160 (s), producción anterior 12 prendas/ hora, producción actual 22 prendas/hora que representa un 42.85% de ahorro de tiempo empleado, este tiempo puede ser utilizado en otros procesos.

Terminado el estudio se recomienda utilizar la máquina con precaución y con personal capacitado, también que para construcciones futuras se cambie a una tensión de 220V ya que con esto se tendrá una mejor eficiencia de la máquina.

CÁPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La empresa CALTEX que se dedica a la confección de ternos tanto de hombre como de mujer ha estado realizando este proceso con una máquina termofijadora de pequeña capacidad y sin control de temperatura lo que estaba provocando pérdidas de tiempo, mayor consumo de energía, debido a esto tenía una baja producción, la producción anterior era de 12 prendas/hora.

En la Industria Textil se ha constatado que existe muy poca voluntad de tecnificar no solo a esta área sino en general. Es por eso, una muy buena alternativa para el mejorar de la eficiencia de la producción textil la implementación de nuevas tecnologías de termofijado y que conscientes de la importancia de la utilización de la tecnología, con el fin de mejorar los procesos productivos, vemos que es de gran importancia introducir dicha tecnología en el proceso de producción de la industria textil, como por ejemplo, en una fábrica de trajes de vestir como avanzan la tecnología las exigencias aumentan por lograr procesos cada vez más productivos que nos brinden una calidad óptima deseada para la satisfacción de los clientes.

La producción de la fábrica oscila de 300 a 400 trajes al mes, por esta razón es importante el diseño y construcción de una máquina de termofijado para entretelas dentro del área de la confección y así disminuir el tiempo estimado de trabajo y mejorar la calidad del producto.

El mercado actual se encuentra muy fragmentado debido a los constantes cambios que se presentan las empresas, además de la alta competitividad por el cual se requiere mejorar la calidad del producto, para el área de la confección de trajes de vestir se construirá una máquina termofijadora de entretela fusionable con lo cual se disminuirá el tiempo de producción y a su vez el consumo de energía.

1.2 Justificación técnico-económica

El proyecto de grado tiene la finalidad de cumplir las condiciones de trabajo dentro del área de la confección de trajes de vestir así disminuir el tiempo de producción y a su vez el consumo de energía y cumplir las condiciones de presión, temperatura, tiempo para los diferentes tipos de textiles que existen en la fábrica como son Paños, Casimires, Gabardinas, Pana, otros.

También se puede justificar el siguiente proyecto que es una ayuda muy importante para el confeccionista para un termofijado preciso con ello dar forma, rigidez a las diferentes prendas con el cual mejora de la calidad del producto por ende la satisfacción del cliente.

El sistema de control de temperatura y tiempo va de acuerdo al avance tecnológico con el cual se logra mayor precisión de las diferentes propiedades físicas que están involucradas dentro de la construcción de esta máquina.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir una máquina termofijadora para entretelas stretch fusionables en trajes de vestir aplicando un sistema de control de temperatura y tiempo para los diferentes tipos de textiles.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Diseñar construir una placa calefactora de acuerdo a las necesidades de trabajo
- Diseñar los elementos mecánicos de la máquina.
- Diseñar , seleccionar y aplicar un sistema de control de temperatura y tiempo
- Realizar el ensamble de la máquina termofijadora verificar su funcionamiento
- Determinar experimentalmente la eficiencia de la máquina en función de los diferentes tipos de textiles donde se aplica entretelas stretch fusionables.

CÁPITULO II

2. INTRODUCCIÓN

La utilización de la tecnología, con el fin de mejorar los procesos de producción en la confección de ropa, hace necesario el incremento de nueva maquinaria que permita mejorar el proceso de producción. El mercado actual dentro de industria textil exige una calidad óptima para la satisfacción de los clientes. Para ello es necesario diseñar máquinas que disminuyan el tiempo de proceso, mediante la integración de ambos cambios que permite una mejora real y continúa.

El diseño y la construcción de la máquina termofijadora de entretela se basa en disminuir el tiempo en la producción, mejorar las condiciones de termofijado con el control de la temperatura, tiempo y presión, el diseño de la placa calefactora que va de acuerdo al área de termofijado.

El termofijado es uno de los procesos más comunes en la elaboración y confección de trajes de vestir, el termofijado tiene como misión estabilizar la forma y las dimensiones de los tejidos de modo que estos no ofrezcan problemas en la confección.

Las máquinas de termofijado están construidas con el concepto de que los tejidos puedan ser termofijados adecuadamente. Las zonas calefactoras superior e inferior se controlan de forma independiente tanto el tejido como la entretela son tratados cuidadosamente durante el proceso de termofijado, para evitar encogimientos, cambios de color o aplastamiento de las prendas.

La entretela se utiliza dentro de una prenda de vestir, para dar forma, rigidez o para reforzar, en el cuello, los puños, la pretina, las vistas de escotes, sisa, bolsillos, en el frente y las mangas de los sacos se coloca la entretela.

En resumen podemos decir, que el vestir elegante es un arte, ya que entran algunos factores como buen gusto, sobriedad, diseño adecuado combinación de colores detalles muy importantes que distingue a una persona elegante.

2.1 Situación problema

En los antecedentes se explicó ciertos inconvenientes que se tienen al realizar el proceso de termofijado, los cuales se pueden sintetizar como problemas, los siguientes aspectos:

- La máquina termofijadora tiene una área de trabajo 45*45(mm)
- El tiempo de operación por cada prenda es de 280s
- El control de tiempo no es preciso
- El fijado o prensado no cumple con los parámetros que exige los diferentes tipos de textiles (presión, temperatura, tiempo)
- Provoca raya y amarrillamiento el textil porque se realiza en tres tiempos diferentes
- El sistema de control de temperatura no tiene identificado que acción de control es el más adecuado para cumplir con los objetivos planteados.
- El sistema de control de temperatura no es preciso es ON-OFF
- No dispone de teflón en la área de calefacción

2.2 Metodología de la investigación

- Revisión bibliográfica
- Desarrollo de marco teórico
- Diseño térmico y selección de equipos
- Diseño y selección de las diferentes partes mecánicas
- Construcción y pruebas de la máquina
- Formulación de la memoria técnica

2.3 Marco teórico

2.3.1 Termofijado. Se conoce como termofijado al hecho de fijar la entretela al tejido por medio de calor, la única particularidad es que las entretelas deben ser adhesivas, estas entretelas pueden adherirse a una estructura textil por medio de calor, que proporciona forma y soporte en determinadas zonas de una prenda, como pueden ser el cuello, bolsillos, cinturillas y ojales, también prolonga la vida de una prenda.

Una consideración importante cuando se ha invertido tiempo y talento en coserla, esta entretela estará formada por un tejido que funcionará de soporte y una resina termoplástica.

Figura 1. Entretelas termofijadas



Tabla 1. Propiedades de los diferentes tipos de resina [8]

Clase de Resina	Temperatura de fusión	Tacto o Flexibilidad	Resistencia al Lavado		Observación
			En seco	Domestic	
Polietileno	140/150 °C	Rígido	Débil	Excelente	Adhesión fácil
Poliamida	130/140 °C	Suave	Excelente	Normal	Adhesión muy fácil con vapor
Polietileno Poliamida	140/150 °C	Semidirigido	Buena	Buena	Adhesión fácil
Poliamida bajo Punto de Fusión	100/110 °C	Suave	Excelente	Normal	Adhesión muy fácil
P.V.C.	150/160 °C	Rígido	Normal	Excelente	Apropiada para tejidos siliconados

La elección del tejido soporte tendrá gran importancia debiéndose tener en cuenta:

- El peso del tejido base
- Grosor del artículo

- Elasticidad y recuperación
- Encogimiento y cayente

Las resinas tendrán dos características primordiales, serán sintéticas y termoplásticas. Se deberá tener en cuenta el uso al que se destinará la prenda y los sistemas de limpieza. Sin olvidar que la resina influye directamente en el tacto final de la prenda.

La elección de la entretela viene dada por la finalidad de la prenda, lo que exige un control riguroso, teniendo en cuenta:

- Compatibilidad con el tejido exterior
- Costo de la entretela
- El tipo de resina
- El equipo de termofijado
- El proceso de recubrimiento

2.4 Tipos de entretelas

2.4.1 *Entretelas tejidas.* Están elaboradas en tejido plano o de punto.

2.4.2 *Entretelas no tejidas.* Son elaboradas con fibras de poliéster, rayón, acrílicas que dispuestas unas encima de las otras y formando varias capas son unidas por medio de agentes químicos, calor, humedad, cosido etc.


2.4.3 *Entretela sintética.* Tiene apariencia plástica, es una entretela fusionable llamada también película de poliuretano. Usada en el refuerzo de los pasadores de los pantalones.

2.4.4 *Entretelas termofusibles.* La decisión de usar entretela termofusible o para coserla es un asunto de preferencia personal. Las entretelas termofusibles sirven para casi todos los tipos de telas. Pero algunos tejidos no reaccionan bien con la combinación de calor, vapor y presión que requiere la aplicación de una tela termofusible. Entre ellos están los tejidos con perlas, lentejuelas y bordados especiales; algunos brocados; pieles de pelo sintéticas; cueros; metálicos; tejidos

abiertos como el encaje; terciopelos de rayón y acetato; vinilos; y tejidos con tratamiento repelente de agua.

2.4.5 *Entretelas para sastrería.* Es una entretela fusionable especial para dar firmeza y cuerpo. Especial para telas pesadas.

Tabla 2. Propiedades de los diferentes tipos de entretelas [8]

	Artículo	Entretelas fusionables
	Descripción	100% algodón
	Medidas	0.95m de ancho
	Colores	Negro, blanco, gris
	Aplicaciones	Confección

2.5 Proceso de termofijado

La termofijación de entretelas termo adhesivas se basa en la combinación específica de tres factores y el correspondiente proceso de ajuste y control.

2.5.1 *Método de fusión.* Viene determinado por la posición entre el género de la prenda y la entretela.

2.5.2 *Componentes de termofijado.* Es digno de tener en cuenta en este punto la temperatura, la presión, el tiempo y el enfriamiento posterior.

2.5.3 *Ajuste y control del termofijado.* Con el termofijado, las entretelas han experimentado una pronta evolución, ya que facilitan el trabajo de la operaria y simplifica el proceso.

2.6 Ventajas de la termofijación

- Reducción de materiales empleados en costura
- Mayor rigidez de los elementos empleados
- Eliminación del marcado inicial
- Facilidad de doblado sin planchar

2.7 El método de fusión

El termofijado se realizará dependiendo de la posición relativa de la tela y la entretela. Tendremos los siguientes tipos de fusión:

2.7.1 *Fusión simple.* La entretela es posicionada sobre la tela externa.

2.7.2 *Fusión inversa.* La tela externa es posicionada sobre la entretela.

2.7.3 *Fusión emparedada.* Dos elementos son fusionados en la misma operación, normalmente con telas en el exterior y entretelas en el interior.

2.7.4 *Fusión doble.* Dos entretelas se pegan superpuestas sobre el tejido.

2.7.5 *Fusión alta.* Las entretelas se posicionan sobre el tejido al que se le aplica el calor directamente.

2.8 Condiciones de termofijado de las entretelas

Es muy importante el fijado final al que ha de ser sometida la entretela, y de mayor importancia son los factores que condicionan la fijación, como son:

- La temperatura homogénea y bien regulada.
- El tiempo de fijación, bien controlado.
- La presión.
- Enfriamiento.

2.8.1 *Temperatura de termofijado.* Las resinas poseen su propia temperatura de fusión, cambian de estado, de sólido a viscoso, adquiriendo unas propiedades adhesivas que serán aprovechadas por medio de la presión para pegar la entretela al tejido exterior, desapareciendo las propiedades cuando se solidifica con el enfriamiento. Las temperaturas serán recomendadas por el fabricante, teniendo en cuenta que existen muchos factores que pueden alterarla: suciedad de la cinta, velocidad de la cinta, humedad del tejido, etc. Señalemos que las temperaturas de trabajo oscilarán entre 110°C y 180°C.

2.8.2 *Tiempo de termofijado.* No existe reglas matemáticas para determinar el tiempo de termofijado, la relajación de las tensiones internas de un material textil no es un proceso instantáneo y la accesibilidad del calor puede variar de un tejido a otro según la estructura del hilado, la textura del tejido su espesor y densidad

Cualquiera que sea el método de calentamiento, se debe tener en cuenta el tiempo necesario para el calentamiento de la materia y la penetración uniforme del calor sobre toda la superficie y en todo el espesor de tejido, además el tiempo de tratamiento depende también del modo de transmisión de calor.

El tiempo de termofijación puede variar con la temperatura de termofijado así para temperaturas más elevadas la duración del tratamiento es menor a efectos de evitar el amarillamiento de la materia y degradación térmica.

2.8.3 Presión de termofijado. Las presiones oscilarán entre 300 y 400 g/cm², a medida que es más elevada el tacto es más rígido y mayor el riesgo de traspaso de la resina. Es aconsejable seguir las recomendaciones de los fabricantes y adaptarlos al tejido aplicado. La presión es importante para una óptima fijación, y la responsable del tacto deseado.

2.8.4 Enfriamiento. El enfriado pretende estabilizar la nueva estructura, el termofijado óptimo se alcanza con un enfriamiento reducido, pues un enfriamiento muy rápido endurecería la resina antes de haber penetrado, y conduciría a una mala adherencia. Un termofijado correcto conduce a los siguientes resultados:

- Tacto flexible
- Adherencia buena
- Aspecto limpio

Tabla 3. Condiciones del fabricante para el termofijado de las entretelas [8]

Condiciones de lavado	Condiciones de Fusonado				Equipo Recomendado
Húmedo	Temperatura Grados	130	140	160	Fusionadora
		140	160	180	
	Presión kg/cm ²	0.5	1.0	1.5	Fusionadora
		1.5	2.0	2.5	
Seco	Tiempo Segundos	10	12	15	Fusionadora
		12	15	30	

2.9 Estudio y selección de la mejor alternativa.

Para el estudio y selección de la mejor alternativa se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La máquina sea capaz de cumplir con las condiciones y requerimientos de la empresa a fin de satisfacer la necesidad de producción.
- El consumo energético en función de la capacidad de producción sea mínimo.
- El funcionamiento de la maquina sea el correcto y tenga facilidad al momento de manipularla misma
- Los costos de adquisición de materiales para el proceso de construcción no sean elevados.

2.9.1 Metodología de diseño. [8] La metodología del diseño consiste en determinar en primera instancia una idea de cómo va a realizarse el diseño de la máquina termofijadora, para lo cual se considera realizar una lista de deseos (D) y exigencias (E).

Funciones.	
La máquina debe Termofijar la entretela de forma uniforme.	(E)
La máquina debe Termofijar 300 a 400 prendas en un mes	(E)
La máquina deberá ir provista de un sistema eficaz de control de Temperatura	(E)
La máquina debe realizar el proceso de Termofijado sin la intervención del obrero	(D)
Energía.	
La fuerza requerida en el proceso será producida por una persona	(E)
Requerir de una persona para la alimentación de la máquina	(D)
Minimizar la pérdida de energía debido a tiempos muertos	(D)

Mantenimiento	
La máquina termofijadora deberá ser diseñada para que las operaciones de verificación, reglaje, regulación, engrase y limpieza se puedan efectuar desde lugares fácilmente accesibles y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección	(D)
Los elementos deberán contar con un sistema de lubricación adecuada	(E)

Los repuesto deben ser fácil de remplazar y deben encontrarse en stock en el mercado nacional	(E)
Contar con un programa de mantenimiento preventivo	(D)

Seguridad.	
La máquina irá acompañada de las correspondientes instrucciones de montaje, uso y mantenimiento, así como de las medidas preventivas de accidentes	(E)
La máquina tendrá un nivel de seguridad suficiente, a fin de preservar a las personas y a los bienes de los riesgos derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de la máquina termofijadora	(D)
Evitar el ingreso de elementos perjudiciales en donde se coloca la prenda a termofijar cuando la máquina está en funcionamiento	(E)
Cuando existan partes de la máquina cuya pérdida de sujeción pueda dar lugar a peligros, deberán tomarse precauciones adicionales para evitar que dichas partes puedan incidir en las personas	(E)

Ergonomía.	
La transferencia de energía hombre – máquina no debe causar fatiga extrema en el operador	(E)
El acceso a los distintos elementos de la máquina deberá estar colocados en lugares apropiados para realizar el montaje, desmontaje y mantenimiento	(E)
La posición del equipo, controles y banco de trabajo deben permitir una postura satisfactoria y un control correcto mediante las manos	(D)
El periodo de entrenamiento para el uso adecuado de la termofijadora debe ser mínimo	(D)
El trabajador puede ser sustituido total o parcialmente por otra persona	(D)
No tener efecto contaminante sobre el medio ambiente	(E)
Señales.	
La máquina termofijadora realizará el proceso de termofijado en forma visible	(D)
La máquina termofijadora deberá contar con señales sonoras y/o visibles para indicar que la máquina se encuentra funcionando	(D)

Control.	
Se deberá verificar la calidad del material utilizado para la fabricación de los elementos de la máquina termofijadora	(E)
Los niveles de ruido producidos por la termofijadora no serán muy elevados	(D)

Funcionamiento.	
La puesta en marcha de la máquina termofijadora solo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que operen la máquina	(E)
No generar ruidos molestos para el operador	(E)

Fabricación.	
La máquina termofijadora debe ser de fácil ensamblaje y anclaje	(E)
Las piezas que forman parte de la máquina termofijadora serán de forma sencilla y de fácil manufactura	(D)
Para evitar la pérdida de estabilidad de la máquina especialmente en su funcionamiento normal se deberá tomar las precauciones técnicas adecuadas	(E)
Los materiales utilizados en la termofijadora deben encontrarse disponibles en el mercado nacional	(D)
Los componentes de la máquina termofijadora deben permitir un embalaje en espacio reducido	(D)
Los materiales se seleccionaran de acuerdo a las exigencias de resistencia y calidad	(E)
La máquina termofijadora debe tener buena estabilidad y rigidez	(E)
Los elementos móviles de la máquina y de los aparatos utilizados para la transmisión de energía o movimiento deben conseguirse, construirse y protegerse de forma que prevenga todo peligro de contacto que pueda originar accidentes	(D)
Los elementos de la termofijadora deben resistir los diversos esfuerzos que se presenta durante el proceso	(E)
La transmisión de la fuerza se realizara mediante procesos mecánicos	(E)

2.9.2 Estructura de funciones. [8]

Figura 2. Abstracción de caja negra.



2.9.3 Entradas.

Materia: Tela más entretela.

Energía: Red de distribución eléctrica.

Señales: Activada al dar inicio al funcionamiento de la máquina termofijadora.

2.9.4 Salidas.

Materia: Prenda termofijada uniformemente.

Energía: Calor.

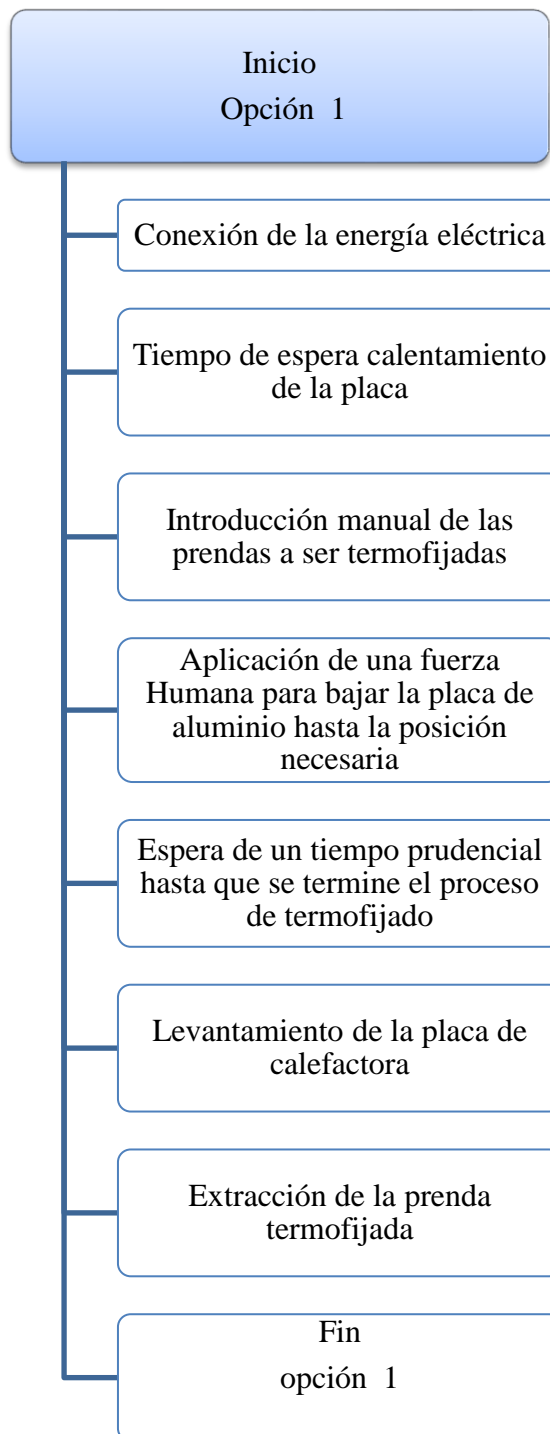
Señales: Que indiquen que la máquina termofijadora está funcionando.

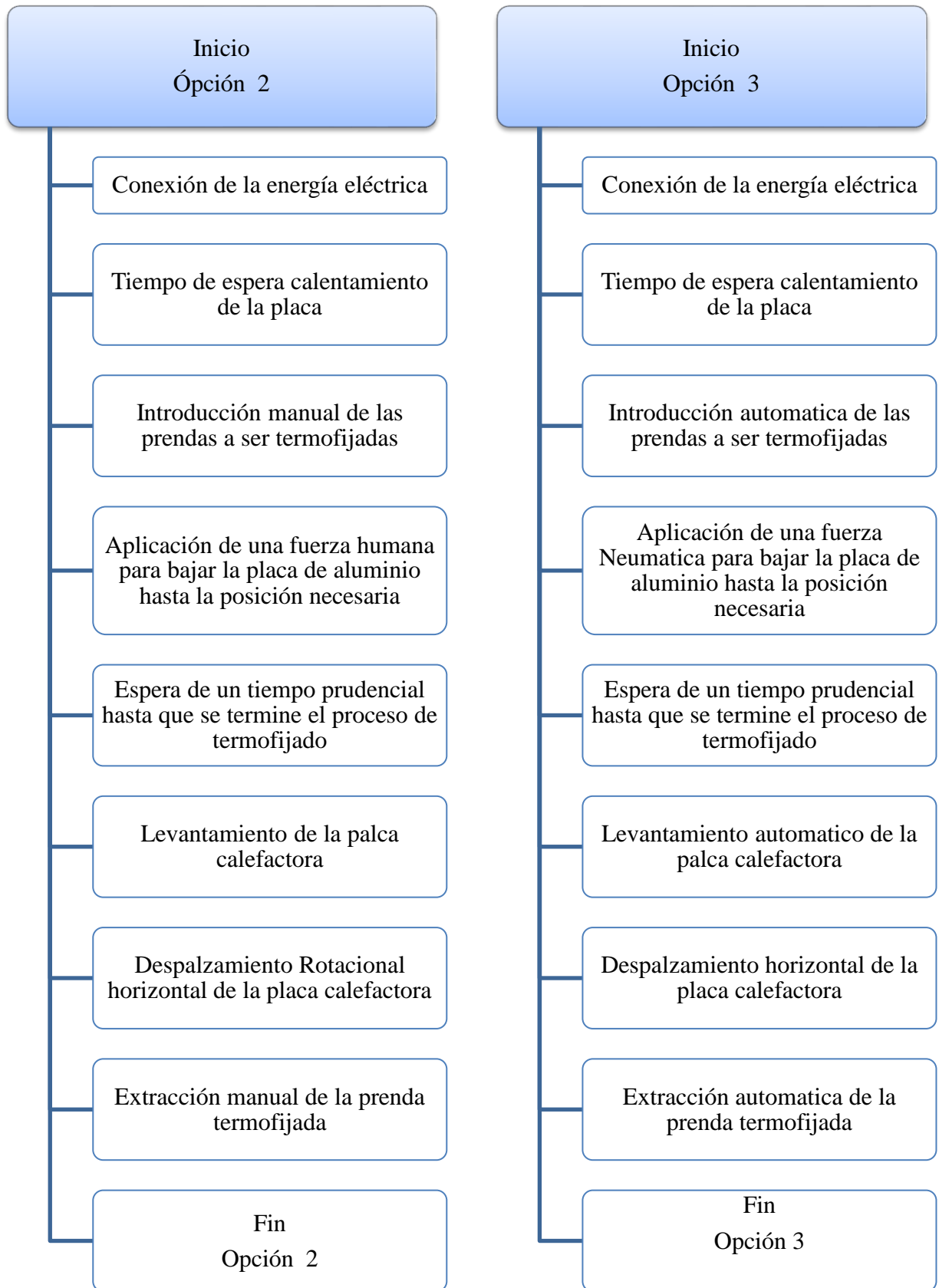
La secuencia de operaciones empezara con posicionar en la máquina una tela más una entretela a termofijar, luego se iniciara el funcionamiento de la máquina termofijadora y se conseguirá a la salida una sola prenda termofijada en un solo paso, por ende aumenta el volumen de producción lo que significa ganancias para el microempresario.

2.10 Aplicaciones de los sistemas técnicos y sus limitaciones. [8]

La máquina utilizará corriente eléctrica a 110V, puesto que se dispone de dicha energía en el lugar de trabajo. Para lo cual se diseña una máquina en base a mecanismos eficientes, que aprovechen al máximo la energía entregada. Las siguientes opciones han

sido estructuradas en base a los elementos constitutivos que consideramos tienen más ventajas o son más adecuados para nuestro proyecto.





2.11 Matriz morfológica. [8].

1	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.			
1.1	Entrega de las prendas a ser termofijadas	Manual	Automático	
1.2	Introducción de las prendas a ser termofijadas	Manual	Automático	
2	SISTEMA DE PRENSADO			
2.1	Energía de termofijado	Humana	Eléctrica	
2.2	Mecanismo de prensado	Palanca	Humana	Neumática
3	SISTEMA DE CONTROL.			
3.2	Encendido de la máquina	Manual	Automático	
3.3	Control de temperatura	Manual	Regulable	Automático

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
--	-----------------	-----------------	-----------------

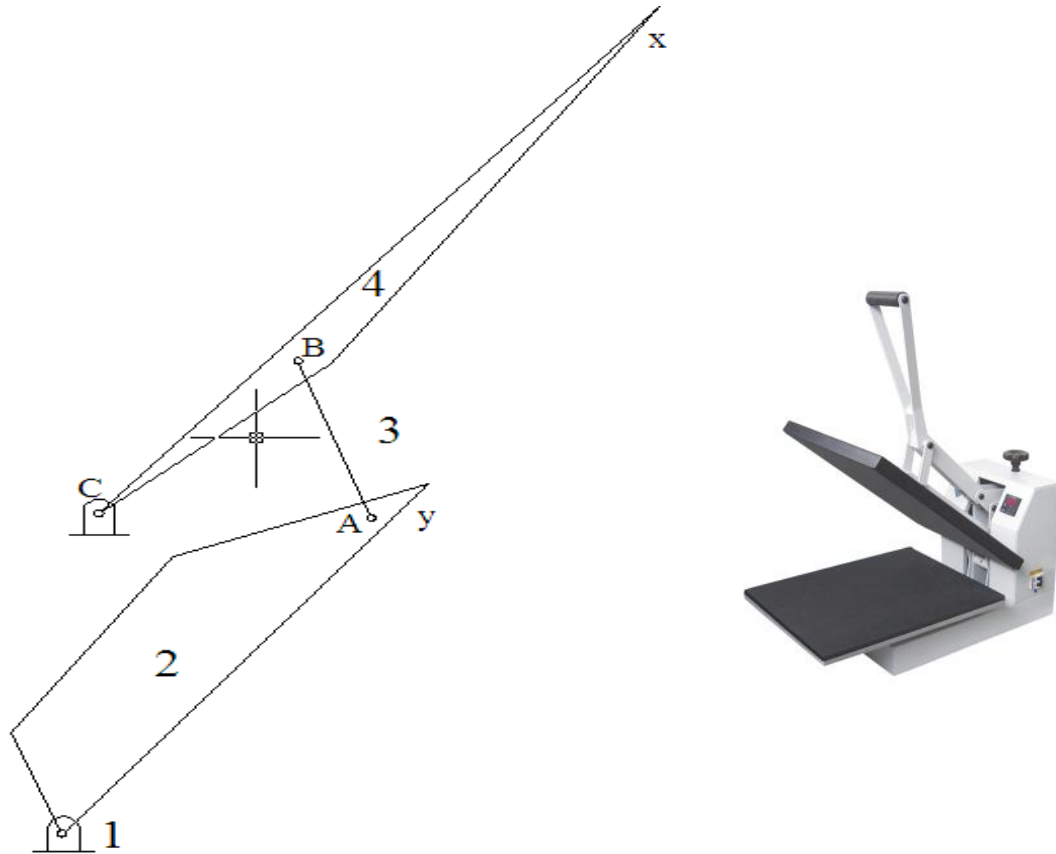
2.12 Termofijadora plana de tijera

(Opción 1)

La termofijadora plana de tijera es una máquina balanceada ya que tiene dos brazos para elevar la placa calefactora y asegura su estabilidad, por lo que se puede llevar a cabo de modo profesional todos los procedimientos de termofijado en caliente (sublimación, entretelas etc.). Los ajustes deseados se pueden realizar de manera sencilla gracias al controlador digital de tiempo y el controlador de temperatura. La presión se puede ajustar mediante una rueda de accionamiento manual. Las prensas abatibles proporcionan un espacio de trabajo muy grande cuando están levantadas, lo

que permite que se puedan colocar los objetos de transferencia de un modo rápido y preciso.

