

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y
Mecatrónica**



**Diseño e implementación de una prensa hidráulica de 15 toneladas para el proceso de
forjado**

Tesis presentada por el Bachiller:

Martínez Mayca Nicolae Emmanuel Yousepi

ORCID: 009-0000-7538-5417

Guillen Flores Blamir Rafael

ORCID: 009-0008-3679-0776

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:

Dr. Valencia Salas, Mario Jose

ORCID: 009-0009-3797-0020

Arequipa – Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 11 de Enero del 2024

Dictamen: 008254-C-EPIMMEM-2024

Visto el borrador del expediente 008254, presentado por:

2011701301 - GUILLEN FLORES BLAMIR RAFAEL

2012402181 - MARTINEZ MAYCA NICOLAE EMMANUEL YOUSEPI

Titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PRENSA HIDRAULICA DE 15 TONELADAS PARA EL
PROCESO DE FORJADO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**06426119 - ALVAREZ FLOREZ DARWIN REYNALDO
DICTAMINADOR**



**29685318 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



**29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR**



Diseño e implementación de una prensa hidráulica de 15 toneladas para el proceso de forjado

ORIGINALITY REPORT

25%

SIMILARITY INDEX

24%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	es.mfgrobots.com Internet Source	6%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Student Paper	4%
3	dspace.ups.edu.ec Internet Source	2%
4	www.neheylermechatronics.com Internet Source	1%
5	www.scribd.com Internet Source	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	1%
7	Submitted to University of Wales Swansea Student Paper	1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Internet Source	1%

hmong.es

Dedicatoria



A Dios, por darme la oportunidad de haberme permitido lograr mis metas, y por su infinita bondad y amor, hacia mi familia y persona.

A mis Padres y hermanos, y todos los que me acompañaron en este proceso.

Agradecimiento



Gracias a mi universidad por permitir formarme en esta casa de estudios, y a todas las personas cercanas que colaboraron con este proceso.

RESUMEN

La presente proceso de investigación, tiene como objetivo implementar en la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica, de la Universidad Católica de Santa María, un Módulo Educativo para el proceso de forjado, siendo de gran ayuda para el desempeño educativo dentro de la carrera, de igual manera, fortalecer la teoría y la práctica en los procesos de manufactura.

Por otro lado comprender los diversos procesos de forja e investigar sus diversos defectos en este proceso, donde se proporciona una breve descripción de la clasificación según su función acorde a la temperatura de la pieza de cómo son trabajo en forjado en caliente y en la disposición de forjado abierto, de impresión y cerrado.

También se analizó brevemente los parámetros de diseño, los requisitos del material y la selección de los materiales adecuados. Además, se describen brevemente los equipos de forja (martillo y prensa), dando los factores para la selección de la máquina de forja, características y aplicaciones comunes de forja.

Finalmente el diseño y la construcción propuesto es de una prensa hidráulica para el forjado, con el soporte del programa SolidWorks, donde a su vez compartiremos sus defectos de todos los tipos de procesos, donde a través de una prensa hidráulica de 15 Ton, se modela el proceso de forjado caliente, definiendo en su desarrollo las posibles causas de defectos como falta de relleno, falta de coincidencia y hoyos de escamas a través de una sesión de lluvia de ideas y para determinar las causas, lo que puede tener el mayor efecto, en el diseño propuesto.

Concluyendo en el diseño de modulo didáctico como proceso de forjado se diferenció el producto de calidad de la pieza producida comparada por cualquier otro proceso, dando a implementar acciones preventivas para reducir perdidas en diseños con procesos reales.

Palabras claves: Forja, Prensa hidráulica de 15 Ton.

ABSTRACT

The objective of this research is to implement in the Professional School of Mechanical, Mechanical-Electrical and Mechatronic Engineering, of the Catholic University of Santa María, an Educational Module for the Forging Process, being of great help for educational performance within the career, likewise, strengthen theory and practice in manufacturing processes.

On the other hand, understand the various forging processes and investigate their various defects in this process, where a brief description of the classification is provided according to their function according to the temperature of the piece, how they are hot, cold and warm forged work and in the arrangement of open, impression and closed forging.

Design parameters, material requirements, and the selection of suitable materials were also briefly discussed. In addition, the forging equipment (hammer and press) is briefly described, giving the factors for the selection of the forging machine, characteristics and common forging applications.

Finally, the proposed design and construction is of a hydraulic press for forging, with the support of the SolidWorks program, where in turn we will share its defects of all types of processes, where through a 15 Ton Hydraulic Press, it is modeled. the hot forging process, defining in its development the possible causes of defects such as lack of fill, mismatch and flake holes through a brainstorming session and to determine the causes, which can have the greatest effect, in the proposed design.

Concluding in the design of the didactic module as a forging process, the quality product of the produced piece was differentiated compared to any other process, leading to the implementation of preventive actions to reduce losses in designs with real processes.

Keywords: forging, 15 Ton Hydraulic Press..

Índice

Dedicatoria	
Agradecimiento	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	13
Capítulo I.....	14
1. Planteamiento Del Problema.....	14
1.1. Descripción del Problema.....	14
1.2. Formulación del Problema.....	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo General.	14
1.3.2. Objetivos Específicos.	14
1.4. Justificación.....	15
1.4.1. Importancia de la investigación.....	15
1.5. Alcances y Limitaciones.....	16
1.6. Sustentación Técnica – Económica	16
Capitulo II	17
2. Marco Teórico.....	17

2.1. Antecedentes del Proceso de forja.....	17
2.2. Proceso de forja	19
2.2.1. Forja según el tipo de matriz.	20
2.2.2. Forja según el tipo de máquina.....	21
2.3. Ventajas y desventajas de procesos de forjado.....	24
2.4. Tecnología de equipos de Forjado.....	26
Capitulo III.....	32
3. Proceso Metodológico.....	32
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	32
3.1.1. Tipo de Investigación	32
3.2. Variables y Operacionalización.....	32
3.3. Población, muestra y muestreo.....	32
3.3.1. Diseño de Investigación	32
3.4. Estructura de Diseño.....	35
3.5. Secuencia de Operaciones.....	35
3.7. Matriz Morfológica.....	37
3.8. Análisis de Forja.....	42
3.10. Forja en Caliente.....	42
3.11. Material de la pieza de trabajo para forja en caliente	43
3.12. Herramientas y aceros para herramientas en forja en caliente.....	44
3.13. Tratamiento térmico para forja en caliente	46
3.14. Lubricación para forjado en caliente.	48

3.14.1. Tipo de lubricantes	49
3.15. Fundamentos con forja matriz abierta	50
3.16. Tratamientos térmicos en el aluminio.....	50
Capitulo IV	51
4. Diseño y Construcción De Prensa hidráulica de 15 Toneladas.	51
4.1. Sistema Hidráulico.	52
4.1.1. Diseño del cilindro hidráulico	52
4.1.2. Diseño del espesor de pared del cilindro hidráulico.....	53
4.1.3. Diseño del diámetro exterior del cilindro hidráulico.....	55
4.1.4. Esfuerzo tangencial máximo en el cilindro hidráulico	55
4.1.5. Diseño del espesor de la placa de la tapa del extremo del cilindro hidráulico .	55
4.1.6. Diseño del pistón de la prensa hidráulica	56
4.1.7. Selección de bomba hidráulica	56
4.1.8. Tuberías, mangueras y accesorios hidráulicos	57
4.1.9. Diseño del Circuito Hidráulico.....	57
4.2. Armazón y Estructura.....	59
4.2.1. Diseño de Soporte Principal.....	61
4.2.2. Diseño de Ensamble y Funcionamiento	68
4.3. Análisis de costos del proyecto.	72
4.3.1. Costos de ingeniería.	72
4.3.2. Análisis económico del equipo hidráulico y componentes requeridos. ...	73

Conclusiones	76
Recomendaciones.....	77
Referencia.....	78



Índice de Figuras

Figura N°. 1 Clasificación de ensayos de materiales	19
Figura N°. 2 Forja matriz abierta.....	20
Figura N°. 3 Operación forja matriz cerrada.....	20
Figura N°. 4 Esquema de función de Prensa Mecánica	22
Figura N°. 5 Esquema de función de Prensa hidráulica	23
Figura N°. 6 Esquema de función de Prensa de Tornillo	23
Figura N°. 7 Martillo de tablero mecánico.....	28
Figura N°. 8 Martillo de vapor	28
Figura N°. 9 Prensa Hidráulica.....	29
Figura N°. 10 Esquema de lista de Exigencias.....	34
Figura N°. 11 Esquema Caja Negra	35
Figura N°. 12 Flujograma de metodología.....	36
Figura N°. 13. Prensa Hidráulica y partes de fabricación y selección.	39
Figura N°. 14 Esquema de Matriz de Morfológica	39
Figura N°. 15 Modelo de pieza “Aros llama puertas”.....	51
Figura N°. 16 Ingreso de datos den FluidSim	58
Figura N°. 17 Diagrama de circuito hidráulico	59
Figura N°. 18 Tabla de Planchas de Acero ASTM A36.....	64
Figura N°. 19 Soporte Principal de prensa hidráulica	65
Figura N°. 20 Área transversal de soporte principal	65
Figura N°. 21 Soporte de Armazón	66
Figura N°. 22 Soporte de Armazón	66
Figura N°. 23 Soporte Secundario.....	68
Figura N°. 24 Maquina didáctica para el proceso de Forjado	72
Figura N°. 25 Crisol de fundición y pinza.....	96
Figura N°. 26 Epps básicos para el proceso de fundición	96
Figura N°. 27 Molde Lingote de Grafito hasta 2000°C	97
Figura N°. 28 Pinza para forjado.....	97

Índice de Tablas

Tabla N°. 1. Tabla de punto de Fusión en metales.....	42
Tabla N°. 2. Tabla de comparación de tipo de forjado.....	43
Tabla N°. 3. Tabla de Proveedor LARZEP	53
Tabla N°. 4. Tabla de IJSDR - Universal	55
Tabla N°. 5. Tabla de selección de bomba manual	57
Tabla N°. 6. Tabla de IJSDR - Universal	62
Tabla N°. 7. Tabla de factor de seguridad en diseño mecánico	63
Tabla N°. 8. Análisis estático de ensamble	68
Tabla N°. 9. Componentes de Ensamble para módulo didáctico	71
Tabla N°. 10. Tabla de costos de componentes para módulo didáctico	75
Tabla N°. 11. Tabla de costos de Actividades de taller para módulo didáctico	75

INTRODUCCIÓN

La forja es un proceso de formación de metales, comúnmente es utilizado en la industria. La forja como proceso se ve fuertemente afectado por la temperatura. Donde el proceso de forja en caliente, se puede utilizar una amplia gama de materiales e incluso se pueden formar geometrías complejas. Sin embargo, en la forja en frío, solo aceros de bajo carbono como material ferroso con simple se pueden forjar geometrías y se requiere maquinaria de forja de alta capacidad. La forja en caliente compromete las ventajas y desventajas del calor y el frío. En el proceso de forja en caliente, se puede obtener un producto con mejores tolerancias. producido en comparación con el proceso de forjado en caliente y una amplia gama de materiales pueden ser forjado en comparación con el proceso de forjado en frío.

Al tener los conocimientos teóricos y técnicos de diseño con un módulo educativo para el proceso de forjado, atendemos las necesidades para dar una nueva cara a la industria y a la preparación educativa en las universidades , fomentando nuevos retos en el diseño mecánico.

CAPITULO I : Literatura del proceso de forjado de metales con el fin de identificar las técnicas y metodologías para su diseño molado en una Prensa hidráulica de 15 Toneladas, marcando los objetivos, justificación y alcances de diseño.

CAPITULO II : Marco teórico del proceso, resumiendo antecedentes y tipos en los procesos de forjado, logrando comprender el interés de este proceso dentro de la manufactura de materiales y como se interviene en la actualidad.

CAPITULO III : Aspectos metodológicos contemplados en el diseño de la investigación , variables y lista de exigencias en la matriz morfológica y secuencia de operaciones , logrando captar el interés de la investigación, y mencionando parámetros de análisis en el forjado para posteriores avances de la investigación.

CAPITULO IV : Resultados en el diseño del sistema hidráulico y componentes principales y secundarios de la prensa hidráulica de 15 Toneladas, para aplicaciones de forjado , dentro del marco de aprendizaje y desarrollo profesional

CAPITULO V : Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo I

1. Planteamiento Del Problema

1.1. Descripción del Problema

En la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María (EPIMMEM-UCSM), no cuenta con módulos de aprendizaje para el proceso de forjado en el laboratorio de producción

En el actual plan de estudios, contempla el curso de Procesos de Manufactura I y II, por el cual se brindara mayor aporte hacia el conocimiento en el proceso de forjado de materiales, dada la mención esto es necesario diseñar y fabricar un módulo didáctico que pueda realizar dicha actividad, con la finalidad de realizar ensayos prácticos en las clases impartidas por el programa.

1.2. Formulación del Problema

¿Está en la posibilidad el diseño y construcción de módulos de aprendizaje para el Proceso de Forjado en taller de proceso de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica, para fomentar el diseño a escala industrial?

A su vez conlleva a tender problemas específicos, formulando si ¿Es sólida la preparación académica y técnica para el diseño de máquinas mecánicas y eléctricas como parte de un buen desarrollo en software de diseño a nivel experto como SolidWorks? y ¿El diseño mecánico y constructivo está sobrevalorado en el Perú?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar y construir de un módulo para el proceso de forjado de tipo prensa hidráulica de 15 toneladas, con el soporte del programa SolidWorks, para la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Diseño de piezas y componentes de prensa hidráulica de 15 Ton, mediante el uso del Software SolidWorks.

- Fabricar la Prensa hidráulica de 15 Ton, para el Proceso de Manufactura en el desarrollo de forjado en caliente, con materiales disponibles en el mercado.
- Selección de equipos complementarios para el adecuado funcionamiento de la prensa Hidráulica de 15Ton (Mangueras, Bomba hidráulica, cilindro hidráulico y manómetro)
- Realizar ensayos prácticos relacionadas con el diseño.

1.4. Justificación.

1.4.1. Importancia de la investigación.

Se transmitió un enfoque donde se justifica la enseñanza académica como herramienta en identificar nuevos conceptos a raíz de nuevas tecnologías en el desarrollo profesional como softwares de gran demanda, a esta investigación, donde se planteó la solución del problema que viene preocupando al entorno educativo en nuestro país, comprometiendo al colegio de ingenieros ante la falta de ingenieros en el área de diseño, Esta reducción se debe a que sectores como la minería u otros, son acogidos para una labor de control y mantenimiento siendo la más lucrativa , dejando de lado el fortalecimiento de esta cara de la ingeniería mecánica eléctrica, como profesionales autónomos apostamos por el desarrollo industrial en base a una sólida preparación a raíz de diseños y módulos educativos que explora la ingeniera, dándole un valor agregado a nuevas investigaciones y proyectos fomentando al estado a invertir en becas y otros beneficios educativos.

La calidad de la forja y la economía y productividad del proceso dependen de las herramientas y la habilidad del operador. En la forja en prensa, el material generalmente se golpea solo una vez en cada impresión de troquel y el diseño de cada impresión se vuelve más importante mientras que la habilidad del operador es menos crítica.

