

Contenido

- I -

INTRODUCCIÓN	7
I.1 - PROCESO COMPLETO LAVADO TEXTIL.....	7
I.1.1 Recopilación de prendas.....	7
I.1.2 Clasificación.....	8
I.1.3 Lavado.....	9
I.1.4 Secado.....	9
I.1.5 Planchado.....	10
I.1.6 Empaquetado.....	11

- II -

JUSTIFICACIÓN	12
II.1 – EXISTENCIAS EN EL MERCADO.....	12
II.1.1 Secadora de evacuación.....	12
II.1.2 Secadora de condensación.....	13
II.1.3 Secadora de bomba de calor.....	14
II.1.4 Planchadora prensa a vapor.....	15
II.1.5 Planchadora de rodillos o calandra.....	15
II.2 – ESTUDIO DE MERCADO.....	16
II.2.1 Equipamiento existente.....	17
II.2.1.1 Armario de secado.....	18
II.2.1.2 Secadora de tambor.....	19
II.2.1.3 Planchadora tipo prensa.....	21
II.2.1.4 Planchadora de cuba.....	22
II.2.1.5 Planchadora calandra.....	23
II.2.2 Análisis de localización.....	25
II.2.2.1 Ubicación estratégica.....	25
II.2.2.2 Suministro de insumos.....	25
II.2.2.3 Clientes ocasionales.....	25
II.2.2.4 Ubicación inicial.....	25
II.2.3 Potenciales clientes.....	25
II.2.4 Requisitos de instalación.....	26
II.2.5 Conclusión del estudio.....	26
II.3 – ENCUESTA A FUTUROS CLIENTES.....	26
II.3.1 Respuestas relevantes.....	27
II.3.1.1 Planchado actual.....	27
II.3.1.2 Maquinarias utilizadas.....	27
II.3.1.3 Marcas de equipos.....	27
II.3.1.4 Tiempos de proceso.....	28
II.3.1.5 Energía disponible.....	28
II.3.1.6 Experiencia en el rubro.....	28
II.3.1.7 Disponibilidad de inversión.....	28
II.3.2 Conclusión.....	28
II.3.2.1 Ventaja para el cliente.....	28
II.3.2.2 Consideraciones térmicas.....	28
II.3.2.3 Restricciones a tener en cuenta.....	29
II.4 – JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO.....	29
II.4.1 Innovación del producto.....	29
II.4.2 Destinatarios del producto.....	29

II.4.3 Sin conexión a red eléctrica	29
II.4.4 Datos técnicos	30

- III -

DESARROLLO DEL PROYECTO	31
III.1 – MÁQUINA DE REFERENCIA.....	31
III.2 – DESCRIPCIÓN DE PARTES.....	33
III.2.1 Estructura	33
III.2.2 Plato inferior.....	34
III.2.3 Sistema de bisagra	35
III.2.4 Plato superior	35
III.2.5 Fuente de calor	36
III.3 – MÁQUINA PROPUESTA	37
III.3.1 Partes críticas	38
III.3.2 Normativas	39
III.3.2.1 Habilitación de recipiente a presión	39
III.3.2.2 Diseño de equipos a presión.....	39
III.3.2.3 Proceso de secado de textiles.....	40
III.3.2.4 Planchado por tipo de tela.....	40
III.3.2.5 Seguridad en equipos.....	40
III.3.3 Proceso de secado	40
III.3.4 Proceso de planchado.....	41
III.3.5 Materiales	41

- IV -

DISEÑO	42
IV.1 – OBJETIVO DE LA MÁQUINA PROPUESTA.....	42
IV.1.1 Reducción de tiempo de secado	42
IV.1.2 Menos piezas en movimiento.....	42
IV.1.3 Bajo consumo eléctrico	42
IV.1.4 Diseño óptimo, sencillo y seguro	42
IV.1.5 Tamaño apto para el comercio	42
IV.2 – CONSIDERACIONES DE DISEÑO	42
IV.2.1 Resistencia.....	43
IV.2.1.1 Resistencia mecánica.....	43
IV.2.1.2 Resistencia Térmica	43
IV.2.1.3 Resistencia a la corrosión	44
IV.2.2 Desgaste.....	44
IV.2.3 Peso	45
IV.2.4 Seguridad	45
IV.2.5 Control.....	45
IV.2.6 Dimensiones	45
IV.2.7 Utilidad.....	45
IV.2.8 Mantenimiento	45
IV.2.9 Costo	46
IV.4 – DESARROLLO DE SUBCONJUNTOS.....	46
IV.4.1 Plato inferior.....	46
IV.4.1.1 Función del plato inferior	46
IV.4.1.2 Evolución del plato inferior.....	47
IV.4.1.3 Materiales de las piezas.....	51
IV.4.1.4 Cálculos críticos	51

IV.4.1.5 Selección de componentes	52
IV.4.1.6 Proceso de fabricación.....	52
IV.4.1.7 Observación.....	55
IV.4.2 Plato superior	56
IV.4.2.1 Función del plato superior.....	56
IV.4.2.2 Evolución de diseño del plato superior.....	56
IV.4.2.3 Materiales constructivos	65
IV.4.2.4 Criticidad de cálculos	65
IV.4.2.5 Selección de componentes.....	67
IV.4.2.6 Fabricación del plato superior	67
IV.4.2.7 Observaciones	68
IV.4.3 Estructura.....	68
IV.4.3.1 Función de la Estructura	69
IV.4.3.2 Evolución de diseño de la estructura.....	70
IV.4.3.3 Material de piezas	73
IV.4.3.4 Dimensionado de perfiles por cálculo	74
IV.4.3.5 Selección de componentes.....	75
IV.4.3.6 Fabricación de estructura	76
IV.4.3.7 Observaciones	77
IV.4.4 Sistema de apertura y bisagras.....	78
Bisagras.....	78
Cilindro de empuje.....	78
Sistema de control	79
IV.4.4.1 Funcionalidad de cada subconjunto	79
Funcionamiento de bisagras.....	79
Funcionamiento de Cilindro.....	80
IV.4.4.2 Evolución del diseño para el sistema	81
Secuencias del sistema de control	86
IV.4.4.3 Materiales de cada componente	93
IV.4.4.4 Cálculos de resistencia.....	96
Dimensionado de bisagras	96
Cilindros – cálculos de dimensionado	96
IV.4.4.5 Componentes seleccionados	97
Elementos de bisagras	97
Selección de cilindro a gas	97
IV.4.4.6 Tecnología de fabricación	98
Fabricación de bisagras.....	98
IV.4.4.7 Observaciones	101
IV.4.5 Cañería de drenaje	102
IV.4.5.1 Función de la cañería.....	103
IV.4.5.2 Materiales y selección de componentes.....	103
IV.4.6 Placas soporte	104
IV.4.6.1 Funcionalidad de placas.....	105
IV.4.6.2 Características de chapas para fabricación.....	105
IV.4.6.3 Observaciones	106
IV.5 – CAPACIDAD DEL EQUIPO	106
IV.7 – TESTEO Y PROPUESTA A FUTURO	107
Fabricación del prototipo	107
IV.7.1 Puesta en marcha del plato superior.....	107
IV.7.2 Distribución de temperatura	109
IV.7.3 Pérdidas de carga en Plato superior	110
IV.7.4 Ensamblaje final.....	110
Propuesta de mejora a futuro	111
IV.7.4 Dimensiones y materiales.....	111
IV.7.5 Fluidos térmicos.....	111

- V -

CONCLUSIONES DE PROYECTO.....	112
V.1 DISEÑO COMPUTACIONAL.....	112
V.2 ANÁLISIS DE SIMULACIÓN CAE	112
V.3 DISEÑO FINAL ACEPTADO.....	113
V.4 CÁLCULOS ANALÍTICOS.....	113

- VI -

ANEXOS.....	114
A-I	115
<i>Catálogo de productos de la marca Speed Queen.....</i>	<i>115</i>
A-II	116
<i>Flexión en estructura.....</i>	<i>118</i>
<i>Diámetro eje de bisagra.....</i>	<i>121</i>
<i>Rodamiento bisagra.....</i>	<i>124</i>
<i>Potencia energía térmica.....</i>	<i>127</i>
Consumo de vapor y tiempo de secado.....	127
Aislación térmica.....	131
<i>Fuerza y selección de cilindro a gas.....</i>	<i>132</i>
<i>Junta atornillada en recipiente a presión.....</i>	<i>135</i>
Teoría de ciclos para fatiga.....	135
Diámetro de tornillos.....	135
<i>Teoría de placas.....</i>	<i>138</i>
<i>Rejilla en placa del plato inferior.....</i>	<i>142</i>
A-III	143
<i>Planimetría.....</i>	<i>143</i>
A-IV	145
<i>Catálogo de cilindros a gas DICTATOR.....</i>	<i>145</i>
A-V	146
<i>Catálogo tubos y accesorios acero inoxidable.....</i>	<i>146</i>
A-VI	147
<i>Catálogo de caños flexibles de acero inoxidable.....</i>	<i>147</i>
A-VII	148
<i>Electroválvula Jefferson.....</i>	<i>148</i>
A-VIII	149
<i>Trampa de vapor FT 14 Spirax Sarco.....</i>	<i>149</i>

Ilustraciones

Figura I.1 - Simbología planchado.....	10
Figura II.1 - Túnel de secado.....	12
Figura II.2 - Secarropas por evacuación.....	13
Figura II.3 - Secarropas por condensación.....	13
Figura II.4 - Secarropas por bomba de calor.....	14
Figura II.5 - Plancha prensa doméstica (izq.)- Plancha prensa industrial (der.).....	15
Figura II.6 - Planchadora calandra.....	16
Figura II.7 - Tipos de suministro térmico en planchadora calandra.....	16
Figura II.8 - Marcas comerciales.....	17

Figura III.1 - Planchadora industrial del tipo prensa.....	31
Figura III.2 - Planchadora calandra o de rodillo, a vapor.....	32
Figura III.3 - Planchadora del tipo prensa conectada a caldera de vapor.....	33
Figura III.4 - Estructura de planchadora tipo prensa.....	33
Figura III.5 - Plato inferior montado en estructura.....	34
Figura III.6 - Bisagras.....	35
Figura III.7 - Plato superior de planchadora prensa.....	35
Figura III.8 - Circuito vapor en plato superior.....	36
Figura III.9 - Palanca accionamiento para vapor.....	36
Figura III.10 - Caldera de vapor conectada a planchadora.....	36
Figura III.11 - (plato superior "naranja" - plato inferior "blanco")	41
Figura IV.1 - Esfuerzos mecánicos.....	43
Figura IV.2 - Dilatación en juntas de vía ferroviaria.....	44
Figura IV.3 - Corrosión en cincado (izq.) - Corrosión en acero al carbono (der.).....	44
Figura IV.4 - Drenaje en plato inferior.....	47
Figura IV.5 - Serpentinatas de vapor interconectadas entre platos... ..	48
Figura IV.6 - Piezas por capa que conforman el plato (placa intermedia aislante).....	48
Figura IV.7 - Proceso de secado en máquina.....	49
Figura IV.8 - Apoyo de rejilla sobre cuerpo de plato inferior (deformación por abolladura a la que se solicita dicha pieza).....	52
Figura IV.9 - Desarrollo de plegado y rendimiento chapas.....	54
Figura IV.10 - Proceso de conformado piezas de chapa plegada.....	55
Figura IV.11 - Flujo de calor hacia el exterior.....	56
Figura IV.12 - Confección del plato superior.....	57
Figura IV.13 - Flujo de calor en Plato superior.....	58
Figura IV.14 - Corrosión en metales (izq.) - Dilatación en metales (der.).....	59
Figura IV.15 - Calentamiento de agua en termo tanque eléctrico....	61
Figura IV.16 - Circuito de gases calientes en tubo radiante.....	62
Figura IV.17 - Proceso en intercambiador térmico a vapor.....	63
Figura IV.18 - Líneas de flujo del vapor.....	66
Figura IV.19 - Brida para cañería vapor.....	67
Figura IV.20 - Partes del recipiente a presión.....	68
Figura IV.21 - Piezas soporte de cañería, cilindros y plato inferior	69
Figura IV.22 - Estructura de caños. Fijación para plato inferior y bisagras.....	70
Figura IV.23 - Disposición reticulado en estructura.....	72
Figura IV.24 - Caños rectangulares y cuadrados en reticulado.....	73
Figura IV.25 - Unión atornillada (izq.) - Unión por soldadura (der.)	74
Figura IV.26 - Deformación de caño principal.....	75
Figura IV.27 - Extremos de caños para soldadura según ángulos y posición.....	76
Figura IV.28 - Soldaduras particulares de caños en reticulado.....	77
Figura IV.29 - Placa perforada para amurado al suelo.....	77
Figura IV.30 - Deformación en bisagras por fuerzas de apertura....	80

Figura IV.31 - Partes del cilindro de gas.....	80
Figura IV.32 - Bisagras y resorte de torsión para apertura de prensa	81
Figura IV.33 - Influencia ángulo cilindro y distancia eje bisagra.	83
Figura IV.34 - Conformado final de bisagra soldada a estructura...	84
Figura IV.36 - Concepto ángulo de cilindro.....	85
Figura IV.37 - Posición final de cilindros - Cilindros en serie...	86
Figura IV.38 - Final de carrera.....	88
Figura IV.39 - Entrada de vapor.....	90
Figura IV.40 - Liberar traba.....	92
Figura IV.41 - Buje plástico para eje de rueda.....	94
Figura IV.42 - Sellos para pistones hidráulicos.....	94
Figura IV.43 - Disminución de película lubricante.....	95
Figura IV.44 - Diagrama cálculo de fuerza por cilindro.....	97
Figura IV.45 - Proceso de fabricación brazos de bisagras.....	99
Figura IV.46 - Eje de bisagra.....	100
Figura IV.47 - Caja porta rodamiento.....	100
Figura IV.48 - Buje retención de rodamiento.....	101
Figura IV.49 - Unión entre cilindro y soportes.....	101
Figura IV.50 - Conjunto final de bisagra con detalle de piezas...	102
Figura IV.51 - Soldadura aceros disimilares.....	104
Figura IV.52 - Placas para montaje de plato inferior y drenaje...	105
Figura IV.53 - Estructura soportando plato inferior.....	105
Figura IV.54 - Caldera para secadora PS 1800.....	107
Figura IV.55 - Accesorios entrada y salida vapor.....	108
Figura IV.56 - Conexión de PS-1800 y caldera.....	109

- I -

INTRODUCCIÓN

El presente informe de proyecto final de carrera de Ingeniería Mecánica trata del uso de energía térmica, para el secado y planchado de indumentaria.

Se planteará un diseño de maquinaria para lavanderías y tintorerías comerciales, con un modelo ajustado a los servicios disponibles, de manera tal que se reduzcan los tiempos de procesos y así con éste equipo de capacidad similar a los ya existentes en los comercios, reemplazar varias unidades. De esta manera se estima que el comerciante obtendrá un ahorro importante a largo plazo de mantenimiento y consumo energético, que lo percibirá en su bolsillo de manera ventajosa.

Se desarrollarán los cálculos, diseño y planimetría del equipo, con su respectivo sistema de control y automatismo.

I.1 - Proceso completo lavado textil



I.1.1 Recopilación de prendas

El primer paso en una lavandería es la recepción de indumentaria, donde se debe prestar total atención al peso de las tandas recibidas para organizar los lotes de lavado en función de las capacidades de las maquinarias. De esta manera se obtiene un margen de seguridad para cumplir en tiempo y forma con los clientes.

Es fundamental el orden y planificación dedicados en esta instancia, porque de aquí se asegura el éxito del ciclo, ya que si sólo existiera un único depósito para almacenar las prendas sería imposible controlar el proceso para cada cliente y mantener el orden del mismo. A su vez

resultaría difícil realizar una buena clasificación y preparación de la ropa según sus características.

I.1.2 Clasificación

El estado y características textiles de las prendas recibidas, son factores que definirán el curso de las mismas dentro de su ciclo.

El tipo de mancha o suciedad que cada prenda tiene indicará el agente removedor adecuado a utilizar para la misma:

- Manchas causadas por sustancias orgánicas pueden resultar difíciles de remover si no fueron atacadas en el instante de ocurrido el incidente (lo cual resulta común cuando se reciben indumentarias en lavandería). Las mismas deben ser pre-lavadas para asegurar su remoción al introducirlas al proceso.
- Manchas a base de aceite o grasas deben ser tratadas una vez que las partículas se hayan secado, ya que así resulta más fácil quitar su adherencia a la tela. La materia grasa seca puede rascarse cuidadosamente de la superficie antes de ingresar la prenda al ciclo de lavado.
- Manchas causadas por bebidas se denominan "oxidables" por lo que resultan difíciles de eliminar por naturaleza, ya que rápidamente se impregnan en la tela. Deberían ser tratadas con un absorbente mientras están húmedas, pero esto es algo que puede no haberse hecho previo a la recepción, por lo que será necesario realizar un pre-tratamiento de las prendas y luego introducirlas a la lavadora.
- Manchas de las partículas presentes en el suelo (como por ejemplo barro), no resultan muy difíciles de eliminar, pero sí es de vital importancia dejar secar y rascar cuidadosamente de la tela antes de lavarla.

Por otro lado, dos determinantes cruciales a la hora de analizar las manchas, son el "color" y "material" de la tela atacada. La ropa blanca debe separarse de la de color y utilizar la temperatura adecuada para cada una asegurará la calidad obtenida al final del ciclo. Respecto a la tela, cabe destacar que cada material debe tratarse con su debido cuidado definiéndose así la vigorosidad del tratamiento de remoción a utilizar.

Todos estos factores definirán el o los productos con los que deberá tratarse cada prenda¹.

¹ Para referencia de quitamanchas recomendados por expertos y las prendas a las que se deben aplicar puede visitarse:

De esta manera la lavandería realiza la clasificación de los lotes de lavado que preparará evitando así la transferencia de colores, adherencia de pelusas o encogimiento de la indumentaria. Es de suma importancia organizar el proceso en función del cliente para evitar confundir prendas entre los mismos o bien utilizar maquinarias a un nivel de carga no rentable.

I.1.3 Lavado

Las maquinarias a utilizar en este paso del ciclo dependen del sector al que está destinada la lavandería ya que con ello las prendas y volúmenes a recibir estarán definidos, como así también las capacidades necesarias de lavadoras.

Estos equipos deben adaptarse a las necesidades del área. Las lavanderías pueden estar ubicadas en el lugar/industria a fin o bien ser de empresas tercerizadas, que brindan servicios a, por ejemplo: hoteles, instituciones del sector de la salud, instituciones penitenciarias, entre otras. Aquí las lavadoras deben cumplir con las normativas o requerimientos de estándar de calidad para cada caso, ya que se manejan grandes volúmenes diarios de prendas, las cuales poseen suciedades específicas que requieren óptima remoción (en algunos casos más críticos que en otros), para que el personal trabaje seguro o bien los huéspedes se sientan cómodos con la terminación de las mismas.

Por ello existen lavadoras de variadas capacidades, funciones programables, eficiencia energética, ahorros de suministros, ergonomía e instalación; adecuadas para cada sector o industria.

En este informe se tomará como referencia el catálogo de la línea Speed Queen, que puede encontrarse en lavanderías del grupo "Laverap" de las cuales se encuentran muchas en Argentina y son representantes oficiales de la marca².

En función de la clasificación realizada anteriormente, los programas de cada lavarropas deben ajustarse a los requerimientos de cada lote y asegurar el perfecto estado de las prendas para el proceso siguiente.

I.1.4 Secado

Antes de comenzar esta etapa, debe estarse seguro que el control de calidad inspeccionó las prendas salidas del proceso de lavado y las determinó "aprobadas" para ser introducidas al proceso de secado.

Aquí resulta nuevamente importante la clasificación de las prendas para que, en función de sus características textiles, la secadora ajuste su trabajo a las restricciones que las mismas presentan.

<https://www.limpiezatop.com/mejores-quitamanchas-de-sangre>

² Puede verse el catálogo en el anexo A-I

Existen distintas temperaturas y tiempos de secado aplicables en función del material de la tela.

También existen distintos tipos de maquinarias, dependiendo del principio y suministro energético utilizados para el proceso de secado. Las más comunes constan de un tambor en el cual la indumentaria es cargada en su interior y por efecto de la fuerza centrífuga desprende la humedad superficial. Aun así, la ropa seguirá húmeda por lo que es necesario aplicar energía para eliminarla; esto lo consiguen por transferencia térmica entre aire caliente forzado a atravesar el tambor y de aquí surge la clasificación de las maquinarias en:

- DE EVACUACIÓN
- DE CONDENSACIÓN
- DE BOMBA DE CALOR

Pueden verse algunos ejemplos de capacidades en el anexo A-I.

Con respecto al presente proyecto de ingeniería mecánica desarrollado en el informe descripto, la maquinaria diseñada tiene como fin principal actuar directamente sobre este proceso del ciclo.

I.1.5 Planchado

El acabado final de la indumentaria depende de todo el ciclo realizado hasta el momento y culmina en esta etapa, donde la calidad de la operación asegurará el confort entregado al cliente.

Dependiendo del material textil existen detalles aclarados en las etiquetas aplicadas en la ropa.

Según la norma IRAM 3758 - Símbolos de conservación de prenda, se adjudican los siguientes criterios:



 Planchado temp. alta	 Planchado temp. Media	 Planchado temp. Baja	 No utilizar plancha
Máx. 200 °C	Máx. 150 °C	Máx. 110 °C	No planchar
Puede plancharse a vapor o con un trapo húmedo	Puede plancharse a vapor o con un trapo ligeramente húmedo.	Planchar sólo en seco y sin vapor.	

Figura I.1 - Simbología planchado

Por ejemplo, el planchado en húmedo se aplica a textiles de lana, similares o materias sintéticas.

Cabe recalcar entonces que la temperatura aplicable al planchado es función del grado de elasticidad de la tela. Dichas temperaturas rondan dentro de los valores entre 100 - 200°C (indicado en Figura I.1).

Las maquinarias para este tipo de proceso se clasifican en primer lugar en función del tipo de tela del que resulta ser la prenda, como ser: de tela simple (sábanas, toallas y toallones, entre otras) aplicables a hoteles, salones de belleza, etc.; o de tela doble (camisetas, pantalones, etc.) que resultan ser lo más habitual en lavanderías convencionales.

Esta clasificación determina si la planchadora será de prensa (aplicables al primer tipo mayormente y más comunes en el ámbito industrial), o bien de rodillo (para el segundo tipo de tela exclusivamente).

Se recomienda nuevamente ver el anexo A-I para tener referencia de estas últimas, en cuestión de dimensiones y capacidades que ofrece la marca Speed Queen.

El planchado resulta ser una consecuencia del modo de acción de la maquinaria presentada en este proyecto, ya que las prendas son prensadas durante el proceso de secado.

Por ello se prestó importante atención al recomendado acomodo y preparación de la ropa.

I.1.6 Empaquetado

Para la culminación del proceso se llega al embalaje final de las prendas que cada cliente ingresó en la etapa de recepción de indumentaria. Se destaca la importancia del orden mantenido durante el ciclo completo, ya que, si fue meticoloso el control de calidad de cada paso, aquí se habrá llegado al éxito.

Las prendas egresadas del planchado deben doblarse y agruparse por cliente por lo que el proceso anterior a éste es crucial que haya despachado la ropa sin arrugas que obliguen a volver hacia atrás.

- II -**JUSTIFICACIÓN****II.1 - Existencias en el mercado**

Las máquinas secadoras existentes en el mercado utilizan como principio de funcionamiento un flujo de aire caliente que atraviesa el depósito en el que se encuentra la ropa. Dicho alojamiento para las prendas textiles puede ser una cabina con forma de túnel, donde la indumentaria se mueve a través de rieles, como indica la Figura II.1, o bien del tipo armario cerrado (las prendas se mantienen estáticas).



Túnel secuencial para el secado y acabados de prendas de ropa de forma.

Distintos modelos dependiendo de la producción horaria de indumentaria.

Figura II.1 - Túnel de secado

También pueden ser del tipo tambor, el cual gira a gran velocidad gracias a un motor eléctrico. El aire caliente es forzado a pasar a través del depósito y la forma en que se calienta dicho flujo es lo que hace a la clasificación de este tipo de secadoras en:

II.1.1 Secadora de evacuación

Capta aire del entorno y lo hace atravesar una resistencia eléctrica que se encarga de calentarlo. Dicho aire es forzado a pasar por el tambor y luego es expulsado al exterior (como puede verse en la Figura II.2). El agua condensada de la ropa, es evacuada directamente al desagüe.

La eficiencia de este equipo es baja por lo que su actual comercialización es muy reducida. Su funcionamiento es sencillo y dada su eliminación automática del agua excedente, resulta ser cómoda para

los usuarios. Otra contra de estos equipos es que su consumo es mayor comparado a los demás.



Figura II.2 - Secarropas por evacuación

II.1.2 Secadora de condensación

Esta máquina capta el aire proveniente de la parte trasera del tambor, lo calienta por medio de resistencia eléctrica. Luego éste es forzado a atravesar el tambor para evaporar el agua presente en la ropa (ver Figura II.3).

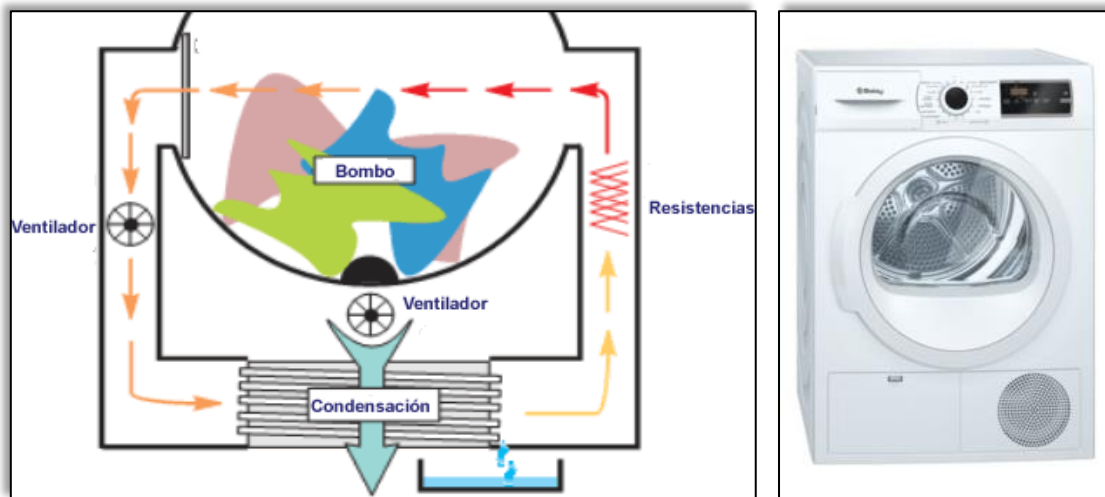


Figura II.3 - Secarropas por condensación

El aire caliente y el húmedo se mezclan con el aire frío que ingresa desde el exterior condensando así el agua remanente, la cual es almacenada en algunos modelos en un recipiente que el usuario deberá vaciar luego de cada ciclo de trabajo (si dicho desagote no puede

conectarse al drenaje, resulta ser una desventaja ya que es un trabajo extra para el operador).

Resulta ser más eficiente y económica que la de evacuación.

II.1.3 Secadora de bomba de calor

Utiliza un ciclo cerrado de recirculación del aire calefactor, el cual fluye de manera forzada por un ventilador. El aire es calentado previo ingreso al tambor y es enfriado al salir del mismo (donde adquiere además la humedad de la ropa). Dichos fenómenos resultan de un intercambio térmico con la "bomba de calor"³. El aire húmedo en contacto con la superficie fría de la bomba, sufre la condensación del agua saturada que drena al exterior (ver Figura II.4).

Su eficiencia y ahorro energético sobrepasa a los otros tipos de secadoras. Pero resulta más caro y su equipamiento es más sofisticado con lo que el mantenimiento debe ser más riguroso y delicado.

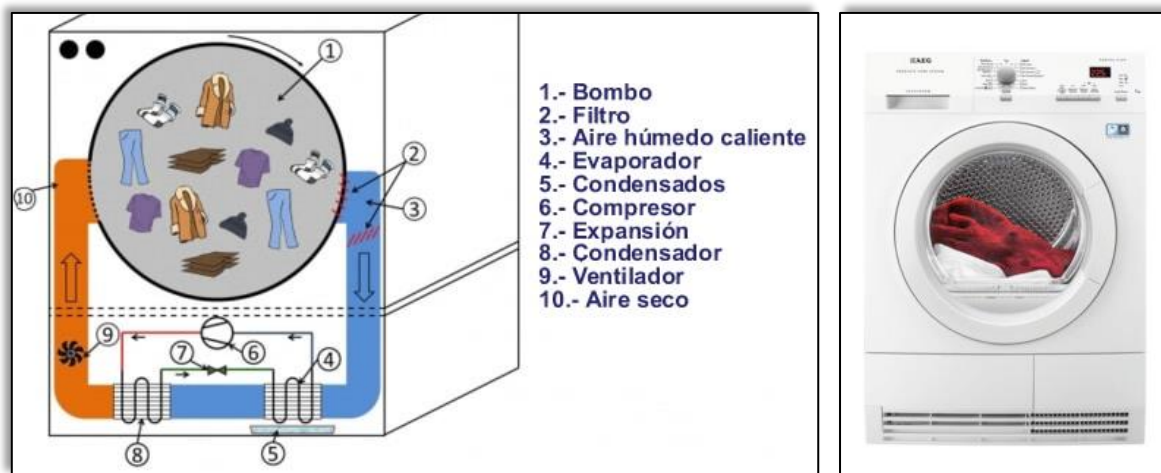


Figura II.4 - Secarropas por bomba de calor

En referencia a las máquinas de planchado industrial, caben distinguir dos tipos en función del modo de trabajo, el campo de aplicación al que pueden estar dirigidos y el tipo de prendas que pueden trabajar. Además de la posibilidad de funcionar con distintas fuentes de energía térmica para el acabado de las prendas, ya que es un proceso donde en ocasiones la indumentaria debe humedecerse nuevamente en una

³ Bomba de calor: ciclo termodinámico donde un fluido refrigerante es comprimido para elevar su presión y temperatura, que al circular por un intercambiador (condensador) es capaz de ceder calor al entorno pasando de estado gaseoso a líquido. Luego una válvula de expansión reduce su presión y temperatura para que circule por otro intercambiador (evaporador) donde adquiere calor del entorno hasta evaporarse y volver al compresor para un nuevo ciclo.

determinada proporción para garantizar un perfecto planchado libre de arrugas y que no dañe demasiado la confección de la misma.

II.1.4 Planchadora prensa a vapor

Estas planchadoras basan su principio de funcionamiento en la fuerza de aplastamiento entre dos platos calientes, que presionan la ropa para quitar las arrugas mientras la humedece con un spray de vapor, dándole el acabado deseado durante el prensado.

Pueden encontrarse en el mercado con dimensiones que se ajustan tanto al uso doméstico (Figura II.5 izquierda), como al industrial (Figura II.5 derecha). Ambas máquinas poseen un área de planchado que permite operar como máximo una manga de pantalón largo.



Figura II.5 - Plancha prensa doméstica (izq.)- Plancha prensa industrial (der.)

También pueden utilizar como fuente de energía térmica, la proveniente de resistencias eléctricas (parten de capacidades de 1200W aproximadamente).

II.1.5 Planchadora de rodillos o calandra

Este otro tipo de planchadoras, operan presionando únicamente prendas de tela simple o planas entre rodillos de metal, donde uno de ellos es fijo y presiona al otro mientras éste gira (ver Figura II.6). Entre ellos, la ropa rola obteniendo su alisado y el calor proveniente del interior de los rodillos es el encargado de darle el acabado definitivo (en este caso las telas deben ser humedecidas previamente para un resultado confortable).



Figura II.6 - Planchadora calandra

La fuente de calor que alimenta los rodillos puede ser: vapor de agua, resistencia eléctrica, gas de quemador atmosférico o de tubo radiante (como detallan las imágenes de la figura II.7).

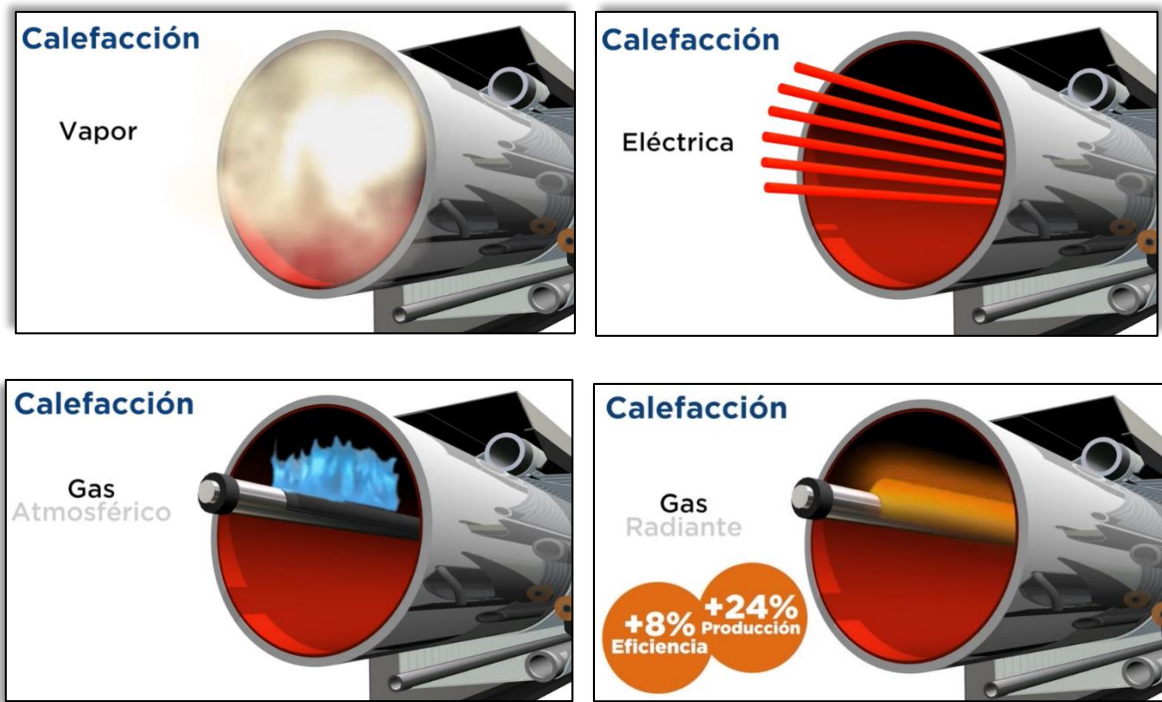


Figura II.7 - Tipos de suministro térmico en planchadora calandra

El anexo A-I detalla los modelos y dimensiones que ofrece la marca Speed Queen, de diámetros de rodillos.

La capacidad de este tipo de maquinarias se mide en kilogramos de ropa procesada por hora, donde aumentan junto con la dimensión y cantidad de rodillos variando entre 60-180 kg/h (el rango puede variar en menos o más dependiendo del fabricante).

II.2 - Estudio de mercado

El producto desarrollado en el presente proyecto, posee un potencial de mercado tal que, sin necesidad de competir con fabricantes de gran entalla a nivel mundial (como ser algunos los que aparecen en la Figura II.8), logra encajar bien en lavanderías y tintorerías comerciales, brindando un producto innovador que fusiona el secado y planchado en un solo paso con el fin de reducir tiempo y consumo energético.



Figura II.8 - Marcas comerciales

A su vez, en el mercado industrial, podría tener un impacto positivo ya que, para una misma capacidad de carga, la optimización del tiempo de proceso equivale a poseer 3 unidades convencionales de secadoras lo cual, aunque en dimensiones resulte equitativo, resulta relevante el mantenimiento dedicado a un solo equipo en lugar de varios.

II.2.1 Equipamiento existente

Algunos equipos disponibles resultan ser (sólo se tuvieron en cuenta aquellos con capacidad de carga de 6kg aproximadamente):

II.2.1.1 Armario de secado



UniMac

Capacidad: 8 kg
 Prendas: 6 trajes
 Tiempo secado: 58 min
 Potencia: 6,3 kW
 Dimensiones:
 1995x1200x650 mm

Utiliza sistema bomba de calor para su funcionamiento.



Girbau

Capacidad: 8 kg
 Prendas: 6 trajes
 Tiempo secado: 70 min
 Potencia: 12,5 kW
 Dimensiones:
 1995x1800x800 mm

Utiliza vapor para calentar aire insuflado al interior.

El consumo de energía calefactora resulta elevado, además de poseer grandes volúmenes interiores de carga con un rendimiento muy bajo, es decir que se necesita gran volumen para hacer circular un buen flujo de aire caliente que atraviese todas las prendas. De aquí los tiempos del proceso.

II.2.1.2 Secadora de tambor**UniMac**

Capacidad: 6 kg

Vol. tambor: 112 lts.

Potencias calefacción:

- 2,5 kW (condensado)
- 3 kW (ventilado)
- 1,3 kW (bomba de calor)

Dimensiones:

850x595x585 mm

**Girbau**

Capacidad: 8 kg

Vol. tambor: 205 lts.

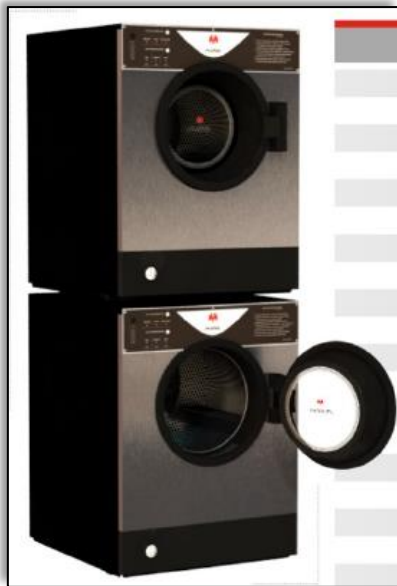
Potencia motor: 0,44 kW

Potencias calefacción:

- 5,4 kW (eléctrica)
- 11,72 kW (gas)

Dimensiones:

1092x686x837 mm



Marva

Capacidad: 5,5-7 kg

Vol. tambor: 140 lts.

Potencia motor: 0,35 kW

Potencias calefacción:

- 7.3 kW (gas)

Dimensiones:

955x702x800 mm

Los datos son por unidad



Primus

Capacidad: 7 kg

Vol. tambor: 65 lts.

Potencias calefacción:

- 6-9 kW (eléctrica)

Dimensiones:

1115x710x740 mm

Disponibilidad de calefacción por vapor y agua caliente en bomba de calor



Speed Queen

Capacidad: 8,2 kg
Vol. tambor: 198 lts.
Potencia motor: 0,25 kW
Potencias calefacción:
- 5,35 kW (eléctrica)
- 6,6 kW (gas)
Dimensiones:
1027x711x683 mm

Algo que no detallan los fabricantes en la ficha técnica de este tipo de secadoras es el tiempo de secado para dicha capacidad.

Muchas de estas unidades se utilizan en lavanderías de autoservicio, donde el usuario de la máquina coloca una ficha para un ciclo de trabajo que equivale a 45 minutos aproximadamente. Así puede ser necesario que, dependiendo la humedad y el tipo de prenda, se requiera más de un ciclo para el secado total.

Aquellas máquinas más eficientes poseen un sensor de humedad que asegura la terminación del ciclo cuando el secado es total. Pero aun así el tiempo de secado no resulta menor a 60 minutos.

II.2.1.3 Planchadora tipo prensa



Marva

Superficie de planchado y potencia eléctrica calefactora:

- 29x80 cm - 1500 W
- 1200x330 cm - 1200 W

Temperatura: 50-190 °C

Puede usarse para estampado



Primus

Volumen depósito para vapor y potencia requerida (puede ser externa la alimentación):

- 7 lts. - 8 a 10 kW
- 20 lts. - 10 a 18 kW

Potencia bomba: 0,6 kW

Potencia compresor: 0,75 kW (para insuflar aire)

Presión del vapor de 5-8 bar y gasto de 12-14 kg/h.

Estas maquinarias de planchado, poseen una capacidad térmica pensada para terminación de las prendas.

Cuando se necesita evaporar mayor cantidad de agua presente en la indumentaria, éstas requieren mayor tiempo de operación volviéndose ineficientes debido a la energía térmica que consumen.

Aun así, para el presente proyecto se adoptó como criterio de contacto térmico entre la máquina y la ropa, el mecanismo de prensado que utilizan los modelos existentes. De ellos se tuvo en cuenta el diseño de accionamientos, dispositivos de control, materiales y demás características elementales para la manipulación humana.

II.2.1.4 Planchadora de cuba



UniMac y Primus

Largo de rodillo: 1000-2000 mm

Diámetro rodillo: 250-290 mm

Capacidad: 30-79 kg_{ropa}/h

Tipo y potencia calentamiento:

Eléctrico de 5,2-17,5 kW



Girbau

Largo de rodillo: 1000-1400 mm

Diámetro rodillo: 250 mm

Capacidad: 30-40 kg_{ropa}/h

Tipo y potencia calentamiento:

Eléctrico de 5,2-8,6 kW

II.2.1.5 Planchadora calandra

Se analizaron aquellos equipos de hasta 2000 mm de longitud en su rodillo.



Unimac y Speed Queen

Largo rodillo: 1664-2080 mm / Diámetro rodillo: 320-500 mm

Capacidad: 62-120 kg_{ropa}/h (calefacción eléctrica o gas)

Capacidad: 95-145 kg_{ropa}/h (calefacción a vapor)

Potencias:

Eléctrico 24,3-65 kW / Gas 25-66 kW / Vapor 49-88 kW



Girbau

Largo rodillo: 1540-1900 mm / Diámetro rodillo: 325-510 mm

Cap. evaporar: 15-30 lts/h (calefacción eléctrica o gas)

Capacidad: 42 lts/h (calefacción a vapor)

Potencias:

Eléctrico 17-38 kW / Gas 22-47 kW / Vapor 49 kW

Los últimos dos tipos de planchadoras, se utilizan principalmente para prendas de tela simple como ser sábanas por ejemplo (uso exclusivo en hotelería).

La capacidad de calefacción para estas máquinas resulta de la velocidad de proceso que ofrecen para el planchado, donde las prendas ingresan con un porcentaje no mayor al 15% de humedad relativa, para garantizar el acabado deseado. Dicho calentamiento realiza un mínimo secado a medida que las telas rolan por la gran superficie de contacto de los rodillos.

Dado que en el proyecto se abordó el tratamiento de prendas doble tela, se consideró para el diseño el medio de transferencia térmico utilizado en las calandras, pero con el objeto de crear una máquina capaz de secar una tanda de 6 kg de ropa directamente salida de la lavadora.

