

**DISEÑO DE UNA PRENSA HIDRÁULICA CALORÍFICA TIPO H PARA
LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS APARTIR DE
BOTELLAS PET RECICLADAS**

Autores:

Jesús Andrés Rojo González

Iván Darío Gómez Gómez

Alex Norberto García Hoyos

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2023**

**DISEÑO DE UNA PRENSA HIDRÁULICA CALORÍFICA TIPO H PARA
LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS APARTIR DE
BOTELLAS PET RECICLADAS**

Autores:

Jesús Andrés Rojo González

Iván Darío Gómez Gómez

Alex Norberto García Hoyos

Trabajo de para optar al título de tecnólogo en mecánica industrial

Asesora:

Lorena Cardona

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2023**

RESUMEN

DISEÑO DE UNA PRENSA HIDRÁULICA CALORÍFICA TIPO H PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS APARTIR DE BOTELLAS PET RECICLADAS

Autores:

Jesús Andrés Rojo González

Iván Darío Gómez

Alex Norberto García Hoyos

En el siguiente documento usted encontrará el diseño detallado de una prensa hidráulica calorífica tipo H diseñada para la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de botellas PET de colores recicladas, las cuales no pueden ser reutilizadas en la industria alimentaria debido a los tintes o químicos utilizados para darle el color (rojo, verde, azul, entre otros).

Esta prensa hidráulica otorga una mejor disposición final a estos tipo de botellas PET, las cuales terminan en ríos, afluentes de agua o en zonas no adecuadas contaminando visualmente el paisaje. Además, esta prensa permite fabricar ladrillos ecológicos los cuales pueden ser utilizados en viviendas de interés social otorgándole cualidades de sismo-resistencia y reduciendo los costos de fabricación, permitiendo la construcción de mayor número de estas.

Palabras clave: Prensa hidráulica, reciclaje de botellas PET, impacto ambiental, ladrillos ecológicos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2 Formulación	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1 Plásticos.....	16
4.1 Clasificación de los polímeros	17
4.1.1 Polímeros termoplásticos:.....	17
4.1.2 Resinas Termoestables:	17
4.2 Proceso de fabricación de piezas.....	19
4.2.1 Moldeo por compresión.....	20
4.3 Tipos de prensas hidráulicas	20
4.3.1 Prensas Mecánicas.....	21
4.3.2 Prensas Hidráulicas.....	22
4.3.3 Tipo de prensa hidráulica a diseñar.....	22
4.4 Resistencia eléctricas.....	23
4.4.1 Material de fabricación.....	23
5. METODOLOGÍA.....	25
6. RESULTADOS.....	26
6.1 Fabricación de ladrillos a partir de plástico reciclado.....	26
6.2 Parámetros de funcionamiento de la prensa hidráulica calorífica tipo H.....	28
6.1.1 Calentamiento del material PET.....	29
6.1.2 Dimensiones de la prensa hidráulica a diseñar	29
6.1.3 Otras consideraciones para el diseño de la prensa.....	30
7. SELECCIÓN Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE LA PRENSA HIDRÁULICA TIPO H.....	30
7.1 Mesa de trabajo	31

7.2 Vigas verticales	34
7.3 Pasador	36
7.4 Diseño del sistema hidráulico y Selección componentes.....	38
7.5 Selección de la resistencia calorífica del molde.....	42
8. PLANOS DE LA PRENSA HIDRÁULICA TIPO H	44
9. CONCLUSIONES	46
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	47
11. ANEXOS	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Playas contaminadas por botellas PET.....	12
Figura 2. Proceso de reciclaje de botellas PET.....	12
Figura 3. Afluentes del río Medellín.....	13
Figura 4. Residuos de contaminación del Embalse de Porce II.....	13
Figura 5. Tipos de plásticos.....	16
Figura 6. Código de identificación de la resina PET.....	18
Figura 7. Moldeo por compresión.....	20
Figura 8. Prensa hidráulica convencional tipo H.....	21
Figura 9. Prensa mecánica.....	21
Figura 10. Tipo de resistencia caloríficas.....	23
Figura 11. Resistencia para moldes de inyección de plástico.....	24
Figura 12. Ladrillos fabricados a partir de cemento portland y botellas PET recicladas.....	26
Figura 13. Proceso de construcción de viviendas con ladrillos fabricados de una mezcla de plástico y cemento portland: a) Unión con cemento; b) Casa terminada.....	27
Figura 14. Proceso de triturado de botellas PET para la obtención de pellet.....	27
Figura 15. Dimensiones y geometrías de ladrillos estándar en mm.....	28
Figura 16. Modelo de prensa a diseñar.....	30
Figura 17. Interfaz del programa AUTODESK INVENTOR utilizado para el análisis de fuerza y esfuerzos.....	31
Figura 18. Mesa o puesto de trabajo que soportara el molde para el ladrillo.....	32
Figura 19. Mesa de trabajo: a) Puntos blanco secciones tomadas como fijas; b) Fuerza aplicada en todo el centro de 30 kN.....	32
Figura 20. Análisis de esfuerzos realizado a la mesa de trabajo.....	33
Figura 21. Deformación de la Mesa de trabajo en el eje Y.....	34
Figura 22. Lámina vertical utilizada como columna en la estructura de la prensa hidráulica.....	34
Figura 23. Tipo de mallado realizado a la lámina vertical utilizadas como soporte de la estructura de la prensa.....	35
Figura 24. Análisis de esfuerzos a carga estática efectuado sobre la lámina.....	35
Figura 25. Análisis de deformación realizado a la lámina de acero vertical.....	36

Figura 26. Cargas aplicadas al pasador para generar el esfuerzo cortante.....	37
Figura 27. Análisis de esfuerzos realizado al pasador.	37
Figura 28. Diagrama Hidráulico de la prensa hidráulica tipo H.	39
Figura 29. Cilindro hidráulico doble efecto.	40
Figura 30. Molde en aluminio para la fabricación de ladrillos ecológicos.	42
Figura 31. Resistencias plana para moldes.	42
Figura 32. Isométrico prensa hidráulica diseñada para la fabricación de ladrillos ecológicos.	44
Figura 33. Vista frontal y lateral de la prensa hidráulica diseñada.	44
Figura 34. Sistema hidráulico de la prensa tipo H.	45

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades de las botellas PET.....	18
Tabla 2. Tipos de reciclaje de plásticos.....	18
Tabla 3. Dimensiones de las prensas hidráulicas tipo H según su capacidad.....	22
Tabla 4. Parámetros de diseño de la prensa hidráulica tipo H.....	29
Tabla 5. Presupuesto de componentes del sistema hidráulico de la prensa tipo H.....	38
Tabla 6. Catálogo de cilindros hidráulicos marca Ferjovi.....	41
Tabla 7. Catálogo de bombas de paletas marca Parker.....	41

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Ángulo base	51
ANEXO 2. Láminas verticales perforadas.....	51
ANEXO 3. Mesa de trabajo.....	52
ANEXO 4. Platina base.	52
ANEXO 5. Platina de unión.....	53
ANEXO 6. Platina soporte del cilindro.	53
ANEXO 7. Viga en C.	54

INTRODUCCIÓN

El poli(etileno tereftalato) conocido como PET es un poliéster termoplástico, con una cristalinidad entre el 0 y el 60 %. En el año 2010 ya se fabricaban cerca de 26 millones de toneladas de PET derivado del petróleo por año, de estas, 20 millones son procesadas por la industria textil (fibras), 4 millones son utilizadas en cintas de audio y video (películas fotográficas), así como en transparencias y los 2 millones restantes en productos de empaque y moldeado (botellas y jarras); los cuales son depositados en basureros o lugares no adecuados para su descomposición o reutilización (Ramírez, Navarro, & Acevedo, 2010).

Si se consideran solamente los 2 millones de toneladas de material PET utilizado para la fabricación de botellas, se enfrentan 2 problemáticas: Una es que estas tardan aproximadamente entre 500 a 1000 años para degradarse o desaparecer de forma natural (AQUAe, 2023). Pero este tiempo puede ser reducido si las botellas PET son sometidas a una temperatura entre 150 °C y 200 °C, lo que acelera su descomposición reduciéndola a 1 hora, pero se aumenta la problemática ambiental al utilizarse más energía (Prieto, 2021).

Una de las alternativas más prometedoras para dar solución a esta problemática es la reutilización de este material (PET), para lo cual las botellas deben ser recicladas y trituradas para la obtención de materia prima (peles o bolas) que servirán para la fabricación de otros elementos. La gran mayoría de botellas PET recicladas son transparentes debido a que las de color poseen otros aditivos o elementos que no pueden ser removidos y por ende estas no pueden ser reutilizadas en la industria alimenticia.

Por tal motivo, se piensa diseñar una prensa hidráulica calorífica tipo H, la cual consta de una estructura en acero con su correspondiente sistema hidráulico y molde térmico para la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de botellas PET de cualquier color recicladas, otorgando una disposición final adecuada a este otro tipo de botellas, las cuales serán convertidas en materia prima para la fabricación de ladrillos ecológicos los cuales no se ven afectados por esta problemática.

Este trabajo está compuesto por cinco capítulos: El primero es la introducción donde se habla de todo lo referente al problema, como se le dará solución y los resultados esperados. En la segunda parte, se encuentra el marco teórico donde se describe los diferentes tipos de prensas hidráulicas

como de los procesos de fabricación de piezas y sus características más relevantes; además, se crean las bases teóricas para la realización del diseño de la prensa hidráulica (conceptos, formulas, entre otros).

El tercer capítulo comprende la metodología, donde se describe de forma detallada cada uno de los pasos seguidos para llegar al objetivo principal, que era el diseño de una prensa hidráulica calórica para el aprovechamiento de botellas PET recicladas y reutilizadas como materia prima para la fabricación de ladrillos ecológicos. En el capítulo siguiente aparecen los cálculos y resultados obtenidos de estos, donde quedan definidas las dimensiones y forma de sus componentes, tipo de fuente motriz a utilizar, materiales utilizados, accesorios entre otras cosas.

Por último, se presentan las conclusiones obtenidas a lo largo del proceso de diseño, algunas de origen experimental y otras basadas en la observación durante todo el trabajo. Estos ladrillos fabricados a partir de botellas PET recicladas serán posteriormente utilizados para la construcción de casas sismo resistentes y ecológicas, otorgándole una buena disposición final a los residuos plásticos, disminuyendo el impacto ambiental generado como el costo de construcción de estos inmuebles.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que el problema del plástico sigue creciendo como una bola de nieve, debemos trabajar con rapidez para tomar medidas audaces y decisivas que reviertan la situación de los residuos plásticos. En Colombia salen anualmente al mercado 1,5 millones de toneladas de empaques, de las cuales 145.000 corresponden a contenedores y botellas fabricadas a partir de PET, gran parte de estas botellas se utilizan en el envasado de bebidas gaseosas y de agua, y su inadecuada disposición se ha convertido en un apremiante problema de contaminación (Robayo, 2019), ver Figura 1.



Figura 1. Playas contaminadas por botellas PET.

Fuente: (Elias, 2019).

No es poco tiempo, que demora el plástico en degradarse, este puede durar cerca de 150 años para una bolsa de plástica común y una botella de PET (la abreviatura de polietileno tereftalato, una resina plástica y una forma de poliéster) puede tardar 1.000 años en desaparecer. Hasta el momento el segundo uso que se le da a las botellas PET de color transparentes es la fabricación de fibras o materia prima para la fabricación de otros tipos de envases, pero las botellas de color son desechadas o incineradas generando mayor contaminación, ver Figura 2.



Figura 2. Proceso de reciclaje de botellas PET.

Fuente: (Robayo, 2019).

Es tanta la magnitud del problema de los residuos generados en Medellín, que la masa crítica de los residuos sólidos urbanos alcanza a ser de hasta en 11 % por elementos plásticos (Montoya & Gutiérrez, 2012). Esto se ve reflejado en los afluentes del río Medellín, ver Figura 3.



Figura 3. Afluentes del río Medellín.

Fuente: (Escobar, 2015).

En 2019 se recogieron 166 toneladas de materiales reciclables entre todas las instalaciones de EPM en el Valle de Aburrá, que para Recimed representaron recursos por un valor cercano a los 38 millones de pesos, de los cuales 11 toneladas correspondieron a plástico, representado el 6,63 % de los residuos reciclables en embalses (Caracol, 2020), ver Figura 4.



Figura 4. Residuos de contaminación del Embalse de Porce II.

Fuente: (Caracol, 2020).

1.2 Formulación

¿Cómo otorgar una disposición final correcta a los residuos plásticos de botellas PET de colores sin aumentar los problemas existentes de contaminación ambiental y la vez contribuir con el desarrollo sostenible?

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como propósito principal contribuir con la problemática ambiental actual existente en relación con el uso final adecuado de las botellas PET fabricadas a partir de combustibles fósiles como el petróleo, las cuales son dejadas en sitios no adecuados contaminando nuestro ambiente. Las cuales son incineradas para reducir su tiempo de degradación, pero aumentan la problemática del cambio climático debido a que se requiere de más combustible; además, los residuos plásticos también ahogan nuestras vías fluviales, contaminan nuestros ríos, matan la vida silvestre y se infiltran en nuestra cadena alimentaria (Nature, 2021).

Desde el punto de vista ambiental las botellas PET son fabricadas con el material más reciclable del mundo. Y es que no es recomendable utilizar varias veces las mismas botellas PET, por lo que tiene más sentido reciclarlas y volver a producir envases nuevos con ellas u otros objetos otorgándoles una larga vida útil.