El desarrollo continuo de la tecnología de forjado requiere una comprensión sólida y fundamental de las capacidades y características del equipo. El equipo, es decir, prensas y martillos utilizados en la forja, influye en el proceso de forja, ya que afecta la tasa de deformación y las condiciones de temperatura, y determina la tasa de producción. Los requisitos de un proceso de forja determinado deben ser compatibles con las características de carga, energía, tiempo y precisión de una máquina de forja determinada.

En la importancia de mantener un adecuado producto final, existe los defectos que causan la mala calidad, los procesos de forja no son una excepción a esto. Económicamente, así como desde una perspectiva de calidad, es mejor comprender y controlar el proceso para evitar defectos en lugar de desechar las piezas defectuosas durante la inspección final.

También surgen nuevas ideas de investigación como el análisis del exceso o el estudio del área de flash en otros procesos de forjado con troqueles, El flash delgado aumenta la resistencia al flujo del sistema y aumenta la presión a valores altos, lo que garantiza que se llenen todas las formas intrincadas de la cavidad. El diseño de Flash es un paso muy crítico e importante.

1.5. Alcances y Limitaciones

Se estableció un diseño educativo, desarrollado y ensamblado en el programa de diseño SolidWorks, siendo uno de los más usados a nivel de Latinoamérica, logrando su construcción y prueba de funcionamiento para el taller de procesos de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la UCSM.

Teniendo como limitaciones el desarrollo educativo y uso operacional del proceso de forjado en caliente.

1.6. Sustentación Técnica – Económica

La evaluación integral de los aspectos técnicos y económicos, esta para determinar la viabilidad y conveniencia de llevar a cabo un proyecto o diseño específico. La evaluación cumple las exigencias y decisiones informadas sobre la realización del diseño y su posible implementación. La valuación de los costos y beneficios asociados con el diseño son accesibles para considerar su desarrollo, producción, distribución y mantenimiento del producto, donde los beneficios económicos son los esperados, conforme a la presente investigación.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes del Proceso de forja

La investigación aborda un contexto de diseño y construcción enfocando los interés de la investigación que se desarrolló como parte del problema que la investigación conociendo sus inicios.

El término "forja" se aplica a los procesos en los que una pieza de metal se trabajado en una máquina a la forma deseada por deformación plástica del material de partida. La energía que promueve la deformación es aplicada por un martillo, prensa, volcador o anillo rodillo, ya sea solo o en combinación.

La forma es impartida por las herramientas que contactan la pieza de trabajo y mediante un cuidadoso control del proceso de deformación. Una forja es producida en tres fases distintas: preparación del stock en forma de tochos, palanquillas, barras o lingotes; deformación plástica del componente de metal a tolerancia estrecha, áspera o neta forma en uno de los procesos de forja; y operaciones secundarias apropiadas (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

El arte de la forja se remonta al menos al 4000 a. C. y probablemente antes. metales tales como el bronce y el hierro forjado fueron forjados por el hombre primitivo para producir herramientas manuales y armas de guerra. La forja de hierro forjado y acero al crisol continuó hasta cerca del finales del siglo XIX para propósitos similares y las armas de guerra todavía son producidas por el proceso de forja utilizando metales más contemporáneos. Los forjadores del siglo XIX eran especialmente hábiles a mano o por forja en matriz abierta de hierro forjado. Muchas piezas forjadas de ejes grandes que pesan 10 Tony más fueron construidos gradualmente por un proceso de forja.

La invención del Bessemer proceso de fabricación de acero en 1856 fue un gran avance para la forja ferrosa industria. Los forjadores ahora tenían un suministro abundante de acero de bajo costo para la producción de cantidades de volumen de piezas forjadas. Se ha aceptado que las primeras piezas forjadas de acero con cavidad utilizando un proceso de troquel cerrado iniciado en los Estados Unidos en 1862 para la producción de Componentes para el revólver Colt.

El posterior desarrollo del proceso Bessemer con la invención del técnica básica de fabricación de acero significaba que los suministros más baratos de mineral de hierro con alto los niveles de fósforo y azufre podrían fundirse para producir acero de buena calidad. El desarrollo simultáneo del proceso de fabricación de acero de hogar abierto hacia el final del siglo 19 significó que la industria de la forja ahora tenía un costo confiable, bajo, alto volumen de materia prima. Con la introducción de los vehículos de motor, una demanda considerable de piezas forjadas desarrollado en los primeros años del siglo XX. Hasta 1930, cuando la primera Se introdujo la prensa de forja (Prensa Maxi), todas las piezas forjadas se produjeron en martillos. La ventaja de la prensa de forja fue ejemplificada por tasas de producción más altas y un menor grado de habilidad en la producción de piezas forjadas en comparación con la forja con martillo.

El introducción de la prensa de forja no hizo obsoleto el martillo de forja, sino más bien desafió a los fabricantes a mejorar su producto y, por supuesto, hay muchos forjas que se hacen mejor en martillos (Handbook of Engineering Materials, 2023)

Hoy en día se cuenta con martillos y prensas controlados por computadora capaces de hacer una amplia gama de componentes en una variedad de materiales para muchas aplicaciones, incluyendo aeroespacial, automotriz, minería y agricultura, por mencionar algunos. Así se ve claramente que, desde los albores de la humanidad, el trabajo del metal ha asegurado fuerza, dureza, confiabilidad y la más alta calidad en una variedad de productos. Hoy en día, estas ventajas de componentes forjados adquieren mayor importancia a medida que las temperaturas de funcionamiento cargan y las tensiones aumentan.

Los productos de la forja pueden ser diminutos o macizos y pueden estar hechos de acero (ejes de automóviles), latón (válvulas de agua), tungsteno (toberas de cohetes), aluminio (por ejemplo, miembros estructurales de aeronaves) o cualquier otro metal. La forja es preferida en la industria porque tiene algunas ventajas básicas. como operaciones de mecanizado reducidas, capacidad de producir piezas complejas, grano refinado estructura y flujo de grano óptimo, propiedades direccionales deseables. Y también La integridad estructural del producto final es una ventaja importante para las empresas.

Como así también se tiene la propuesta de un módulo educativo en el proceso de forja (Navarrete, 2022) , formuló una propuesta de diseño para una máquina didáctica para forja con el mecanismo para elevación de carga a base de una banda plana de transmisión.

Tomando como elección la prensa hidráulica por ser una herramienta para producir fuerza de compresión por medio de un fluido. El cual depende del principio de Pascal que la presión a lo largo de una entidad cerrada es constante. Por medio del sistema hidráulico se pueden producir mayores fuerzas en contraste con los sistemas mecánicos y eléctricos. Dichas fuerzas se pueden utilizar para la aplicación de trabajo de la prensa, como troquelado, punzonado, perforar, acuñar, recortar, etcétera.

El trabajo de prensa es un método de producción en masa que involucra el trabajo en frío de metales, generalmente en forma de láminas o tiras delgadas. El trabajo con prensas es uno de los métodos ampliamente empleados para fabricar piezas de formas intrincadas con paredes delgadas. Los procesos de trabajo de prensa hacen uso de grandes fuerzas por parte de las herramientas de prensa durante un breve intervalo de tiempo, lo que da como resultado el corte o la conformación de la chapa. Dado que el trabajo de la prensa no implica calentamiento de las piezas, se pueden obtener tolerancias estrechas y un alto acabado superficial en la pieza. Dado que las prensas pueden producir componentes a velocidades bastante rápidas.

2.2. Proceso de forja

El proceso de forja se puede clasificar según; (i) tipo de matriz como matriz cerrada y matriz abierta, (ii) tipo de máquina como martillo, prensa mecánica, prensa hidráulica, tornillo prensa y recalador y (iii) temperatura de trabajo como forja en caliente, forja en frío y forja caliente.



Figura N°. 1 Clasificación de ensayos de materiales

Fuente: Tecnología industrial – Bloque III materiales (2013)

2.2.1. Forja según el tipo de matriz.

La forja en matriz abierta, se realiza entre matrices planas o matrices de forma muy simple. Ver fig.Nº2. El proceso se usa principalmente para objetos grandes o cuando el número de las piezas producidas son pequeñas. A menudo se utiliza la forja con matriz abierta para preparar la pieza de trabajo para de forja en matriz cerrada. (George E. Dieter, 1976)

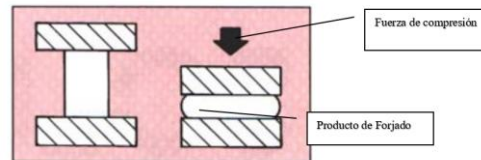


Figura N°. 2 Forja matriz abierta.

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

La operación más simple de forjado en matriz abierta es el recalado de un tocho cilíndrico. entre dos troqueles planos. A medida que el metal fluye lateralmente entre el troquel que avanza superficies, hay una menor deformación en las interfaces del dado debido a las fuerzas de fricción que en el plano de altura media. Por lo tanto, los lados del cilindro volcado se vuelven abombados. Como regla general, el metal fluirá más fácilmente hacia la superficie libre más cercana porque esto representa la trayectoria de fricción más baja.

En la forja con matriz cerrada, la pieza de trabajo se deforma entre las mitades de la matriz, Ver fig.Nº2 lo que llevar las impresiones de la forma final deseada Dado que la pieza de trabajo se deforma bajo alta presión en una cavidad cerrada, piezas con formas más complejas y se pueden producir tolerancias más estrechas que con piezas forjadas de matriz abierta.

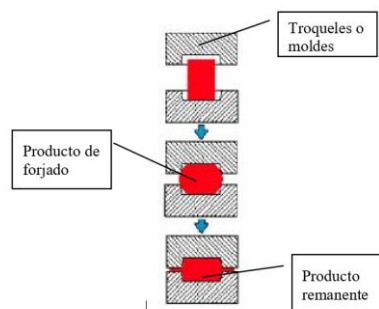


Figura N°. 3 Operación forja matriz cerrada

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

Es importante usar suficiente metal en la pieza de forja para que el dado de la cavidad está completamente lleno. Porque es difícil poner la cantidad justa de metal en los lugares correctos durante el batanado y el ribeteado, se acostumbra usar una ligera exceso de metal. Cuando los troqueles se unen para el paso de acabado, el exceso de metal sale a chorros de la cavidad como una delgada cinta de metal llamada flash. Para prevenir la formación de un flash muy ancho, generalmente se proporciona una cresta, conocida como canalón de flash.

2.2.2. Forja según el tipo de máquina.

Los martillos son máquinas de energía restringida ya que la deformación resulta de disipando la energía cinética del ariete. La forja con martillo es un método preferido para forjas individuales. Es la formación de un metal u otro material, por una acción instantánea aplicación de presión a un área relativamente pequeña. Un martillo o un carnero, entregando golpes intermitentes a la sección a forjar, aplica esta presión.

Los dos tipos básicos de martillos son el martillo de tablero y el de potencia

El martillo de tablero, la matriz superior y el ariete se elevan mediante rodillos de fricción. agarrando el tablero. Cuando se suelta el tablero, el ariete cae bajo la influencia de gravedad para producir la energía del golpe. Inmediatamente se vuelve a levantar el tablero para otro golpe.

El martillo de potencia, logra la mayor capacidad de forja debido a que el ariete se acelera en la carrera descendente por la corriente o la presión del aire además de gravedad. También se usa vapor o aire para levantar el ariete en la carrera ascendente.

Los martillos pueden dar entre 60 y 150 golpes por minuto dependiendo del tamaño y capacidad. La forja con martillo puede producir una amplia variedad de formas y tamaños. y, si se reduce lo suficiente, puede crear un alto grado de refinamiento del grano al mismo tiempo. tiempo. La desventaja de este proceso es que a menudo se requiere un mecanizado de acabado, como no se pueden obtener tolerancias dimensionales estrechas. (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

El martillo de forja, es la fuente más económica de una alta carga de forja. También tiene el tiempo de contacto más corto bajo presión, sin embargo, entre 1 y 10 ms; martillos generalmente no proporcionan la precisión de forja que se puede obtener en las prensas. También, debido a su carácter de impacto inherente, los problemas deben superarse con golpes de tierra, ruido y vibración. Algunos de estos problemas se minimizan con el

contragolpe martillo que utiliza dos arietes opuestos que golpean la pieza de trabajo al mismo tiempo de modo que prácticamente toda la energía es absorbida por el trabajo y muy poca energía es perdida como vibración en la fundición y el ambiente. (George E. Dieter, 1976).

Las prensas de forja con de diseño mecánico, son máquinas con carrera restringida. La mayoría de ellos utilizan una manivela excéntrica para traducir el movimiento rotatorio en un movimiento lineal alternativo de la corredera de la prensa. Ver fig. N°4.

La carrera del pistón es más corta que en un martillo o una prensa hidráulica, por lo que las prensas mecánicas son las más adecuadas para piezas forjadas de bajo perfil. La carga máxima es se alcanza cuando el ariete está aproximadamente a 1/8 de pulgada de la posición del punto muerto inferior, el golpe de una prensa se parece más a un apretón que al impacto de un martillo.

Sin embargo, el costo inicial de una prensa es mucho más alto que con un martillo, por lo que se requieren grandes tiradas de producción. necesario. La tasa de producción es comparable a la de un martillo, pero dado que cada golpe es de igual fuerza, una prensa puede ser menos adecuada para llevar a cabo la conformación preliminar y operaciones de acabado en el mismo equipo. (George E. Dieter, 1976).

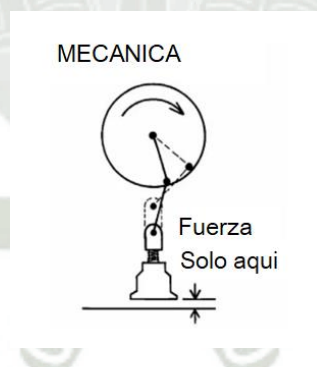


Figura N°. 4 Esquema de función de Prensa Mecánica

Fuente: Solpressben

Las prensas hidráulicas, son máquinas de carga restringida en las que la presión hidráulica mueve un pistón en un cilindro. Ver fig. N°5. Una característica principal es que la carga completa de la prensa siendo disponible en cualquier punto durante la carrera completa del ariete. Esta característica hace que el prensa hidráulica ideal para la operación de forja tipo extrusión. la velocidad del ariete puede controlarse e incluso variarse durante la brazada.

La prensa hidráulica es una Máquina de velocidad relativamente lenta. Esto da como resultado un mayor tiempo de contacto, lo que puede conducir a problemas con la pérdida de calor de la pieza de trabajo y el deterioro del troquel. Por otro lado, la acción de compresión lenta de una prensa hidráulica da como resultado piezas forjadas de tolerancia estrecha. El costo inicial de una prensa hidráulica es más alto que el de una prensa mecánica de igual capacidad. (George E. Dieter, 1976).