En este caso la indumentaria permanecerá inmóvil, por lo que una gran capacidad de calefacción asegura la evaporación de la humedad en un corto período de tiempo.

Los ejes principales que definen el mercado son:

II.2.2 Análisis de localización**II.2.2.1 Ubicación estratégica**

Un punto estratégico de comercialización del producto radica en la cercanía de grandes ciudades y parques industriales, donde existen ya montadas potenciales lavanderías y tintorerías de tamaño comercial e industrial. Allí se destina la maquinaria propuesta, dado que las prendas de tela no simple son derivadas en su mayoría a estas empresas terceristas para su procesamiento.

II.2.2.2 Suministro de insumos

A su vez, es de vital importancia la existencia de proveedores de materia prima metal mecánica en un corto radio de distancia respecto de la planta de fabricación del producto, ya que el diseño propuesto así lo requiere.

II.2.2.3 Clientes ocasionales

Por otro lado, cabe destacar la existencia de comerciantes que abastecen a las empresas de lavados con maquinarias de las marcas ya mencionadas anteriormente, donde ser proveedores para los mismos resulta ser un punto de venta de gran importancia.

II.2.2.4 Ubicación inicial

Las localidades de Santo Tomé o Santa Fe, pueden ser un punto de ubicación importante a tener en cuenta para una incubación del producto, con expectativas de radicar a futuro en potenciales zonas urbanas como Rosario, Córdoba y Buenos Aires (a nivel nacional).

II.2.3 Potenciales clientes

Especular sobre el impacto del producto en empresas ya existentes que por lo general resultan ser vendedores oficiales de marcas específicas o representantes de productos fieles a las mismas y poseen alguna concesión, representa un desafío considerable para la inserción en el mercado, debido a que el producto requiere ir ganando la confianza del cliente a medida que el mismo observe los beneficios y esté dispuesto a invertir en una maquinaria que le representaría el reemplazo directo de dos equipos por uno (respecto a las funciones de secado y planchado).

Éste es el punto donde la experiencia de que se utilice una maquinaria para cada tipo de proceso puede proponer un público que confíe en la posibilidad de unificación en una sola herramienta, contra otro que sea más tradicional y conservador (a los cuales se convencerá del beneficio representado en la propuesta de diseño).

Por todo esto, el potencial mercado de inserción resultan ser aquellas compañías de limpieza que no sean exclusivas de trabajar con una marca en particular y estén abiertos al desarrollo del mercado local de fabricación de maquinarias para lavandería y tintorería (lo cual representa competencia directa con la marca para ganar a los otros clientes). Se prevé un mayor indicador en empresas de pocos años de trayectoria o en vías de desarrollo.

II.2.4 Requisitos de instalación

La disponibilidad de recursos energéticos como agua, electricidad y gas natural, resultan un factor importante para los clientes que tendrán acceso al producto, ya que para ellos invertir en una maquinaria que les signifique por un lado un ahorro en mantenimiento y tiempo, contra modificaciones en la instalación de suministros o el agregado de herramientas adicionales que proveen de algún recurso faltante; puede ser contraproducente en el análisis de rentabilidad para los mismos.

Por otro lado, la incorporación del producto planteado en el proyecto, no demanda conocimientos nuevos para los usuarios que ya poseen experiencia en el lavado de ropa, sino que justamente apunta a ser una propuesta que ofrece optimización de proceso, comodidad de operación y beneficios redituables a largo plazo en cuanto al ahorro energético debido a la innovadora eficiencia.

II.2.5 Conclusión del estudio

El fin de dicho estudio resulta en la cantidad de equipos a fabricar, con lo cual, los grandes indicadores mencionados anteriormente aplicados a los clientes radicados en la zona propuesta de radicación, proponen un análisis que, junto a los resultados estadísticos de encuestas realizadas al sector y vida útil estimada del equipo, definen el punto de equilibrio para la implementación del proyecto que se desarrolla a continuación.

II.3 - Encuesta a futuros clientes

Resultan preguntas relevantes para definir el rumbo del proyecto los siguientes ítems:

- A) ¿Cómo realizan el secado y planchado de indumentaria?
- B) ¿Qué maquinarias utilizan para cada proceso? ¿De qué marca/s?
- C) ¿Cuáles son los recursos necesarios para abastecer su local?

- D) ¿Cuál es el tiempo exacto o estimado de proceso por tanda de secado y planchado?
- E) ¿Qué cantidad de ciclos de lavado se realizan por día? (entiéndase por ciclo de lavado al proceso completo desde la recepción y clasificación de indumentaria hasta el empaque final)
- F) ¿Se ven perjudicados por el corte de algún suministro energético como ser electricidad, agua o gas natural? En caso afirmativo ¿con qué frecuencia?
- G) ¿Cuántos años poseen en el rubro?
- H) ¿Han realizado reemplazo de maquinarias en algún momento? Si fue así ¿cuál resultó ser el motivo?
- I) ¿Estarían dispuestos a invertir en una máquina secadora y planchadora que sea capaz de procesar 6kg de ropa en 15 minutos?
- J) Para dicha máquina ¿qué recurso disponen con mayor facilidad como fuente de calor: electricidad, gas natural o vapor?

II.3.1 Respuestas relevantes

El resultado que se obtuvo de parte de la encuesta reafirmó varios conceptos mencionados anteriormente.

II.3.1.1 Planchado actual

El planchado se realiza manualmente existiendo en algunas tintorerías máquinas del tipo prensa a vapor alimentadas por caldera.

II.3.1.2 Maquinarias utilizadas

La mayoría de las lavanderías de las localidades de Santa Fe y Santo Tomé, disponen secadoras de ropa del tipo tambor horizontal que funcionan por condensación, cuyas capacidades rondan los 10-15 kg (lo cual permite una carga real de 6-10 kg debido al espacio que ocupan las prendas). Para los pequeños comercios un secarropas de bomba de calor requiere una inversión elevada, pero aún así en algunos casos los utilizan.

II.3.1.3 Marcas de equipos

Las unidades de lavado y secado que más se visibilizan en estos locales comerciales, resultaron ser de las marcas Speed Queen o Marva en su mayoría, donde una lavandería tipo posee aproximadamente 6 unidades de cada una (lavadoras horizontales o verticales y secarropas horizontales apilables en su mayoría).

II.3.1.4 Tiempos de proceso

Un ciclo completo de lavado tiene un tiempo aproximado de 2 horas, donde el secado por tanda en cada máquina resulta ser de 45 minutos. A partir de estos datos es que cada comerciante expresó que acomodaba su jornada laboral diaria para cumplir por cliente respetando el ciclo completo.

II.3.1.5 Energía disponible

El suministro energético que más resultó ser relevante ante una parada es la electricidad, debido a que la mayoría de maquinarias utilizan resistencias eléctricas como fuente de calor y el/los motor/es eléctrico/s para hacer girar el/los tambor/es, por lo que se interrumpe la jornada en el instante del corte. Esto es un factor muy crítico para los comercios ubicados en las zonas encuestadas, ya que la frecuencia de estos escenarios es alta.

II.3.1.6 Experiencia en el rubro

En promedio se observó que los comercios tienen por lo general entre 5-10 años de vida, existiendo algunas de más de 20 años; tiempo en el cual han realizado cambios de algunas maquinarias por cuestiones de aumentar capacidades, es decir, han invertido en unidades más grandes, pero no tanto así en cantidad de unidades.

II.3.1.7 Disponibilidad de inversión

Respecto a invertir en una maquinaria como la que se les ofreció, la mayoría coincidió en que estarían dispuestos a adquirirla siempre y cuando justifique realmente el reemplazo directo de las unidades convencionales por la misma, reflejando un ahorro energético y económico en cuanto a suministros de electricidad, gas natural y agua. Esto último se debió a que incorporar una caldera de vapor de ser necesaria, resulta un cambio de instalación y acondicionamiento del local que, si para ellos no demostraba más económico reemplazar el consumo eléctrico por el gas natural y agua, obviamente descartarían la oportunidad de inversión.

II.3.2 Conclusión

II.3.2.1 Ventaja para el cliente

En función de la opinión de los potenciales clientes se dispuso pautar que la propuesta de diseño debe ofrecer una máquina de dimensiones no mayores a 3 unidades de secadoras convencionales y que además el consumo energético que requiera para asegurar una disminución considerable en el tiempo de proceso, no resulte mayor al de dichas máquinas instaladas actualmente en los comercios tipo.

II.3.2.2 Consideraciones térmicas

De aquí resultó primordial definir la fuente de calor que resulte más eficiente en términos de ofrecer una gran capacidad de calefacción con el menor costo de fabricación (entiéndase esto a los precios de materiales necesarios para poder operar con dicho recurso energético,

accesorios necesarios y existencia de artefactos acordes a la demanda del equipo) y consumo energético para operar. Por ejemplo, si ha de utilizarse energía eléctrica para transferir calor, la potencia requerida por la máquina determinará la cantidad de resistencias calefactoras necesarias en función de la potencia que entregan las existentes en el mercado. Por otro lado, los fluidos térmicos como el vapor requieren materiales adecuados que eviten la corrosión además de equipos sofisticados debido a manipularse con valores de presión mayor a la atmosférica.

II.3.2.3 Restricciones a tener en cuenta

Cada posible sistema de calefacción requiere consideraciones de diseño y operación regidos por normativas específicas para cada caso, además de las propias de la maquinaria por tratarse de un proceso dentro del ámbito textil.

II.4 - Justificación de proyecto

II.4.1 Innovación del producto

Respecto a lo existente en el mercado cabe resaltar que un equipo del tipo prensa que realice el secado de prendas de tela no simple con capacidades de carga equivalentes a un lote procesado en lavadoras de 6-10 kg, no existe como tal (sino que como ya se dijo, son únicamente máquinas planchadoras y permiten trabajar como máximo con una manga de pantalón largo). Esto resulta un punto importante a favor de la propuesta que se realizó en este proyecto, ya que los clientes necesitan optimizar los tiempos de secado y una forma de hacerlo es con una máquina de gran capacidad para transferir calor y que dicho proceso sea eficiente, como lo es el contacto directo entre una placa metálica caliente y la indumentaria.

II.4.2 Destinatarios del producto

En cuanto al público a quien queda dirigido el producto, se consideró el potencial en lavanderías y tintorerías del tipo comercial, debido a que las dimensiones finales y la superficie de calefacción son considerables para la poca capacidad que permite (6 kg de ropa húmeda distribuidos en 1,8 m²). Lo que hace factible la aplicación de esta herramienta es el reducido tiempo de proceso que asegura el principio de funcionamiento adoptado.

II.4.3 Sin conexión a red eléctrica

Por otro lado, se pensó en la independencia de la energía eléctrica suministrada por la empresa proveedora, ya que, por lo manifestado en las encuestas realizadas al público, se concluyó que, aunque la mayoría de los comercios disponen instalación eléctrica únicamente en su mayoría, estarían dispuestos a invertir en instalaciones de gas natural y agua con tal de no depender del suministro eléctrico de la EPE, mientras se obtenga un ahorro económico reflejado en el costo de cada servicio versus la electricidad.

En una primera instancia, la prensa podrá no requerir de un motor eléctrico para su funcionamiento, lo cual refleja un punto a favor respecto a lo mencionado en el párrafo anterior.

II.4.4 Datos técnicos

Queda pendiente para capítulos próximos del presente proyecto, las cifras finales de consumos y rendimiento térmico obtenido (tiempo de proceso), que justifiquen la factibilidad y rentabilidad del producto planteado de una manera cuantitativa.

- III -**DESARROLLO DEL PROYECTO**

En este capítulo se describió el modelo a ejemplo utilizado para definir la funcionalidad de cada parte de la máquina y así desarrollar el equipo propuesto para diseñar, detallando partes críticas y consideraciones más relevantes para el mismo.

III.1 - Máquina de referencia

Como modelo de diseño se tomaron conceptos de diferentes máquinas existentes en el mercado. Para realizar la carga y descarga de indumentarias se adoptó acomodar las mismas sobre una base plana, similar al plato inferior del tipo prensa (como indica la Figura III.1). Aunque el concepto fue tomado de una planchadora y la función principal del producto planteado en este proyecto es el secado, se pensó en un medio de transferencia térmica por contacto. De aquí el ejemplo de una calandra (descrito en Figura III.2), que, a través de vapor en el interior de la tapa superior realiza el trabajo.

Debido a la necesidad de suministro energético del tipo mencionado para transferir calor, se vio la necesidad de acoplar una caldera como hoy día utilizan algunas prensas a vapor, que resultan comunes en tintorerías (según Figura III.3).

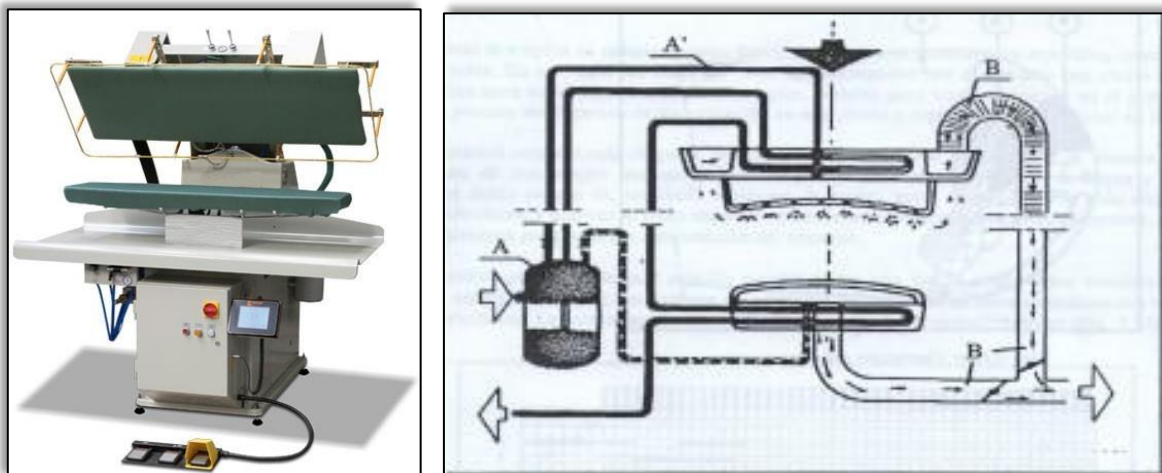


Figura III.1 - Planchadora industrial del tipo prensa

Es por esto que la máquina resulta ser una combinación de dos modelos con una gran capacidad de transferencia y gran dimensión, para poder reducir tiempos de proceso de secado.

Una planchadora calandra, necesita calefaccionar a velocidades elevadas por lo que demanda un cierto caudal de vapor, acorde a las dimensiones de la tela que se procesa.



Figura III.2 - Planchadora calandra o de rodillo, a vapor

Dicho principio es adoptado para el diseño, con la salvedad que la indumentaria estará fija en la prensa, por lo que la transferencia térmica no depende de la velocidad de rolado de las prendas como en una calandra. Por ello la caldera debe suministrar el caudal adecuado que haga funcionar el ciclo como estacionario.

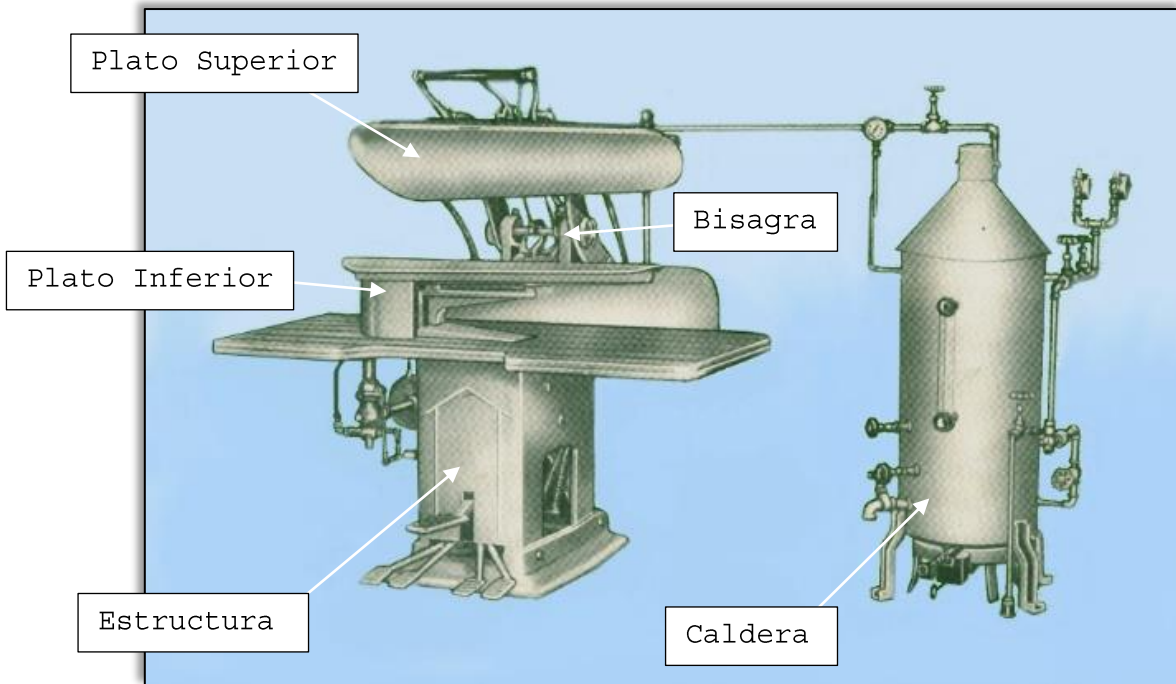


Figura III.3 - Planchadora del tipo prensa conectada a caldera de vapor

III.2 - Descripción de partes

Se tomó como referencia una planchadora del tipo prensa para determinar los subconjuntos que la componen:

III.2.1 Estructura

Como se aprecia en la Figura III.4, esta parte del equipo es la encargada de soportar el peso de la máquina, además de ser su vínculo al suelo.

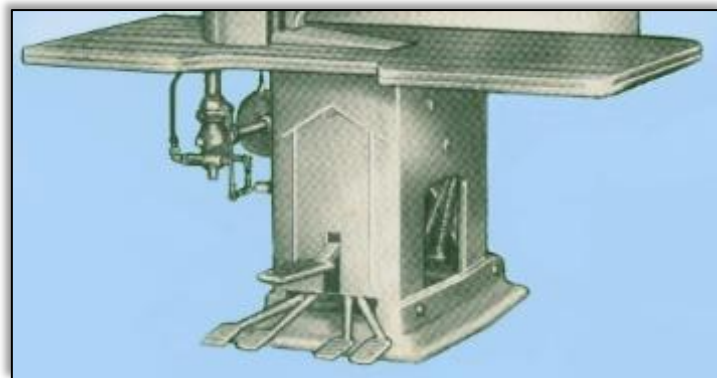


Figura III.4 - Estructura de planchadora tipo prensa

Debe permitir al operario realizar cómodamente las distintas operaciones sobre la planchadora, por ello su base debe ser de dimensiones que no obstruyan el paso en la posición de carga y descarga de prendas. Para el activado de mecanismos y operaciones de la máquina, se utilizan pedales que permiten al usuario manipular la indumentaria con sus manos y activar las funciones con su pie.

Además, por gravedad, todo el drenaje del equipo o válvulas que actúan sobre los conductos de alimentación o salida del plato inferior, se montan en ella para que el espacio entre platos (área donde se realiza el prensado), quede libre para comodidad del operador.

Cabe destacar a su vez que el sistema de bisagras contiene su parte fija unida a la estructura, para que sea éste su punto de giro (lo cual se detalla en dicho subconjunto).

III.2.2 Plato inferior

Sobre esta pieza de la máquina se apoyan las prendas a planchar y debe cumplir con estar posicionada a una altura cómoda para que el operario realice las operaciones de carga y descarga.

En casos adicionales, cuenta con un sistema de aspiración para que los vapores generados durante el proceso sean evacuados.

La Figura III.5 especifica la posición de la misma sobre la estructura (este plato se mantiene fijo a la misma).



Figura III.5 - Plato inferior montado en estructura

El tamaño de la misma, en los modelos más comunes permite trabajar como máximo con una manga de pantalón a la vez. En función de la delicadeza de la tela, por lo general posee una leve curvatura para que no se generen pliegues y ondulaciones en las prendas mientras se ejerce presión.

III.2.3 Sistema de bisagra

Es el elemento encargado de, por un lado, vincular el plato superior con la estructura y por otro de ser el punto pivote para el movimiento del plato superior, el cual ejerce presión sobre el inferior.

En la Figura III.6 puede apreciarse su ubicación.



Figura III.6 - Bisagras

Sobre el eje del sistema, el accionamiento se realiza (en el caso de la máquina tomada como referencia) por medio de palancas que, accionadas desde los pedales, hacen rotar al mismo para así mover el plato superior.

Para dicho accionamiento puede utilizarse un mecanismo que funcione (generalmente) de modo oleohidráulico, neumático o de resorte de torsión, debido a que los modelos convencionales del mercado se diseñan con apertura automática (a modo de seguridad del usuario en caso de aplastamiento de sus manos).

III.2.4 Plato superior

Esta pieza se encarga de ejercer presión al cierre, por contacto directo con el plato inferior, para efectuar el planchado de la indumentaria que fue colocada en medio de éstos (ver Figura III.7 para referenciar su ubicación).



Figura III.7 - Plato superior de planchadora prensa

El vapor que proviene de la caldera y circula en su interior utiliza 2 vías distintas, donde una se encarga de aportar calor a la superficie de contacto con la ropa y la otra hace salir el vapor a modo de spray por orificios dispuestos en su interior, como indica la Figura III.8

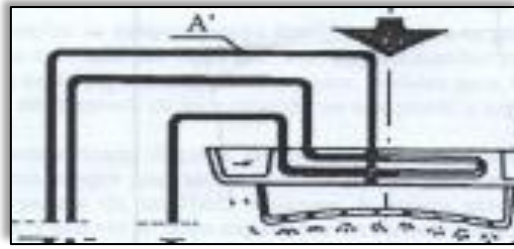


Figura III.8 - Circuito vapor en plato superior

Para ser manipulada por el operario, posee una manija que permita al mismo realizar el cierre y prensado, mientras que con palancas se comandan las válvulas de accionamiento del vapor (como se aprecia en la Figura III.9).

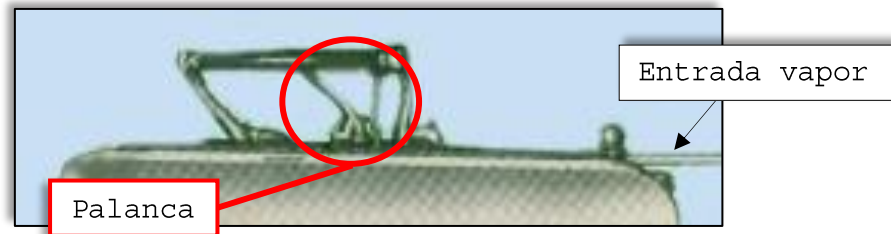


Figura III.9 - Palanca accionamiento para vapor

III.2.5 Fuente de calor

Para el caso que se tomó como referencia, la maquinaria recibe suministro de energía térmica por medio de una caldera (ver Figura III.10).

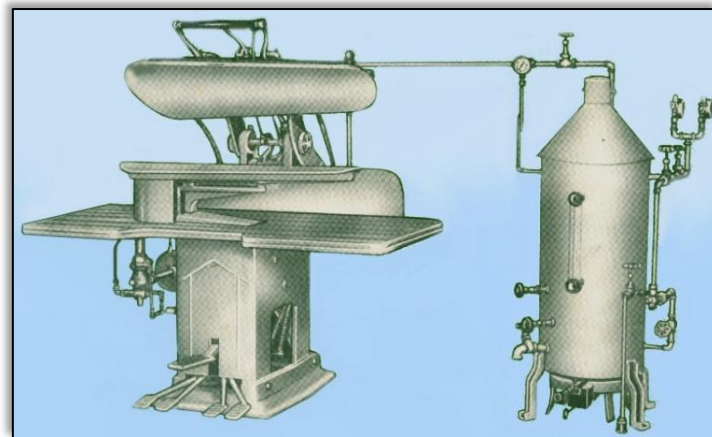


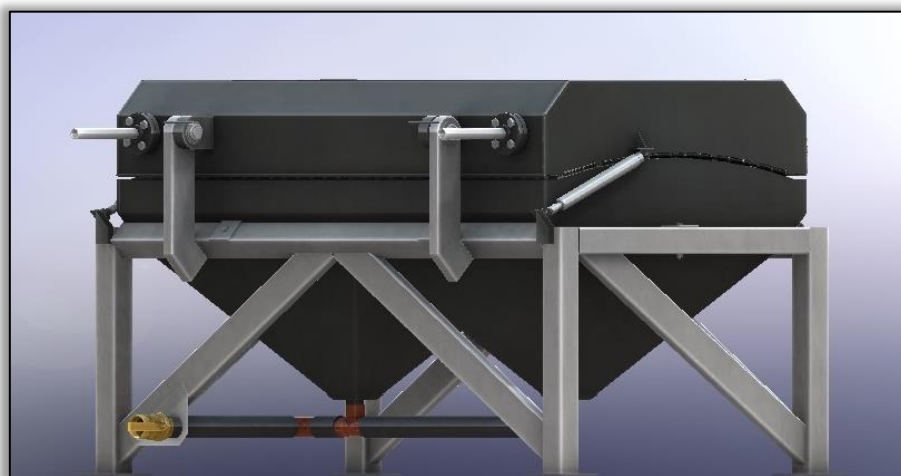
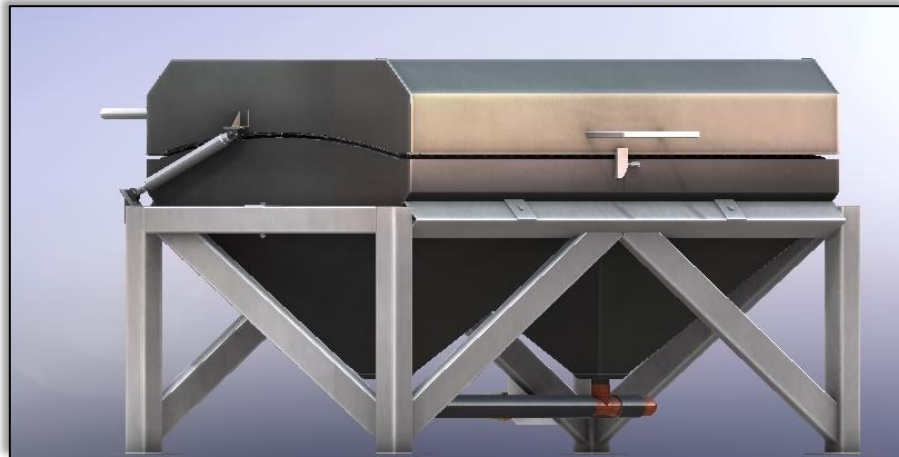
Figura III.10 - Caldera de vapor conectada a planchadora

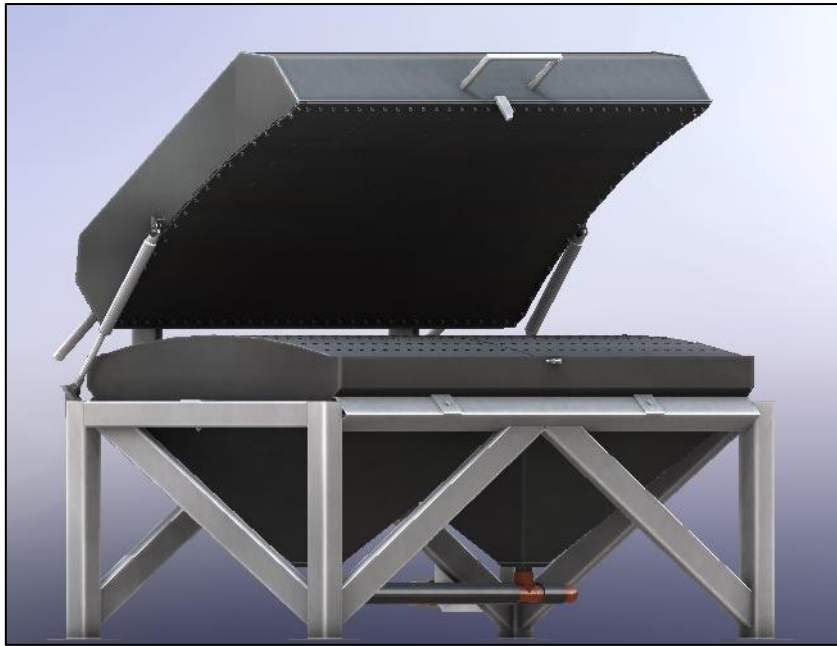
La utilización del vapor como fuente de calor se detalló en el punto anterior, al ser inyectado en el plato superior.

Al ver la planchadora como un solo sistema, se observó que el circuito del vapor puede ser abierto (libera los excedentes al ambiente, como es el caso de la maquinaria de referencia), o bien cerrado, donde el

vapor encargado de calentar la superficie de contacto, al enfriarse retornará al generador para volver a adquirir las propiedades necesarias para reinyectarse.

III.3 - Máquina propuesta





En función de la descripción realizada en el capítulo anterior sobre el modelo tomado como referencia, se analizaron, para cada subconjunto, las modificaciones o adopciones directas para cada caso. Esto fue necesario ya que, la máquina diseñada no es una planchadora en sí, sino más bien es una secadora y por lo tanto debe adaptarse cada pieza a su función específica. Por ejemplo, el vapor se utilizaría únicamente para calentar el plato superior sin realizar un spray sobre la ropa.

Por otro lado, como las dimensiones permiten colocar sobre el plato inferior más de una prenda, se debió plantear un mecanismo de apertura y cierre del plato superior diferente al de la referencia.

Así también la estructura que sostenga y de rigidez a la maquinaria debe ser de gran dimensión por lo que, en lugar de construirse con piezas de fundición de hierro, se pensó en perfiles estructurales unidos por soldadura.

III.3.1 Partes críticas

En primer lugar, se consideró describir el plato superior, ya que el mismo resulta ser el contenedor de calor para el secado de las prendas.

Del mismo modo que el rodillo en una planchadora calandra, esta pieza de la máquina contiene en su interior un fluido térmico que transfiere su temperatura a la superficie que estará en contacto con la tela. Dicho fluido puede ser:

- Agua caliente
- Aire caliente

- Vapor

Tanto el agua como el aire pueden absorber calor para aumentar su temperatura, por medio de dos tipos de fuentes como ser: energía eléctrica (resistencias calefactoras), o bien, combustión de gas natural o hidrocarburos.

Por su parte, el vapor resulta de un cambio de fase en el agua, por lo que dependiendo de la presión a la que ésta se encuentre, el calentamiento hasta obtener la evaporación define la temperatura final obtenida. Dicha energía comúnmente la recibe el generador de vapor por medio de quemadores de gas natural o hidrocarburos (ya no se justificaría el uso de energía eléctrica, debido a la potencia requerida).

La criticidad de esta pieza de la máquina radica en la temperatura a la cual debe operar la superficie en contacto con la indumentaria y dependiendo la fuente de energía a utilizarse, la prevención de los riesgos que implica su funcionamiento, se encuentra normalizada para cada caso.

Por otro lado, siguiendo el movimiento que describe el plato, resulta de vital importancia el análisis del mecanismo de apertura y cierre que asegura el prensado de las prendas, donde existen riesgos para el operario que deben ser cuidadosamente atendidos para asegurar la sincronía de funcionamiento en el equipo y la vida del operario.

III.3.2 Normativas

III.3.2.1 Habilitación de recipiente a presión

En el caso de disponerse de un equipo sometido a presión, como sería el caso del plato superior, en cuyo interior circularía agua caliente o vapor a temperaturas mayores a los 100°C (superior a las condiciones atmosféricas para las cuales el agua alcanza su punto de ebullición), existe un reglamento para la inscripción, habilitación, inspección, atención y manejo de dicho aparato, en la provincia de Santa Fe; regido por el decreto n° 605/2016⁴.

Dicho artículo especifica el ente regulador para la aprobación de componente y desarrolla las consideraciones que evaluará el organismo (no especifica procedimientos ni métodos de cálculo para resistencia de materiales y demás).

III.3.2.2 Diseño de equipos a presión

Para el diseño del recipiente a presión se procuró seguir las indicaciones dictadas por la norma ASME (American Society of Mechanical Engineers), donde sí se detallan procedimientos de cálculo

⁴ Puede verse el decreto en el boletín oficial de la provincia de Santa Fe.
Link: <https://www.santafe.gob.ar/boletinoficial/ver.php?seccion=13-04-2016decreto605-2016.html>

para asegurar el adecuado comportamiento de un equipo para dicha prestación. Al seguirse las indicaciones de este código, se asegura la aprobación por parte de la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (ente regulador según el decreto mencionado).

III.3.2.3 Proceso de secado de textiles

En cuanto al proceso de secado de indumentarias, existe una normativa que determina los procedimientos de lavado y de secado domésticos para los ensayos de textiles. Los cuales se tomaron como referencia para las condiciones de funcionamiento requeridas en la maquinaria y así definir parámetros de temperaturas, presión, entre otros. La normativa vigente resulta ser la UNE-EN ISO 6330:2012 (ISO 6330:2012).

III.3.2.4 Planchado por tipo de tela

En cuanto al proceso de planchado, existen símbolos que los fabricantes de maquinarias y la industria textil han identificado en las etiquetas de cada prenda lanzada en el mercado, para recomendar la adecuada conservación de telas durante el proceso.

III.3.2.5 Seguridad en equipos

Por último, se consideró la normativa aplicable al diseño de la maquinaria, tomando como referencia la ISO 12100, que trata sobre los conceptos básicos y principios generales de diseño para la seguridad de la maquinaria. Dicha norma detalla los puntos importantes a tener en cuenta para que el funcionamiento del equipo procure reducir los riesgos que atenten contra la vida del usuario y prolongar la vida útil del mismo.

De esta última se obtuvo el óptimo diseño conceptual del producto y la elección del sistema de control que asegure el correcto funcionamiento del mismo, evitando al máximo las posibilidades de ocurrencia de accidentes o anomalías en la máquina que conduzcan a una falla que signifique una parada de proceso, lo cual en el peor de los casos podría llegar a la rotura de alguna pieza (esto a su vez puede repercutir en su entorno cercano causando un accidente).

III.3.3 Proceso de secado

La maquinaria fue proyectada para procesar una tanda de lavado de aproximadamente 6 kg, en función de las características de las máquinas lavadoras existentes. Para ello se estima una superficie de trabajo de 2 m², donde las prendas son ubicadas por el operario de modo que ocupe todo el espacio disponible para el mejor rendimiento.

Luego el proceso continúa con el cierre del plato superior contra el inferior hasta activar el dispositivo que mantendrá prensada la ropa (ver sucesión de pasos en la Figura III.11).

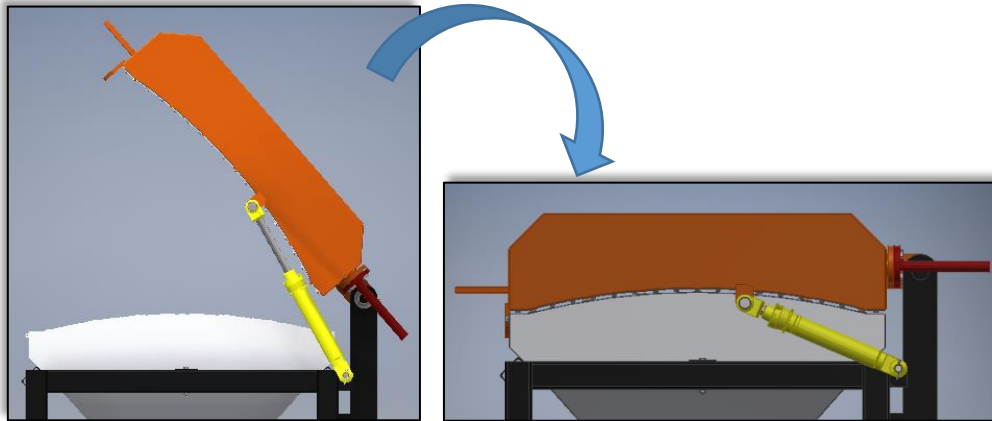


Figura III.11 - (plato superior "naranja" - plato inferior "blanco")

A partir de ese momento la máquina está en condiciones de iniciar el secado.

III.3.4 Proceso de planchado

El planchado, resulta ser una función secundaria de la máquina, ya que los platos se cierran para asegurar el contacto de la ropa con la fuente caliente y de esta manera la ropa recibe la fuerza necesaria para alisarse eliminando así las arrugas superficiales que la tela poseía. Cuando los platos se separan (terminado el secado), las prendas resultan secas y planchadas.

La calidad del acabado de las indumentarias depende de la correcta distribución de las mismas sobre la superficie del plato inferior y de los accesorios que aseguren el conformado de piezas delicadas (como ser cuellos y puños de camisas, entre otros).

III.3.5 Materiales

Una característica principal de cada componente resulta ser el material del que están hechas sus partes, ya que es el encargado de dar las propiedades físicas necesarias para llevar a cabo la función de diseño pensada.

- IV -**DISEÑO****IV.1 - Objetivo de la máquina propuesta****IV.1.1 Reducción de tiempo de secado**

Utilizando un sistema de contacto directo entre una placa caliente y las indumentarias se obtiene mejor eficiencia de secado.

IV.1.2 Menos piezas en movimiento

La máquina no posee motor giratorio como las secadoras a tambor, sino sólo movimiento de apertura y cierre de prensa. Esto ofrece menor desgaste y criticidad.

IV.1.3 Bajo consumo eléctrico

La posibilidad de utilizar gas natural para calefacción del fluido térmico, permite operar con potencia eléctrica únicamente de control y comando, por lo que puede abastecerse con baterías en caso de un corte en suministro.

IV.1.4 Diseño óptimo, sencillo y seguro

Facilidad de construcción y fabricación para disponer de buena oferta en talleres que puedan operar con mínimos recursos.

Posee un sistema de control que asegure la integridad del usuario y la máquina.

Con piezas que aseguren el óptimo funcionamiento de la máquina el uso se vuelve práctico y apto para el público en general.

IV.1.5 Tamaño apto para el comercio

Si bien la capacidad de carga es equivalente a los modelos de menor tamaño en el mercado, sus dimensiones representan el triple de las mismas. Aun así, ya que se optimizan tiempos, no existe diferencia en espacio ocupado.

Esto a su vez resulta ventajoso desde el punto de vista del mantenimiento.

IV.2 - Consideraciones de diseño

Indicar los puntos de partida que asegurarán el cumplimiento de los objetivos propuestos, representa el carácter más importante antes de comenzar a desarrollar el diseño conceptual de la máquina.

Por ello se destacaron los siguientes parámetros:

IV.2.1 Resistencia

Dependiendo de los esfuerzos mecánicos, térmicos o los posibles ataques oxidantes a los que sean expuestas las piezas que componen la máquina; es importante definir los materiales que aporten la resistencia deseada en la pieza.

IV.2.1.1 Resistencia mecánica

En el caso de piezas sobre las que actúan fuerzas que intentan deformar su estructura, debe tenerse en cuenta el efecto de la deformación (ver Figura IV.1), ya que la resistencia de la pieza depende del material y la forma de su sección; es decir, para perfiles estructurales huecos de un mismo material, la resistencia mecánica varía en función del espesor y si su sección es cuadrada, rectangular, redonda, etc. (en la sección de cálculos se explica mejor este concepto).

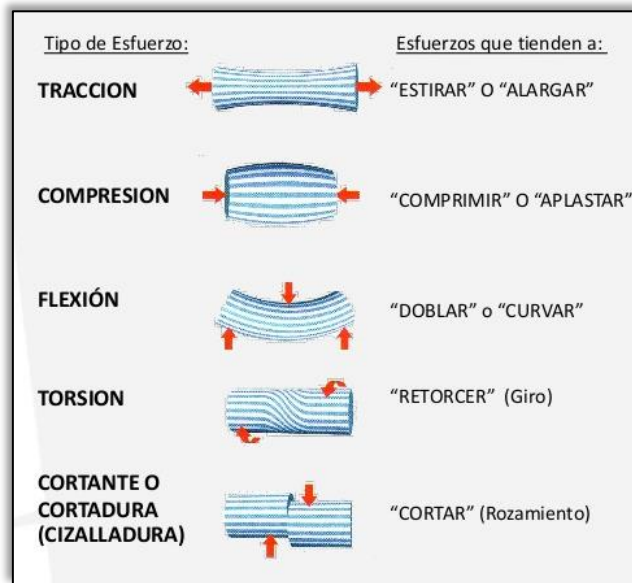


Figura IV.1 - Esfuerzos mecánicos

IV.2.1.2 Resistencia Térmica

El efecto de deformación que sufren las partes sometidas a temperaturas mayores al ambiente, se denomina dilatación. Las piezas que experimentan tal fenómeno, modifican sus medidas lineales, volumétricas, superficiales, entre otras; lo cual por un lado implica que la posición relativa entre partes de la máquina deje de ser la inicial (como indica la Figura IV.2 para vías de un tren). Por otro lado, esto afecta directamente a las propiedades mecánicas de la pieza y su material con la consecuente disminución de su resistencia mecánica.

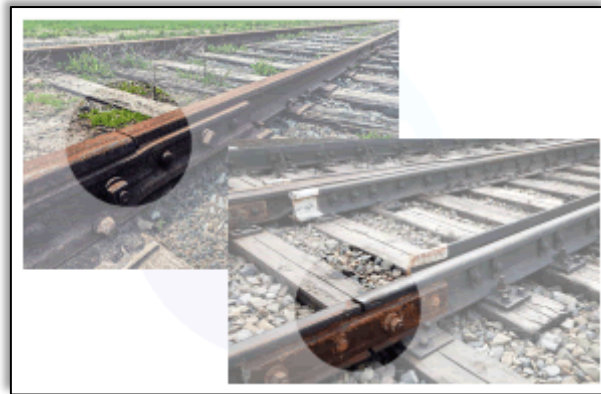


Figura IV.2 - Dilatación en juntas de vía ferroviaria

IV.2.1.3 Resistencia a la corrosión

La oxidación en los materiales genera un deterioro en la estructura superficial, con la posterior disminución de su sección original, lo cual afecta a las propiedades de resistir esfuerzos mecánicos en la pieza. Para resistir dicho fenómeno, existen materiales que naturalmente son favorecidos con dicha propiedad, otros en cambio necesitan recubrir su superficie expuesta al ambiente oxidante. La Figura IV.3 muestra la oxidación en dos materiales diferentes de un mismo tornillo y se aprecia el deterioro del mismo.