Desde el punto de vista social es una buena idea fabricar este tipo de ladrillos los cuales permite fabricar casas sismo resistentes a bajo costo, lo cual podría aumentar el número de viviendas de interés social fabricadas por el gobierno.

Todo esto hace que proyectos como este tomen relevancia porque disminuyen el impacto ambiental generado por su fabricación y se mejora la disposición de estos residuos mediante la creación de ladrillos ecológicos que pueden ser utilizados en la fabricación de casa sismo resistentes para personas de bajos recursos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar una prensa hidráulica calorífica tipo H para la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de botellas PET recicladas.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros de funcionamiento de la prensa hidráulica calorífica tipo H para la fabricación de la ladrillos ecológicos a partir de botellas PET recicladas.
- Diseñar y seleccionar todos los componentes de la prensa hidráulica calorífica tipo H
- Realizar los planos de la prensa hidráulica calorífica tipo H diseñada.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Plásticos

Los plásticos se han convertido en un elemento fundamental en nuestras vidas, los productos fabricados a partir de plástico son innumerables, algunos muy sencillos y otros muy complejos, por ejemplo: una prótesis de cadera o articulación de rodilla. Estos han tomado relevancia debido a sus amplias propiedades y facilidad de procesamiento. Hoy en día se fabrican mayor cantidad de piezas plásticas que en acero, debido a su alta resistencia a la corrosión y ductilidad (Fernando, 2012).

Los plásticos o polímeros poseen una estructura macromolecular cuyo compuesto principal es el carbono, estos pueden ser moldeados utilizando calor o sometidos a presiones. A continuación, se visualizan diferentes objetos fabricados con plástico, ver Figura 5.



Figura 5. Tipos de plásticos.

Fuente: (Crudo, 2019).

Algunas de las propiedades más comunes de este tipo de compuestos son las siguientes (Fernando, 2012):

- Permite ser trabajado o moldeado según las geometría deseada
- Su precio de producción es bajo
- Su densidad es baja
- Impermeables
- Sirven como aislantes eléctricos y térmicos
- Impiden el paso del sonido
- Resistentes a la corrosión
- Son contaminantes y no son biodegradables

4.1 Clasificación de los polímeros

Teniendo en cuenta el comportamiento térmico es posible crear una clasificación de polímeros:

4.1.1 Polímeros termoplásticos: Los polímeros de este grupo que pueden recuperar sus propiedades originales después de calentarse, fundirse o ablandarse. Es decir, no sufren cambios químicos y suelen tener una estructura lineal, lo que los hace menos rígidos, resistentes y se funden a baja temperatura, pero no son buenos conductores térmicos o eléctricos y generalmente son soluble en solventes orgánicos. Ejemplos de estos polímeros son el polietileno, el polipropileno, el PVC o la poliamida (Viteri, 2018).

4.1.2 Resinas Termoestables: Son polímeros que tienen una estructura reticulada y forman una red a base de enlaces covalentes. Este tipo de polímero se moldea solo durante el conformado ya que no cambia su estructura debido al calor o la presión cuando se enfría. Sus características generales son: alta estabilidad térmica, rigidez y dureza, son casi insolubles y aíslan el calor y la electricidad (DIETRICH, 2005).

El material conocido como PET (tereftalato polietileno), es un material ampliamente utilizado al cual se le atribuyen propiedades de resistencia, flexibilidad y 100 % reciclable. Es muy utilizado para la fabricación de recipientes, botellas y refrescos (Ecoembes, 2021), ver Figura 6.



Figura 6. Código de identificación de la resina PET.

Fuente: (Cárdenas & Morales, 2022).

El material conocido como PET posee las siguientes propiedades (Ensinger, 2022):

- Alta resistencia
- Gran rigidez y dureza
- Absorbe muy poca humedad
- Buena resistencia a la fluencia
- Resistente a la abrasión
- No compatible con líquidos que su componente tenga más del 50 % de alcohol.
- Resistencia a los fluidos ácidos
- Fácil de soldar o unir

Algunas de las características principales de los plásticos o envases PET son las siguientes, ver

Tabla 1:

Tabla 1. Propiedades de las botellas PET.

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	1,34 a 1,39
Resistencia a la tensión	MPa	59 a 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 a 128
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ /°C	15,2 a 24
Temperatura de fusión	°C	244 a 254

Fuente: (Lokensgard & Richardson, 2015).

Así como se clasifican los plásticos de acuerdo con su composición química, es importante que cuando esta sea determinada, seleccionar el tipo de reciclaje que se dará al plástico. Para ello existen cuatro tipos de reciclaje que se explican en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipos de reciclaje de plásticos.

PRIMARIO	Conversión del desecho plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a las del material original. Se realiza con termoplásticos
-----------------	--

	tipo PET, HPDE, LPDE, PP, PS y PVC. Es necesario un proceso de separación y limpieza.
SECUNDARIO	Se convierte el plástico en artículos con propiedades inferiores a las del polímero original. Se usa en termoestables que están contaminados. En este caso no es necesario limpiar, se mezclan con tapas de aluminio, papel, polvo, etc., y se muelen y funden juntos en un extrusor. Se usan como áridos en la construcción de carreteras.
TERCIARIO	El polímero se degrada en compuestos químicos básicos y combustibles. Se diferencia de los anteriores en que además de un cambio físico hay un cambio químico. Los métodos más usados son pirólisis y gasificación. En el primero se recuperan las materias primas de los plásticos, de manera que se pueden rehacer polímeros puros con otras propiedades y menos contaminación y, en el segundo se obtiene gas que puede ser usado para producir electricidad, metanol o amoníaco.
CUATERNARIO	Calentamiento del plástico para usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir, se usa como combustible para obtener energía. Problema: generación de contaminantes gaseoso y de cenizas altamente contaminantes.

Fuente: (Barboza, Montalban, Nuñez, Pantoja, & Soto, 2019).

4.2 Proceso de fabricación de piezas

Los procesos de transformación consisten en una serie de operaciones que parten de un material en bruto y modifican su forma hasta convertirla en una pieza elaborada que tiene utilidad industrial.

La forma final de una pieza debe cumplir una serie de requisitos para ser considerada realmente útil:

1. Quedar lista para ser montada en un conjunto
2. Fiel al diseño previamente establecido
3. Coste razonable de material y energía
4. Superar el control de calidad que garantice su fiabilidad

Para fabricar un elemento, además de realizar un diseño previo en el que se especifiquen dimensiones y materiales, es necesario elegir el procedimiento de fabricación más idóneo, con el fin de dar forma al material.

4.2.1 Moldeo por compresión. Es una parte del proceso de conformado, comúnmente el material utilizado es un polímero, el cual es depositado en un molde, calentado y luego comprimido para darle la forma deseada. También se utiliza cuando se quieren diseñar piezas de material compuesto con ciertas propiedades; por ejemplo: ladrillos ecológicos, los cuales son fabricados con una mezcla de cemento y material PET reciclado, ver Figura 7.

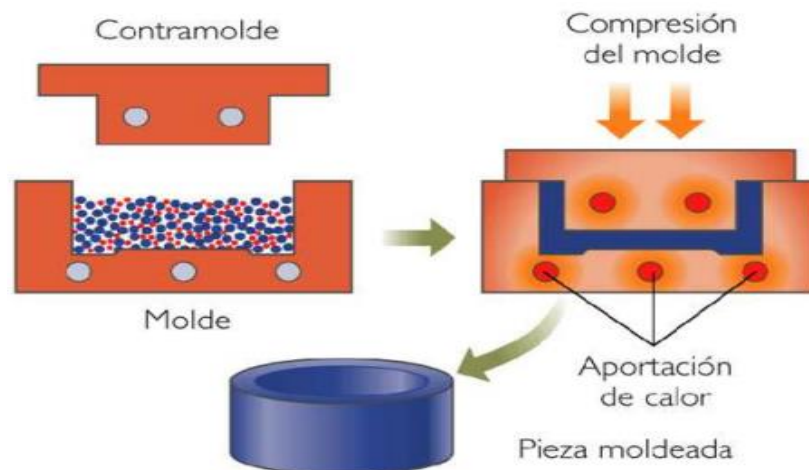


Figura 7. Moldeo por compresión.
Fuente: (Fernando & Barbería, 2012).

Otro ejemplo de material compuesto es la madera mezclada con plástico, de lo cual se obtiene un material resistente, económico, muy utilizado en techos y pisos para jardines.

4.3 Tipos de prensas hidráulicas

Las prensas hidráulicas son máquinas utilizadas para labores donde se requiera de fuerza para la extracción o compresión de elementos o piezas (rodamientos), es catalogada como un proceso de trabajo en frío, pero algunas poseen un complemento que les permite calentar la piezas y facilitar su remoción o inclusión. Para generar la fuerza requerida utiliza un sistema hidráulico, el cual posee un cilindro con su correspondiente actuador, además, posee matrices y punzones diseñados para ciertas operaciones específicas como: Formado, Doblado, Punzonado, Embutido y Cizallado (Tecnología, 2021).

Si una prensa es automatizada puede fabricar piezas en masa, porque los tiempos de salida y entrada del cilindro pueden ser modificados por medio de un regulador de caudal y el suministro

de materia prima puede ser por banda transportadora reduciendo el tiempo de alimentación, ver Figura 8.



Figura 8. Prensa hidráulica convencional tipo H.
Fuente: (IGMA, 2020).

Según la forma de entregar la energía las prensas pueden ser mecánicas o hidráulicas:

4.3.1 Prensas Mecánicas. Utilizan un motor eléctrico que hace girar un volante de inercia, el cual queda en cierta posición acumulando energía, el cual luego se acopla a la parte móvil de la prensa por medio de un embregue para restituirla de forma rápida por medio de un golpe. Estas máquinas son utilizadas en trabajos de corte, estampación, forja, ver Figura 9.



Figura 9. Prensa mecánica.
Fuente: (Bavaresco, 2016).

4.3.2 Prensas Hidráulicas. Poseen un sistema hidráulico que funciona bajo el principio de Pascal, utiliza como fluido de trabajo aceite con mediana y alta densidad o viscosidad. La fuerza y la velocidad entrega por el cilindro es controlada por una válvula reguladora de caudal y presión (Tecnología, 2021). Muy utilizadas en operaciones de embutición profunda y compactación, ver Figura 10.

4.3.3 Tipo de prensa hidráulica a diseñar. A continuación, se presentan algunas de las consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar una prensa : tipo de operación a realizar, tamaño de la pieza, fuerza o potencia requerida, y velocidad del proceso (Tecnología, 2021).

- Para procesos de punzonado, recortado y desbarbado, se utilizan prensas de manivela o excéntricas.
- Cuando de rapidez y fuerza se requiere se recomienda una prensa de junta articulada, la cual es utilizada en operaciones de acuñado, prensado o forja, ver Tabla 4.

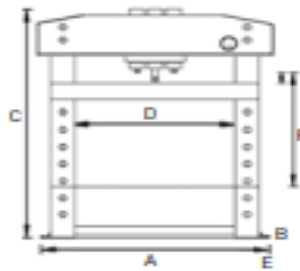


Tabla 3. Dimensiones de las prensas hidráulicas tipo H según su capacidad.

Modelo	WPP 20 TE	WPP 30 TE	WPP 50 TE	WPP 75 TE
Código	6300020	6300030	6300050	6300075
Capacidad	20 T.	30 T.	50 T.	75 T.
Fondo x ancho de pie (AxB)	790 x 560 mm	790 x 700 mm	910 x 795 mm	1.146 x 795 mm
Altura total (C)	1.620 mm	1.860 mm	1.920 mm	1.950 mm
Anchura de paso interior (D)	550 mm	550 mm	710 mm	800 mm
Campo de trabajo (E-F)	0 - 1.000 mm	51 - 1.131 mm	68 - 1.048 mm	0 - 900 mm
Carrera del pistón	190 mm	150 mm	200 mm	240 mm
Recorrido del pistón	360 mm	200 mm	240 mm	270 mm
Presión de trabajo	7,5 - 8,5 bares	7,5 - 8,5 bares	7,5 - 8,5 bares	7,5 - 8,5 bares
Peso neto	135 kg	165 kg	324 kg	460 kg

Fuente: (Rodavigo, 2020).

Para convertir las toneladas fuerza a Pascales se debe utilizar el siguiente factor de conversión:

$$1 \text{ Tonelada fuerza} = 9806,65 \text{ Pascales} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

Pero es importante recordar que el esfuerzo de compresión a soportar como mínimo del ladrillo se obtiene cuando la mezcla seque.

4.4 Resistencias eléctricas

Las resistencias eléctricas industriales se clasifican según el tipo de material a calentar: aire, líquidos o sólidos. Dependiendo del tipo de material que necesitemos calentar, se recomendará un tipo concreto de resistencia eléctrica industrial, por lo que es importante comunicar detalladamente esta información al profesional técnico designado para atenderte y poder recomendarte la mejor opción, ver Figura 10.



Figura 10. Tipo de resistencia caloríficas.

Fuente: (Techno Inyection, 2019).

4.4.1 Material de fabricación. Se emplean básicamente aceros, cerámica, óxido de magnesio e hilo resistivo Kanthal para resistencias eléctricas hasta 700°C. Para temperaturas superiores hasta 1300°C se emplea tan solo hilo resistivo Kanthal con soportes cerámicos de alúmina tubular. Pero existen materiales especiales que son capaces de soportar temperaturas elevadas de hasta 2730°C, tal es el caso del carburo de silicio (Naya, 2023).