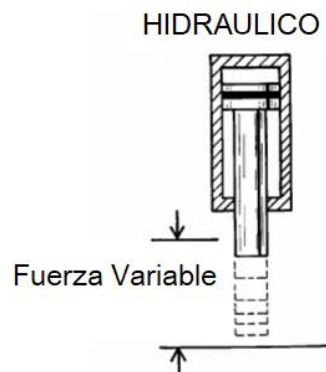


Figura N°. 5 Esquema de función de Prensa hidráulica

Fuente: Solpressben

Las prensas de tornillo, son ampliamente utilizadas en Europa tanto para frío como para calor, forja en matriz cerrada. En una prensa de tornillo, el ariete está conectado por una junta rotatoria a un husillo, que es en efecto un tornillo grande. El movimiento rotatorio de un volante es transformado en movimiento lineal por las múltiples roscas del husillo y su tuerca (George E. Dieter, 1976)

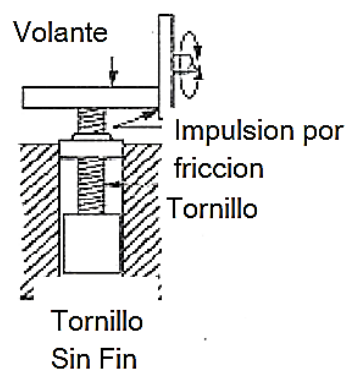


Figura N°. 6 Esquema de función de Prensa de Tornillo

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

2.3. Ventajas y desventajas de procesos de forjado

La clasificación basada en la temperatura de la pieza de trabajo

Forja en caliente (la más utilizada): La forja se realiza a una temperatura superior a la temperatura de recristalización del metal. La temperatura de recristalización se define como la temperatura a la que se forman los nuevos granos en el metal. Este tipo de calor extremo es necesario para evitar el endurecimiento por deformación del metal durante la deformación. Ventajas: Altas velocidades de deformación y, por lo tanto, fácil flujo del metal. Son posibles la recristalización y la recuperación. Las fuerzas requeridas son menores. Desventajas: La lubricación es difícil a altas temperaturas, se produce oxidación y descamación en la pieza de trabajo, mal acabado superficial, tolerancias menos precisas, posible deformación del material durante el proceso de enfriamiento.

Forja en frío: La forja se lleva a cabo a temperatura ambiente o cerca de ella (por debajo de la temperatura de recristalización) del metal. Los aceros al carbono y de aleación estándar se suelen forjar en frío. Generalmente se prefiere la forja en frío cuando el metal ya es blando, como el aluminio. Este proceso suele ser menos costoso que la forja en caliente y el producto final requiere poco o ningún trabajo de acabado. La forja en frío también es menos susceptible a los problemas de contaminación y el componente final presenta un mejor acabado general de la superficie.

Ventajas: Las tasas de producción son muy altas con una vida útil excepcional de la matriz, Mejora las propiedades mecánicas, Menos fricción entre la superficie de la matriz y la pieza de trabajo, La lubricación es fácil, Sin oxidación ni incrustaciones en el trabajo. Desventajas: Puede producirse tensión residual. Se necesita un equipo más pesado y potente. Se requieren herramientas más resistentes. El diseño y la fabricación de herramientas son fundamentales.

Forja en caliente: El rango de temperatura para la forja en caliente del acero va desde por encima de la temperatura ambiente hasta por debajo de la temperatura de recristalización. En comparación con la forja en frío, la forja en caliente tiene las ventajas potenciales de: Cargas de herramientas reducidas, cargas de prensa reducidas, mayor ductilidad del acero, eliminación de la necesidad, para recocer antes de la forja, y propiedades favorables como forjadas que pueden eliminar el tratamiento térmico. En la forja en caliente, la palanquilla se calienta por debajo de la temperatura de recristalización, hasta 700 a 800 °C para los aceros, con el fin de reducir la tensión de flujo y las presiones de forja. Ventajas: Altos índices de

producción, Excelentes tolerancias dimensionales y acabado superficial para piezas forjadas, Importantes ahorros en material y mecanizado, Flujo de grano favorable para mejorar la resistencia, Mayor tenacidad de la pieza forjada.

La Forja con matriz abierta: Forja en la que se utilizan matrices planas de forma simple para permitir que el material se deforme libremente en las direcciones laterales de la carga aplicada. Teniendo como características: Menos precisión dimensional, Adecuado solo para formas simples de trabajo, Requiere más habilidad del operador, Usualmente se usa para un trabajo antes de someterlo a forja en matriz cerrada (para dar una forma aproximada), Las matrices son simples y menos costosas, Es más simple de todas las operaciones de forja, así mismo. **la Forja con matriz de impresión:** Forja en la que se moldea el material para llenar una cavidad de matriz creada por las mitades superior e inferior de la matriz. Los troqueles no están completamente cerrados y permiten que parte del material se escape como Flash. La formación de flash genera presión dentro de la mayor parte de la pieza de trabajo, lo que ayuda a que el material fluya hacia las impresiones sin relleno. Requiere troqueles más complejos (y más caros).

Sin embargo , **la Forja con matriz cerrada:** Forja en la que el material está completamente restringido en la cavidad creada por las mitades superior e inferior de la matriz. Permite que se formen piezas con formas más precisas. No se forma rebaba en este proceso, por lo tanto, no se desperdicia material. Se requieren presiones de interfaz más altas. Requiere un control muy preciso del volumen de material y un diseño de troquel adecuado. La forja con matriz cerrada es una forma de forja con matriz de impresión, que no depende de la formación flash para lograr el llenado completo de la matriz. El material se deforma en una cavidad que permite poco o ningún escape del exceso de material, lo que impone mayores exigencias al diseño del troquel. Teniendo características: el trabajo se forja en bruto cerca de la forma final mediante el troquel de bloqueo, el trabajo se forja hasta la forma y las dimensiones finales mediante el troquel de acabado, tanto el troquel de bloqueo como el troquel de acabado se mecanizan en el mismo bloque de troquel, se requiere más cantidad de troqueles según la complejidad del trabajo, dos mitades del troquel se cierran y el trabajo se deforma bajo alta presión, alta precisión dimensional/control estricto de las tolerancias,

adecuado para formas complejas, los troqueles son complejos y más caros, se necesitan grandes tasas de producción para justificar los altos costos.

Estos Troqueles presentan parámetros de diseño del troquel el cual depende del conocimiento de la resistencia y ductilidad del material de la pieza de trabajo, la sensibilidad del material a la tasa de deformación y la temperatura, las características de fricción, la forma y la complejidad de la pieza de trabajo, la distorsión del troquel bajo altas cargas de forja. Requisitos del material del troquel: Resistencia y tenacidad a temperatura elevada Templabilidad y capacidad para endurecerse uniformemente Resistencia a choques mecánicos y térmicos Resistencia al desgaste para resistir el desgaste por abrasión debido a las incrustaciones presentes en la pieza de trabajo. La selección del material adecuado para el troquel depende de: Tamaño del troquel, Composición y propiedades de la pieza de trabajo, Complejidad de la forma, Número de pasos a realizar, Temperatura de forjado, Tipo de operación de forjado, Costo del material del troquel, Número de piezas forjadas requeridas, Transferencia de calor del trabajo. pieza a troquel, etc. Materiales de troquel utilizados: Aceros para herramientas y troqueles con Cr, Ni, Mo, Va.

2.4. Tecnología de equipos de Forjado

Los componentes forjados se moldean con un martillo o una prensa. La forja en el martillo se realiza en una sucesión de impresiones de matriz mediante golpes repetidos. La calidad de la forja y la economía y productividad del proceso de martillado dependen de las herramientas y la habilidad del operador.

En la forja en prensa, el material generalmente se golpea solo una vez en cada impresión de troquel y el diseño de cada impresión se vuelve más importante mientras que la habilidad del operador es menos crítica. El desarrollo continuo de la tecnología de forjado requiere una comprensión sólida y fundamental de las capacidades y características del equipo. El equipo, es decir, prensas y martillos utilizados en la forja, influye en el proceso de forja, ya que afecta la tasa de deformación y las condiciones de temperatura, y determina la tasa de producción.

Los requisitos de un proceso de forja determinado deben ser compatibles con las características de carga, energía, tiempo y precisión de una máquina de forja determinada

Como el martillo de forja: El tipo más común de equipo de forja es el martillo y el yunque. El martillo es lo de menos tipo de equipo costoso y más versátil para generar carga y energía para llevar a cabo un proceso de forja. Esta tecnología se caracteriza por múltiples golpes de impacto entre troqueles contorneados. Los martillos se utilizan principalmente para la forja en caliente. Básicamente, existen dos tipos de martillos de yunque: martillos de gravedad y martillos de potencia.

En un martillo de caída por gravedad simple, el pistón superior está conectado a una tabla (martillo de caída de tabla), una correa (martillo de caída de correa), una cadena (martillo de caída de cadena) o un pistón (martillo de aceite, aire), o martillo de caída de elevación de vapor). El carnero se levanta a cierta altura y luego se deja caer sobre la culata colocada sobre el yunque. Durante la carrera descendente, el ariete es acelerado por la gravedad y acumula energía de golpe. El golpe ascendente tiene lugar inmediatamente después del golpe.

El principio de funcionamiento de un martillo de caída mecánica es similar al de un martillo de caída de aire. En la carrera descendente, además de la gravedad, el ariete es acelerado por vapor, aire frío o presión de aire caliente.

En el martillo hidráulico, la aceleración del ariete se mejora con la aplicación de presión de aire en el lado superior del cilindro del ariete, donde muestra un martillo de tablero mecánico.

Es una máquina con carrera restringida. Repetidamente, la placa (peso) se eleva mediante rodillos de fricción y se deja caer sobre el dado. Su calificación es en términos de peso del ariete y energía entregada.

Así mismo muestra un martillo de vapor. Utiliza vapor en una disposición de pistón y cilindro. Tiene mayor capacidad de forja. Puede producir piezas forjadas que van desde unos pocos kg hasta varios tonos. Se prefiere en la forja de matriz cerrada, como se aprecia en la siguientes figuras.

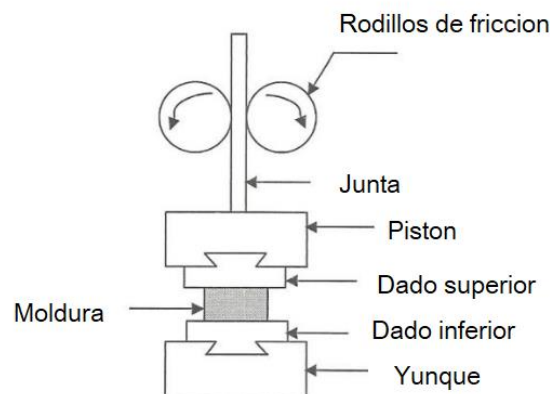


Figura N°. 7 Martillo de tablero mecánico

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

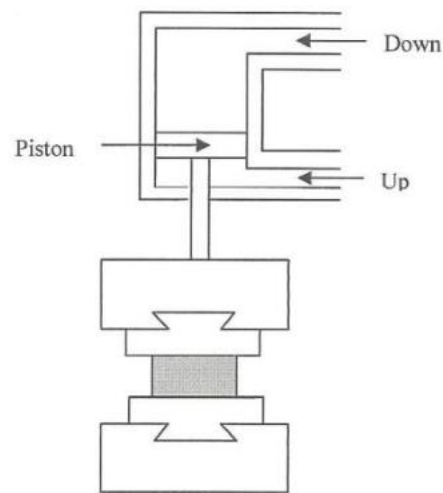


Figura N°. 8 Martillo de vapor

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

Prensa de forja: En la forja en prensa, el metal no se moldea por medio de una serie de golpes como en la forja con martillo, sino por medio de una única acción continua de compresión. Hay dos tipos principales: prensas mecánicas e hidráulicas. prensas mecánicas funcionan mediante el uso de levas, manivelas y/o palancas para producir un preajuste (una fuerza predeterminada en una determinada ubicación en la carrera) y una carrera reproducible. Debido a la naturaleza de este tipo de sistema, se dispone de diferentes fuerzas en diferentes posiciones de carrera. Las prensas mecánicas son más rápidas que las hidráulicas (hasta 50 golpes por minuto). Sus capacidades van desde 3 a 160 MN (300 a 18.000 toneladas cortas-fuerza). Las prensas hidráulicas usan presión de fluido y un pistón

para generar fuerza. Como muestra la siguiente figura, una prensa hidráulica. Es una máquina con carga restringida. Tiene más acción de apretar que de martillar. Por lo tanto, los troqueles pueden ser más pequeños y tener una vida más larga que con un martillo. Características de la prensa hidráulica: La carga completa de la prensa está disponible durante la carrera del ariete.

La velocidad del ariete se puede controlar y variar durante la carrera. Es una máquina de baja velocidad y, por lo tanto, tiene un tiempo de contacto más largo y, por lo tanto, temperaturas más altas.

La acción brinda una tolerancia estrecha en las piezas forjadas. El costo inicial es más alto en comparación con los martillos. Las ventajas de una prensa hidráulica sobre una prensa mecánica son su flexibilidad y mayor capacidad. Las desventajas incluyen una máquina más lenta, más grande y más costosa de operar.

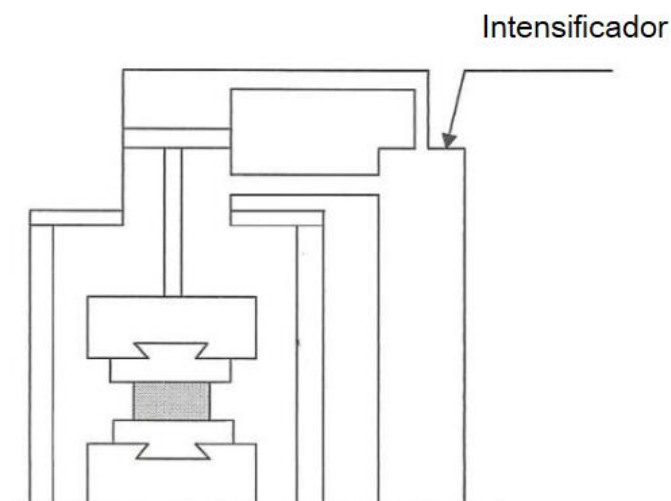


Figura N°. 9 Prensa Hidráulica

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

Para la selección de la máquina de forjado depende de los requisitos de fuerza y energía, material a forjar (material blando: use prensa, material duro: use martillos), tamaño, forma y complejidad del forjado, resistencia del material de la pieza de trabajo, Sensibilidad del material a la tasa de deformación, tasa de producción, precisión dimensional, mantenimiento, nivel de habilidad operativa requerida, nivel de ruido, costo. Características de la forja: generalmente involucra partes discretas, se puede realizar en materiales calientes o fríos, a menudo requiere procesos de acabado adicionales, como tratamiento térmico,

mecanizado o limpieza, se puede realizar a velocidades de deformación rápidas o lentas, se puede usar para piezas muy pequeñas o piezas muy grandes, mejora las propiedades físicas de una pieza controlando y refinando el flujo o grano del material. Aplicaciones comunes de la forja: automóviles de pasajeros, camiones, autobuses, remolques, motocicletas y bicicletas automotrices. Rodamientos, de bolas y de rodillos. Generación/transmisión de energía eléctrica. Maquinaria y equipos industriales y comerciales. Herramientas manuales. Herramientas industriales. Equipos de transmisión de potencia mecánica.