Figura IV.3 - Corrosión en cincado (izq.) - Corrosión en acero al carbono (der.)

IV.2.2 Desgaste

Cuando existe fricción entre partes que continuamente o de manera cíclica, están en contacto durante el funcionamiento de la máquina, existen fuerzas de rozamiento que actúan sobre las superficies en cuestión realizando un desprendimiento de la capa superficial generando el desgaste de la misma, es decir, que se reduce el espesor de la pieza y aumenta la separación entre partes, por lo que aparecen movimientos relativos fuera de los parámetros de diseño cuando es excesivo el fenómeno. Puede reducirse su efecto por medio de lubricación en la zona de fricción.

IV.2.3 Peso

La máquina debe ser posible de transportar hasta el lugar de instalación y además fácil de operar por el usuario, sin realizar esfuerzos sobrehumanos.

IV.2.4 Seguridad

Como indicador de mayor importancia se encuentra la seguridad en cuanto a integridad de las personas que interactúan con la máquina de manera directa o indirecta, por lo que deben reducirse al mínimo de severidad, los riesgos que genere para las personas el funcionamiento de la máquina. Para ello deben preverse todos aquellos factores que impactan sobre las piezas, a modo de disminuir los riesgos de falla.

IV.2.5 Control

El sistema que dé orden y criterio a las secuencias de funcionamiento, debe poseer un control que asegure el funcionamiento de acuerdo al proceso, evitando la ejecución de tareas en momentos no debidos que lleven a una falla. Puede resultar automático el funcionamiento del mismo, o bien, caso contrario dependiente de la acción humana (donde la posibilidad de error en la operación de control, determina el grado de seguridad del sistema).

IV.2.6 Dimensiones

El tamaño del producto debe garantizar la posibilidad de instalación en habitaciones convencionales para el mayor número de lavanderías y tintorerías, ya que a éstas va dedicado el mismo.

IV.2.7 Utilidad

Es importante que una maquinaria diseñada para realizar las operaciones de secado y planchado de indumentarias, cumpla en condiciones óptimas su función, porque de lo contrario pierde utilidad. Así mismo si sólo un reducido grupo de personas es capaz de operarla.

IV.2.8 Mantenimiento

Los ajustes periódicos, reparaciones que eviten y prevean fallas, entre otros; son acciones que aseguran una prolongada vida útil de la máquina. Lo ideal de dichas operaciones de mantenimiento es que no signifiquen sacar de servicio la máquina por muchas horas ni tampoco que esto ocurra durante períodos cortos (esto hace referencia a si debe dejar de funcionar la máquina para realizar operaciones de mantenimiento, donde muchas horas de parada implican interrupción del ciclo de lavado o demoras en el mismo; y si además esto se repite cada pocos días, la máquina resultaría inviable para el usuario).

IV.2.9 Costo

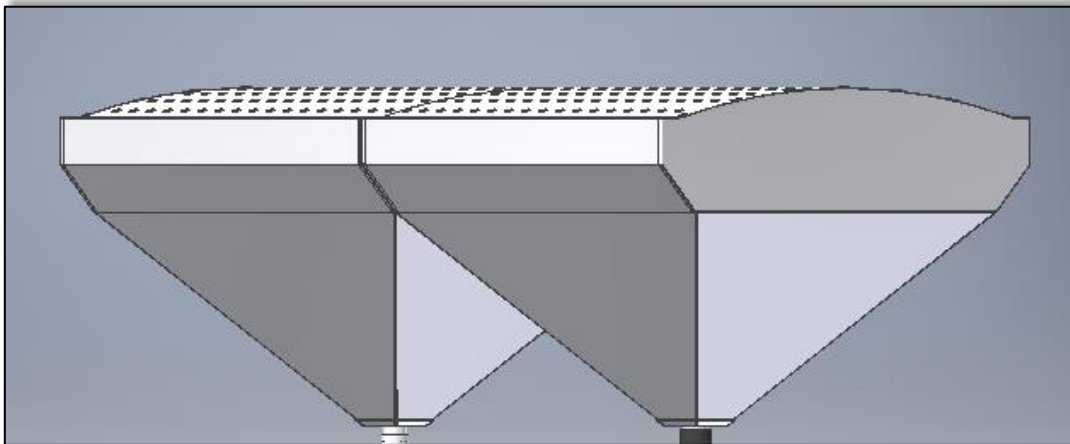
Las ganancias esperadas por la venta de un producto se deben al margen que existe entre el precio que determina el mercado para que el mismo sea competitivo y los costos de fabricación requeridos. Si éstos últimos resultan muy elevados, la rentabilidad de la máquina disminuye, trayendo como resultado pérdidas económicas para el fabricante. Por lo tanto, deben reducirse al mínimo para obtener el mejor beneficio.

IV.4 - Desarrollo de subconjuntos

IV.4.1 Plato inferior

Las piezas que lo componen son:

- Ductos de desagote
- Placa rejilla
- Conectores para drenaje



IV.4.1.1 Función del plato inferior

Este subconjunto de la máquina es el encargado de recibir la carga de indumentarias a secar, con lo cual dicha superficie debe estar a una altura cómoda para el operario y permitirle a éste acomodar las prendas textiles de manera bien extendida, previo al prensado.

A su vez, debe permitir evacuar el vapor y condensados provenientes de la humedad de la ropa durante el proceso de secado por contacto térmico.

La superficie de prensado debe asegurar el acabado liso de los textiles al recibir el apriete del plato superior.

En Figura IV.4 se detalla el proceso de funcionamiento del plato.

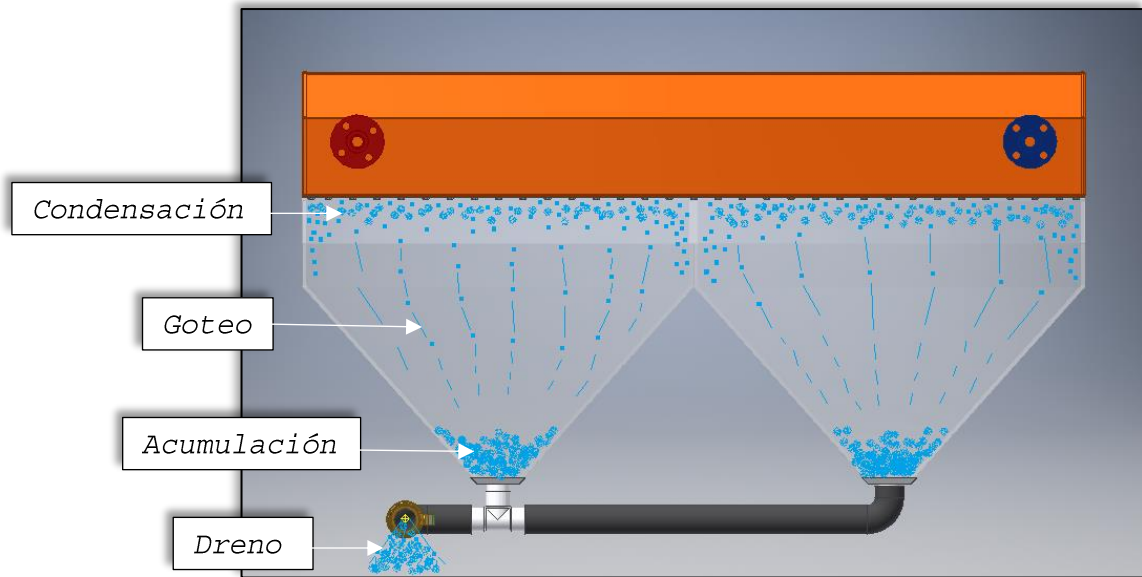


Figura IV.4 - Drenaje en plato inferior

IV.4.1.2 Evolución del plato inferior

Para poder cuantificar la capacidad de indumentarias a secar, se realizó un posicionamiento de prendas variadas sobre una superficie de 1 x 1,8[m] y se llegó a un aproximado de: 2 pantalones largos, 3 pares de medias largas, 4 boxers y 1 remera o buzo.

Primera propuesta de diseño

Surge con la idea de hacer circular el fluido térmico a través de cañerías montadas en el interior del plato inferior, interconectada con el plato superior de la máquina (como muestra la Figura IV.5).

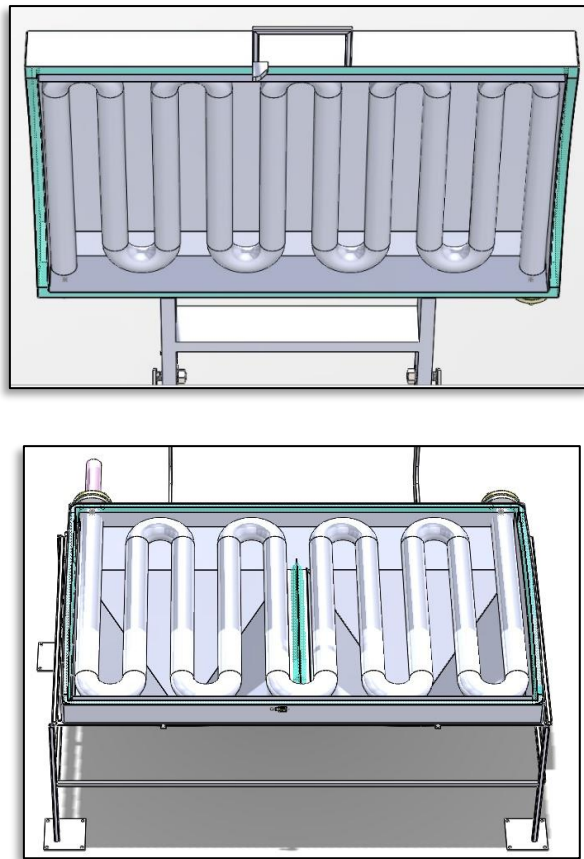


Figura IV.5 - Serpentinas de vapor interconectadas entre platos

El conformado consiste en doble capa de chapa metálica, separadas por material aislante (lana de vidrio), con la particularidad de que el plato se cierra en la parte superior con una placa perforada (para la evacuación de la humedad de la ropa). La Figura IV.6 ilustra cada pieza.

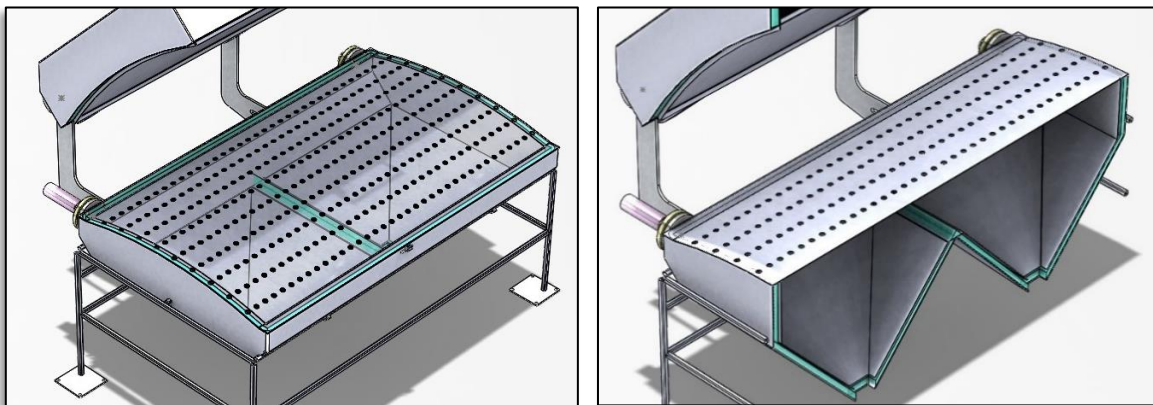


Figura IV.6 - Piezas por capa que conforman el plato (placa intermedia aislante)

Para comprender las etapas del ciclo de trabajo en la máquina, debe seguirse el diagrama de flujo ilustrado por la Figura IV.7.

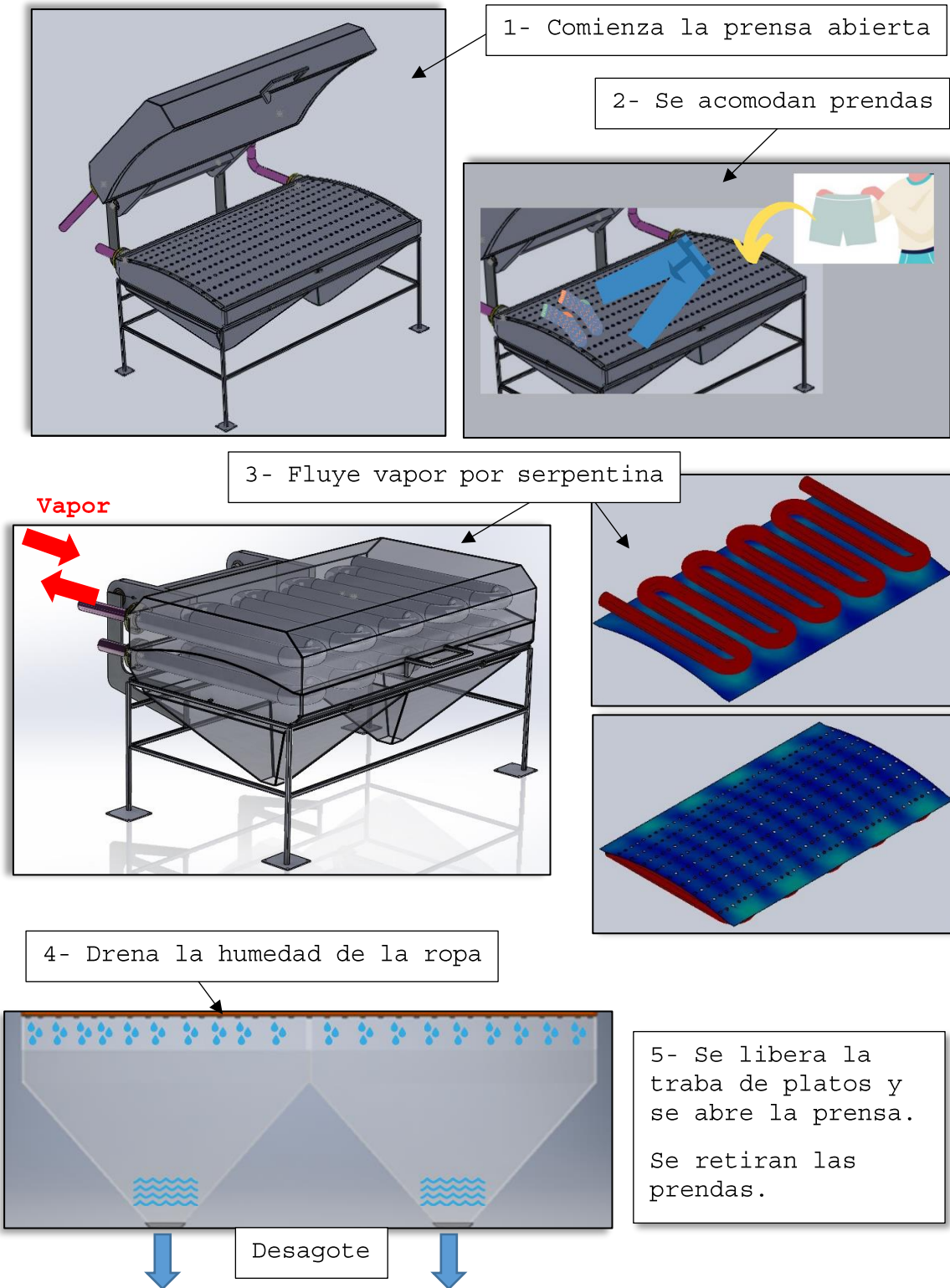


Figura IV.7 - Proceso de secado en máquina

Crítica de propuesta

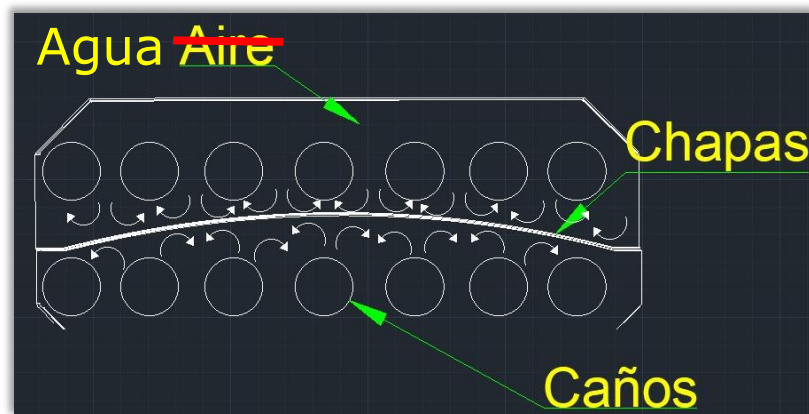
Esta primera idea conceptual del subconjunto, donde sin realizar cálculos previos, se plasmó un boceto de cómo podría ser, permite analizar las siguientes cuestiones para la siguiente fase del diseño.

Ventajas:

- La forma de evacuación de la humedad proveniente de la ropa, puede desagotarse fácilmente por los ductos en forma de pirámide del plato inferior, lo que a su vez es de fácil fabricación para el conformado de chapas metálicas.
- El perforado en la placa de apoyo para indumentarias ofrece un panorama factible para asegurar el drenaje de condensados en toda la superficie.

Desventaja:

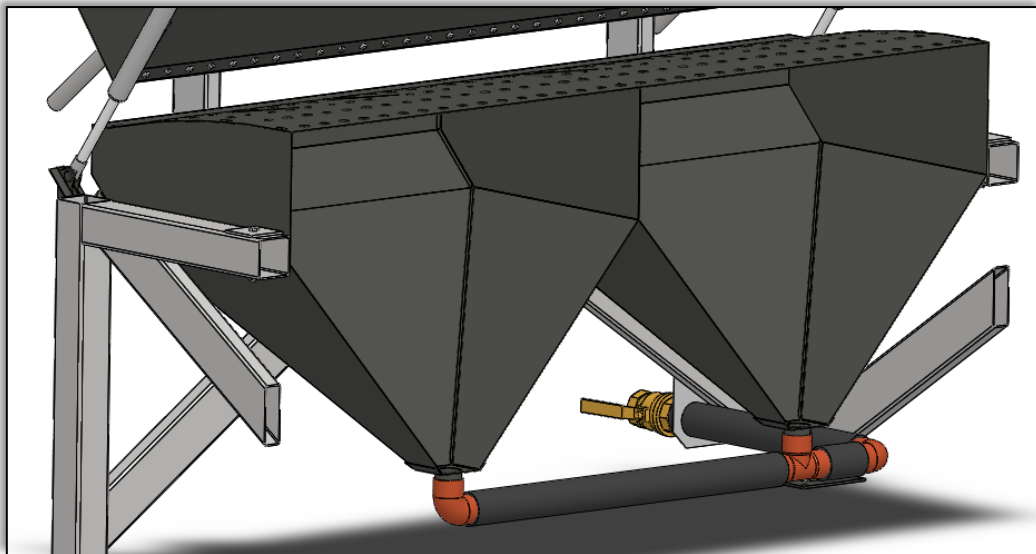
- Transmitir calor desde la pared externa de tubos, hacia la superficie de contacto con la ropa, necesita como fluido intermedio uno de mejor capacidad de conducción que el aire (como ha de ser el agua), para disminuir la temperatura del fluido térmico.

**Conclusión para modificaciones en el diseño:**

Si se utiliza agua como medio convectivo, en la transferencia térmica, se logra una temperatura 3 veces menor en el vapor que circula dentro de los tubos, para obtener la misma temperatura en la chapa que seca las prendas. Por lo tanto, como el plato inferior debe drenar la humedad de los textiles, ya no puede contener serpentín de cañería térmica.

Segunda fase de diseño

Como ya no se dispone de serpentín de tubos en el interior de este componente, no es necesario aislar el flujo de calor hacia el ambiente. Esto aliviana el equipo y hace más sencilla su fabricación.



Crítica de fase

Luego de definir un nuevo conformado para el plato inferior, donde sólo se dispone de una capa de chapa se observó que resulta más simple para su fabricación.

Con esto se ahorra también en materiales resultando menos costosa la máquina: menos metros en serpentín de tubos, menos lana de vidrio para aislación térmica y menos chapa metálica para carcasa interna del plato.

Conclusión:

Llegado aquí el concepto de cada pieza, se dio por satisfactorio el modelo planteado.

IV.4.1.3 Materiales de las piezas

En este caso, todas las partes resultan ser conformadas con chapa metálica de acero SAE 1010, lo cual requerirá un recubrimiento sintético debido a la exposición constante con agua y humedad a temperatura mayor que la atmosférica.

IV.4.1.4 Cálculos críticos

La funcionalidad del subconjunto depende de que la placa rejilla no sufra deformaciones por abolladura, ni tampoco que la humedad quede estancada en la misma. Por ello fue requerido verificar la resistencia de ésta en función del modo en que se apoya sobre los ductos de desagote (como indica la Figura IV.8).

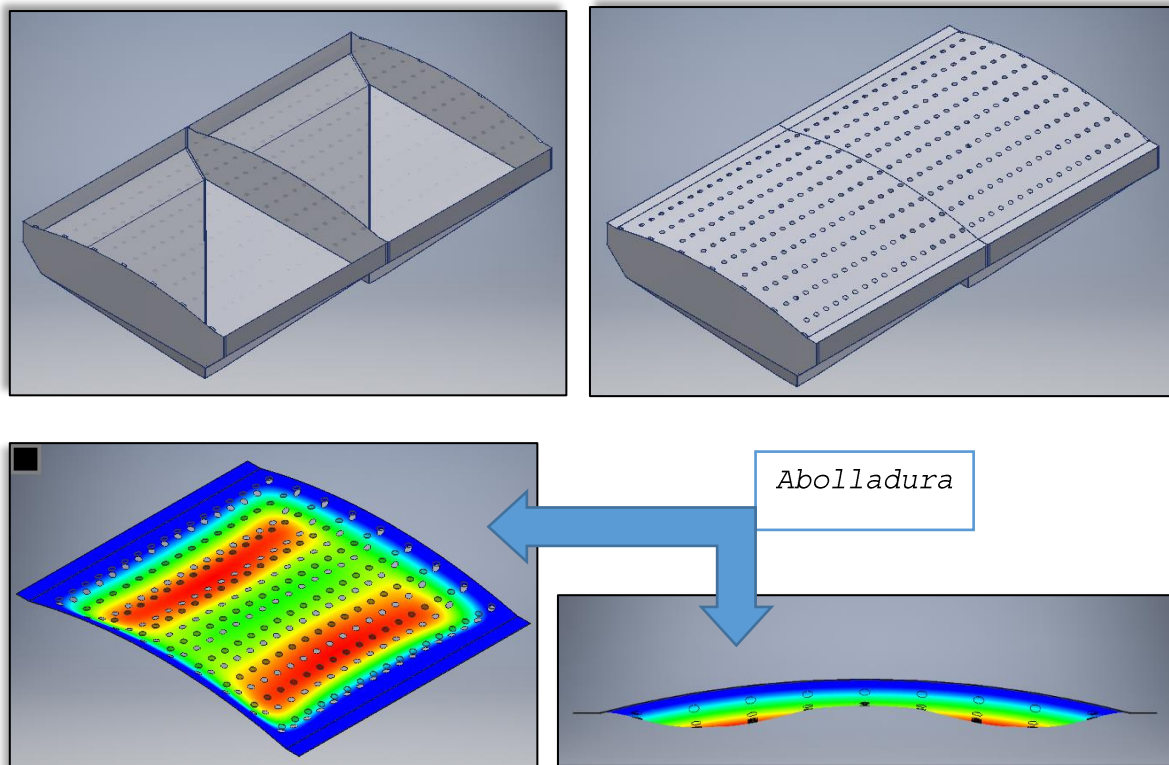


Figura IV.8 - Apoyo de rejilla sobre cuerpo de plato inferior (deformación por abolladura a la que se solicita dicha pieza)

Los orificios de la rejilla deben ser de un diámetro tal que no genere un corte en la indumentaria por acción del prensado y a su vez que la humedad condensada drene correctamente.

Para observar los cálculos correspondientes, dirigirse al nexa A-II.

IV.4.1.5 Selección de componentes

Para conformar las piezas de chapa plegada, se seleccionó el calibre de la misma n° 14 (2 milímetros de espesor), el cual resiste los esfuerzos solicitados y es posible plegar en máquinas de accionamiento oleo-hidráulico presentes en la mayoría de talleres metalúrgicos.

El conector para drenaje posee un caño redondo que permita la conexión a los accesorios correspondientes, por lo cual se seleccionó un perfil estructural de sección circular $\varnothing 2''$.

IV.4.1.6 Proceso de fabricación

El primer paso para confeccionar las piezas es el corte de chapas con máquina guillotina, en función del desarrollo de plegado (como indica la Figura IV.9). De aquí se conoce el rendimiento de la operación respecto al desperdicio y con ello la cantidad de materia prima necesaria.

Luego se procede a perforar la placa rejilla y los conectores para luego plegar cada parte del subconjunto y unirlos por medio de remaches $\varnothing 4\text{mm}$ y altura de 8mm. Se aplica posteriormente sellador de silicona para evitar fugas de agua.

Por último, se requiere un recubrimiento con esmalte sintético debido a la corrosión por contacto con condensados.

En la Figura IV.10 se aprecia el proceso y las maquinarias empleadas.

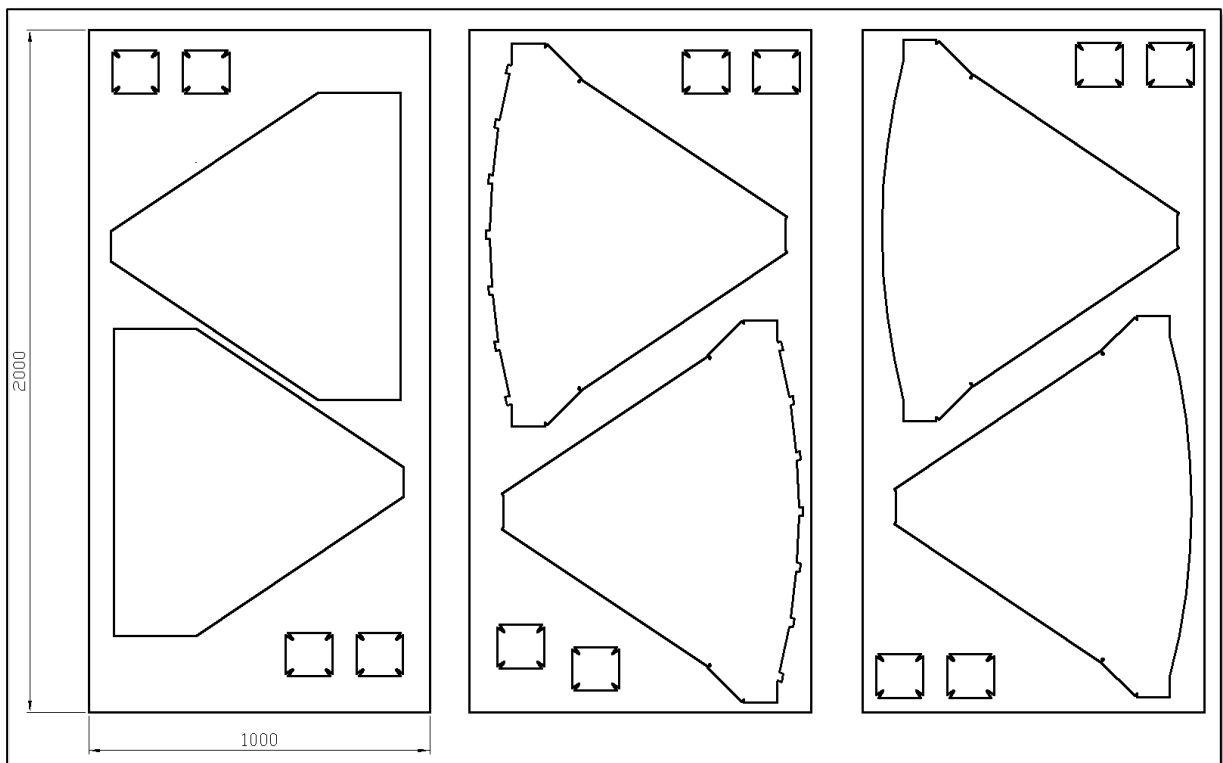
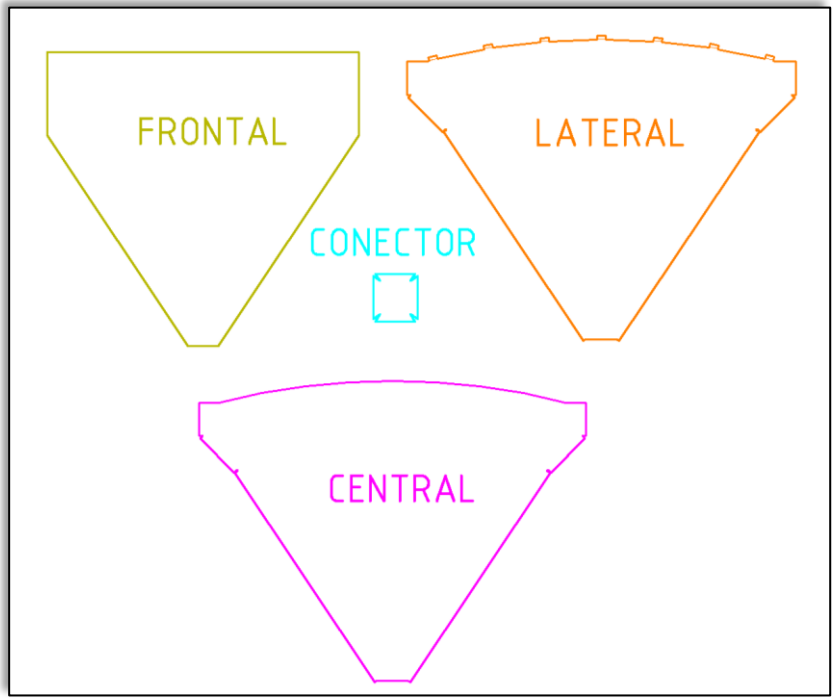


Figura IV.9 - Desarrollo de plegado y rendimiento chapas.

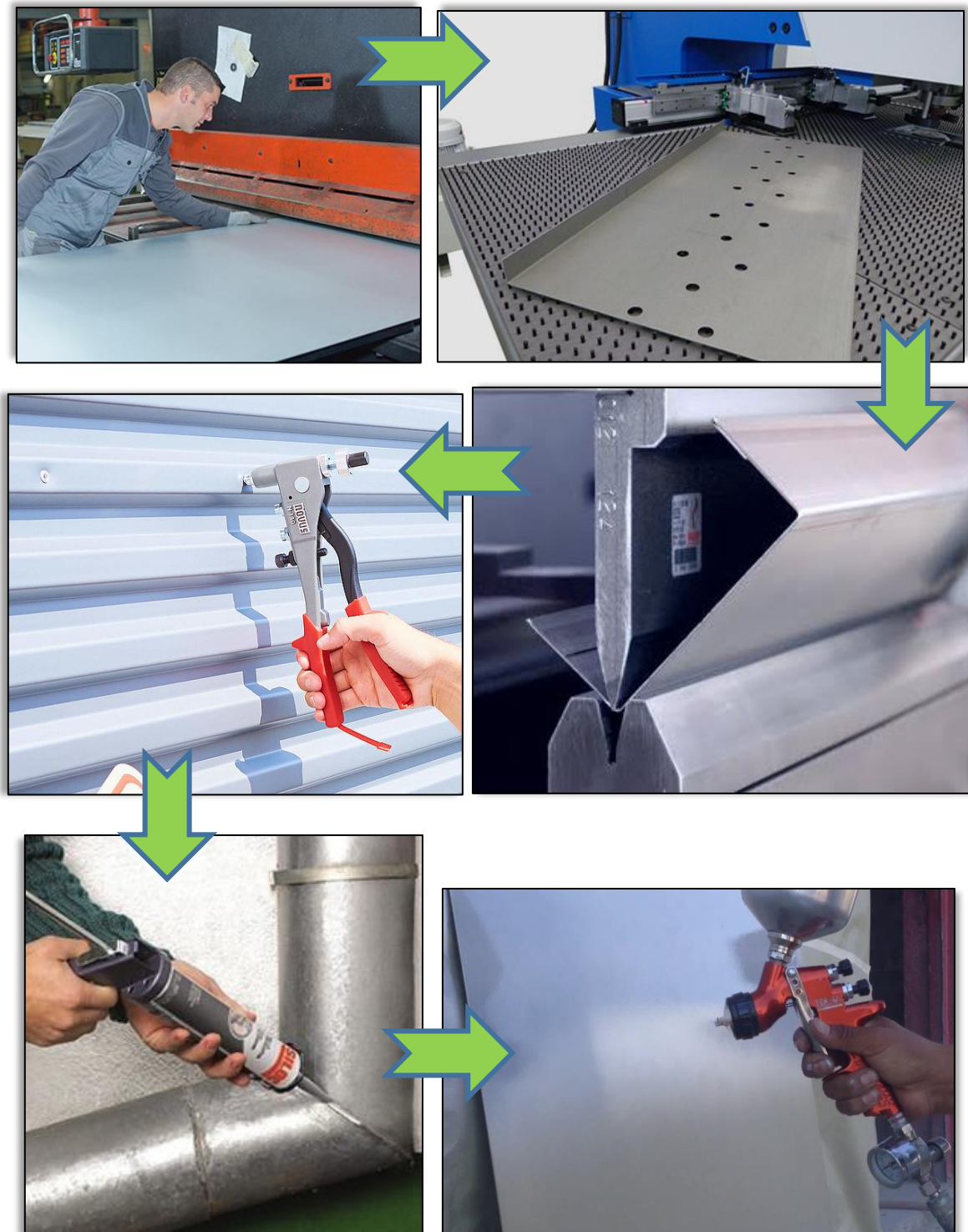


Figura IV.10 - Proceso de conformado piezas de chapa plegada.

IV.4.1.7 Observación

La pieza terminada se monta sobre la estructura y allí se posicionan las placas de anclaje correspondientes para unión atornillada entre ambos subconjuntos. Explicación detallada al final del capítulo.

IV.4.2 Plato superior

Compuesto por las siguientes partes:

- Recipiente a presión
- Material aislante
- Carcasa externa
- Conductos de entrada y salida de vapor

IV.4.2.1 Función del plato superior

Es la pieza encargada de transferir energía térmica a las prendas para lograr el proceso de secado evaporando la humedad de las mismas. Ofrece la superficie de contacto para conducir el calor del fluido térmico (vapor de agua) a la tela.

Esto se lleva a cabo al concentrar el flujo de calor únicamente en la dirección de la ropa, gracias a recubrir el recipiente de vapor con una capa de aislante térmico (como indica la Figura IV.11).

A su vez, aplica la fuerza de prensado que asegure el escurrimiento de la humedad condensada y dé a la indumentaria el acabado de planchado.

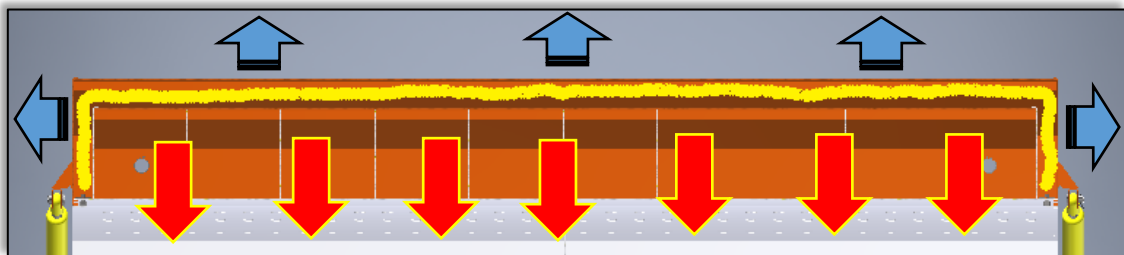


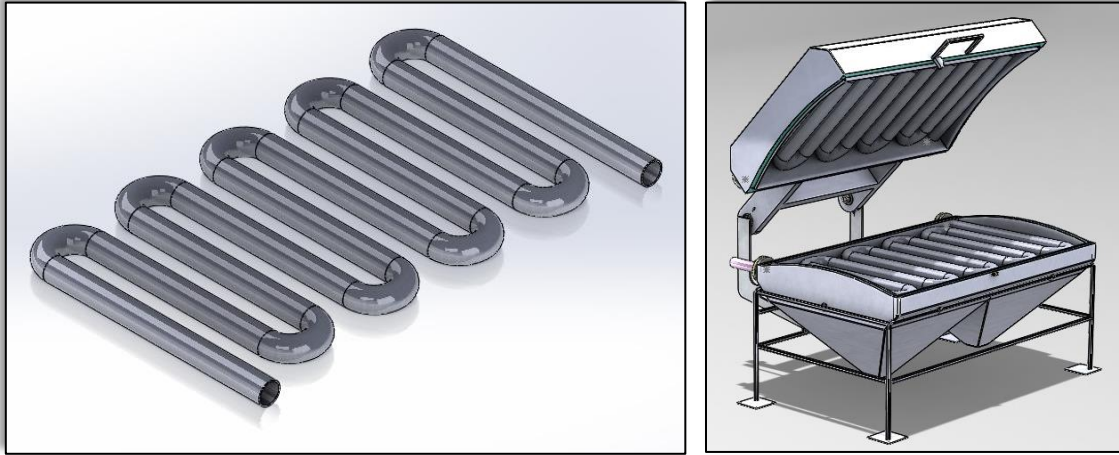
Figura IV.11 - Flujo de calor hacia el exterior.

IV.4.2.2 Evolución de diseño del plato superior

Teniendo en cuenta que, por la capacidad de acomodo de prendas en el plato inferior (superficie de calefacción), en peso de ropa serían 3 [kg], los cuales se pesaron luego de salir del proceso de lavado y su peso húmedo era de 4,5 [kg]. Con lo cual se estima una cantidad de agua a evaporar en el proceso de secado de 2 [kg] para tener un margen de seguridad.

Primer concepto propuesto

Como ya se describió en el desarrollo del plato inferior, la transferencia térmica desde el fluido caliente hacia las prendas se efectúa por medio de cañerías:



Dicha cañería sería de diámetro $\varnothing 3''$. En su interior fluye vapor y la transferencia hacia las prendas se realiza con el aire como medio convectivo.

Al igual que el plato inferior, el conformado consiste en doble capa de chapa metálica y entre medio de las mismas se coloca lana de vidrio como material aislante.

Este plato resulta cerrado en su parte inferior con una placa plana:

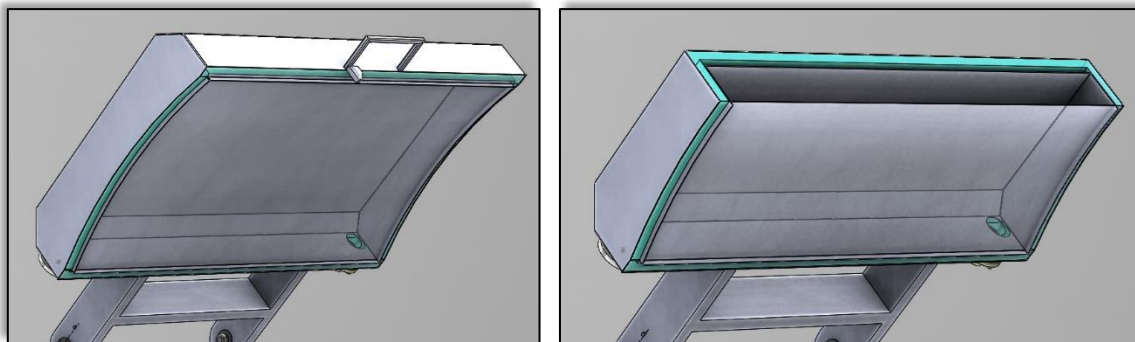


Figura IV.12 - Confección del plato superior.

Crítica al respecto

Aplicando una mirada desde el peso, temperaturas, etc.; se realizó un análisis de modificaciones para mejorar la funcionalidad de la máquina.

Ventaja:

- El modelo planteado resulta de buen criterio, ya que el calor tiene más facilidad para ceder energía en la zona de disposición para las indumentarias, que por las superficies expuestas al ambiente (gracias al material aislante). Ver Figura IV.12.

Desventaja:

- Transmitir calor desde la pared externa de tubos, hacia la superficie de contacto con la ropa, necesita como fluido intermedio uno de mejor capacidad de conducción que el aire (como ha de ser el agua), para disminuir la temperatura del fluido térmico.

Conclusión para mejoras:

Manteniendo la idea conceptual de este primer planteo, se consideraron cambios necesarios para suplir condiciones que no aseguran cumplir los objetivos.

- Si se utiliza agua como medio convectivo, en la transferencia térmica de los platos, se logra una temperatura 3 veces menor en el vapor que circula dentro de los tubos, para obtener la misma temperatura en la chapa que seca las prendas.

Segunda propuesta de diseño

Puede apreciarse en la Figura IV.13 el flujo de calor en el interior del plato. Esto resulta al llenar el interior con agua según lo concluido en la etapa anterior de diseño.

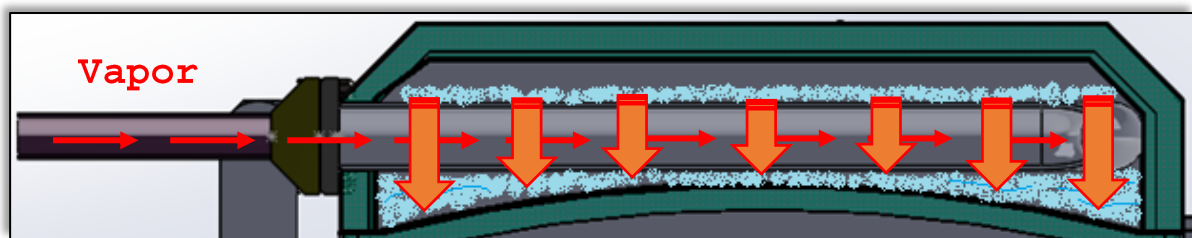


Figura IV.13 - Flujo de calor en Plato superior

Cabe destacar que, con dichas modificaciones, las piezas en contacto con el fluido térmico deben ser capaces de resistir los efectos que

produce el calentamiento como ser: dilatación⁵, corrosión⁶ por oxígeno (presente en el agua o aire y se favorece por altas temperaturas o elevada presión); formación de residuos no deseados (como incrustaciones por impurezas en agua o vapor), que favorecen la corrosión o presentan mayor resistencia a la conducción de calor (lo cual sería desfavorable para la máquina en cuestión), entre otros. Puede verse en la Figura IV.14 los efectos corrosivos y de dilatación en los materiales.