Figura 3. Termofijadora plana de tijera



1. Bancada
2. Brazo articulado
3. Eslabón
4. Brazo palanca

Ventajas:

- No ocasionan reacciones químicas indeseables
- Proporciona un control de temperatura con un termostato
- Proporciona un control tiempo con un timer digital
- Tienen varias aplicaciones, como transferencia, bordado, estampado etc. relacionado con la industria textil
- Tienen un consumo energético normal
- Tipo de conexión 110v

Desventajas:

- Inversión alta
- El proceso de termofijado se realiza en forma manual, es necesario que el operario intervenga en forma manual, lo cual no garantiza un trabajo seguro por completo

En la siguiente tabla se muestra las Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones:

Tabla 4. Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones [9]

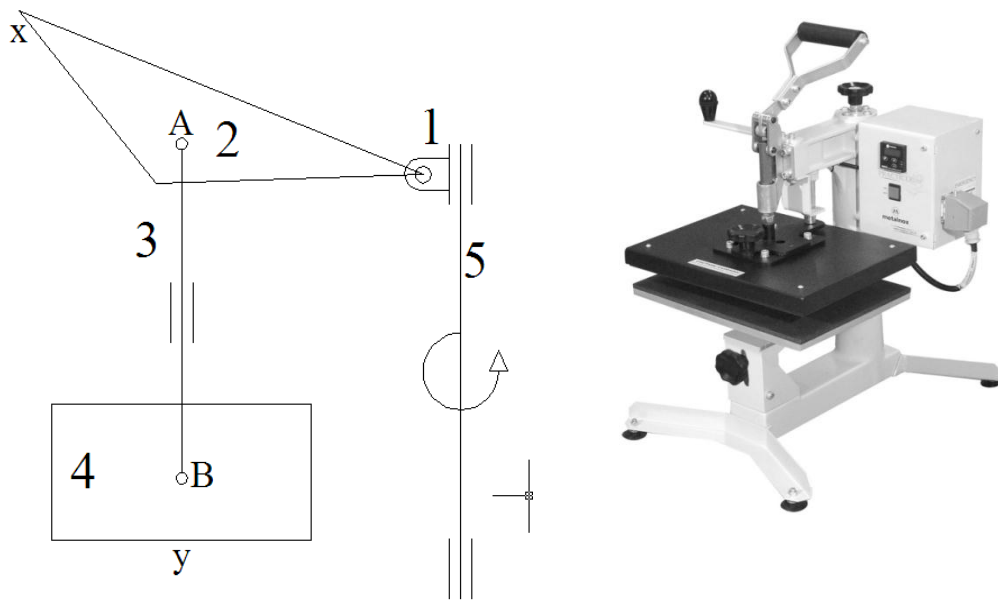
TIPO DE TRABAJO	TIEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN (BAR/PSI)
Transferencia plastisol	10 a 15	200	7/100
Transferencia sublimatico	10 a 35	200	6/90
Transferencia litograficos	10 a 15	200	6/90
Terminación de estampado	20 a 30	180	6/90
Entretela termo-adhesiva	12 a 20	180	7/100
Bordado termo-adhesivo	12	250	6/90

2.13 Termofijadora de bandeja deslizante

(Opción 2)

La plancha eléctrica de tipo industrial, también llamada termofijadora de bandeja deslizante, es una alternativa muy adecuada, ya que está diseñada especialmente para su utilización en procesos de la industria textil. Además, cuenta con una tecnología de punta, ya que trabaja por medio de un PLC que permite programar y controlar tiempos y presiones de trabajo de forma automática, haciendo más factible, mediante su utilización, la estandarización del proceso, y con ello conseguir acabados conforme a especificaciones.

Figura 4. Termofijadora de bandeja deslizable



1. Bancada
2. Brazo palanca
3. Eje (movimiento vertical)
4. Plancha de aluminio
5. Eje (movimiento rotacional)

Ventajas:

- No ocasionan reacciones químicas indeseables
- Proporcionan un control automático de temperatura y presión
- Tienen tiempos de operación breve y constante que permiten una estandarización del proceso
- Tienen un consumo energético no muy alto
- Permiten una automatización del proceso

Desventajas:

- Inversión alta
- Necesidad de dar capacitación a los operarios

- El proceso no es completamente automático; es necesario que el operario intervenga en forma manual, lo cual no garantiza un trabajo seguro por completo.

En la siguiente tabla se muestra las Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones

Tabla 5. Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones [9]

TIPO DETRABAJO	TIEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN(BAR/PSI)
Transferencia plastisol	15 a 17	200	7/100
Transferencia sublimatico	25 a 30	200	6/90
Transferencia litograficos	10 a 25	190	6/90
Terminación de estampado	10 a 30	160	6/90
Entretela termo-adhesiva	12 a 20	170	6/90
Bordado termo-adhesivo	12 a 20	190	6/90

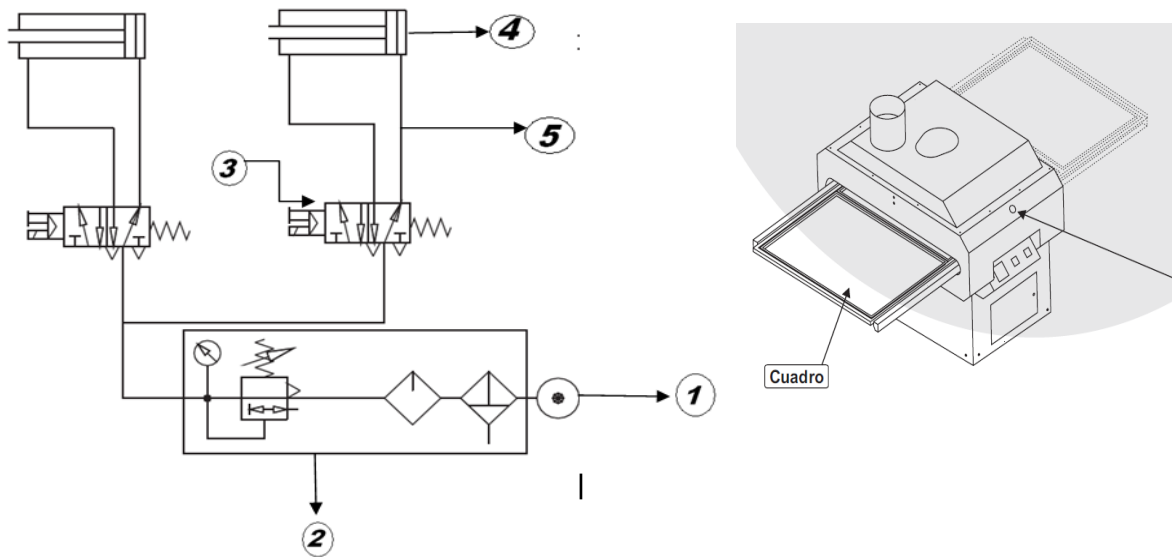
2.14 Termofijadora automática

(opción 3)

Equipadas con controlador de temperatura, estos modelos de prensa son capaces de producir temperaturas más uniformes y consecuentemente calores más consistentes enteramente automáticas, desarrollado para la aplicación de termofijado.

A continuación se muestra un esquema neumático el cual emplea este tipo de máquinas en él se puede identificar los diferentes componentes con los que cuenta.

Figura 5. Prensa térmica automática



1. Compresor
2. UTM (unidad técnica de mantenimiento manómetro, relíef, silenciador, filtro)
3. Válvula distribuidora 5 vías 2 posiciones
4. Cilindro de doble efecto simple vástago
5. Tubería de trabajo de alimentación y retorno

Ventajas:

- Facilidad al manipular la maquina
- Prensa térmica cuenta con un PLC
- Representa un proceso seguro
- Proceso Automático
- Control de temperatura PID
- Control digital de tiempo

Desventajas

- Voltaje 380v trifásico
- Alto costo

En la siguiente tabla se muestra las Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones.

Tabla 6. Temperaturas y tiempos recomendados en sus aplicaciones [9]

TIPO DE TRABAJO	TIEMPO (S)	TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN(BAR/PSI)
Transferencia plastisol	10 a 15	200	7/100
Transferencia sublimatico	25 a 30	200	6/90
Transferencia litograficos	8 a 12	190	6/90
Terminación de estampado	10 a 25	160	6/90
Entretela termo-adhesiva	12 a 30	170	6/90
Bordado termo-adhesivo	12 a 25	190	6/90

2.15 Evaluación técnico-económico

Teniendo claras las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico. Se indicarán diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignará un valor (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención.

A los puntos de comparación también se les asignará un peso (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto de grado, este peso será denominado como el factor de importancia (Fi) siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

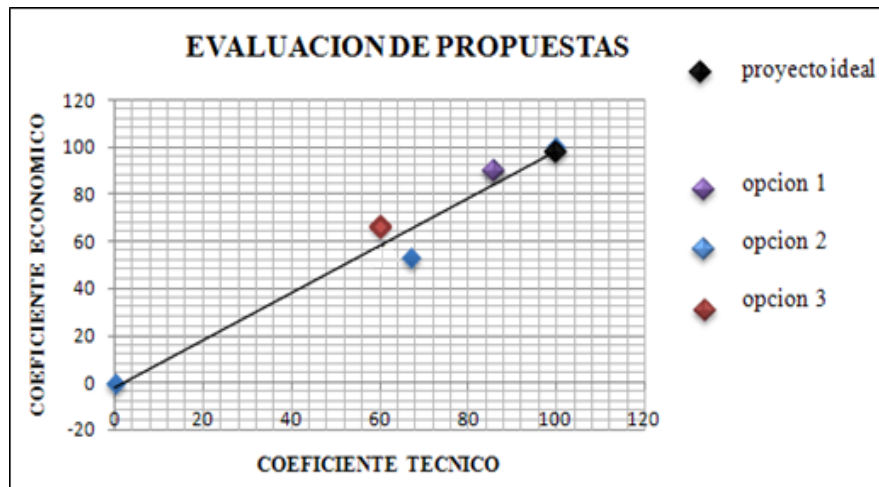
Tabla 7. Evaluación económica

Evaluación económica							
Puntos de evaluación		Factor de importancia (Fi)	Puntaje (Pi)				
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	Proyecto ideal	
1	Materiales	3	4	4	3	5	
2	Sistema eléctrico	3	5	3	2	5	
3	Sistema térmico	3	5	3	3	5	
4	Sistema mecánico	3	5	3	2	5	
5	Construcción y mano de obra	3	4	3	3	5	
6	Mantenimiento	2	4	4	3	5	
TOTAL = $\Sigma (Fi \times Pi)$			77	56	45	85	
Coeficiente Económico = $(P \text{ Total} / \text{Puntaje Ideal}) \times 100$			90.58%	65.88%	52.94%	100%	

Tabla 8. Evaluación técnica

Evaluación técnica							
Puntos de evaluación		Factor de importancia (Fi)	Puntaje (Pi)				
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	Proyecto ideal	
1	Seguridad	3	4	3	4	5	
2	Rendimiento	3	5	3	4	5	
3	Costo de energía	3	4	4	3	5	
4	Accesorios	2	5	3	2	5	
5	Facilidad de manejo	1	4	3	4	5	
6	Facilidad de fabricación	2	4	2	2	5	
7	Facilidad de montaje	2	4	2	2	5	
8	Mantenimiento	1	4	4	3	5	
TOTAL = $\Sigma (Fi \times Pi)$			73	51	52	85	
Coeficiente Técnico = $(P \text{ Total} / \text{Puntaje Ideal}) \times 100$			85.88%	60.00%	61.17%	100%	

Figura 6. Evaluación de propuestas



2.16 Selección de la mejor alternativa

Para la selección de la mejor alternativa que establezca el tipo de termofijadora que es recomendable utilizar en el proceso de termofijación de entretelas, se enfoca en los coeficientes Técnicos y Económicos y la tabla de comparación de las diferentes alternativas. En la relación coeficientes Técnicos y Económicos de la gráfica al analizar las tres opciones, el proyecto ideal es el que tiene el 100% de eficiencia de ahí que la selección tomando en cuenta los diferentes factores de importancia de cada opción y la mejor es la opción 1 ya que cuenta con 90.58% de coeficiente económico y de 85.88% coeficiente técnico por lo que está al alcance de un proyecto ideal y se puede realizar la construcción.

2.17 Descripción de la máquina termofijadora seleccionada

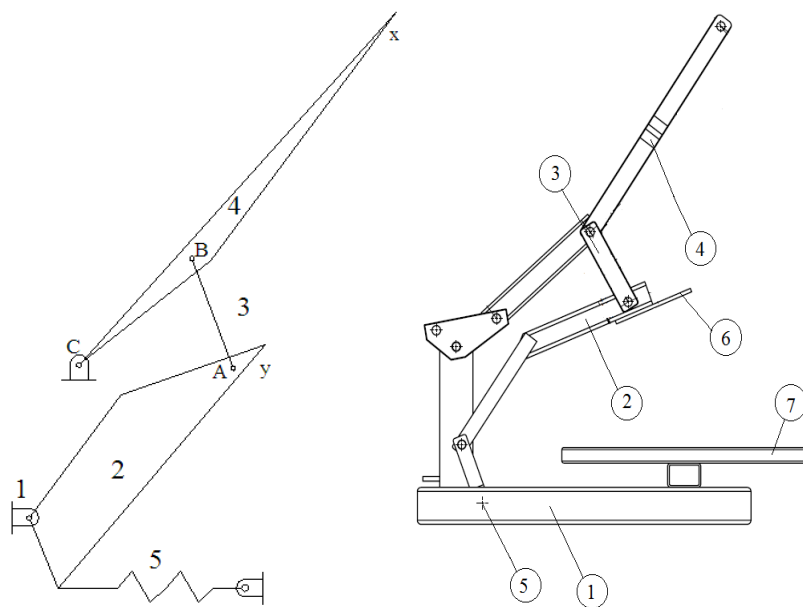
La máquina esta está constituida de diferentes sistemas los cuales son:

Tabla 9. Diferentes sistemas constitutivos de la máquina seleccionada.

Sistema	Denominación
Sistema de prensado	Tornillo regulador
	Eslabón
	Brazo articulado
	Brazo palanca
	Estructura
	resortes

Sistema térmico	Placa inferior
	Plancha estampadora
	Triplex
	Placa de Polímero
	Resistencias
	Aislante
	Teflón
Coraza	Placa posterior
	Placa conectora
	Tapa superior
Sistema eléctrico	Caja central
	Caja lateral 2
	Red
	Cables
	Caja lateral 1
Sistema de sujeción	Tuerca M6
	Perno M6x45
	Arandelas
	Pintura
Sistema de control	Termostato analógico de perilla
	Contador de tiempo digital
	Contactador
	Brakes
	Timbre, piloto, terminales

Figura 7. Identificación de las partes de la máquina



1. Bancada
2. Brazo articulado
3. eslabón
4. Brazo palanca
5. Resorte
6. Plancha de aluminio
7. Área de trabajo
8. Principio de funcionamiento

2.18 Grados de libertad de la alternativa seleccionada

Para el cálculo de los grados de libertad de la máquina seleccionada se utiliza la siguiente fórmula.

$$gl = 3(n - 1) - 2j_p - j_h$$

- gl : Grados de libertad
n : Eslabones principales (1, 2, 3, etc.)
 j_p : Uniones (A, B, ETC.)

$$gl = 3(4 - 1) - 2(4)$$

$$gl = 1$$

La alternativa seleccionada tiene un grado de libertad.

2.19 Funcionamiento de la alternativa seleccionada

Su funcionamiento consiste de una plancha térmica que aplica presión y calor sobre una superficie que va a ser termofijada. La termofijadora está compuesta de una plancha una de aluminio y la otra estructural, siendo que la plancha inferior permanece inmóvil mientras la plancha térmica superior baja para aplicar presión y calor sobre la superficie que va a ser termofijada. El calor es generado por medio de resistencias eléctricas localizadas en la plancha superior, y la presión se aplica de forma manual.

El movimiento de la Plancha debe ejecutarse por medio de un mecanismo formado de un brazo articulado y un brazo palanca en este último se aplica la fuerza para que baje la plancha térmica.

El tiempo y la temperatura de trabajo se ajustan en el panel de control.

La máquina emite una señal sonora cuando la operación está concluida. Enseguida, la plancha superior debe ser destrabada y levantada para remover el material termofijado.

La presión y separación entre las planchas puede ser seleccionada. Para ello debe girar la perilla situado detrás de la palanca de presión (girar hacia la izquierda para disminuir la presión o viceversa).

- Conecte la máquina termofijadora, mediante el cable de corriente suministrado, a un enchufe de corriente 110 v
- Seleccione la temperatura deseada girando la perilla del reloj de temperatura hacia la derecha.

Una vez encendida la máquina termofijadora, ésta se calentará automáticamente, hasta alcanzar la temperatura previamente seleccionada. El controlador de temperatura posee un indicador luminoso que permanecerá encendido durante el proceso de calentamiento.

- Una vez que la plancha de aluminio tenga la temperatura seleccionada podrá realizar la el termofijado de entretelas en el textil. Para ello se selecciona el tiempo. El tiempo comenzará a correr cuando la prensa haya sido cerrada mediante el mecanismo antes mencionado. El controlador de tiempo posee un indicador sonoro que se activará una vez concluido el tiempo de termofijado.
- Una vez activado el indicador sonoro se procede a levantar la placa calefactora.
- Y por último se retira la prenda termofijada.

El proceso completo se realizara de acuerdo a la necesidad del usuario siendo este un aproximado de 400 prendas termofijadas al mes.

2.20 Advertencia para acabados textiles

Tras el procedimiento de prensado, hay que dejar enfriar los textiles antes de que se pueda retirar cualquier medio de soporte del material de transferencia. El adhesivo térmico del material de transferencia sólo revela su fuerza de adherencia una vez frío. Si, una vez frío, el adhesivo térmico no se ha adherido con éxito, es posible que haya sido transferido con alguno de los parámetros tiempo, presión y temperatura de forma insuficiente.

CÁPITULO III

3. DISEÑO TÉRMICO

3.1 Diseño del sistema calefactor para el termofijado.

Para el diseño de la placa calefactora se establecen un acuerdo de las necesidades de la empresa, con estas medidas se asegura una disminución significativa de los pasos para realizar el proceso de termofijado de entretelas además de reducir el tiempo de termofijado como se demostrará en lo posterior. Las medidas de la placa calefactora son de 950x450x50 mm.

La placa calefactora es de aluminio por sus buenas características físicas y mecánica:

3.2 Características principales de la placa de aluminio

3.2.1 Físicas.

- Es un metal ligero, cuya densidad es de 2.700 kg/m^3
- Tiene un punto de fusión bajo: $660 \text{ }^\circ\text{C}$ ($933 \text{ }^\circ\text{K}$).
- Es de color blanco brillante, con buenas propiedades ópticas y un alto poder de reflexión de radiaciones luminosas y térmicas.
- Tiene una elevada conductividad térmica (80 a $230 \text{ W/m}^\circ\text{K}$).
- Resistente a la corrosión, a los productos químicos
- Abundante en la naturaleza. Es el tercer elemento más común en la corteza terrestre, tras el oxígeno y el silicio.
- Material barato y fácil de reciclar.

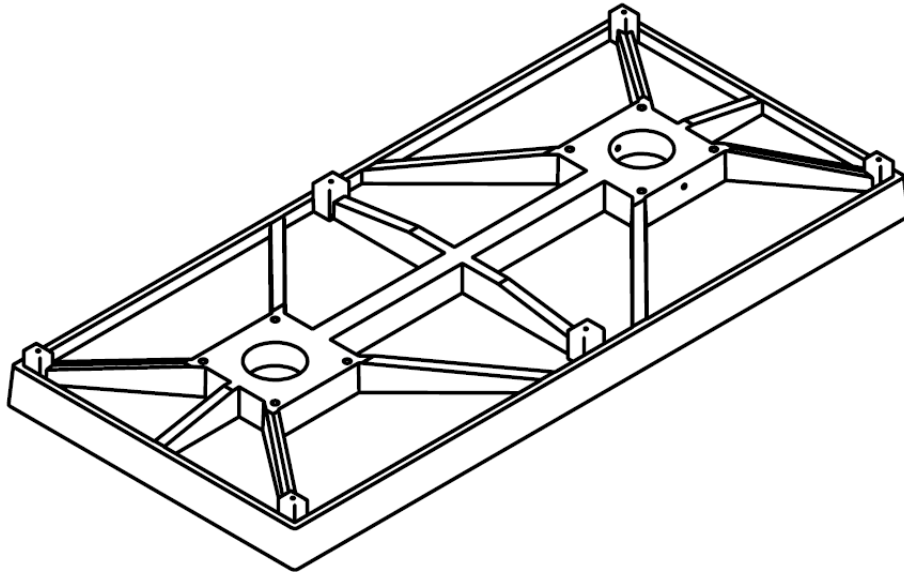
3.2.2 Mecánicas.

- De fácil mecanizado debido a su baja dureza.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blando, Límite de resistencia en tracción: $160\text{-}200 \text{ N/mm}^2$ [$160\text{-}200 \text{ MPa}$] en estado puro, en estado aleado el rango es de $1.400\text{-}6.000 \text{ N/mm}^2$. El duraluminio fue la primera aleación de aluminio endurecida que se conoció, lo que permitió su uso en aplicaciones estructurales.

- Para su uso como material estructural se necesita alearlo con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas, así como aplicarle tratamientos térmicos.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.

La forma de la placa calefactora es la que se muestra a continuación:

Figura 8. Forma detallada de la placa calefactora



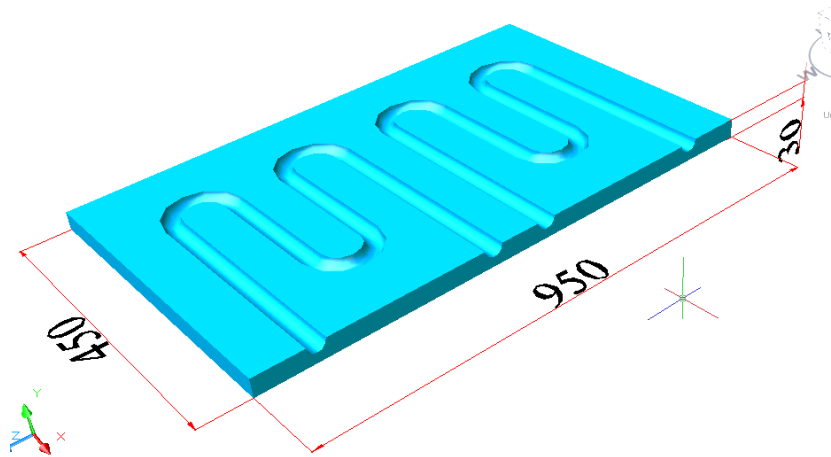
3.3 Diseño térmico de la placa calefactora

El análisis se lo realiza con el fin de determinar la energía necesaria para realizar el calentamiento de la placa desde la temperatura ambiente hasta una temperatura aproximada de 300°C, tomando como referencia los rangos de temperatura de fusión de las entretelas tabla 2.1. Para garantizar una buena conductividad térmica en la placa calefactora se utilizará plancha de aluminio. El espesor de esta plancha dependerá del diámetro del elemento calefactor (resistencias eléctricas) alojado en su interior, y de la disponibilidad en el mercado de estos elementos.

Para efectos de cálculo, el análisis de la transferencia de calor del proceso de prensado se lo dividirá en balance de energía en estado transitorio y balance de energía en estado estable.

En la figura 9 se plantea la forma geométrica más adecuada para alojar los elementos calefactores, así también se propone sus diferentes dimensiones.

Figura 9. Placa calefactora



El estado estacionario implica que la temperatura en algún punto dado es constante con el tiempo, en el análisis del estado transitorio la única propiedad del material que se necesita es la conductividad térmica.

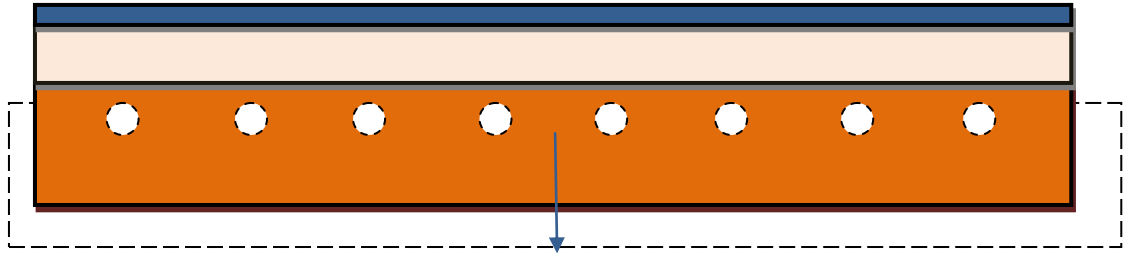
En cambio en el estado transitorio implica que la temperatura en algún punto dado en el medio varía con el tiempo, en el análisis de estado transitorio en adición a la conductividad térmica también necesitamos especificar la densidad y el calor específico del material en este caso del aluminio.

3.3.1 *Análisis en estado transitorio.* En este análisis se determina la energía necesaria en un tiempo establecido para calentar la placa de aluminio desde una temperatura ambiente de 17°C hasta una máxima de trabajo de 300°C considerada para el presente diseño.

El balance de energía se lo realiza en el siguiente volumen de control

- Tapa de la placa
- Aislante (lana de vidrio)
- Placa calefactora (aluminio)

Figura 10. Plancha de aluminio



Y se representa mediante la ecuación 1:

$$E_g = E_{sal} + E_{alm} \quad (1)$$

Dónde:

E_g = energía generada [W]

E_{sal} = energía perdida [W]

E_{alm} = energía almacenada en la placa [W/h]

Energía almacenada en la placa de aluminio [1]

$$E_{alm} = m \times c_p \times \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

Dónde:

m = masa de la placa de aluminio [kg]

c_p = calor específico de la placa [W/kg°C]

$\frac{\partial T}{\partial t}$ = variación de la temperatura respecto al tiempo [°C/h]

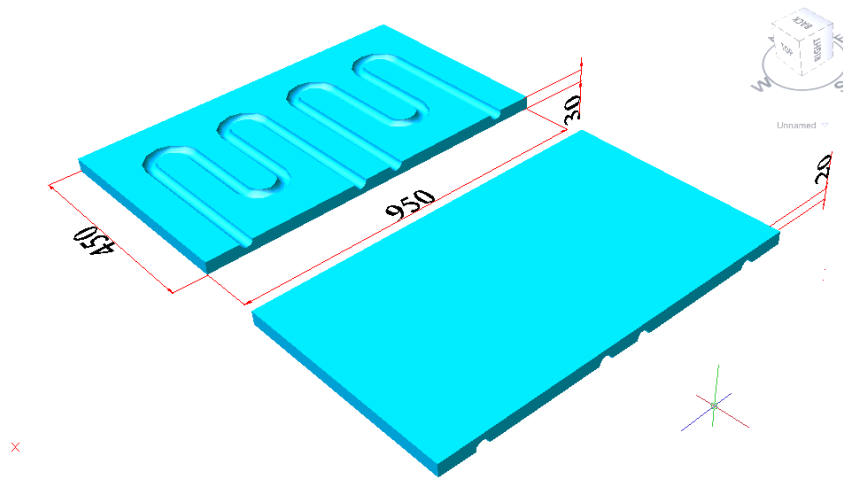
Las propiedades del aluminio son [6]:

$c_p = 0.243$ [Wh/kg°C]

$\rho = 2770$ [kg/m³]

La masa de la placa de aluminio se calcula:

Figura 11 dimensiones de la placa.



$$\begin{aligned}
 m &= \rho \times V_T \\
 m &= \rho \times (V_{placa} - V_{resistencias}) \\
 m &= \rho \times \left(a \times b \times e - \frac{\pi \times d^2}{8} \times L \right) \quad (3)
 \end{aligned}$$

Dónde:

V_T = volumen total del plato [m^3]

ρ = densidad del aluminio [kg/m^3]

a = lado longitudinal de la superficie de la placa [0.95m]

b = lado transversal de la superficie de la placa [0.45m]

e = espesor de la placa [0.05m]

L = longitud de la resistencia [3.8m]

d = diámetro del agujero de la resistencia eléctrica [0.01m]

Entonces:

$$\begin{aligned}
 m &= 2770 \times \left(0.95 \times 0.45 \times 0.05 - \frac{\pi \times 0.01^2}{8} \times 3.8 \right) \\
 m &= 59.209 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto la energía almacenada de la Ec. 2 es:

$$E_{alm} = 59.209 \times 0.243 \times \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$E_{alm} = 14.388 \times \frac{\partial T}{\partial t}$$

Pérdidas de Energía

Las pérdidas de energía se representan mediante la siguiente ecuación.

$$E_{sal} = q_{cov} \quad (4)$$

Calor perdido por Convección

$$q_{conv} = q_{conv(S)} + q_{conv(L)} \quad (5)$$

Dónde:

q_{conv} = calor total perdido por convección.

$q_{conv(S)}$ = calor perdido por convección parte superior de la placa.

$q_{conv(L)}$ = calor perdido por convección parte lateral de la placa.