Las resistencias calefactoras para el calentamiento de sólidos son componentes que se instalan en contacto directo con el cuerpo metálico que se requiere calentar. Se pueden fabricar con diferentes materiales dependiendo de la temperatura que se quiera alcanzar, normalmente, este tipo de resistencias calientan por conducción directa en contacto directo con la masa que deseamos calentar, aunque también existen hornos industriales que pueden calentar piezas o bloques por

radiación o por convección de aire sin necesidad de que la resistencia entre en contacto directo con el cuerpo, ver Figura 11.



Figura 11. Resistencia para moldes de inyección de plástico.
Fuente: (Naya, 2023).

Las resistencias para cámaras y moldes de compresión de plásticos están presentes en cualquier proceso de moldeo de polímeros termoplásticos. Este proceso se utiliza para crear todos y cada uno de cualquier producto plástico que se usan a diario en el hogar, empresa o establecimiento comercial.

Estas máquinas de moldeo por compresión de plástico de acero suelen tener un peso considerable y son las encargadas de cambiar el estado del plástico de sólido a líquido mediante resistencias eléctricas. Mediante presión, el plástico y el segundo material se compactan para generar una sola pieza con ayuda del molde tomando la forma final (Naya, 2023).

5. METODOLOGÍA

Este proyecto está compuesto por varias actividades: La primera actividad consistió en realizar una búsqueda bibliográfica en sitios web, libros y artículos científicos sobre todo lo relacionado con prensas hidráulicas, procesos de fabricación de ladrillos ecológicos como de sistemas de calentamiento por resistencias eléctricas. Además, de las características y propiedades del poli(etileno tereftalato). Luego esta información fue organizada y agrupada para la creación del marco teórico base fundamental del proyecto.

Posteriormente, se procedió a identificar los parámetros de diseño básicos de las prensas hidráulicas tipo H, entre los cuales se destacan: largo, ancho, presión de trabajo y tipo de cilindro hidráulico. Paralelamente, se identificaron las propiedades térmicas el material base (botellas PET recicladas): Temperatura de fusión y coeficiente de dilatación térmica; lo cual permite definir el material de fabricación del molde donde será depositado y calentado el material para establecer la geometría final del ladrillo.

Después de tener definidos estos parámetros se procedió a diseñar cada uno de los componentes de la prensa tipo H, lo cual se realizó en varias etapas: La primera consistió en diseñar su estructura la cual será la encargada de soportar todo el peso de los componentes, esta de la prensa para lo cual se realizó un análisis de fuerzas y esfuerzos para definir las dimensiones de la estructura (viga tipo rectangular, C o I) como el material de fabricación. Luego se seleccionaron los componentes del sistema hidráulico en base a la fuerza que esta debe ejercer sobre la materia prima obtenida de las botellas PET para formar el ladrillo ecológico (bomba, válvulas, actuadores, conectores, mangueras, entre otros) y, por último, se seleccionó la fuente impulsora (motor eléctrico).

Otra de las actividades realizadas consistió en el diseño del molde de compresión a utilizar para la fabricación de los ladrillos, los cuales son fabricados en aluminio por su alta conductividad térmica y economía.

Por último, se diseñarán los planos mecánicos, hidráulicos y eléctricos de la prensa para si posterior fabricación.

6. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA PRENSA HIDRÁULICA

Una de las primeras actividades realizadas consistió en establecer los parámetros de funcionamiento como las dimensiones de la prensa hidráulica calorífica tipo H según lo establecido en la metodología:

6.1 Fabricación de ladrillos a partir de plástico reciclado

La industria de la construcción juega un papel muy importante en el desarrollo del país, ya que involucra ámbitos económicos, culturales e incide en el medio ambiente. Uno de los materiales indispensables en las construcciones son los ladrillos, ellos se distinguen por su forma de prisma rectangular y sus propiedades que generan una excelente resistencia a la compresión. También se le suma a ello sus cualidades de aislamiento acústico y térmico.

Un ladrillo tradicional está hecho de masa de barro cocida y debe estar apto para levantar cualquier tipo de construcción. Así como se tienen estos ladrillos tradicionales, hoy en día, con el avance de la ciencia y el estudio de los materiales se pueden fabricar con materiales reciclables o incluso de una mezcla de ellos otorgándole mejores propiedades y características de acuerdo con su aplicación. Unos de los ejemplos más destacados son los ladrillos hechos a base de residuos plásticos (Barboza, Montalban, Nuñez, Pantoja, & Soto, 2019).

Estos ladrillos son fabricados con cemento tipo portland y botellas PET recicladas y gozan de una dureza considerable, un buen aislamiento térmico y eléctrico, así como de una alta resistencia a ataques químicos; además son fáciles de moldear. Por esto, es común su utilización en muros y fachadas, suelos, recubrimiento de paredes, etc (Tecno8Marzo, 2013), ver Figura 12.



Figura 12. Ladrillos fabricados a partir de cemento portland y botellas PET recicladas.
Fuente: (ArchDaily, 2017).

Estos ladrillos después de ser fabricados también son unidos con cemento como los ladrillos tradicionales. Ellos también permiten que sean unidos a piezas metálicas (ventanas y puertas) como a otros elementos por medios de tornillos o cemento, ver Figura 13.



Figura 13. Proceso de construcción de viviendas con ladrillos fabricados de una mezcla de plástico y cemento portland: a) Unión con cemento; b) Casa terminada.

Fuente: (Arquitecturayempresa, 2023).

El proceso de fabricación de estos ladrillos comienza con el lavado de la botellas PET, las cuales después son trituradas en un molino formándose hojuelas, ver figura 14.

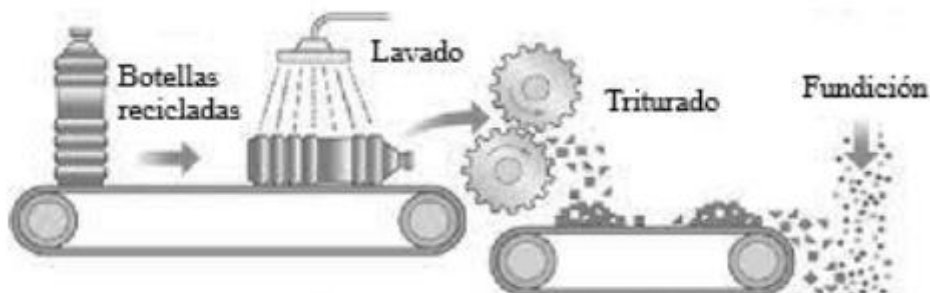


Figura 14. Proceso de triturado de botellas PET para la obtención de pellet.

Fuente: (Cárdenas & Morales, 2022).

Luego de ser trituradas, las botellas PET son mezcladas con cemento portland el cual es utilizado como aglomerante para dar cohesión a la mezcla, y un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas de plástico.

Esta mezcla se coloca en moldes como si fuese una pieza de hormigón prefabricada, se comprime y se deja fraguar. Desde el punto de vista ambiental, un ladrillo de este tipo se fabrica reutilizando 20 botellas PET en promedio por ladrillo. Debido al plástico se aumenta el aislamiento térmico reduciendo el grosor de los muros de 30 a 15 cm. Además, su resistencia a la deformación aumenta lo que hace que estos ladrillos soporten más en caso de sismos.

Para la fabricación final de este tipo de ladrillos (cemento-plástico) es necesario compactar la mezcla en un molde (moldeo por compresión) debido a que estos ladrillos están compuestos por 2 o tres materiales distintos. Ahí es donde una prensa tipo H mecánica o hidráulica toma relevancia debido a que ésta define la forma rectangular del ladrillo, así como la precarga mínima que debe soportar; un ladrillo convencional hecho de barro según la norma NTC-4017 debe soportar un esfuerzo de compresión máximo de 23,93 MPa (García, Gómez, & Sepúlveda, 2012).

Los ladrillos son fabricados en dimensiones estándar y con ciertas características, a continuación, en la Figura 15 se visualizan algunas de ellas:






FORMA	DENOMINACIÓN	DIMENSIONES	PESO Kg.	PIEZAS m ³
	MACIZO-TACO	23 x 11 x 5'5 23 x 11 x 4	2'7 2'1	759 988
	MACIZO DE DOS AGUJEROS	24 x 11'5 x 5	2'6	724
	PERFORADO	24 x 11'5 x 5	2'4	724
	MACIZO PRENSADO	26 x 13 x 4	2'8	739
	TOCHO-CATALÁN	29 x 14 x 4'5 29 x 14 x 9	3'2 6'3	547 273

Figura 15. Dimensiones y geometrías de ladrillos estándar en mm.
Fuente: (Perez, 2012).

6.2 Parámetros de funcionamiento de la prensa hidráulica calorífica tipo H

A continuación, se describen todos los parámetros establecidos para el diseño de la prensa:

6.1.1 Calentamiento del material PET. Los ladrillos fabricados con plástico PET generalmente no requieren calentamiento a temperaturas elevadas como en otros procesos de reciclaje de plásticos. En este proceso, se aprovecha la resistencia del PET triturado que se combina con cemento para producir ladrillos resistentes y ecológicos sin un proceso de calentamiento significativo. Sin embargo, para que la prensa sea versátil y pueda emplearse en otros procesos que requieren calentamiento, se añadirán resistencias que permitan elevar la temperatura hasta 150 °C.

6.1.2 Dimensiones de la prensa hidráulica a diseñar. Para las dimensiones de la prensa se tomará en cuenta la altura total de una persona estándar en Colombia que es aproximadamente 1,8 m según el manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (ACGIH, 1992). Además, si analizamos la Tabla 4, se puede observar que este valor estaría entre el valor promedio que utilizan los fabricantes de estas prensas tipo H.

Por otra parte, el ancho interior promedio utilizado para este tipo de prensas está entre 550 y 800 mm, pero en nuestro caso tomaremos 600 mm considerando que el ancho promedio de los ladrillos estándar está entre 230 y 260 mm, según lo establecido en la Figura 16. Esto permite tener un espacio de holgura de 340 mm, si se toma el valor más grande, ver Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de diseño de la prensa hidráulica tipo H

PÁRAMETRO PRENSA	DIMENSIÓN (mm)	JUSTIFICACIÓN
Altura	1800	Considerando la altura promedio de una persona según ACGIH.
Ancho interno	600	Debido al considerando que el ancho promedio de los ladrillos estándar está entre 230 y 260 mm.
Ancho de lámina utilizada	25,4 mm	Para mayor resistencia y por su estado comercial.
Ajuste de la mesa de trabajo	200 mm	Cada 200 mm esta mesa puede posicionarse para la entrada de piezas de mayor tamaño.
Pasador	25,4 mm diámetro	Para que el cambio de la posición de la mesa sea rápido.

Fuente: (Elaboración propia).

7. SELECCIÓN Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE LA PRENSA HIDRÁULICA TIPO H

Uno de los elementos a diseñar es la bancada o mesa de trabajo. Se realizará el diseño de modo que ésta pueda subir o bajar si es necesario, con el fin que esta prensa pueda ser utilizada para otros tipos de trabajo como la extracción de rodamientos e incluso la compresión de resortes y ubicación de bujes. Para ubicar la mesa de trabajo a la altura indicada, se utilizarán pasadores o tornillos con rosca los cuales serán fijados a las columnas de la prensa. Esta mesa de trabajo estará conformada por una platina rectangular de 1 pulgada de espesor y tendrá un largo de 500 mm y un ancho de 400 mm, la cual será soldada a la dos vigas transversales en forma de C, las cuales serán las que se desplacen en conjunto sobre la prensa.

Para las columnas de la prensa, se utilizarán barras rectangulares macizas por economía ya que estas se pueden comprar de 6000 mm de largo cortarlas y sacar las 2 columnas verticales, además estas son fabricadas para soportar carga, lo que le dará estabilidad a la prensa juntamente con unos pie de amigo en la parte inferior, ver Figura 16.

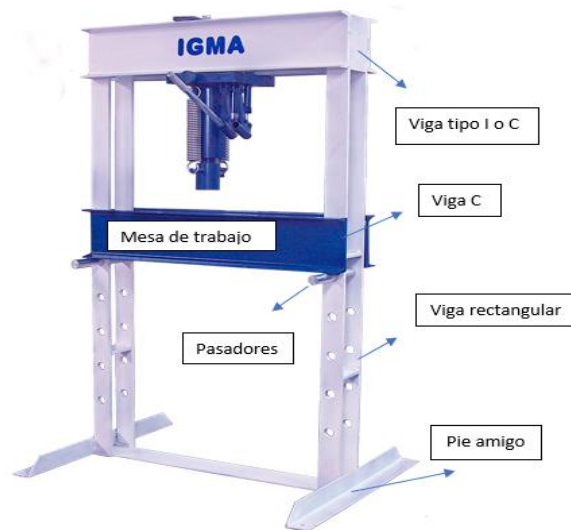


Figura 16. Modelo de prensa a diseñar.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se visualiza el análisis realizado a los componente principales de las estructura (mesa de trabajo, viga superior, laminas o vigas verticales y pasador) los cuales los encargados se soportar las cargas de trabajo.

Para estos análisis se utilizó el programa Inventor 2023, el cual es una herramienta poderosa y fácil de utilizar la cual permite calcular las cargas y los esfuerzos a los cuales estará sometidos cada uno de los componentes de la prensa, ver Figura 18.