Figura IV.14 - Corrosión en metales (izq.) - Dilatación en metales (der.)

Quedaría destacar que la solución a plantear en el diseño debe considerar también los factores económico y constructivo; ya que, un material resistente a la corrosión como el acero inoxidable resulta ser más costoso que el acero al carbono más comúnmente usado; donde éste último puede soldarse fácilmente y sólo requerirá un recubrimiento antioxidante, mientras que el otro requiere un proceso de soldadura más específico, pero sin necesidad de recubrir su superficie para resistir la oxidación.

Discusión de la fase de diseño

Desventaja:

- El plato superior ahora cuenta con agua en su interior, lo cual agrega peso al componente que antes no existía, ya que este mineral resulta ser más denso que el aire.
- Utilizar agua como medio convectivo implica también que la misma absorberá calor de manera tal que gran cantidad de la energía potencial calórica disponible en el vapor que circula por los

⁵ Se le llama dilatación térmica al incremento de cualquier dimensión métrica; ya sea volumétrica, superficial u otra, que sufre un cuerpo físico debido al aumento de temperatura.

⁶ Deterioro de un material por ataque electroquímico producido por su exposición a un ambiente oxidante (tendencia natural del material a buscar su forma de menor energía interna).

tubos, antes de llegar a calentar la placa de secado de textiles, realiza el calentamiento del medio. Dicho fenómeno se asemeja al funcionamiento de una olla a presión⁷ (suponiendo la hermeticidad del plato), donde es necesario utilizar válvulas de sobrepresión y un sistema de carga de agua ya que se irá evaporando parte del fluido debido a superar la temperatura de ebullición. Todo esto hace más complejo el equipo.

- Es necesario utilizar materiales resistentes a la corrosión o bien aplicar recubrimiento antioxidante a las piezas en contacto con agua en el interior del plato superior.
- Al trabajar el plato superior como un recipiente a presión deben tenerse en cuenta las restricciones de los entes reguladores para el proceso de fabricación del mismo y a su vez si los materiales pueden ser manipulados de tal manera (por ejemplo: la soldabilidad del acero inoxidable depende de su estructura metalográfica y resulta más costoso que el acero común, pero este último deberá ser recubierto con pintura anticorrosiva, la cual al soldarse se desprende de la superficie, por lo que será necesario unir por tornillería las partes).

Conclusiones:

Existen parámetros y disposiciones de funcionamiento que deben modificarse para ofrecer un producto más sencillo de fabricar y manipular para los usuarios del mismo.

- Para mejorar la transferencia térmica del fluido caliente a la superficie de contacto con las prendas, se considera eliminar el serpentín de tubos y directamente dar forma de laberinto al recipiente interior del plato superior, pudiéndose utilizar agua caliente o vapor como fluido térmico.
- También podría utilizarse otro fluido que irradie energía calórica y sea más liviano que el agua o vapor, además de no sufrir cambios de fase con la temperatura. Un caso similar sería calefaccionar por medio de tubos radiantes, a través de los cuales circulan gases de combustión de gas natural.
- Dependiendo del fluido térmico a utilizar debe tenerse en cuenta el proceso de fabricación del plato superior y los materiales de cada pieza.

Tercera propuesta de diseño

⁷ Puede entenderse mejor su principio de funcionamiento en el siguiente link: https://es.wikipedia.org/wiki/Olla_a_presi%C3%B3n

Dependiendo de la fuente de energía que se utilice, la superficie de contacto perteneciente al plato superior, comienza a calentarse. Dicha energía puede ser del tipo:

1. Resistencia eléctrica calefactora



Donde el agua que ingresó al plato es calentada por varias unidades de este componente hasta lograr la temperatura deseada para secar la indumentaria (esto dependerá del tipo de tela).

Cabe destacar que, si en lugar de agua se calentaría el aire contenido en el interior del plato superior, la transferencia térmica del medio a la superficie de contacto, demoraría más tiempo y consumiría más energía eléctrica.

Esto se explica por la capacidad de oponerse a conducir el calor, desde las resistencias hacia la superficie, que posee cada fluido por naturaleza.

Como ejemplo existe el principio de funcionamiento de un termo tanque eléctrico (ver Figura IV.15).

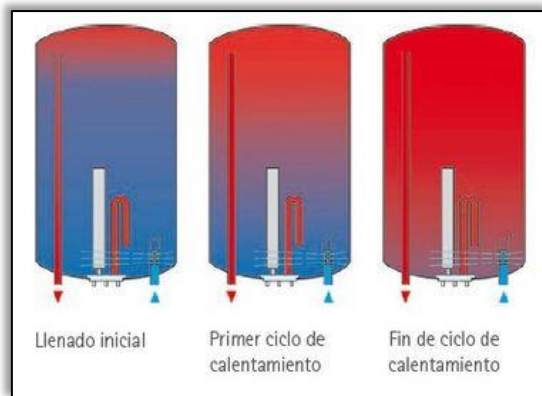


Figura IV.15 - Calentamiento de agua en termo tanque eléctrico

Como se aprecia en la figura, la zona de mayor temperatura resulta ser la superior, lo cual representa un defecto funcional para la maquinaria ya que la superficie que está en contacto con la indumentaria se ubica en la parte inferior del plato, con lo cual será necesario calentar el agua a mayor temperatura de la requerida para asegurar las condiciones deseadas del secado.

Una opción que ofrece mejor funcionalidad sería que se utilice un termo tanque para suministrar agua caliente al plato y así se asegura que el fluido ya ingresa a la temperatura deseada porque se está tomando desde el punto superior de dicho equipo auxiliar.

2. Combustión de gas natural

En este tipo de suministro energético existen dos tipos de quemadores que definen el modo de uso para la maquinaria: quemadores atmosféricos (utilizados para calentamiento de agua o generación de vapor) y los quemadores para tubo radiante (calienta la superficie del conducto que atraviesan los gases de combustión para irradiar calor al entorno).

El primer grupo serviría como suministro para un equipo auxiliar (termo tanque, caldera, etc.), que alimentaría al plato superior de la máquina con el fluido térmico a utilizar.

Por su parte, el otro quemador, se conectaría a una serpentina tubular contenida en el interior de la pieza, transfiriendo calor a la ropa por radiación (un ejemplo de aplicación se observa en la Figura IV.16).

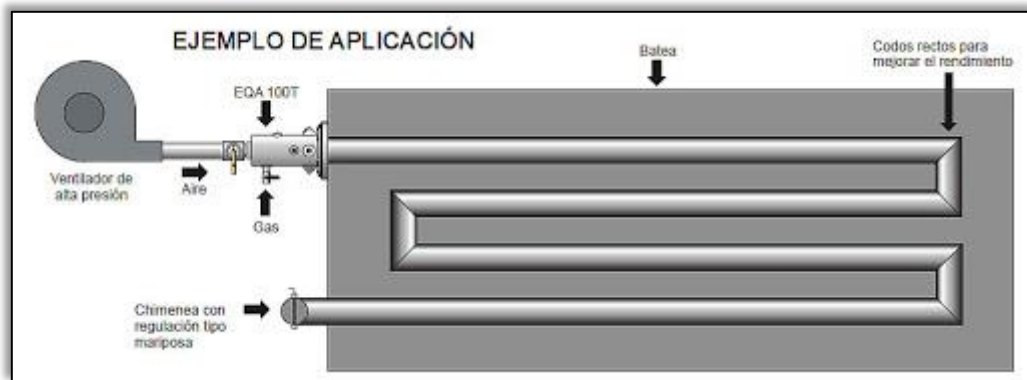


Figura IV.16 - Circuito de gases calientes en tubo radiante

Con este último dispositivo, el plato superior no requiere ser una unidad cerrada, sino que su parte inferior sería libre para que las prendas reciban directamente el calor emitido por la pared exterior del tubo radiante (en este caso no existiría el prensado).

3. Vapor como fluido térmico

Por último, puede acoplarse una caldera al plato superior para suministrar vapor en su interior.

La fuente de calor más rentable para generar vapor en las condiciones necesarias para el funcionamiento de la máquina propuesta, resultaría ser el quemador atmosférico de gas natural.

El vapor resulta ser el fluido térmico para intercambiadores más utilizado en la industria, ya que posee la capacidad de entregar energía manteniendo constante su presión y temperatura. Dicho fenómeno resulta de la etapa de condensación del vapor, donde cambia de estado a fase líquida. La Figura IV.17 ejemplifica el proceso para calentamiento de un fluido dentro de un tubo que recibe calor por contacto con vapor en su pared externa.

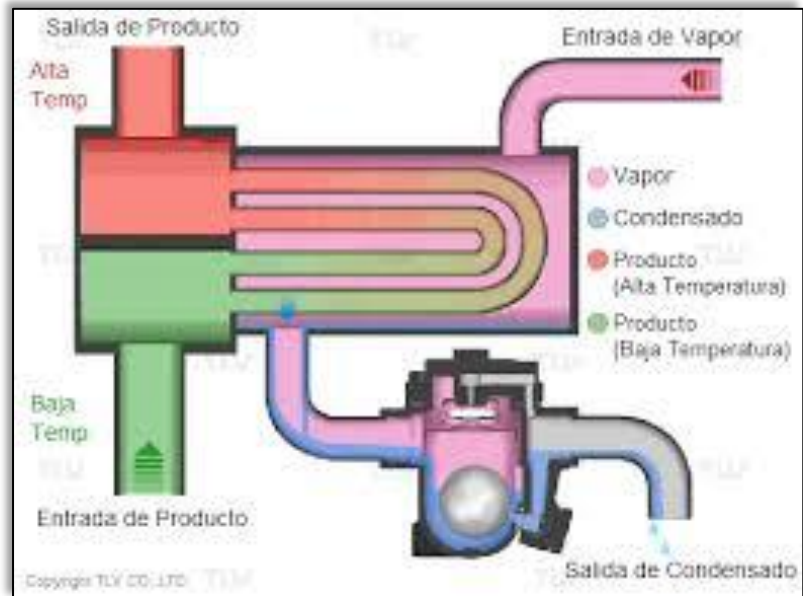
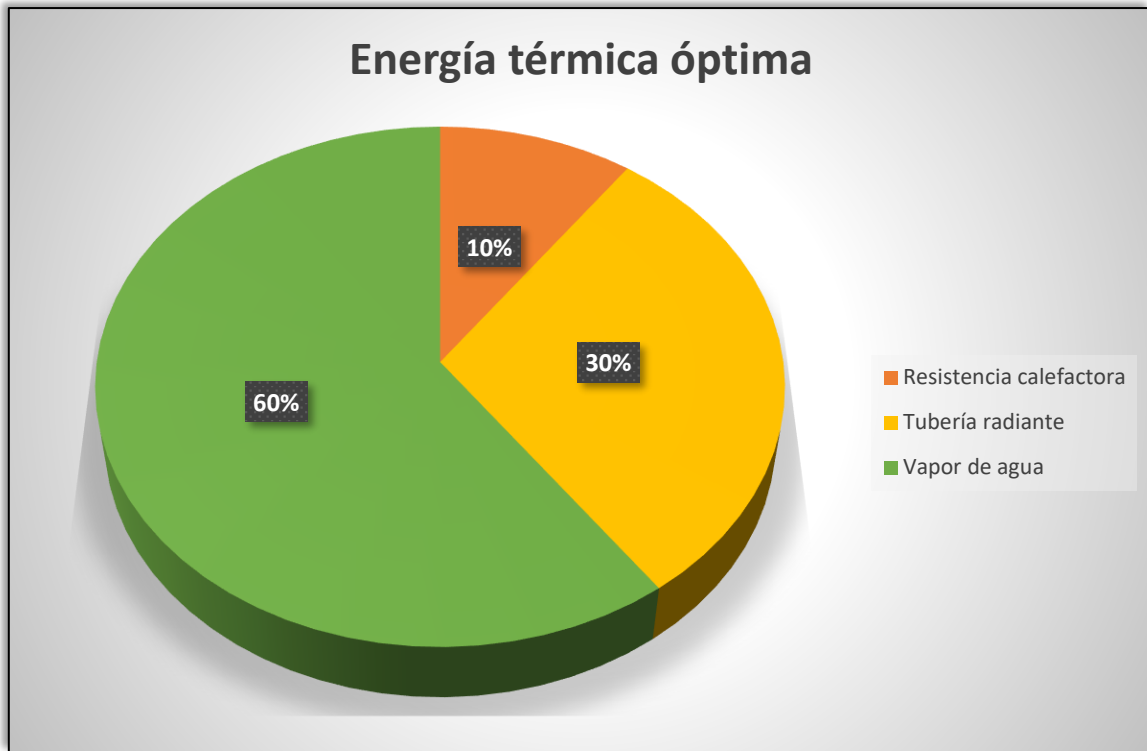


Figura IV.17 - Proceso en intercambiador térmico a vapor

Elección del fluido térmico óptimo

La maquinaria propuesta en el proyecto, utilizaría el vapor para calentar la superficie inferior del plato superior, la cual está en contacto directo con las prendas a secar.

Los procesos de transferencia térmica serían utilizados para evaporar la humedad contenida en la indumentaria proveniente de la lavadora. Dicha humedad resulta en agua condensada que debe ser evacuada de la máquina.



Crítica de la etapa final

Ventajas:

- El plato superior presenta la posibilidad de adaptarse a varios fluidos térmicos con un diseño óptimo y común en partes para cada uno.
- La eficiencia en la transferencia térmica favorece a la disminución de tiempos de proceso dentro de la máquina (sin tener en cuenta la fuente de energía para calentar el fluido térmico).

Desventaja:

- El fluido térmico y equipo auxiliar necesarios para el funcionamiento del equipo, limitan el campo de aplicación dependiendo de los recursos instalados en las lavanderías y tintorerías que deseen adquirir la máquina. Es decir, que el costo de la máquina dependerá de si es necesario o no un equipo auxiliar para suministro de energía (generador de vapor, electricidad y/o gas natural).

Conclusión definitiva:

-
- Quedará a disposición de la estrategia de venta el análisis de las variantes de diseño para el fluido en el plato superior (lo cual excede al proyecto desarrollado).
 - Ya se da por concluida la etapa de iteraciones en fases de diseño para el subconjunto en cuestión.

IV.4.2.3 Materiales constructivos

Al igual que el plato inferior, las piezas conformadas por chapa plegada son de acero SAE 1010, al igual que las cañerías y bridas para vapor. De esta manera la unión por soldadura entre partes resulta factible.

Por su parte, el material aislante dispuesto entre la carcasa y el recipiente a presión, resulta ser de lana de vidrio.

IV.4.2.4 Criticidad de cálculos

Para definir las capacidades de la máquina, debe asegurarse en primer lugar las condiciones termodinámicas del vapor para definir así la sección de entrada y salida, lo cual fija el caudal. Con ello y en función del recorrido del vapor dentro del plato, se asegura la distribución de temperatura en toda la superficie de contacto.

Dicho valor se fijó en 109°C para poder procesar cualquier tipo de tela.

La Figura IV.18 representa el conformado interior y el flujo de vapor, donde se aprecian las concentraciones de temperatura en función de los remolinos (zonas de menor velocidad).

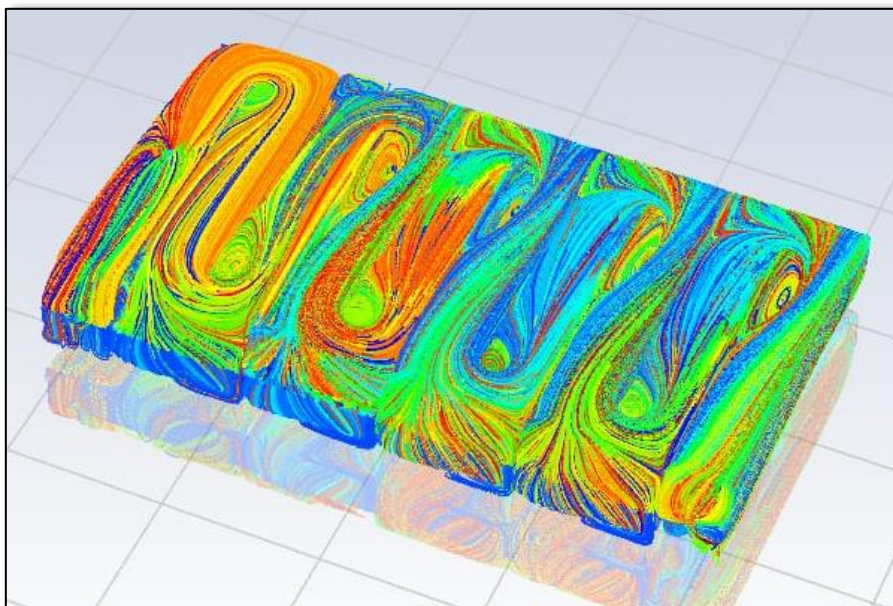
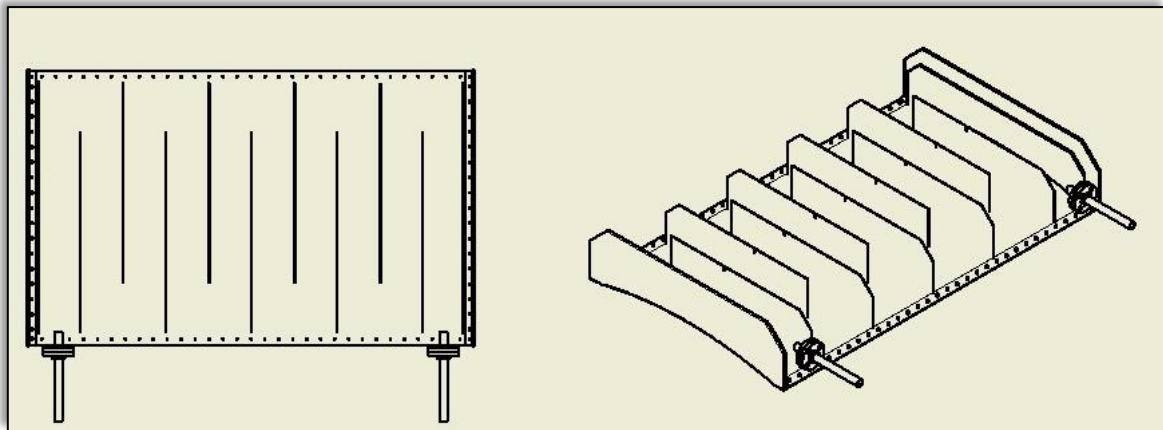


Figura IV.18 - Líneas de flujo del vapor.

El gasto requerido de vapor para permitir el secado de las prendas en una superficie de $1,8[m^2]$ es de $0,01[kg/s]$; con lo cual el proceso duraría aproximadamente 6 minutos. Teniendo en cuenta el potencial calórico del vapor, se tasa la máquina con una potencia de $15[kW]$.

Para observar el procedimiento de cálculo, dirigirse al anexo A-II.

La temperatura del vapor saturado es función de la presión absoluta a la que se encuentra, que en este caso resulta ser equivalente a $1,4[bar]$. De aquí debe calcularse la resistencia del recipiente solicitado a presión interna (según la normativa ASME) y a su vez la abolladura sufrida por la chapa en contacto con la indumentaria, sobre la cual se ejerce dicho esfuerzo (teoría de placas).

Ambos cálculos se desarrollan en el anexo A-II, donde se aprecia que un espesor de $2[mm]$ para las chapas de acero común, verifica su aplicación.

IV.4.2.5 Selección de componentes

Por cálculo y para facilitar la unión por soldadura de los soportes de cada cilindro de empuje a la carcasa externa, se define la utilización de chapas de acero común calibre n° 14, para conformar todas las piezas plegadas que componen el subconjunto.

En cuanto a los caños de entrada y salida de vapor, se define un diámetro nominal de 1" Sch 40 con costura, para los cuales corresponden uniones bridadas de serie 300 con mango para soldadura (como puede verse en la Figura IV.19).

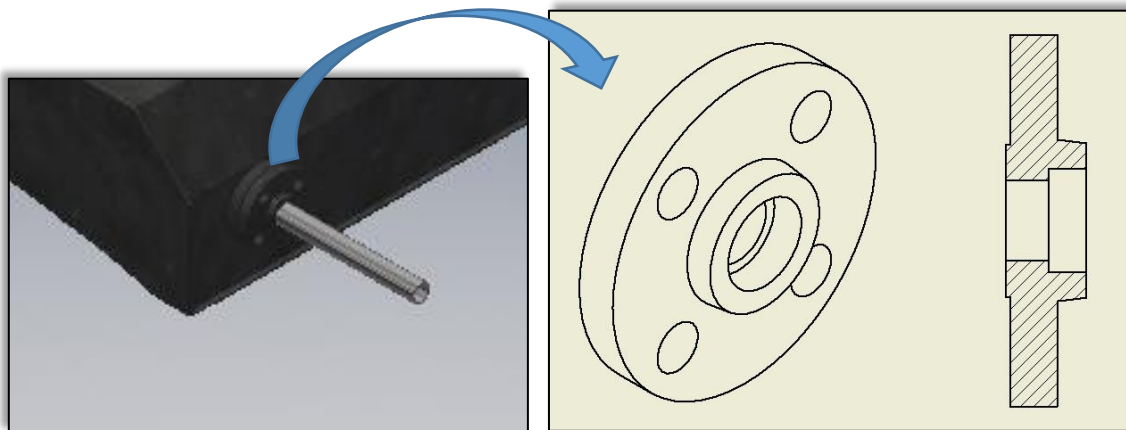


Figura IV.19 - Brida para cañería vapor.

IV.4.2.6 Fabricación del plato superior

El subconjunto presenta un proceso de fabricación similar al plato inferior, con la diferencia de que el recipiente a presión se ensambla por unión atornillada entre dos partes (como indica la Figura IV.20), de lo contrario no se podría aplicar el esmalte sintético que protege las piezas de corrosión por contacto directo con vapor de agua.

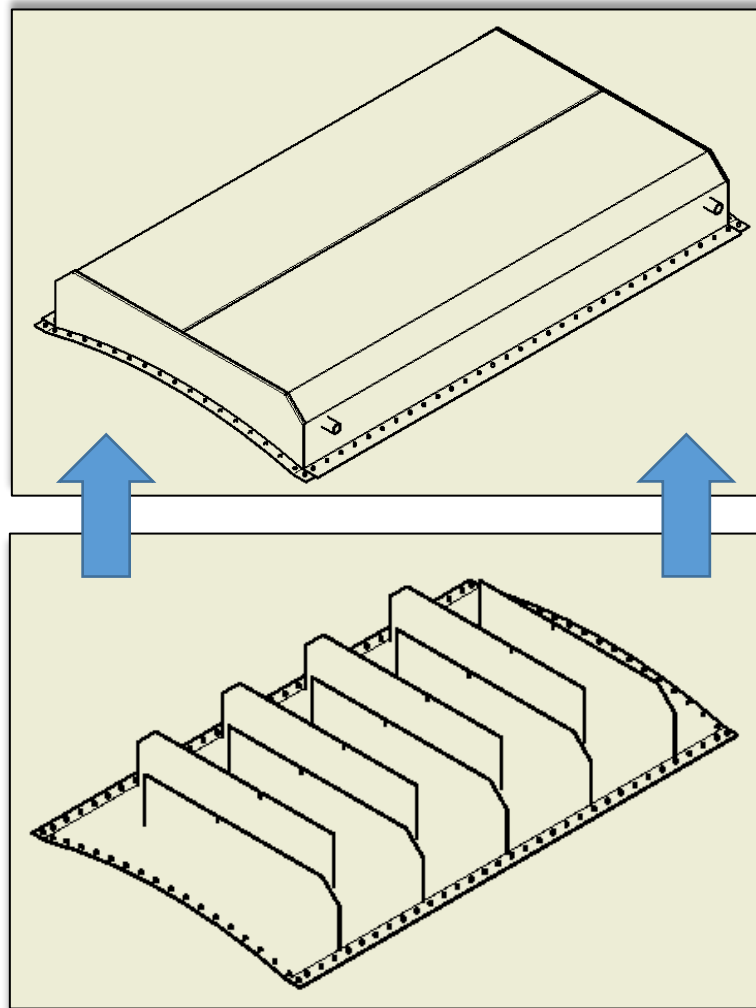


Figura IV.20 - Partes del recipiente a presión.

IV.4.2.7 Observaciones

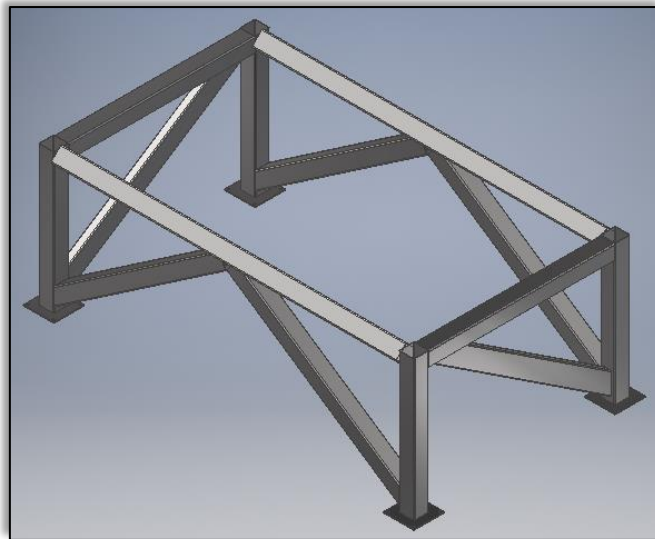
Los respectivos cálculos de la junta atornillada que conforma el recipiente a presión, son desarrollados en el anexo A-II.

Este subconjunto no presenta planos constructivos debido a que se comercializa como pieza fabricada por la empresa IG Ingeniería, por lo cual resulta un artículo estándar para el proyecto.

IV.4.3 Estructura

Se compone de:

- Reticulado
- Placas de amurado



IV.4.3.1 Función de la Estructura

Es el subconjunto encargado de soportar el peso de los demás componentes que conforman la secadora. A su vez, es el vínculo al suelo y el anclaje fijo para montar los soportes de cilindros, el plato inferior, las bisagras (pieza fija que contiene al eje) y la cañería de desagote. Dichos montajes pueden apreciarse en la Figura IV.21.

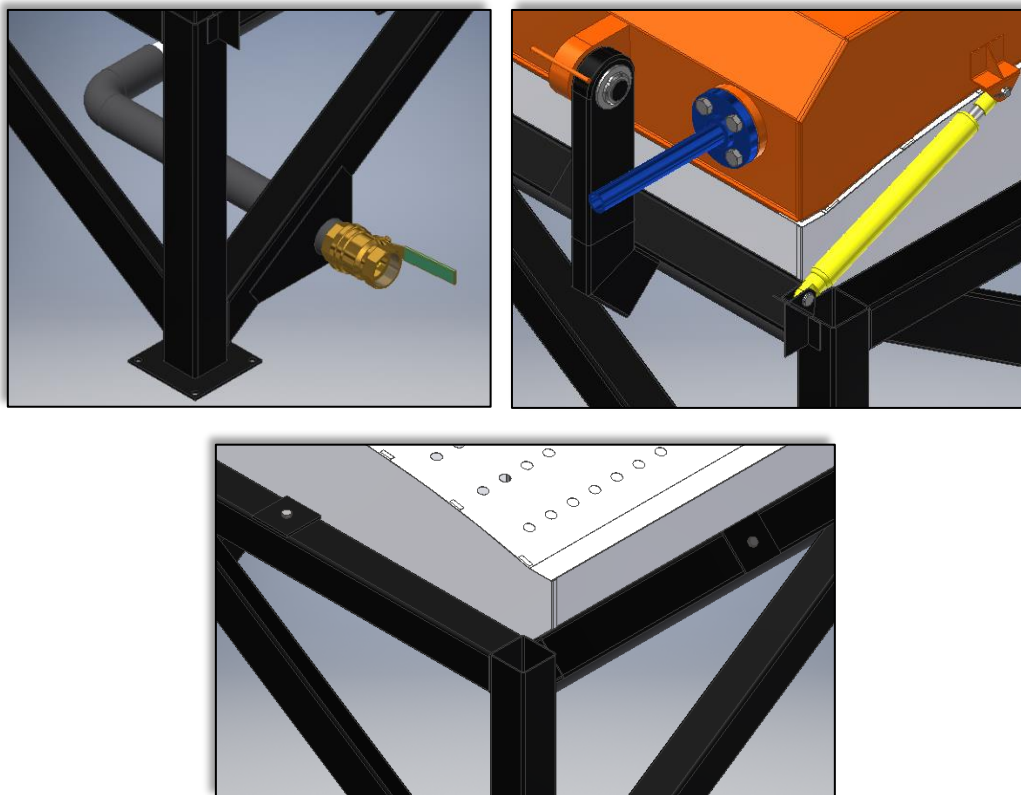


Figura IV.21 - Piezas soporte de cañería, cilindros y plato inferior

IV.4.3.2 Evolución de diseño de la estructura

Primera etapa del diseño

Teniendo en cuenta el peso de los platos superior e inferior, se toma dicho dato como punto de partida. El mismo tiene un valor aproximado de 1000[kg], teniendo en cuenta el peor de los casos que sería aquel modelo de máquina donde el interior del plato superior contiene agua para conducción del calor.

Tanto el plato inferior como las bisagras del equipo (desarrolladas luego del presente subconjunto), deben ser montadas sobre una estructura que vincule la máquina al suelo, dando estabilidad y rigidez durante el funcionamiento. La Figura IV.22 muestra el conformado de la estructura y la forma en que se fijan las piezas a la misma.

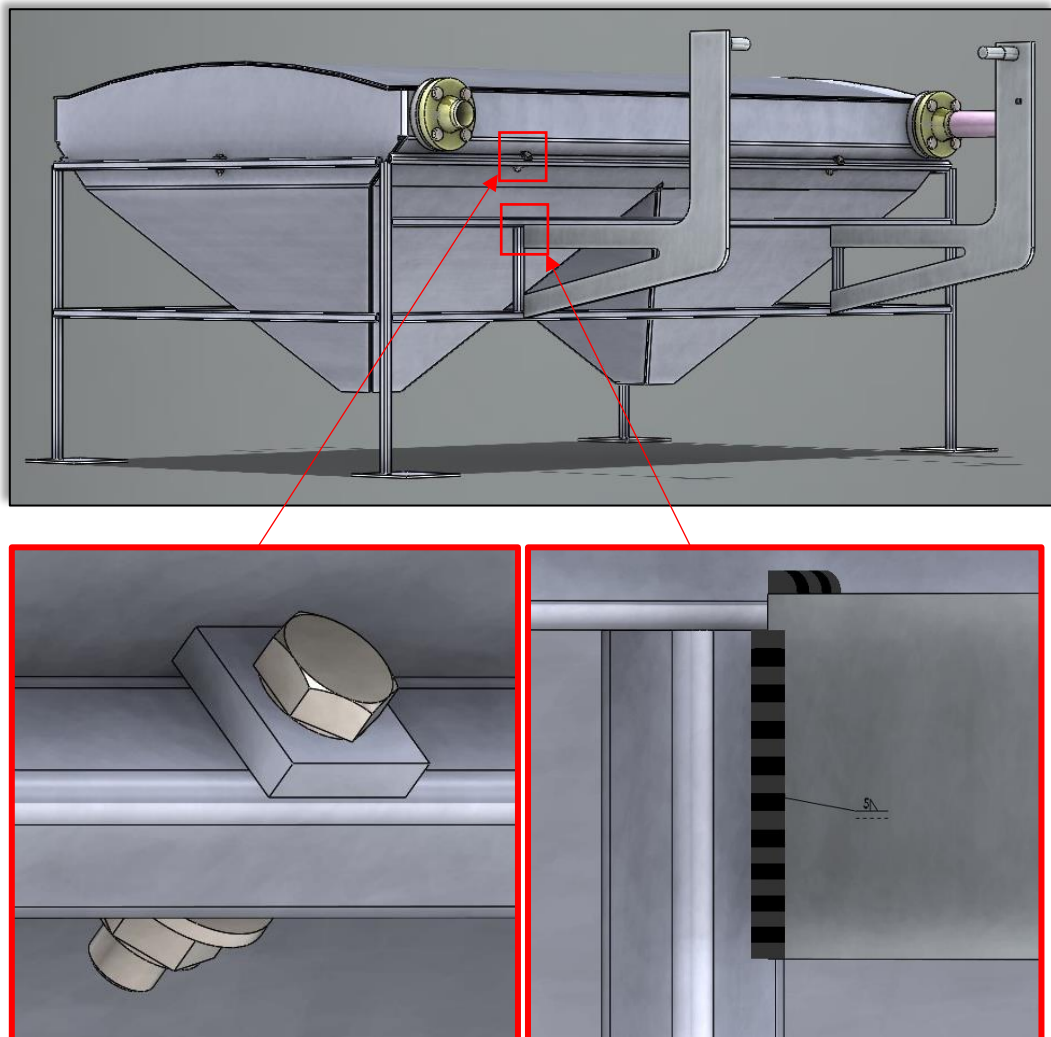


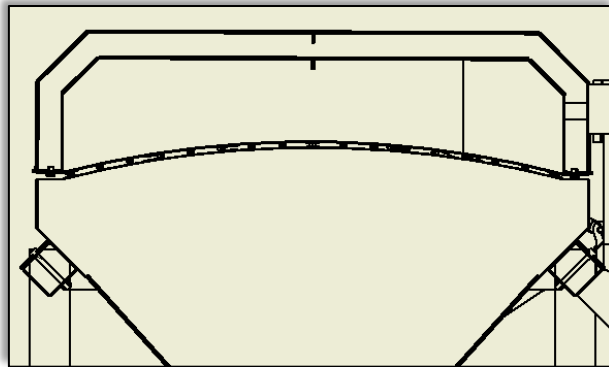
Figura IV.22 - Estructura de caños. Fijación para plato inferior y bisagras.

Crítica para la primera fase de diseño

Cabe destacar que cuando se plantea el modelo conceptual se pensó en la disposición de perfiles estructurales cuadrados de 20x20x2 milímetros, como los ilustrados en la Figura IV.22.

Ventajas:

- La disposición de perfiles estructurales cuadrados dispuestos a 45° para soportar los platos, da un calce seguro a los mismos, donde prácticamente se disminuye la posibilidad de deslizamientos (siempre y cuando no exista flexión considerable para dichos perfiles).



- Con simples uniones soldadas y atornilladas se pueden montar piezas a la estructura. Además de una buena fijación al suelo para asegurar un vínculo sólido.

Desventajas:

- El tamaño de sección de perfil pensado, con sólo observar la Figura IV.22 no transfiere seguridad de resistencia ante el peso de los platos.
- La disposición de los perfiles carece de estabilidad y además posee muchos innecesariamente (como los cruces pensado para el montaje de las bisagras).

Conclusiones para esta etapa:

- Una distribución de perfiles estructurales que conformen un reticulado⁸ dará rigidez y estabilidad al subconjunto.
- Debe modificarse la sección de los perfiles para aumentar la resistencia ante esfuerzos de flexión producidos por el peso de los platos.

Segunda etapa de diseño para la estructura

Analizando más en detalle las necesidades de anclaje del plato inferior y los brazos de bisagra, se dispuso una nueva configuración para soportar mejor el peso de la máquina (ver Figura IV.23).

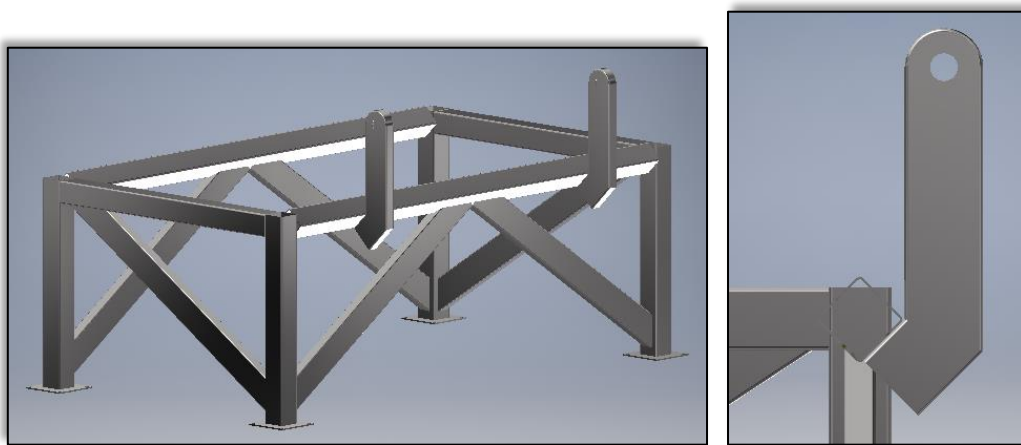


Figura IV.23 - Disposición reticulado en estructura

"Resulta irrelevante por el momento el notorio cambio en las piezas de bisagra. Cuando se desarrolle dicho subconjunto se comprenderá mejor el mismo."

Críticas constructivas de la fase

Ventaja:

- La estructura obtiene un ahorro en cuanto a los metros necesarios de perfil estructural para conformar el reticulado. Además, gracias a una mejor distribución de la resistencia ante las fuerzas que aplica la máquina, pueden utilizarse distintas secciones transversales en las barras (caño estructural cuadrado o rectangular de diferentes espesores). La Figura IV.24 expresa un ejemplo de fabricación con distintas secciones de caño estructural.

⁸ Se denomina así a las estructuras conformadas por elementos rectos, alineados de manera que formen triángulos, ya que se considera una disposición indeformable, que responde muy bien a los esfuerzos de tracción y compresión (fuerzas comunes en dichos elementos).

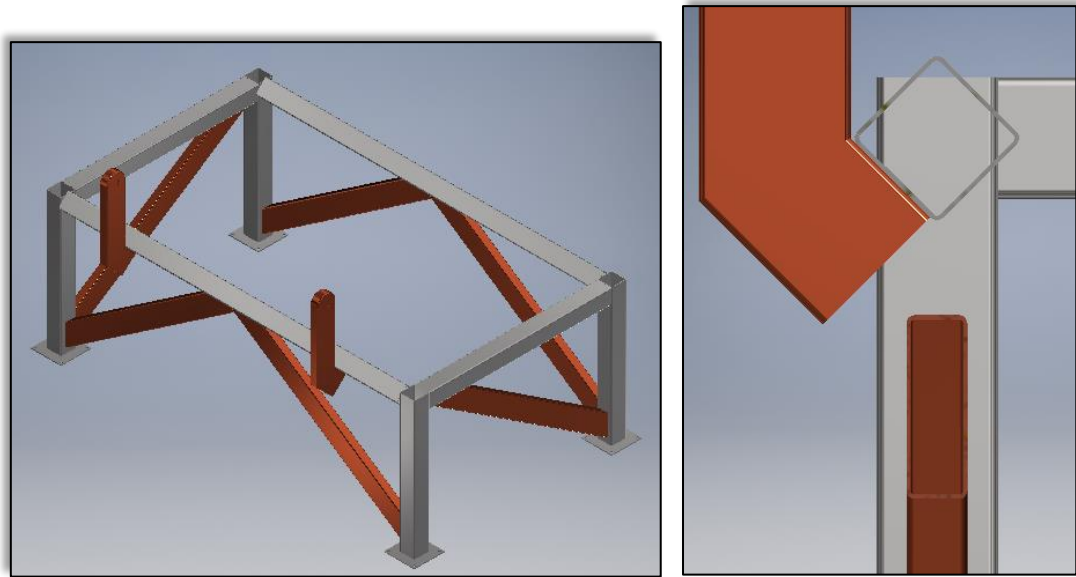


Figura IV.24 - Caños rectangulares y cuadrados en reticulado

Conclusión final de diseño:

- Se considera definitivo el modelo adoptado en esta etapa, con lo cual se está en condiciones de desarrollar las piezas.

IV.4.3.3 Material de piezas

La estructura soporta el peso de la maquinaria, por lo tanto, requiere un material resistente a las deformaciones que se generarán como resultado de los esfuerzos sometidos durante la operación del equipo. Los ciclos de trabajo de una prensa significan cargas variables en el tiempo respecto a su magnitud, donde el material será forzado a deformarse cuando la carga sea máxima y luego tenderá a volver a su estado de relajación al cesar la misma.

Todo esto debe tenerse en cuenta para el proceso de cálculo y diseño de la estructura en función del modo de construcción de la misma (método que se aplicará a la unión de piezas que la conforman, es decir, por soldadura, atornillado, etc.). Algunos de los métodos de unión se demuestran en la Figura IV.25.

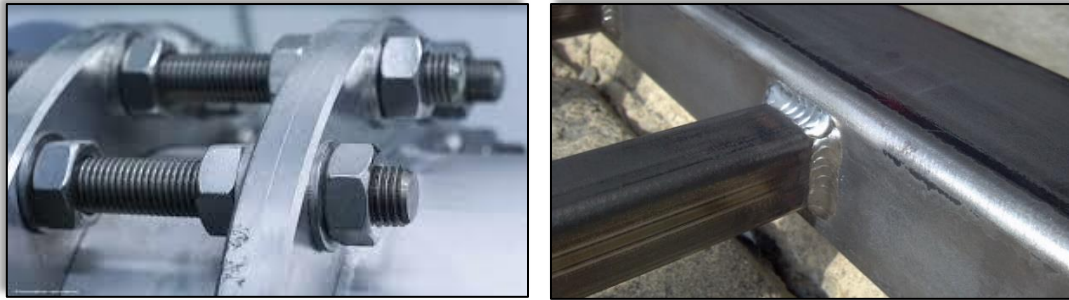


Figura IV.25 - Unión atornillada (izq.) - Unión por soldadura (der.)

Tanto los perfiles estructurales utilizados para conformar el reticulado y las placas de soportes para montar los otros subconjuntos a la estructura, son del mismo material, el cual corresponde al acero al carbono SAE 1010. Este mismo tiene buena capacidad para ser soldado con cualquier proceso de soldadura y también realizar perforaciones para uniones atornilladas.

Para resistir el ataque corrosivo por exposición al aire ambiente, se debe recubrir con esmalte sintético satinado o 2 en 1, el cual previene la corrosión en metales gracias a contener convertidor⁹ y esmalte¹⁰ en un solo compuesto.

IV.4.3.4 Dimensionado de perfiles por cálculo

Los perfiles más exigidos de la estructura resultan ser aquellos sobre los cuales se apoya el plato inferior; ya que todo el peso del plato superior, el fluido térmico a utilizar, las prendas y el plato inferior, ejercen esfuerzos de flexión sobre las mismas (ver Figura IV.26).

⁹ El convertidor de óxido es un fondo, o imprimación, sintético compuesto por resinas alquídicas y pigmentos anticorrosivos especiales.