El cálculo del calor perdido por convección en la parte superior del plato se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} q_{conv(S)} &= h_s \times A_s \times \Delta T \\ q_{conv(S)} &= h_s \times A_s \times (T_s - T_\infty) \end{aligned} \quad (6)$$

Dónde:

h_s = coeficiente de convección de la pared horizontal [$W/m^2 \cdot ^\circ K$]

A_s = área superior del plato [m^2]

T_s = Temperatura superficial de la placa [$^\circ K$]

T_∞ = Temperatura del aire [$^\circ K$]

$$A_s = a \times b$$

$$A_s = 0.95 \times 0.45$$

$$A_s = 0.428 \text{ m}^2$$

El coeficiente de convección asociado entre la placa de aluminio (pared horizontal) y el aire se calcula con la ecuación [2]:

$$h_s = \frac{k_{\text{aire}}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(s)} \quad (7)$$

Dónde:

k_{aire} = conductividad térmica del aire [W/m°K]

L_c = longitud característica [m]

$\overline{Nu}_{L(s)}$ = número de Nusselt

Las propiedades se evalúan a la temperatura de película [2]:

$$T_p = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (8)$$

Entonces:

$$T_p = \frac{573.15 + 290.15}{2}$$

$$T_p = 431.65 \text{ } ^\circ K$$

Para la longitud característica se tiene la siguiente ecuación [2]:

$$L_c = \frac{A_s}{P} \quad (9)$$
$$L_c = \frac{a \times b}{2a + 2b}$$

Entonces:

$$L_c = \frac{0.95 \times 0.45}{2 \times 0.95 + 2 \times 0.45}$$

$$L_c = 0.153m$$

Se determina si la convección se da en flujo laminar, a través del cálculo del número de Rayleigh. Para $Ra_{L(S)} \leq 10^7$ [10] se cumplirá con la condición indicada [2].

$$Ra_{L(S)} = \frac{g \times \beta \times (T_s - T_\infty) \times L_c^3}{\alpha \times \nu} \quad (10)$$

Dónde:

g = gravedad [m/s^2]

$\beta = 1/T_p$ [$^{\circ}K^{-1}$]

α = coeficiente de difusividad térmica [m^2/s]

ν = viscosidad cinemática [m^2/s]

Para placa horizontal caliente con cámara hacia abajo y placa horizontal fría con cámara hacia arriba, existe la siguiente expresión matemática que pone de manifiesto el número Nusselt en función de rayleigh, [2].

$$\overline{Nu}_{L(S)} = 0.27 Ra_L^{1/4}$$

$$3 \times 10^5 < Ra > 3 \times 10^{10}$$

$$Ra = 3 \times 10^7$$

$$\overline{Nu}_{L(S)} = 0.27 (3 \times 10^7)^{1/4}$$

$$\overline{Nu}_{L(S)} = 19.98$$

Obteniendo el siguiente coeficiente de convección de la Ec. 7:

$$h_s = \frac{k_{aire}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(S)}$$

$$h_s = \frac{0.036}{0.153} \times 19.98$$

$$h_s = 4.701 \frac{W}{m^2 K}$$

Reemplazando su valor en la Ec. 6 se tiene:

$$q_{conv(S)} = h_S \times A_S \times (T_S - T_\infty)$$

$$q_{conv(S)} = 4.701 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times 0.428 m^2 \times (T_S - T_\infty)$$

$$q_{conv(S)} = 2.012 (T_S - T_\infty) [W]$$

El cálculo del calor perdido a través de la cara lateral se lo realiza de la siguiente manera:

$$q_{conv(L)} = h_L \times A_L \times (T_S - T_\infty) \quad (11)$$

Dónde:

h_L = coeficiente de convección de la pared vertical [$W/m^2 \cdot K$]

A_L = área lateral de la placa [m^2]

$$A_L = 2 \times a \times e + 2 \times b \times e$$

$$A_L = 2(950)(50) + 2(450)(50)$$

$$A_L = 0.140 m^2$$

El coeficiente de convección asociado entre la placa de aluminio (pared vertical) y el aire se calcula con la ecuación:

$$h_L = \frac{k_{aire}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(L)}$$

La longitud característica es igual al espesor de la placa de aluminio porque se considera como pared vertical.

$$L_c = e = 0.05 m$$

Se determina si la convección se da en flujo laminar, a través del cálculo del número de Rayleigh. Para $Ra \leq 10^9$ se cumplirá con la condición indicada [2].

$$Ra_{L(L)} = \frac{g \times \beta \times (T_S - T_\infty) \times L_c^3}{\alpha \times \nu}$$

g = gravedad [m/s^2]

$$\beta = 1/T_f \text{ [}^\circ\text{K}^{-1}\text{]}$$

α = coeficiente de difusividad térmica [m^2/s]

ν = viscosidad cinemática [m^2/s]

Para una placa vertical considerando que la longitud característica L_c es igual a la altura de la placa, McAdams recomienda la siguiente ecuación [2].

$$\overline{Nu}_{L(L)} = 0.59 Ra_L^{1/4} \quad 10^4 < Ra_L^{1/4} < 10^9$$

Asumo: $Ra = 10^5$

Por lo tanto se procede a calcular el número de Nusselt con la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} \overline{Nu}_{L(L)} &= 0.59 (10^5)^{1/4} \\ \overline{Nu}_{L(L)} &= 10.50 \end{aligned}$$

El coeficiente de convección será el siguiente:

$$\begin{aligned} h_L &= \frac{k_{aire}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(L)} \\ h_L &= \frac{0.036}{0.050} \times 10.50 \\ h_L &= 7.560 \frac{W}{m^2 K} \end{aligned}$$

El calor perdido por las caras laterales se calcula reemplazando en la ecuación 11:

$$\begin{aligned} q_{conv(L)} &= 7.560 \times 0.140 \times (T_s - T_\infty) \\ q_{conv(L)} &= 1.058 (T_s - T_\infty) [W] \end{aligned}$$

Por lo tanto el calor total perdido por convección es:

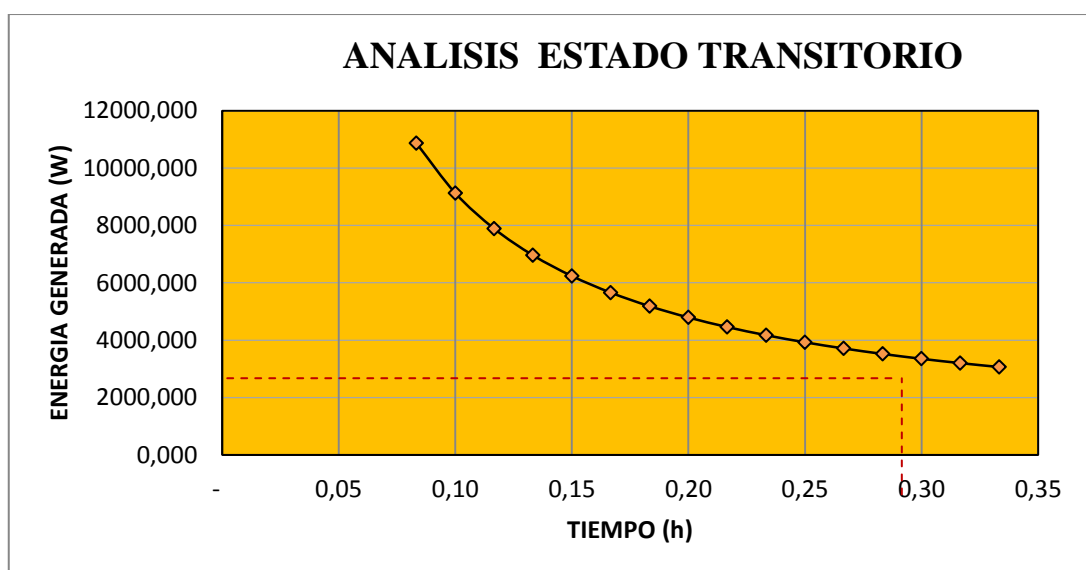
$$\begin{aligned} q_{conv} &= q_{conv(S)} + q_{conv(L)} \\ q_{conv} &= 3.070 (T_s - T_\infty) [W] \end{aligned}$$

En la tabla 10 está la solución de la ecuación diferencial del estado transitorio para diferentes tiempos lo que se observa como varía la energía generada.

Tabla 10. Iteración de los diferentes tiempos

Tiempo (min)	Tiempo (h)	Energía Generada
5	0,08	10862,847
6	0,10	9126,963
7	0,12	7887,389
8	0,13	6958,010
9	0,15	6235,428
10	0,17	5657,602
11	0,18	5185,055
12	0,20	4791,465
13	0,22	4458,613
14	0,23	4173,483
15	0,25	3926,530
16	0,27	3710,596
17	0,28	3520,207
18	0,30	3351,105
19	0,32	3199,929
20	0,33	3063,990

Figura 13. Análisis estado transitorio



El desarrollo de la ecuación diferencial del estado transitorio está representada en la figura 13, donde el tiempo (h) representa el tiempo que necesita la resistencia eléctrica para calentarse, la energía generada (W) representa la potencia que debe tener la resistencia eléctrica. En conclusión mientras mayor tiempo disponga para el calentamiento de la resistencia eléctrica menor será la potencia de la misma

3.3.2 Análisis en estado estable. El análisis se realiza una vez que el plato calefactor ha alcanzado la temperatura de trabajo requerida y se está prensando el material. El material utilizado para efecto de cálculo de los diferentes de textiles es el poliéster (compuesto) ya que es el material más utilizado en la fábrica para la realización del termofijado.

$$E_g = E_{sal} + E_{alm} \quad (13)$$

Energía absorbida por el compuesto [2]

$$E_{alm} = m_c \times c_{pc} \times \frac{dT}{dt} \quad (14)$$

m_c = masa del compuesto [kg]

c_{pc} = calor específico del compuesto [W.h/kg°C]

$\frac{dT}{dt}$ = variación de la temperatura respecto al tiempo

$c_{pc} = 0.375$ [W.h/kg°C]

$m_c = 0.60$ kg

Entonces:

$$E_{alm} = 0.225 \times \frac{dT}{dt}$$

Energía perdida por convección

Las pérdidas de energía se representan mediante la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} E_{sal} &= q_{conv} \\ q_{conv} &= q_{conv(S)} + q_{conv(L)} \end{aligned} \quad (15)$$

E_g = Energía generada por la resistencia eléctrica.

$q_{conv(S)}$ = energía perdida por convección en la parte superior de la placa [W]

$q_{conv(L)}$ = energía perdida por convección en la parte lateral de la placa [W]

$$\begin{aligned}
 q_{conv(S)} &= h_s \times A_s \times (\Delta T) \\
 q_{conv(S)} &= h_s \times A_s \times (T_s - T_\infty)
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

h_s = coeficiente de convección de la pared horizontal [W/m²°K]

A_s = área superior de la placa [m²]

T_s = Temperatura superficial de la placa [°K]

T_∞ = Temperatura del aire [°K]

$$A_s = a \times b \tag{17}$$

Entonces:

$$A_s = 0.95 \times 0.450$$

$$A_s = 0.4288 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{A_s}{P} \\
 L_c &= \frac{0.428}{1.4} \\
 L_c &= 0.306
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

Entonces:

$$h_L = \frac{k_{\text{aire}}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(L)}$$

k_{aire} = conductividad térmica del aire [W/m°K]

L_c = longitud característica [m]

$Nu_{L(s)}$ = número de Nusselt

Las propiedades se evalúan a la temperatura de película [2]:

$$\overline{Nu}_{L(s)} = 0.27 Ra_L^{1/4} \quad 3 \times 10^5 < Ra < 3 \times 10^{10}$$

$$\text{Asumo } Ra = 3 \times 10^5$$

$$\overline{Nu}_{L(s)} = 0.27 (3 \times 10^5)^{1/4}$$

$$\overline{Nu}_{L(s)} = 6.32$$

$$h_L = \frac{k_{\text{aire}}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(L)}$$

$$h_L = \frac{0.036}{0.306} \times 6.32$$

$$h_L = 1.711 \frac{W}{m^2 K}$$

$$q_{conv(S)} = h_s \times A_s \times (\Delta T)$$

$$q_{conv(S)} = 1.711 \times 0.108 \times (T_s - T_\infty)$$

$$q_{conv(S)} = 0.185 \times (T_s - T_\infty) [W]$$

El coeficiente de convección de la pared vertical h_L [$W/m^2 K$] se lo calcula de manera similar que en el estado transitorio. Se tiene entonces

El cálculo del calor perdido a través de la cara lateral se lo realiza de la siguiente manera:

$$q_{conv(L)} = h_L \times A_L \times (T_s - T_\infty)$$

Dónde:

h_L = coeficiente de convección de la pared vertical [$W/m^2 K$]

A_L = área lateral de la placa [m^2]

$$A_s = 2 \times a \times e + 2 \times b \times e$$

$$A_s = 2(950)(50) + 2(450)(50)$$

$$A_s = 0.140 m^2$$

El coeficiente de convección asociado entre el plato de aluminio (pared vertical) y el aire se calcula con la ecuación:

$$h_L = \frac{k_{aire}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(L)}$$

La longitud característica es igual al espesor de la placa de aluminio porque se considera como pared vertical [6].

$$L_c = e = 0.05 m$$

Se determina si la convección se da en flujo laminar, a través del cálculo del número de Rayleigh. Para $Ra \leq 10^9$ se cumplirá con la condición indicada [1].

$$Ra_{L(L)} = \frac{g \times \beta \times (T_s - T_\infty) \times L_c^3}{\alpha \times \nu}$$

g = gravedad [m/s^2]

β = $1/T_f$ [$^{\circ}K^{-1}$]

α = coeficiente de difusividad térmica [m^2/s]

ν = viscosidad cinemática [m^2/s]

Para una placa vertical considerando que la longitud característica L_c es igual a la altura de la placa, McAdams recomienda la siguiente ecuación [6].

$$\overline{Nu}_{L(L)} = 0.59 Ra_L^{1/4} \quad 10^4 < Ra_L^{1/4} < 10^9$$

Asumo: $Ra=10^5$

Por lo tanto se procede a calcular el número de Nusselt con la siguiente ecuación

$$\overline{Nu}_{L(L)} = 0.59 (10^5)^{1/4}$$

$$\overline{Nu}_{L(L)} = 10.50$$

El coeficiente de convección será el siguiente:

$$h_L = \frac{k_{aire}}{L_c} \times \overline{Nu}_{L(L)}$$

$$h_L = \frac{0.036}{0.050} \times 10.50$$

$$h_L = 7.560 \frac{W}{m^2 K}$$

El calor perdido por las caras laterales será:

$$q_{conv(L)} = 7.560 \times 0.14 \times (T_s - T_\infty)$$

$$q_{conv(L)} = 1.058 (T_s - T_\infty) [W]$$

$$q_{conv} = q_{conv(S)} + q_{conv(L)}$$

$$q_{conv} = 1.243 \times (T_s - T_\infty)$$

$$E_{alm} = 0.225 \times \frac{dT}{dt}$$

La energía total perdida en los alrededores cuando la máquina está trabajando es

$$E_g = E_{sal} + E_{alm}$$

$$E_{sal} = q_{cov}$$

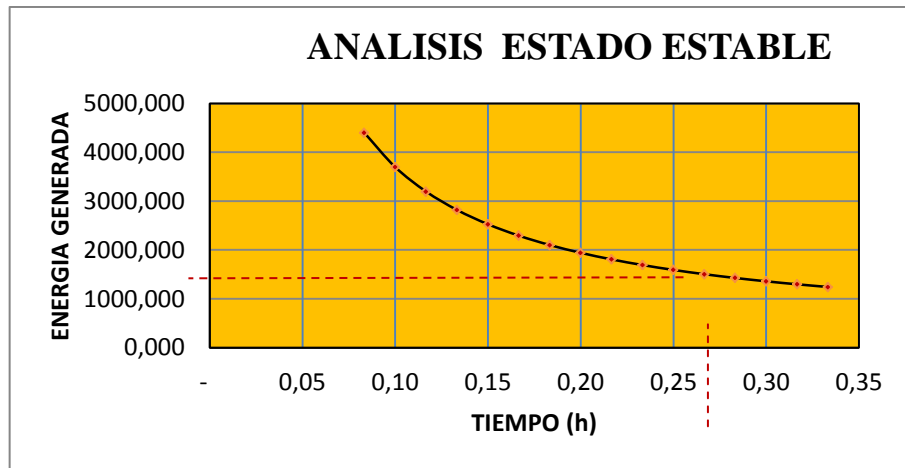
$$E_g = 0.225 \times \frac{dT_s}{dt} + 1.243 (T_s - T_\infty)$$

Se procede a resolver la ecuación diferencial obtenida para determinar el tiempo necesario para que el plato calefactor alcance la temperatura de trabajo

$$4.44E_g + 5.52T_\infty - 5.52T_s = e^{-t+C}$$

15	0,25	1590,593
16	0,27	1503,120
17	0,28	1425,996
18	0,30	1357,494
19	0,32	1296,255
20	0,33	1241,188

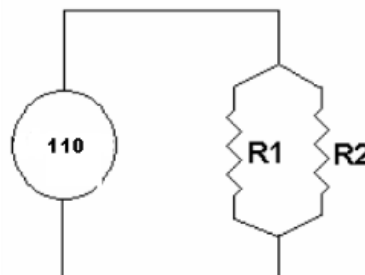
Figura 15. Análisis estado estable



Se puede observar que conforme el tiempo de calentamiento aumenta, la energía necesaria para su procesamiento es menor, pero dichos valores son menores a los calculados en estado transitorio. Por lo tanto se considera los cálculos realizados en el estado transitorio, el tiempo de calentamiento de la placa está dentro de un rango de 16 a 17 minutos por lo que la potencia necesaria para realizar el proceso de calentamiento de la placa de aluminio es aproximadamente 3600 [W].

De ahí es necesario la utilización de dos resistencias de 1800 [W] cada una conectadas en paralelo, que cubra toda el área de la placa de aluminio, para que así alcance la energía necesaria que es de 3600[W] para calentar el área total de la placa.

Figura 16. Conexión de las resistencias en paralelo



CÁPITULO IV

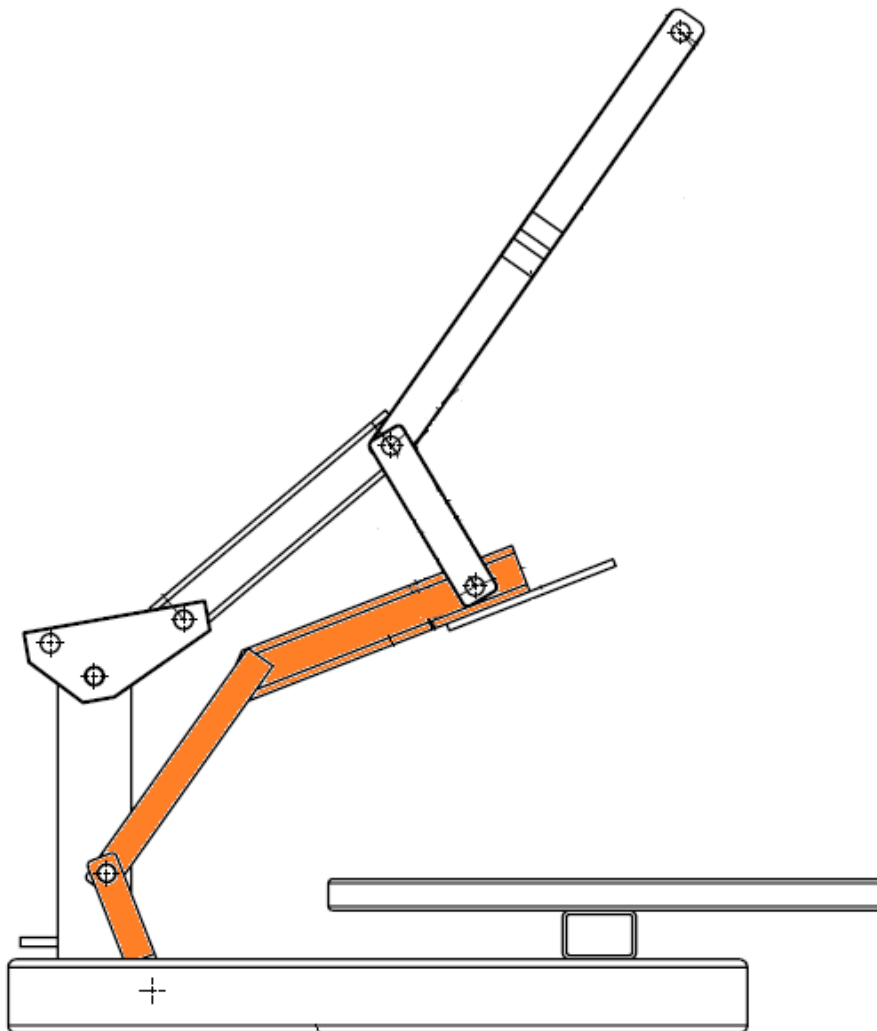
4. DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS

4.1 Diseño mecánico

En el diseño mecánico se detalla toda la selección de los elementos que conforman la máquina de termofijado de entretelas, con el análisis de las fuerzas y esfuerzos a los que están sometidos los elementos seleccionados.

4.1.1 *Brazo articulado.*

Figura 17. Ubicación del brazo articulado



Para realizar el diseño del brazo articulado primeramente se realiza el dibujo de dicho elemento en algún programa de dibujo.

Figura 18. Brazo articulado



Se procede a asignar las propiedades a cada uno de los componentes del elemento,

Figura 19. Asignación de propiedades

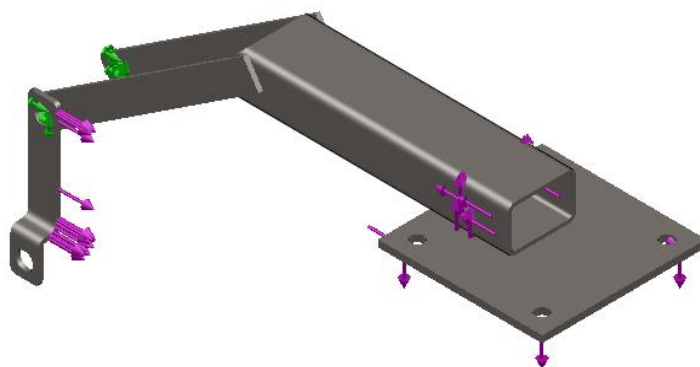


Tabla 11. Asignación individual de propiedades al elemento

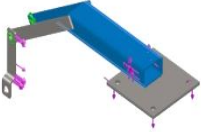
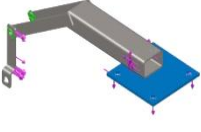
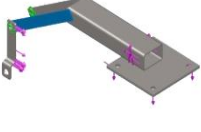
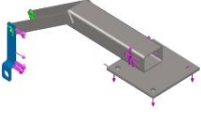
	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>brazo articulado</p> 	Sólido	<p>Masa:1.31168 kg Volumen:0.000167093 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:12.8545 N</p>
<p>Material-brazo articulado-2</p> 	Sólido	<p>Masa:0.972373 kg Volumen:0.000123869 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:9.52926 N</p>
<p>Material-brazo articulado-3</p> 	Sólido	<p>Masa:0.174221 kg Volumen:2.21938e-005 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:1.70737 N</p>
<p>Material-brazo articulado-4</p> 	Sólido	<p>Masa:0.099038 kg Volumen:1.26163e-005 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:0.970572 N</p>

Tabla 12. Propiedades generales del elemento

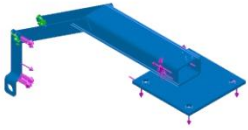
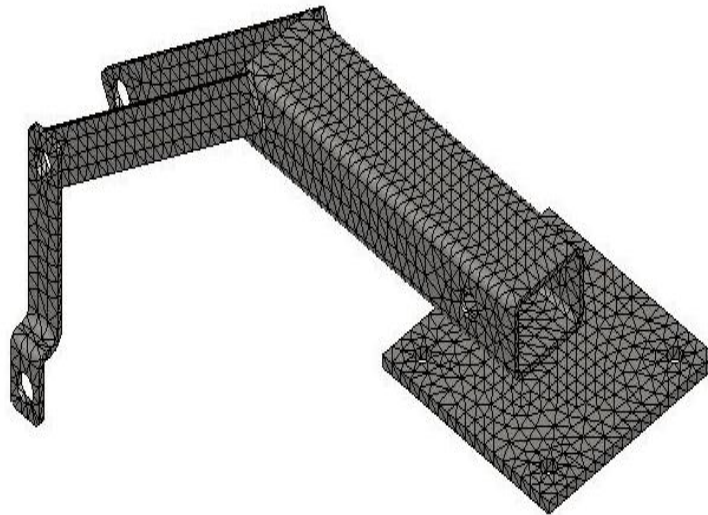
Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico</p> <p>Criterio de error: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²</p>

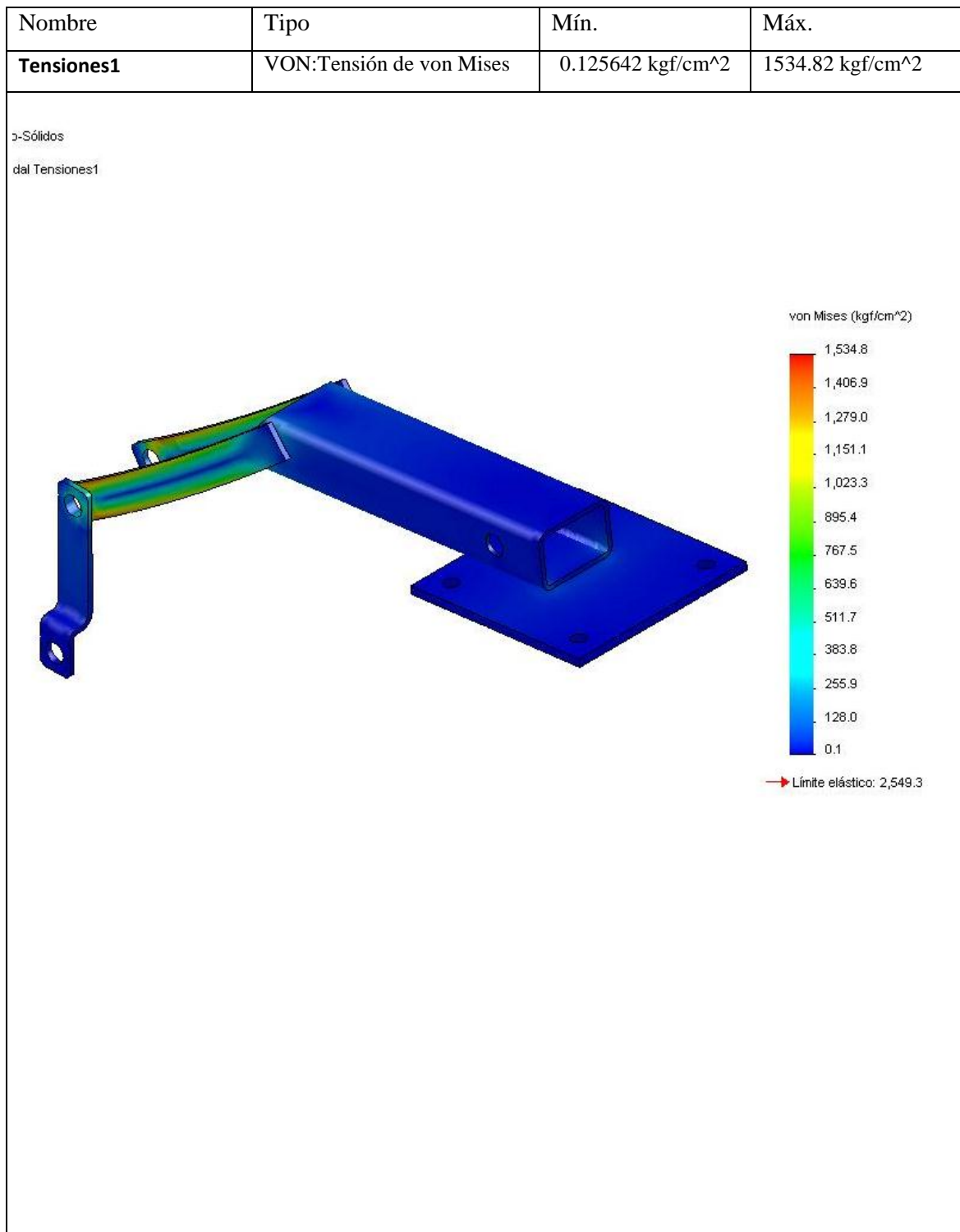
Figura 20. Mallado del elemento



Luego con ayuda de software se procede al diseño obteniendo los diferentes resultados según el tipo requerido.