Motores de combustión interna. Maquinaria y equipos para campos petroleros. Fuera de carretera, equipos (construcción, minería y manejo de materiales). Accesorios de tubería. Instalaciones de fontanería, válvulas y accesorios. Bombas y compresores. equipos ferroviarios y picos. Maquinaria para metalmecánica e industrias especiales. Máquinas de vapor y turbinas. Acería, laminación y acabados. Construcción y reparación de barcos y barcos. Motores de aviones aeroespaciales. Misiles guiados y vehículos espaciales, etc

Existen defectos en la forja , lo cual cuando un taller de forja comienza a experimentar estos defectos en su proceso, debe tratar de encontrar la causa raíz del problema, iniciar acciones correctivas e implementar procedimientos para evitar que vuelva a ocurrir. A continuación se proporciona una breve descripción de los defectos y sus métodos de reparación:

1. Penetración de forja incompleta: la estructura del lingote dendrítico en el interior de la forja no se rompe. La forja real tiene lugar solo en la superficie. Causa: uso de golpes de martillo ligeros y rápidos. Solución: usar una prensa de forja para lograr una penetración total.
2. Agrietamiento de la superficie: Causa: trabajo excesivo en la superficie y temperatura demasiado baja. Remedio- Para aumentar la temperatura de trabajo
3. Agrietamiento en la rebaba: Esta grieta penetra en el interior después de que se recorta la rebaba. Causa: rebaba muy fina. Remedio: aumento del espesor de la rebaba, reubicación de la rebaba en una región menos crítica de la forja, recorte en caliente y alivio de tensión.
4. Cierre en frío (Fold): dos superficies de metal se pliegan una contra la otra sin soldarse por completo. Causa: esquina afilada (menos filete), enfriamiento excesivo, alta fricción. Solución: aumente el radio del filete en la matriz.
5. Sección sin llenar (desllenado/llenado insuficiente): Alguna sección de la cavidad del troquel no está completamente llena por el metal que fluye. Causa: diseño

inadecuado del troquel de forja o uso de técnicas de forja, menos materia prima, calentamiento deficiente. Solución: diseño de matriz adecuado, materia prima adecuada y calentamiento adecuado. Figura 6- Muestra el diagrama de espina de pescado para el análisis de la causa raíz del defecto de llenado insuficiente.

6. Desplazamiento del troquel (desajuste): desalineación de la forja en la línea flash. Causa: desalineación de las mitades del troquel. Solución: alineación correcta de las mitades del troquel. Haga pruebas de errores para una alineación adecuada, por ejemplo. Proporcione media muesca en el troquel superior e inferior para que, en el momento de la alineación, las muescas coincidan entre sí. Figura 7- Muestra el diagrama de espina de pescado para el análisis de la causa raíz del defecto de desajuste. Causa: limpieza inadecuada del material utilizado para forjar. El óxido y la escala se incrustan en la superficie de forja del acabado. Figura 8: muestra el diagrama de espina de pescado para el análisis de causa raíz del defecto Scale Pits. tercero Defectos de forja.
7. Scale Pits (Pitmarks): Depuraciones irregulares en la superficie de forja. Solución: limpieza adecuada del material antes de forjarlo.
8. Descamaciones: Son básicamente rupturas internas. Causa: enfriamiento inadecuado de la forja. El enfriamiento rápido hace que el exterior se enfríe rápidamente y cause fracturas internas. Remedio: siga las prácticas de enfriamiento adecuadas.
9. Flujo de grano inadecuado: Causa: diseño de troquel inadecuado, lo que hace que el metal no fluya en la dirección enterrada final. Remedio: diseño adecuado del troquel.
10. Tensiones residuales en la forja: Causa: deformación no homogénea y enfriamiento inadecuado (templado) de la forja. Remedio: enfriamiento lento de la forja en un horno o bajo una cubierta de ceniza durante un período de tiempo.

Capítulo III

3. Proceso Metodológico.

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Es un estudio que se caracterizó por el diseño y fabricación de un módulo educativo con la aplicación teórica y práctica relacionada a los diseño de prensa hidráulica para el uso de forjado , se realizó utilizando el software SOLIDWORKS. evaluando su resistencia, rigidez y maquinabilidad se encuentran dentro de las especificaciones de diseño. Es un tipo de investigación cualitativo, recolectando investigaciones ya realizadas para su práctica y aplicación en el diseño mecánico y así comprender el proceso de forjado en lo técnico y académico de la carrera de ingeniería Mecánica ,Mecánica Eléctrica y Mecnatrónica.

3.2. Variables y Operacionalización

Variables independientes

- Modulo didáctico de prensa hidráulica para el proceso de forjado

Se realizó el diseño y Fabricación de 01 prensa hidráulica con especial referencia a los componentes de la máquina, como el cilindro hidráulico, el pistón, el bastidor y el circuito hidráulico

Variables Dependientes

- Diseño del sistema hidráulico, ensamble de Diseño SolidWorks.
- Prueba y evaluación de rendimiento.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Diseño de Investigación

Investigación Cualitativa con enfoque en el Diseño Mecánico, teniendo un **muestreo** la investigación enfocada al aprendizaje de alumnos en base a otros talleres como SENATI , TECSUP u otra universidades

Criterio de Inclusión: Modulo educativo experimental

Criterio de Exclusión: Uso de Máquinas para Manufactura

LISTA DE EXIGENCIAS			1/1
PROYECTO	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE FORJADO		Fecha: 13/02/2023
CLIENTE	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA		ELABORADO: MNEY y GFBR
FECHA	DESEO O EXIGENCIA	DESCRIPCION	CATEGORIA
13/02/2023	E	<p>FUNCIÓN PRINCIPAL El módulo para el Proceso de Forjado de Tipo prensa de 15Ton.</p> <p>Dimensiones : Altura: 0,80 m x 0,55 m x 0,13 m.</p>	Función
13/02/2023	D	<p>Peso: 55kg</p> <p>Las dimensiones deben ser las adecuadas para el transporte. La estructura debe de ser lo más robusta y compacta posible.</p>	Geometría
13/02/2023	D	<p>CALIDAD La calidad de proceso de forjado esta conforme al operario</p>	Calidad
13/02/2023	E	<p>MATERIA PRIMA El material de diseño Acero A-36</p>	Material
13/02/2023	D	<p>CONTROL El diseño del equipo es de control manual.</p>	Control
13/02/2023	D	<p>OPERACIÓN La operación del equipo será sencilla de tal manera que no se requiera capacitación especial del operario.</p>	Operación

LISTA DE EXIGENCIAS			1/1
PROYECTO	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE FORJADO		Fecha: 13/02/2023
CLIENTE	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA		ELABORADO: MNEY y GFBR
FECHA	DESEO O EXIGENCIA	DESCRIPCION	CATEGORIA
13/02/2023	E	SEGURIDAD El diseño del equipo garantizará la integridad física del operador.	Seguridad
13/02/2023	E	FABRICACIÓN Durante el diseño del equipo se buscará seleccionar materiales existentes en el mercado local para garantizar la viabilidad de la fabricación	Fabricación
13/02/2023	D	MONTAJE El Módulo es de fácil montaje e instalación.	Montaje
13/02/2023	D	MANTENIMIENTO El Módulo contempla un mantenimiento sencillo de tal manera que este pueda estar a cargo de conocimiento básico en Mantto	Mantenimiento
13/02/2023	D	ERGONOMÍA Modulo con facilidad de operación .	Ergonomía

Figura N°. 10 Esquema de lista de Exigencias

3.4. Estructura de Diseño

La caja negra, es metodología más amplia y compleja que el método, por lo que es incorrecto llamar metodología a cualquier procedimiento que utilicemos según John Christopher Jones, la cual se plasma en el siguiente análisis de entradas y salidas

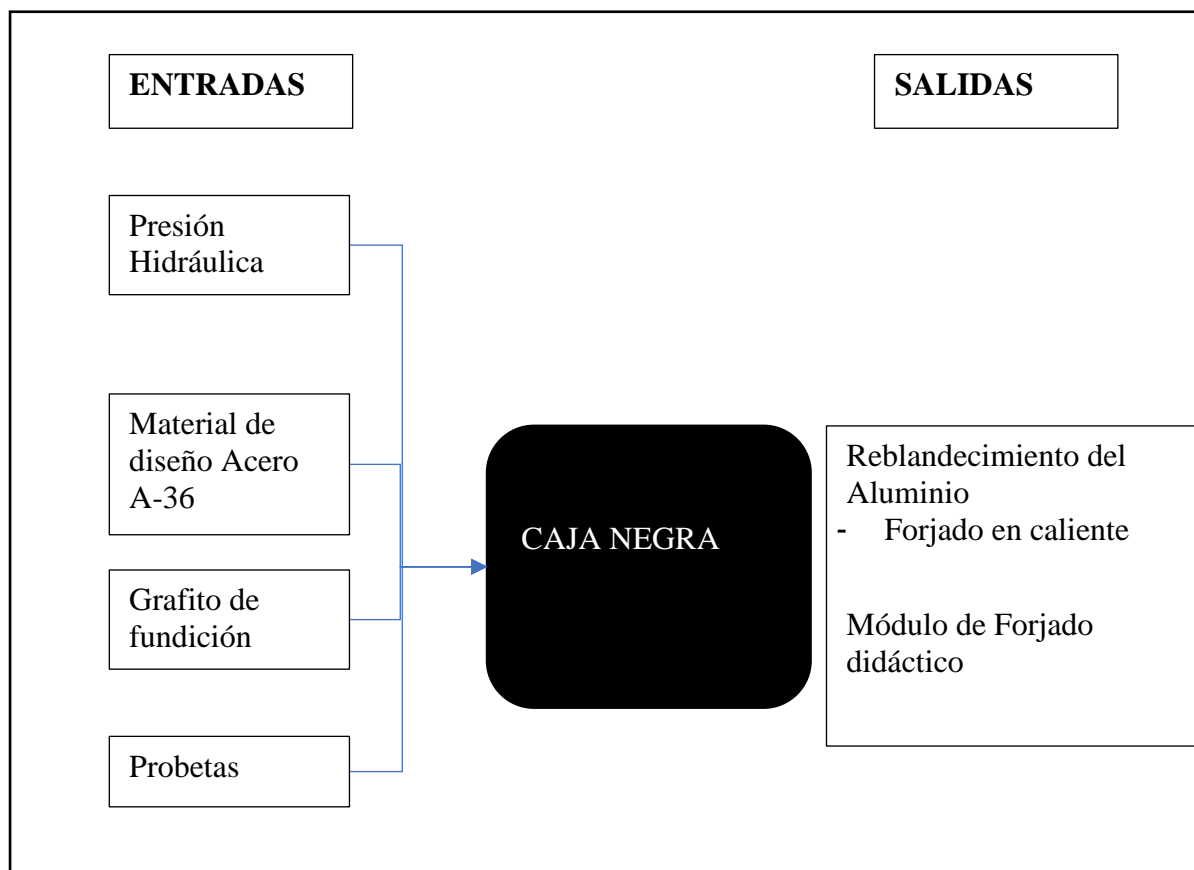


Figura N°. 11 Esquema Caja Negra

3.5. Secuencia de Operaciones

El proceso para el adecuado funcionamiento del módulo didáctico de forja por medio de una prensa hidráulica de 15 Ton.

1er paso, se realizó la fabricación y construcción de estructura del equipo, la cual es ensamblada por soldadura y pernería.

Se realizó el diseño y construcción de una prensa hidráulica para uso del taller mecánico, analizando los marcos, cilindros y los componentes principales de la prensa

hidráulica . Se examinó un diseño existente y se identificaron las características y los componentes básicos, para su fabricación. Ver fig.#

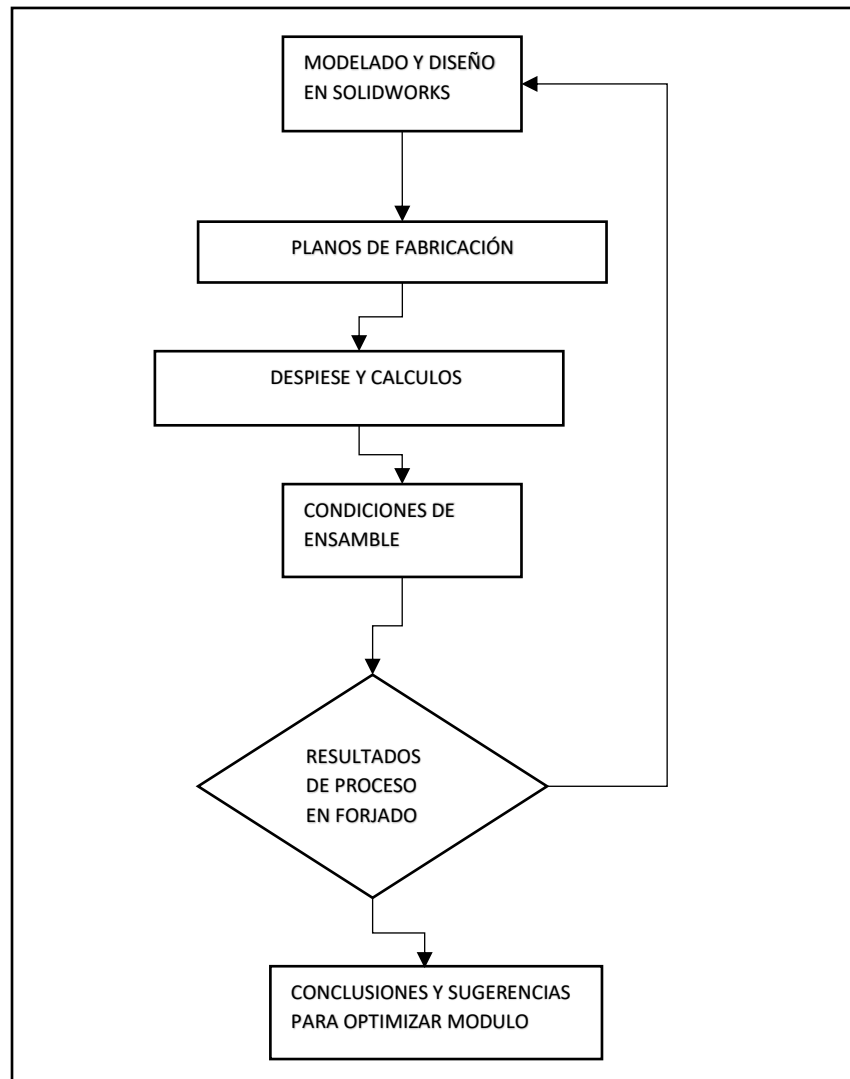



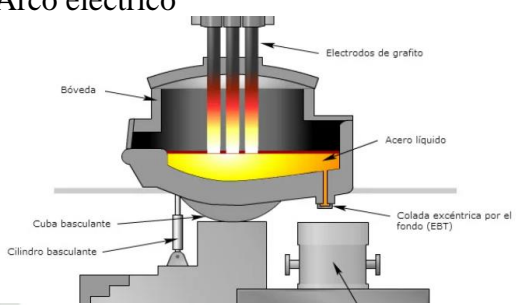



Figura N°. 12 Flujoograma de metodología

2do paso, El proceso de fundición hasta niveles de 168 °C a una probeta de aluminio con espesores de 3 mm, la cual en su etapa de reblandecimiento se procederá a dar forma al forjado

3er paso, Forjado de piezas para producto terminado

4topaso, se verificó que las condiciones de la máquina en la parte estructural, mecánica y eléctrica , estén estables en condiciones de operatividad.