¹⁰ El esmalte sintético está compuesto de resinas alquídicas y pigmentos que dan como resultado una película de alto brillo, gran dureza, y poder cubritivo. Tiene gran resistencia a los factores climáticos.

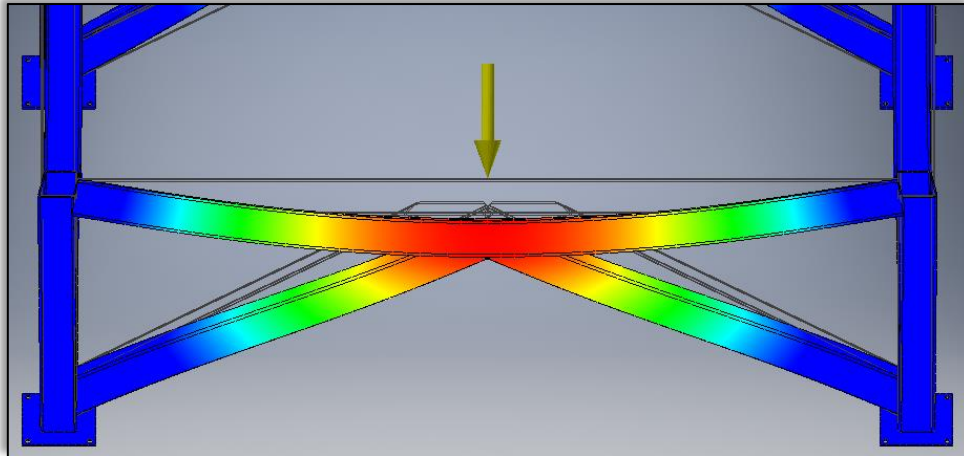


Figura IV.26 - Deformación de caño principal

Por ello, fue necesario realizar los cálculos correspondientes para seleccionar el tamaño de perfil estructural a utilizar.

Dichos cálculos se encuentran en el anexo A-II y concluyen en la adopción de un perfil estructural de sección cuadrada, cuyas dimensiones son 80mm (de alto) x 80mm (de ancho) x 3,2mm (de espesor), en función de lo comercializado en la zona.

Se tomó como referencia el catálogo de una empresa comerciante de productos siderúrgicos llamada Fisa Metal S.R.L., ubicada en Ruperto Godoy 3270, Santa Fe capital, Argentina.

IV.4.3.5 Selección de componentes

Las características, precios y secciones de perfiles estructurales disponibles, determinaron la composición de la estructura, donde las piezas más solicitadas serán conformadas por sección de perfil 80x80x3,2mm., mientras que las "barras" del reticulado se plantean con sección de 40x100x2mm. ya que su costo resulta mucho menor para unidades de 6 metros de longitud (largo de comercialización estándar).

Cabe destacar que para el reticulado se requieren 6,7 metros de perfil estructural rectangular 40x100x2 aproximadamente y para el resto de la estructura, se utilizarán 8,5 metros del perfil cuadrado de 80x80x3,2.

Las placas que conforman los distintos soportes y anclajes, serán confeccionadas con chapa de acero calibre n° 14 de 2mm de espesor (dicho espesor permitirá un buen soldado entre partes).

IV.4.3.6 Fabricación de estructura

Los perfiles estructurales que conformarán el reticulado realizarán un proceso de fabricación de la siguiente manera:

- Corte a medida con sierra sensitiva, para extremos rectos y en ángulo. Corte con amoladora manual para extremos particulares. La Figura IV.27 indica ambas terminaciones y en los anexos de planimetría A-III pueden verse las medidas.

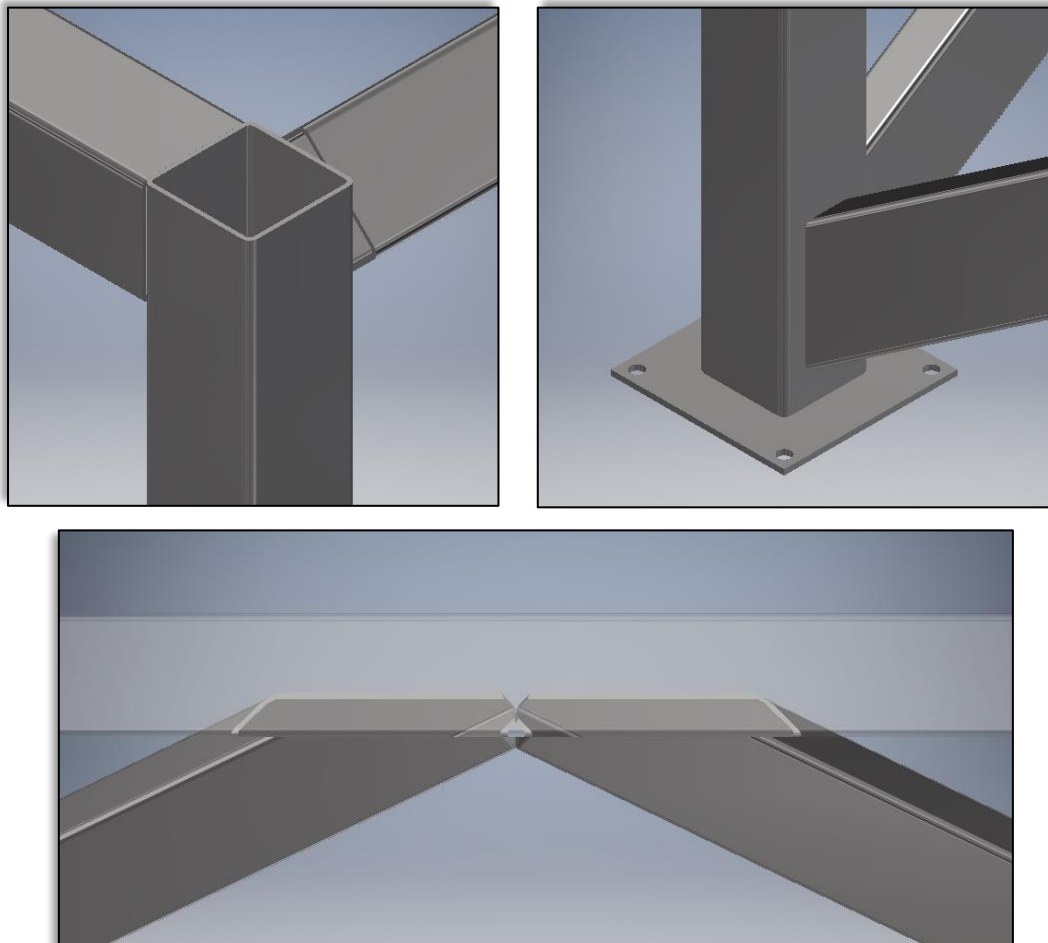


Figura IV.27 - Extremos de caños para soldadura según ángulos y posición

- Unión soldada con proceso MIG¹¹ para conformar el reticulado como indica la Figura IV.28.

¹¹ Proceso de soldadura por arco con electrodo consumible, que puede ser en forma de alambre de metal, el cual será el relleno que, al fundirse en una atmósfera protegida con gas inerte, unirá ambas piezas (las cuales deben ser soldables y compatibles con el material del electrodo).

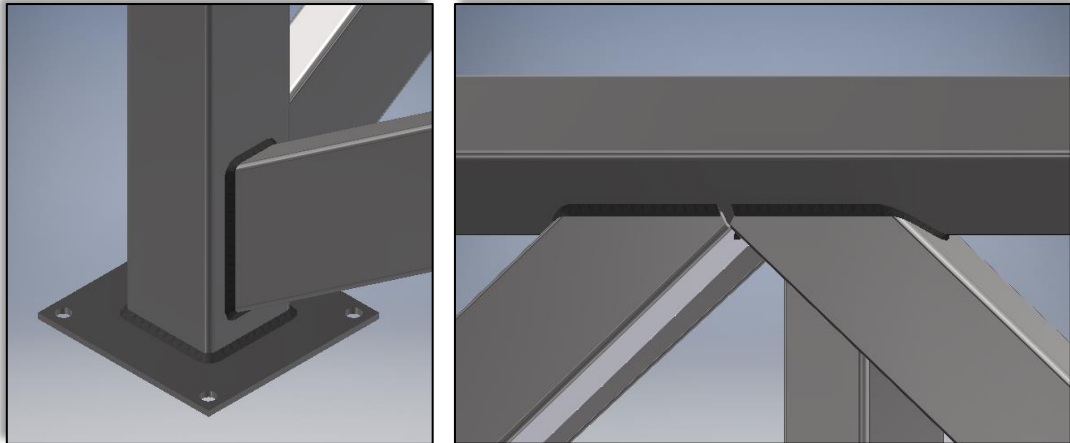


Figura IV.28 - Soldaduras particulares de caños en reticulado

Las placas para amurar la estructura al suelo se fabricarán de la siguiente manera:

- Corte en máquina hidráulica con guillotina según las medidas detalladas en el anexo A-III de planimetría.
- Perforado en taladro de banco eléctrico, para amurar al suelo a través de unión atornillada, como muestra la Figura IV.29.

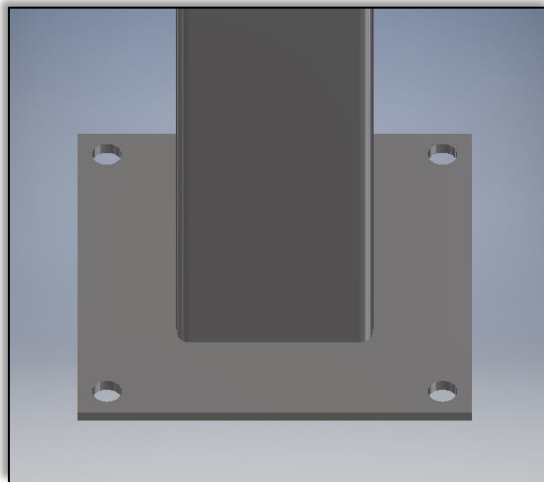


Figura IV.29 - Placa perforada para amurado al suelo

La unión entre la estructura y las placas mencionadas se realizará por medio de soldadura MIG, como se ve en la Figura IV.28.

IV.4.3.7 Observaciones

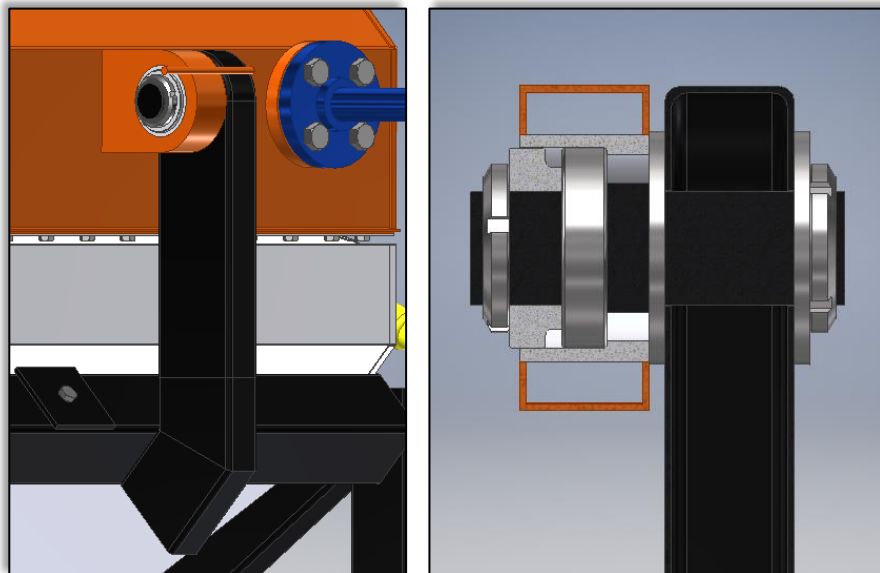
Los soportes para cilindros, plato inferior y las bisagras se desarrollaron en el subconjunto correspondiente y allí se expresa la vinculación a la estructura.

IV.4.4 Sistema de apertura y bisagras

Bisagras

Está compuesto por las siguientes piezas:

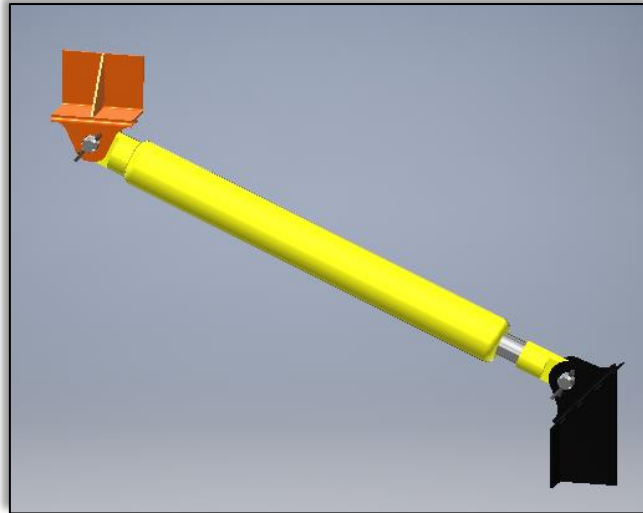
- Brazo a estructura
- Brazo a plato superior
- Caja de bisagra
- Eje
- Rodamiento
- Buje retención de rodamiento
- Tuercas y arandelas de apriete



Cilindro de empuje

Los componentes necesarios para conformar el subconjunto son:

- Soporte a plato superior
- Cilindro a gas (DICTATOR)
- Soporte a estructura



Sistema de control

Componentes principales:

- Placa para traba
- Solenoide
- Microcontrolador arduino
- Electroválvula
- Pulsadores y cables de conexión

IV.4.4.1 Funcionalidad de cada subconjunto

El funcionamiento de la máquina depende de estos subconjuntos.

Para accionar la apertura y cierre del plato superior es necesario un correcto programa de control que defina secuencias. Es así como la activación de los componentes del sistema de control influye directamente sobre cada subconjunto para lograr el proceso de secado y planchado. La seguridad del usuario se garantiza con dicho sistema.

Funcionamiento de bisagras

Las bisagras son el elemento que permite al plato superior rotar sobre un eje, para realizar los movimientos de apertura y cierre del prensado. Este mecanismo debe resistir la fuerza que ejercen los cilindros para empujar el plato (ver Figura IV.30). Además, debe asegurarse en dicho subconjunto, que no exista fricción considerable entre las piezas rotantes del mismo, para evitar el desgaste y con ello esfuerzos de flexión indeseados en el plato superior.

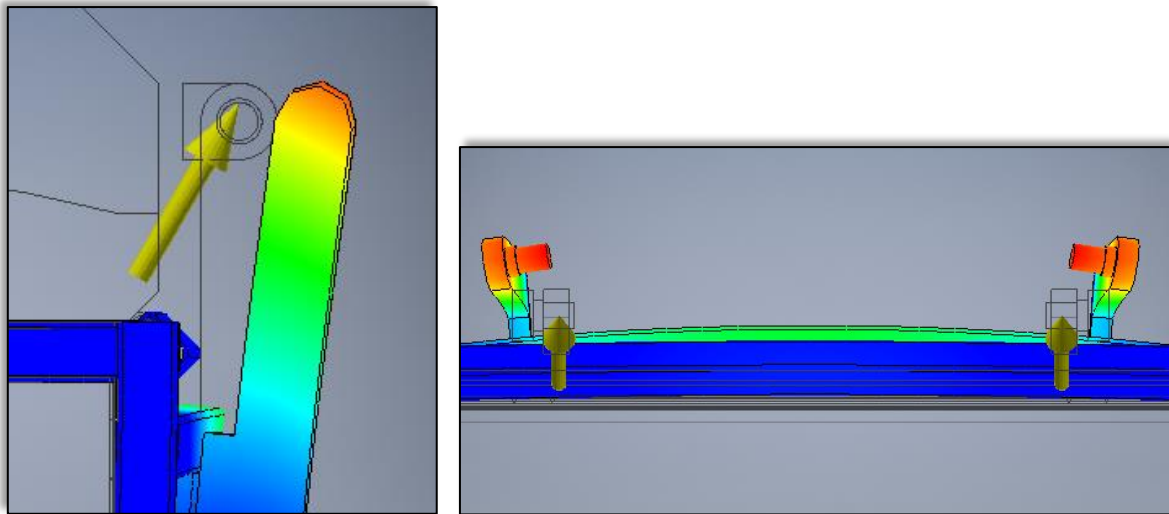


Figura IV.30 - Deformación en bisagras por fuerzas de apertura

Funcionamiento de Cilindro

Por su parte, el principio de funcionamiento de los cilindros se basa en contener en su interior gas nitrogénico de alta presión, el cual actúa en las cámaras del cilindro a cada lado de un émbolo taladrado que regula el pasaje del gas de una cámara hacia la otra (como indica la Figura IV.31).

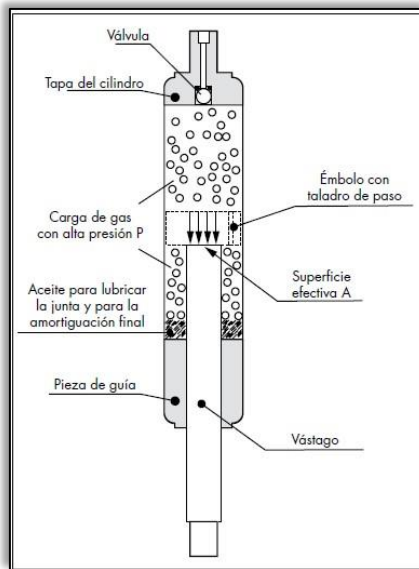


Figura IV.31 - Partes del cilindro de gas.

La presión del gas ejerce la fuerza necesaria sobre el émbolo para desplazar el vástago hacia el exterior del cilindro, siendo éste el empuje requerido para abrir el plato.

IV.4.4.2 Evolución del diseño para el sistema

Se partió de una idea plasmada en 3D por medio de software CAD. El progreso llevó cambios radicales que se desarrollaron en el siguiente orden:

Primera propuesta de diseño

Para el movimiento de rotación del plato superior, se planteó un sistema de bisagras como el de la Figura IV.32, donde la apertura rápida de la prensa es accionada con resortes de torsión.

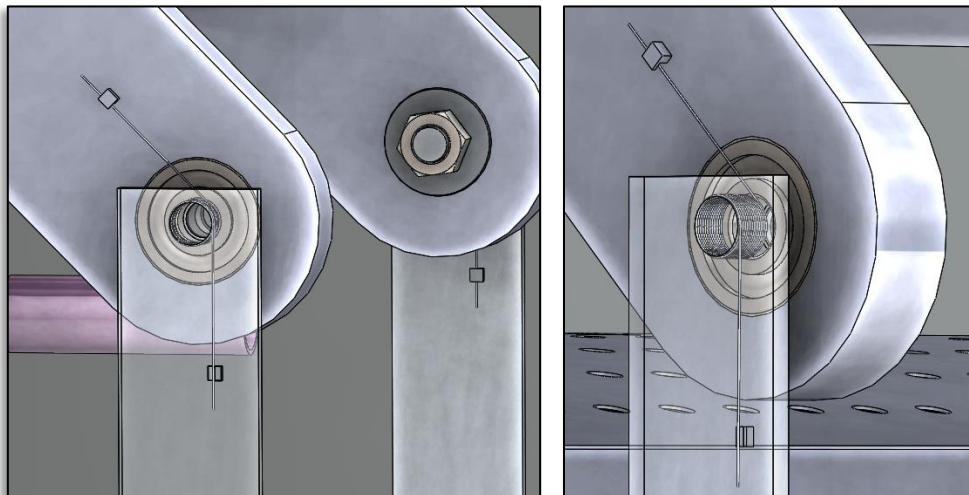
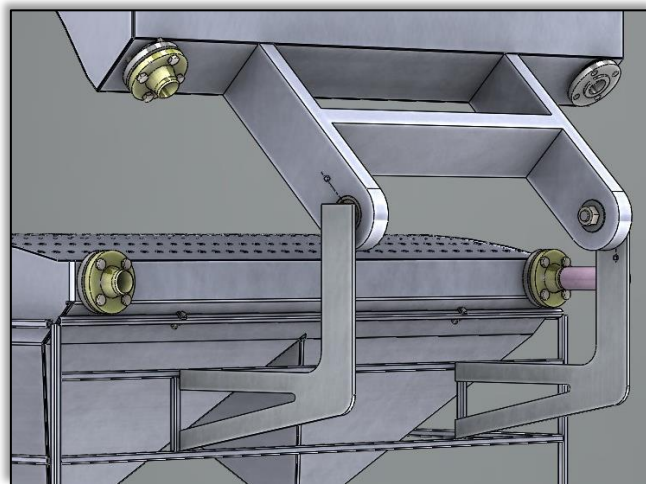


Figura IV.32 - Bisagras y resorte de torsión para apertura de prensa

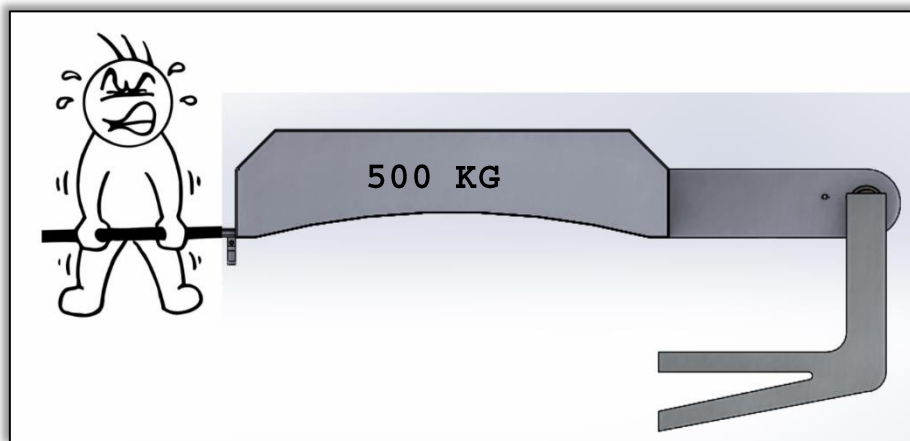
Críticas para la primera fase

Desventajas:

- El análisis de flexión de resortes para la apertura rápida de los platos, resulta muy complejo analíticamente y dificultoso de simular en un computador. A su vez, teniendo en cuenta el posible peso de los platos, resultaría inviable utilizar el tipo de resortes modelado, ya que sólo sirven para cargas livianas. Para grandes esfuerzos se utilizan barras de torsión como en sistema de suspensión para vehículos:



- La fuerza de apertura de los platos debe vencer el propio peso del plato superior, respecto del eje de la bisagra; lo cual, teniendo en cuenta la distancia propuesta desde el eje al centro del plato, resulta innecesariamente grande.



Conclusiones:

- Se reemplazará la acción de los resortes de torsión por cilindros de gas que vinculen el plato superior a la estructura. Dichos componentes actúan por empuje, por lo que realizarán la apertura rápida de la máquina una vez liberada la traba mecánica. Debe

ser posible de realizar manualmente el cierre del plato superior por una persona.

- Para que la fuerza de los cilindros resulte razonable, se debe ajustar la distancia del eje de bisagras respecto del plato superior (mientras más cercano al plato esté el eje, mejor serán las condiciones).

Segunda etapa de diseño

Teniendo en cuenta lo concluido en la etapa anterior de diseño, se realizaron modificaciones significativas.

Para notar la diferencia en los esfuerzos existentes, se representa en la Figura IV.33 la dependencia del ángulo de acción de los cilindros y la distancia desde el centro de gravedad del plato superior al eje de bisagra.

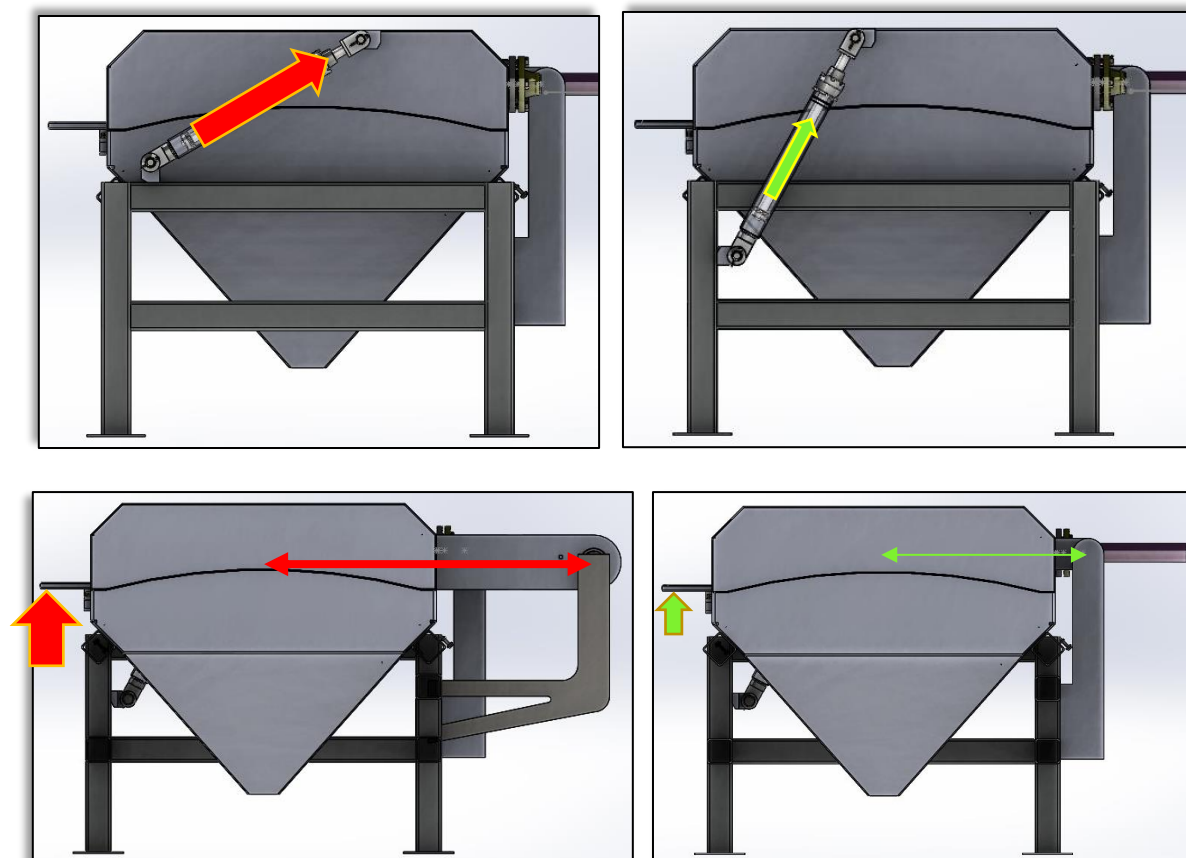


Figura IV.33 - Influencia ángulo cilindro y distancia eje bisagra

Críticas al respecto de esta fase

Ventajas:

- La utilización de cilindros de gas resulta ser una opción viable, ya que la mayoría de los sistemas de levantamiento de tapas existentes los utilizan. Se disponen varias gamas de tamaños en función de la fuerza de empuje requerida.
- No es necesario unidades externas que abastezcan el fluido a presión para dar movimiento a los cilindros, como ser aceite hidráulico o aire comprimido.
- El conformado de las piezas que vinculan cada bisagra a la estructura, resultan más fáciles en su fabricación y selección de componente:

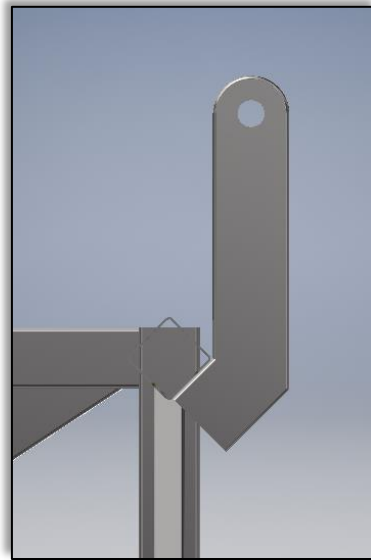


Figura IV.34 - Conformado final de bisagra soldada a estructura

La modificación observada respecto de la Figura IV.34 se debe al diseño final de la estructura.

Desventajas:

- Respecto al ángulo dispuesto para el empuje de los cilindros se generan fuerzas que obligan al operario a realizar toda la fuerza de cierre para vencer el efecto de los mismos (el peso propio del plato superior no ayuda al cierre como debería para que sólo venza a los cilindros). Además, el montaje de los mismos requiere placas de gran longitud para unirse a la estructura, lo cual genera esfuerzos adicionales (ver Figura IV.35).

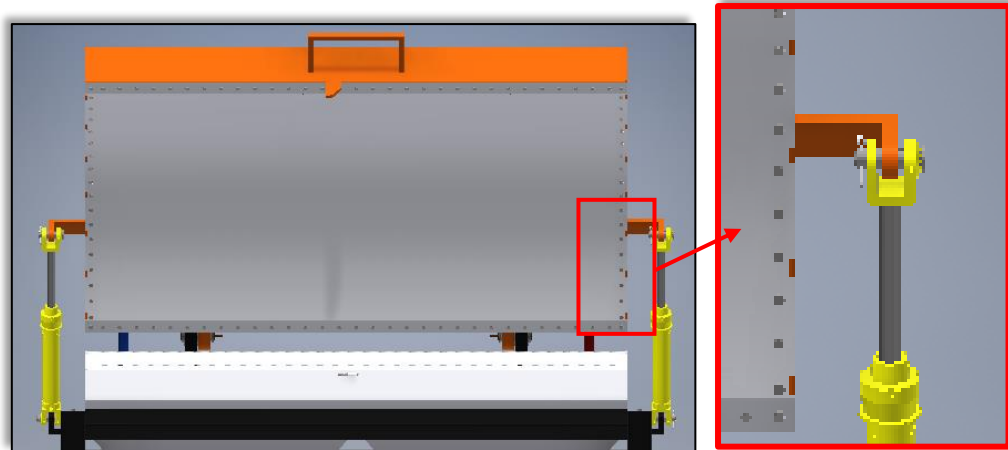


Figura IV.35 - Separación desfavorable de cilindros a plato y estructura.

Conclusión de fase:

- La disposición de los cilindros debe cambiar de modo tal que el peso propio del plato superior aporte el trabajo de cierre siendo ayudado por la fuerza humana únicamente en el inicio del movimiento.
- Los cilindros deben estar montados lo más cercano posible de la estructura para disminuir esfuerzos en los vínculos.

Tercera etapa del diseño

La nueva disposición de los cilindros se asemeja más a las soluciones dispuestas en mecanismos de bisagras existentes en la actualidad para apertura y cierre de tapas pesadas. La Figura IV.36 ilustra los conceptos a tener en cuenta para el diseño y con un ejemplo se puede comparar el diseño propuesto.

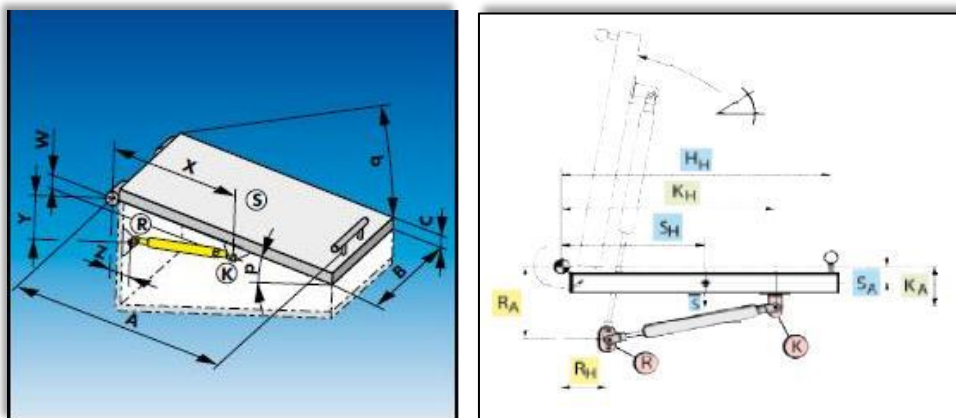


Figura IV.36 - Concepto ángulo de cilindro

Además, la posición elegida para los cilindros, permite no sólo un montaje con vínculos cercanos a la estructura, sino también la posibilidad de acoplar varios en serie para reducir la fuerza de empuje necesaria (ver Figura IV.37).

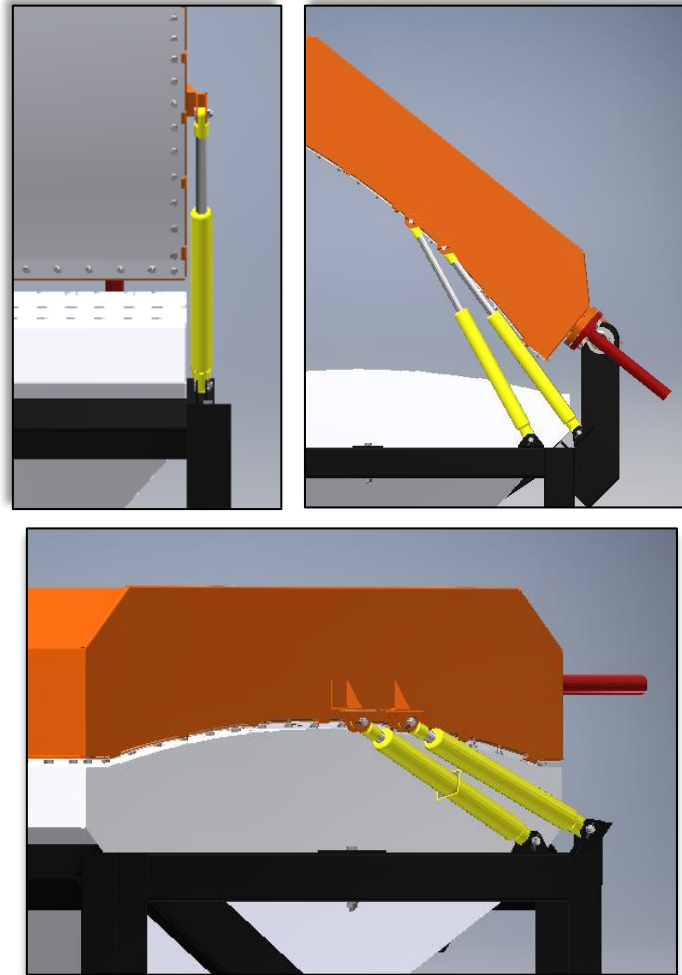


Figura IV.37 - Posición final de cilindros - Cilindros en serie

Secuencias del sistema de control

También se está en condiciones de agregar en esta etapa el sistema de control que dará funcionamiento a las partes. El mismo se ejecuta de la siguiente manera:

1- Final de carrera - Cierre plato superior

El esquema de la Figura IV.38, expresa el funcionamiento del final de carrera una vez accionado por la traba del plato superior. La ubicación de dicho elemento debe asegurar su actuación cuando el pasador del solenoide se haya ubicado en el orificio dispuesto en la traba.

Este elemento mecánico posee en su interior una palanca que pivotea alternando conexiones eléctricas de manera tal que un circuito abierto antes de ser activada la palanca, pasa a su estado de conexión cuando ésta recibe una fuerza de presión por contacto.

Si los terminales del circuito interno quedan conectados, la señal o pulso eléctrico, viaja a través de los cables de forma tal que al final del recorrido se obtenga la misma información que al inicio. En este caso, el pulso de entrada lo genera un microcontrolador Arduino Nano y resulta equivalente a un valor de 5[V].

Con esta información el controlador integrado en la placa interpreta un valor alto "HIGH" en su PIN digital "D13" con lo cual el programa cargado en el sistema de control debería habilitar la posibilidad de activar la válvula de entrada de vapor al plato superior.

Mientras el final de carrera esté desactivado, la señal de llegada al microcontrolador debería ser de 0[V] lo que equivale a un valor bajo "LOW" y con ello, para mantener la seguridad del operario al manipular el equipo; no debería poder accionarse la válvula de paso para el vapor, porque correspondería a que el plato superior está abierto y se está realizando la tarea de acomodar las prendas sobre el plato inferior, o bien se están retirando del equipo porque ya acabó el proceso de secado.

Para el diseño del sistema de control y la seguridad correcta de la máquina, se tomó como referencia la norma ISO 12100 "Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño".

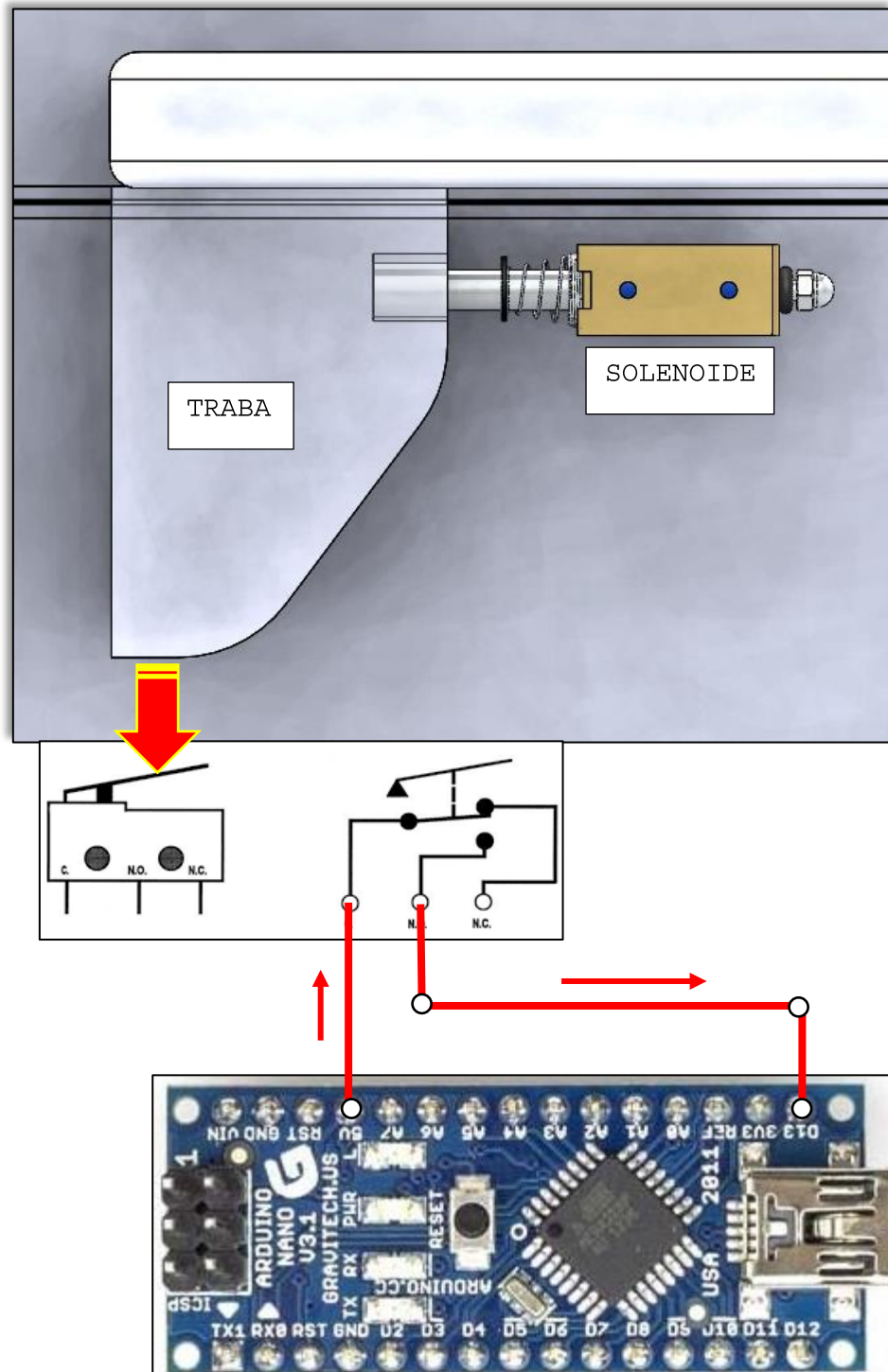


Figura IV.38 - Final de carrera.

2- Pulsador n°1 - Apertura válvula vapor

La Figura IV.39, muestra el diagrama de conexión y activación de la válvula de vapor instalada en la cañería de entrada de vapor al plato superior.

El camino de información inicia cuando el operario presiona el pulsador "1" y con ello el microcontrolador recibe una señal de valor alto "HIGH" (5V), en la entrada digital "D4" (conexión Pull-down¹²).

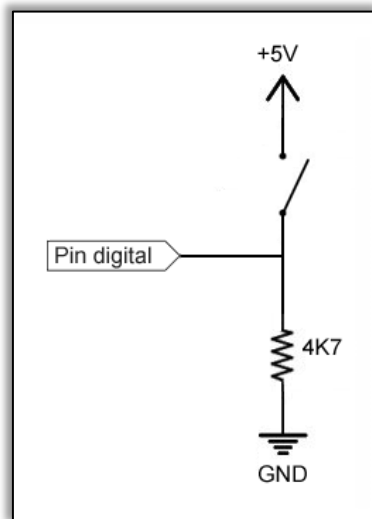
El programa del controlador debe interpretar esa señal ingresada, con la función de dar un valor alto al pin digital de salida "D12", de forma tal que se traslada la señal al "RELAY". Este dispositivo posee en su interior un actuador electromagnético capaz de cerrar el circuito al que se encuentra conectada la electroválvula.

De esta manera, el circuito desde el arduino al RELAY trabaja con un voltaje de 5[V], pero el circuito desde éste último hacia la electroválvula, maneja otra diferencia de potencial (220V). Con este artilugio es posible abrir el paso de vapor al interior del plato superior.

Como condición del programa cargado en la placa integrada del microcontrolador, es necesario que no se dé importancia al accionamiento del pulsador bajo ninguna circunstancia, si previamente no se recibió una señal de valor alto por medio del final de carrera mencionado en la etapa anterior del sistema de control.

Cabe destacar que en este caso se requiere conexión a la red de 220[V] para la electroválvula, además de la fuente de alimentación para el arduino.

¹² Forma de conexión para pulsadores que permiten obtener un valor alto de entrada en el microcontrolador.