Figura 17. Interfaz del programa AUTODESK INVENTOR utilizado para el análisis de fuerza y esfuerzos.

Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

7.1 Mesa de trabajo

Se piensa diseñar una prensa hidráulica tipo H con 3 capacidades diferentes para 10,20 y 30 toneladas, para darle mayor versatilidad. Por si, requiere cambiar las dimensiones del ladrillo. Por tal motivo, para el análisis a realizar se tomó la carga máxima que es de 30 kN.

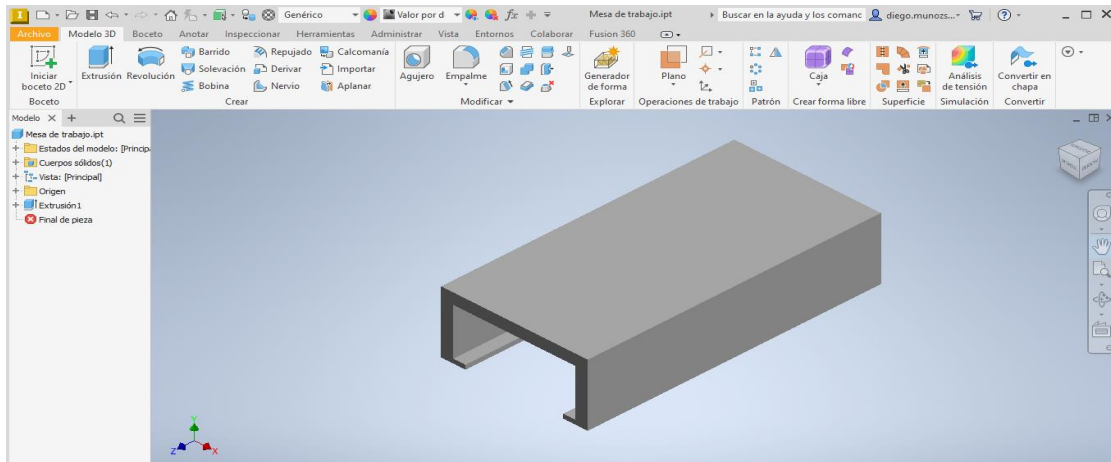


Figura 18. Mesa o puesto de trabajo que soportara el molde para el ladrillo.
(AUTODESK-INVENTOR, 2023).

Para el análisis de la mesa de trabajo se aplicó una carga de 30 kN en todo el centro y se tomaron como fijos los soportes laterales de la mesa de trabajo porque esta estará sometida principalmente a flexión, ver Figura 19.

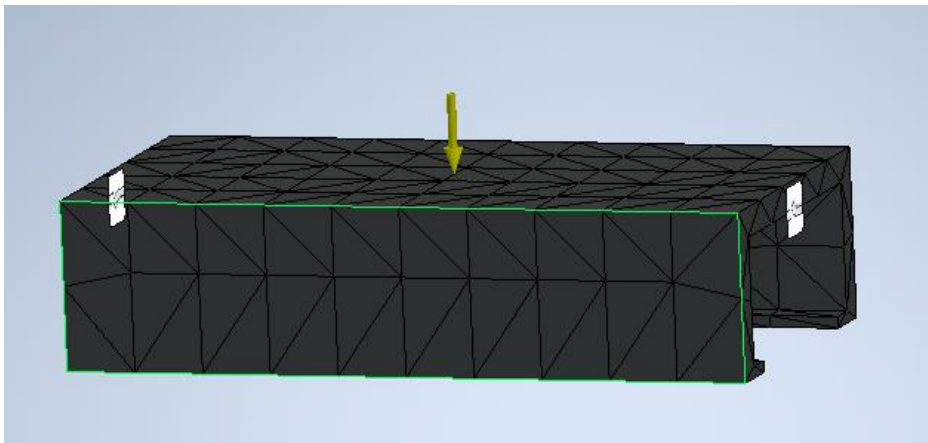


Figura 19. Mesa de trabajo: a) Puntos blanco secciones tomadas como fijas; b) Fuerza aplicada en todo el centro de 30 kN.

Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

El resultado del análisis a carga estática o esfuerzo de Von-mises indica que el esfuerzo máximo de flexión a que estará sometida la mesa de trabajo será de 10,88 MPa, el cual posee 1455 nodos y 679 elementos, ver Figura 20.

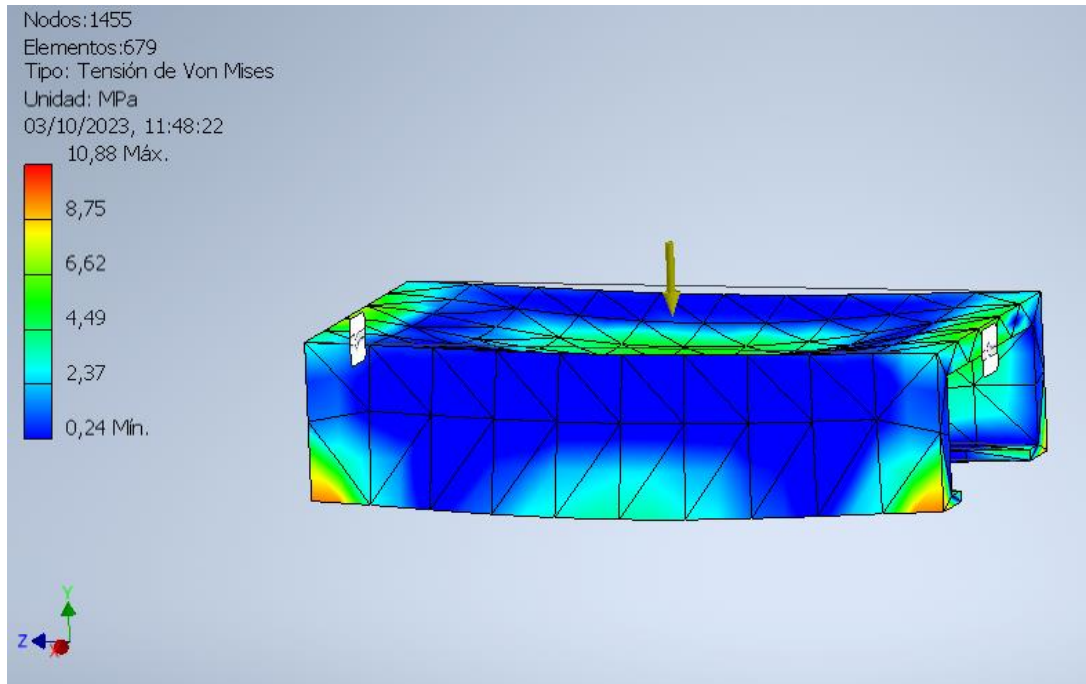


Figura 20. Análisis de esfuerzos realizado a la mesa de trabajo.
Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

El material utilizado para la fabricación de la prensa es acero ASTM A36 por su economía y resistencia de fluencia considerable $S_y = 290 \text{ MPa}$. Un indicador de la capacidad de carga que puede soportar una pieza es el factor de seguridad (N), para esta pieza en particular este se puede calcular de la siguiente forma:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{trabajo}} = \frac{290 \text{ MPa}}{10,88 \text{ MPa}} = 26,65$$

Lo que es considerablemente alto o se podría decir que la mesa de trabajo puede soportar mucha más carga, llegándose que esta prensa puede ser utilizada para otras actividades. Además, el programa nos permite visualizar las deformaciones de las piezas en las 3 dimensiones (X,Y,Z), pero realmente la más importante en nuestro caso es la deformación que ocurre en el eje Y debido al momento flector generado en la pieza la cual es de 0,0000181 mm, ver Figura 21.

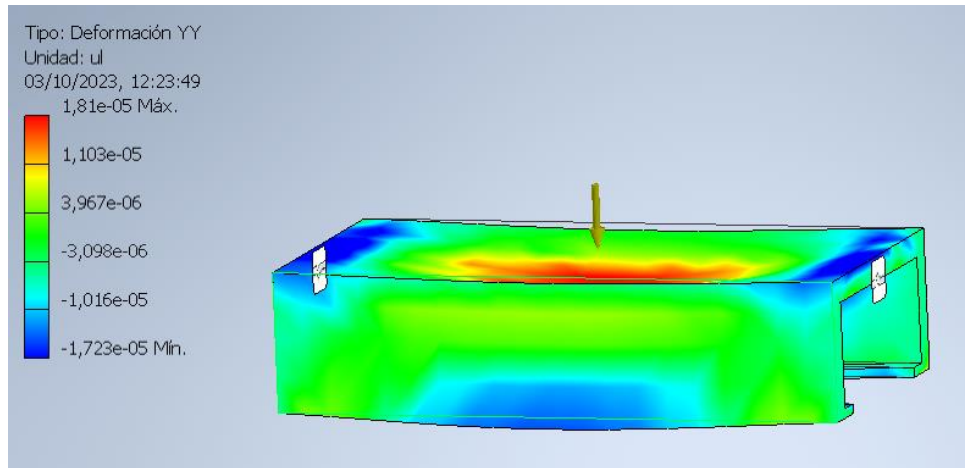


Figura 21. Deformación de la Mesa de trabajo en el eje Y.
 Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

7.2 Vigas verticales

Las vigas verticales son las encargadas de soportar todo el peso de la estructura como del molde y el cilindro hidráulico. Estas se encuentran sometidas a flexión o pandeo debido a la carga aplicada, poseen unos orificios que son utilizados para introducir el pasador que ubica la mesa de trabajo en la prensa, ver Figura 22.

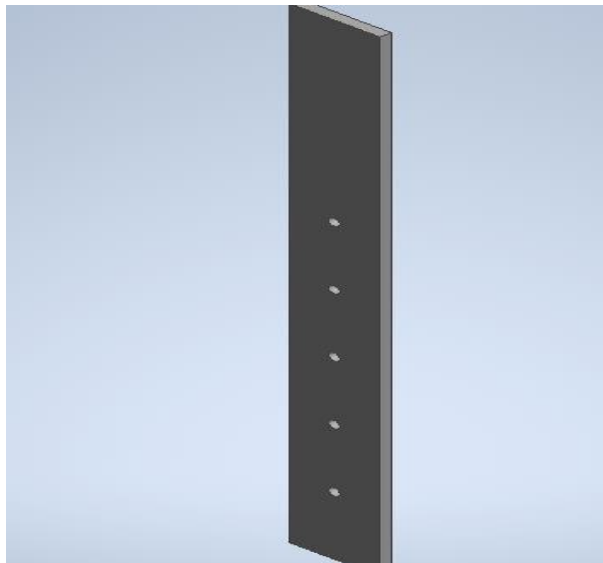


Figura 22. Lámina vertical utilizada como columna en la estructura de la prensa hidráulica.
 Fuente:(AUTODESK-INVENTOR, 2023).

La estructura de la prensa hidráulica posee 4 láminas verticales de 200 mm de ancho, 1600 mm de largo y 25,4 mm de espesor las cuales están unidas por medio de unas laminas cuadradas de 200 x 200 mm en parte superior e inferior formando la estructura de soporte de la prensa. Además, éstas poseen orificios de 25,4 mm cada 200 mm para permitir el paso del pasador que posiciona la mesa de trabajo, ver Figura 22.

A continuación, se visualiza el tipo de mallado realizado en cada una de estas láminas verticales para su correspondiente análisis de fuerzas y esfuerzos, ver figura 23.

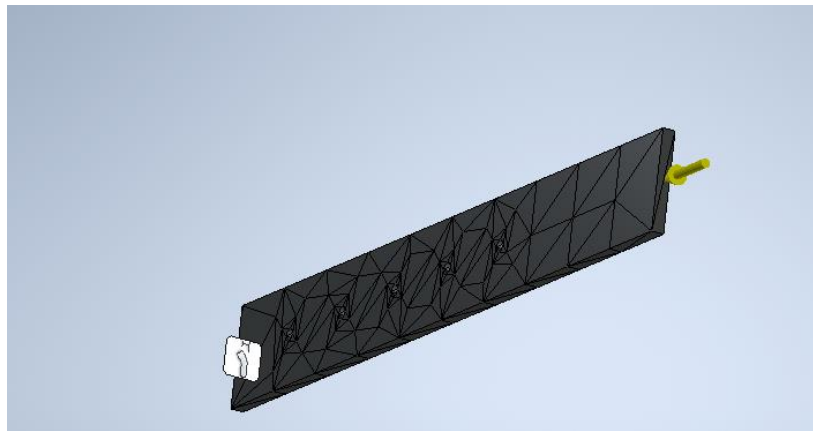


Figura 23. Tipo de mallado realizado a la lámina vertical utilizadas como soporte de la estructura de la prensa.
(AUTODESK-INVENTOR, 2023).