3.7. Matriz Morfológica

MATRIZ MORFOLOGICA			
FUNCIONES	ALTERNATIVAS - PRINCIPIOS		
1. Preparación	Fundición de Aluminio – 600 C		
	Horno Eléctrico	Arco eléctrico	
			
	Vaciado	Enfriamiento	
			
	Forja Caliente	Forja Cálido	Forja en Frio
			
2. Grado de Acero	Cualquiera	Carbono deseable otras aleaciones elementos < 10%	Aceros de baja aleación (C<0,45% , otros <3%)



MATRIZ MORFOLOGICA		
FUNCIONES	ALTERNATIVAS - PRINCIPIOS	
3. Fuerza	<p>Tanque Hidráulico</p> 	<p>Bomba hidráulica manual</p> 
4. Transmisión	<p>Cilindro hidráulico</p> 	<p>Mangueras</p> 
5. Sistema de prensado	<p>Prensa hidráulica</p> 	

Figura N°. 13 Esquema de Matriz de Morfológica

La fabricación y el mecanizado de todas las piezas se desarrolló en Mastercam que es el programa CAD/CAM más popular para manufactura en máquinas de control numérico y centros de maquinado CNC. Conforme a los diseños realizados en SolidWorks, abarca la programación de fresadoras, centros de maquinado, tornos, el módulo de alambre, cortadoras por láser, oxicorte, y más. Mastercam ofrece una gama de módulos para

aplicaciones especiales, también incluye módulos de modelado 3D y la producción de dibujos 2D para la preparación de la geometría 3D antes del CAM.

Las piezas 1,2,4 y 5 fueron desarrollados en el entorno de CAD/CAM para su mecanizado en un proceso de CNC y el resto de piezas conforme a lo establecido en la selección de pernos y pasadores en el mercado.

- **Mecanizado de Armazón (1)**, para la construcción y montaje adecuado de la máquina: Se procede a revisar los cálculos y diseño de la máquina, selección de los materiales para el respectivo trazo de dimensiones y cortes de acuerdo a los planos de construcción desarrollados en SolidWorks, se realizan los trazos de las bases, columnas y vigas y se procede con el corte de los perfiles de la estructura usando una máquina herramienta para espesores pequeños en la placa ASTM A36 conforme a sus propiedades de flexión y corte.
- **Mecanizado de Soportes (2,4)**, Se realizará con oxicorte conforme al desarrollo del archivo en el CNC, todos los cortes realizados son pulidos mediante el uso de discos de lija. Este tipo de acabado superficial no es crítico para el funcionamiento de la máquina.
- **Mecanizado de Bloque (5)**, Se realiza un mecanizado con la ayuda de una máquina herramienta CNC y fresadora para obtener un mejor acabado. Los agujeros para la sujeción mecánica de los elementos que fueron fabricados inicialmente por separado se realiza el trazado correspondiente para su posterior mecanizado y perforaciones según los planos. Se realizan también los agujeros para poder colocar las guías de las bases y los ejes que determinarán el alto de las placas base.

Una vez realizadas estas actividades se procede a pre ensamblar la estructura con el objetivo de realizar el control dimensional en el proceso de fabricación.

Revisadas las dimensiones del bastidor se continúa con la fabricación de la placa que servirá para la sujeción del cilindro. Se coloca la placa y el resto de elementos que conformarán la prensa.

- **Cilindro Hidráulico (7,8)**, Una vez seleccionado el bastidor con la placa receptora del actuador se procede con la construcción del circuito hidráulico de acuerdo a los cálculos

previamente realizados. Finalizada la etapa de fabricación del sistema hidráulico se colocan de tal manera que se pueda verificar la longitud de mangueras y cables que conformarán el sistema hidráulico y de potencia.

- **Bomba Hidráulica y Manómetro (9,10,11)**, La bomba manual del cilindro hidráulico, se procedió a realizar su selección conforme a los cálculos establecidos de la presión hidráulica, una vez seleccionado se comienza a realizar la conexión de la manguera con el cilindro y proceder al llenado del aceite hidráulico, se designa también el aceite Rando HD a utilizarse ya que este es el medio por el cual se transmitirá el movimiento del pistón de la prensa, recomendada para la lubricación de bombas de sistemas hidráulicos equipados con bombas de paleta o de engranajes, en presiones hasta 5000 psi, lo cual no requiere un análisis muy cualitativo para una bomba manual
- **Pernería y Uniones (3,12,13)**, El mecanizado de la pernería y las uniones, se desarrolló conforme a los planos establecidos, el pasador principal se desarrolló en base a un material ASTM A36 donde se determinó con el proceso de torneado para el soporte del bloque principal, así mismo las uniones y pernería fueron seleccionados conforme a las dimensiones analizadas.

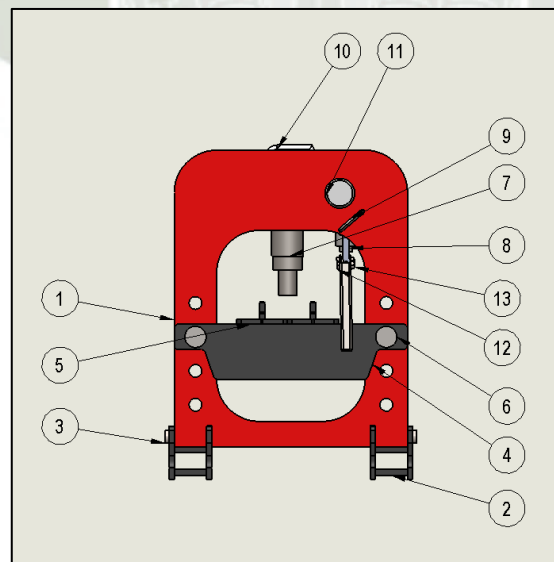


Figura N°. 14. Prensa Hidráulica y partes de fabricación y selección.

3.8. Análisis de Forja

En el tipo de forja, se determinó que será en caliente, teniendo un proceso relativamente nuevo que se dio a conocer a principios de los años 70. El crecimiento de la industria automotriz trajo la aplicación de forja en frío en serie producción en masa de una amplia gama de tipos de componentes. Esto provocó que algo de frío se han desarrollado técnicas de forja para poder obtener casi la red y la forma de la red. componentes en grandes lotes. Sin embargo; las limitaciones en la economía producción de piezas con geometría compleja, gran tamaño y en ciertas aleaciones provocó los desarrollos y el uso comercial del proceso de forja en caliente.

3.10. Forja en Caliente

La forja en caliente se puede aplicar a las piezas de acero dentro del rango de temperatura de 600°C y 900°C excepto los aceros inoxidable austeníticos, ya que son forjados a 200-300°C. Ver Tabla N°1.

Tabla N°. 1. Tabla de punto de Fusión en metales.

Plata	962 °C
Oro	1064 °C
Estaño	232 °C
Hierro	1538 °C
Tungsteno	3422 °C
Vanadio	1910 °C
Zinc	420 °C

Fuente: ikastaroak

Tiene algunas ventajas en comparación con la forja en caliente y en frío. forjar. La forja en caliente ofrece una mejor utilización del material, mejora el acabado de la superficie, y precisión dimensional en comparación con la forja en caliente y cargas de prensa reducidas en comparación con las forjas en frío.

Independientemente del hecho de que el intervalo de temperatura de forja en caliente es cercano a las temperaturas de forjado en caliente, este proceso de formación, con respecto al diseño utilizado conceptos para la herramienta y la calidad alcanzable de los componentes fabricados, es a menudo se considera una expansión de la forja en frío a materiales de piezas de trabajo que no se puede forjar a temperatura ambiente o solo con dificultad.

Al ser un módulo para este proceso de forjado, se manejó metales como el aluminio para las pruebas respectivas, donde se también se estable ciertas diferencias en las características de forja, caliente, tibia y fría. Ver. Tabla N°2.

Tabla N°. 2. Tabla de comparación de tipo de forjado.

	Caliente	Cálido	Frio
Peso de pieza de trabajo	< 60 Kg	< 10 Kg	< 2kg
Grado de acero	Cualquiera	Carbono deseable otras aleaciones elementos < 10%	Aceros de baja aleación (C<0,45% , otros <3%)
Forma	Cualquiera	Rotacionalmente simétrico sin muescas	Rotacionalmente simétrico sin muescas
Calidad de superficie	Bajo	Medio	Alto
Tratamientos intermedios	No necesario	Normalmente no tratamiento de superficies	Recocido y bonderización
Presion de deformación	Bajo	Medio	Alto
Costos de energía	Alto	Medio	Bajo
Tolerancias	Generoso	Cerca	más cercano
Costos de herramientas	más bajo	Alto	Alto

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

3.11. Material de la pieza de trabajo para forja en caliente

La forja en caliente se puede aplicar a una mayor variedad de aleaciones metálicas, en particular a varios grados de aceros y a numerosas aleaciones de metales no ferrosos. Mayoría Los aceros de ingeniería pueden forjarse en caliente, pero existen limitaciones a la deformación, dependiendo de la composición química y la temperatura de forja. para forjar en temperaturas de 600°C y superiores, se debe usar metal en el laminado en caliente tal

como se recibe o condición dibujada. Para temperaturas más bajas, se recomienda un tratamiento de recocido esferoidizado. a menudo útil.

Las diferentes clases de aceros tienen diferentes características que básicamente determinan la temperatura de trabajo.

- **Aceros al Carbono:** Ya que pueden ser quebradizos a 200-500°C, forjando por encima de los 600°C es bueno tener reducción en la tensión de flujo y alta ductilidad.
- **Aceros aleados:** La tensión de fluencia disminuye a medida que aumenta la temperatura. Generalmente se pueden forjar a cualquier temperatura dependiendo de circunstancias.
- **Aceros inoxidables austeníticos:** la tensión de flujo disminuye considerablemente mientras que la temperatura aumenta en pequeñas cantidades, aunque pueden endurecerse por tensión. Este tipo de aceros se suelen forjar a 200-300°C.

(George E. Dieter, 1976) clasifica los materiales de la pieza de trabajo que se utilizan en caliente forja como aceros de cementación no aleados o de baja aleación, aceros tratables térmicamente, aceros para aceros de temple superficial, rodamientos de bolas y aceros inoxidables. Algunos ejemplos para estos materiales se dan a continuación.

- **Aceros de cementación:** Ck10 (AISI 1010), Ck15 (AISI 1015), 15CrNi 6 (AISI4320), 16MnCr5 (AISI 5117), 20MnCr5 (AISI 5120).
- **Aceros tratables térmicamente:** Ck35 (AISI 1035), Ck45 (AISI 1045), Ck60 (AISI 1060), 34Cr4 (AISI 5132), 34CrMo4 (AISI 4137), 42CrMo4 (AISI 4140), 50CrV4 (AISI 6150).
- **Aceros para temple superficial:** Cf53 (AISI 1053).
- **Aceros para rodamientos:** 100Cr6 (AISI E52100).
- **Aceros inoxidables:** X5CrNi 18 9 (AISI 304L), X10CrNiMo 17 12 (AISI 316).

3.12. Herramientas y aceros para herramientas en forja en caliente

Las herramientas para la forja en caliente y predominantemente los elementos activos de estas herramientas tales como troqueles y punzones están expuestas a un alto, en su

mayoría penetrante, cíclico Esfuerzo mecánico que en la zona próxima a la superficie se superpone al térmico, estrés tribológico e incluso químico. La combinación entre algo alto temperaturas de formación y las fuerzas de formación todavía relativamente altas hacen la selección de material de herramienta adecuado, así como el diseño de toda la construcción de la herramienta para calentar forja más difícil que para la forja en frío o en caliente. (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

Condicional a las fuerzas de formación considerablemente más altas en comparación con caliente formación, el diseño de la herramienta y la estructura de la herramienta deben estar orientados hacia los de herramientas de forja en frío. Debido a la tensión de flujo aún alta, las herramientas deben ser pretensado. Por esta razón, la formación de principalmente rotacionalmente simétrica o axialmente componentes simétricos es un requisito previo para el uso de este proceso. En la forja en caliente, como en cualquier operación de formación, la elección del material de la herramienta puede ser crítico tanto técnica como económicamente. Fallas técnicas de utillaje debidas desgaste excesivo, deformación, agrietamiento o agrietamiento por calor debido a que él se ha seleccionado un acero incorrecto o porque el tratamiento térmico, el recubrimiento o el mecanizado Los procedimientos no han sido optimizados. Todas las fallas técnicas conducen a pérdidas financieras debido para reducir la vida útil de la herramienta y, por lo tanto, aumentar los costos de material de la herramienta, los costos de reparación, los costos de mantenimiento y el aumento del tiempo de inactividad conducen a una menor productividad.

Las tensiones que experimenta la herramienta durante el forjado en caliente conducen a requisitos que se puede resumir en tres propiedades básicas y el material de la herramienta debe cumplir con ellos, a saber, la estabilidad dimensional, la seguridad contra la fractura y la resistencia al desgaste. Se puede realizar una clasificación general de los aceros para herramientas de la siguiente manera.

Acero de alta velocidad: la vida útil más larga de la herramienta se logra con acero de alta velocidad como M2 o sus equivalentes en forma de él. Los aceros rápidos tienen baja resistencia al choque de temperatura. Deben ser precalentados y pueden ser enfriados durante la producción sólo por aire. El uso de refrigeración por agua o a base de agua. Los lubricantes causarán una fractura rápida. Esta característica de los aceros rápidos puede limitar la productividad si una alta tasa de forja daría lugar a una significativa acumulación de calor en las herramientas.

Aceros para Trabajo en Caliente: Aceros de la familia del cromo, molibdeno, vanadio tales como, X40CrMoV51 y H13 no poseen la fuerza o dureza de aceros rápidos pero son más tenaces y con mayor resistencia al choque térmico. Por lo tanto, pueden enfriarse rápidamente en servicio. Una variedad de estos aceros es disponible que permiten alcanzar durezas entre 50 y 60 HRC apropiado para varias condiciones de proceso.

Aleaciones con alto contenido de níquel: las aleaciones de níquel se pueden utilizar para lograr un servicio excelente vive en condiciones extremas. Estas aleaciones tienen: alta resistencia a la fatiga, alta resistencia al choque térmico y alta tenacidad en un rango de temperaturas

Carburo de tungsteno: este material se puede utilizar como insertos para herramientas de forja en caliente.

Sin embargo, se ha informado que pueden ocurrir fallas en las herramientas de carburo. cuando cesa la forja y se produce el enfriamiento.

Aleaciones de cobalto: aleaciones a base de cobalto, disponibles con el nombre comercial Stellite, puede usarse en regiones de herramientas que se deforman y erosionan debido al sobrecalentamiento. Estas aleaciones suelen soldarse a la superficie de las herramientas. Un ejemplo conocido del uso de Stellite es como un anillo soldado alrededor de la periferia de un trabajo en caliente contrapunzón de acero que no pudo enfriarse adecuadamente. (Shubert, 1997).