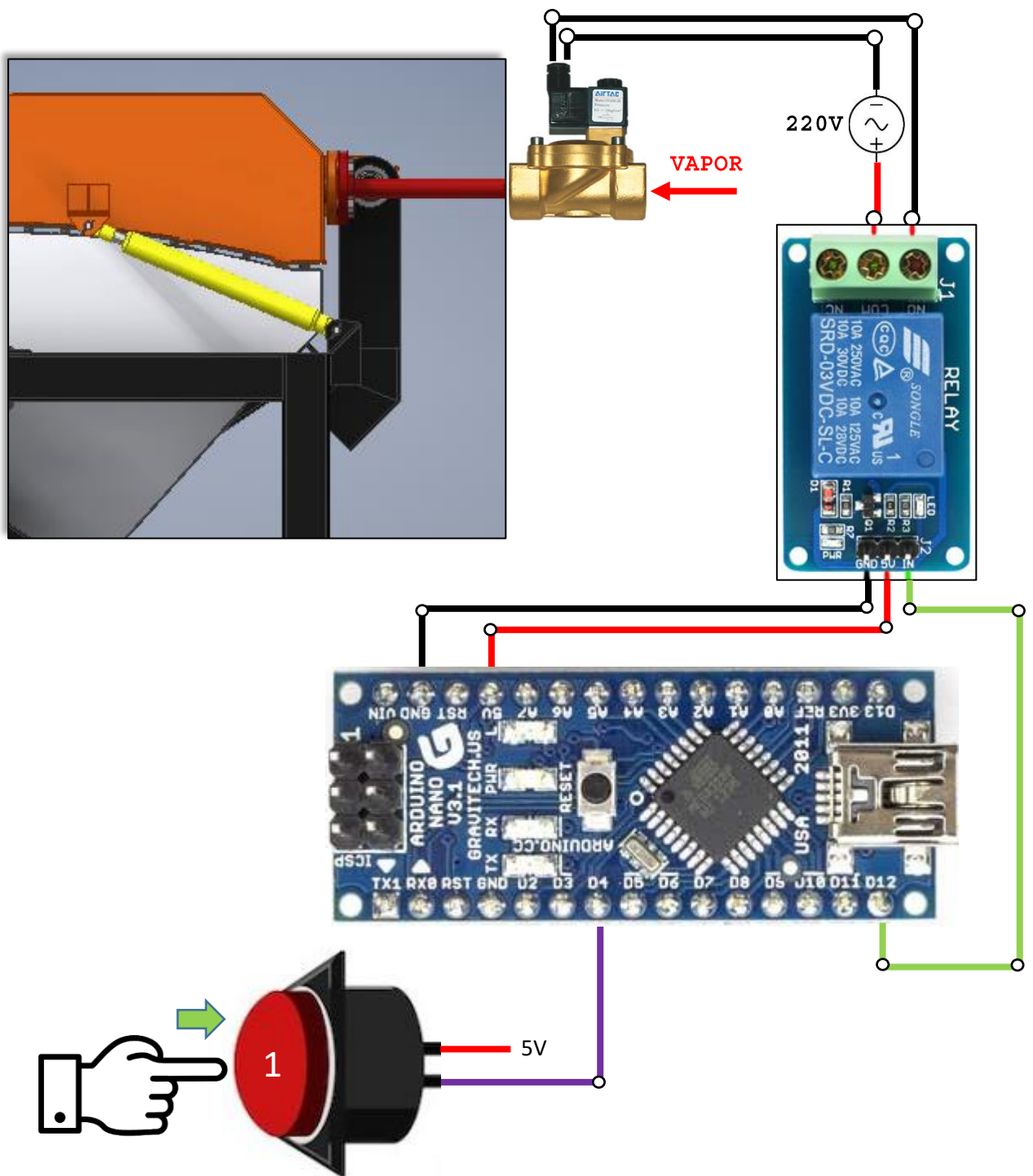


Figura IV.39 - Entrada de vapor.

3- Pulsador n°2 - Apertura plato superior

El microcontrolador debe mantener activa la apertura de la electroválvula durante el tiempo requerido para el proceso de secado (aproximadamente 6 minutos).

Sólo una vez transcurrido ese tiempo se debe permitir el funcionamiento de la etapa esquematizada en la Figura IV.40, la cual se ejecuta cuando el operario presiona el pulsador "2", de forma tal que se genera un valor alto "HIGH" en el pin de entrada digital "D3" (tener en cuenta la conexión Pull-Down).

Esta información interpretada por el programa del controlador debe poner en valor alto el pin digital de salida "D9" el cual envía una señal de 5[V] al módulo "IRF520N", el cual aporta la potencia requerida por el solenoide para desplazar su vástago de forma tal que se libere la traba del plato superior.

La activación del solenoide requiere alimentación de una fuente externa a la del arduino y la duración de su accionamiento debe durar lo suficiente para que cuando se quite energía al actuador, no se vuelva a trabar el plato superior (esto se consigue con la acción humana de comenzar la apertura del plato), lo cual equivale a un transcurso de 5-10 segundos como mucho.

El operario debe comenzar la apertura del plato superior hasta que los cilindros a gas continúen con la acción por sí solos.

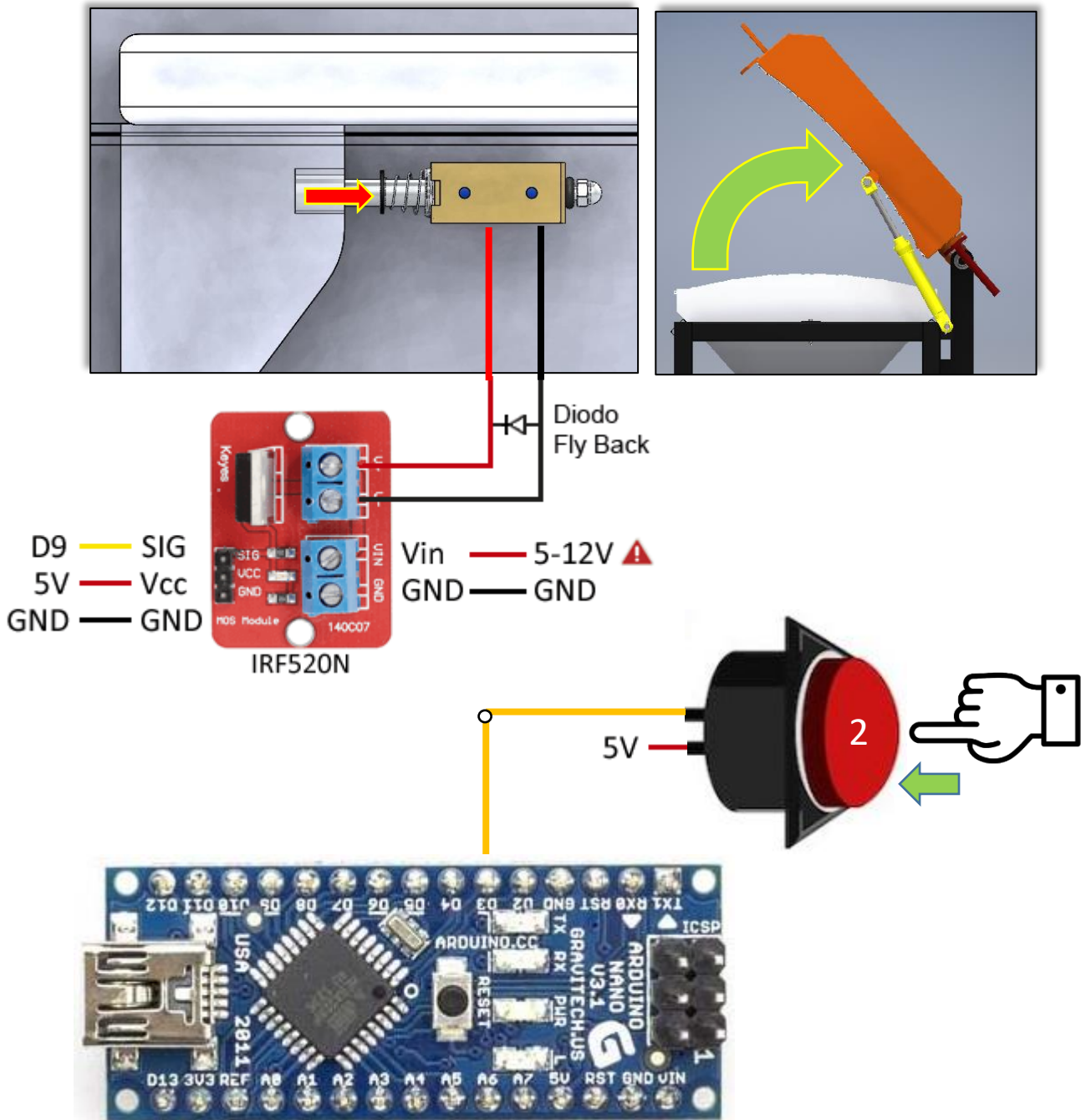


Figura IV.40 - Liberar traba.

Crítica para la etapa de diseño

Ventajas:

- Una persona tipo puede manipular el cierre de los platos de manera sencilla y cómoda, ya que luego de un pequeño impulso, el movimiento continúa su curso por acción del peso propio del plato superior.
- El mecanismo de traba resulta sencillo y práctico para manipularlo eléctricamente desde un simple pulsador (no requiere una lógica de control sofisticada). Lo mismo para la inyección de vapor al plato por medio de electroválvula.

Desventaja:

- Dificultad de conseguir los cilindros a gas dentro del país, ya que, para grandes fuerzas de empuje, sólo existen en el extranjero (necesidad de importación).

Conclusión final:

- Ya se da por concluida la etapa de iteraciones en fases de diseño para el sistema de apertura y bisagras.

IV.4.4.3 Materiales de cada componente

Los sistemas desarrollados, contienen las piezas que más se mueven en la máquina y, por consiguiente, son los componentes más propensos al desgaste. Aquí la buena elección del material, garantiza la vida útil de la máquina, ya que, el deterioro superficial por la fricción de las piezas entre sí, genera huelgos y ello hace funcionar a la máquina de manera inestable lo cual tarde o temprano traerá como consecuencia la falla del sistema.

Para cumplir dichas funciones, los materiales deben resistir las fuerzas de apertura y cierre de los platos sin presentar deformaciones considerables, para así evitar que la distancia relativa entre piezas lleve a la falla del mecanismo, es decir, que sus partes móviles se bloqueen por una desalineación del movimiento.



Figura IV.41 - Buje plástico para eje de rueda

A su vez, para reducir la fricción entre piezas que deben estar en contacto durante el movimiento, puede utilizarse un material de reducido coeficiente de rozamiento (como suelen ser los bujes de plástico que indica la Figura IV.41) o bien que posean una gran elasticidad para mantener el contacto ante las deformaciones (por ejemplo, los elastómeros utilizados en sellos y retenes como indica la Figura IV.42 para pistones hidráulicos). Puede apreciarse el desgaste por falla en la imagen de la derecha.

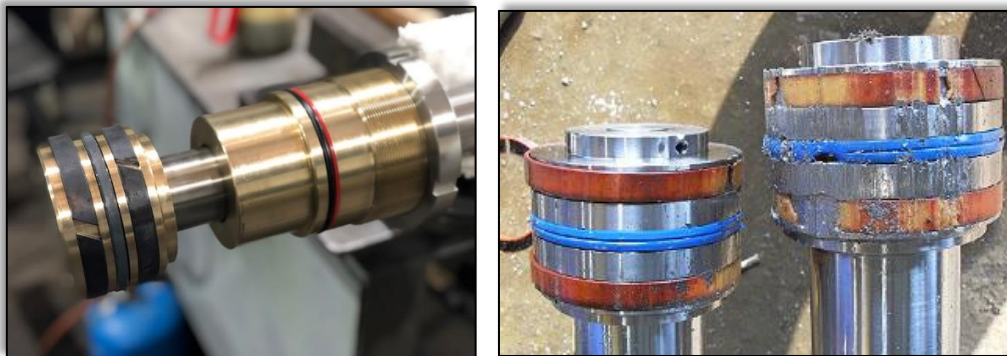


Figura IV.42 - Sellos para pistones hidráulicos

Para este último caso o cuando se trate de aceros que, para disminuir la fricción poseen superficie de muy bajo índice de rugosidad, se deben utilizar lubricantes de un material que permita mantener las propiedades necesarias que aseguren la menor fuerza de rozamiento posible ante el contacto de las partes en movimiento, sin alteraciones considerables por aumento de temperatura; ya que, si existe un movimiento deslizando de una superficie sobre otra, la energía cinética de las partículas presentes en el lubricante eleva la temperatura.

Resulta relevante el análisis del lubricante, debido a que, si la viscosidad¹³ del mismo aumenta por incremento de la temperatura, el

¹³ Propiedad física de los fluidos que da importancia a la resistencia generada frente al movimiento de partículas que lo componen, cuando éstas se desplazan a diferentes velocidades. Dicho atributo de los lubricantes resulta ser inversamente proporcional a la temperatura y ello explica que, si aumenta la

espesor de película que separa ambas partes en contacto disminuye y con ello puede llegar a existir contacto puro entre las superficies que justamente son propensas al desgaste por fricción. Dicho fenómeno se aprecia en la Figura IV.43.

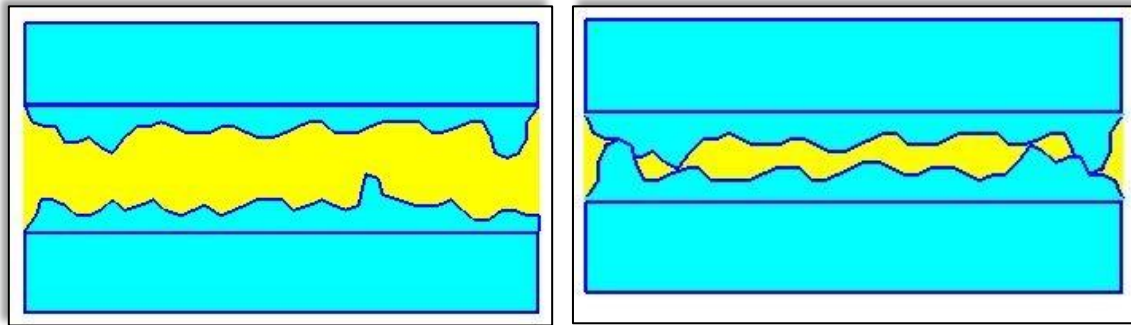


Figura IV.43 - Disminución de película lubricante

Para las bisagras, todas las piezas que no resultan ser estándar, son de acero al carbono SAE 1010, el cual resulta ser común a perfiles estructurales, barras de sección circular macizas y huecas, necesario para las piezas que conforman la bisagra.

Dicho material resulta ser fácil de soldar, deformar y mecanizar para dar las dimensiones requeridas del funcionamiento.

Como excepción, el buje de retención para rodamiento será de GRILON, el cual resulta ser un material más económico que el acero para piezas de mucho mecanizado y se justifica cuando no se requiere resistencia mecánica. Además, disminuye el desgaste por rozamiento y no necesita lubricar su zona de contacto con piezas en movimiento (auto lubricación).

Las piezas de anclaje de los cilindros se fabricarán de acero SAE 1010 para poder plegarlas y soldarlas.

Por su parte, el cilindro de gas resulta ser un componente estándar de la marca DICTATOR, donde los materiales de cada pieza quedan definidos por el fabricante:

Cilindros (\emptyset 10 hasta 65 mm)	tubo de acero zincado, barnizado o inoxidable
Vástagos (\emptyset 3 hasta 30 mm)	acero (cromado duro o inox, pulido)
Medio de presión	Gas nitrogeno(N) (incombustible) (hasta 10.000 N)
Medio de amortiguación	aceite hidráulico (mineral/silicona) o vegetal

energía cinética de las partículas, la resistencia a fluir disminuye por lo que un lubricante pierde capacidad de crear una capa entre dos piezas (disminuye su espesor de separación).

Temperatura de trabajo	-10 °C (con aceite especial -30 °C) hasta +80 °C
------------------------	---

Para más datos técnicos, ver anexo A-IV.

IV.4.4.4 Cálculos de resistencia

Dimensionado de bisagras

Los brazos de anclaje a la estructura y al plato superior debieron ser verificados por flexión, asignando la misma sección transversal de los perfiles estructurales utilizados como barras en el reticulado de la estructura (para así disponer de una misma medida en las piezas de la máquina sin variar de secciones entre un subconjunto y otro), cuyas medidas eran de 40x100x2mm y así lograr ahorros en el proceso de fabricación.

Por su parte, el eje de la bisagra debió ser dimensionado según esfuerzos de flexión que aporta el empuje de cilindros y de corte producto de considerar una fuerza tangencial a la sección transversal del mismo cuando ambos brazos tienen movimientos relativos entre sí.

Como último componente dimensionado por cálculo y del cual dependen otras piezas para el correcto funcionamiento rotacional, se estableció el rodamiento, el cual resulta tener su proceso de cálculo en función de la sollicitación y tipo de elemento rodante.

Los cálculos respectivos para cada pieza crítica del subconjunto, se desarrollaron en el anexo A-II, los cuales pueden ser leídos si son de interés para el lector.

Cilindros - cálculos de dimensionado

Respecto al cilindro de empuje, el fabricante especifica una guía de cálculos para definir la posición del mismo en el montaje y con ello verificar la fuerza de trabajo para las distintas posiciones angulares que va tomando de manera progresiva y así seleccionar el par de pistones a utilizar (ver diagrama en Figura IV.44).

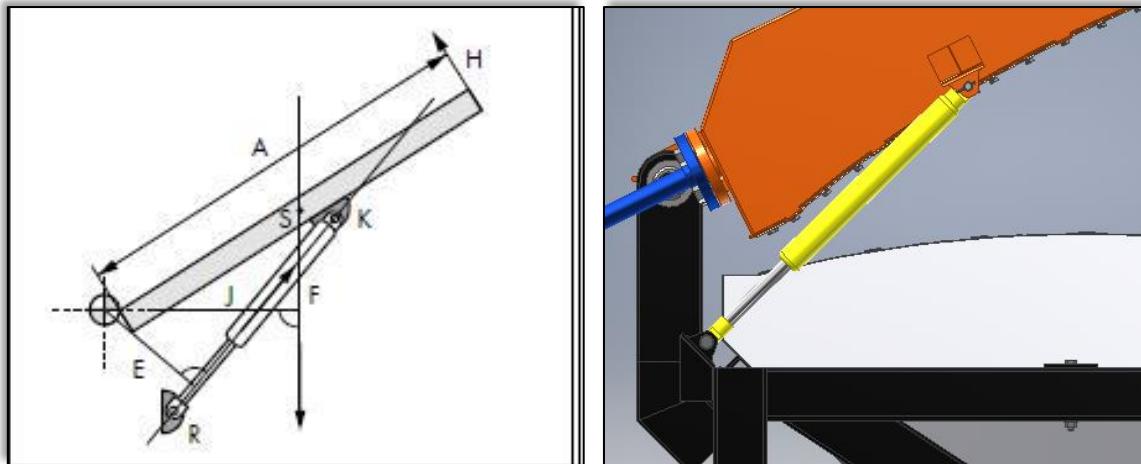


Figura IV.44 - Diagrama cálculo de fuerza por cilindro.

En el caso del proyecto la fuerza de necesaria por cada cilindro (considerando uno por cada lateral del plato superior), resulta ser de aproximadamente 2700 [N] y una carrera de 350 [mm].

En el anexo A-II se aprecian los cálculos correspondientes.

IV.4.4.5 Componentes seleccionados

Elementos de bisagras

Los brazos de anclaje a la estructura y plato serán conformados por perfil estructural de sección 40mm (ancho) x 100mm (alto) x 2mm (espesor).

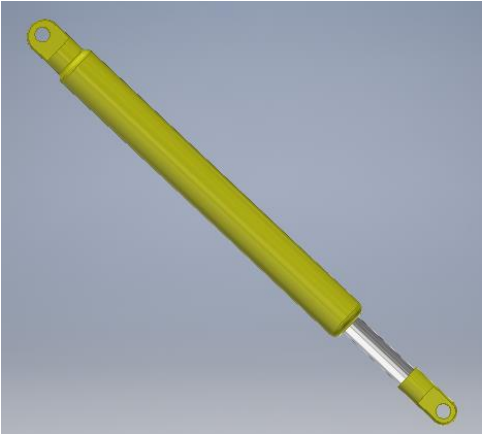
En cuanto al eje, la caja de alojamiento y el buje de retención para rodamiento; se utilizaron barras macizas y huecas (tubos de pared gruesa para mecanizar), de acero SAE 1010 con secciones próximas a las medidas finales según el diámetro requerido para asientos y ajustes en cada pieza.

El rodamiento de una hilera de bolas seleccionado fue: SKF 6007, de dimensiones 35x62x14 [mm].

En función de las medidas finales de mecanizado del eje se seleccionaron las arandelas correspondientes y las tuercas de apriete para el armado del conjunto.

Selección de cilindro a gas

En función de los cálculos realizados para obtener la fuerza y carrera necesarias en los cilindros, se determinó utilizar dos unidades del siguiente componente:

	Ø Vástago [mm]	20
	Ø Cilindro [mm]	40
	Carrera [mm] mín.- máx.	50 - 600
	Amortiguación	ninguna
	Fuerza [N] mín.- máx.	300 - 5000
	Longitud cerrado [mm]	450
	Longitud extendido [mm]	800

IV.4.4.6 Tecnología de fabricación

Fabricación de bisagras

Los perfiles estructurales para fabricación de los brazos siguen el siguiente proceso de fabricación:

- Corte con sierra sensitiva a medida para extremos rectos y en ángulo.
- Perforado con taladro de banco para alojamiento de eje y caja en piezas respectivas.
- Corte con amoladora manual de extremos redondos.
- Corte y plegado de flejes de chapa calibre n°14, para soldar con proceso MIG y sellar el extremo redondo en cada brazo.

La Figura IV.45 detalla un diagrama de flujo del proceso.



Figura IV.45 - Proceso de fabricación brazos de bisagras

El eje, caja de bisagra y buje de retención de rodamiento, parten de los siguientes elementos utilizados como materia prima:

- De una barra redonda maciza de acero SAE 1010, cuyo diámetro de conformado en fábrica es de $\varnothing 41,3\text{mm}$ (medida de diámetro sección transversal), se corta el largo del eje requerido para la máquina con sierra sinfín y se mecanizan en torno paralelo los asientos para rodamiento, tope de brazo y extremos roscados. La Figura IV.46 indica los mecanizados para la pieza y el montaje.

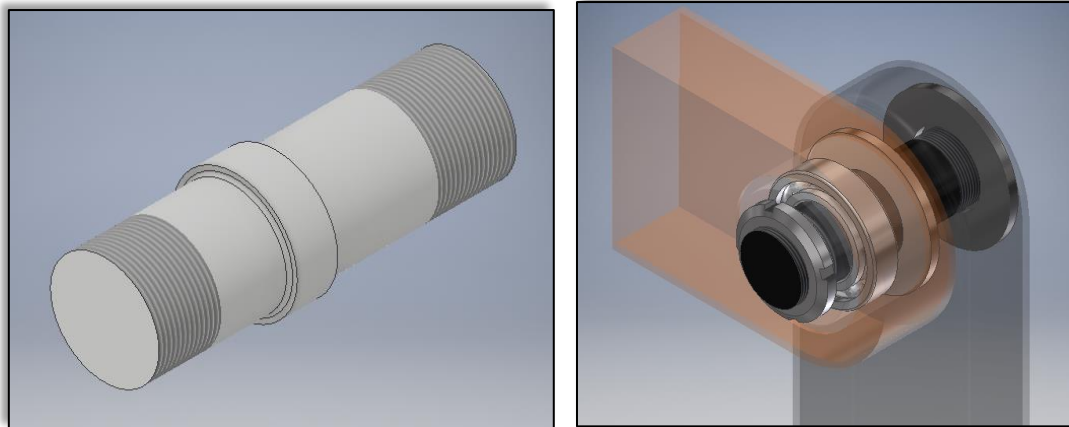


Figura IV.46 - Eje de bisagra

- Para mecanizar la caja de bisagra, es necesario cortar con sierra sinfín un caño redondo de $\varnothing 88,9\text{mm}$ de diámetro y $6,771\text{mm}$ de espesor, del largo estimado para ser soldado al brazo de plato superior. Posteriormente se mecanizan los resaltos para fijar la pista externa del rodamiento (ver Figura IV.47 para apreciar la pieza terminada y su montaje).

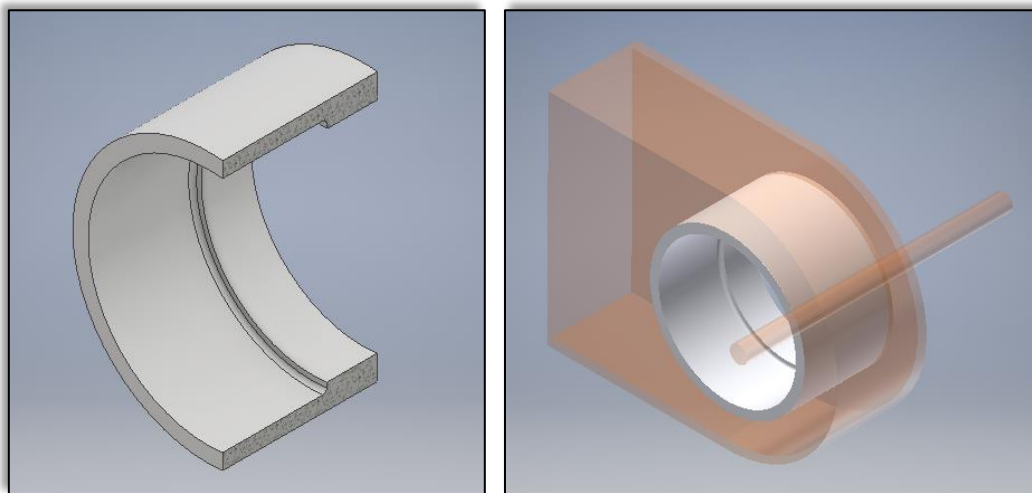


Figura IV.47 - Caja porta rodamiento

- El buje de retención de rodamiento parte de un tubo de grilon de medidas próximas a $\varnothing 62\text{mm}$ de diámetro exterior y $\varnothing 35\text{mm}$ de interior. Se realiza el mecanizado en torno paralelo y se tronza en la misma máquina para obtener la pieza terminada. La Figura IV.48 muestra la ubicación de dicha pieza y su mecanizado.

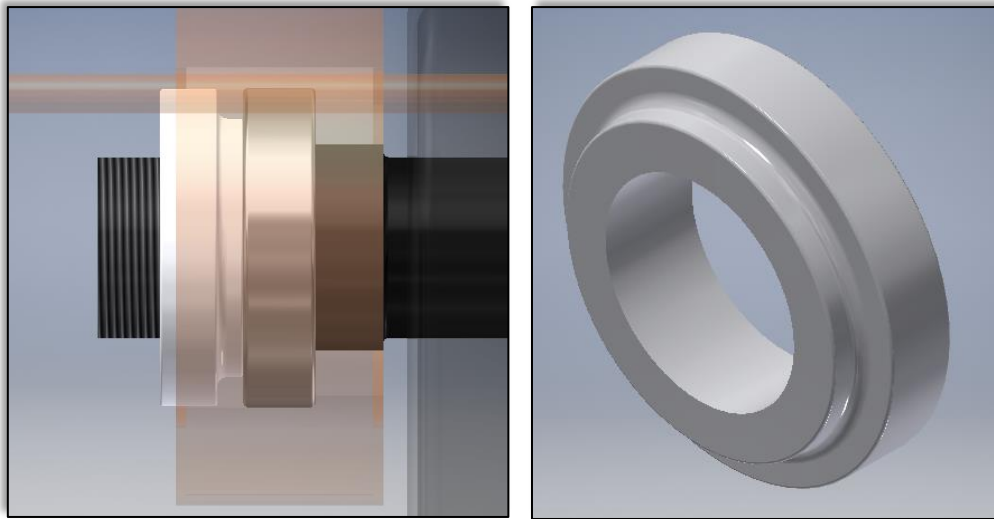


Figura IV.48 - Buje retención de rodamiento

Por su parte, los anclajes de cada cilindro resultan de piezas plegadas y soldadas con el perforado pasante que permita unir los extremos del vástago y cuerpo a cada soporte por medio de un pasador con perforación para chaveta, como indica la Figura IV.49.

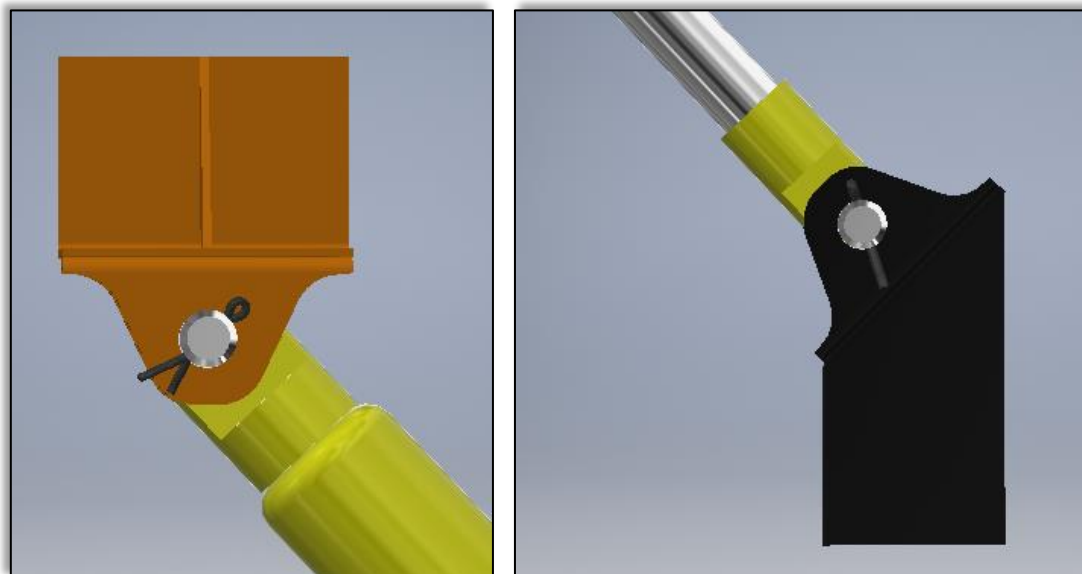


Figura IV.49 - Unión entre cilindro y soportes.

IV.4.4.7 Observaciones

La Figura IV.50 ilustra el armado final del sistema de bisagras, donde se aprecian las piezas estándar adoptadas para el apriete y armado de la pieza. Dichos artículos se detallan en los anexos A-III de planimetría.

1. Brazo a estructura
2. Brazo a plato superior
3. Caja de bisagra
4. Eje
5. Rodamiento
6. Buje retención de rodamiento
7. Tuercas y arandelas de apriete

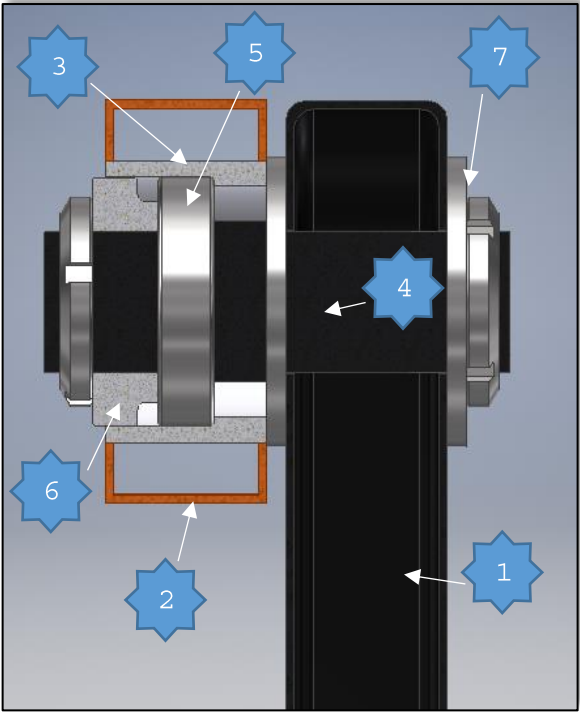
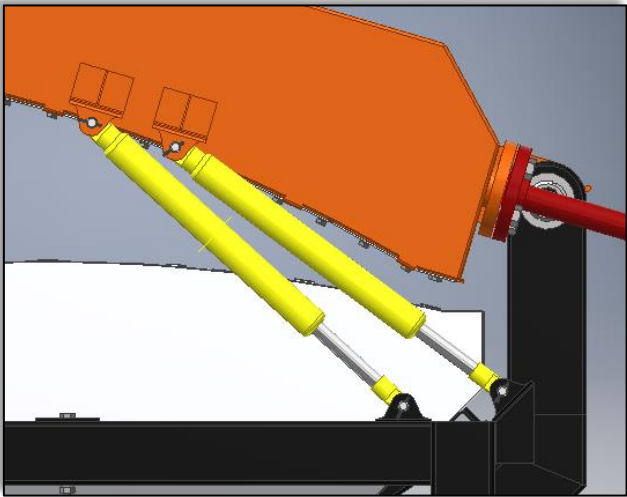
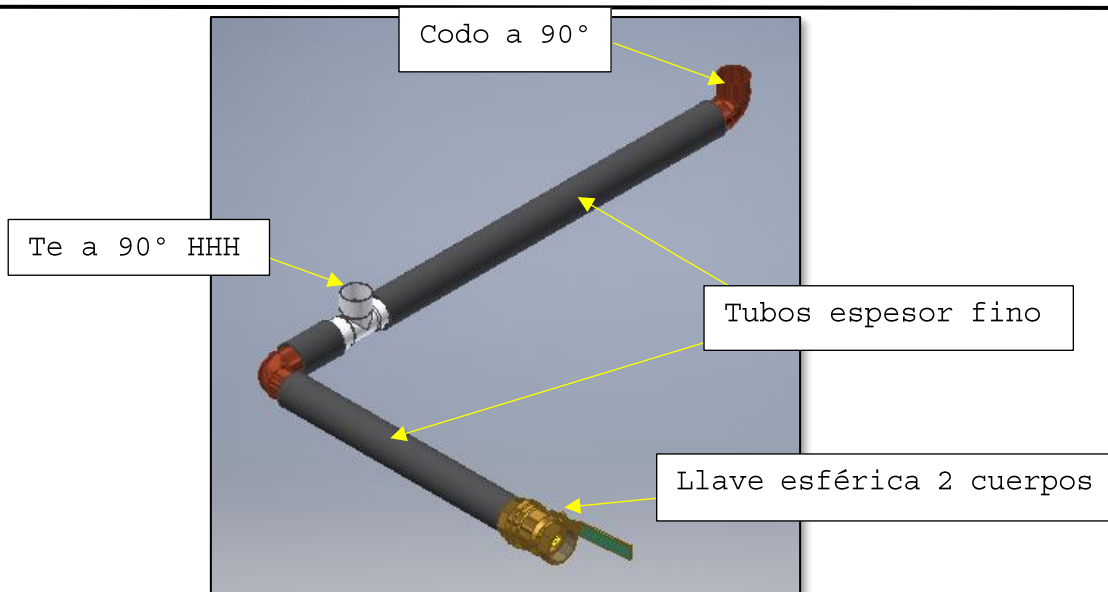


Figura IV.50 - Conjunto final de bisagra con detalle de piezas

En el caso de requerirse disminuir la fuerza ejercida por cada cilindro y con ello el tamaño de los mismos, pueden montarse de a pares en cada lateral del plato.



IV.4.5 Cañería de drenaje



IV.4.5.1 Función de la cañería

Simplemente debe permitir evacuar el agua acumulada dentro del plato inferior, donde aproximadamente luego de 3 ciclos de trabajo de la máquina debería accionarse la llave esférica de forma manual para drenar el líquido.

IV.4.5.2 Materiales y selección de componentes

Se seleccionan los elementos de material acero inoxidable AISI 304, el cual permite unir accesorios y tubos por medio de soldadura.

Dichos artículos pertenecen a la gama milimétrica, por lo que su espesor para codos, tes y tubos es de 1,5 [mm] en diámetros exteriores de $\varnothing 50,8$ [mm].

Para poder unir la cañería de drenaje al plato inferior, se requiere la utilización de un electrodo con material de aporte especial para aceros inoxidables empalmados con aceros al carbono como indica la Figura IV.51 por medio del electrodo E309L-17.

Lo mismo ocurrirá al fijar el extremo a la estructura por medio de una placa de soporte (la cual se describe más adelante). En el final de la cañería se acopla una válvula de bola de paso pleno, cuya medida es de 2", posee dos cuerpos y es para unión roscada, por lo que se deberá tallar la misma en el tubo correspondiente.

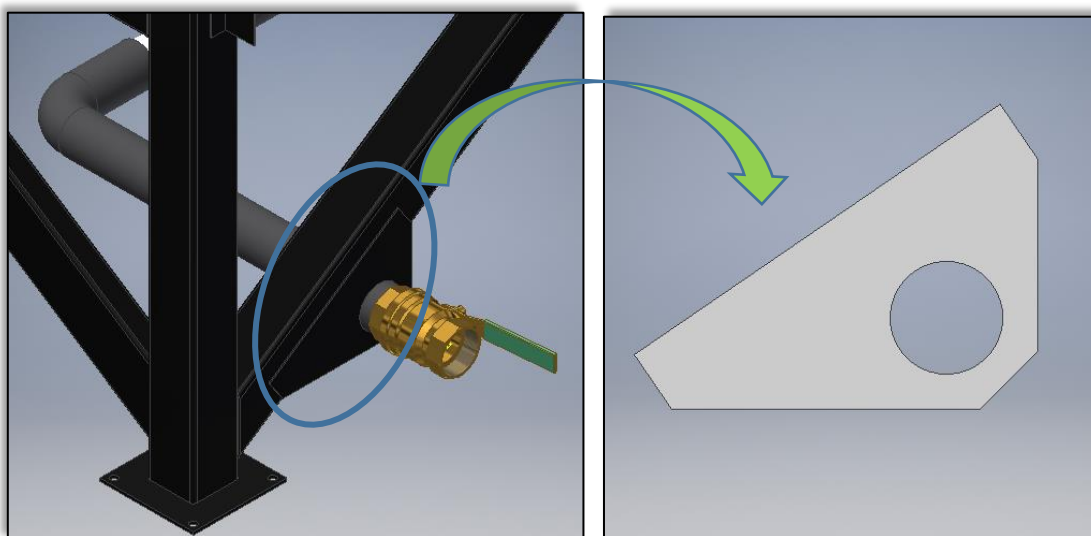


Figura IV.51 - Soldadura aceros disimilares.

Las longitudes de cada tramo de tubo se especifican en los planos de fabricación.

Para ver el catálogo de dimensiones para los tubos y accesorios puede dirigirse al anexo A-V.

IV.4.6 Placas soporte



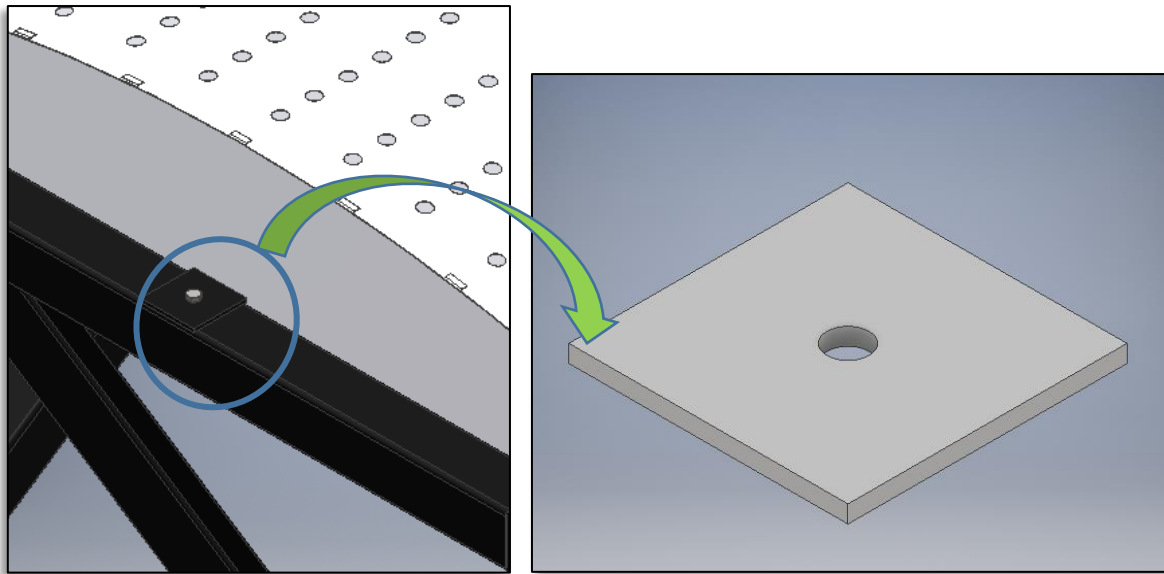


Figura IV.52 - Placas para montaje de plato inferior y drenaje.

IV.4.6.1 Funcionalidad de placas

La chapa que soporta la cañería de drenaje, aporta un vínculo con la estructura para dar rigidez al suspender la misma desde los conectores del plato inferior.

Las placas que vinculan el plato inferior a la estructura, sólo aportan mantener en su lugar al mismo, ya que en realidad lo que mayor rigidez da a apoyo son los perfiles cuadrados de la estructura, dispuestos a 45° para soportar el peso (como indica la Figura IV.53).

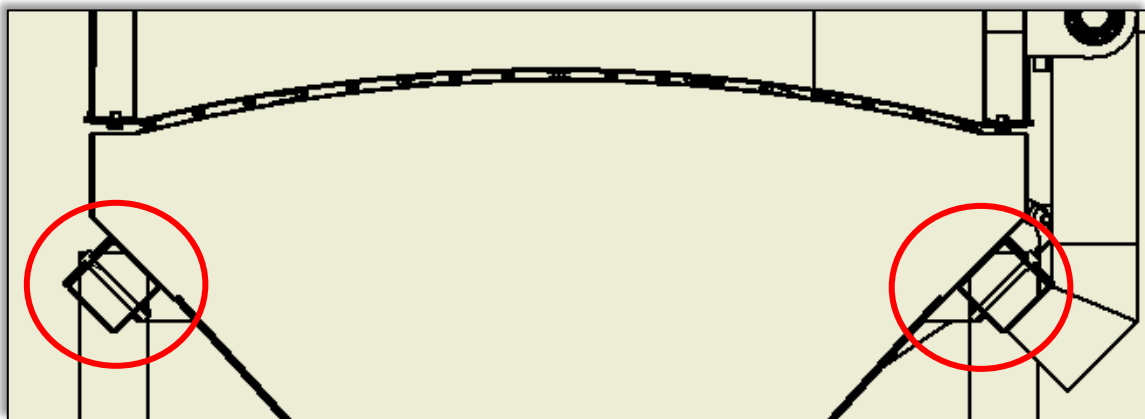


Figura IV.53 - Estructura soportando plato inferior.