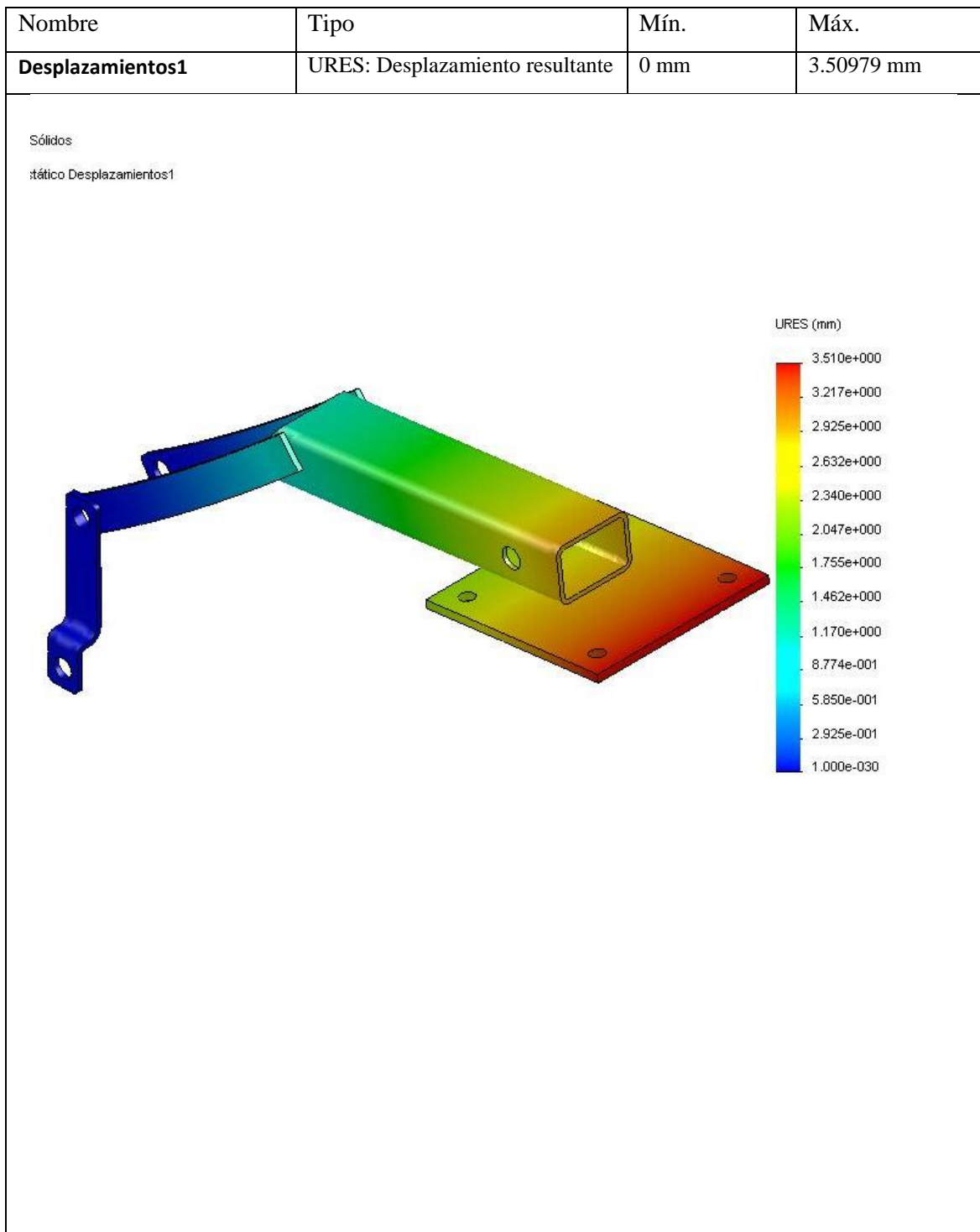
Tensión de Von Mises

Figura 21. Representación de las tensiones de Von Mises



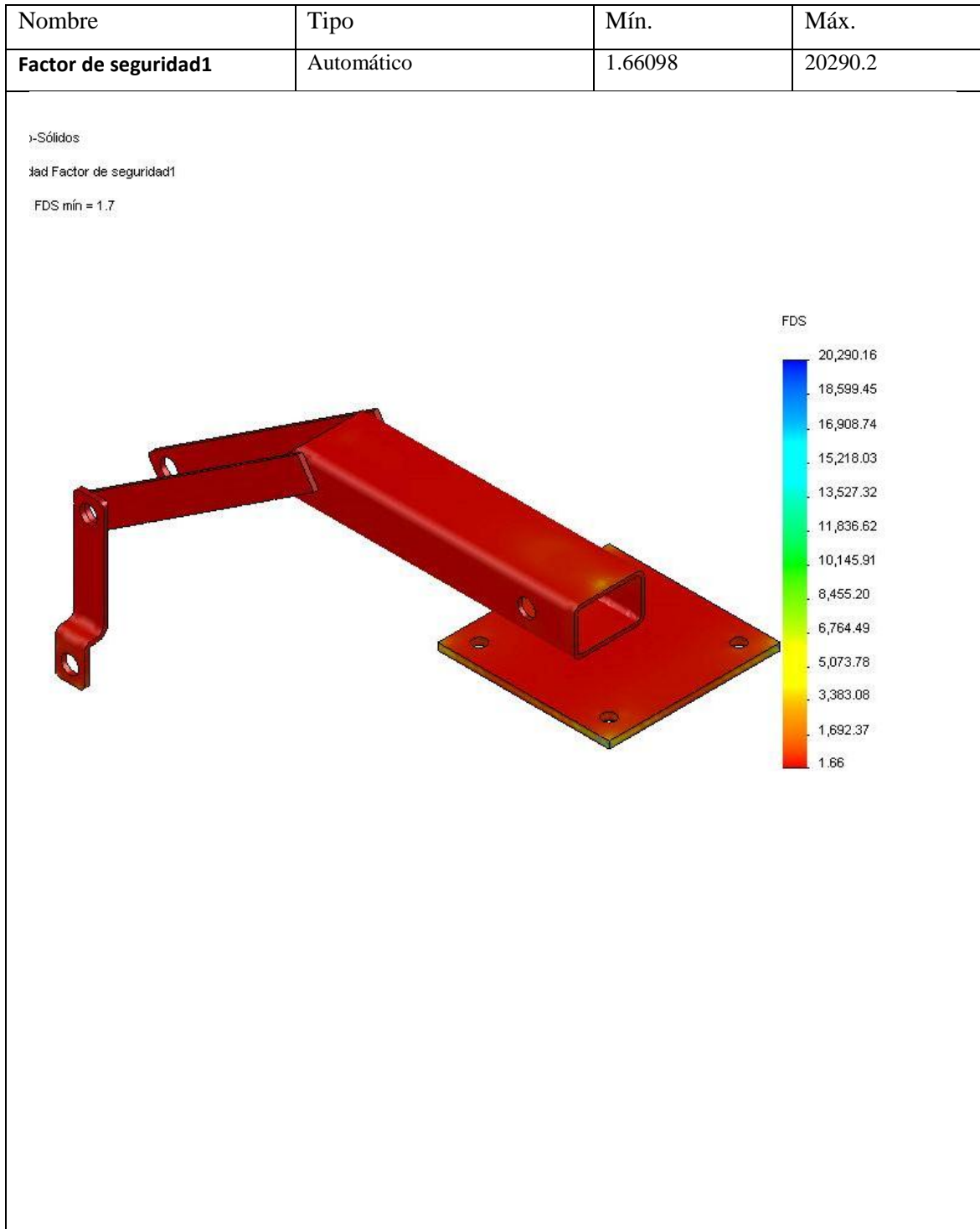
Desplazamiento resultante

Figura 22. Representación gráfica de los desplazamientos



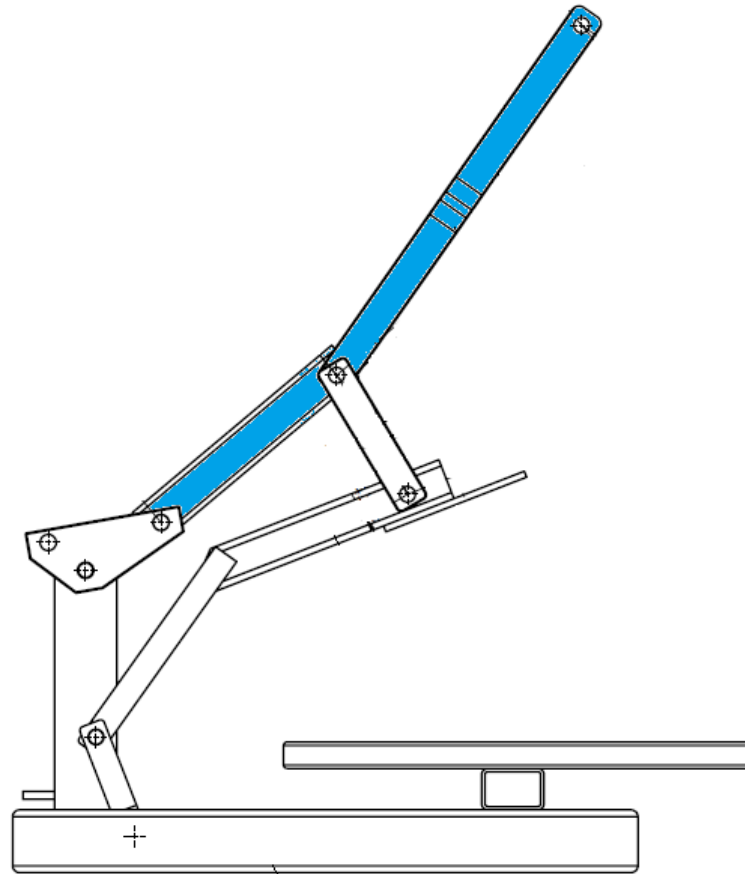
Factor de seguridad

Figura 23. Obtención del factor de seguridad



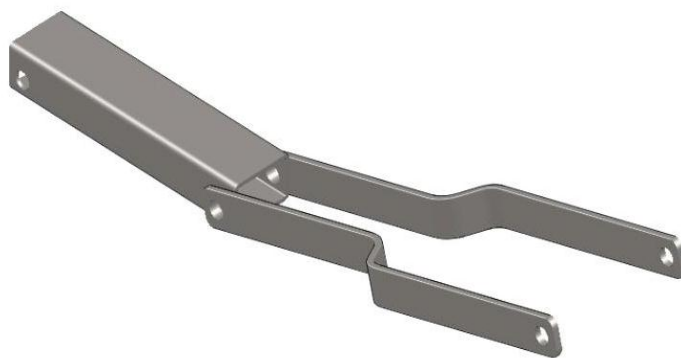
4.1.2 Brazo palanca

Figura 24. Ubicación del brazo palanca



Se realiza el mismo procedimiento que en el primer caso.

Figura 25. Brazo palanca



Asignación de propiedades

Figura 26. Asignación de propiedades

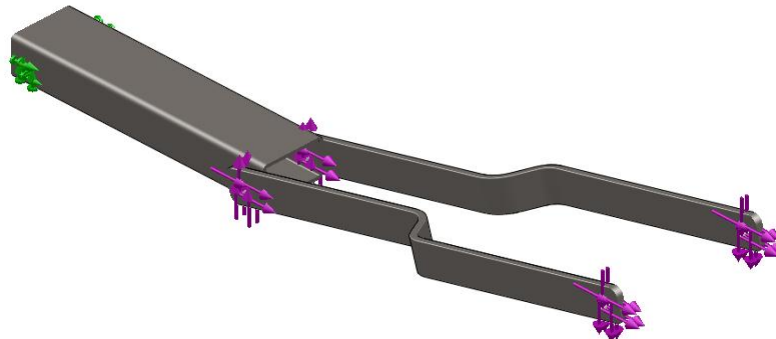


Tabla 13. Propiedades del elemento

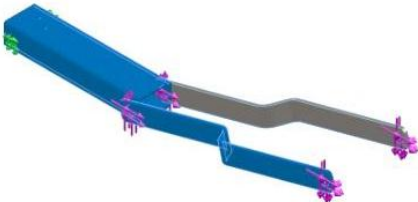
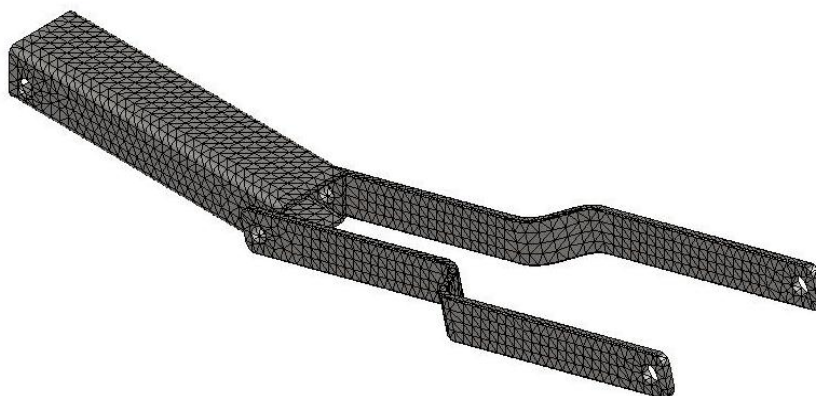
Referencia de modelo	Propiedades	
	Nombre:	ASTM A36 Acero
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson:	0.26
	Densidad:	7850 kg/m ³
	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²

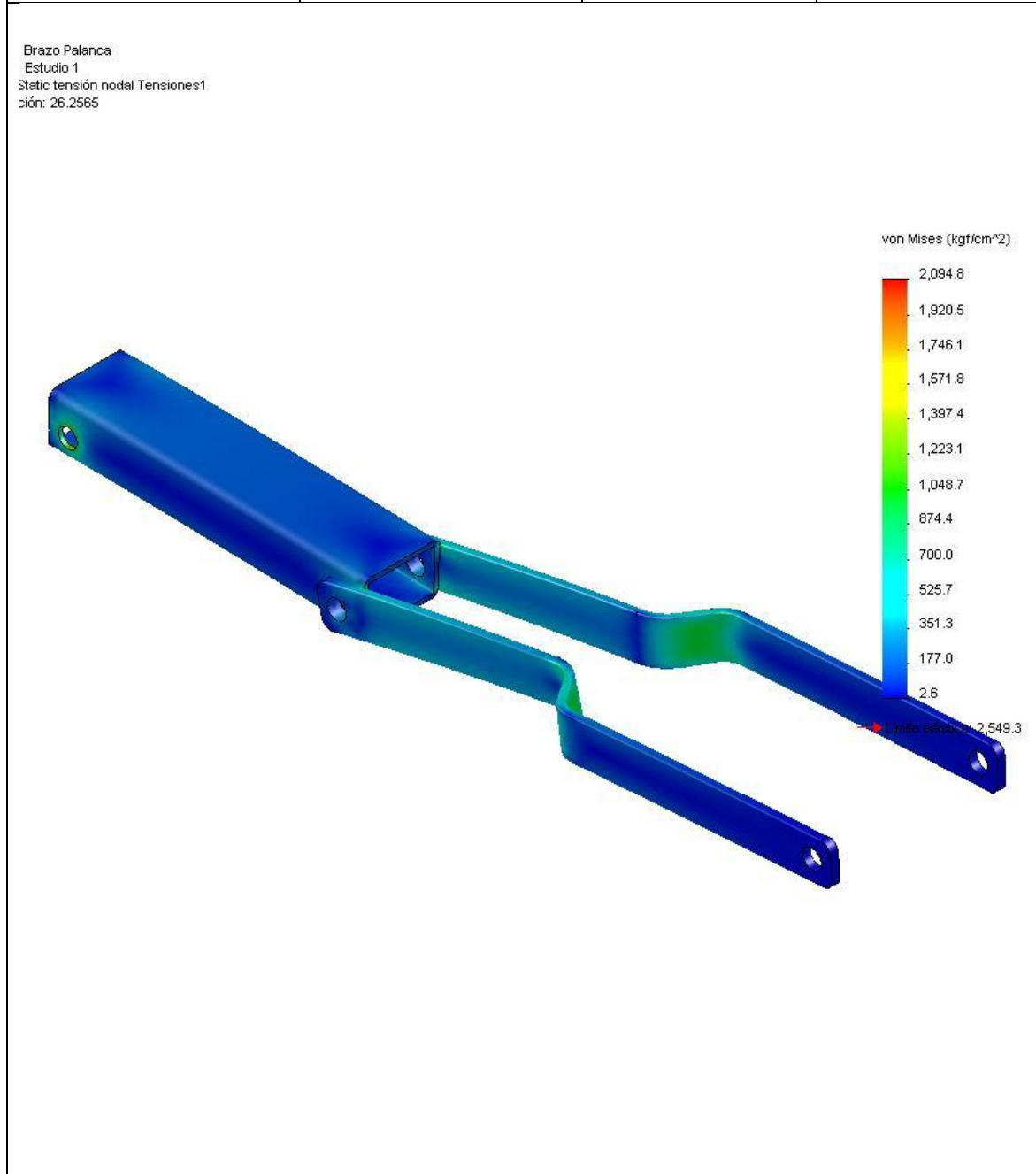
Figura 27. Mallado del elemento



Tensión de Von Mises

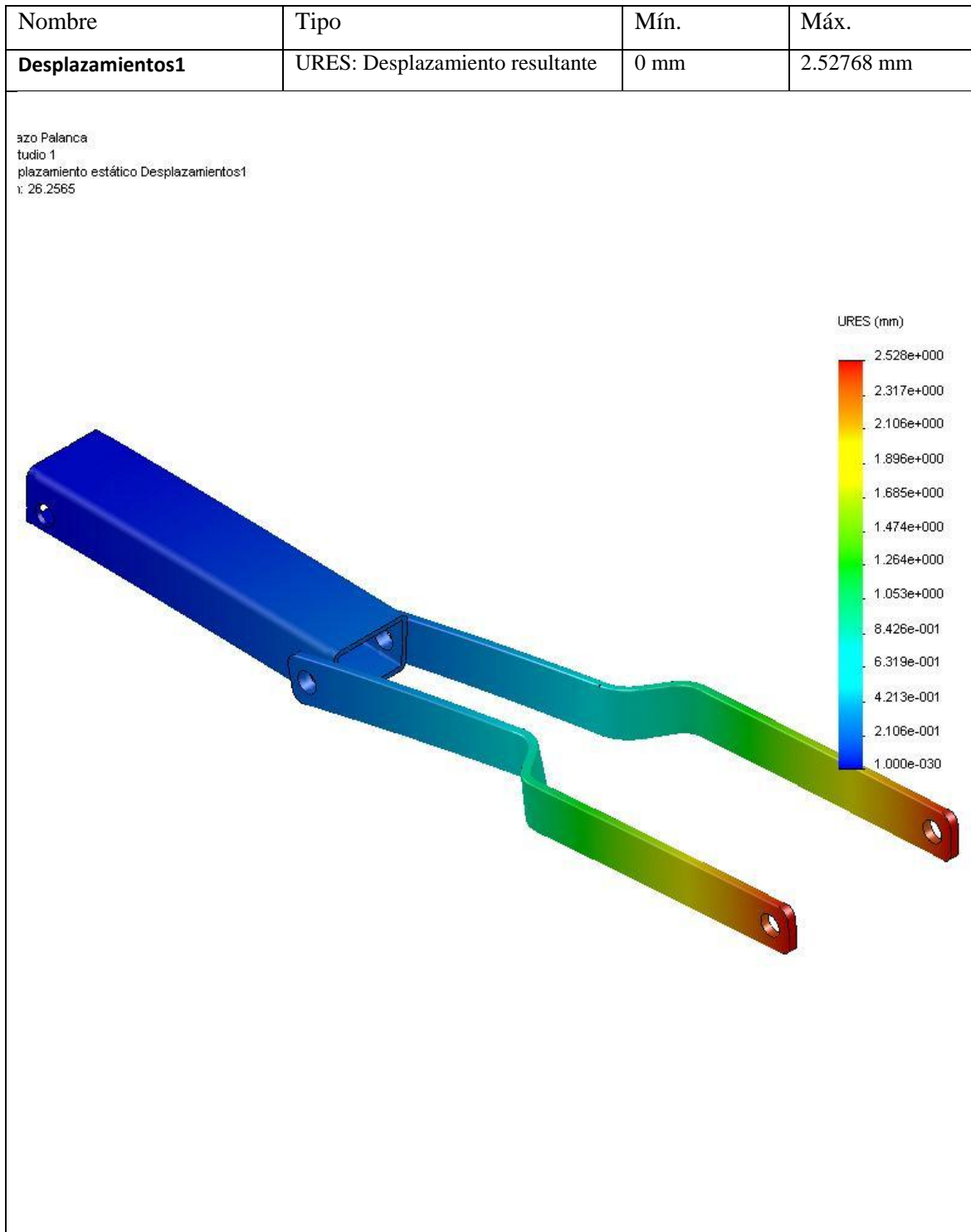
Figura 28. Representación de las tensiones de Von Mises

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.61894 kgf/cm ²	2094.84 kgf/cm ²



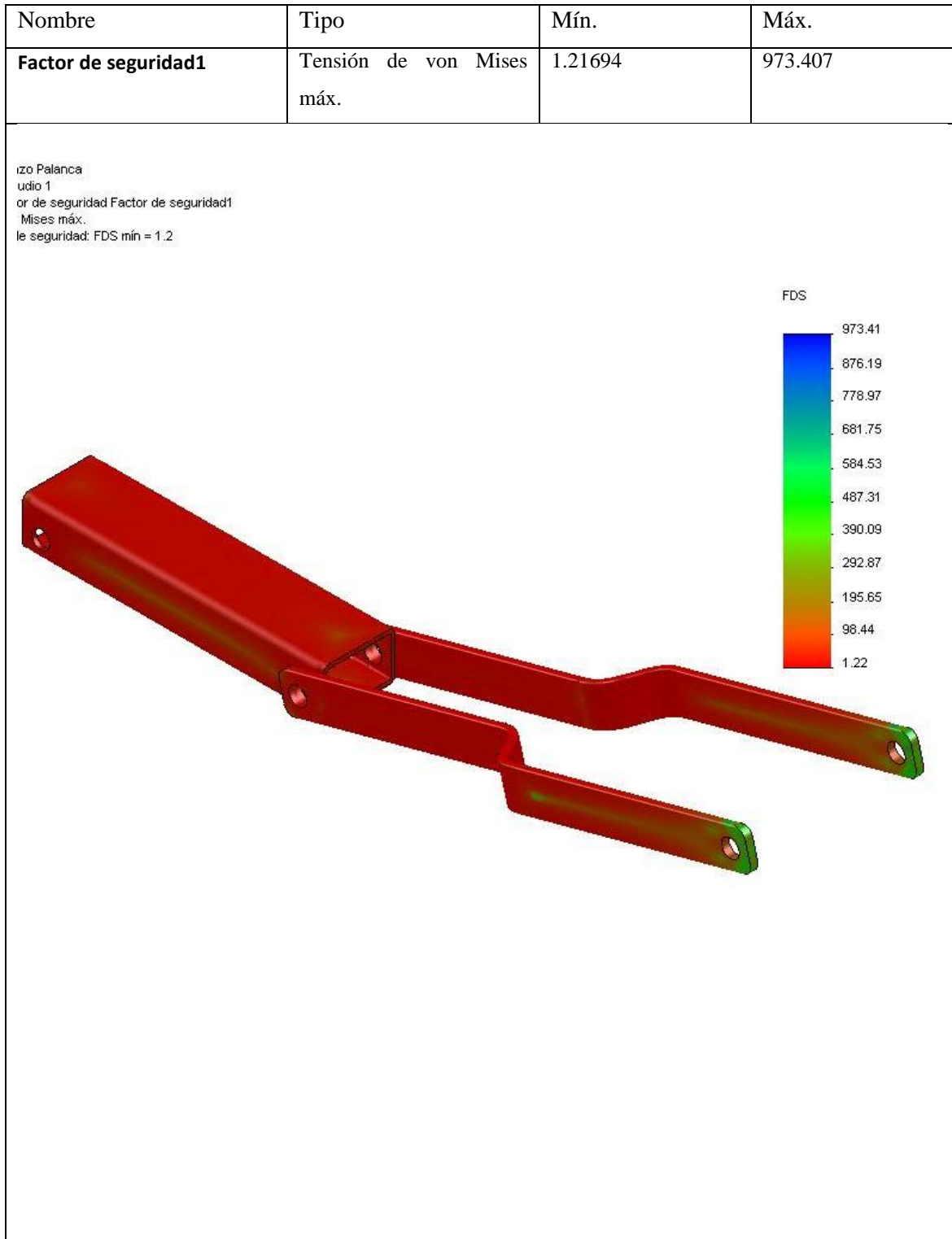
Desplazamiento resultante

Figura 29. Representación de los desplazamientos



Factor de seguridad

Figura 30. Obtención del factor de seguridad



4.1.3 Eslabón

Figura 31. Ubicación del eslabón

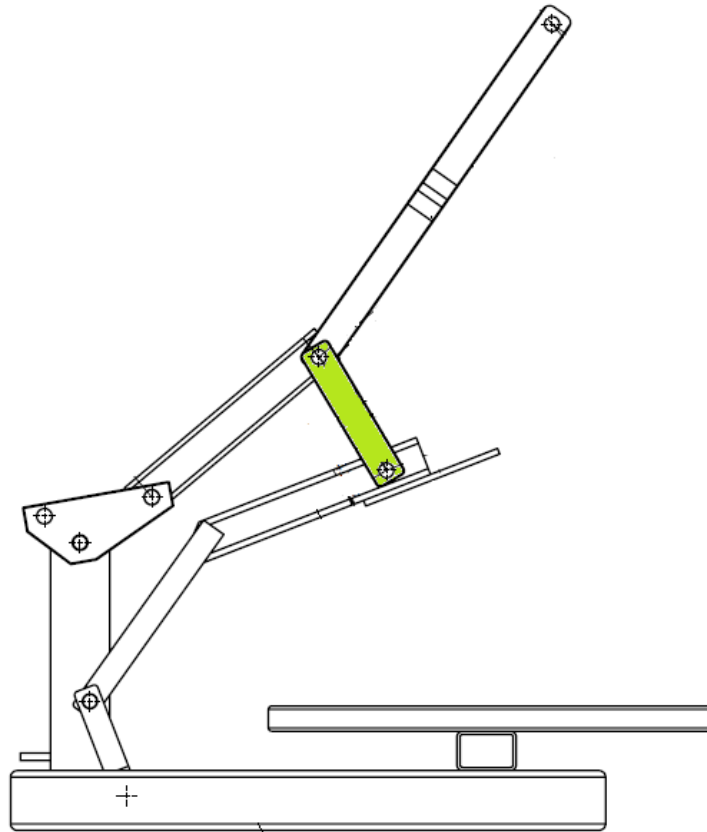
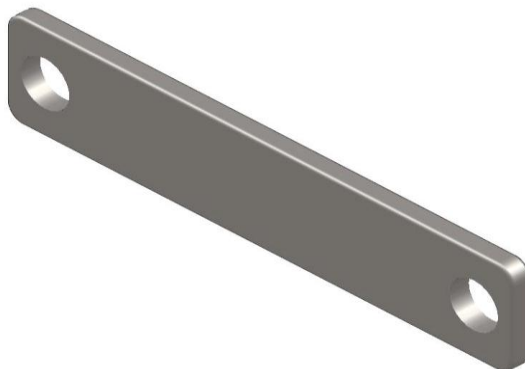


Figura 32. Eslabón



Asignación de propiedades

Figura 33. Asignación de propiedades

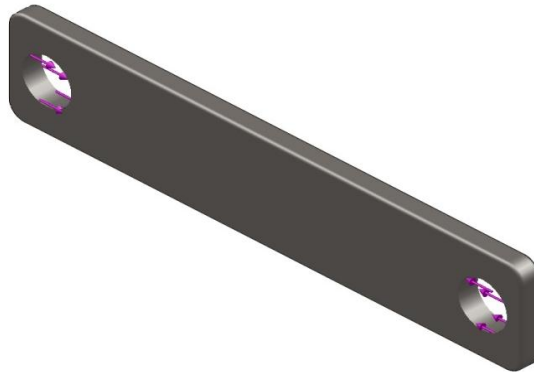
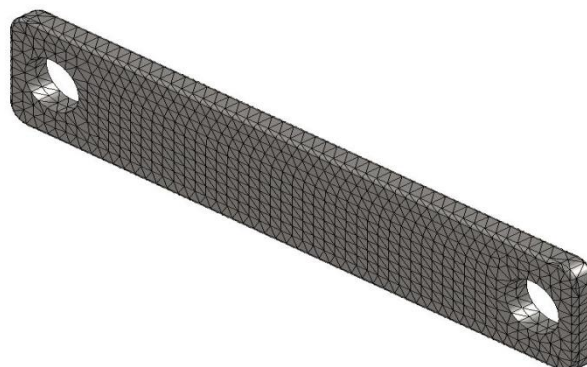


Tabla 14. Propiedades del elemento

Referencia de modelo	Propiedades	
	Nombre:	ASTM A36 Acero
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson:	0.26
	Densidad:	7850 kg/m ³
	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²