La carga total aplicada sobre la mesa es de 30 kN, esta es distribuida a las 4 láminas verticales que forman las columnas de la prensa. Por tal motivo:

$$F_{lámina} = \frac{30 \text{ kN}}{4} = 7,5 \text{ kN}$$

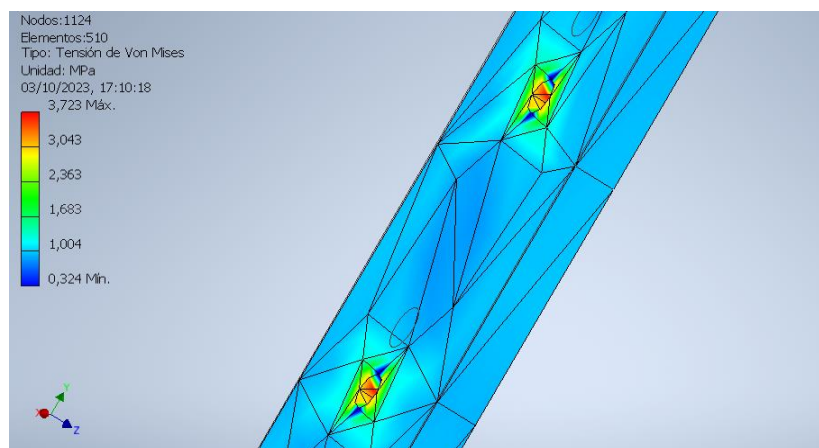


Figura 24. Análisis de esfuerzos a carga estática efectuado sobre la lámina.
Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

En la Figura 24 se observa el resultado del análisis a carga estática o esfuerzo de Von-mises indica que el esfuerzo máximo de flexión a que estará sometida la lámina será de 3,723 MPa, el cual posee 1124 nodos y 510 elementos. La deformación máxima ocurre en la mitad de la lámina y es de 0,0002577 mm, ver Figura 25.

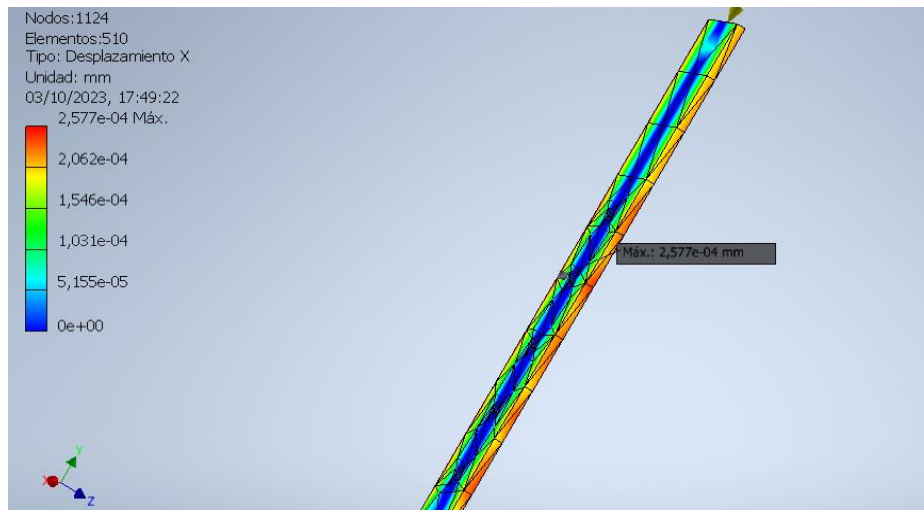


Figura 25. Análisis de deformación realizado a la lámina de acero vertical.
Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

El material utilizado para la fabricación de la prensa es acero ASTM A36 por su economía y resistencia de fluencia considerable $S_y = 290$ MPa. Un indicador de la capacidad de carga que puede soportar una pieza es el factor de seguridad (N), para esta pieza en particular este se puede calcular de la siguiente forma:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{trabajo}} = \frac{290 \text{ MPa}}{3,723 \text{ MPa}} = 77,9$$

7.3 Pasador

El pasador es fabricado también en acero ASTM 36A, el cual posee un diámetro de 25,4 mm y es el encargado de soportar el peso de la mesa de trabajo y la carga aplicada de 30 kN. Este está sometido a un esfuerzo cortante (T) debido a la carga que debe soportar en cada uno de sus extremos que causa cizalladura, ver Figura 26.

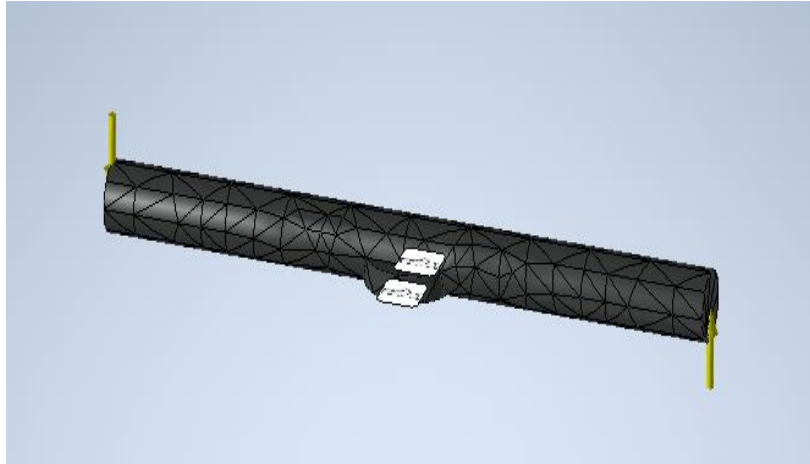


Figura 26. Cargas aplicadas al pasador para generar el esfuerzo cortante.
Fuente: (AUTODESK-INVENTOR, 2023).

Para el análisis se aplicaron cargas de 7500 N a cada extremo del pasador, la malla creada posee 1295 nodos y 682 elementos, lo cual generó un esfuerzo de Von-mises máximo de 432 MPa. Pero se puede observar en la Figura 27 que el esfuerzo generado en este no supera los 111,1 MPa, por tal motivo, el factor de seguridad es de:

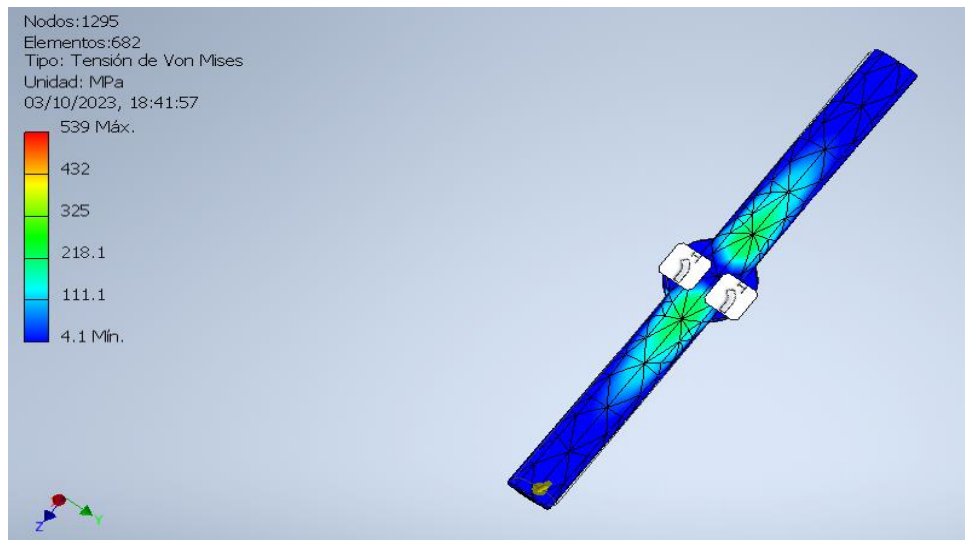


Figura 27. Análisis de esfuerzos realizado al pasador.
(AUTODESK-INVENTOR, 2023).

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{\text{trabajo}}} = \frac{290 \text{ MPa}}{111,1 \text{ MPa}} = 2,6$$

7.3 Diseño del sistema hidráulico y Selección componentes

Para la selección del sistema hidráulico de la prensa tipo H calorífica, se piensa que este sea semiautomático en caso de que se necesite una cantidad considerable de ladrillos ecológicos. A continuación, se visualizan los componentes a utilizar por el sistema, ver Tabla 4.

Tabla 5. Presupuesto de componentes del sistema hidráulico de la prensa tipo H.

COMPONENTE	CANTIDAD	COSTO (\$)
Válvula 5/3 hidráulica	1	175000
Regulador de caudal	1	400000
Actuador 3/2	1	135000
Tanque hidráulico 25 cm x 15 cm x 15 cm	1	230000
Cilindro Hidráulico	1	195000
Conector hidráulico o manguera 2m	1	76000
Bomba hidráulica P=1/2 hp y Q= 0,25 m ³ /s	1	295000
Presostato	1	25000
Filtro de aceite	1	75000
Enchufes rápidos	2	194000
Total		1'800000

Fuente: Elaboración propia.

Para la realización de este presupuesto, se buscó un distribuidor autorizado de productos hidráulicos ubicado en la ciudad de Medellín (Tecnihidraulica, 2022), ver Tabla 4.

A continuación, se puede visualizar el diagrama hidráulico de la prensa con cada uno de sus componentes, ver Figura 28.

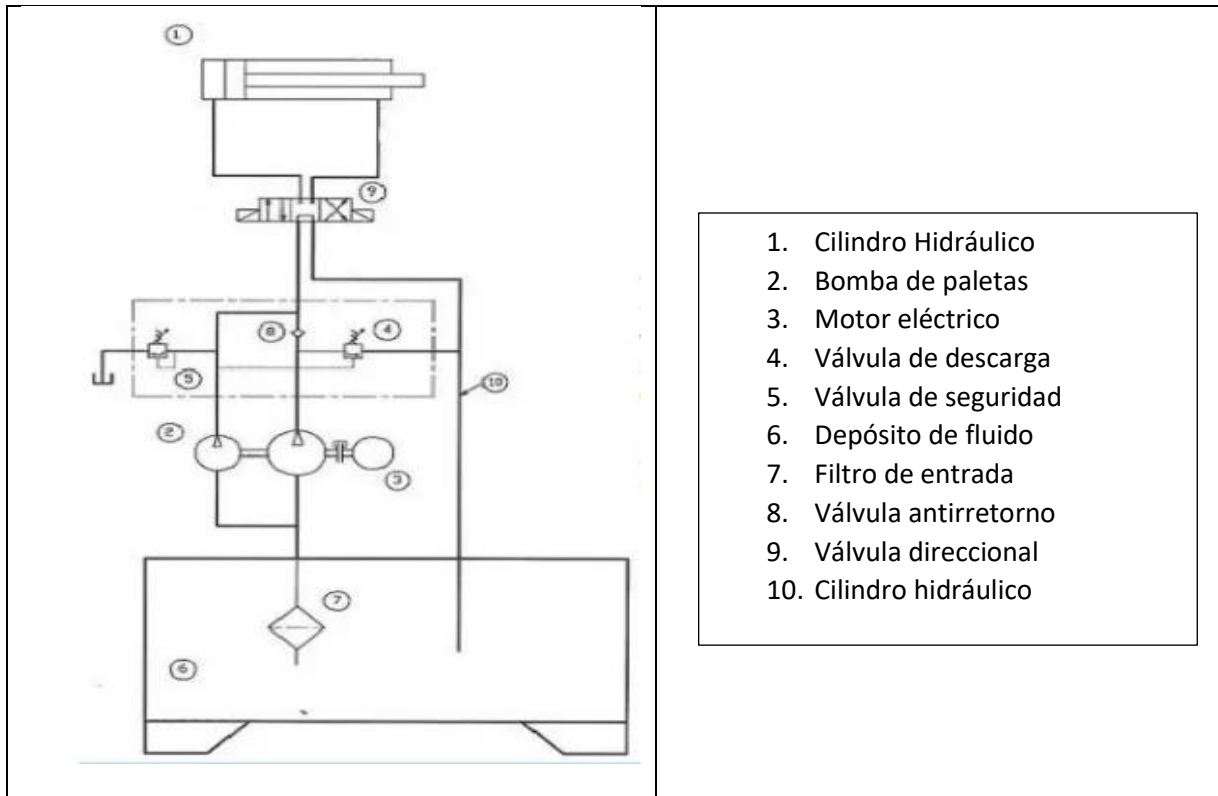


Figura 28. Diagrama Hidráulico de la prensa hidráulica tipo H.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28, se puede observar el diagrama hidráulico del sistema diseñado para el funcionamiento de la prensa tipo H : Primero se enciende el motor eléctrico de la bomba encargada de suministrar la presión al fluido y activar todo el sistema hidráulico. Luego, se activa la válvula direccional 3 x 4, la cual permite el paso de fluido hacia el cilindro hidráulico para que este salga y ejerza presión sobre el molde ubicado en la mesa de trabajo. Posteriormente, se activa la válvula nuevamente para que esta conmute y el fluido retorne e ingrese nuevo fluido por el lado derecho de la válvula lo que hace que este retorne a su posición de partida y el proceso se repite cuantas veces sea necesario.

Para la selección del cilindro hidráulico y la fuerza ejercida por este se utilizó la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A}$$

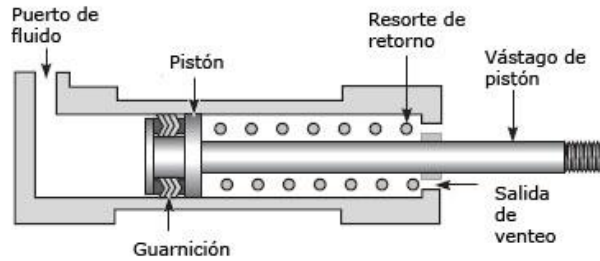


Figura 29. Cilindro hidráulico doble efecto.
Fuente: (sapiensman, 2013).

Donde:

P = Presión (N/m^2)

F = fuerza (N)

A = área de la cabeza del vástago (m^2)

La fuerza a ejercer por el cilindro 1 debe ser de 30 kN, ahora se procede a buscar en los catálogos disponibles en el mercado para identificar, cuál de estos, puede servir en el diseño de la prensa. Uno de los catálogos más completos es el de Festo, donde se puede apreciar su presión de trabajo, carrera, diámetro del cilindro y vástago (Festo, 2019).