IV.4.6.2 Características de chapas para fabricación

Para conformar las piezas se utilizan chapas de acero común calibre n° 14 (2 milímetros de espesor), donde el proceso de fabricación es

simplemente realizar el corte de la chapa según las medidas de los planos constructivos. Luego se realizan las perforaciones para permitir montar el tubo de acero inoxidable y los tornillos de apriete (indicados en Figura IV.52).

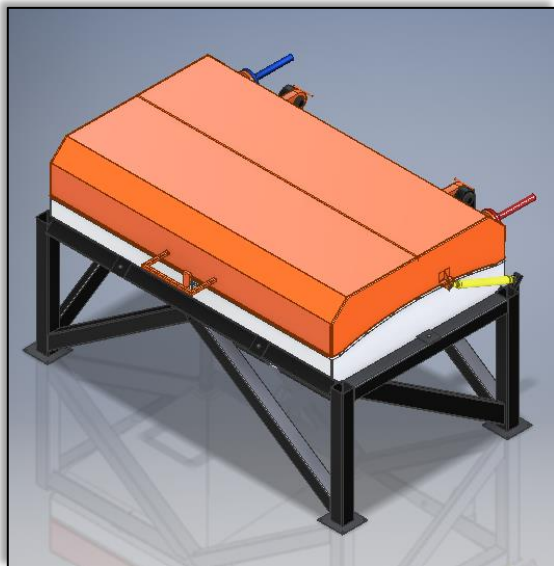
IV.4.6.3 Observaciones

Una vez apoyado el plato inferior sobre la estructura, se estará en condiciones de ubicar las placas de soporte y así soldarlas al plato, luego perforar la estructura para realizar las uniones atornilladas correspondientes.

A su vez, una vez conectada la cañería de drenaje al plato inferior, se está en condiciones de ubicar y soldar la chapa soporte a la estructura.

Las cotas de montaje para estos componentes se detallan en el plano de conjunto.

IV.5 - Capacidad del equipo



<u>PS 1800</u>
Dimensiones:
<ul style="list-style-type: none"> • 1,6 [m] (ancho) • 2,0 [m] (largo) • 1,2 [m] (alto-cerrada) • 1,9 [m] (alto-abierta)
Superficie secado: 1,8 [m ²]
Capacidad carga: 6 [kg] ropa húmeda
Tiempo de secado: 15 [min]
Potencia calefactora: 18 [kW]
Gasto de vapor: 24 [kg/h]
<i>Se requiere caldera como equipo auxiliar</i>

Las dimensiones del equipo deben ser tenidas en cuenta para la ubicación en el lugar de instalación, ya que además se requiere espacio para el paso de personas y las cañerías correspondientes.

La superficie disponible permite acomodar prendas de ropa equivalentes a una carga promedio de lavarropas.

El tiempo de proceso permite comparar eficiencia de secado con las secadoras existentes en el mercado. Se debe tener en cuenta que el tiempo de inyección del vapor es de aproximadamente 6 minutos, con lo cual su consumo energético resulta de 1,8 [kWh], donde un secarropa de tambor con bomba de calor tiene un consumo promedio de 2,2 [kWh].

En cuanto a las características del vapor, la Figura IV.54 ejemplifica una caldera compatible con la máquina PS 1800 y junto con este equipo auxiliar se deben seleccionar como accesorios de conexión entre la secadora y la caldera:

- Caños flexibles de acero inoxidable (anexo A-VI)
- Electroválvula del tipo aguja (anexo A-VII)
- Trampa de vapor del tipo mecánica con flotador (anexo A-VIII)
- Bomba para condensado (puede incluirse en caldera)



Figura IV.54 - Caldera para secadora PS 1800.

IV.7 - Testeo y Propuesta a futuro

Fabricación del prototipo

IV.7.1 Puesta en marcha del plato superior.

La empresa IG Ingeniería, será la encargada de proveer la pieza en cuestión y es de suma importancia un control de calidad al recibirla para asegurarse que se cumpla con las normas para recipientes sometidos a presión y posea certificada su prueba hidráulica.

Se dispondrá en un laboratorio de ensayos, una caldera de vapor igual a la recomendada para los clientes y se realizará la conexión del plato superior a las cañerías de vapor, las cuales deben poseer: una válvula solenoide (Jefferson - 2 vías - Ø1" - Normal Cerrada - EPDM), para comandar la entrada de vapor; y una trampa de vapor (Spirax Sarco - FT14-14(L-R) - Ø1" BSP - con eliminador de aire), para capturar el condensado a la salida del plato (ver Figura IV.55).

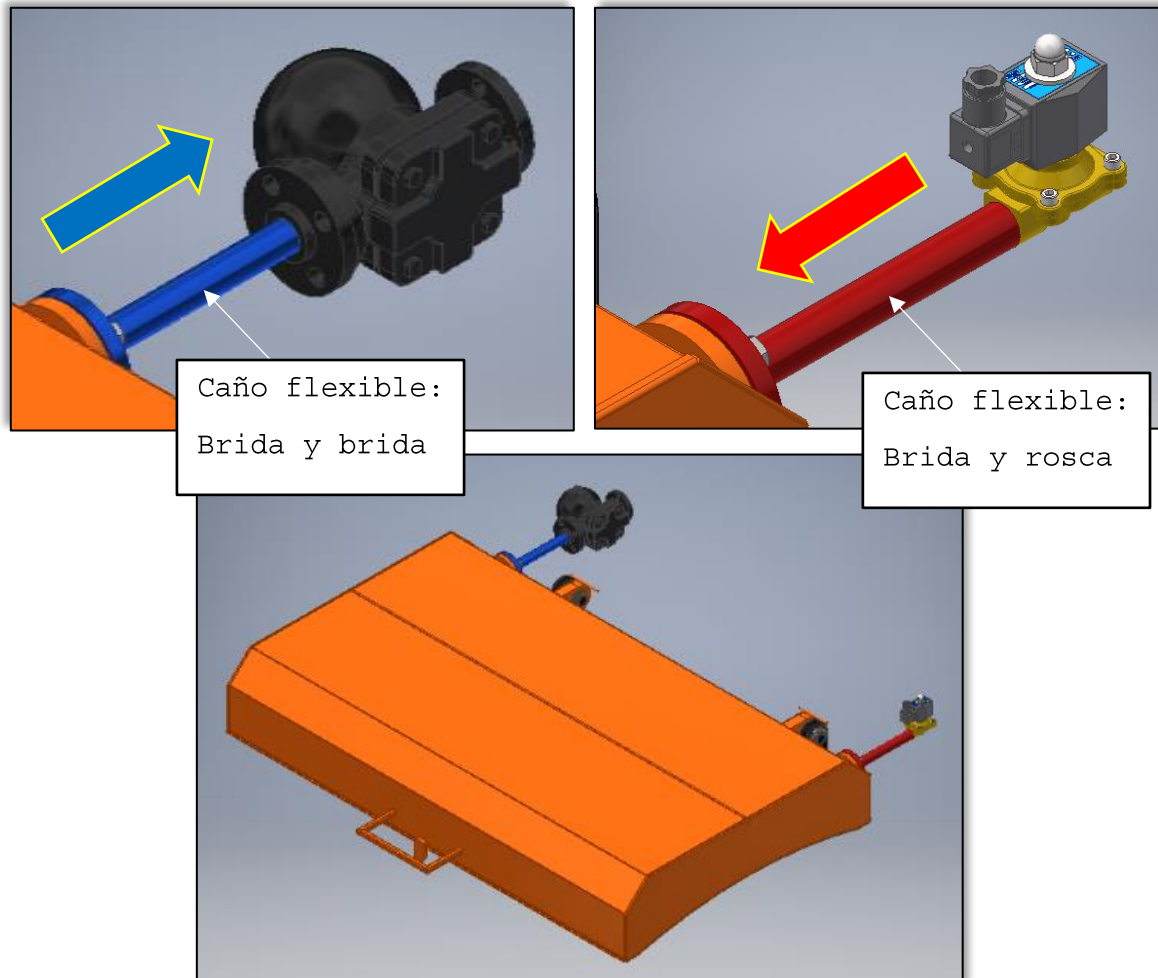


Figura IV.55 - Accesorios entrada y salida vapor.

Respecto al conexionado entre la caldera y la máquina, la Figura IV.56 indica al lector cómo debería instalarse según un diagrama de flujo.

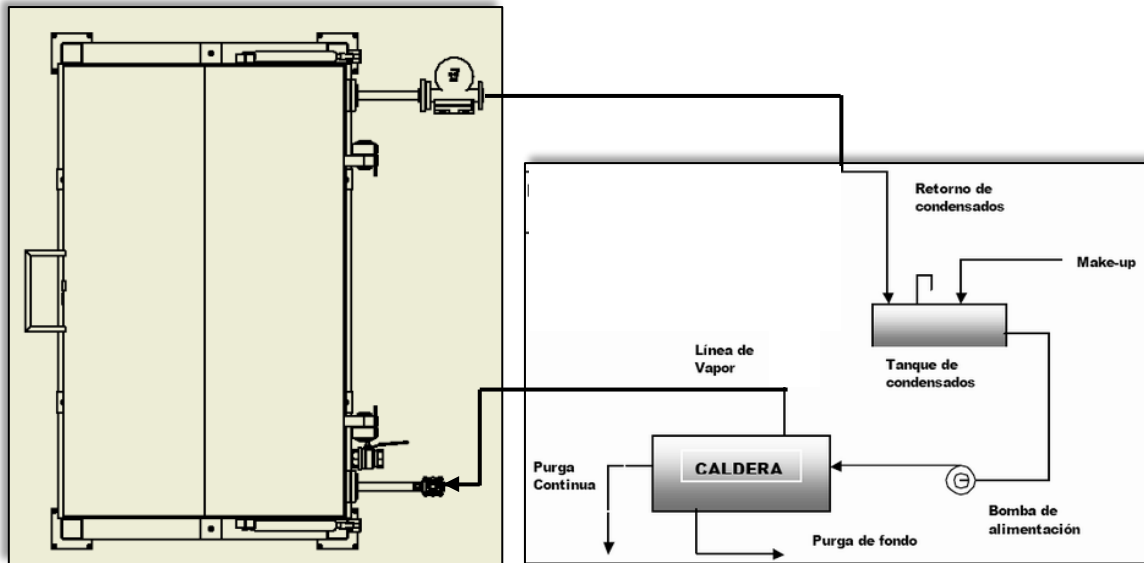


Figura IV.56 - Conexión de PS-1800 y caldera.

IV.7.2 Distribución de temperatura

Para chequear la distribución de temperaturas en el plato, lo ideal será la medición por medio de cámara termográfica¹⁴ y con ello verificar:

- Que la temperatura sea lo más homogénea posible en la placa de contacto y la máxima cercana a los 109°C.
- La temperatura en la superficie exterior del plato superior para confirmar el funcionamiento de la capa aislante y que la temperatura allí no ponga en riesgo la seguridad humana. Si la

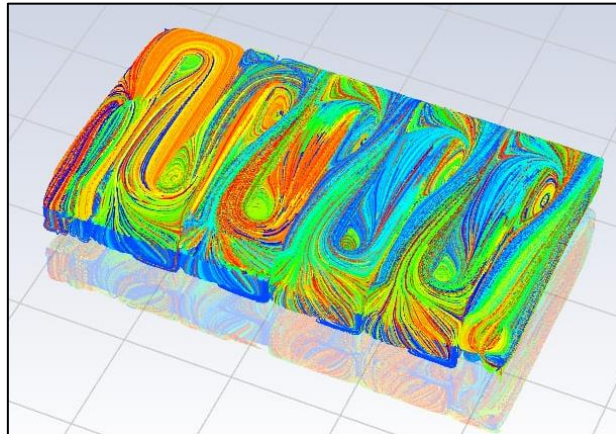
¹⁴ Dispositivo capaz de plasmar en una pantalla la energía de radiación emitida por cuerpos sobre los cuales se direcciona el receptor. Expresa con diferentes tonalidades, la variación de temperatura en función de la emisividad en cada zona captada.



temperatura fueran por ejemplo 50°C , se deducirá que la aislación funciona bien, pero el operario corre riesgo de quemarse si la tocara. Para ello sería necesario indicar con una señal el peligro.

IV.7.3 Pérdidas de carga en Plato superior

La pérdida de carga del equipo para el recipiente a presión resulta difícil de calcular analítica o computacionalmente. Para hacer que el fluido se transporte en el interior del plato se colocaron deflectores como los indicados en la figura:



El valor de la pérdida de carga no resulta significativa debido a la presión de trabajo de $1,4[\text{bar}]$ del vapor. Si se requiere conocer su valor, puede medirse por medio de manómetros colocados en la cañería de entrada y salida de vapor, obteniendo su magnitud por la diferencia medida en entre ambos elementos.

IV.7.4 Ensamblaje final

Una vez asegurado el correcto funcionamiento del plato superior, se procede a conformar cada subconjunto y ensamblar la máquina por completo.

Las pruebas finales pueden realizarse sin necesidad de hacer fluir vapor.

Deben chequearse:

- Funcionamiento adecuado del sistema de control. Considerando el correcto procedimiento del programa cargado al microcontrolador y las secuencias de operación: la traba con solenoide y activación del final de carrera, pulsador de válvula solenoide, pulsador de solenoide para liberar traba, etc.
- Correcto drenaje del agua del plato inferior a cañería y de ésta al exterior. Cargando con agua desde la placa rejilla, se asegura que no se estanca la misma y que al accionar la llave esférica, drene correctamente.
- Movimiento de apertura y cierre del plato superior, en el cual la fuerza humana sólo debe acompañar al cierre, ya que la fuerza deben hacerla los cilindros a gas.

Propuesta de mejora a futuro

IV.7.4 Dimensiones y materiales

Con la finalidad de abaratar costos y sin volver muy crítica la resistencia mecánica de las piezas, se plantea un análisis de diseño que permita trabajar por ejemplo con calibre de chapa más fino en las partes que no requieren el propuesto.

A su vez, si existe la posibilidad de remplazar el acero por un material más económico, en artículos que no demandan gran resistencia mecánica (siempre y cuando sea más fácil la unión entre partes), se tendrá en cuenta también para disminuir costos.

También la posibilidad de fabricación de otros modelos de mayor o menor superficie calefactora.

IV.7.5 Fluidos térmicos

La máquina fue pensada para permitir que con pequeñas modificaciones en el plato superior sea posible fabricar distintos modelos que permitan utilizar distintos fluidos térmicos, como por ejemplo agua caliente o tubería radiante.

Esto dependería de lo que el usuario desearía más respecto a los costos de servicios en el lugar a ubicar la prensa. Si bien la eficiencia de la máquina se vería afectada, puede ocurrir que para el cliente la instalación de una caldera le resulte más complicada o costosa, contra: un calentador de agua eléctrico, un quemador para tubo radiante, resistencias calefactoras, etc.

-V-

CONCLUSIONES DE PROYECTO

En lo que refiere a los objetivos que se perseguían en esta monografía, se observa un resultado positivo en cuanto al análisis de factibilidad de diseño de la máquina: prensa de secado y planchado de indumentaria.

Por otro lado, a modo de repaso de las conclusiones internas del informe, vale destacar los resultados obtenidos a lo largo de la evolución de diseño:

V.1 Diseño computacional

El pre-diseño, permite plasmar la idea constructiva de la máquina que se quiere construir. Este "modelado en 3D", puede tener los siguientes resultados a la hora de analizarlo:

- Que existan piezas o propuestas de ensamblaje muy difíciles de conformar en la realidad o que resulte muy poco probable que brinden lo requerido en el proceso. Este era el caso de los resortes propuestos para la apertura rápida de la tapa, la geometría de las bisagras.
- Las dimensiones y tamaños de la maquinaria resulten muy poco resistentes a los esfuerzos de las cargas dispuestas en el estado de funcionamiento, lo cual ocurría en el caso del perfil de 20x20x1.6 propuesto para conformar la estructura de soporte y el eje de montaje para los rodamientos de las bisagras.
- La propuesta de un proceso productivo en la maquinaria, puede no cumplir con la idea de funcionalidad de la misma (aguas abajo o arriba de ésta); o bien, ser imposible de recibir suministro para la escala pensada. Dicha circunstancia se presentaba en la idea de transferir calor (desde tubos que transportaban vapor en su interior, hasta chapas metálicas donde se disponían las prendas), cuando el medio era aire.
En este caso, la prensa funcionaba como un proceso al que alimentara la salida de un generador de vapor (caldera), y la máquina se pensó para funcionar como condensador del mismo; es decir, que debía recibir vapor de la salida de trabajo útil del proceso donde se utilizaba el generador (turbina de expansión).

V.2 Análisis de simulación CAE

En el nuevo diseño, el cual se supone será el definitivo de la máquina, proviene de la verificación por medio de softwares con sistema CAE.

Este modelo debe previamente calcularse analíticamente y posteriormente ensayarse en un prototipo o modelo a escala.

Puede ocurrir que un análisis provenga de corregir o modificar resultados obtenidos en el pre-diseño; pero que, a su vez, esta nueva disposición presente algún resultado como los descriptos anteriormente.

De hecho, este fenómeno ocurrió en el desarrollo del proyecto, cuando se mejoró la transferencia térmica con el reemplazo del medio aire con agua, ya que esto trajo como consecuencia un mayor peso de la tapa y, por lo tanto, una mayor carga a soportar.

V.3 Diseño final aceptado

De las simulaciones se obtuvo una solución aceptable y junto con ello, el diseño de mejora soportaba en condiciones normales las solicitaciones (las deformaciones eran pequeñas, pero no menores al milímetro en algunos casos). Con la última propuesta de diseño, se lograron las condiciones deseadas y se prescindió de un medio intermedio entre tubos y chapa, e inclusive hasta de los mismos tubos.

De esta manera el peso disminuyó considerablemente y la estructura quedó sobredimensionada, lo cual mejora la confiabilidad del diseño.

V.4 Cálculos analíticos

Respecto a los cálculos analíticos (comparados con los asistidos por computador), cabe destacar que resulta demasiado complejo plantear las solicitaciones reales; por lo que, se consideró siempre el caso más desfavorable. Esto demuestra el apoyo para la ingeniería que ofrecen los softwares CAD-CAM-CAE, ya que éstos pueden realizar un cálculo más fino y con superposición de efectos, lo cual analíticamente representa extensos desarrollos matemáticos.

Por su parte también existen casos como el análisis de flujo en el interior del plato superior, que resultaba complejo de resolver por ambos medios. Aunque se destaca que la simulación computacional es el modelo más confiable, los ajustes finales dados en la puesta en marcha del prototipo definirán las condiciones de funcionamiento.

Cabe destacar que, sin el modelo de mecánica de fluidos computacional, se hubiese estado muy lejos de los resultados esperados en la máquina fabricada.

- VI -

ANEXOS

A-I	115
<i>Catálogo de productos de la marca Speed Queen</i>	115
A-II	116
<i>Flexión en estructura</i>	118
<i>Diámetro eje de bisagra</i>	121
<i>Rodamiento bisagra</i>	124
<i>Potencia energía térmica</i>	127
<i>Consumo de vapor y tiempo de secado</i>	127
<i>Aislación térmica</i>	131
<i>Fuerza y selección de cilindro a gas</i>	132
<i>Junta atornillada en recipiente a presión</i>	135
<i>Teoría de ciclos para fatiga</i>	135
<i>Diámetro de tornillos</i>	135
<i>Teoría de placas</i>	138
<i>Rejilla en placa del plato inferior</i>	142
A-III	143
<i>Planimetría</i>	143
A-IV	145
<i>Catálogo de cilindros a gas DICTATOR</i>	145
A-V	146
<i>Catálogo tubos y accesorios acero inoxidable</i>	146
A-VI	147
<i>Catálogo de caños flexibles de acero inoxidable</i>	147
A-VII	148
<i>Electroválvula Jefferson</i>	148
A-VIII	149
<i>Trampa de vapor FT 14 Spirax Sarco</i>	149

A - I

Catálogo de productos de la marca Speed Queen.

A-IIFlexión en estructura

- P : Peso equivalente de platos
- σ_{adm} : Tensión admisible de diseño
- $\sigma_{fluencia}$: Tensión de fluencia para período elástico
- $M_{flector}$: Momento flector de la viga
- W : Momento de resistencia de la sección de viga
- $f_{m\acute{a}x}$: Deformación máxima admisible de la viga

Diámetro eje de bisagra

- F : Fuerza radial de empuje de cilindro a gas
- X : Longitud eje de bisagra
- \emptyset : Diámetro eje de bisagra
- q : Coeficiente de resistencia a la entalla

Potencia energía térmica

- Q_1 : Calor sensible de vaporización
- Cp_{agua} : Calor específico del agua
- Δt : Diferencia de temperaturas entre temperatura inicial del agua y de vaporización
- $\Delta h_{vaporización}$: Diferencia de entalpía de vaporización
- Q_2 : Calor latente de vaporización
- IN: Entrada
- OUT: Salida

Fuerza y selección de cilindro a gas

- CG: Centro de gravedad

Junta atornillada en recipiente a presión

- Ac : temperatura del aire del local no acondicionado
- De : temperatura del aire ambiente interior
- D : superficie de pared interior en contacto con ambiente no aclimatado
- Ab : ganancia de calor por paredes y techos interiores
- Fe : Carga externa que produce deformación plástica
- Fe' : Fuerza externa que abre la junta
- Kc : Rapidez de variación de fuerza respecto a deformación (piezas a unir)
- Kb : Rapidez de variación de fuerza respecto a deformación (tornillo)
- Fi : Fuerza inicial de apriete
- σ_m : Tensión media de fatiga
- σ_v : Tensión variable de fatiga
- σ_{fl} : Tensión de fluencia
- σ_r : Tensión de rotura o falla del material

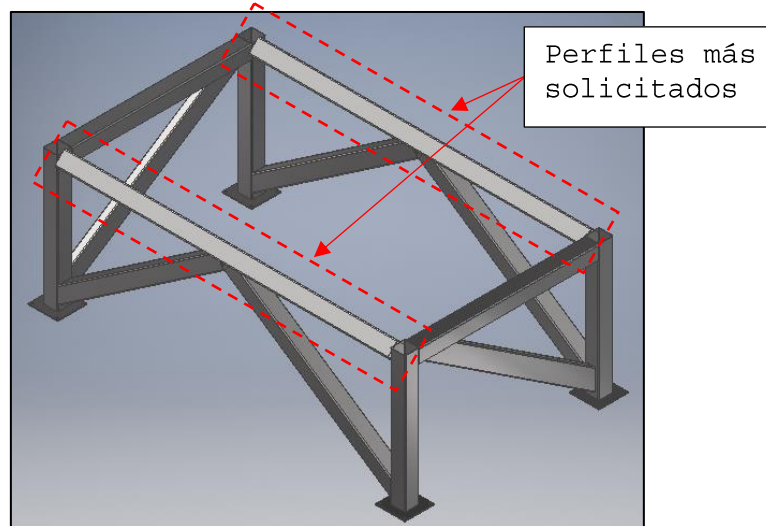
- σ_{fa} : Tensión de fatiga
- KA: factor de modificación de la condición superficial
- KB: factor de modificación del tamaño
- KC: factor de modificación de la carga
- Kf: Coeficiente de concentración de esfuerzo
- N: Coeficiente de seguridad de diseño

Teoría de placas

- c_f : Coeficiente para deformación máxima
- p : Carga uniforme sobre la placa
- a : Ancho de placa
- B : Largo de placa
- t : Espesor de placa
- h : Altura de curvatura de placa

Flexión en estructura

En este estudio se plantea la estructura de caños cuadrados, donde la pieza más crítica resulta ser el caño dispuesto a 45° que soporta al plato inferior. Se plantea usando una sección de 80x80x3,2 (existente en el mercado).



Teniendo en cuenta la posibilidad de un modelo de máquina que trabaje con agua caliente, se obtiene un peso aproximado de todo el plato superior igual a 1000[kg], el cual se distribuye de igual forma en los 2 caños que soportan el plato.

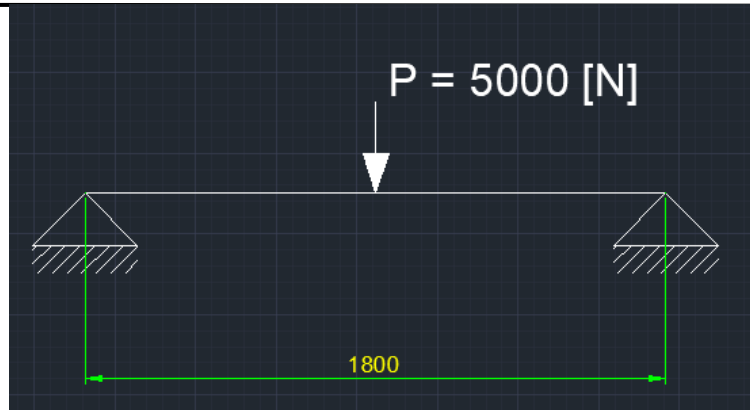
Para detallar un poco más la estimación del cálculo de la fuerza ejercida por el plato superior diremos que, las piezas que conforman dicho componente suman un peso de aproximadamente 200[kg] (detallado en el apartado de cálculo de los cilindros a gas).

A esto debe sumarse la presión ejercida por el vapor en el interior del recipiente, el cual se suministrará a 1,4[bar] = 1,4[kg/cm²] aplicado sobre una superficie de 180[cm²], donde se acomoda la ropa.

Como resultado se obtienen $200[\text{kg}] + (1,4 \times 180)[\text{kg}] \cong 500[\text{kg}]$.

Si consideramos el doble de dicho valor, estaremos cubriendo el peso del plato inferior (aproximadamente 100[kg], sumando cañerías de drenaje) y la posibilidad de utilizar agua como medio de transferencia térmica de algún modelo propuesto a futuro o para prueba hidráulica, donde puede estimarse un volumen interno de 400[m³], equivalentes a 400[kg] de agua, lo que nos da un total de 1000[kg] soportados por la estructura.

El diagrama de cuerpo libre para cada perfil resulta:



La carga P resulta de dividir en 2 el peso total y expresar en unidades de Newton (donde 1[kg]=10[N]). La estructura corresponde a un conformado hiperestático, por lo que, analizar cada viga como un caso simplemente apoyado, resulta ser un cálculo más conservativo. Gracias a esto, se puede adoptar un coeficiente de cálculo de $N = 2$.

Para calcular la resistencia del caño se debe tener en cuenta la tabla que expresa los valores de las reacciones de vínculo, Momento flector máximo en el punto medio de la viga y flecha máxima en dicho punto:

	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$\frac{PL}{4}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{max} = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
--	---------------------------	---	---

Se plantea entonces la tensión para dimensionamiento por flexión (fórmula de Navier), donde como tensión máxima se utiliza la de fluencia, ya que, es el punto límite donde el material comienza a presentar deformaciones plásticas, lo cual justamente se busca evitar:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fluencia}}{N} = \frac{M_{flector}}{W} \rightarrow W = \frac{N \times M_{flector}}{\sigma_{fluencia}} = \frac{2 \times \frac{P \times L}{4}}{\sigma_{fluencia}} = \frac{P \times L}{\sigma_{fluencia} \times 2}$$

Y teniendo en cuenta que $\sigma_{fluencia} = 3867[kg/cm^2]$ (valor obtenido de Faires¹⁵);

$$\rightarrow W = \frac{5000[N] \times \frac{1[kg]}{10[N]} \times 1800[mm] \times \frac{1[cm]}{10[mm]}}{3867[kg/cm^2] \times 2} = 11,64[cm^3]$$

Con el valor de W procedemos a verificar si la sección propuesta resiste la carga aplicada:

¹⁵ Libro de Elementos de Máquinas que contiene valores de propiedades en tablas, de materiales para el diseño AT7 pág. 744 para acero SAE 1010.

<https://skyciv.com/es/free-moment-of-inertia-calculator/>

Observamos que el perfil de 80x80x3,2 verifica de acuerdo a lo solicitado $\rightarrow 24,20 [cm^3] > 11,64 [cm^3] = W$

Cálculo de flecha máxima:

	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$\frac{PL}{4}$	$f_{max} = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$
		$x_0 = \frac{L}{2}$	$x_1 = \frac{L}{2}$

$$f_{m\acute{a}x}(\text{en el punto medio}) = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I_x} = \frac{500[kg] \times 180[cm]^3}{48 \times \left(2,1 \cdot 10^6 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]\right) \times 96,8[cm^4]} \cong 0,3[cm]$$

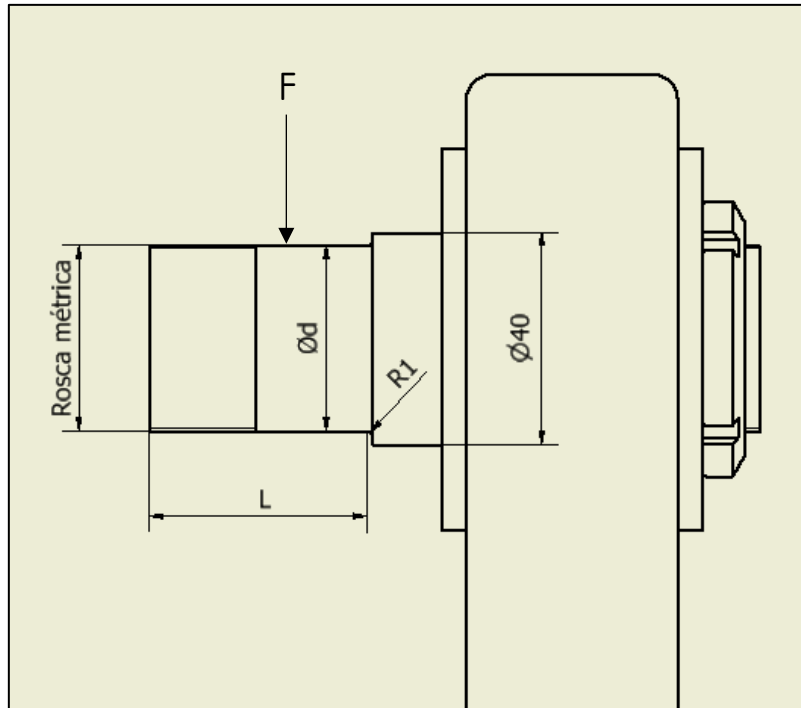
*E: m3dulo de elasticidad del acero y su valor se obtiene de Faired AT7 p3gina 744.

*Ix: momento de inercia resistente de la secci3n, obtenido del calculador web en la imagen anterior.

Dicha deformaci3n, es totalmente admisible y coincide con lo calculado anteriormente, donde expres3bamos que el perfil cuadrado de 80x80x3,2 resiste.

Diámetro eje de bisagra

Se lo considera como un muñón o gorrón, por lo que las cotas de diseño y el diagrama de cuerpo libre resulta:



Teniendo en cuenta un material para el eje SAE 1010 y considerando su estado "estirado en frío" para obtener de tabla AT7 del libro de Faired (página 744), los siguientes datos:

- $\sigma_{rotura} = 4710 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$
- $\sigma_{fluencia} = 3867 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

La fuerza "F" proviene del sistema de apertura y cierre: cuando abre, la fuerza es generada por los cilindros a gas y su sentido es ascendente "↑"; pero al cerrar la fuerza invierte su sentido "↓" y es ejercida por el peso del plato superior.

Esta variación en los grados de giro del rodamiento, permite estimar una sollicitación a la fatiga, por lo cual, las ecuaciones para el cálculo de tensión se expresan en el libro de Shigley 8va edición (a partir de la página 335 en adelante):

- $\sigma_{fat} = 0,5 \times \sigma_{rotura} = 0,5 \times 4710 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] = 2355 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$
- $\sigma_{fatiga} = \sigma_{fat} \times k_a \times k_b \times k_c \times k_d$

Donde los coeficientes resultan ser de un valor (pág. 337 Shigley):

- $k_a = a \times \sigma_{rotura} [kpsi]^b = 2,7 \times 67 [kpsi]^{-0,265} = 0,89$
- $k_c = 1$ (se considera "flexión" pura)

Para el " k_b " obtenido de la página 280, debe tenerse en cuenta que el eje no está girando:

- $k_b = \left(\frac{d_e}{7,62}\right)^{-0,107}$;

Donde en página 282, tabla 6-3 y estimando un diámetro para el eje (que luego se verificará), igual a 35 [mm]:

- $d_e = 0,37 \times d = 0,37 \times 35 [mm] = 12,95 [mm]$
- $\rightarrow k_b = \left(\frac{12,95 [mm]}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,94$

Por último, el coeficiente " k_d ", se obtiene de página 284 al considerar que no se conoce el límite de resistencia a la fatiga, entonces:

- $k_d = 1$

Calculando ahora sí la tensión de fatiga con la ecuación antes descripta se tiene que:

$$\sigma_{fatiga} = 2355 \left[\frac{kg}{cm^2}\right] \times 0,89 \times 0,94 \times 1 \times 1 = 1970,19 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]$$

Ahora debemos aplicar la teoría de Soderberg para determinar el valor del diámetro requerido en el eje. Para ello expresamos la ecuación correspondiente como:

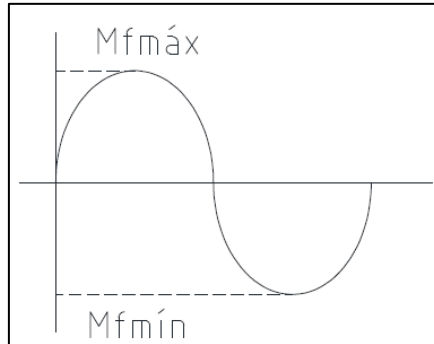
$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{fluencia}} + \frac{\sigma_v \times Kf}{\sigma_{fatiga}}$$

Las tensiones media y variable deben calcularse de la siguiente manera:

- $\sigma_m = \frac{M_{fm}}{W}$
- $\sigma_v = \frac{M_{fv}}{W}$

Definiendo los parámetros " $M_{f\max}$ " y " $M_{f\min}$ " como los esfuerzos de flexión solicitados por el eje; y considerando una fuerza "F" equivalente al empuje del cilindro a gas (calculada en páginas siguientes), con una magnitud de 300 [kgf], se expresa:

- $M_{f\text{máx}} = \frac{F \times L}{2} = \frac{300[\text{kgf}] \times 4,1[\text{cm}]}{2} = 615[\text{kgf} \cdot \text{cm}]$
- $M_{f\text{mín}} = -\frac{F \times L}{2} = -615[\text{kgf} \cdot \text{cm}]$



Respectivamente se expresan los valores máximos y mínimos de tensión por flexión: $\sigma = \frac{M_f}{W}$; $W = \frac{\pi \times d^3}{32}$ (secc. circular) $\rightarrow \sigma = \frac{M_f \times 32}{\pi \times d^3}$

- $\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{f\text{máx}}}{W} = \frac{F \times L \times 32}{2 \times \pi \times d^3} = \frac{615[\text{kgf} \cdot \text{cm}] \times 32}{\pi \times d[\text{cm}]^3} = \frac{6264,34}{d^3} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right]$
- $\sigma_{\text{mín}} = \frac{M_{f\text{mín}}}{W} = -\frac{F \times L \times 32}{2 \times \pi \times d^3} = \frac{615[\text{kgf} \cdot \text{cm}] \times 32}{\pi \times d[\text{cm}]^3} = -\frac{6264,34}{d^3} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right]$

Se proceden a calcular las tensiones medias y variables:

$$\rightarrow \sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}}{2} = 0$$

$$\rightarrow \sigma_v = \frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{2} = \frac{6264,34}{d^3} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

Reemplazamos lo obtenido en la ecuación de Soderberg:

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m(0)}{\sigma_{\text{fluencia}}} + \frac{\sigma_v \times K_f}{\sigma_{\text{fatiga}}} = \frac{\sigma_v \times K_f}{\sigma_{\text{fatiga}}} = \frac{6264,34 \times K_f}{d^3 \times \sigma_{\text{fatiga}}}$$

Y despejando el valor del diámetro del eje, la ecuación quedará:

$$d = \sqrt[3]{\frac{6264,34 \times K_f \times N}{\sigma_{\text{fatiga}}}}$$

El coeficiente "Kf" se define según la sollicitación a fatiga del eje, el cual en este caso se encuentra con una entalla de roscado y un resalto para rodamiento. El coeficiente de sensibilidad a la entalla se obtiene de tabla AF7 del libro de Faired (pág. 752) y su expresión es:

$$q = \frac{K_f - 1}{k_t - 1} = 0,9$$

Para el coeficiente teórico de concentración de esfuerzos " k_t " se recurre al gráfico AF 12 de Faired (pág. 754), donde, con un valor de $\frac{r}{d} = \frac{1[mm]}{35[mm]} = 0,03$; y para las curvas de flexión con $\frac{D}{d} = \frac{40[mm]}{35[mm]} = 1,14$, se obtiene un valor de $k_t = 2,15$.

De esta manera se obtiene:

$$q = \frac{K_f - 1}{k_t - 1} \rightarrow K_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0,9(2,15 - 1) = 2,04$$

Con todos los datos adquiridos, y considerando un factor de seguridad $N = 6$ (el cual es muy conservador para materiales dúctiles), se procede a calcular el diámetro mínimo requerido para el eje:

$$d = \sqrt[3]{\frac{6264,34 \times 2,04 \times 6}{1970,19}} = 3,39[cm]$$

Para utilización de un rodamiento de bolas económico en cuanto a facilidad de obtención se elige un diámetro de $d = 35[mm]$.

Verificación al corte

Si se tuviese en cuenta dicho esfuerzo, sería adecuado utilizar la teoría de esfuerzos combinados, pero considerando el valor tan bajo de la tensión sufrida por el material, directamente se analiza el porcentaje de τ_{fatiga} que representa:

$$\tau_{fatiga} = 0,577 \times \sigma_{fatiga} = 1136,8 \left[\frac{kgf}{cm^2} \right] \text{ (de pág. 307 Faired para Von-Mises)}$$

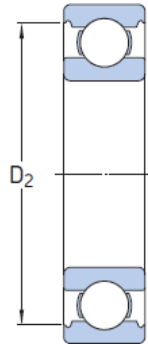
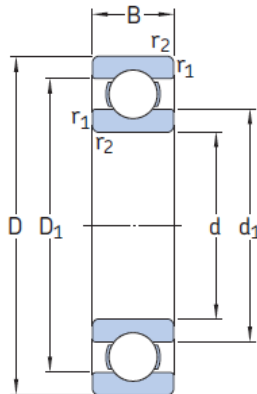
Calculando la sollicitación al corte de la sección del eje:

$$\tau_{corte} = \frac{F}{\pi \times \frac{d^2}{4}} = \frac{300[kgf] \times 4}{\pi \times 3,5[cm]^2} = 31,18 \left[\frac{kgf}{cm^2} \right] \rightarrow \tau_{corte} \cong 3\% \text{ de } \tau_{fatiga}$$

Por lo tanto se desestima el cálculo por esfuerzos combinados por baja influencia en sollicitación al corte.

Rodamiento bisagra

Con el diseño de eje, se asigna un tamaño de rodamiento según el criterio de selección del manual de SKF serie 10000_2-ES:



Comprobación de la capacidad de carga estática

Para los rodamientos cargados dinámicamente, cuando se conoce la carga estática equivalente del rodamiento P_0 , se recomienda comprobar que la capacidad de carga estática sea la adecuada usando lo siguiente:

$$s_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

Si el valor s_0 obtenido es menor que el valor orientativo recomendado (→ tabla 11), se deberá seleccionar un rodamiento con una mayor capacidad de carga estática básica.

Tabla 11

Valores orientativos para el factor de seguridad estática s_0

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios Requisitos de rendimiento (p. ej., funcionamiento silencioso o funcionamiento sin vibraciones) sin importancia					Rodamientos fijos		
	normal		sup.					
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque pronunciadas ¹⁾	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula, se recomienda utilizar $s_0 \geq 4$.

¹⁾ Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque, deben utilizarse valores de s_0 por lo menos iguales a los arriba mencionados. Si se conoce la magnitud de las cargas de choque, se pueden aplicar valores de s_0 menores.

Para nuestro caso, P_0 es igual a F , debido a que el rodamiento soporta carga radial pura. Entonces calculamos el valor de C_0 (capacidad de carga estática básica) y con él, seleccionamos el rodamiento:

$$C_0 = s_0 \cdot P_0 = 0,5 \cdot 3[kN] = 1,5[kN]$$

* s_0 se considera para tipo de funcionamiento "normal" y "rodamiento de bolas". En esta aplicación, el rodamiento no alcanza a dar una vuelta completa.

* P_0 se expresa en kilo Newton [kN], debido a que las tablas de rodamientos expresan el valor de C_0 en esa unidad.