Figura 34. Mallado del elemento

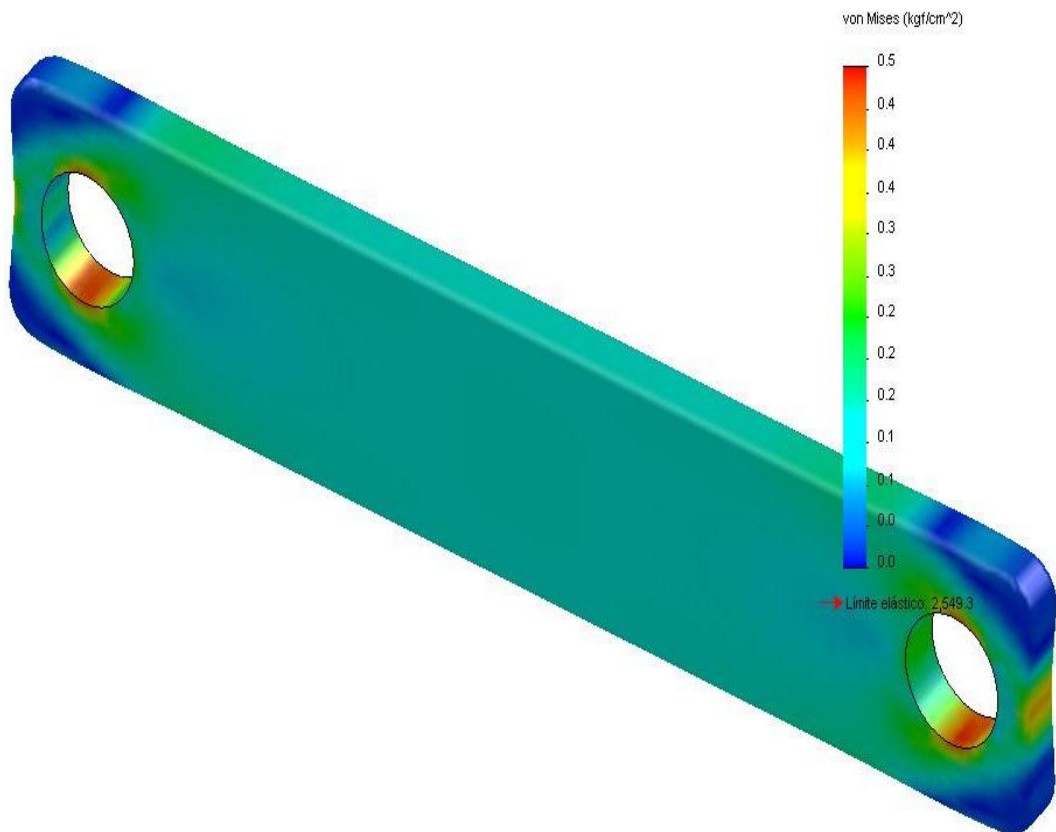


Tensión de Von Mises

Figura 35. Representación de las tensiones de Von Mises

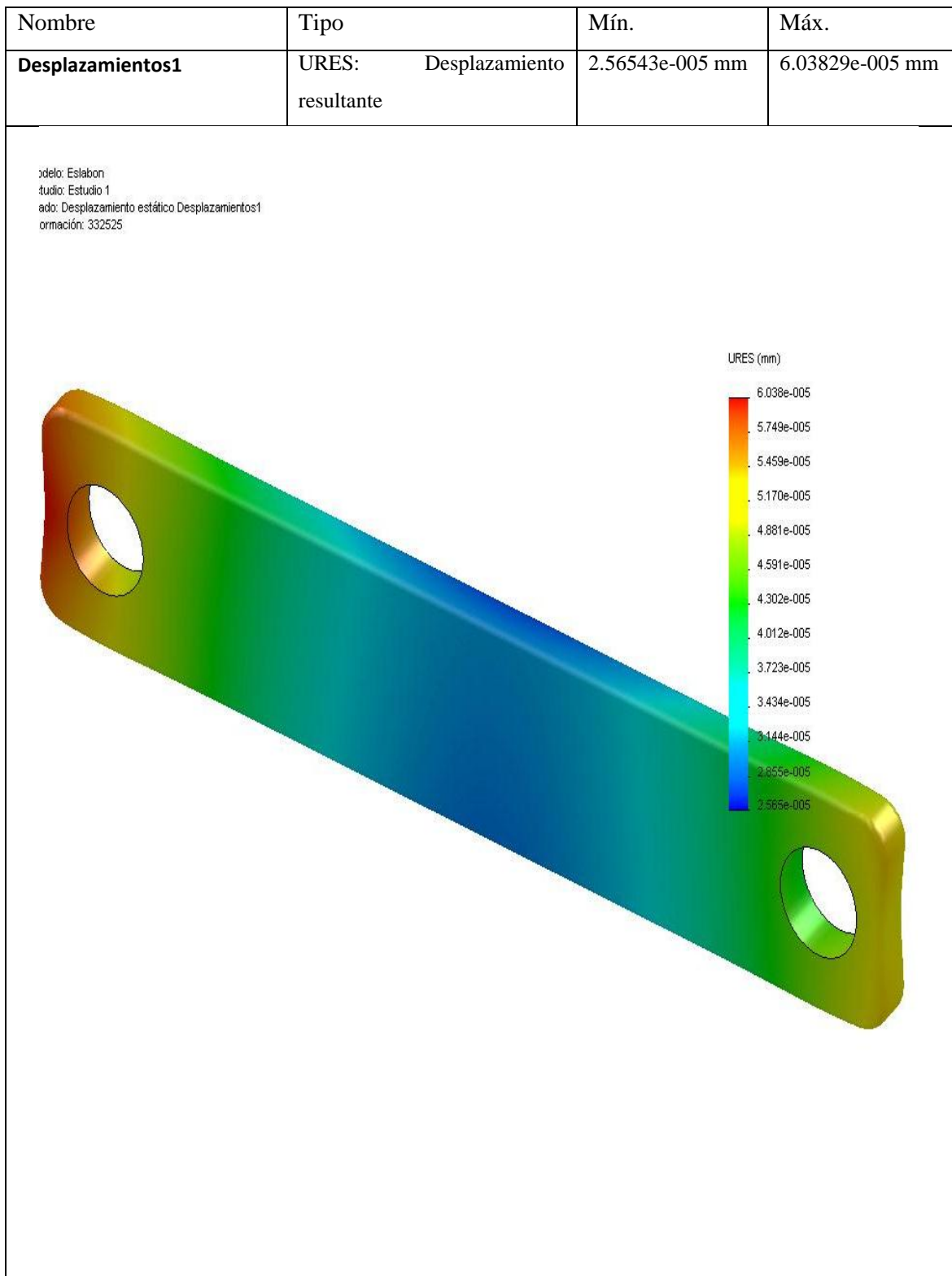
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00868424 kgf/cm ²	0.488379 Kgf/cm ²

odelo: Eslabon
studio: Estudio 1
tado: Static tensión nodal Tensiones1
formación: 332525



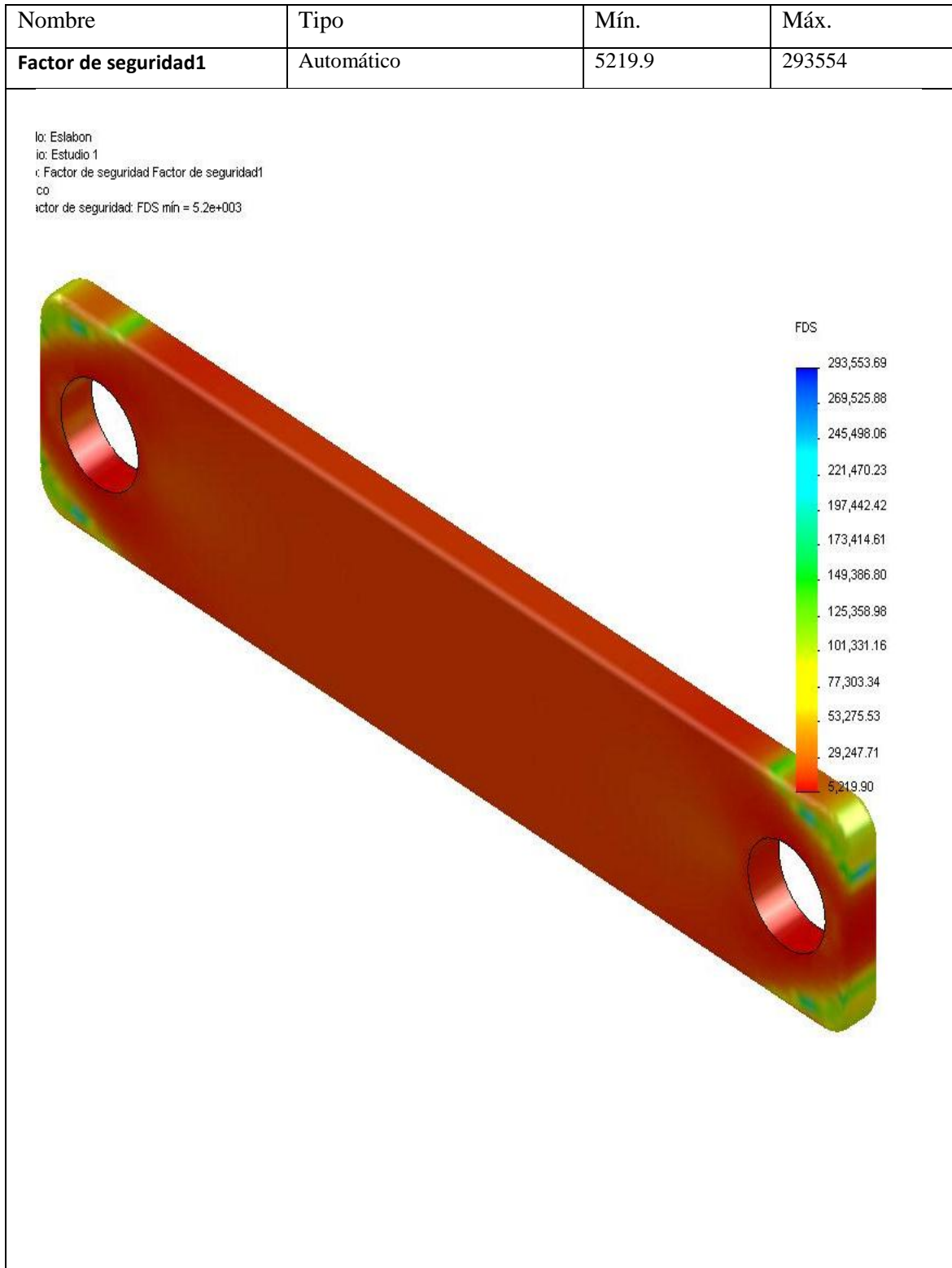
Desplazamiento resultante

Figura 36. Representación de los desplazamientos



Factor de seguridad

Figura 37. Obtención del factor de seguridad



4.1.4 Placa de articulación

Figura 38. Ubicación de la placa de articulación

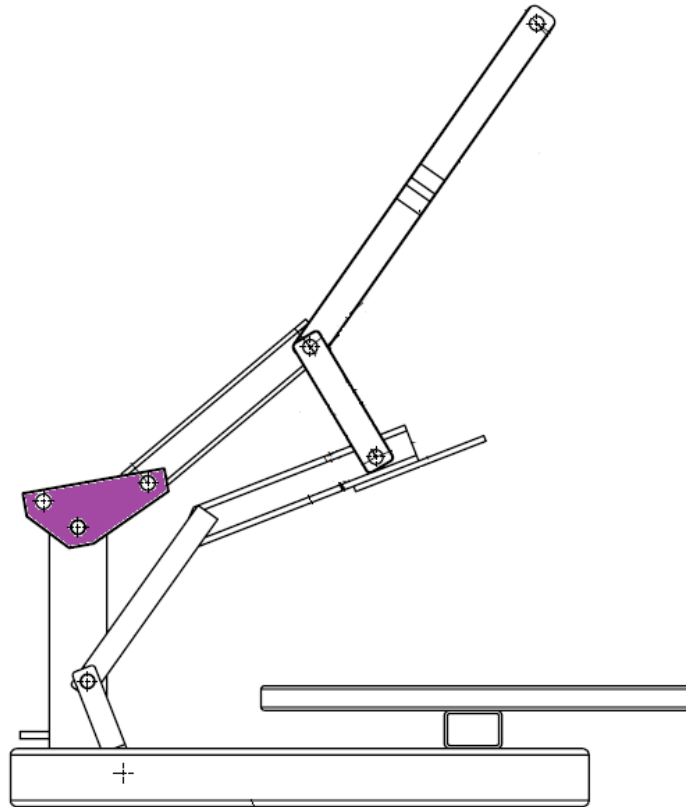


Figura 39. Placa de articulación



Figura 40. Asignación de propiedades

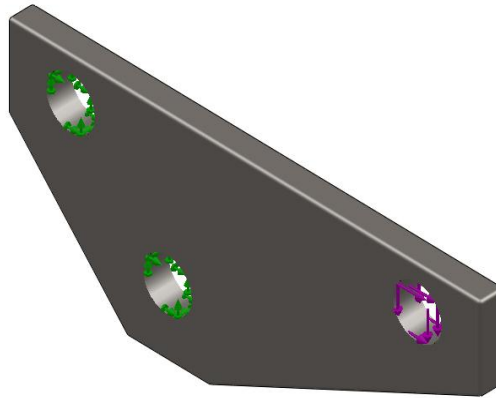


Tabla 15. Propiedades de los elementos

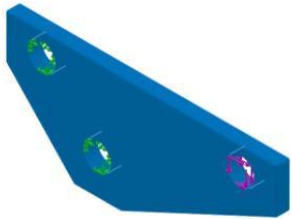
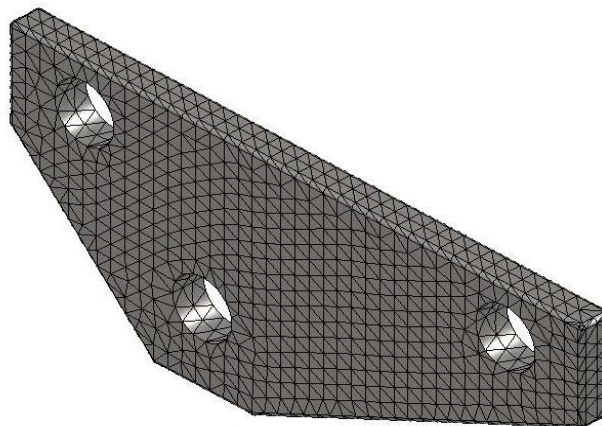
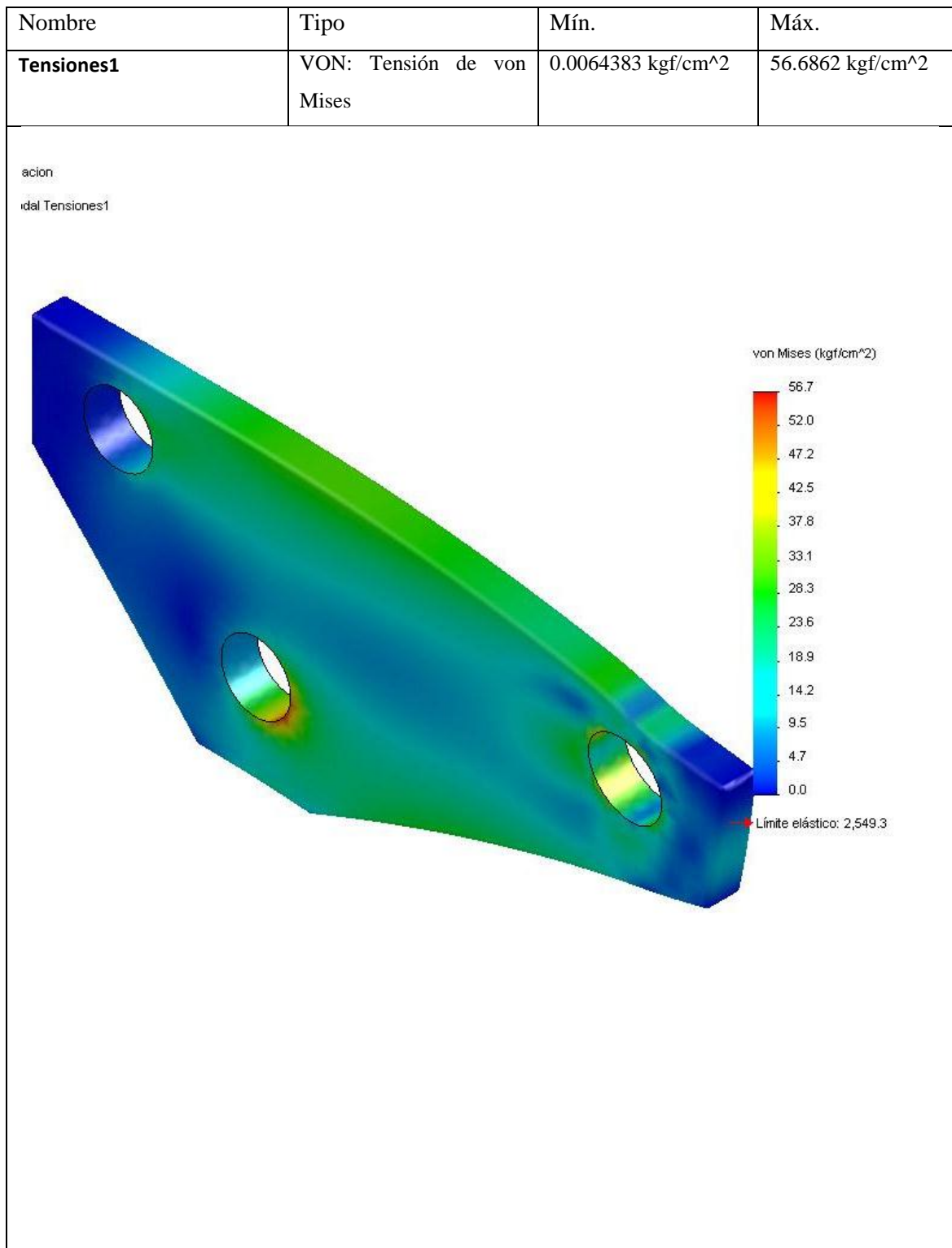
Referencia de modelo	Propiedades	
	Nombre:	ASTM A36 Acero
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
	Coeficiente de Poisson:	0.26
	Densidad:	7850 kg/m ³
	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²

Figura 41. Mallado del elemento



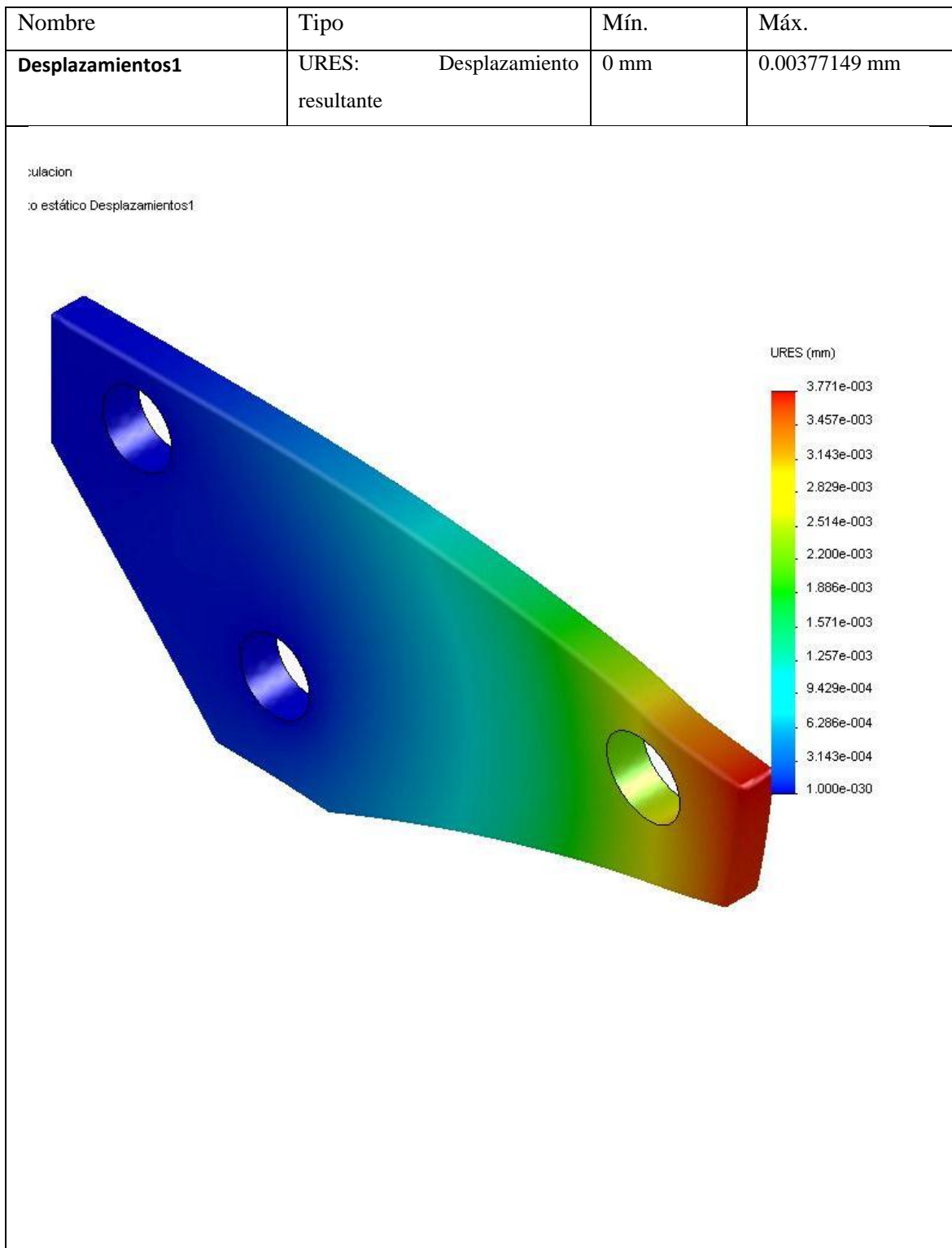
Tensión de Von Mises

Figura 42. Representación de las tensiones de Von Mises



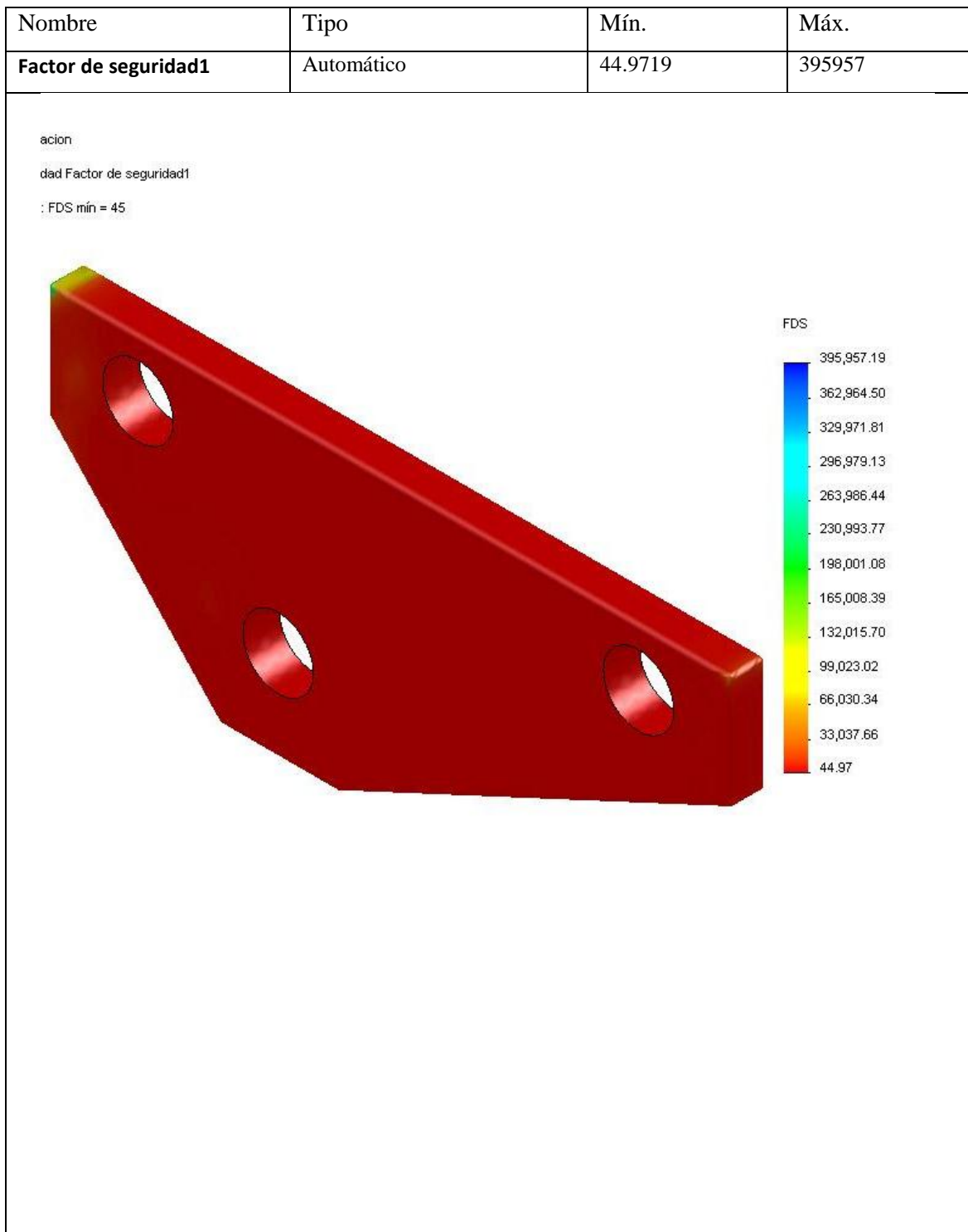
Desplazamiento resultante

Figura 43. Representación de los desplazamientos



Factor de seguridad

Figura 44. Obtención del factor de seguridad



4.1.5 Estructura

Figura 45. Ubicación de la estructura

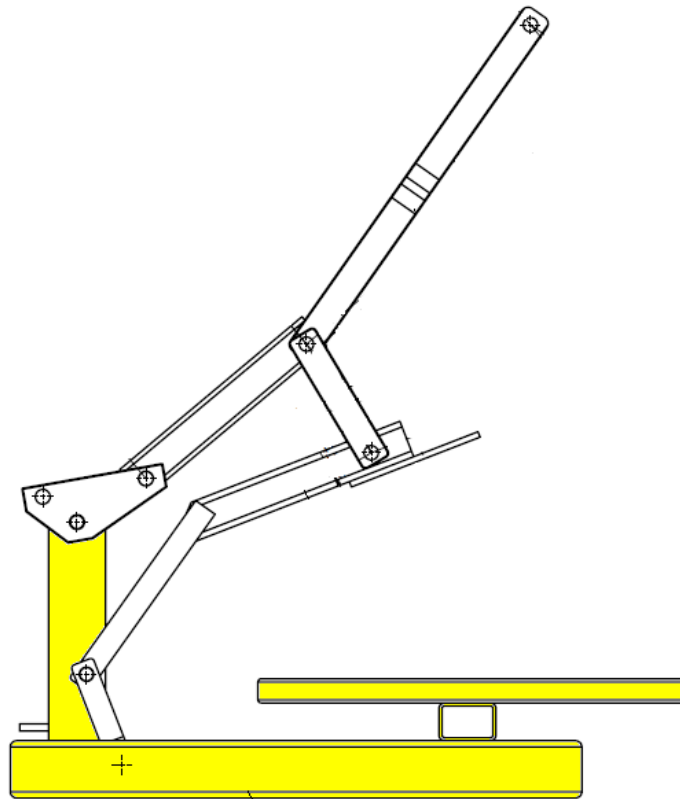


Figura 46. Estructura

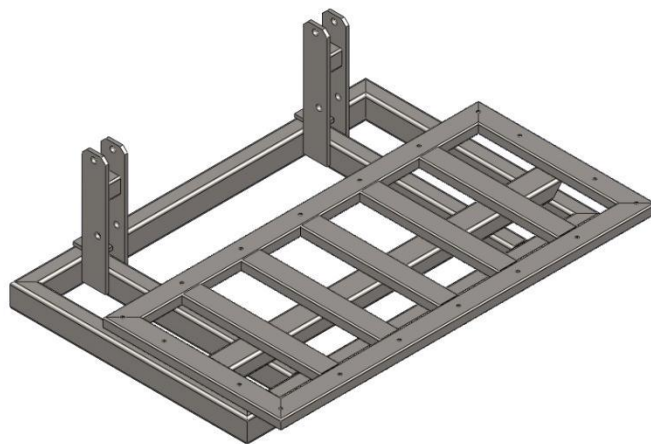


Figura 47. Asignación de propiedades

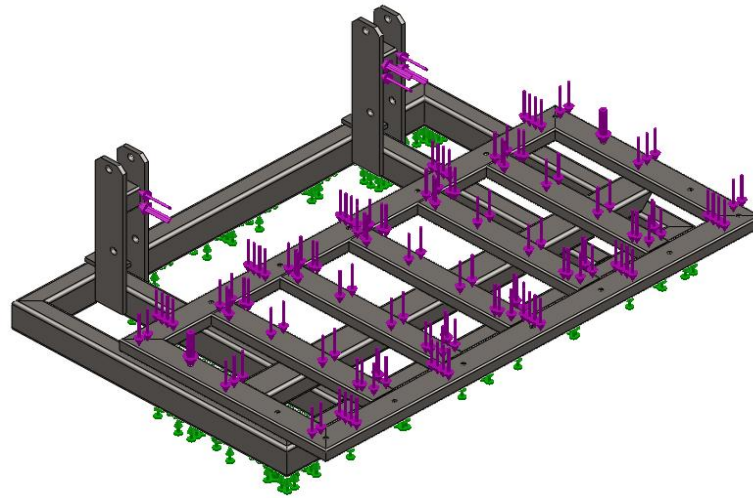


Tabla 16. Asignación de propiedades

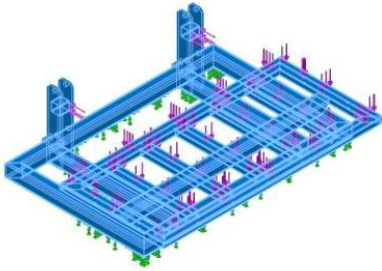
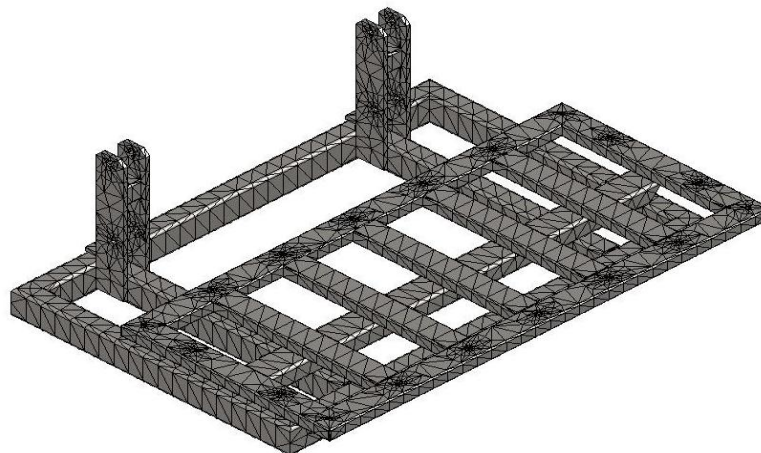
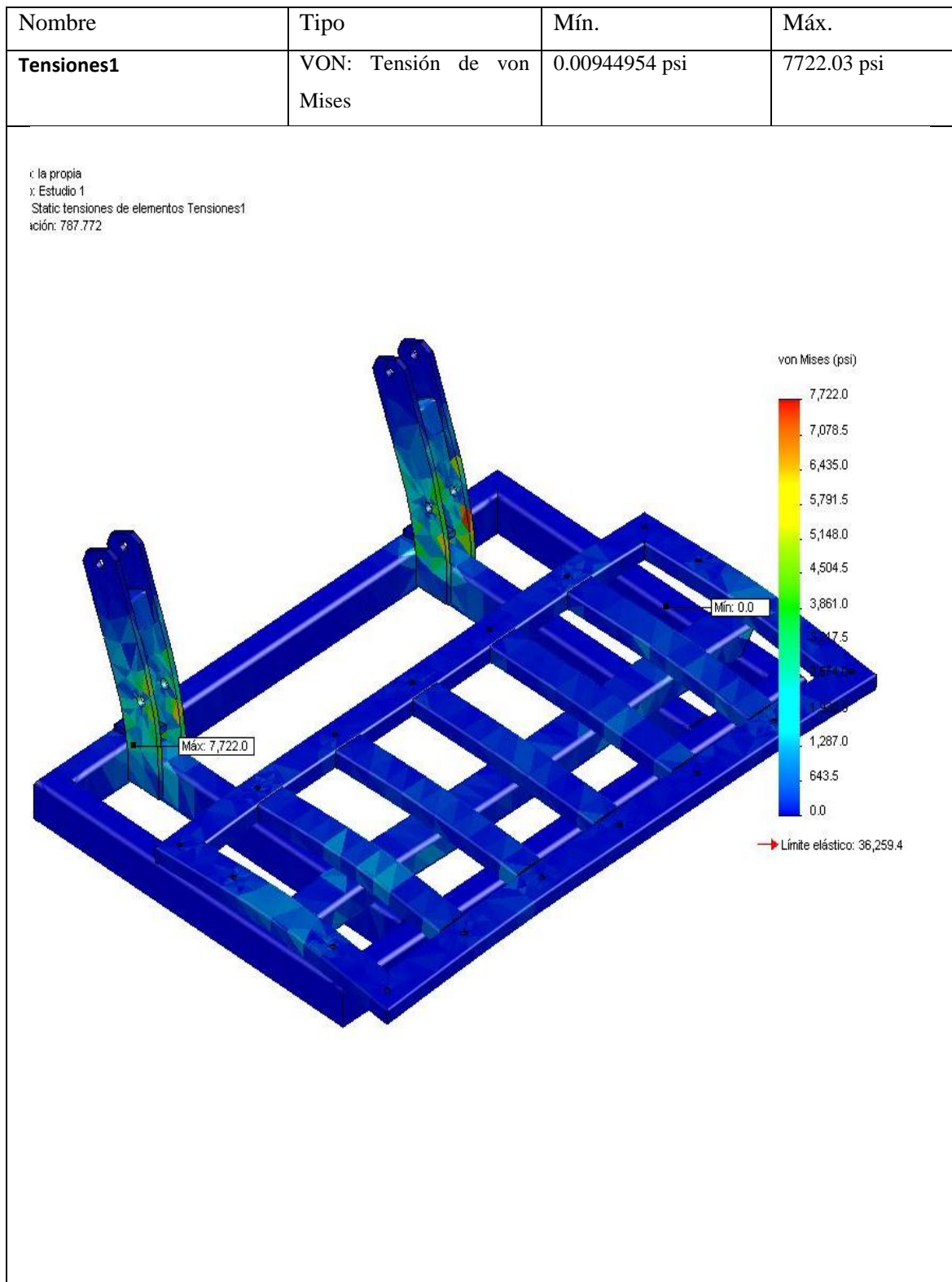
Referencia de modelo	Propiedades	
	Nombre:	ASTM A36 Acero
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson:	0.26
	Densidad:	7850 kg/m ³
	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²