Es importante recordar que existen varios diámetros y longitudes de vástago, los más comunes son: 8,10,12,16,20,25,32 y 40 mm y longitud de vástagos entre 10 y 320 mm. Si se toma como diámetro inicial uno de 40 mm el área transversal del vástago será:

$$A = \frac{\pi}{4} * (0,040^2 mm) = 0,0012566064 m^2$$

La presión necesaria para el sistema es:

$$P = \frac{30000 N}{0,0012566064 m^2} = 23873823,98 Pa$$

Esto en bares es:

$$23873,82398 kPa = \frac{1 bar}{100 kPa} = 238,7382 bar$$

Este valor de presión no es comercial. Por tal motivo, se tomó un cilindro hidráulico GHD 400-50-DT con una carrera de 50 mm y una presión nominal de 566 bares, el cual posee un diámetro de 300 mm o 3 cm, ver Tabla 5.

Tabla 6. Catálogo de cilindros hidráulicos marca Ferjovi.

Modelo	Fuerzas			Carrera mm	Presión Nominal Bar	Sección Útil	Diámetro pistón mm	Diámetro Exterior mm	Alturas mm		Peso Kg
	Tm	Tm	Kn						Vástago dentro	Vástago fuera	
GHD 25-160- DT	25	26.9	265	160	650	38.5	70	102	475	635	25
GHD 50-160 DT	50	55	539	160	637	78.5	100	138	484	644	46
GHD 100-100-DT	100	107.7	1056	100	649	153.9	140	188	380	480	70
GHD 100-160- DT	100	107.7	1056	160	649	153.9	140	188	510	670	90
GHD 100-200- DT	100	107.7	1056	200	649	153.9	140	197	560	760	100
GHD 200-100- DT	200	242.4	2378	100	577	346.3	210	280	464	564	195
GHD 200-160- DT	200	242.4	2378	160	577	346.3	210	280	584	744	230
GHD 200-200- DT	200	242.4	2378	200	577	346.3	210	280	664	864	260
GHD 300-90- DT	300	371.7	3646	90	531	531	260	356	475	465	310
GHD 400-50- DT	400	495	4854	50	566	706.9	300	408	415	465	360
GHD 400-100- DT	400	495	4854	100	566	706.9	300	408	505	605	405
GHD 400-150-DT	400	495	4854	150	566	706.9	300	408	605	755	490
GHD 400-200-DT	400	495	4854	200	566	706.9	300	408	705	905	575
GHD 500-100-DT	500	563	5522	100	621	804.2	320	445	620	720	625
GHD 500-160- DT	500	563	5522	160	621	804.2	320	445	740	900	730
GHD 500-160- DT	500	563	5522	200	621	804.2	320	445	820	1020	800

Fuente: (Ferjovi, 2021).

Para la selección de la bomba de paletas se utilizó el catálogo de Parker (Parker, 2019), ver Tabla 7.

Tabla 7. Catálogo de bombas de paletas marca Parker.

BOMBAS SIMPLES : NIVELES DE PRESION Y GIRO - CATALOGO GENERAL												
Serie	Tamaño Aro	Cubicaje Teórico Vi ml/rev	Giro Mínimo RPM	Giro Máximo			Presión Máxima					
				HF-0, HF-1, HF-2	HF-3, HF-4, HF-5		HF-0, HF-2	HF-1, HF-4, HF-5	HF-3			
				RPM	RPM	RPM	Int. bar	Cont. bar	Int. bar	Cont. bar	Int. bar	Cont. bar
T7B T7BS	B02	5,8	600	3600	1800	320 ¹⁾	290	240	210	175	140	
	B03	9,8										
	B04	12,8										
	B05	15,9										
	B06	19,6										
	B07	22,5										
	B08	24,8										
	B09	27,9										
	B10	31,5										
	B11	35,0										
	B12	40,5										
	B14	44,2										
	B15	49,4										
T6C	003	10,8	600	2800	1800	275	240	210	175	175	140	
	005	17,2										
	006	21,3										
	008	26,4										
	010	34,1										
	012	37,1										
	014	46,0										
	017	58,3										
	020	63,8										
	022	70,3										
	025	79,3										
	028	88,8										
	031	100,0										

Fuente: (Parker, 2019).

La bomba de paletas seleccionada es una T7Bs con un tamaño de aro B12 la cual trabaja a 3000 rpm y entrega una presión máxima de 300 bar.

7.4 Diseño del molde de la prensa tipo H

El molde para el ladrillo ecológico será fabricado en aluminio por ser un material fácil de limpiar y soportar temperatura mayores a los 700 °C (el material base del ladrillo PET se funde a los 150 °C). La parte interior del molde mide 26 x 13 x 4 cm, que corresponde a las dimensiones de un ladrillo estándar, pero el molde debe poseer unas dimensiones superiores, que en este caso serán de 34 x 19 x 10 cm, lo cual permite crear la forma del ladrillo dentro de él, ver Figura 31.

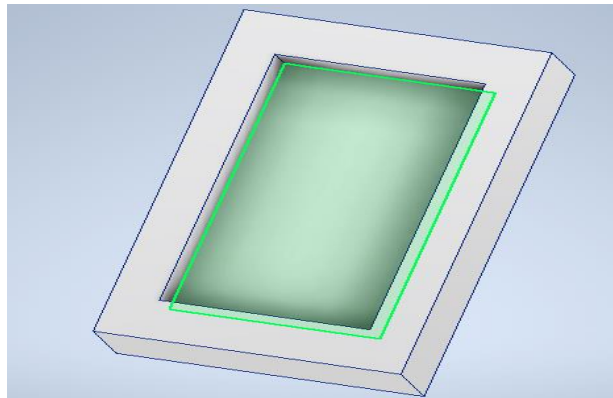


Figura 30. Molde en aluminio para la fabricación de ladrillos ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

7.5 Selección de la resistencia calorífica del molde

Para el cálculo de la resistencia eléctrica plana calorífica se debe calcular la potencia requerida disponible en su página (BrotoTermic, 2023), ver Figura 31.



Figura 31. Resistencias plana para moldes.
Fuente: (BrotoTermic, 2023).

Las resistencias planas eléctricas son instrumentos utilizados para intercambiar calor por medio de la conducción o radiación. Suelen adaptarse en instalaciones que requieren la transmisión térmica entre cuerpos.

La transferencia de calor por conducción es:

$$Q_{conducción} = \frac{K * A * (\Delta T)}{x}$$

Donde:

K: conductividad térmica (W/m.k)

A: área de calentamiento (m²)

X: longitud en la dirección del flujo de calor (m)

ΔT= diferencia de temperatura (K)

La potencia térmica es:

$$A = 2 * (10 * 34) + 2 * (19 * 10) + (34 * 19) = 1706 \text{ mm}^2$$

$$1706 \text{ mm}^2 * \frac{1 \text{ m}^2}{(1000 \text{ mm})^2} = 0,001706 \text{ m}^2$$

$$Q_{conducción} = \frac{(205 \frac{W}{m \cdot k}) * (0,001706 \text{ m}^2) * (523,15 - 301,15)k}{(4/1000)m} = 19,410 \text{ kW}$$

La resistencia eléctrica que serviría para el diseño es X-COM-7P-F código 599098999 la cual posee una potencia de 20 kW y puede ser ubicada en las parte inferior del molde (BrotoTermic, 2023).

8. PLANOS DE LA PRENSA HIDRÁULICA TIPO H

A continuación, se visualiza el isométrico de la prensa hidráulica tipo H diseñada para la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de botellas PET, ver Figura 32.

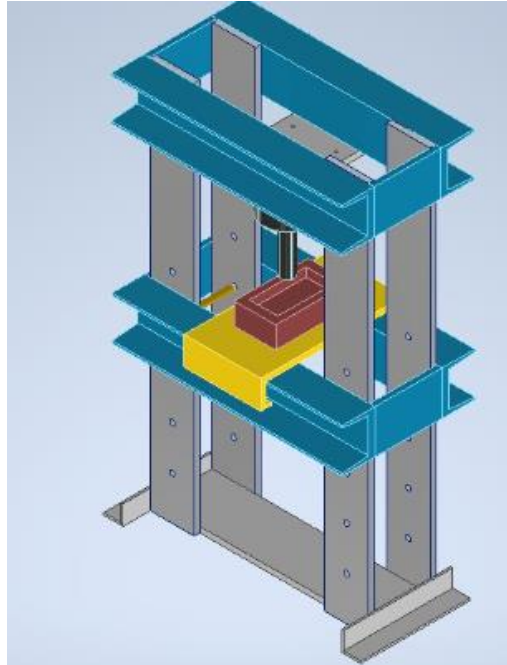


Figura 32. Isométrico prensa hidráulica diseñada para la fabricación de ladrillos ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

También se puede apreciar la vista frontal y lateral de la prensa hidráulica tipo H, ver Figura 33.

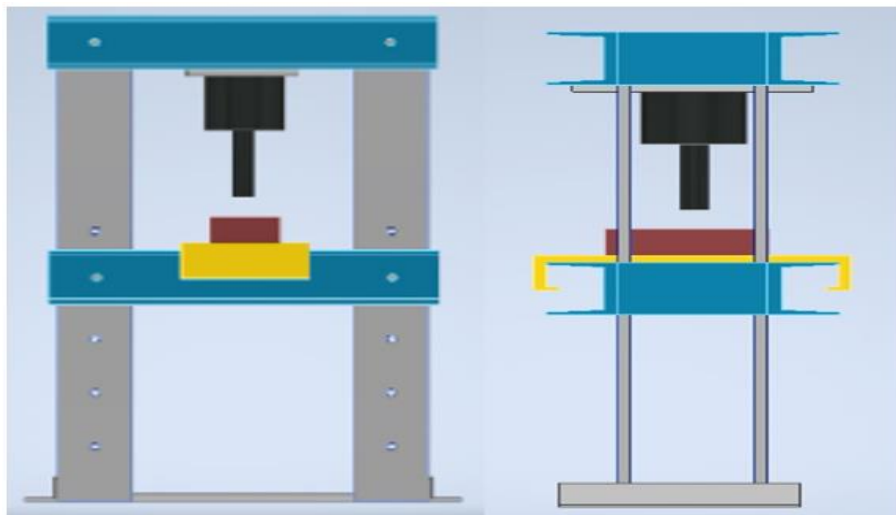


Figura 33. Vista frontal y lateral de la prensa hidráulica diseñada.
Fuente: Elaboración propia.

Además, de una vista tridimensional del sistema hidráulico: tanque, válvulas, filtro, bomba y motor impulsor, ver Figura 34.

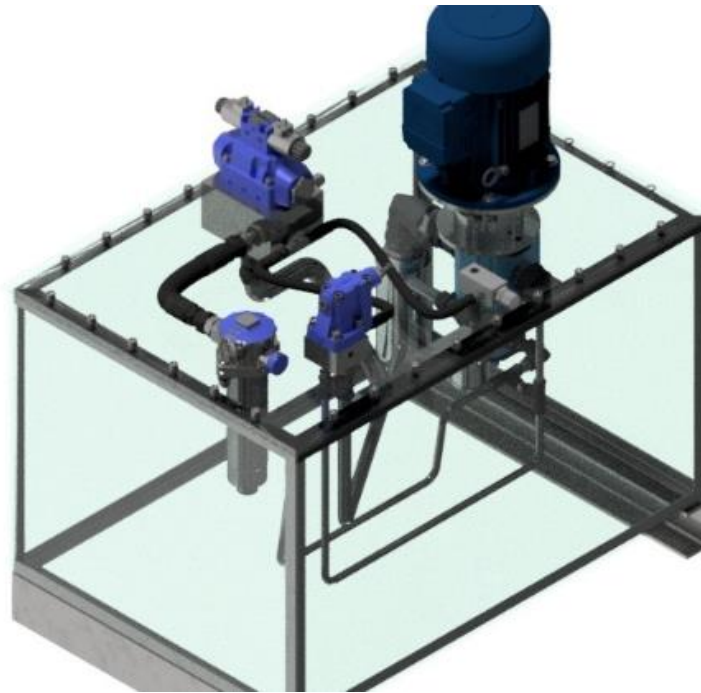


Figura 34. Sistema hidráulico de la prensa tipo H.
Fuente: Elaboración propia.

9. CONCLUSIONES

Para establecer los parámetros de funcionamiento de la prensa hidráulica calorífica tipo H como sus dimensiones fue de suma importancia la búsqueda bibliográfica realizada en sitios web sobre este tipo de prensas como todo lo relacionado con material PET.

Para el diseño de los componentes de la prensa hidráulica calorífica tipo H, se aprovechó la información encontrada durante la búsqueda bibliográfica y se siguieron las recomendaciones de la ACGIH. También en lo posible se utilizaron materiales comerciales como el acero A36 y dimensiones estándar como la utilizada para el pasador y las láminas de 1 pulgada o 25,4 mm.

Después de tener definida las dimensiones de cada uno de sus componentes, se utilizó el software de Inventor 2023 por su interfaz amigable y porque las piezas más importantes de estas pueden ser analizadas o simuladas para identificar si son capaces de soportar las fuerzas y los esfuerzos a los cuales están sometidas durante el funcionamiento de esta.

La selección de los componentes hidráulicos se fundamentó en la simulación hidráulica realizada en FluidSIM donde se permite corroborar el correcto funcionamiento del sistema como los elementos requeridos para su construcción.