3.13. Tratamiento térmico para forja en caliente

Los materiales se pueden mejorar antes o después de la fabricación por calor diferente procesos de tratamiento. La forja generalmente se realiza en metales calientes, lo que permite Flujo más suave y deformación más fácil. El acero se calienta a diferentes temperaturas, generalmente entre 930 °C y 1100 °C, pero puede alcanzar hasta 1315 °C para conformado en caliente, dependiendo del contenido de carbono. Dependiendo de la cantidad de trabajo requerido para el pieza, puede ser necesario recalentar la pieza una o más veces. la temperatura del metal cuando está completamente forjado se denomina temperatura de acabado. Después de forjar, el material debe enfriarse uniformemente y protegerse de la humedad o el aire frío. Este se realiza colocando el material en cenizas secas, cal o polvo de mica para retardar la tasa de enfriamiento (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

Precalentamiento: El precalentamiento de los materiales se realiza para ayudar a prevenir grietas o distorsión del material. Esto se hace colocando el metal en una serie de hornos de aumentar las temperaturas en lugar de arrojarlo directamente al horno utilizado para calentar el metal para forjar, recocer, normalizar o endurecer. Otra forma de lograr esto es para comenzar en un horno frío y llevarlo lentamente a la temperatura.

Recocido: El recocido debe seguir a la forja lo antes posible siempre que se requiere maquinado. El recocido es el calentamiento y luego el enfriamiento del metal para hacer el metal menos frágil, o más maleable y dúctil. Esto ablandará el acero que fue previamente endurecido y reducir las tensiones internas. El recocido se realiza calentando el metal a una temperatura más allá de la temperatura crítica y manteniéndolo allí durante un período de tiempo. Luego, el metal se enfría en el horno y no se retira hasta que el horno está frío. También se puede enfriar a una temperatura dentro del horno que es se sabe que está por debajo de la temperatura crítica más baja, a la que el recocido es completo. Se requieren velocidades de enfriamiento más lentas a medida que aumenta el contenido de carbono en el metal.

Normalización: La normalización se realiza para mejorar la estructura cristalina del acero, obteniendo así propiedades superiores. Calentar la pieza forjada justo más allá de la temperatura crítica y luego dejar que se enfríe al aire completa la normalización. Este permite que el tamaño del grano sea refinado y, si no se mantiene a esa temperatura por mucho tiempo, dan como resultado una estructura cristalina recién formada. Las tensiones internas, si las hubiere, serán Los aceros endurecidos y aligerados se ablandarán, los aceros sobrecalentados tendrán un aspecto más favorable, se eliminará la estructura de grano fino normal y la distorsión estructural.

Endurecimiento: el endurecimiento de los aceros también se puede realizar después de la forja. la pieza de trabajo se calienta lentamente, para obtener los tamaños de grano más finos, hasta su temperatura de endurecimiento, mucho más altas que las temperaturas de recocido. El metal se mantiene a esta temperatura sólo hasta Distribución uniforme del calor y finalización de la transformación térmica. Prolongado la exposición a estas temperaturas elevadas resultará en un mayor crecimiento del grano y decarbonización de la superficie, si

no se proporciona protección contra la oxidación. La oxidación puede evitarse rodeando el metal con algún material que consuma el oxígeno que está presente en el horno. Una vez que el metal ha sido uniformemente calentado a temperatura, se retira del horno y se coloca directamente en un temple tanque. Esto enfría rápidamente el metal y el metal conserva sus nuevas cualidades. (Shubert, 1997)

3.14. Lubricación para forjado en caliente.

La vida útil de la matriz está restringida por el desgaste, el agrietamiento térmico y la fatiga, y deformación plástica, etc. ha habido muchos proyectos de investigación para investigar la influencia de estos factores en la vida útil de la herramienta. (T.Sobis, 1992)

En general, sin embargo, la superficie la dureza de la matriz aumenta durante las operaciones repetidas, lo que induce ablandamiento en procesos de forja en caliente. El reblandecimiento térmico acelera el desgaste, agrietamiento térmico y fatiga, y la deformación plástica del dado.

Para aumentar la vida útil del troquel, se han realizado tratamientos térmicos para el morir para aumentar la dureza de la superficie, y los tratamientos superficiales también se aplican a la matriz para reducir la fricción y aumentar el aislamiento térmico.

Las propiedades térmicas de la matriz se modifican debido a los tratamientos superficiales.

Las funciones de los lubricantes son reducir la fricción entre el dado y el pieza de trabajo y para reducir la transferencia de calor del tocho al troquel durante la formación procesos. Se rocía grafito, un lubricante sólido, sobre el troquel o la pieza de trabajo antes de la proceso de formación en caliente. El coeficiente de transferencia de calor, de la palanquilla a la matriz, tiene diferentes valores según el tipo de grafito.

Además, la selección de lubricante adecuado para la prolongación de la vida útil del troquel conduce a reducir la transferencia de calor desde el pieza de trabajo a la vida del dado.

La pulverización casi siempre se usa para aplicar lubricación de herramientas y los sistemas de lubricación sincronizados con el recorrido de la máquina de forja son esenciales

en líneas de producción en masa de alta productividad. En algunos casos, las herramientas se inundan con lubricante.

Algunos sistemas de lubricación inyectan aire secuencialmente en las cavidades para limpiar escombros, sopla la mezcla de aire/neblina de agua para enfriar y luego rocíe un lubricante. Según los materiales de la herramienta y el lubricante, una o las tres operaciones se puede utilizar en una secuencia de operaciones de forjado. (T.Sobis, 1992).

Una regla importante a observar es que la cantidad de lubricante a aplicar debe ser suficiente sólo para mantener una barrera interfacial entre la pieza de trabajo y herramientas durante la forja.

Si esto no es suficiente para enfriar las herramientas lo suficiente, dos existen posibilidades para remediar la situación: Si el lubricante es a base de agua, dilúyalo y aumente el tiempo de pulverización. Por esto significa que se aplicará una mayor cantidad de agua a las herramientas para un determinado cantidad de lubricante.

Aplique un rociador de aire, agua o aire/agua antes de aplicar el lubricante. tal medida depende de que se disponga de tiempo suficiente en un golpe de forja, para dos diferentes operaciones de pulverización.

3.14.1.Tipo de lubricantes

Aceite de grafito coloidal: Estos tipos de lubricantes tienen un calor latente de evaporación más bajo que el agua. basados y son adecuados para su uso con herramientas de acero de alta velocidad para las que rápido el enfriamiento es perjudicial. En muchos casos se emplea la inundación de las herramientas (las herramientas están diseñados con desagües y respiraderos para permitir su escape) y si se necesita refrigeración adicional también se utiliza un chorro de aire. Una desventaja de este tipo de lubricante es la humo y vapores que se forman al entrar en contacto con una pieza de trabajo calentada, así como como el alto costo de disposición en conformidad con el control ambiental.

Grafito Coloidal - Agua: Estos lubricantes son esencialmente libres de contaminación y no tóxicos, con la calificación de que el grafito forma monóxido de carbono y dióxido de carbono. También pequeñas cantidades de compuestos orgánicos añadidos para mejorar las propiedades adhesivas y aumentar la estabilidad de la temperatura, descomponerse en contacto con la pieza de trabajo para formar rastros de gas nocivo pero sin riesgo

significativo conocido para la salud. Sin embargo, los lubricantes son corrosivos debido en gran parte a la presencia de amoníaco como bactericida y fungicida, por lo que las tuberías y accesorios deben ser de acero inoxidable.

3.15. Fundamentos con forja matriz abierta

Se utilizan matrices planas de forma simple para permitir que el material se deforme libremente en las direcciones laterales de la carga aplicada.

Tiene menos precisión dimensional, Adecuado solo para formas simples de trabajo, Requiere más habilidad del operador, Usualmente se usa para un trabajo antes de someterlo a forja en matriz cerrada (para dar una forma aproximada), Las matrices son simples y menos costosas, Es más simple de todas las operaciones de forja.

3.16. Tratamientos térmicos en el aluminio

El tipo de fundición será por horno eléctrico dando al aluminio el tratamiento de precipitación a temperaturas próximas a la ambiente (maduración natural) o calentarse a temperaturas moderadas, entre 100 y 250 C (maduración artificial).

Después del temple la solución sólida sobresaturada está en un estado metaestable. La vuelta al equilibrio, es decir la precipitación de los compuestos Inter metálicos que provocan el endurecimiento estructural, se puede hacer de dos maneras:

Por maduración a temperatura ambiente (maduración natural). Después de un reposo de varias horas, que depende de las aleaciones, la dureza y las características mecánicas no aumentan. La precipitación y el endurecimiento estructural han terminado.

Por revenido, es decir un calentamiento de varias horas entre 160 y 180°. El revenido (maduración artificial) acelera la precipitación. Se realiza inmediatamente después del temple. Las condiciones del revenido dependen de las aleaciones.

Capítulo IV

4. Diseño y Construcción De Prensa hidráulica de 15 Toneladas.

La prensa hidráulica se diseñó en base a los parámetros de una pieza en particular que se utiliza en automoción industria y han sido hechos de acero al carbono 1020, se analiza para una temperatura rango de 850-1200°C analizado por (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006), en base a elementos finitos. Ver fig. N° 15



Producto de forjado.

Figura N°. 15 Modelo de pieza "Aros llama puertas"

Fuente: (GÜLGÜN AKTAKKA, 2006)

Los parámetros de para el proceso fue de 10 MN en prensa mecánica.

Sabemos:

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \times 9,80665 \text{ m/s}^2 = 9,80665 \text{ N.}$$

$$10 \text{ Newtons} = 0.001 \text{ Tonelada fuerza}$$

$$10 * M. \text{Newtons} = 1020 \text{ Tonelada fuerza}$$

Al tener las condiciones de la máquina del forjado con prensa mecánica, se procedió a establecer el diseño de una prensa hidráulica, para uso de forjado en piezas diferentes.

Material de aluminio, se analiza para una temperatura rango de 600-650°C de fusión y la forja en caliente de aluminio es básicamente la misma que la forja de acero en matriz cerrada. Este proceso tiene lugar a temperaturas de alrededor de 500 °C. (hirschvoege, 2022)

En este diseño, los componentes principales de la máquina están hechos de acero.

Consideraciones de diseño para 15 TON.

- Carga de diseño = 15 Ton=15000 kgf =147150 N.

4.1. Sistema Hidráulico.

4.1.1. Diseño del cilindro hidráulico

Diseño del diámetro interior del cilindro hidráulico, se determinó mediante la ecuación de área, según $D_i = 55 \text{ mm}$ –cátalo Larzep

$$A = \frac{\pi * D_i^2}{4} (mm^2) \dots \dots \dots (1)$$

$$A = \frac{3,1415 * (55)^2}{4} = 2375,75 \text{ mm}^2$$

Aplicamos la fórmula para validar la presión conforme a los datos de catalogo

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- Carga aplicada, F = N (Newtons)
- Presión de diseño, P

$$P = \frac{147\ 099,75}{2375,75} = 61,91 \frac{N}{mm^2} = 619,10 \text{ bar}$$

Validando- Reemplazando P a ecuación (2)

Se obtiene.

$$d_{ci} = \sqrt{\frac{4 \cdot 147\,099,75}{\pi \cdot 61,91}} = 55,0 \text{ mm} \dots (3)$$

Consideramos una carrera de 155 mm – Modelo SM-01515

Capacidad		Carrera	Modelo	Volumen	A	B	D	E	F	H	I
Tn	kN	mm	LARZEP	cm³	mm	mm	mm	mm	mm	mm	UN
5	49	25	SM00502	18	110	135	40	30	25	19	1 1/2'-16
		76	SM00508	54	168	244	40	30	25	19	1 1/2'-16
		127	SM00513	90	219	346	40	30	25	19	1 1/2'-16
		180	SM00518	128	276	456	40	30	25	19	1 1/2'-16
		232	SM00523	164	328	560	40	30	25	19	1 1/2'-16
10	109	25	SM01002	40	90	115	60	45	36	20	2 1/4'-14
		54	SM01005	86	121	175	60	45	36	20	2 1/4'-14
		105	SM01010	167	172	277	60	45	36	20	2 1/4'-14
		155	SM01015	247	247	402	60	45	36	20	2 1/4'-14
		205	SM01020	326	301	506	60	45	36	20	2 1/4'-14
		257	SM01025	409	352	609	60	45	36	20	2 1/4'-14
		307	SM01030	489	402	709	60	45	36	20	2 1/4'-14
15	169	25	SM01502	60	127	152	75	55	45	20	2 3/4'-16
		54	SM01505	129	155	209	75	55	45	20	2 3/4'-16
		155	SM01515	369	275	430	75	55	45	20	2 3/4'-16
		205	SM01520	487	327	532	75	55	45	20	2 3/4'-16
		257	SM01525	611	379	636	75	55	45	20	2 3/4'-16
		307	SM01530	730	426	733	75	55	45	20	2 3/4'-16
		355	SM01535	844	477	832	75	55	45	20	2 3/4'-16

J	K	L	M	N	P	R	S	T	Area	Peso	Modelo	Con cabeza basculante	
mm	mm	mm	UN	mm	mm	UN	mm	mm	cm²	kg	LARZEP	A	Modelo
28	6	25	3/4'-16	6	14	1/4'-20	25	14	7	1,0	SM00502	-	-
28	6	25	3/4'-16	6	14	1/4'-20	25	14	7	1,5	SM00508	-	-
28	6	25	3/4'-16	6	14	1/4'-20	25	14	7	1,9	SM00513	-	-
28	6	25	3/4'-16	6	14	1/4'-20	25	14	7	2,4	SM00518	-	-
28	6	25	3/4'-16	6	14	1/4'-20	25	14	7	2,8	SM00523	-	-
32	6	*	*	*	*	5/16'-18	39	12	16	1,8	SM01002	*	*
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	2,4	SM01005	140	AZ0420
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	3,3	SM01010	191	AZ0420
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	4,7	SM01015	266	AZ0420
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	5,7	SM01020	320	AZ0420
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	6,6	SM01025	371	AZ0420
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	7,4	SM01030	421	AZ0420
32	6	28	1'-8	10	19	5/16'-18	39	12	16	8,4	SM01035	473	AZ0420
32	8	*	*	*	*	3/8'-16	47	12	24	4,2	SM01502	*	*
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	5,0	SM01505	176	AZ0423
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	6,4	SM01510	220	AZ0423
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	8,5	SM01515	296	AZ0423
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	10,0	SM01520	376	AZ0423
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	11,5	SM01525	400	AZ0423
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	12,8	SM01530	447	AZ0423
32	8	35	1'-8	8	25	3/8'-16	47	12	24	14,2	SM01535	498	AZ0423

Tabla N°. 3. Tabla de Proveedor LARZEP

Fuente: (LARZEP)

4.1.2. Diseño del espesor de pared del cilindro hidráulico.

Se usó la ecuación de Clavarino (Mudennavar, 2018) para cilindros de extremo cerrado (o cilindros equipados con cabezas) para calcular el espesor máximo de pared del cilindro hidráulico.