Figura 48. Mallado del elemento



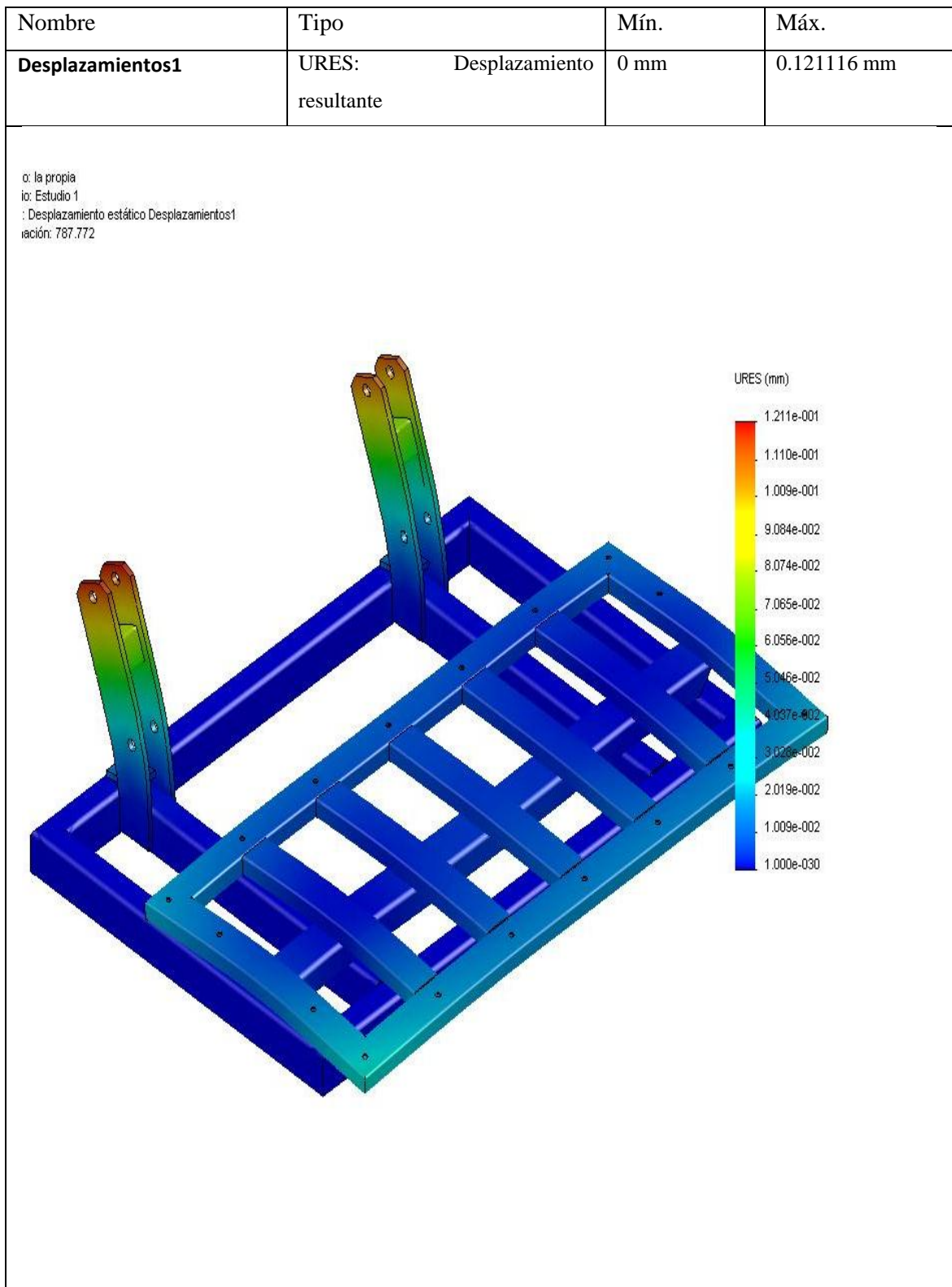
Tensión de Von Mises

Figura 49. Representación de las tensiones de Von Mises



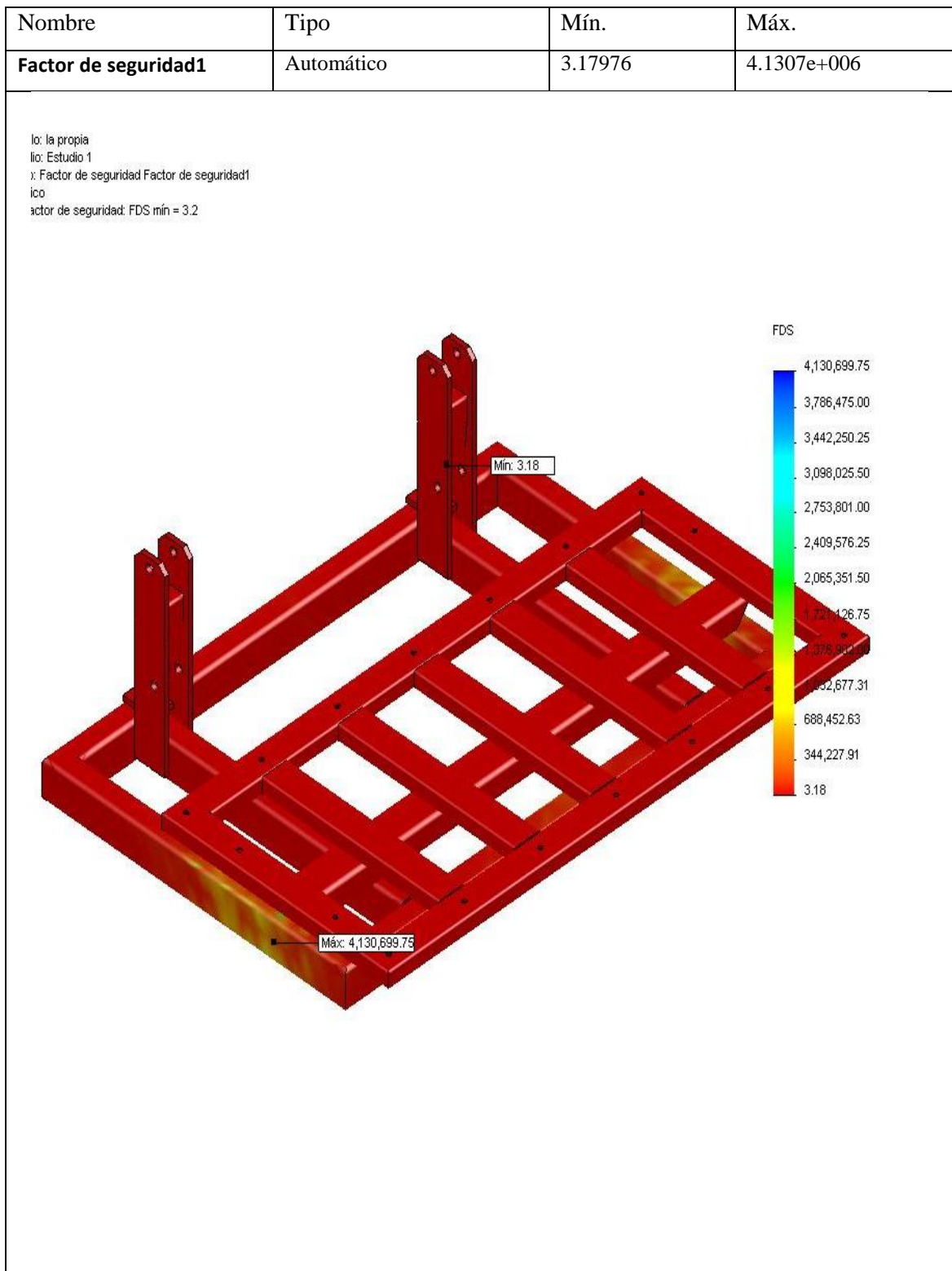
Desplazamiento resultante

Figura 50. Representación de los desplazamientos



Factor de seguridad

Figura 51. Obtención del factor de seguridad

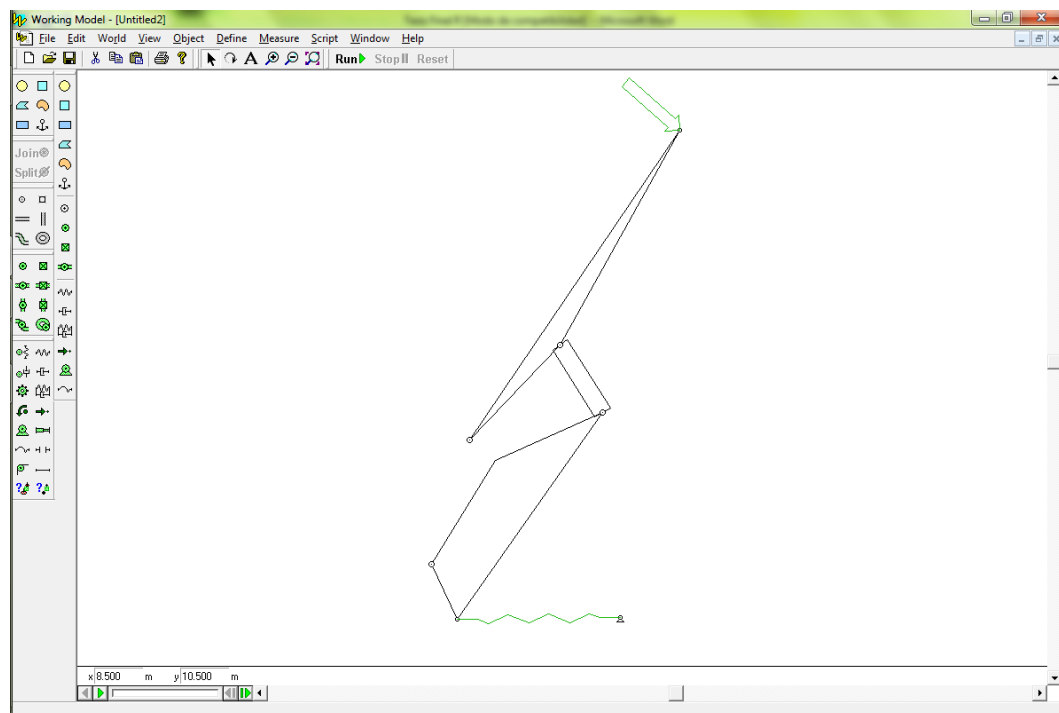


4.2 Análisis de posición, velocidad y aceleración de la alternativa seleccionada.

Para realizar los cálculos de posición, velocidad y aceleración se hará uso de un programa computacional (working model) el cual nos ayudara de una forma muy sencilla y didáctica.

Una vez dicho esto se procede a realizar un esquema dinámico el programa computacional quedando como se muestra a continuación.

Figura 52. Esquema dinámico de la máquina

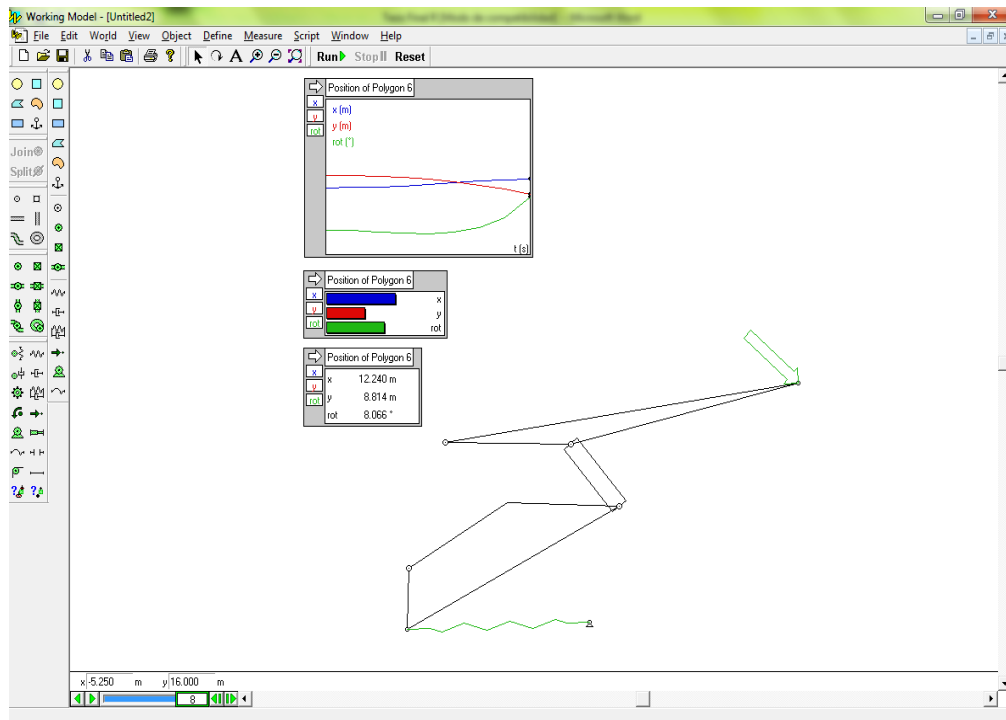


Procedemos a poner los diferentes puntos de unión fijos y móviles en los diferentes puntos del esquema según corresponda a la de la alternativa seleccionada.

Ya teniendo todos los puntos de unión se procede al cálculo de posición, velocidad y aceleración.

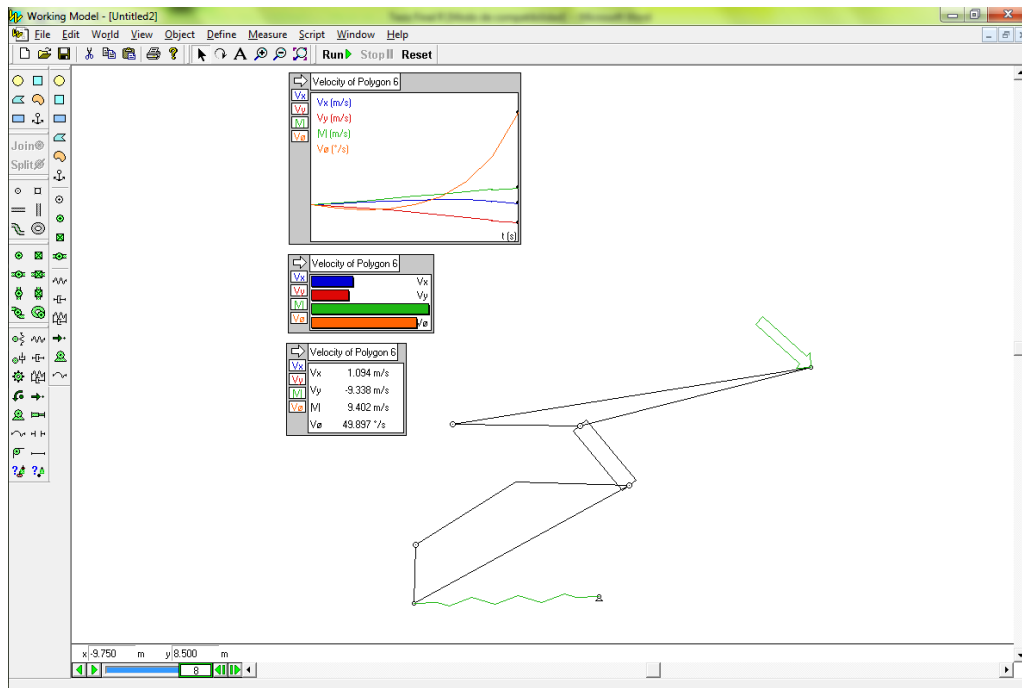
4.2.1 Posición

Figura 53. Cálculo de posición



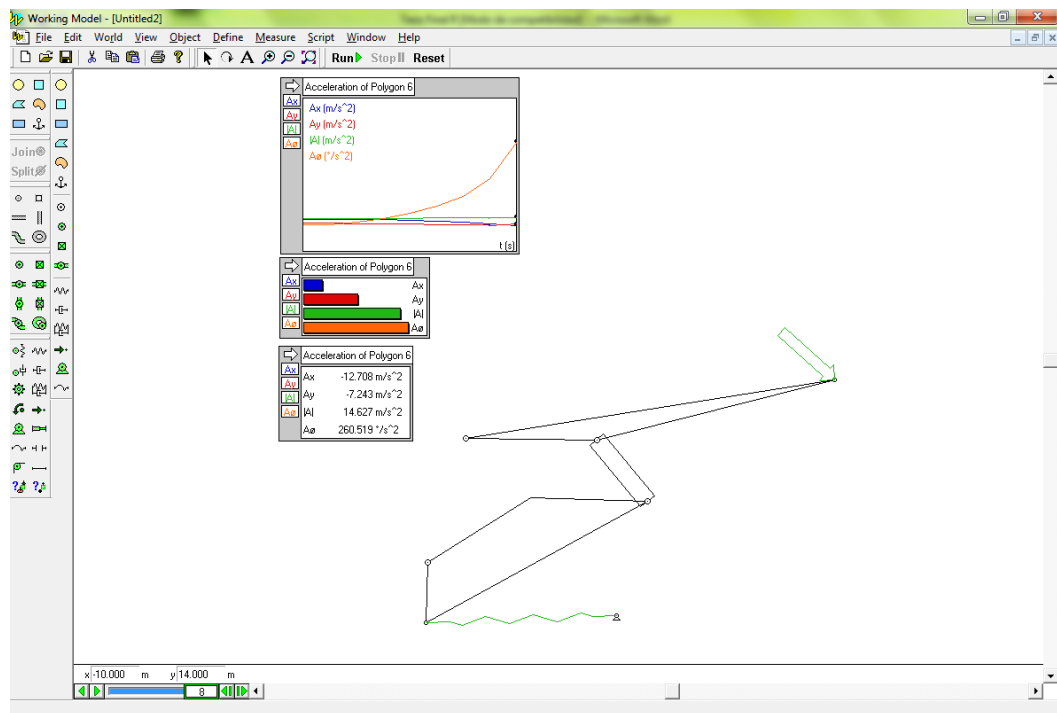
4.2.2 Velocidad

Figura 54. Cálculo de velocidad



4.2.3 Aceleración

Figura 55. Cálculo de aceleración



Como se pudo observar en los cálculos anteriormente realizados en ninguno de los elementos estudiados el factor de seguridad es menor a uno todos están dentro de los parámetros de diseño recomendados por lo que se podría concluir que el diseño de dichos elementos cumple con todos los requerimientos.

CÁPITULO V

5. SISTEMAS DE CONTROL

5.1 Conceptos generales de sistemas de control

Controladores PID [4].

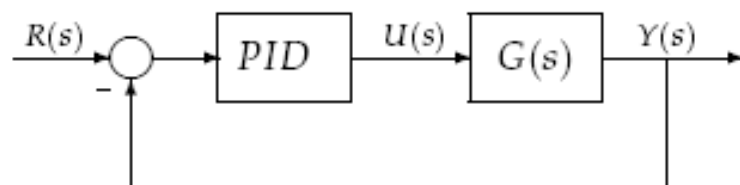
Las estrategias de control PID; Proporcional, Integral, Derivativa, se incorporan en el ambiente industrial en el primer cuarto de este siglo, con un esquema de ajuste puramente empírico. En la actualidad, y pese al sorprendente desarrollo de la teoría de control y del soporte tecnológico necesario para su implementación, el controlador de estructura PID se emplea casi con exclusividad en el ambiente industrial de todo el mundo, en particular para controlar procesos térmicos y químicos.

El controlador PID surge como consecuencia de la combinación de tres acciones básicas de control; acción proporcional, integral y derivativa, cuyos efectos ya eran conocidos a principios de siglo.

Estructura de un controlador PID

El diagrama a continuación representa un lazo de control simple, de una entrada y una salida, en donde $G(s)$ representa la función de transferencia de la planta a controlar, y el bloque PID la función de transferencia del controlador; siendo $R(s)$ y $Y(s)$ las entradas y salidas respectiva de nuestro sistema.

Figura 56. Diagrama de bloques de sistema con controlador PID.



Los miembros de la familia de controladores PID, incluyen tres acciones: proporcional (P), integral (I) y derivativa (D). Estos controladores son los denominados P, I, PI, PD y PID [2].

5.2 Acciones de control

Acción de control proporcional

La acción de control proporcional da una salida del controlador que es proporcional al error, es decir $u(t) = K_p \cdot e(t)$, que su función de transferencia queda como se muestra en la siguiente ecuación.

$$C_p(s) = K_p$$

Donde K_p es una ganancia proporcional ajustable. Un controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente [4].

Acción de control integral.

La acción de control integral da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

La señal de control $u(t)$ tiene un valor diferente de cero cuando la señal de error $e(t)$ es cero. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error en régimen permanente es cero [5].

Acción de control proporcional-integral

La acción de control proporcional-integral se define mediante la ecuación.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Donde T_i se denomina tiempo integral y es quien ajusta la acción integral. La función de transferencia resulta:

$$C_{PI}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Con un control proporcional, es necesario que exista error para tener una acción de control distinta de cero. Con acción integral, un error pequeño positivo siempre nos dará una acción de control creciente, y si el error es negativo la señal de control será decreciente. Este razonamiento sencillo nos muestra que el error en régimen permanente será siempre cero [4].

Muchos controladores industriales tienen solo acción PI. Se puede demostrar que un control PI es adecuado para todos los procesos donde la dinámica es esencialmente de primer orden.

Acción de control proporcional-derivativa.

La acción de control proporcional-derivativa se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Donde T_d es una constante denominada tiempo derivativo. Esta acción tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, aunque tiene la desventaja importante de que amplifica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador. La acción de control derivativa nunca se utiliza por sí sola, debido a que sólo es eficaz durante períodos transitorios. La función transferencia de un controlador PD resulta:

$$C_{PD}(s) = K_p + sK_p T_d$$

Cuando una acción de control derivativa se agrega a un controlador proporcional, permite obtener un controlador de alta sensibilidad, es decir que responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande. Aunque el control derivativo no afecta en forma directa al error de estado estacionario, añade amortiguamiento al sistema y, por tanto, permite un valor más grande que la ganancia K , lo cual provoca una mejora en la precisión en estado estable [4].

Acción de control proporcional-integral-derivativa.

Las acciones de control proporcional, integral y derivativo combinadas reúnen las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Y su función de transferencia resulta:

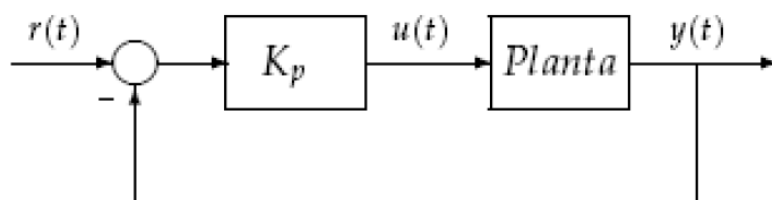
$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

5.3 Métodos clásicos de ajuste de Ziegler y Nichols [4]

En esta sección se describen dos métodos de ajuste de las ganancias de un controlador PID, el Método de Oscilación o Método de Respuesta en Frecuencia y el Método Basado en la Curva Reacción o Método de Respuesta al Escalón. El primer método se basa en un lazo de control sólo con ganancia proporcional y de acuerdo a la ganancia utilizada para que el sistema empiece a oscilar y al período de esas oscilaciones, podemos establecer las ganancias del controlador PID. El segundo método se resume en ensayar al sistema a lazo abierto aplicando una señal de referencia de tipo escalón unitario. Así se calculan algunos parámetros, como la máxima pendiente de la curva y el retardo, y con ellos se establecen las ganancias del controlador PID. Estos métodos fueron propuestos por Ziegler y Nichols (Z-N) en 1942, quienes se basaron en la práctica para desarrollarlos [4].

Método de oscilación.

Figura 57. Lazo cerrado solo con ganancia proporcional



Este procedimiento es válido solo para plantas estables a lazo abierto y se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- Utilizando sólo control proporcional, comenzando con un valor de ganancia pequeño, incrementar la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar. Notar que se requieren oscilaciones lineales y que éstas deben ser observadas en la salida del controlador.
- Registrar la ganancia crítica del controlador $K_p = K_c$ y el período de oscilación de la salida del controlador, P_c . (en el diagrama de Nyquist, corresponde a que $K_c G(j)$ cruce el punto $(-1, 0)$ cuando $K_p = K_c$).
- Ajustar los parámetros del controlador según la Tabla.

Tabla 17. Parámetros de ajuste de acuerdo al método de oscilación.

	K_p	T_i	T_d
P	$0.50K_c$		
PI	$0.45K_c$	$\frac{P_c}{1.2}$	
PID	$0.60K_c$	$0.5P_c$	$\frac{P_c}{8}$

Los datos mostrados en la Tabla 17 fueron obtenidos por Ziegler y Nichols quienes buscaban una respuesta al escalón de bajo amortiguamiento para plantas que puedan describirse satisfactoriamente por un modelo de la forma:

$$G_0(s) = \frac{K_0 e^{-st_0}}{v_0 s + 1} \quad \text{Dónde: } v_0 > 0$$

Método basado en la curva de reacción.

Muchas plantas, pueden ser descriptas satisfactoriamente por el modelo:

$$G_0(s) = \frac{K_0 e^{-st_0}}{v_0 s + 1}$$

Dónde: $v_0 > 0$

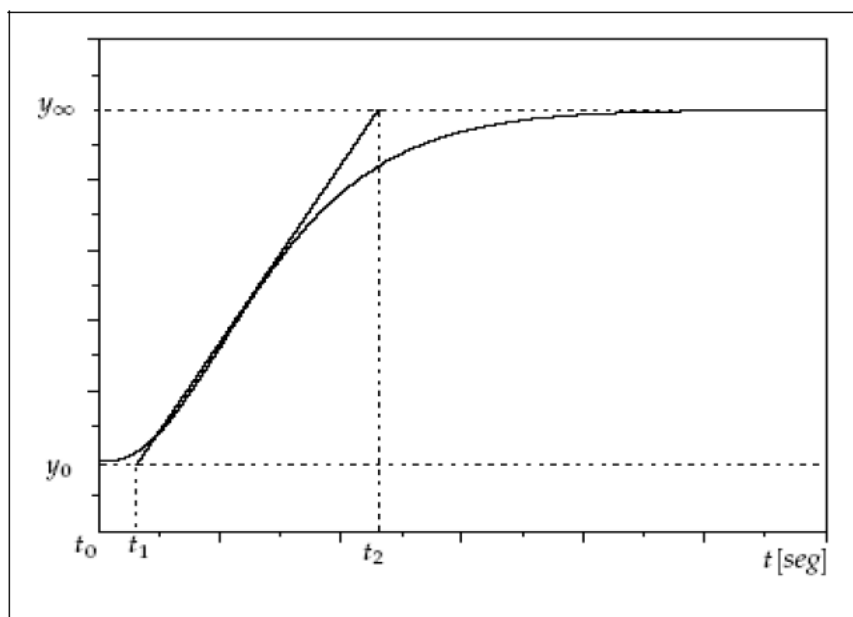
Una versión cuantitativa lineal de este modelo puede ser obtenida mediante un experimento a lazo abierto, utilizando el siguiente procedimiento:

- Con la planta a lazo abierto, llevar a la planta a un punto de operación normal. Digamos que la salida de la planta se estabiliza en $y(t) = y_0$ para una entrada constante $u(t) = u_0$.
- En el instante inicial t_0 , aplicar un cambio en la entrada escalón, desde u_0 a u_1 (esto debería ser en un rango de 10% al 20% de rango completo).
- Registrar la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación. Supongamos que la curva que se obtiene es la que se muestra en la Figura 1.2.6. Esta curva se llama curva de reacción del proceso.