El uso del software Inventor 2023 fue de gran ayuda para la creación de los planos como para el análisis de esfuerzos realizados a las piezas principales debido a las cargas de trabajo de la prensa debido a su interfaz sencilla y compatible con otros programas de dibujo como de impresión 3D.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

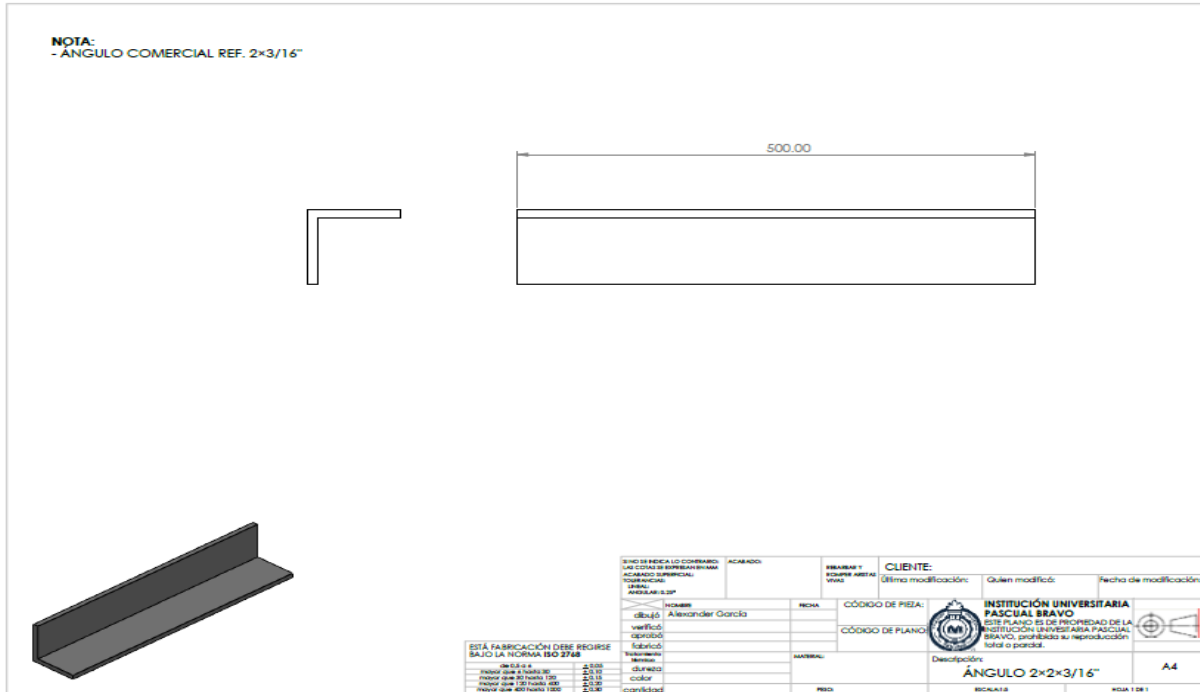
- ACGIH. (1992). *Manual de recomendaciones practicas para la prevención de riesgos profesionales*. Obtenido de https://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/doc_ergo_higiene/VENTILACION_INDUSTRIAL%20acgih%20esp.pdf
- AQUAe. (2023). Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/cuanto-tiempo-tardan-degradarse-desechos/#:~:text=Hemos%20hablado%20sobre%20cu%C3%A1nto%20tiempo,tardar%201.000%20a%C3%B1os%20en%20desaparecer.>
- ArchDaily. (5 de Diciembre de 2017). *ArchDaily Team*. Obtenido de <https://www.archdaily.co/co/884921/argentina-propone-ladrillos-fabricados-con-desechos-de-plastico-para-construir-viviendas-sociales>
- Arquitecturayempresa. (31 de Agosto de 2023). Obtenido de <https://arquitecturayempresa.es/noticia/casas-con-ladrillos-de-plastico-reciclado-en-colombia>
- AUTODESK-INVENTOR. (2023). Obtenido de <https://www.protocad3d.com/2016/06/modelado-ensamblaje-presentaciones-documentacion-autodesk-inventor-studio.html>
- Barboza, K., Montalban, F., Nuñez, M., Pantoja, F., & Soto, J. (Noviembre de 2019). *Universidad de Piragua*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4292/PYT_Informe_Final_Proyecto_Ladrillos_PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bavaresco, G. (2016). Obtenido de <https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf>
- Caracol. (3 de Julio de 2020). Obtenido de <https://noticias.caracol.com/antioquia/impactantes-imagenes-de-la-contaminacion-con-plasticos-en-embalses-de-antioquia>
- Cárdenas, P. M., & Morales, I. A. (2022). *Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23450/1/UPS%20-%20TTS1038.pdf>
- Crudo. (19 de Julio de 2019). Obtenido de <https://www.enestadocrudo.com/tipos-plastico/>
- DIETRICH, A. B. (2005). *MATERIALES COMPUESTOS: PROCESOS DE FABRICACION DE EMBARCACIONES*. Barcelona: EDICIONES UPC.
- Ecoembes. (26 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://ecoembesdudasreciclaje.es/que-es-exactamente-el-pet/>

- Elias, M. R. (1 de Febrero de 2019). *DGRS*. Obtenido de <https://dgrs.unmsm.edu.pe/2019/02/01/sabe-cuantos-anos-demora-el-plastico-en-degradarse/>
- Ensinger. (2022). Obtenido de <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plasticos-de-ingenieria/poliester-pet>
- Escobar, P. M. (24 de Noviembre de 2015). *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16439950>
- Ferjovi. (2021). Obtenido de <https://www.ferjovi.com/es/cilindros-hidraulicos-de-doble-efecto-con-seguridad/>
- Fernando, A. S. (Septiembre de 2012). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/10851255.pdf>
- Fernando, A. S., & Barbería, M. J. (2012). *upna*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/10851255.pdf>
- Festo. (2019). Obtenido de https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/699418/Distributor-Catalogue_2019_6Edition_ES_low.pdf
- Galbarro, H. R. (31 de Agosto de 2023). *Ingenieria Mecanica* . Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn38.html>
- García, N. A., Gómez, G. G., & Sepúlveda, R. M. (15 de Mayo de 2012). PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. Recuperado el 17 de Agosto de 2023, de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/248/1886>
- IGMA. (2020). Obtenido de <https://www.igma.com.mx/Prensas-tipo-H.html>
- Lokensgard, & Richardson. (20 de Noviembre de 2015). Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propiedades_del_PET.jpg
- MDsolid4.1. (2023). Obtenido de <https://mdsolids.programas-gratis.net/>
- Montoya, L. J., & Gutiérrez, D. A. (2012). <https://repositorio.esumer.edu.co/>. Obtenido de https://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/1205/2/Esumer_verde.pdf
- Nature. (19 de Julio de 2021). *The Nature Coservancy*. Obtenido de <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestras-prioridades/ciudades-saludables/detener-residuos-plasticos/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20e%20incineraci%C3%B3n%20de,infiltran%20en%20nuestra%20cadena%20alimentaria.>
- Naya, J. M. (2023). Obtenido de <https://juliomartineznaya.com/resistencias-industriales-tipo-de-material-a-calentar/>
- PARKER. (2018). Obtenido de http://www.catalogo.sitasa.com/familias/hidraulica/01_1.pdf
- Parker. (2019). Obtenido de <https://www.parker.com/parkerimages/vanepump/VaneProducts/ES/T7-ES.pdf>

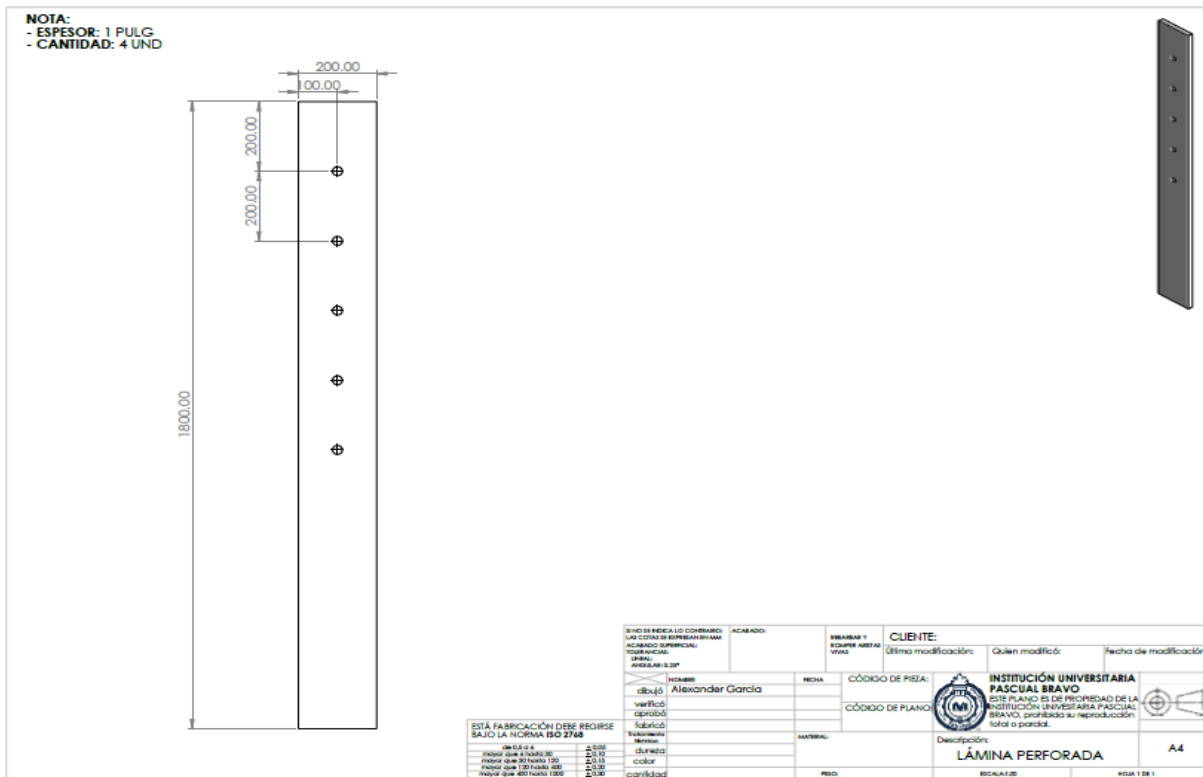
- PARKER. (2021). Obtenido de <https://parkest.com.ar/download/motor-bomba-hidraulica-serie-f11-f12-catalogo-hy30-8249-uk/?wpdmdl=2837&refresh=6515c745de6851695926085>
- Perez, D. (febrero de 2012). Obtenido de <http://fpdonaire-tab.blogspot.com/2012/02/obras-de-fabrica.html>
- Prieto, A. M. (1 de Agosto de 2021). *Plastics Technology Mexico*. Obtenido de <https://www.pt-mexico.com/articulos/problemas-decisivos-en-el-reciclado-de-pet-contaminacion>
- Ramírez, A., Navarro, L. G., & Acevedo, o. C. (2010). DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL POLI(ETILEN TEREFALATO). *Revista Universidad Nacional*. Recuperado el 13 de junio de 2023, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/20354/29309#:~:text=En%20el%20intervalo%20de%20temperatura,%25%20de%20PET%20degradado%2C%20respectivamente.>
- Robayo, L. (6 de Agosto de 2019). *MundoPMMI*. Obtenido de <https://www.mundopmmi.com/empaque/sustentabilidad/article/14037756/postobn-emphear-en-sus-envases-70-de-pet-reciclado-en-2024#:~:text=En%20Colombia%20salen%20anualmente%20al,fabricadas%20a%20partir%20de%20PET.>
- Rodavigo. (2020). *Rodavigo S.A.S.* Obtenido de <https://rodavigo.net/catalogos/ASLAK/02%20Metal/ASLAK%2026%20Prensas%20manuales%20e%20hidr%C3%A1ulicas.pdf>
- sapiensman. (2013). Obtenido de http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm
- Stinson, B. (13 de junio de 2014). *Tecnicas de conformado*. Obtenido de <http://tecnicasdeconformacion.blogspot.com/2014/06/tecnicas-de-conformacion.html>
- Techno Inyection*. (2019). Obtenido de <https://technoinjectiontools.mx/resistencias-industriales/>
- Tecnihidraulica. (2022). Obtenido de <https://www.tecnihidraulica.com/>
- Tecno8Marzo. (2013). Obtenido de https://tecno8demarzo.weebly.com/uploads/5/6/7/6/56762661/t3_materiales_de_construccion%20C3%93n.pdf
- Tecnología. (2021). Obtenido de http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/Tecnologia2/TM2_05.pdf
- Tope. (2014). *RESISTENCIAS TOPE, S.A.* Obtenido de <https://www.resistenciastope.com/es/calculo-resistencias/>
- Villalba. (Febrero de 2012). Obtenido de https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2012/02/introduccion_y_sin_perdida_material.pdf

Viteri, A. L. (2018). *UNED*. Obtenido de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf

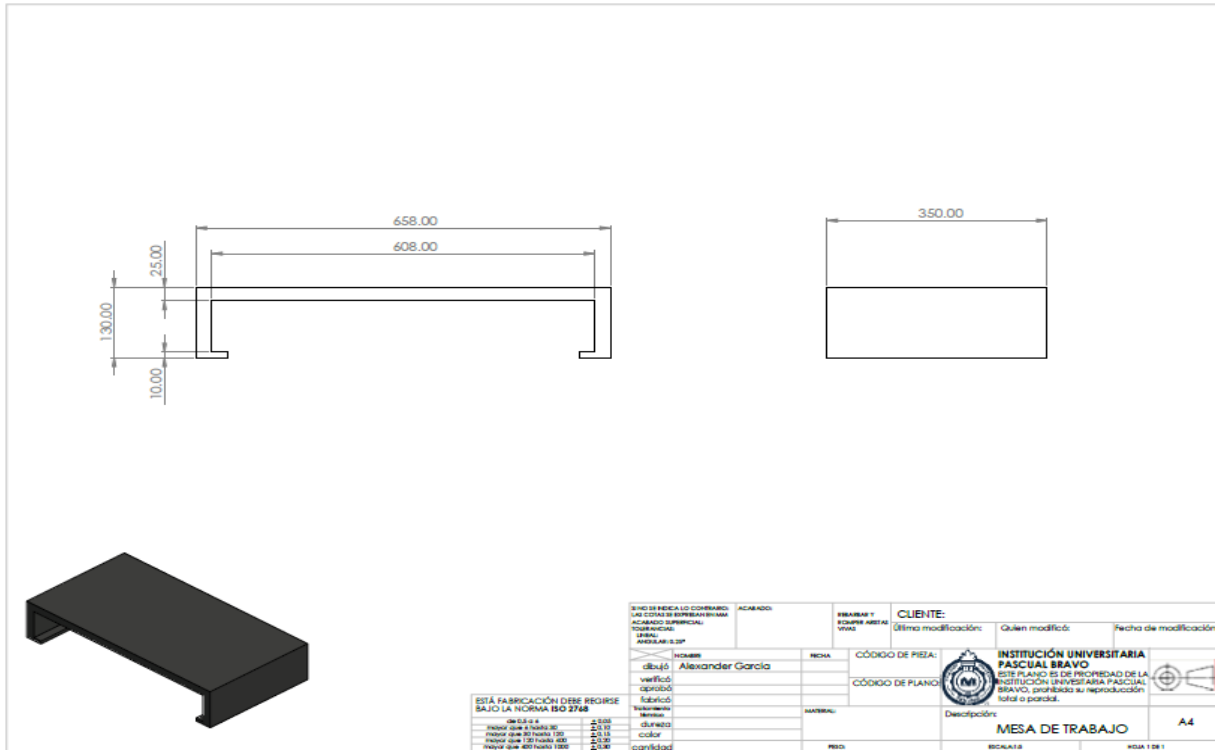
11. ANEXOS



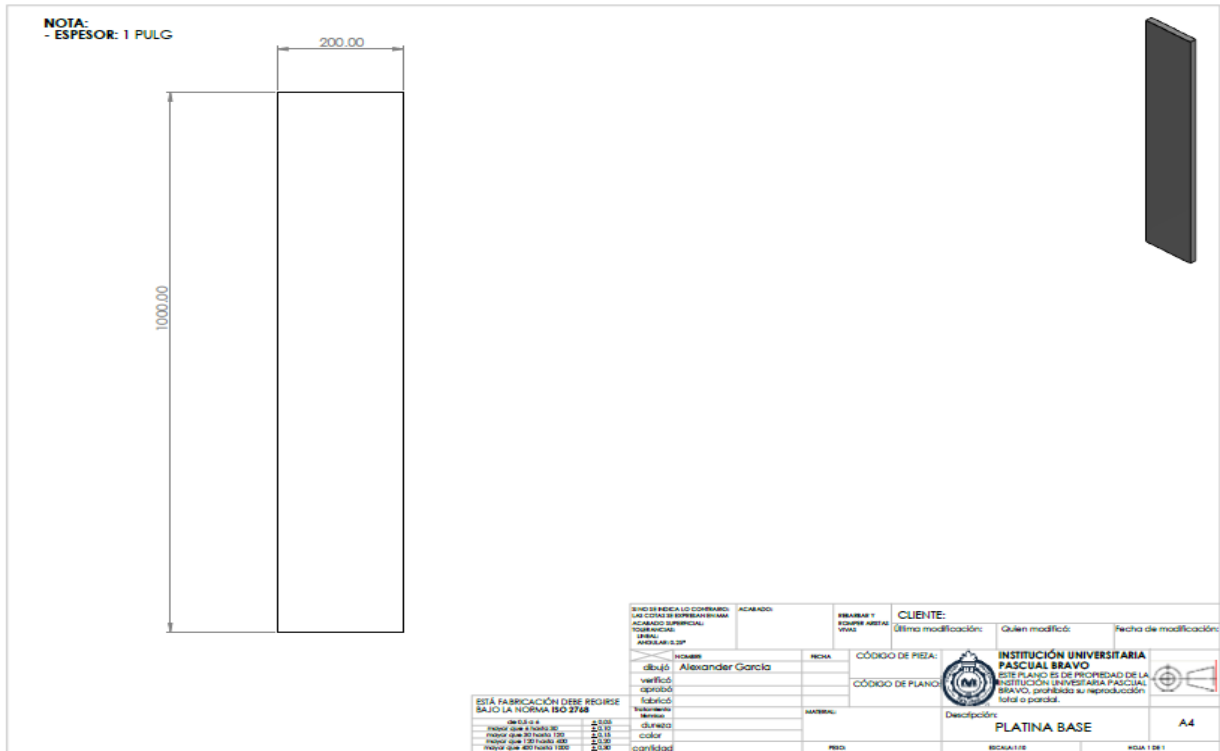
ANEXO 1. Ángulo base



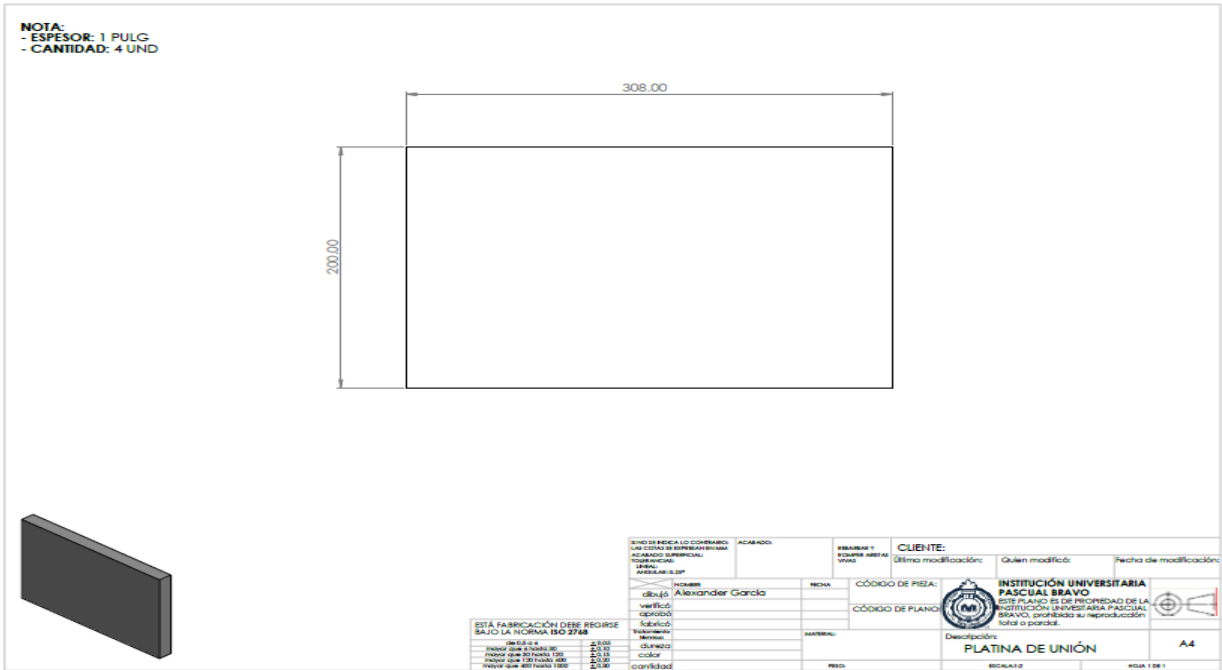
ANEXO 2. Láminas verticales perforadas.



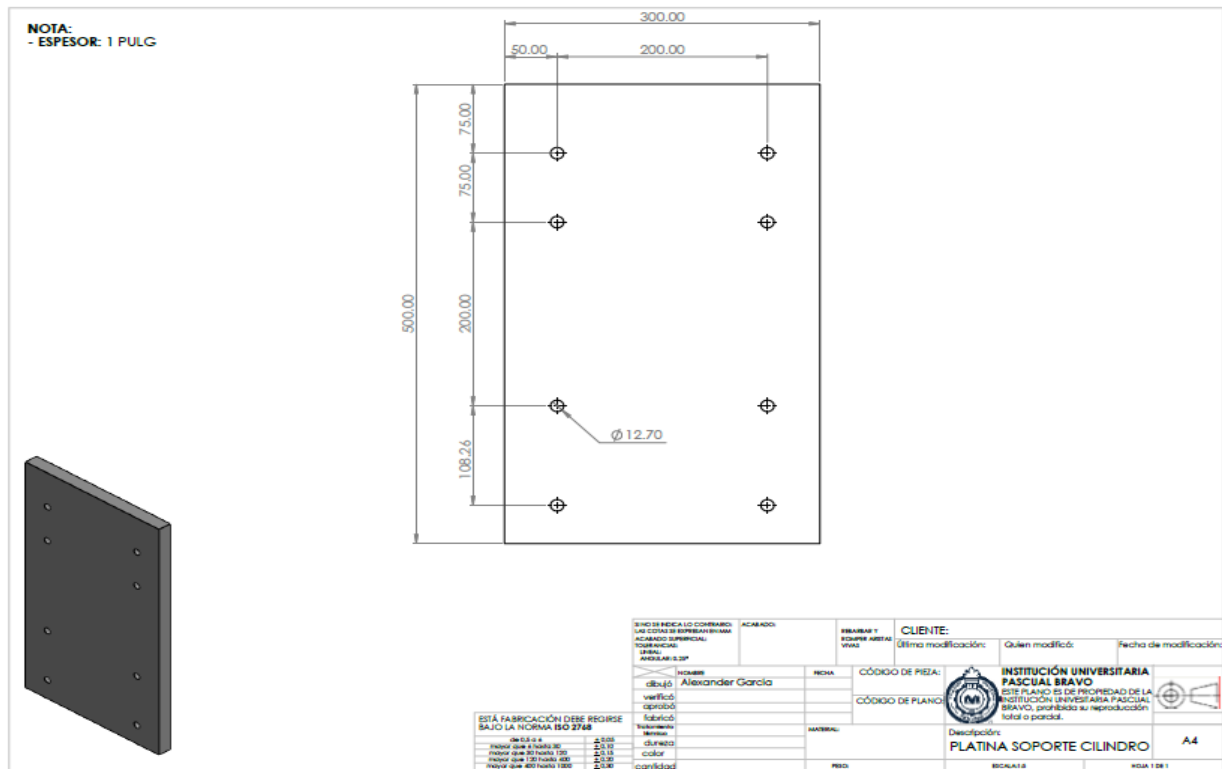
ANEXO 3. Mesa de trabajo.



ANEXO 4. Platina base.

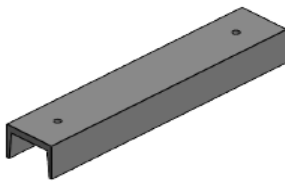
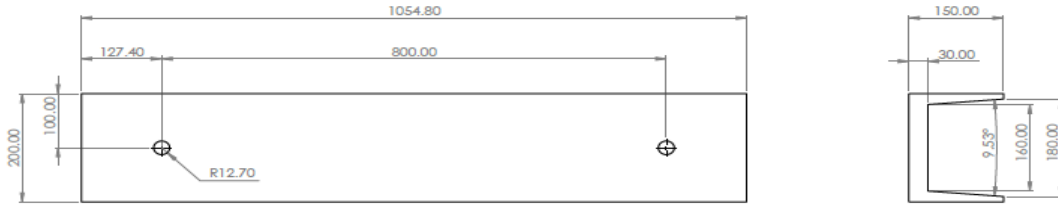


ANEXO 5. Platina de unión.



ANEXO 6. Platina soporte del cilindro.

NOTA:
- CANTIDAD: 4 UND



FINO SI BECA LO COMPROBADO LAS CONDICIONES DE ENTREGA ACABADO SUPLENDO TOLERANCIAS TUBO ANILLO 3.3"		ACABADO:	PREPARAR Y ENTREGAR ASESOR VIAJE	CLIENTE: Última modificación: Quien modificó: Fecha de modificación:
ESTA FABRICACIÓN DEBE REGISTRARSE BAJO LA NORMA ISO 9788		NOMBRE: Alexander Garcia VERIFICADO: DISEÑADO: FABRICADO: MATERIAL: PESO:	FECHA: CÓDIGO DE PIEZA: CÓDIGO DE PLANO: Descripción: VIGA EN C	INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO ESTE PLANO ES DE PROPIEDAD DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.
DIMENSIONES INFERIOR QUE 50 TAMAÑO 100 INFERIOR QUE 50 TAMAÑO 150 INFERIOR QUE 50 TAMAÑO 200	TOLERANCIAS ± 0.10 ± 0.15 ± 0.20	MATERIALES COLOR cantidad	Descripción: VIGA EN C	A4

ANEXO 7. Viga en C.