Tenemos la formula (4) , para validar datos de fabricante y selección.

$$t_c = r_{ci} * \left[\sqrt{\frac{(\sigma_t + (1 - 2\mu) * P)}{(\sigma_t - (1 - \mu) * P)}} - 1 \right] mm \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- $r_{ci} = 27,50 \text{ mm}$; *radio interno del cilindro hidráulico*
- $\sigma_t =$ *tensión tangencial admisible*
- $P = 61,91 \frac{N}{mm^2}$; *presion de trabajo*
- $\mu = 0,30$; *constante de POISON*

Para la máquina de prensa hidráulica donde la carga es incierta en la aplicación de diseño, por lo tanto, se elige el factor de seguridad es 4. El factor de seguridad elegido está en el lado más alto porque este es el equipo para verificar las válvulas. Normalmente se elige un factor de seguridad de alrededor de 2,5 a 3, ya que el equipo de prueba debe ser más preciso y duradero, por lo que se elige un factor de seguridad de 4.

Al ser el cilindro hidráulico de material del tubo: St-42 Tubo hueco de acero estructural, presenta una resistencia de tracción de $42 \text{ kgf/mm}^2 = 412,02 \text{ N/mm}^2$, validando según (Mudennavar, 2018) con la fórmula 4

Tenemos :

- $\sigma_t = 412,02 \frac{N}{mm^2}$;

tensión tangencial admisible entre el factor de seguridad

$$\sigma_t = \frac{412,02 \frac{N}{mm^2}}{4} = 103,0 \frac{N}{mm^2}$$

Reemplazando en (4)

$$t_c = 27,5 * \left[\sqrt{\frac{103 + (1 - 2(0,3)) * 61,91}{103 - (1 - (0,3)) * 61,91}} - 1 \right]$$

$$t_c = 27,5 * \left[\sqrt{\frac{165,31}{59,66}} - 1 \right] = 27,5 * 0,66 = 18,15 \text{ mm}$$

Validamos los 18,15 mm ya que el espesor del cilindro del Modelo SM-01515, es mayor con 25, mm, determinando que según proveedor realiza operaciones hasta 700 bar.

Parte	Material	Densidad	Constante POISON
Cilindro Pistón con varilla, Base, Tuerca y pernos Plato y estructura	ST42 acero definido en el estándar IS1570/1-78.	785 0	0.3
	grado de acero al carbono medio EN8	785 0	0.3
	aleación de acero de muy alta resistencia EN24	783 0	0.3

Tabla N°. 4. Tabla de IJSDR - Universal

Fuente: (Mudennavar, 2018)

4.1.3. Diseño del diámetro exterior del cilindro hidráulico

El diámetro exterior del cilindro, se calcula con la siguiente formula acorde a (Mudennavar, 2018)

$$d_{co} = d_{ci} + 2 t_c \dots \dots \dots (5)$$

$$d_{co} = 55 + 2 (18,15)$$

$$d_{co} = 91,30 \text{ mm}$$

4.1.4. Esfuerzo tangencial máximo en el cilindro hidráulico

$$\sigma_{t,max} = P \left[\frac{d_{co}^2 + d_{ci}^2}{d_{co}^2 - d_{ci}^2} \right] \frac{N}{mm^2} \dots \dots \dots (6)$$

Reemplazando:

$$\sigma_{t,max} = 61,91 \left[\frac{91,30^2 + 55,0^2}{91,30^2 - 55,0^2} \right] = 90,54 \frac{N}{mm^2}$$

4.1.5. Diseño del espesor de la placa de la tapa del extremo del cilindro hidráulico .

$$t = k * d_{ci} * \left[\sqrt{\frac{P}{\sigma_{ALL}}} \right] mm \dots \dots \dots (7)$$

- $\sigma_{ALL} = \text{Tension de traccion admisible}, 103,0 \frac{N}{mm^2}$
- $k = \text{Constante POISON} = 0,3$

Reemplazando:

$$t = k * d_{ci} * \left[\sqrt{\frac{61,91}{103,0}} \right] = 0,3 * 55 * 0,77 = 12,70 \text{ mm}$$

4.1.6. Diseño del pistón de la prensa hidráulica .

Se determina

- **Diseño del diámetro de la cabeza del pistón**

El diámetro de la cabeza del pistón se igualó al diámetro interno del cilindro de 55,00 mm.

- **Diseño del diámetro del vástago del pistón.**

$$d_{pr} = d_{ci} * \sqrt{\frac{P}{\sigma_{ALL}}} \text{ mm} \dots \dots \dots (7)$$

$$d_{pr} = 55 * \sqrt{\frac{61,91}{103,0}} = 42,35 \text{ mm}$$

Dado que los valores del diámetro interior/exterior del cilindro hidráulico, la presión de trabajo, así como los parámetros del pistón coinciden con los de un cilindro hidráulico manual estándar y una bomba disponible.

4.1.7. Selección de bomba hidráulica .

La bomba hidráulica seleccionada para la prensa hidráulica de 15 Ton fue la bomba hidráulica manual CICROSA de 300 N, acorde a la presión de 619,10 bar, con las siguientes especificaciones y dimensiones.

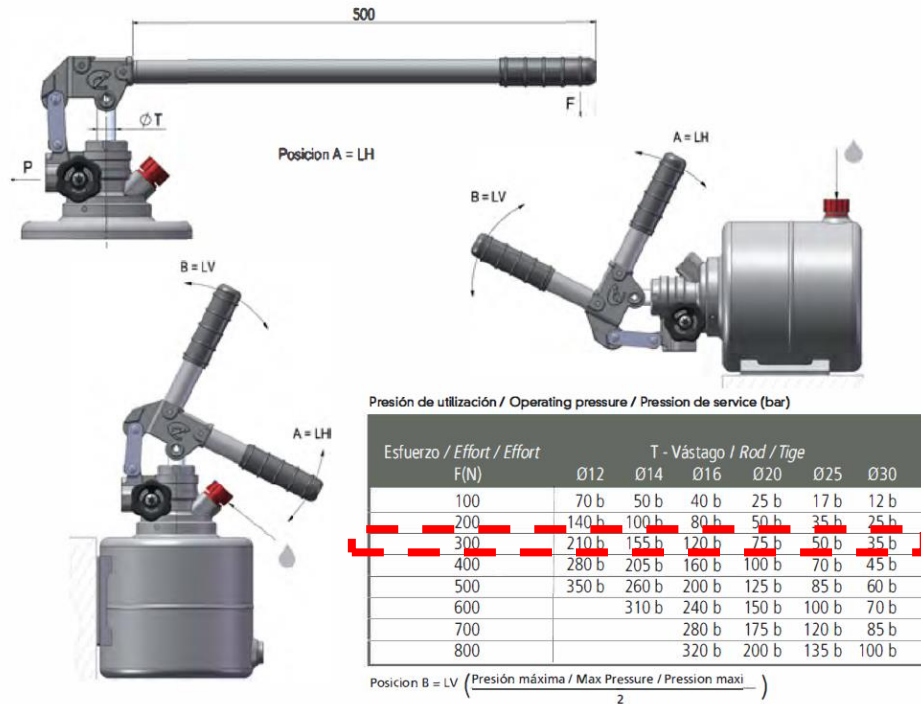


Tabla N°. 5. Tabla de selección de bomba manual

Fuente: CICROSA

4.1.8. Tuberías, mangueras y accesorios hidráulicos

La manguera de presión de diámetros interno/externo de 9,7 mm/ 19,7 mm respectivamente se seleccionó de las gamas disponibles de mangueras hidráulicas de alta presión de ENERPAC.

4.1.9. Diseño del Circuito Hidráulico.

Se ha considerado que el cilindro de simple efecto realiza el proceso reiteradas veces al molde. El funcionamiento es el siguiente al realizar el fuerza a la bomba manual, esta permite succionar el fluido desde el depósito. La válvula incorporada por el flujo no logra pasar hasta el cilindro. Este fluido al ser incompresible, necesita de un lugar por donde liberar el flujo y así mantener la presión apropiada, y es allí donde se abre la válvula limitadora de presión para que el fluido regrese al depósito. Si la válvula es accionada manualmente, esta permite que el flujo llegue al cilindro, haciendo así que el vástago se desplace. Cuando la presión en las líneas llega a su límite, entonces se abre la válvula de seguridad para que el fluido regrese al depósito y así evitar fallas en el circuito. Si se deja de presionar o accionar

la válvula, esta regresa a su estado por defecto permitiendo el paso del flujo, y así el vástago del cilindro se retraiga a causa de la fuerza que genera el molde al ser forjado.

Un circuito hidráulico, a diferencia de uno neumático es que necesariamente debe llevar una válvula limitadora de presión ya que el fluido usado que puede ser aceite es incompresible a comparación con el aire. Además, en la mayoría de los casos se usa la bomba automáticas que se mantienen encendida para garantizar la presión adecuada en las líneas. Hay que aclarar que este es un circuito básico y posiblemente ideal, ya que aún no se ha considerado varias etapas como de filtrado del fluido, también se puede llegar a automatizar con electrohidráulica y comandos, lo cual pertenece a un estudio como método didáctico en el proceso de forjado.

A continuación se inserta los datos del cilindro hidráulico seleccionado, en base a los cálculos desarrollados

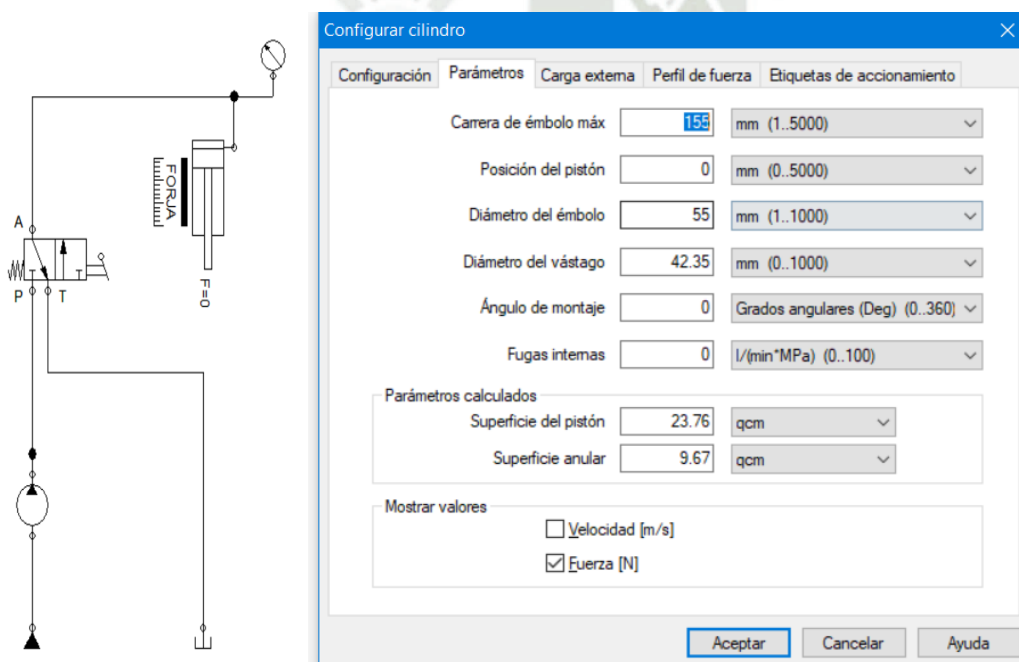


Figura N°. 16 Ingreso de datos den FluidSim

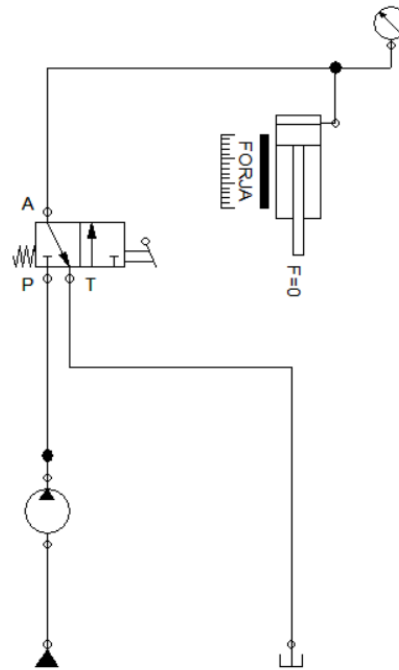


Figura N°. 17 Diagrama de circuito hidráulico

4.2. Armazón y Estructura.

Para la selección de materiales tiene un papel muy importante en el diseño de máquinas. Por ejemplo, el costo de los materiales, cualquier máquina es un buen determinante del costo de la máquina.

Más que el costo es el hecho de que los materiales son siempre un factor muy decisivo para un buen diseño.

La elección del material particular para la máquina depende del propósito particular y el modo de operación de la máquina.

Los componentes y demás, depende del modo esperado de falla de estos , los materiales de ingeniería se clasifican de manera comercial principalmente en:

- Metal y sus aleaciones, como hierro, acero, cobre, aluminio, etc.
- No metales como vidrio, caucho, plástico, etc.
- Metales se clasifican además como metales ferrosos y metales no ferrosos.

- Los metales ferrosos son aquellos metales que tienen hierro como su componente principal, como el hierro fundido, el hierro forjado y los aceros.
- Los metales no ferrosos son aquellos que tener un metal que no sea hierro como principal constituyente, como cobre, aluminio, latón, estaño, zinc, etc.

Además, ciertas propiedades mecánicas de los metales han influido mucho en nuestras decisiones. Estas propiedades incluyen:

- **Resistencia:** Es la capacidad de un material para resistir la fuerza aplicada externamente sin romperse o ceder la resistencia interna que ofrece sin romperse o ceder la fuerza aplicada internamente se llama estrés.
- **Rigidez:** Es la capacidad de un material para resistir deformación bajo tensión.
- **Elasticidad:** Es la propiedad de un material de recuperar su forma original después de la deformación cuando se eliminan las fuerzas externas
- **Plasticidad:** Es propiedad de un material que retiene la deformación producida bajo carga, de manera permanente.
- **Ductilidad:** una propiedad muy importante del material que le permite ser trefilado en alambre con la aplicación de una fuerza de tracción. Un material dúctil es a la vez fuerte y plástico. Materiales dúctiles
- **Fragilidad:** Son las propiedades de un material opuestas a la ductilidad, es la propiedad de rotura de un material con poca deformación permanente cuando se somete a una carga de tracción, los materiales frágiles se rompen sin dar un alargamiento sensible. El hierro fundido es un material frágil.
- **Dureza:** Abarca diferentes propiedades como la resistencia al agua, el rayado, la deformación y la maquinabilidad, etc. También mide la capacidad de un metal para cortar otro metal.

Donde se diseñara en base a las especificaciones del Acero dulce, el cual contiene de 0,05 a 0,3 por ciento de carbono, ha reemplazado al hierro forjado para casi todos los propósitos, su mayor resistencia le otorga ventajas viables.

El acero dulce entre sus aplicaciones se encuentran placas para la construcción de barcos, tubos de marcos de bicicletas, mallas, pernos, tuercas, espárragos, etc. Secciones de construcción sólidas y huecas, piezas de chapa y piezas de fundición de acero, como volantes y ruedas de locomotoras. centros. Acero inoxidable: estos son aceros con alta resistencia a la oxidación y la corrosión para cumplir con los requisitos específicos de la aplicación. T

También tienen alta resistencia y tenacidad, es una aleación de hierro con aproximadamente 11% de cromo y otros metales como níquel, molibdeno, etc.