Calcular los parámetros del modelo de la siguiente forma:

$$K_0 = \frac{y_\infty - y_0}{y_\infty - u_0} \qquad \tau_0 = t_1 - t_0 \qquad v_0 = t_2 - t_1$$

Figura 58. Respuesta de una planta ante aplicación de señal escalón.



El modelo obtenido puede ser utilizado para varios métodos de ajuste de controladores PID. Uno de estos también fue propuesto por Ziegler y Nichols. El objetivo de diseño es alcanzar un amortiguamiento tal que exista una relación de 4:1 para el primer y segundo pico de la respuesta a una referencia escalón. Los parámetros sugeridos por Ziegler y Nichols son los que se muestran en la siguiente Tabla

. Tabla 18. Parámetros de ajuste para método de curva de reacción.

	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{v_0}{K_0\tau_0}$		
PI	$\frac{0.9v_0}{K_0\tau_0}$	$3\tau_0$	
PID	$\frac{1.2v_0}{K_0\tau_0}$	$2\tau_0$	$0.5\tau_0$

CÁPITULO VI

6. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

6.1 Máquinas herramientas y equipo utilizado.

Durante el proceso de construcción, montaje e instalación de la máquina termofijadora se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y accesorios:

Tabla 19. Equipos utilizados en la construcción

Código	Equipo
MH1	Soldadora de arco eléctrico.
MH2	Pulidora.
MH3	Taladro de pedestal.
MH4	Taladro de mano.
MH5	Esmeril.
MH6	Fresadora.
MH7	Amoladora.
MH8	Cizalla.
MH9	Entenalla.
MH10	Arco de sierra.
MH11	Calibrador pie de rey.
MH12	Tijeras.
MH13	Cautín
MH14	Brocas y machuelos
MH15	Plegadora.
MH16	Martillos, playos, destornilladores, flexómetros, escuadra, nivel, etc.

6.2 Descripción del proceso de construcción.

Para el proceso de construcción de la máquina termofijadora deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones.

- El tipo de material a utilizarse en la construcción de la placa es aluminio, ya que debe ser un buen conductor del calor.
- Las formas, dimensiones, tipo de material de las piezas están detallados en los planos correspondientes.

Las partes principales constitutivas del prototipo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 20. Partes constitutivas de la máquina

Sistema	Denominación	Cantidad	Material/Modelo
Sistema de prensado	Tornillo regulador	2	Acero AISI 1020
	Eslabón	4	ASTM A36 Acero
	Brazo articulado	2	ASTM A36 Acero
	Brazo palanca	2	ASTM A36 Acero
	Estructura	1	ASTM A36 Acero
	Resortes	2	A232/SAE 6150
Sistema térmico	Placa inferior	1	Acero Galvanizado
	Plancha estampadora	1	Aleación 1060
	Triplex	1	Pino
	Placa de Polímero	1	Butyl
	Resistencias	2	Niquelina
	Aislante	1	Lana de vidrio
	Teflón	1	Polímero
Coraza	Placa posterior	1	Acero Galvanizado
	Placa conectora	4	ASTM A36 Acero
	Tapa superior	1	Acero Galvanizado
Sistema eléctrico	Caja central	1	Acero Galvanizado
	Caja lateral 2	1	Acero Galvanizado
	Red	3	

	Cables	1	
	Caja lateral 1	1	Acero Galvanizado
Sistema de sujeción	Tuerca M6	18	Acero G8 SAE
	Perno M6x45	18	Acero G8 SAE
	Arandelas	8	Acero AISI 1020
	Pintura	2	
Sistema de control	Termostato analógico de perilla	1	Rainbow
	Contador de tiempo digital	1	ASY-3D
	Contactador	1	C1-D3210
	Brakes	1	
	Timbre, piloto, terminales	1	

6.3 Operaciones tecnológicas de la construcción.

Las principales operaciones tecnológicas necesarias para la construcción de esta máquina se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción de la máquina termofijadora.

Sistema	Elemento	Nº	Operación Tecnológica	Tiempo (min)
Sistema de prensado	Tornillo regulador	1	Selección	20
		2	Trazado	15
	Eslabón	3	Corte	30
		4	Limpieza escoria	5
		5	Soldado	45
		6	Pulido	5
	Brazo articulado	7	Trazado	15
		8	Corte	30
		9	Limpieza escoria	5
		10	Soldado	45

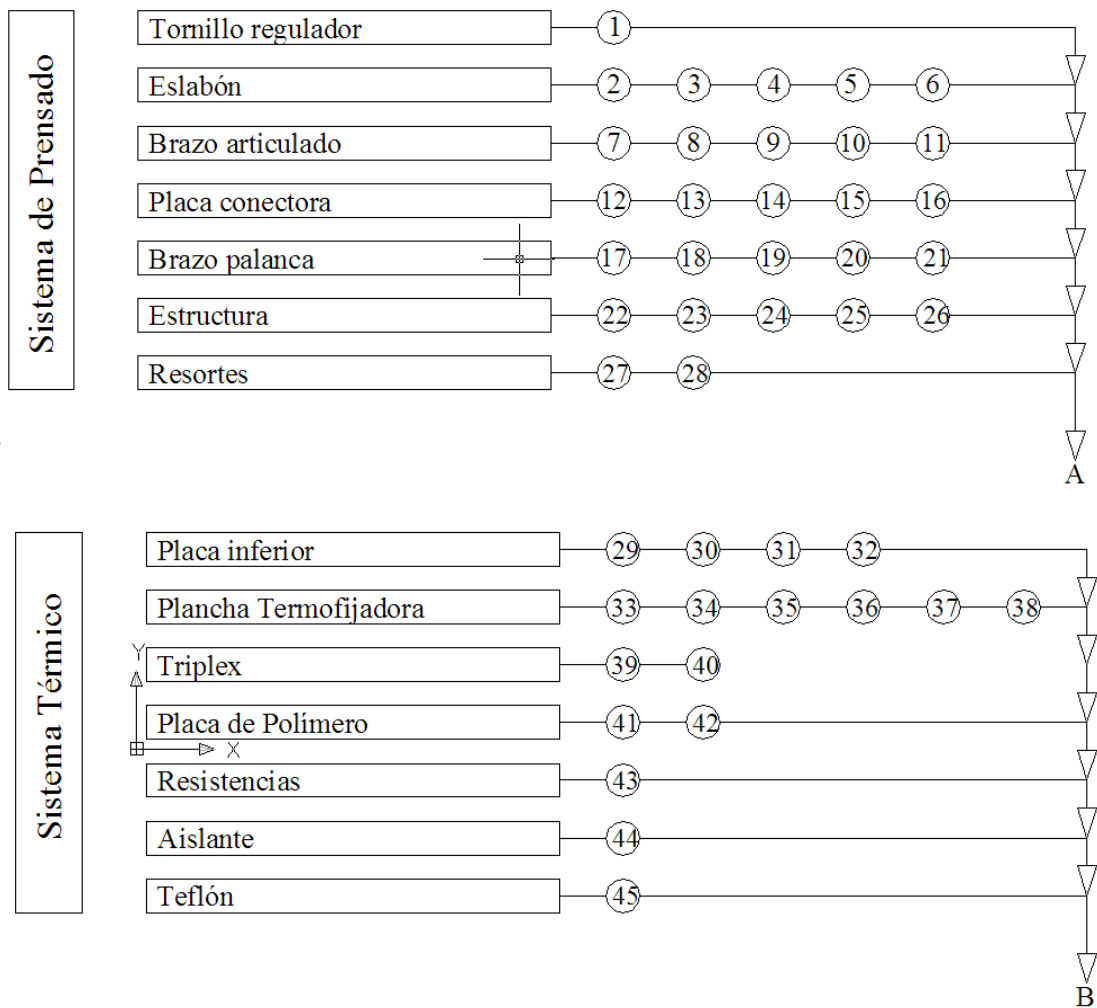
	Placa conectora	11	Pulido	5	
		12	Trazado	15	
		13	Corte	30	
		14	Limpieza escoria	5	
		15	Soldado	45	
		16	Pulido	5	
	Brazo palanca	17	Trazado	15	
		18	Corte	30	
		19	Limpieza escoria	5	
		20	Soldado	45	
		21	Pulido	5	
	Estructura	22	Trazado	20	
		23	Corte	45	
		24	Limpieza escoria	10	
		25	Soldado	120	
		26	Pulido	30	
	resortes	27	Diseño	180	
		28	Fabricación	30	
	Sistema térmico	Placa inferior	29	Trazado	5
			30	Corte	10
31			Limpieza escoria	2	
32			Doblado	15	
Plancha Termofijadora		33	Trazado	180	
		34	Fundido	2880	
		35	Refrentado	60	
		36	Taladrado	45	
		37	Machueleadado	45	
		38	Pulido	30	
Triplex		39	Trazado	5	
		40	Corte	15	
Placa de Polímero		41	Trazado	5	
		42	Corte	15	
Resistencias	43	Selección	240		

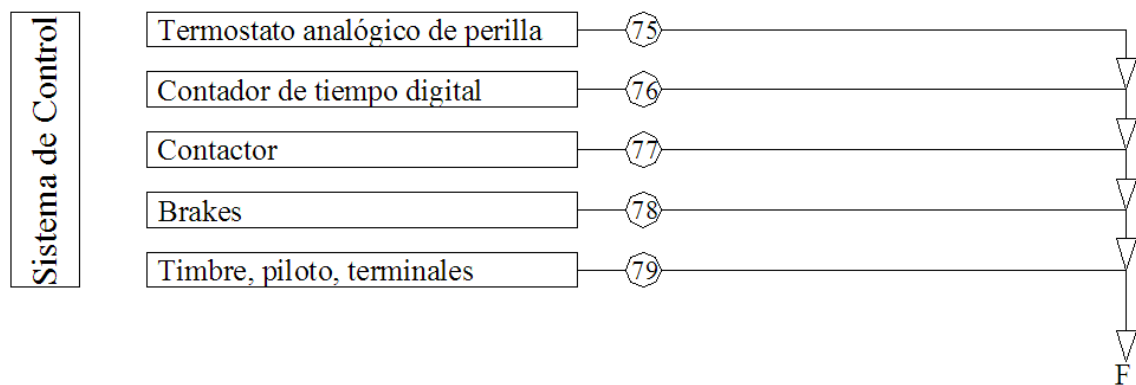
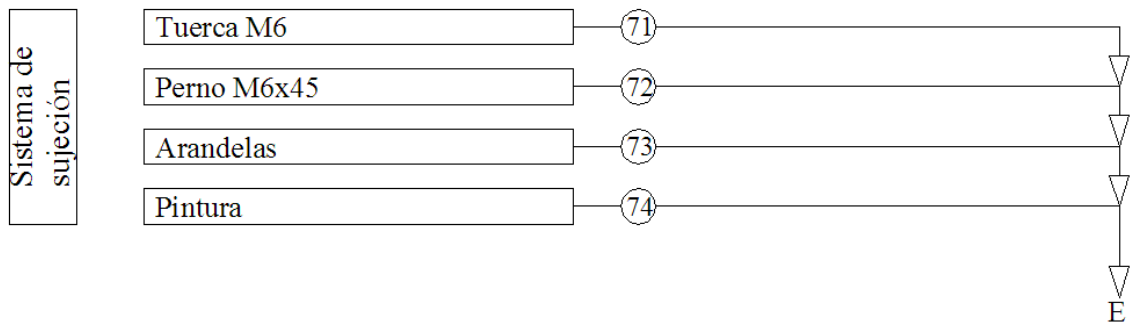
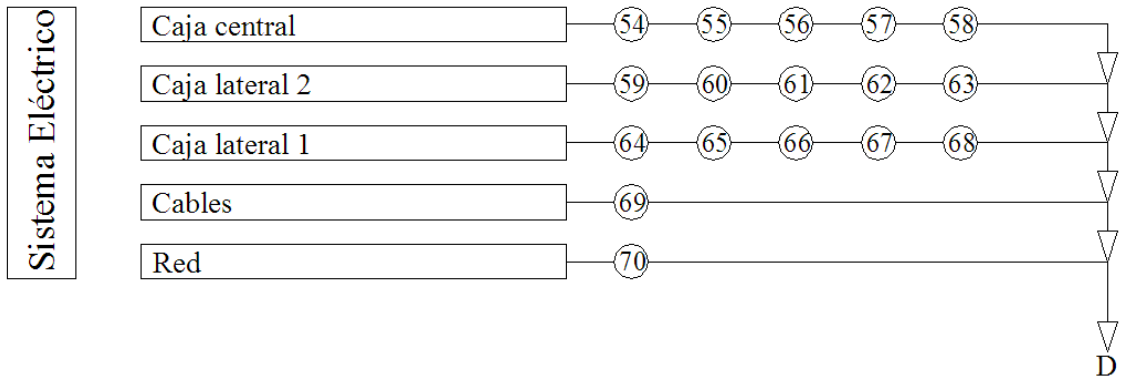
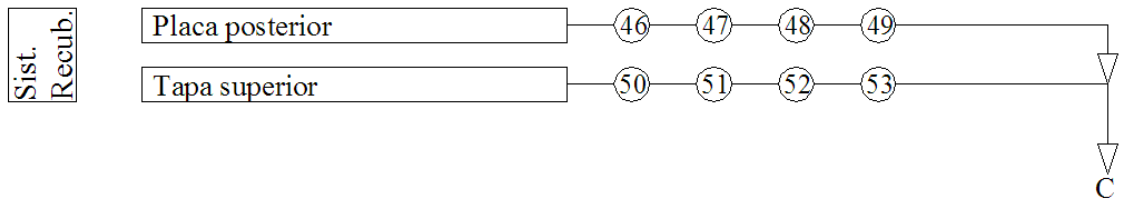
	Aislante	44	Selección	120
	Teflón	45	Selección	15
Sistema de recubrimiento	Placa posterior	46	Trazado	5
		47	Corte	10
		48	Limpieza escoria	2
		49	Doblado	15
	Tapa superior	50	Trazado	5
		51	Corte	10
		52	Limpieza escoria	2
		53	Doblado	15
Sistema eléctrico	Caja central	54	Trazado	5
		55	Corte	10
		56	Limpieza escoria	2
		57	Doblado	15
		58	Soldado	10
	Caja lateral 2	59	Trazado	5
		60	Corte	10
		61	Limpieza escoria	2
		62	Doblado	15
		63	Soldado	10
	Caja lateral 1	64	Trazado	5
		65	Corte	10
		66	Limpieza escoria	2
		67	Doblado	15
		68	Soldado	10
	Cables	69	Selección	5
	Red	70	Selección	10
	Sistema de sujeción	Tuerca M6	71	Selección
Perno M6x45		72	Selección	360
Arandelas		73	Selección	15
Pintura		74	Selección	5
Sistema de	Termostato analógico de	75	Selección	15
	Contador de tiempo digital	76	Selección	15

control	Contactor	77	Selección	15
	Brakes	78	Selección	15
	Timbre, piloto, terminales	79	Selección	10

En el desarrollo de esta tabla los tiempos muertos que se dan entre operación y operación no se han incluido, por lo general son los que suelen ocasionar más demora en la construcción de maquinaria.

6.4 Cartograma sinóptico de la construcción





CÁPITULO VII

7. EXPERIMENTACIÓN

7.1 Pruebas

Pruebas en la fase de control de temperatura

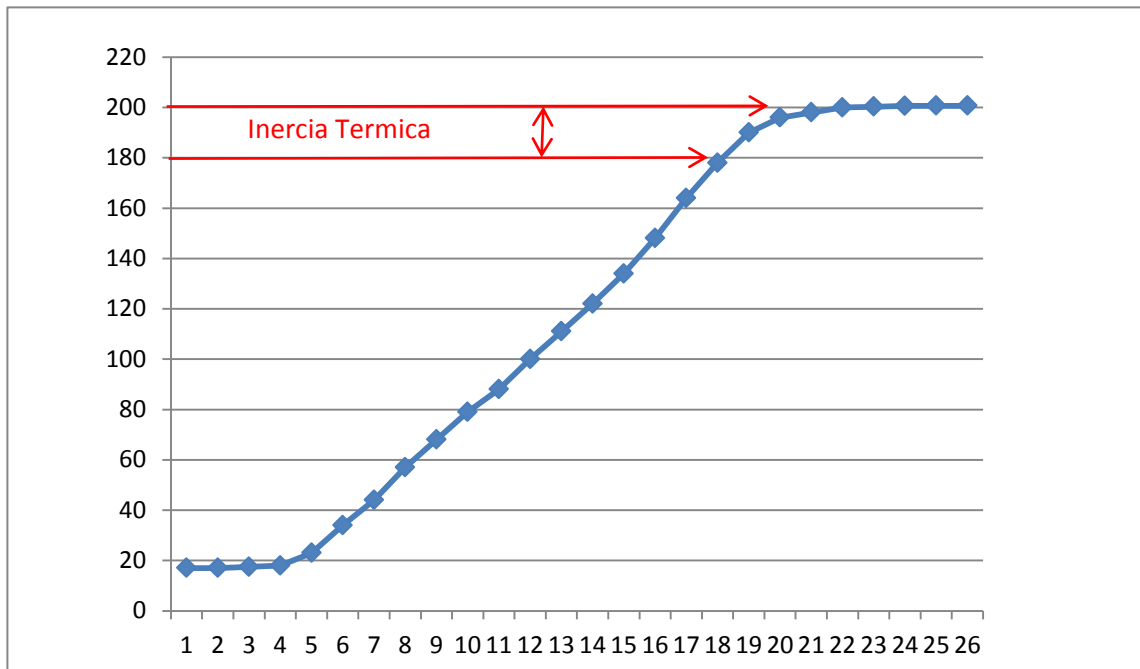
Para tener seguridad en la temperatura que se desea al realizar el ensayo hay que ingresar los valores obtenidos en capítulos anteriores de los valores de PID que permitan al final obtener la temperatura deseada.

Todos los datos obtenidos se grafican en el programa EXCEL para obtener la curva de respuesta del sistema que permitirá encontrar el tiempo de estabilización del sistema y además la inercia térmica con diferentes valores de PID.

TABLA 22. Tiempo vs temperatura con valores de PID=0 (ON/OFF) y set point=180°C

Control ON/OFF	
t(min)	T(°C)
1	17
2	17
3	17,5
4	18
5	23
6	34
7	44
8	57
9	68
10	79
11	88
12	100
13	111
14	122
15	134
16	148
17	164
18	178
19	190
20	196
21	198
22	200
23	200,3
24	200,6
25	200,7
26	200,7

Figura 59. Inercia térmica



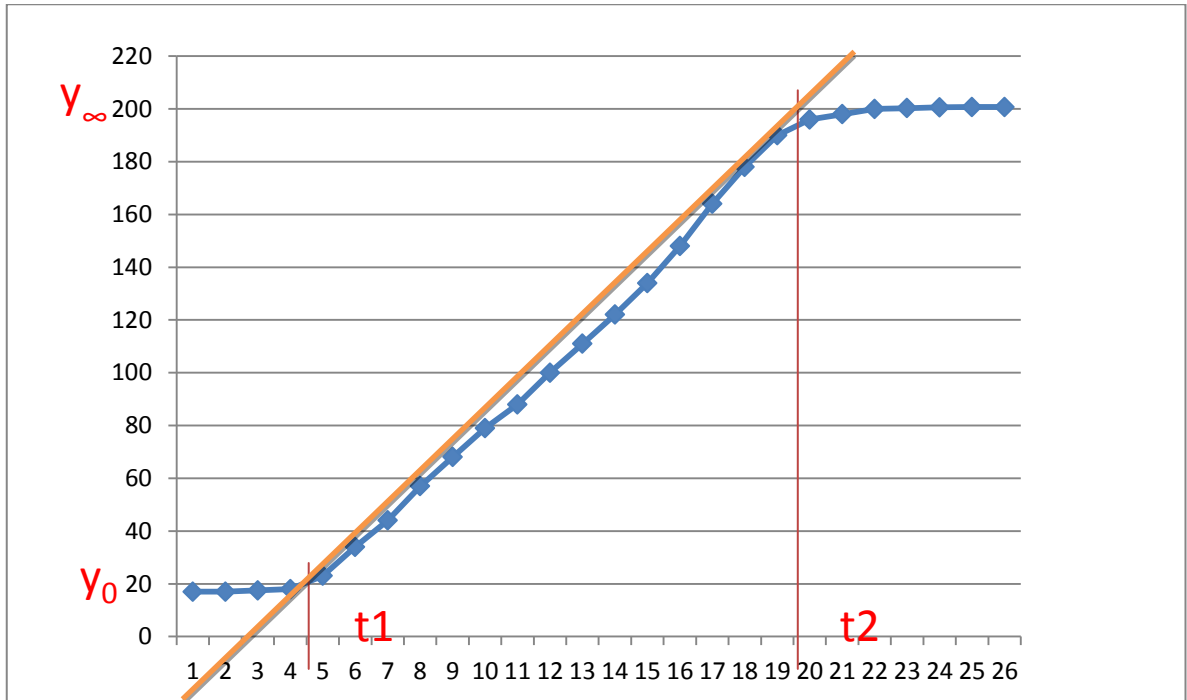
En la gráfica anterior se observa un intervalo de temperatura por encima de la temperatura deseada (180 °C) eso se debe a la inercia térmica lo deseable es que dicha inercia sea lo más cercano a cero, en este caso es un poco más de (20 °C), para que este valor sea lo más cercano a cero se utiliza la acción de control PID.

Inercia térmica.- Es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno.

En la siguiente tabla se observa los valores obtenidos con un controlador PID incorporado en la planta.

Aplicación del método basado en la curva de reacción según Ziegler y Nichols.

Figura 60. Gráfica de datos tomados con un control de temperatura ON/OFF



$$K_0 = \frac{y_\infty - y_0}{y_\infty - u_0} \quad \tau_0 = t_1 - t_0 \quad v_0 = t_2 - t_1$$

$$K_0 = \frac{200 - 17}{200} = 0,915 \quad \tau_0 = 5,1 - 0 = 5,1 \quad v_0 = 20,1 - 5,1 = 15$$

Tabla 23. Valores de PID obtenidos por el método de Ziegler y Nichols

	K_p	T_i	T_d
P	3,21		
PI	2,89	15,3	
PID	3,85	10,2	2,55

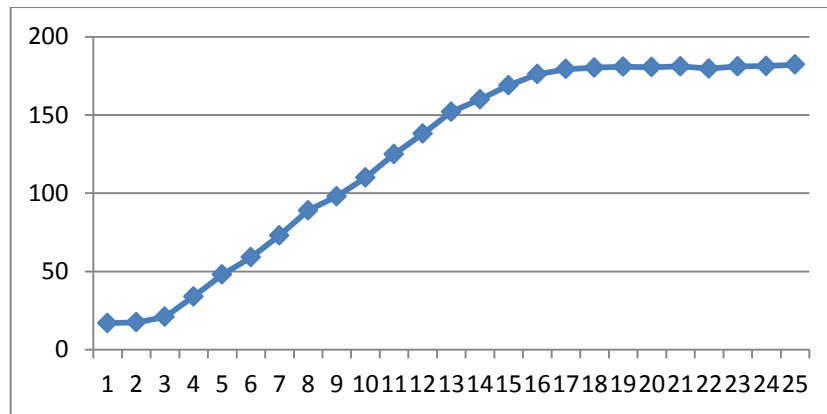
Aplicando las tres acciones de control P, PI, PID (banda proporcional (GAIN), tiempo integral (RESET) y tiempo derivativo (RATE)), con los valores obtenidos, se logró tener la mejor precisión con el control P con lo cual la inercia térmica del sistema se redujo casi en su totalidad con un pequeño valor de 1 a 2 grados centígrados el cual se corrige al manipular el banco en el momento del ensayo.

El segundo método de Ziegler-Nichols no es aplicable para este sistema ya que en la modelación matemática no hay presencia de integrador.

TABLA 7.3 Tiempo vs temperatura con valores de P=4, I=10, D=3 set point=**180°C**

P=4	I=10
D=3	
t(min)	T(°C)
1	17
2	17
3	17,5
4	18
5	34
6	48
7	59
8	73
9	89
10	98
11	110
12	125
13	138
14	152
15	160
16	169
17	176
18	179,3
19	180,2
20	180,8
21	180,5
22	181
23	179,6
24	181
25	181,2
26	182,2

Figura 61. Curva corregida la inercia térmica



En la gráfica anterior se observa que el valor de la temperatura se estabiliza en el valor deseado esto gracias a la incorporación la acción de control antes mencionado.

Análisis de resultados antes de la construcción de la máquina termofijadora de entretelas y luego de la construcción para los diferentes tipos de textiles

Para determinar el tiempo de termofijado de entretelas se realizó la práctica antes y luego del diseño de la máquina termofijadora.

Antes del diseño

Las entretelas son colocada en la parte interna y externa de la prenda, sobre las mismas se coloca papel siliconado para evitar quemaduras, brillo en el textil ya que la esta máquina no cuenta con teflón, como se puede observar en la figura 7.4 la máquina dispone de una placa calefactora de área pequeña por esta razón no cumple con las necesidad de trabajo.

Figura 62. Máquina sin teflón



Práctica con la máquina diseñada y construida.

Práctica de termofijado con la máquina construida, el proceso de termofijado es igual al caso anterior, sin papel siliconado ya que tiene teflón la área de calentamiento está de acuerdo al área de termofijado como se puede observar en la figura 7.5 así se disminuye el tiempo de termofijado.

Figura 63. Colocación de las entretelas en la máquina diseñada



Figura 64. Prensado de las entretelas



Termofijado de textiles de casimir antes del diseño de la máquina.

En la siguiente tabla se indica el tiempo que se necesita para realizar el termofijado de una prenda, la temperatura de trabajo y la producción / hora de cada una.

Tabla 24. Condiciones de termofijado de entretelas en textiles de casimir

textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# Producción /h
Casimir	t1	30	280	160	12
	t2	30		160	
	t3	30		160	
	tm	50		17	
	t4	30		160	
	t5	30		160	
	t6	30		160	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de casimir después del diseño de la máquina.

La siguiente tabla se muestra el tiempo que se requiere para realizar el termofijado de un prenda, temperatura y la producción / hora de cada una.

Tabla 25. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de casimir

textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# producción /h
Casimir	t1	30	160	160	22
	tm	50		17	
	t2	30		160	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de paño antes del diseño de la máquina.

La tabla indica el tiempo, temperatura y la producción / hora de cada una, estos valores varían dependiendo el tipo de textil sea termofijado

Tabla 26. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de paño

Tipo de textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# Producción /h
PAÑOS	t1	25	250	150	14
	t2	25		150	
	t3	25		150	
	tm	50		17	
	t4	25		150	
	t5	25		150	
	t6	25		150	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de paños después del diseño de la máquina.

La tabla indica el tiempo, temperatura y la producción / hora de cada una, estos valores varían dependiendo el tipo de textil sea termofijado

Tabla 27. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de paño

Tipo de textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# producción /h
PAÑOS	t1	25	150	150	24
	tm	50		17	
	t2	25		150	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de gabardina antes del diseño de la máquina

Tabla 28. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de gabardina

Tipo de textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# Producción /h
GABARDINAS	t1	24	244	165	14
	t2	24		165	
	t3	24		165	
	tm	50		17	
	t4	24		165	
	t5	24		165	
	t6	24		165	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de gabardina después del diseño de la máquina

Tabla 29. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de gabardina

Tipo de textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# producción /h
GABARDINA S	t1	24	148	165	24
	tm	50		17	
	t2	24		165	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de pana antes del diseño de la máquina

Tabla 30. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de pana

Tipo de textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# Producción /h
PANA	t1	28	268	180	13
	t2	28		180	
	t3	28		180	
	tm	50		17	
	t4	28		180	
	t5	28		180	
	t6	28		180	
	tm	50		17	

Termofijado de textiles de pana después del diseño de la máquina

Tabla 31. Condiciones termofijado de entretelas en textiles de pana

Tipo de textil	Tiempos(s)		Tiempo total(s)	Temperatura (°C)	# producción /h
PANA	t1	28	156	180	23
	tm	50		17	
	t2	28		180	
	tm	50		17	

Análisis del comportamiento de la temperatura en la placa calefactora

Para cuantificar la temperatura en distintos puntos de la placa calefactora, se seleccionó un valor de termofijado de 175 °C con la ayuda del medidor de temperatura tipo laser se obtiene los datos que se observa en la tabla 32

Tabla 32. Temperaturas en la placa

Distribución de la temperatura en la placa calefactora

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	178	177	177,8	178,4	179,2	179	180	180	179,2	1
2	179,6	180,4	180,9	179,8	180,6	181,6	181,3	180,9	178,5	2
3	179,2	182,3	183,5	180	181,8	182,1	178,4	181,7	177	3
4	180	179,4	180,4	181,1	179,4	181,2	176,7	181	177,2	4
5	178,8	180,4	182	182,2	181,2	184,2	183,2	180,1	178,9	5
6	178,2	180	178,2	178	178,8	179,6	180	181	177	6

Como se puede observar en la tabla 32 las temperaturas en la superficie interior de la placa calefactora no son del todo uniformes, una de las posibles causas de que esto se dé puede ser la pureza del aluminio, otra causa también podría ser que al momento de la fundición no se haya cumplido con todos los parámetros establecidos para tener una buena fundición de dicho material.