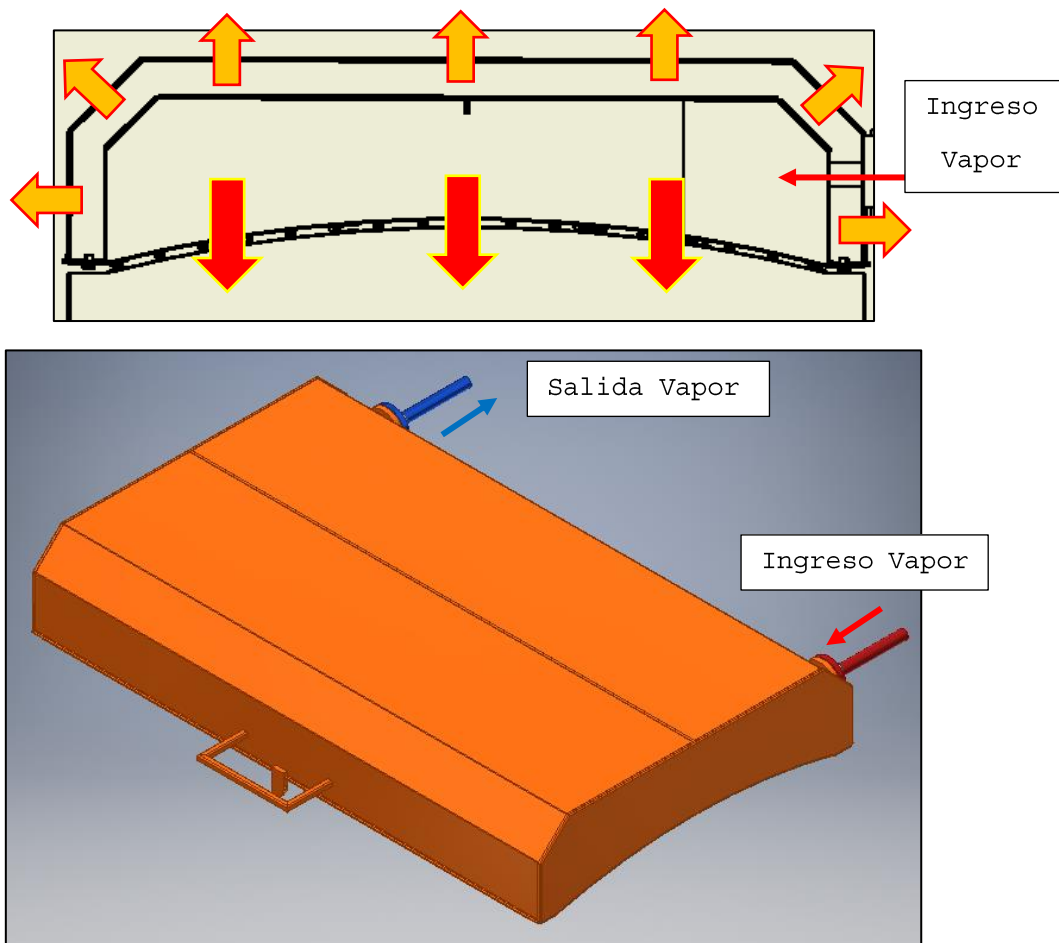
Entonces, de la página 330 del manual, para diámetro de ejes entre 25-35 [mm] :

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,06	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	* 6005
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,4	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	6405
	28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,17
68		18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,3	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,025	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,049	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,089	* 16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	* 6006
	62	16	20,3	11,2	0,475	24 000	15 000	0,2	* 6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,18	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	* 6306
	72	19	32,5	17,3	0,735	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1	18 000	11 000	0,75	6406
	35	47	7	4,36	3,35	0,14	30 000	18 000	0,029
55		10	10,8	7,8	0,325	26 000	16 000	0,08	61907
62		9	13	8,15	0,375	24 000	15 000	0,11	* 16007
62		14	16,8	10,2	0,44	24 000	15 000	0,15	* 6007
72		17	27	15,3	0,655	20 000	13 000	0,29	* 6207
72		17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,26	6207 ETN9
80		21	35,1	19	0,815	19 000	12 000	0,46	* 6307
100		25	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,97	6407

El rodamiento utilizado resulta ser el 6007, para $\varnothing 35$ [mm]. Se observa que $C_0=10,2$ [kN] y los cálculos requerían un valor de $1,5$ [kN], por lo tanto, resulta efectiva su selección.

Potencia energía térmica

Se expresa el volumen de control para identificar entradas y salidas de energía, donde las flechas grandes indican el flujo de calor para secado de indumentarias y las pequeñas el calor cedido al ambiente como pérdidas por aislación térmica:



Consumo de vapor y tiempo de secado

Para poder cuantificar la capacidad de indumentarias a secar, se realizó un posicionamiento de prendas variadas y se llegó a un aproximado de:

- 2 pantalones largos
- 3 pares de medias largas
- 4 boxers
- 1 remera o buzo

En peso de ropa serían 3 [kg], los cuales se pesaron luego de salir del proceso de lavado y su peso húmedo era de 4,5 [kg]. Con lo cual

se estima una cantidad de agua a evaporar en el proceso de secado de 2 [kg] para tener un margen de seguridad.

Los cálculos térmicos del secado, teniendo en cuenta una temperatura inicial de las prendas de 20 [°C] y una entalpía de vaporización de 2258 [kJ/kg] a presión atmosférica, expresan el calor necesario como:

$$Q_1 = \text{Cantidad de agua}[\text{kg}] \times C_p \text{ agua} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right] \times \Delta t [^\circ\text{C}]$$

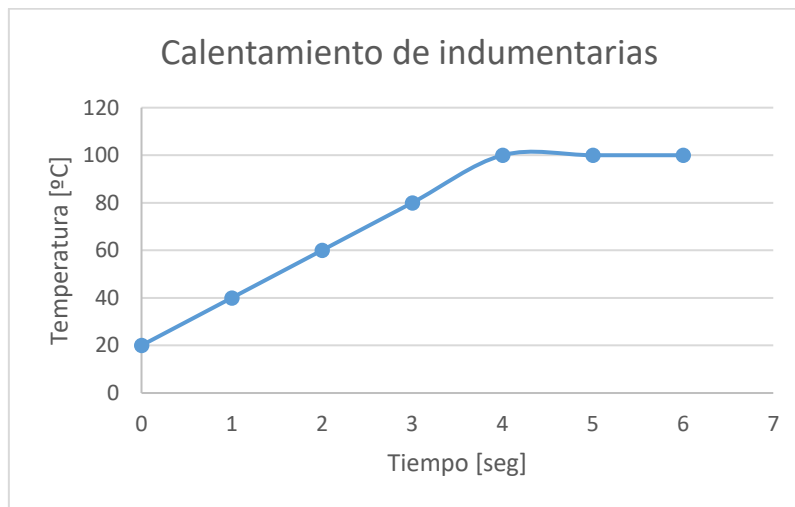
$$\rightarrow Q_1 = 2[\text{kg}] \times 4,18 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right] \times (100 - 20)[^\circ\text{C}] = 669[\text{kJ}]$$

$$Q_2 = \text{Cantidad de agua}[\text{kg}] \times \Delta h \text{ vaporización} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\rightarrow Q_2 = 2[\text{kg}] \times 2258 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = 4516[\text{kJ}]$$

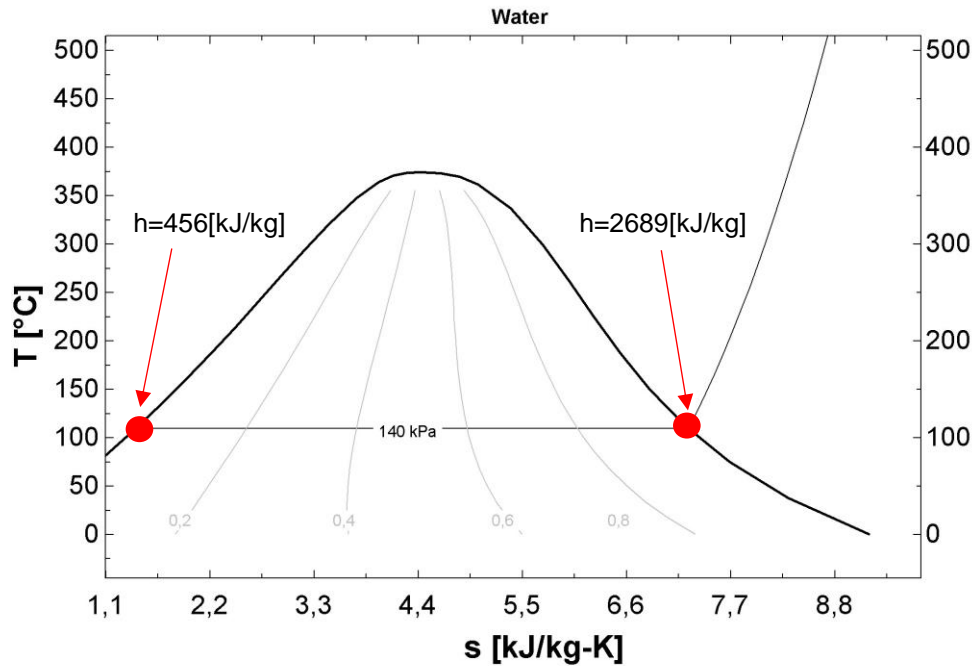
Lo que da un calor total de:

$$Q_1 + Q_2 = 669[\text{kJ}] + 4516[\text{kJ}] \cong 5200[\text{kJ}]$$



En función de las dimensiones tomadas en el pre-diseño, se optó por la mejor opción del vapor como fluido:

- Vapor saturado a 109 [°C] y una presión de 1,4 [bar]



Calculando los consumos y tiempos de proceso, se obtiene:

Fluido	Velocidad [m/s]	Diámetro cañería [mm]	Caudal [m3/s]	Presión [kg/cm2]	Temperatura IN [°C]
Vapor saturado	15	26,6	0,0083	1,4	109

La velocidad considerada resulta ser aconsejada por Spirax Sarco como económica para el diseño de cañerías de vapor.

Fluido	Entalpía IN [kJ/kg]	Temperatura OUT [°C]	Entalpía OUT [kJ/kg]	Densidad [kg/m3]	Fluido a condensar [kg]
Vapor saturado	2689	109	455,62	0,8	2,3

El fluido a condensar resulta ser la relación entre el calor total necesario para evaporar la humedad de la ropa y el salto entálpico del vapor saturado a líquido: $5200[kJ]/(2689 - 455,62) \left[\frac{kJ}{kg} \right] = 2,3[kg \text{ de vapor}]$

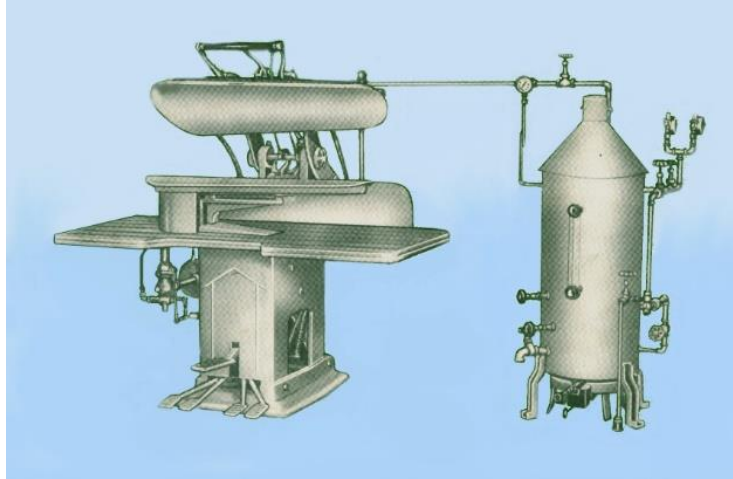
Fluido	Tiempo de trabajo [s]
Vapor saturado	348,12

Calculado como:

$$\frac{\text{Fluido a condensar}}{\text{Caudal}_{\text{vapor}} \times \text{Densidad}_{\text{vapor a } 109^{\circ}\text{C}}}$$

De aquí cabe destacar que la maquinaria será aplicada a locales comerciales tales como ser lavanderías y tintorerías (con lavadoras de no más de 10[kg] de capacidad de indumentaria), donde éstas últimas

es más frecuente encontrar que posean una caldera de vapor para abastecer a planchas como la ilustrada en la figura siguiente:

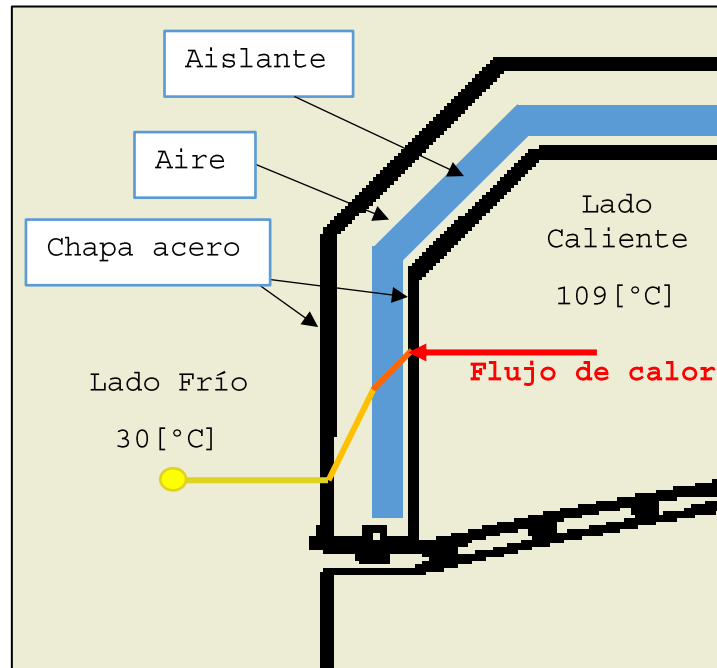


Dado que el consumo de vapor rondaría los 24 [kg/h], dichos generadores podrían suplir la demanda sin problemas ya que son de aproximadamente 90 [kg/h].

En caso de que el comercio no cuente con una, pero sí disponga de servicios de gas natural, se recomendará al cliente la compra de una caldera vertical de unos 40-50 [kg/h] y una presión de trabajo de entre 5-10 [bar].¹⁶

¹⁶ <https://www.calderasvapor.com/productos/>

Aislación térmica



Calculando ahora las pérdidas de calor por aislación:

Conductividad térmica lana [W/mK]	Espesor aislante [mm]	Espesor cámara de Aire [mm]	Temperatura interna [°C]
0,04	25	25	109
Temperatura ambiente [°C]	Calor perdido por área [W/m ²]	Superficie al ambiente [m ²]	Pérdida TOTAL [W]
30	56,08	3,2	179

Lo cual expresa, para el caso del vapor, que las pérdidas son en el orden del 1,2%. Decimos entonces que la aislación seleccionada verifica.

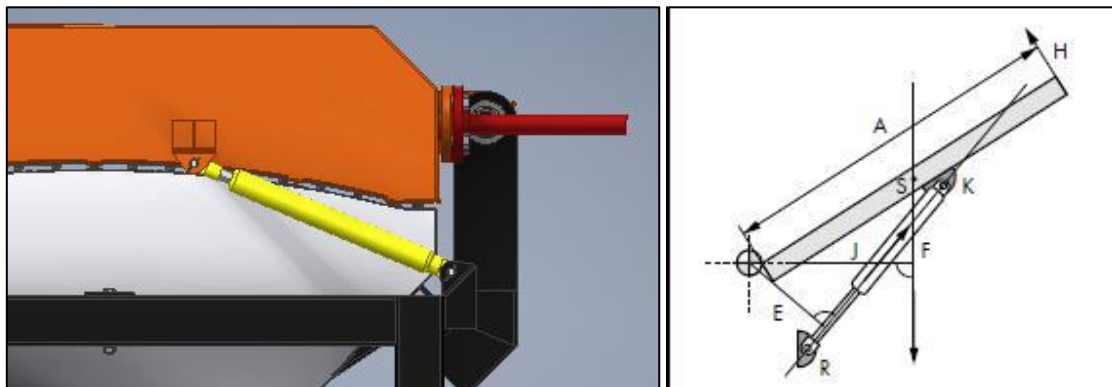
Fuerza y selección de cilindro a gas

Se procede a calcular la fuerza de empuje necesaria por cada cilindro a gas para abrir la prensa, ya que el peso del agua en el interior de la tapa no ha de tenerse en cuenta:

NOMBRE	VOLÚMEN [m3]	PESO [kg]
Tapa plancha superior	0,004	31,44
Aislante tapa superior	0,074	2,22
Chapa interior tapa superior	0,008	62,88
Chapa exterior tapa superior	0,009	70,74
Deflectores	0,0025482	20,02911
Bisagra superior plancha superior	0,000164	1,28904
	TOTAL	187,3091

MATERIAL	DENSIDAD [kg/m3]
Acero	7860
Aislante (lana de vidrio)	30

Considerando la disposición del cilindro como muestra la figura:



Tomando como referencia de cálculo el procedimiento gradual que propone la marca de pistones a gas DICTATOR¹⁷, se obtienen las posiciones de montaje, carrera, fuerza y longitud comprimida de cada componente.

DISPOSICIÓN DERECHA (Dictator)						
Distancia de CG tapa a eje [mm]	Brazo de cilindros [mm]	Fuerza mínima cilindros [kgf]	Brazo de manija [mm]	Fuerza humana [kgf]	Ángulo cilindro	Ángulo tapa
655	286,75	470	1200	-1,100	23	0

Distancia de CG tapa a eje [mm]	Brazo de cilindros [mm]	Fuerza cilindros [kgf]	Brazo de manija [mm]	Fuerza humana [kgf]	Ángulo cilindro	Ángulo tapa
655	275,9	519	1200	-0,980	32	10

Distancia de CG tapa a eje [mm]	Brazo de cilindros [mm]	Fuerza cilindros [kgf]	Brazo de manija [mm]	Fuerza humana [kgf]	Ángulo cilindro	Ángulo tapa
655	259,47	585	1200	-0,828	40	20

Distancia de CG tapa a eje [mm]	Brazo de cilindros [mm]	Fuerza cilindros [kgf]	Brazo de manija [mm]	Fuerza humana [kgf]	Ángulo cilindro	Ángulo tapa
655	240,93	652	1200	-0,685	47	30

Distancia de CG tapa a eje [mm]	Brazo de cilindros [mm]	Fuerza máxima cilindros [kgf]	Brazo de manija [mm]	Fuerza humana [kgf]	Ángulo cilindro	Ángulo tapa
655	218,66	736	1200	-0,536	54	40

¹⁷ Consultar anexo A-IV

Longitud extendida [mm]	Carrera [mm]	Fuerza de cada cilindro [kgf]	Longitud comprimida [mm]	Fuerza humana cierre [kgf]	Diámetro Vástago [mm]	Diámetro Cilindro [mm]
800	350	277	450	0,54	20	40

Teniendo en cuenta que la fuerza que puede aplicar una persona ronda los 15-25 [kgf], decimos que es posible realizar la maniobra para el usuario sin necesidad de un mecanismo.

Para reducir el diámetro del vástago se colocarían 2 o 3 en tándem.

Junta atornillada en recipiente a presiónTeoría de ciclos para fatiga

La tapa presurizada, debe fabricarse en dos piezas unidas por tornillos para poder pintarse por separado con un recubrimiento que aporte resistencia a la corrosión. Es necesario determinar, previo a dicho cálculo, si se está en presencia de fatiga. Para ello se estiman los tiempos de proceso de la máquina y se traduce a ciclos para una vida útil pretendida:

$$\text{Número de ciclos} = \text{Ciclado de proceso} \times \text{Vida útil pretendida}$$

- Tiempo de llenado y vaciado = $2 \cdot (0,27 [\text{m}^3] / 0,008 [\text{m}^3/\text{s}]) / 60 [\text{s}/\text{min}] = 1,12 [\text{min}]$
- Tiempo secado ropa = $348,12 [\text{s}] \cdot 2 (\text{factor transitorio}) / 60 [\text{s}/\text{min}] = 11,60 [\text{min}]$
- Tiempo humano de carga y descarga = $2,28 [\text{min}]$
- TOTAL = $15 [\text{min}]$

$$\text{Ciclo de proceso por hora} = n = 4 \left[\frac{\text{ciclos}}{\text{hs}} \right]$$

Suponiendo un ciclo de trabajo de 24 horas:

$$\text{Ciclo diario} = 4 \left[\frac{\text{ciclos}}{\text{hs}} \right] \times 24 [\text{hs}] = 96 \left[\frac{\text{ciclos}}{\text{día}} \right]$$

Estimando una vida útil de 20 años:

$$\text{Vida útil pretendida} = 365 \left[\frac{\text{días}}{\text{año}} \right] \times 20 [\text{años}] = 7300 [\text{días}]$$

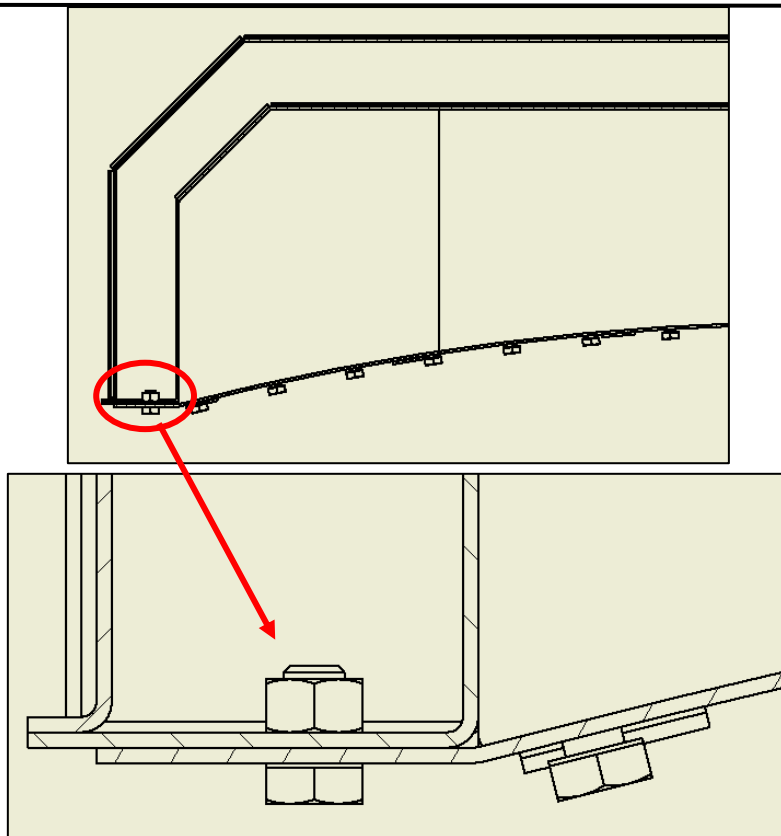
$$\rightarrow \text{Número de ciclos} = 96 \left[\frac{\text{ciclos}}{\text{día}} \right] \times 7300 [\text{días}] = 1051200 [\text{ciclos}] = 1,05 \cdot 10^6 [\text{ciclos}]$$

Ya que Faieres considera fatiga para un ciclado indefinidamente grande y $> 1 \cdot 10^6$ ciclos, decimos que estamos en presencia de dicho fenómeno y corresponde aplicar el método de cálculo correspondiente que se desarrolla a continuación.

Diámetro de tornillos

Se adoptó un diámetro de tornillo y según el criterio de Soderberg, se obtuvo un coeficiente de seguridad el cual debe ser mayor o igual a la relación entre la tensión de fluencia dada por Faieres (7381 $[\text{kg}/\text{cm}^2]$ para tornillo de material SAE 4130) y la estimada por ASME (5252 $[\text{kg}/\text{cm}^2]$ para tornillo material SA-193 clase B7), lo cual nos da un valor de 1,4.

La unión atornillada se plantea de la siguiente manera:



Se toma una aproximación de que el diámetro equivalente de las placas comprimidas resulta igual al doble del diámetro del perno. Esto se debe a que si se realiza el cálculo según Faired en su página 217 de la cuarta edición:

$$A_c = \frac{\pi D e^2}{4} - \frac{\pi D^2}{4} \quad A_b = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

D = diámetro del perno (se supone un valor de 0,7938 [cm])

$$D_e = (\text{dimensión A de AT14}) + \frac{(\text{espesor total de placas unidas})}{2}$$

$$D_e = 1,27[\text{cm}] + \frac{0,4[\text{cm}]}{2} = 1,5[\text{cm}] \rightarrow A_c = 3A_b$$

Diámetro supuesto [cm]	Presión de trabajo [bar]	Área recipiente [cm ²]	N° de tornillos
0,7938	1,4	18000	100
Fe [kgf]	Fe' [kgf]	De	De/D
252,00	604,80	1,5	1,85

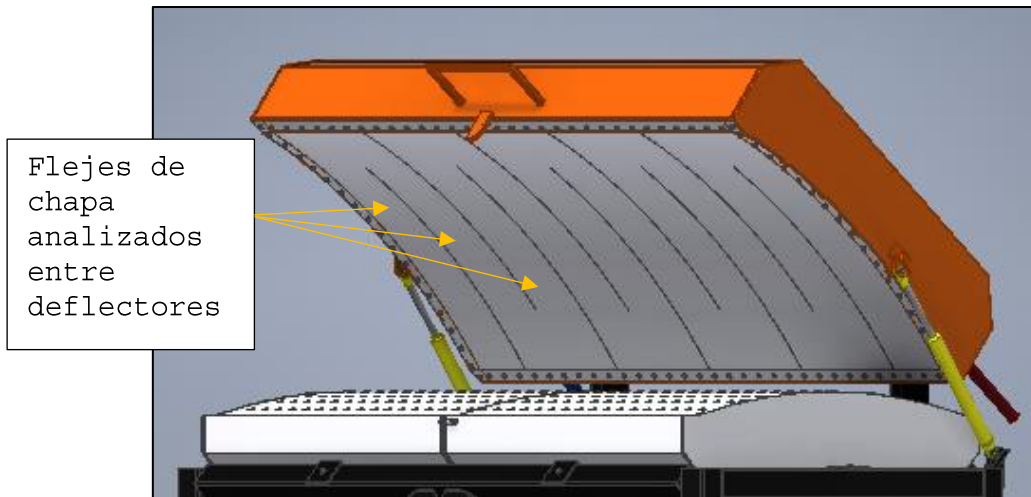
$k_c / (k_b + k_c)$	$k_b / (k_b + k_c)$	Fi [kgf]	ΔF_b [kgf]	Área de esfuerzo As [cm ²]	σ_m [kg/cm ²]	σ_v [kg/cm ²]
0,75	0,25	453,60	63,00	0,3381	1434,78	93,17

Material tornillo	σ_{fl} [kg/cm ²]	σ_r [kg/cm ²]	KA
SAE 4130	7381	8577	0,76
KB	KC	σ_{fa} [kg/cm ²]	kf
1	0,85	2770,37	3

De esta manera, por la ecuación de Soderberg: $\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{fl}} + \frac{\sigma_v \cdot K_f}{\sigma_{fa}}$ el coeficiente de seguridad "N" resulta ser de 3,4.

Teoría de placas

También es necesario considerar los esfuerzos sufridos por la chapa utilizada para la transferencia de calor por conducción en contacto con la ropa, ya que ésta soporta el peso del fluido térmico que intentará abollarla debido a su peso hidrostático y a la presión interna del recipiente.



Para ello es necesario aplicar la teoría de placas planas desarrollada por los autores Timoshenko (tomo 2) y Belluzzi (tomo 3).

Como los coeficientes definidos por ambos autores son prácticamente similares, se expresará el cálculo según Belluzzi para una placa rectangular empotrada en su contorno y sometida a una presión uniformemente distribuida igual a la recomendada para prueba hidráulica de recipientes sometidos a presión.

Se procede entonces a calcular la flecha máxima sufrida en el centro:

$$f_{m\acute{a}x} = c_f \frac{p \times a^4}{B}$$

EMPOTRADA	b [cm]	a [cm]	b/a	Cf	t [cm]	h [cm]	P [kg/cm ²]
	100	17,4	5,75	0,0026	0,2	6,6	2,8

CURVA	SIMPLE
f _{máx} [cm]	f _{máx} [cm]
0,0066	0,4338

Puede apreciarse que el momento de inercia de la sección que está incluido en "B" para placas simples sólo depende del espesor de la chapa "t", pero si la placa se curva una altura "h" para contrarrestar

la abolladura, el momento de inercia de la sección transversal cambia y con ello la flecha disminuye notoriamente.

Cabe destacar que este cálculo correspondería a considerar que la placa posee como apoyo de contorno placas separadas entre sí tal como se veía en el serpenteado de la figura anterior.

Recipiente a presión cálculo por ASME

Utilizando el cálculo según la normativa ASME (método más comúnmente utilizado en la actualidad), verificamos el espesor mínimo necesario que resista tal presión. Para ello calculamos el perímetro de la sección y suponemos un diámetro equivalente para luego aplicar la ecuación vista antes:

ASME	Base mayor [cm]	Base menor [cm]	chaflán [cm]	lateral [cm]	Diámetro eq. [cm]
	104,7	85,7	10	15	76,5

$$e = \frac{p \cdot D}{2 \cdot S \cdot k} = \frac{2,8 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \cdot 76,5 [cm]}{2.1200 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \cdot 1,67} = 0,0534 [cm]$$

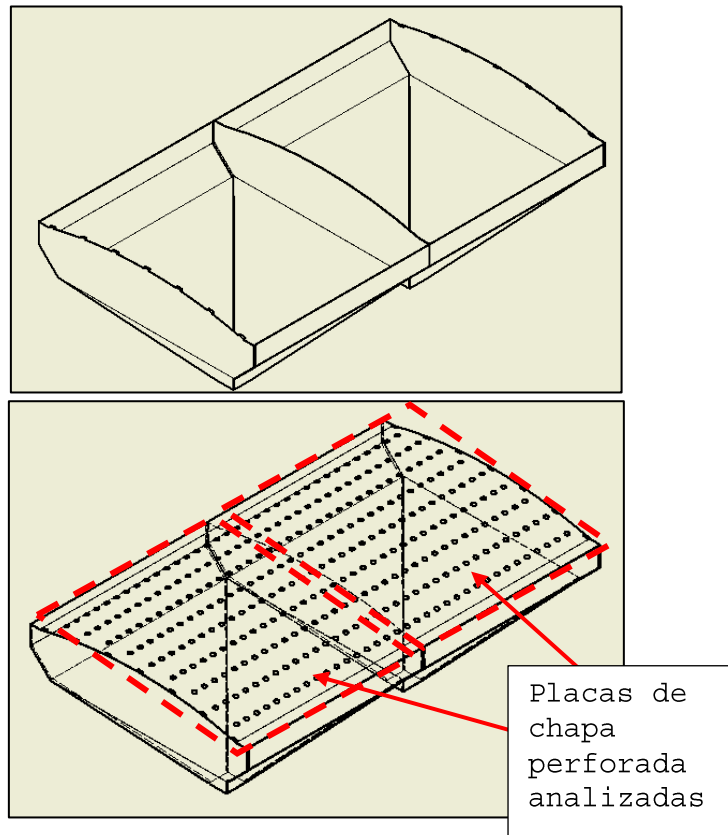
e: espesor de chapa

p: presión interna

S: tensión admisible para recipiente sometido a presión

k: coeficiente por soldadura

Para la placa inferior perforada debemos considerar el contorno de apoyo según la siguiente disposición:



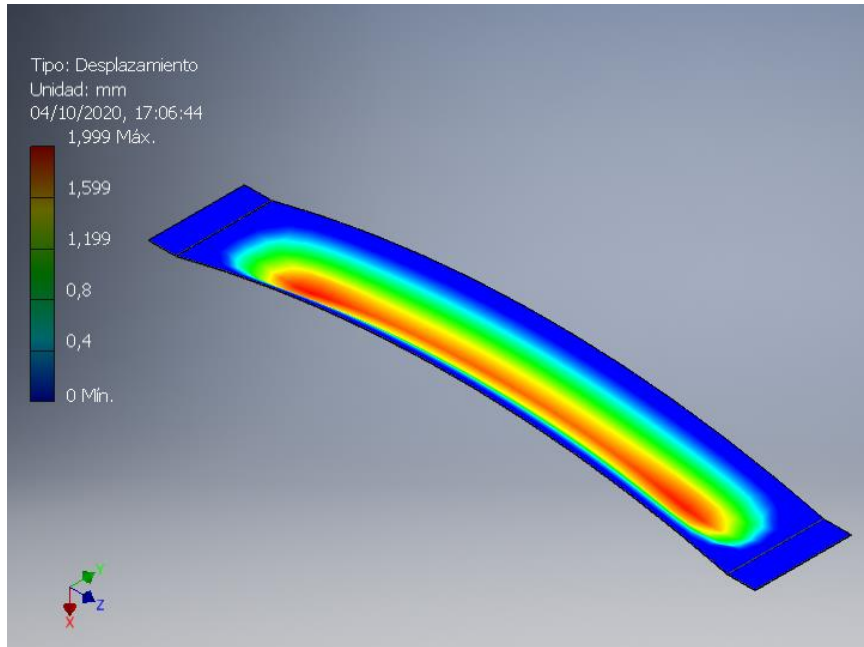
En este caso el cálculo abollamiento se realizará considerando la presión de trabajo y suponiendo el espesor de la chapa inferior más la superior, para tener en cuenta que ésta última no sufría deformación permisible y que resistía sola todo el esfuerzo.

EMPOTRADA	b [cm]	a [cm]	b/a	Cf	t [cm]	h [cm]	p [kg/cm ²]
	100	100	1,00	0,00126	0,4	6,6	1,4

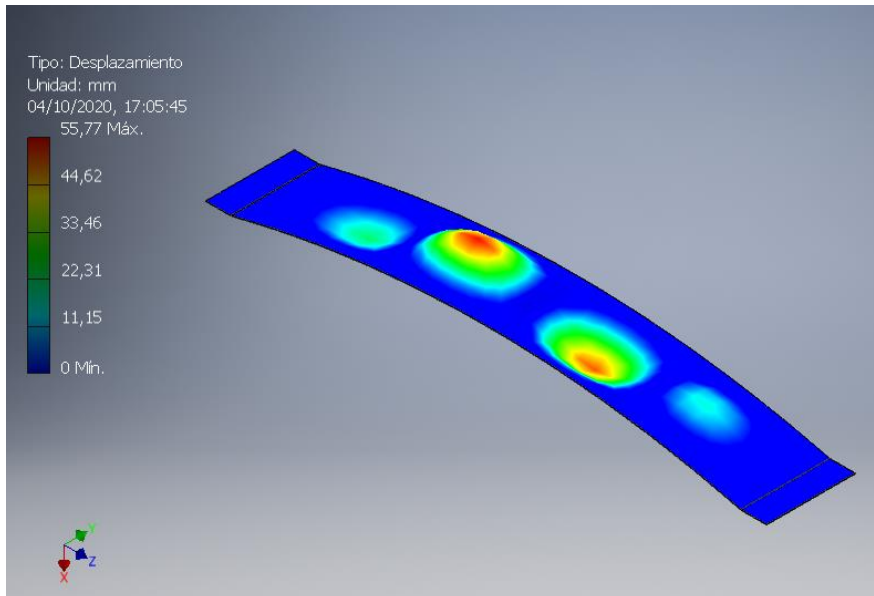
CURVA	SIMPLE
f _{máx} [cm]	f _{máx} [cm]
0,4343	14,3325

Por último, complementamos el cálculo analítico con elementos finitos a través de un análisis estático y uno modal que expresa el comportamiento natural de la chapa para 110 Hz de frecuencia.

Análisis Estático



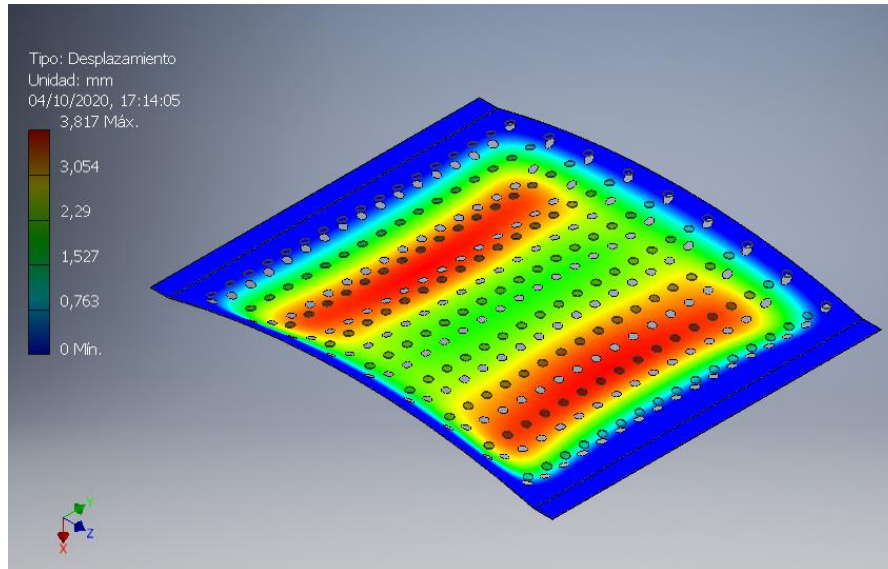
Análisis Modal



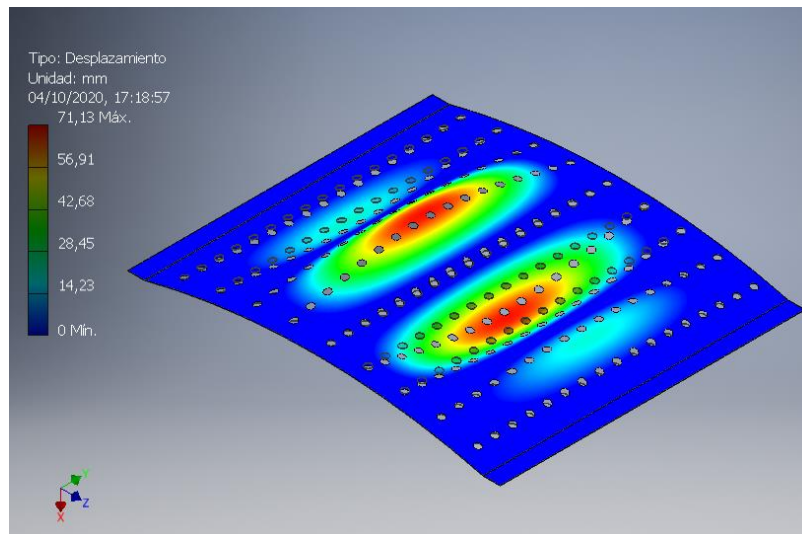
Puede apreciarse una diferencia entre el cálculo analítico y el computacional ya que este último combina esfuerzos de un modo completo y definido por intervalos pequeños. Aun así, las deformaciones son admisibles.

Para el caso de la placa inferior, los resultados computacionales resultan muy similares.

Análisis Estático



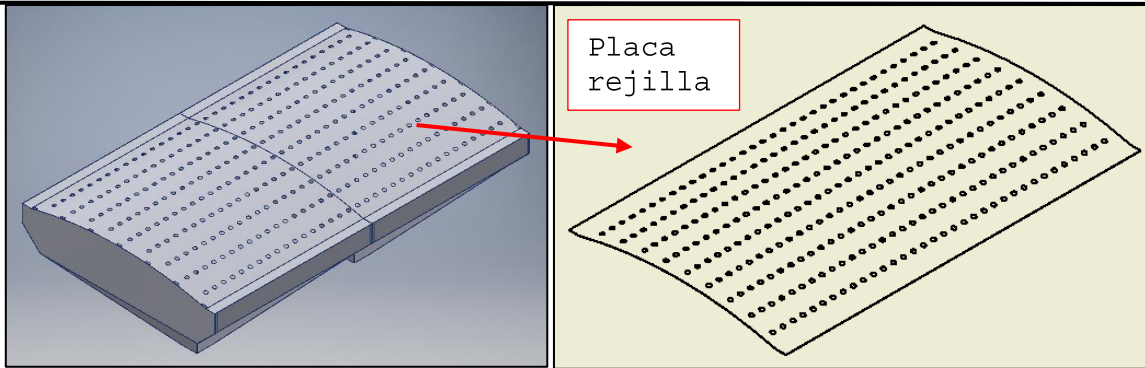
Análisis Modal



Se consideró un espesor de chapa de 2 [mm] y presión hidráulica, por lo que se estima que para este caso los resultados son muy conservadores debido a que el tamaño de la placa permite más ondulaciones que los cálculos analíticos.

Esto no ocurría en la placa plana y peor aún la deformación del análisis modal suponía más ondulaciones que el estático. Por ello se supone que para dimensiones pequeñas de chapa el software Inventor presenta discrepancias para las cuales deben tenerse en cuenta los resultados analíticos.

Rejilla en placa del plato inferior



Respecto a las perforaciones realizadas en la chapa inferior, se consideró un diámetro de 20 [mm] y separaciones que asegure una cobertura importante para cualquier tipo de indumentaria que se desee secar, puesto que si se tuviera en cuenta un cálculo de desagote del agua escurrida en el proceso de secado, la separación sería tan grande que prendas pequeñas podrían no apoyarse sobre agujeros, produciéndose así un estancamiento del agua condensada en esa zona.

Por todo esto, sólo se procede a verificar que la vestimenta no resulte punzonada por el prensado, dañándose la tela.

Para ello se obtuvo un valor estimado del límite de fluencia para las mismas, el cual ronda aproximadamente los 40 [Mpa] = 408 [kg/cm²].¹⁸

Con este dato y conociendo el número de agujeros para distribuir el peso de la tapa, se calcula el espesor mínimo de tela permitido (tener en cuenta que en la práctica la indumentaria puede llegar a medir 2,5 [cm] sumando 1 [cm] de goma espuma utilizado para evitar el contacto directo con la chapa).

- $Fuerza\ por\ agujero = \frac{Peso\ de\ chapa + (Presión\ vapor \times Área\ chapa)}{número\ de\ agujeros}$
- $Tensión\ de\ corte = 0,6 \times Tensión\ de\ fluencia\ textil = \frac{Fuerza\ por\ agujero}{Área\ de\ corte}$
- $Área\ de\ corte = \pi \times Diámetro\ de\ agujero \times Espesor\ de\ tela$

Fluencia textil [kg/cm ²]	Diámetro agujeros [cm]	Nº agujeros	Espesor mínimo [cm]
408	2	306	0,00040332

“De esta manera queda verificado que la tela no sufrirá daños en el prensado.”

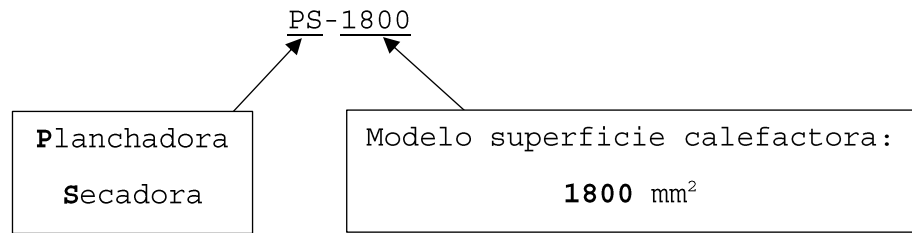
A-III

Planimetría.

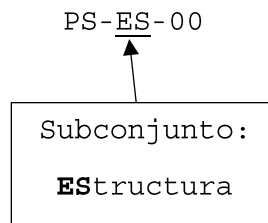
La codificación de los planos respeta la siguiente configuración:

¹⁸ <https://www.instron.es/es-es/testing-solutions/by-test-type/tension/astm-d5035>

- El plano de conjunto lleva inscripto el nombre de modelo:



- Los planos de subconjunto se identifican por iniciar con las iniciales "PS" que indican la máquina de referencia, seguido de las letras que indican el subconjunto del que se trata y por último se diferencian de sus planos de pieza respectiva por el número "00" en su final. Por ejemplo, el plano de la estructura se codifica de la siguiente manera:



- Así mismo, los planos de piezas se identifican con su plano de subconjunto, siendo sus primeros dos indicadores separados por guiones medios, iguales a los de éste y en función del orden de plano aumenta de forma creciente la numeración al final del código. Por ejemplo, para piezas de la estructura:

PS-ES-01 -----(Placa de amurado)
PS-ES-02 -----(Reticulado)

A-IV

Catálogo de cilindros a gas DICTATOR.

A-V

Catálogo tubos y accesorios acero inoxidable.

A-VI

Catálogo de caños flexibles de acero inoxidable

A-VII

Electroválvula Jefferson

A-VIII

Trampa de vapor FT 14 Spirax Sarco