Figura 65. Comportamiento de temperatura en las columnas 1 y 2 de la tabla 32

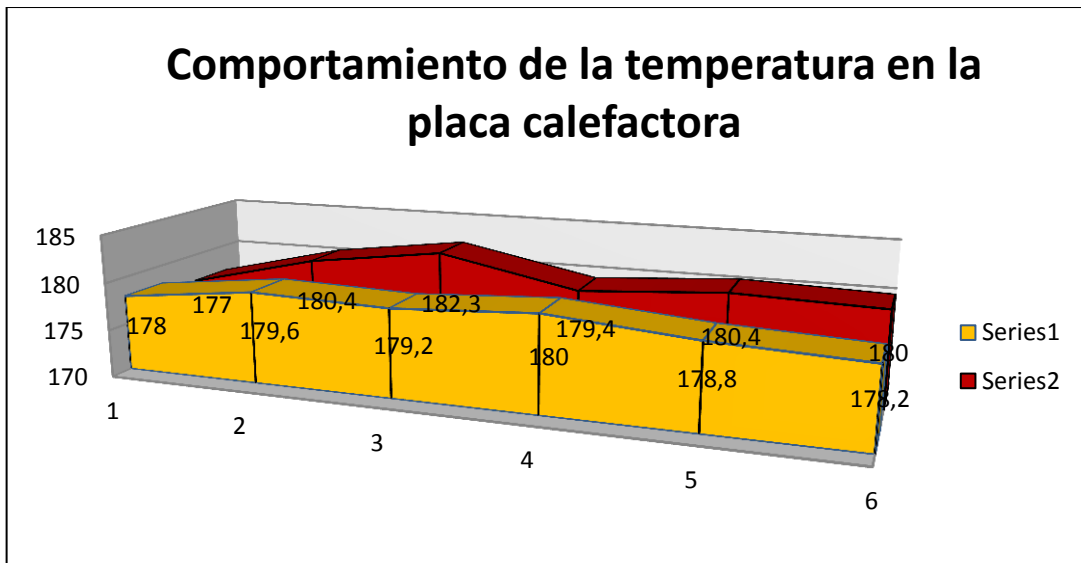
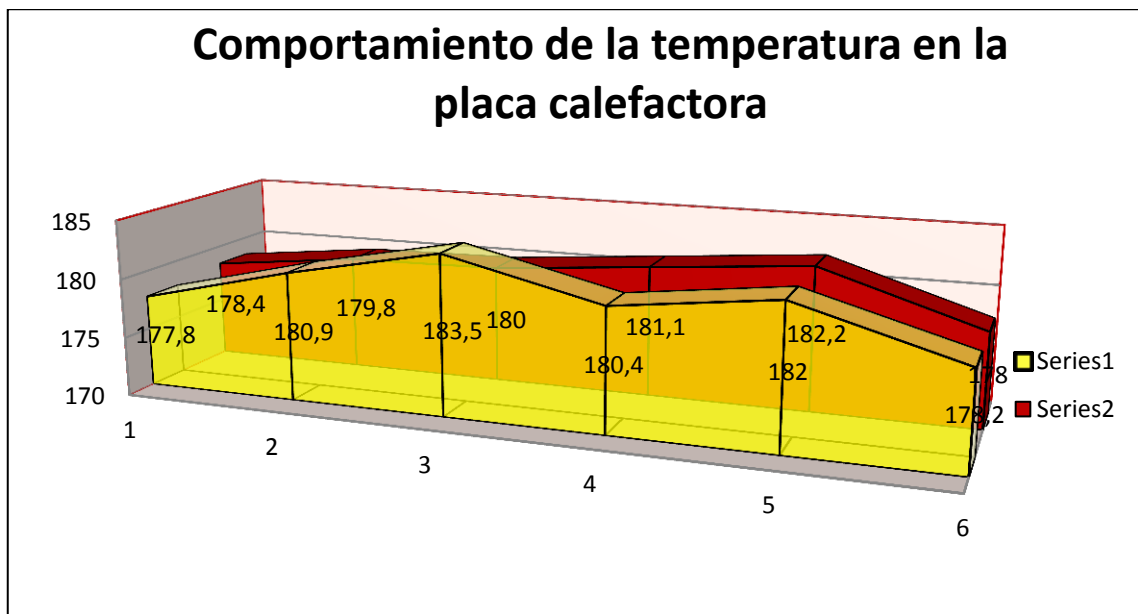


Figura 66. Comportamiento de temperatura en las columnas 3 y 4 de la tabla 32



Como conclusión: la temperatura varía en la placa debido a que todos los puntos no se encuentran a la misma distancia del ambiente convectivo.

7.2 Calor perdido por convección

$$q_{\text{conv}(S)} = h_s \times A_s \times (T_s - T_{\infty})$$

$$q_{\text{conv}(S)} = 4.701 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \times 0.428 \text{m}^2 \times (92 - 15)$$

$$q_{\text{conv}(S)} = 61.82 [\text{W}]$$

Costos por unidad en el proceso

Involucra los insumos necesarios para realizar el proceso de termofijado

Tabla 32. Costo por prenda termofijada con la máquina actual

Voltaje	Área	Potencia (kw)	Consumo (kw/h)	# prendas termofijadas/h	Consumo (kw/h)/prenda	Costo kw/h	Costo por prenda termofijada
110	950x450	10	10	22	0.45	8 ctvs.	3.6 ctvs.
110	450x450	8	8	12	0.67		5.36 ctvs.

Con un ejemplo del termofijado de textiles de casimir se realiza el consumo de energía y el costo que tiene cada una para realizar el proceso de termofijado, de ahí que para sacar en que porcentaje la máquina actual es más eficiente que la máquina anterior se divide: $3.6/5.36 = 0.6716$ lo que representa un ahorro en el costo de energía de 32.83% de la máquina anterior.

Además una de las ventajas obtenidas con la nueva máquina es el costo de producción, con la anterior máquina el costo por cada prenda termofijada era de 5.36 ctvs. en cambio con la máquina actual el costo por cada prenda termofijada es de 3.6 ctvs. lo que representa un ahorro significativo en la producción de las prendas de vestir de la empresa.

7.3 Análisis de termofijado en textiles antes del diseño de la máquina

Al analizar el proceso de termofijado de entretelas antes del diseño y construcción del proyecto. Se realizó una tabla para visualizamos los diferentes tiempos que necesita una prenda para el proceso de termofijado de la entretela para el primer caso el

termofijado de la entretela se realiza en tres tiempos iguales (t_1, t_2, t_3) para el lado externo, luego tenemos un t_m para colocar la parte interna y continuar el proceso es el mismo de tres tiempos iguales (t_4, t_5, t_6) finalmente tenemos un t_m para continuar el termofijado en serie, estos tiempos son controlados por un timer digital, los diferentes tiempos son necesarios ya que la máquina no cuenta con una área necesaria para el trabajo, de ahí la necesidad de diseñar y construir una máquina que cumpla con el requerimiento de la fábrica ya que en la confección el tiempo es indispensable para continuar el proceso.

7.4 Análisis de termofijado en textiles luego del diseño de la máquina

El análisis se realiza en base a las tablas de termofijado de entretelas para los diferentes tipos de textiles, el proceso de termofijado de entretelas es similar al anterior de ahí las ventajas del diseño y construcción de una máquina termofijadora de entretelas que cumpla con la necesidad en el proceso de confección. El termofijado se realiza en un tiempo (t_1) para el lado externo, luego tenemos un t_m para colocar la parte interna y continuar el proceso en un tiempo (t_3) finalmente tenemos un t_m para continuar el termofijado en serie, este tiempo es controlado por el timer digital que tiene una chicharra de aviso, la temperatura de termofijado de las entretelas es controlada por un termostato que tiene una precisión de ± 2 .

Se realiza una comparación, de la producción la máquina anterior con la actual para textiles de casimir tenemos, tiempo anterior de termofijado 280(s), tiempo de actual de termofijado 160 (s), la producción anterior 12 prendas/ hora, la producción actual 22 prendas/hora que representa un 42.85% de ahorro de tiempo empleado por la máquina anterior, este tiempo puede ser utilizado en otros procesos que necesitan la confección de ropa.

CÁPITULO VIII

8. COSTOS

El siguiente análisis económico se pretende dar una descripción general de todos los gastos realizados para obtener el valor de la inversión realizada en el diseño y construcción de la máquina termofijadora de entretela.

8.1 Costos directos

En el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, no se incluyen los costos correspondientes a diseño, elaboración de planos y cálculos correspondientes debido a que se trata de un proyecto de grado, los mismos que se detallan en los literales siguientes:

Costos de materiales y accesorios mecánicos

Los costos de materiales y accesorios mecánicos son fundamentales y necesarios para la construcción de los elementos constitutivos de la máquina termofijadora de entretelas.

Los costos de los materiales y accesorios mecánicos se presentan en la tabla.

Tabla 33. Costos de los materiales y accesorios mecánicos

Materiales y accesorios mecánicos				
Denominación	Material	Cantidad	P. unir.	Costo \$
Placa inferior	Acero galvanizado	1	20	20
Placa posterior	Acero galvanizado	1	15	15
Brazo articulado	ASTM A36 Acero	2	30	60
Tornillo regulador	ASTM A36 Acero	2	25	50
Charnela	ASTM A36 Acero	2	16	32
Placa conectora	ASTM A36 Acero	4	8	32
Plancha estampadora	Aleación 1060	1	50	50
Eslabón	ASTM A36 Acero	4	8	32
Brazo palanca	ASTM A36 Acero	2	25	50

Tapa superior	Acero galvanizado	1	30	30
Tuerca M6	Acero G8 SAE	18	1,5	27
Perno M6x45	Acero G8 SAE	18	1,4	25,2
Triple	Pino	1	10	10
Placa de Polímero	BUTYL	1	20	20
Pintura		2	20	40
Caja central	Acero galvanizado	1	15	15
Caja lateral 2	Acero galvanizado	1	12	12
Caja lateral 1	Acero galvanizado	1	12	12
Estructura	ASTM A36 Acero	1	45	45
Teflón	polímero	1	100	100
Total de materiales y accesorios mecánicos				677,2
Costo del sistema térmico y eléctrico				
Aislante	lana de vidrio	1	10	10
Resistencias	DTB4896RR	2	55	110
Termostato analógico de perilla	RAINBOW	1	30	30
Contador de tiempo digital	ASY-3D	1	80	80
Contactador		1	60	60
Cables		1	30	30
Red		3	3	9
Brakes		1	10	10
Timbre, piloto, terminales		1	5	5
Total de sistema térmico y eléctrico				374

Costos por maquinaria y equipos utilizados.

Este costo está relacionado directamente con la mano de obra directa empleada en las operaciones en las máquinas herramientas para la respectiva fabricación de cada uno de los componentes de la máquina termofijadora de entretelas.

El cálculo de este costo se realiza por medio del tiempo que se emplea en la fabricación de cada uno de los elementos en las respectivas máquinas.

Tabla 35. Costo por maquinaria y equipos utilizados

Tabla Costo por maquinaria y equipos utilizados			
Máquina/Herramienta	horas	costo/horas	costo total \$
Horno de Fundición	12	8	96
Rectificadora	4	10	40
Taladrado	7	5	35
Soldadora	6	3	18
Compresor	8	4	32
Máquina dobladora	3	5	15
Torno	10	8	80
Herramientas eléctricas	4	6	24
Herramientas manuales	5	5	25
Otros equipos	5	8	40
Total de maquinaria y equipos			405

Costos por mano de obra.

Son aquellos gastos que relacionan la mano de obra que se ocupa al realizar el ensamble de todos los elementos que conforma una máquina termofijadora de entretelas, también sus conexiones eléctricas para un correcto funcionamiento de todos sus componentes.

Tabla 36. Costos por mano de obra

Tabla Costos por mano de obra			
Trabajador	Salario/hora	Horas-hombre	Costo \$
Técnico electricista	6	6	36
Maestro mecánico	10	5	50
Ayudantes			40
Total de mano de obra			126

Costos por transporte

Son costos que relacionan principalmente con los gastos de movilización del personal, el transporte de materiales, la movilización al lugar donde va ser instalada la máquina termofijadora.

Tabla 32. Costos por transporte

Tabla costos por transporte			
Transporte	Costo/Flete	Cantidad	Costo \$
Material a taller	10	3	30
Máquina a planta	50	1	50
Otros			10
Total transporte			90

Valor total por costos directos es:

Tabla 38. Valor total costos directos

Tabla. Valor total costos directos	
Componente del costo	Valor \$
Materiales y accesorios	1051,2
Maquinaria y equipo utilizado	405
Mano de obra	126
Transporte	90
Total costos directos	1672,2

8.2 Costos indirectos

En los costos indirectos se ha estimado un valor del 10% con relación a los costos directos, se considera una utilidad de 0% para fines de estudio realizado en el proyecto de tesis, estos valores de costos indirectos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 39. Costo total indirecto

Costo total indirecto		
Componente del costo	Cantidad (% CD)	Valor \$
Ingenieriles (Diseño y supervisión)	10%	167,22
Imprevistos	2%	33,444
Utilidad	0%	0
TOTAL		200,664

8.3 Costos totales

Los costos totales equivalen a la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados estos dos valores se tiene el valor de:

COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA TERMOFIJADORA	1872,864
---	----------

Este valor resulta menor comparado con máquinas de características aproximadas a la diseñada, de venta en Buenos Aires, Bogotá cuyo costos varía según el área de trabajo algunos ejemplos **40 x 60: \$ 2.800,40 x 50: \$ 2.550, 38 x 38: \$ 1.750**

Las características de esta prensa son:

Rango de temperatura 17°C a 300°C

Área de trabajo (950x450x50 mm)

8.4 Análisis de costos por operación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta que la máquina termofijadora no necesita mayor operación ni mantenimiento. La máquina termofijadora necesita hacer mantenimiento, calibrando y ajuste de los elementos de unión con una frecuencia semanal, ahí se tendrá un gasto de 30 dólares anuales, se debe considerar que el costo de operación es el consumo eléctrico de la máquina termofijadora. La máquina termofijadora trabaja 6 horas al día 4 días de la semana un total de 96 horas al mes.

Tabla 40. Consumo eléctrico

CONSUMO ELÉCTRICO			
DETALLE	KW	Horas de trabajo al mes.	KW/h al mes
Resistencias Eléctricas	10	96	960

En nuestro país se tiene un costo promedio de energía eléctrica de 0,08 usd por Kw-h por tanto el valor mensual es 76,8usd = 921,6usd anual.

El costo total anual por operación y mantenimiento es 951,6Usd.

8.5 Salvamento de la máquina termofijadora.

El valor de salvamento de la máquina termofijadora al momento de que haya terminado su vida útil, se estima que es un 10 % del costo de inversión en función de los elementos constitutivos de la termofijadora, en especial los electrónicos, ya que seguirán funcionando al término de su vida útil.

Inversión= 1872,864Usd.

Salvamento (s) = 187,29Usd.

8.6 Depreciación de la máquina.

La depreciación es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso a que se le somete y su función productora de la renta. En la medida de que avance el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos.

El método de depreciación en línea recta es el método más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto la depreciación periódica debe ser el mismo monto.

Aplicando este método de depreciación a la máquina amasadora de melcocha se tiene una depreciación anual de:

Inversión= 1872,864Usd = P.

Salvamento (s) = 187,29Usd = S.

Vida útil contable = 5 años.

Depreciación anual:

$$D_a = \frac{P - S}{n} = 337,11 \text{ Usd.}$$

La depreciación anual, la depreciación acumulada y el valor en libros de la termofijadora de cada uno de los años de vida útil, se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 41. Depreciación anual

Año	Dep. Anual Usd.	Dep.Acum. Usd.	Valor en libros Usd.
0	0	0	1872,86
1	337,12	337,12	1535,75
2	337,12	674,23	1198,63
3	337,12	1011,35	861,52
4	337,12	1348,46	524,40
5	337,12	1685,58	187,29

8.7 Viabilidad del proyecto.

Para verificar si el proyecto es rentable analizamos la tasa interna de retorno o llamado

TIR y el valor actual neto VAN.

VAN

Se llama Valor actual neto a la diferencia entre los ingresos (VAI) con los egresos (VAE).

$$VAN = VAI - VAE$$

TIR.

La tasa interna de retorno o rendimiento es una medida de la rentabilidad de una inversión que está íntimamente relacionada con el valor actual neto (VAN).

Para ver si la construcción es factible de la máquina termofijadora se tiene que comparar con el interés teniendo a consideración las siguientes reglas:

Tasa interna de retorno $> i$ se realiza la máquina

Tasa interna de retorno $= i$ el interesado de la máquina deberá analizar si se hace o no.

Tasa interna de retorno $< i$ no se realiza la máquina.

Análisis del VAN - TIR.

Calculo del TIR a un VAN=0

En la producción de telas termofijadas se tiene en la producción como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 42. Producción de entretelas

Cantidad	Especificaciones	Valor Unitario Usd.	Valor Total Usd.
1	Tela	0,5	0,5
1	Entretela	1	1
			1,5

Cabe mencionar que el valor dado en la tabla anterior corresponde a un proceso de termofijado y como en el día se realizan 50 veces el proceso de termofijado entonces multiplico el valor por 50 obteniendo un valor de 75 dólares por día.

Tabla 43. Mano de obra por día

Operario	Trabajo a realizar	Tiempo (h)	Valor Unitario Usd.	Valor Total Usd.
1	Termofijado	6	2,25	13,5

Tabla 44. Costo por transporte

1	Camioneta de compra de materiales y entrega	25 Usd
---	---	--------

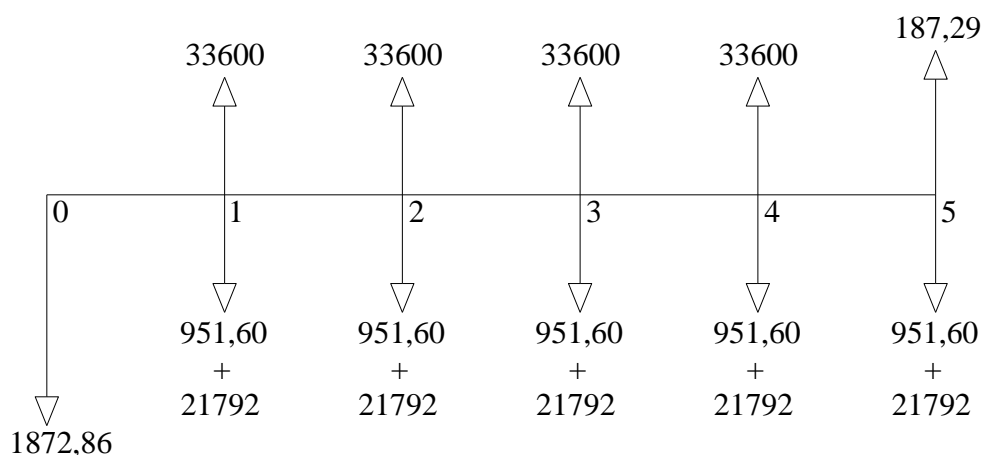
Tenemos un total de gastos por día de 113.5 dólares = 1816 dólares mensuales y anuales un gasto de 21792 dólares.

Considerando que se realiza 50 procesos de termofijado vendidos a 2,5 dólares tenemos 175 dólares por día y si proyectamos para un año considerando el precio actual tenemos 33600 dólares.

Tabla 45. Flujo de caja.

Costo de construcción	1872,86
Flujo de efectivo anual	33600,00
Costo de producción anual	21792,00
Costo por mantenimiento y operación	951,60
Valor de Salvamento	187,29
vida, años	5,00

Figura 67. Diagrama de evaluación financiera.



$$VAN = VAI - VAE$$

Valor anual de ingresos $VAI = 33600(P/A, i\%, 5) + 187,29(P/F, i\%, 5)$

Valor anual de egresos $VAE = 1872,86 + (951,60 + 21792) (P/A, i\%, 5)$

Tabla 46. Interés compuesto

i%	P/A	P/F	VAI	VAE	VAN
0	5	1	168187,29	147429,480	20757,81
5	4,3295	0,7835	145617,94	132179,896	13438,05
10	3,7908	0,6209	127487,17	119927,919	7559,25
15	3,3522	0,4972	112727,04	109952,576	2774,46
20	2,9906	0,4019	100559,43	101728,490	-1169,06
25	2,6893	0,3277	90421,85	94875,843	-4453,99

En la tabla observamos los resultados y para el cálculo del TIR escojo un valor positivo y un valor negativo del VAN en este caso de 15 y 20%

Con los datos obtenidos tenemos un TIR igual a:

$$TIR = i\% + \frac{\Delta\% * VAN^+}{VAN^+ + VAN^-}$$

$$TIR = 15\% + \frac{5\% * 2774,46}{2774,46 + 1169,06}$$

$$TIR = 18.51\%$$

Se toma como referencia la tasa de interés de nuestro país que en estos momentos se encuentra en el 12% teniendo:

18,51% > 12 %por lo tanto el proyecto es factible.

Análisis del punto de equilibrio.

El punto de equilibrio se presenta cuando el ingreso cubre los costos fijos y variables en el proceso de termofijado, en la presente sección se hace un análisis solo para el termofijado, utilizando los mismos datos de la producción manejados para hallar la TIR.

Los datos de costos que se estiman para el primer año de funcionamiento se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 47. Tabla punto de equilibrio

Concepto	Costos Fijos	Costos variables
Operación y mantenimiento		951,6
Proceso de Termofijado	288	
Operario	2592	
depreciación	337,11	
TOTAL. Usd	3217,11	951,6

Ingreso anual = 33600 Usd.

Aplicando la fórmula para el punto de equilibrio y reemplazando valores se tiene.

$$PE = \frac{\text{Costo Fijo}}{1 - \frac{\text{Costo Variable}}{\text{Ingreso Anual}}}$$

$$PE = \frac{3217,11}{1 - \frac{951,6}{33600}}$$

$$PE = 3310,87$$

Como el ingreso se calcula a razón de 0,75 Usd de ganancia por termofijado. El número de termofijados que se requiere vender para llegar al punto de equilibrio es:

$$\#Termofijados = \frac{PE}{0,75} = 4414,49$$

Con una producción de 50 termofijados diarios, a un ritmo de 6 horas de trabajo por cada día y 16 días por mes se necesita un tiempo 2 meses para llegar al punto de equilibrio, por lo tanto el proyecto es bastante aceptable.

Periodo de recuperación.

Para encontrar el periodo de recuperación de la máquina termofijadora utilizaremos el método de liquidación simple o también llamado método del periodo de reembolso el mismo que nos indica la liquidez del proyecto más su rentabilidad.

El método de liquidación simple nos da un balance entre los flujos de entrada de efectivo y los flujos de salida de efectivo en años el mismo que es el periodo de recuperación del capital invertido.

La ecuación del método de reembolso es la siguiente:

$$n_p = \frac{P}{FEN}$$

Dónde:

P = Inversión inicial o primer costo = 1872,86

FEN = Flujo de efectivo

n_p = Recuperación del capital invertido.

FEN = Ingresos – Desembolsos (Anualmente)

FEN = 33600 – 951,6 - 21792

FEN = 10856,4 Dólares

Reemplazo en la ecuación los valores

$$n_p = \frac{1872,86}{10856,4}$$

$$n_p = 0,173 \text{ Años}$$

Aproximadamente en 2 meses se recuperaría la inversión inicial de la máquina.

CÁPITULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones:

Mediante la investigación el uso de ecuaciones matemáticas que fueron utilizadas en este proyecto se ha logrado diseñar una placa calefactora para el termofijado de entretelas. Esta placa calefactora tiene las siguientes especificaciones: fundición de aluminio por sus buenas características físicas y mecánicas, forma rectangular $L1=950\text{mm}$, $L2=450\text{mm}$ y espesor de 50mm dimensiones necesaria para el proceso de termofijado de la fábrica, en la parte interna la resistencias eléctrica que necesita para calentar la placa calefactora una potencia de 3600 watt, por esta razón se conectó dos resistencias eléctricas en paralelo de 1800 watt, y de esta manera cumplir con la potencia necesaria para calentar la placa calefactora.

La adecuada selección del sistema de control se realizó en base a las diferentes temperaturas de termofijado por lo que se coloca un termostato para el controlador de temperatura, la precisión del termostato es de ± 4 que no influye en el termofijado de entretelas, esta máquina va a ser manipulada por varias personas por lo que el termostato es la mejor opción para el control de temperatura, pero en otros casos exigen mayor precisión en el control de temperatura para el cual se utiliza controlador PID que permite mayor precisión, para el control del tiempo se selecciona un timer digital de 999 segundos ya que la máquina puede realizar otro proceso diferente al termofijado, los controladores esta controlados por un contactor finalmente está conectado un braker para evitar descargas eléctricas esto todo en base al sistema de control

La selección de los elementos constitutivos para el ensamble de la termofijadora de entretelas se realizó en base a su disponibilidad en el mercado, proporcionando de esta manera una máquina con un costo menor en comparación a los similares disponibles en medio internacional, el correcto funcionamiento se verifica en el

capítulo de resultados ya que la máquina realizó el proceso de termofijado de entretelas de una manera excelente cumpliendo las necesidades de la planta de producción.

El análisis de resultados se realizó en base al problema que existía en la planta de producción con el área de la placa calefactora, el tiempo de proceso, el número producción se cumplió satisfactoriamente en el diseño y construcción de la nueva máquina, se resolvió dichos problemas aumentando el área de la placa calefactora, reduciendo un tiempo estimado y necesario para otros procesos, aumentando la producción de termofijado

Por medio del análisis de ventajas, desventajas y costos, se determina que la mejor alternativa para mejorar la situación actual es la implementación de la termofijadora de entretelas con un área mayor a la anterior y la implementación de otros equipos, con lo que se obtiene un retorno de la inversión a corto plazo.

9.3 Recomendaciones:

La máquina debe estar en un local adecuado, fijada sobre un piso de concreto o similar (que no sea compuesto de materiales combustibles)

Se sugiere también que la máquina se instale próxima al exterior del local porque cuando la máquina realiza el proceso de termofijado, libera vapores y gases saturados.

Observe que la tensión de la red eléctrica local coincida exactamente con la de la máquina.

Es necesario una inspección periódica del ajuste todos los tornillos del panel de comando eléctrico.

Tras el procedimiento de prensado, hay que dejar enfriar los textiles antes de que se pueda retirar cualquier medio de soporte del material de transferencia.

El adhesivo térmico del material de transferencia sólo revela su fuerza de adherencia una vez frío. Si, una vez frío, el adhesivo térmico no se ha adherido con éxito, es posible que haya sido termofijado con alguno de los parámetros tiempo, presión y temperatura de forma insuficiente.

La termofijadora de entretelas debe ser limpiada periódicamente con un paño de algodón embebido en alcohol y luego con un paño seco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DONALD, Q. Procesos de Transferencia de Calor. México: McGraw-Hill, 1998. Pág. 259, 906
- [2] VALENZUELA, R. Apuntes De Transferencia De Calor. Riobamba: Docucentro, 2003. Pág. 115
- [3] SHIGLEY J; Diseño de Ingeniería Mecánica; Editorial McGraw-Hill; Cuarta Edición, 1985. Pág. 380-404
- [4] MAZZONE, VIRGINIA, “Controladores PID”, Artículo Técnico, Universidad nacional de Quilmes, Departamento de Automatización y Control Industrial, 2002. Pág. 3-302
- [5] OGATA, K. Ingeniería de Control Moderna. 3ra.ed. México: PRENTICE- HALL HISPANOAMERICANA, S.A., 1998. Pág. 670
- [6] INCROPERA F, Fundamentos de la Transferencia de Calor; Prentie Hall Cuarta Edición. 1998. Pág. 98-145
- [7] FAIRES, M. Diseño de Elementos de Máquinas México: Limusa, 2003. Pág. 136
- [8] TERRAZAS, ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007, pág. 3-7
- [8] www.entretelas.mex.tl/115891_Entretelas-Fusionables
- [9] www.tejeduriatauro.com.ar/entretelas.html

BIBLIOGRAFÍA

- CHOPEY, N. Manual de Cálculos de Ingeniería Química. España: McGraw-Hill, 1993.
- DONALD, Q. Procesos de Transferencia de Calor. México: McGraw-Hill, 1998.
- FAIRES, V. Termodinámica. 6ta.ed. México: Hispano Americana, S.A., 1983.
- FAIRES, M. Diseño de Elementos de Máquinas México: Limusa, 2003.
- HOLMAN, J. P. Transferencia de Calor. 8va.ed. Madrid: McGraw-Hill, 1998.
- OGATA, K. Ingeniería de Control Moderna. 3ra.ed. México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A., 1998.
- TERRAZAS, ALENCASTRE, J. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Perú: 2007
- VALENZUELA, R. Apuntes De Transferencia De Calor. Riobamba: Docucentro, 2003.

LINKOGRAFÍA

PROPIEDADES DE LAS ENTRETELAS

www.entretelas.mex.tl/115891_Entretelas-Fusionables

2011-10-17

TIEMPO, TEMPERATURA Y PRESIÓN RECOMENDADAS PARA LAS ENTRETELAS

www.tejeduriatauro.com.ar/entretelas.html

2011-11-23