Donde los componentes del marco de la prensa hidráulica incluyen:

- Columna
- marco transversal superior
- marco móvil
- pasadores de soporte de marco móvil
- marco base o soporte
- platos

4.2.1. Diseño de Soporte Principal.

La estructura será de acero al 0,15 – 0,30 % de Carbono, teniendo un esfuerzo de tracción según tabla.

Tabla N°. 6. Tabla de IJSDR - Universal

Material	E kg/cm ²	σ_p kg/cm ²	K ₂ (tracción)	
			desde kg/cm ²	hasta kg/cm ²
Acero soldado dulce ¹	2 000 000	1 300	3 300	4 000
Acero muy dulce (0,05-0,15 % C)	2 200 000	1 800	3 400	4 200
Acero dulce (0,15-0,30 % C)	2 200 000	—	4 000	4 800
Acero semidulce (0,30-0,40 % C)	2 200 000	—	4 800	5 500
Acero semiduro (0,40-0,60 % C)	2 200 000	—	5 500	6 500
Acero duro (0,60-0,70 % C)	2 200 000	—	6 500	7 500
Acero durísimo (0,70-1,20 % C)	2 200 000	—	7 500	—
Acero para resortes, recocido	2 200 000	5 000	8 300	11 500
Acero para resortes, templado	2 200 000	7 500	14 000	17 000
Acero al níquel recocido	2 200 000	—	4 800	5 900
Acero al níquel templado	2 200 000	—	7 000	7 900
Acero cromo-níquel recocido	2 200 000	—	5 600	7 000
Acero cromo-níquel templado	2 200 000	—	10 000	19 000
Acero colado en moldes	2 150 000	2 000	3 500	7 000
Fundición de hierro	750 000	—	1 200	1 800
Cobre laminado	1 500 000	—	2 000	2 300
Latón fundido	800 000	650	1 500	—
Bronce común	900 000	800	2 000	—
Bronce de cañones	1 100 000	900	3 000	3 200
Bronce fosforoso	—	—	4 000	—
Aluminio fundido	675 000	—	930	1 000
Aluminio laminado	776 000	480	1 500	—
Bronce-aluminio	1 200 000	—	6 200	—
Magnesio	—	—	2 300	—
Metal delta	1 060 000	1 300	4 000	6 000
Metal rübel	—	—	4 500	6 500

¹ Actualmente en desuso. Se obtiene por soldadura en paquetes de rezagos por martilleo a la temperatura del blanco fundente.

Fuente: (RAFFO)

Lo dimensionado en perfiles de doble SOLERA en tensión a 15 toneladas, el área de sección transversal mínima de 766,144 mm²

Aplicando la formula:

$$A_{min} = \frac{F}{\frac{\sigma_t}{Factor\ de\ Seguridad}} (mm^2) \dots \dots \dots (7)$$

Tabla N°. 7. Tabla de factor de seguridad en diseño mecánico

Calidad de los materiales, mano de obra, mantenimiento e inspección	Exactitud del análisis de esfuerzos, de la información experimental o experiencias en diseños similares	Control sobre la carga aplicada			
		MB	B	R	M
MB	MB	1,1	1,3	1,5	1,7
	B	1,2	1,45	1,7	1,95
	R	1,3	1,6	1,9	2,2
	M	1,4	1,75	2,1	2,45
B	MB	1,3	1,55	1,8	2,05
	B	1,45	1,75	2,05	2,35
	R	1,6	1,95	2,3	2,65
	M	1,75	2,15	2,55	2,95
R	MB	1,5	1,8	2,1	2,4
	B	1,7	2,15	2,4	2,75
	R	1,9	2,3	2,7	3,1
	M	2,1	2,55	3,0	3,45
M	MB	1,7	2,15	2,4	2,75
	B	1,95	2,35	2,75	3,15
	R	2,2	2,65	3,1	3,55
	M	2,45	2,95	3,45	3,95

Fuente: (Rey, 2009)

Factor por seguridad que involucra aspectos de control y calidad

Los métodos de Moszynski y Pugsley son solamente orientaciones y no son especialmente conservadores; en los diseños mecánicos la mayoría de los coeficientes de seguridad admisibles son mayores que los resultados de los procedimientos antes expuestos, en general muchos parámetros, como la resistencia del material y las cargas aplicadas, puede que no sean bien conocidos y la confianza en el análisis de ingeniería puede ser muy variable.

Por consiguiente mayormente se prefieren coeficientes de seguridad superiores a los derivados de los métodos de Moszynski y Pugsley y en cumplimiento con normas de seguridad industrial y gubernamentales.

$$A_{min} = \frac{147\,099,75\text{ N}}{\frac{480\text{ N/mm}^2}{2,55}} = 766,144\text{ mm}^2 = 7,661\text{ cm}^2$$

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	24 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	41 min
	Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	178.34
8.0	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
8.9	3/8"	1200	4	2400	8	201.00
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
11.9	1/2"	1200	4	2400	8	278
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
16	5/8"	3000	10	6000	20	1695.60
		1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
19	3/4"	3000	10	6000	20	2260.80
		1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
25	1"	1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
		1500	5	6000	20	1766.25
32	1 1/4"	2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
		1500	5	6000	20	2260.80
38	1 1/2"	2400	8	6000	20	2684.70
		3000	10	6000	20	4521.60
		1500	5	6000	20	2684.70
50	2"	2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
		1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Figura N°. 18 Tabla de Planchas de Acero ASTM A36

Fuente: Aceros Arequipa

a) Soporte Principal

Es la sección que recibirá toda la fuerza de forjado, el apoyo está rígido por medio de 02 pasadores principales, los cuales son de acero al carbono, estas placas están soldadas de igual manera como el armazón con un cordón de espesor en 3 mm, donde su área transversal cumple con el diseño.

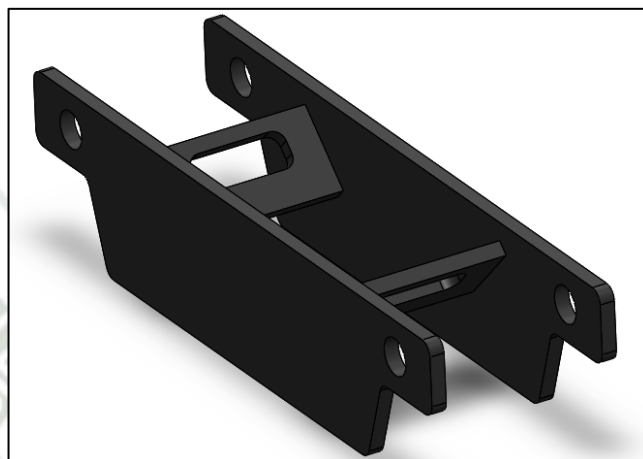


Figura N°. 19 Soporte Principal de prensa hidráulica

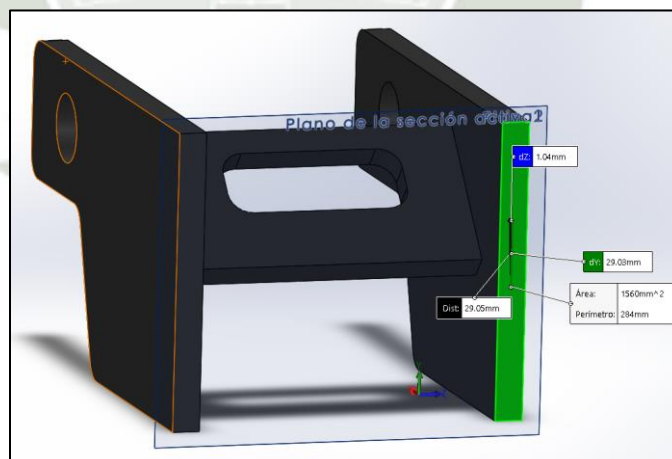


Figura N°. 20 Área transversal de soporte principal

El área utilizada es de 3 120 mm² de ambas caras de soporte principal, superando al área mínima calculada.

$$A_{min} = \frac{147\,099,75\text{ N}}{\frac{480\text{ N/mm}^2}{2,5}} = 766,144\text{ mm}^2 < 3120\text{ mm}^2$$

b) Soporte de Armazon.

De igual manera son 02 los soportes de estan manufacturados con acero ASTM A36 , sirve como apoyo al peso y la estabilidad de toda la composicion del modulo didactico, esta unida en sus caras con soldadura de cordon 3 mm,

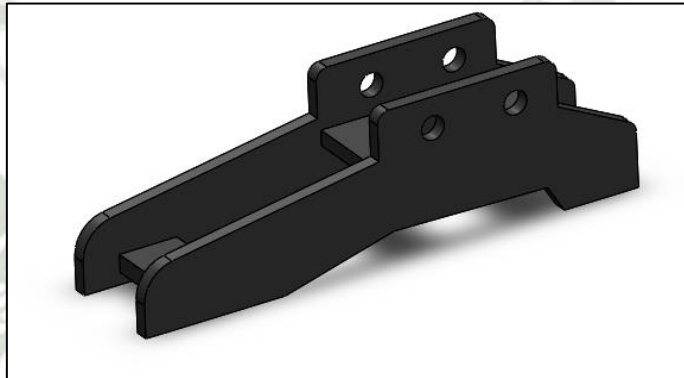


Figura N°. 21 Soporte de Armazón

c) Armazon de Prensa.

El armazon de la prensa hidraulica esta diseñada para realizar trabajos en 04 niveles en la parte inferior presenta ranuras que se unen con los 02 soportes, d ellos cuales estan empernados con tornillos tipo Allen, brindado una adecuada compensacion y esfuerzos y minima deformacion con niveles de pruebas a 15 Ton, según analisis por Solidworks

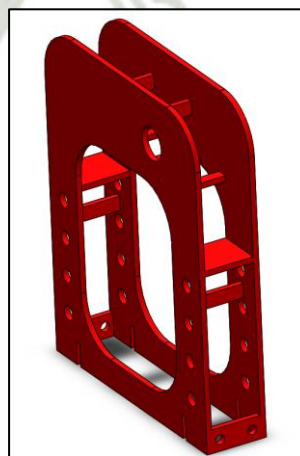
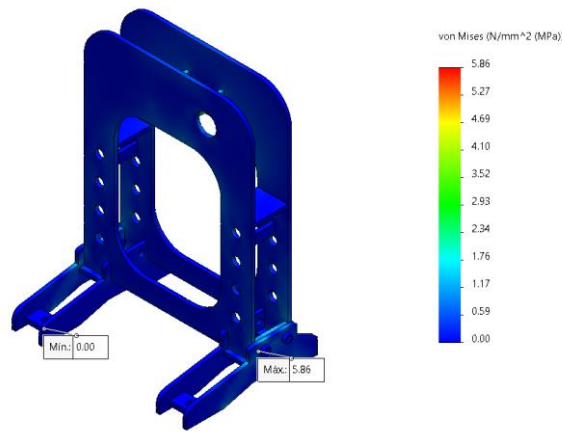


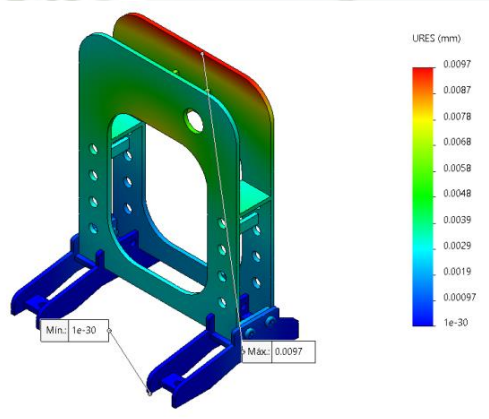
Figura N°. 22 Soporte de Armazón

Análisis estático

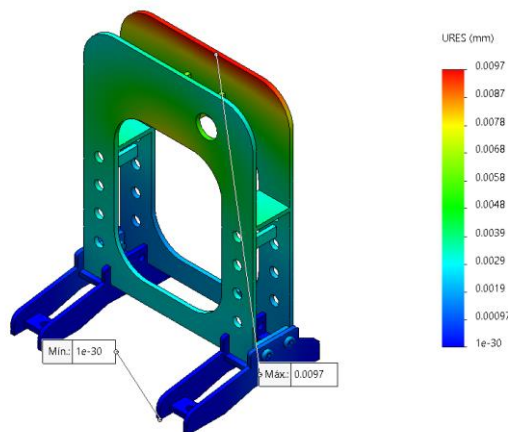
Descripción



En la estructura principal de la plataforma se puede apreciar muy bien en donde se genera la máxima tensión y es justo en los soportes de la base en el armazón, donde nos aparece la escala de colores en donde nos indican desde los valores mínimos existentes en el conjunto hacia los valores máximos de en este caso la tensión en megapascales 5,86 MPa



vemos que la deformación máxima muestra un pequeño desplazamiento máximo se encuentra en la parte posterior del armazon con 9,7 milésimas de milímetro es decir que casi no se desplaza , donde podemos corroborar el factor de seguridad



En este caso es de la vemos del límite elástico y el límite de ruptura , el límite de tensión en el límite elástico va a soportar sin problemas la carga aplicada de las 15Ton a ejercer sobre el proceso.

Tabla N°. 8. Análisis estático de ensamble

d) Soporte Secundario.

Este soporte es el punto de trabajo que establece 02 posiciones y sujeta por correderos, brindando la función de doblado y trabajos de presión ante trabajos de presión y fuerza, de la misma forma está diseñado conforme a las características ASTM A36.

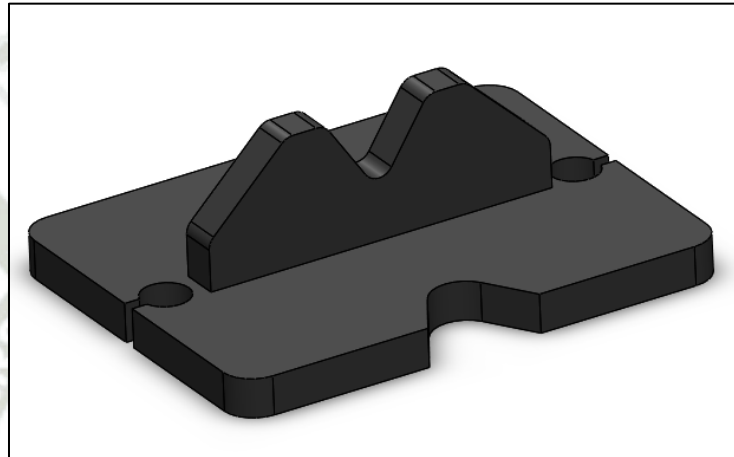


Figura N°. 23 Soporte Secundario

4.2.2. Diseño de Ensamble y Funcionamiento

En esta sección definiremos el diseño propuesto de los elementos que conforman el equipo didáctico para el proceso de forja en caliente, la selección de materiales a usar para estos, procesos de fabricación, diseño de los métodos de unión entre las partes y dimensiones de las mismas.

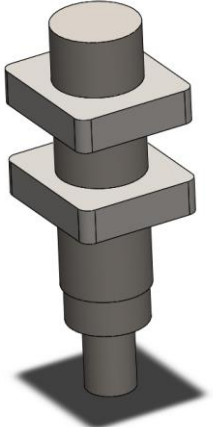
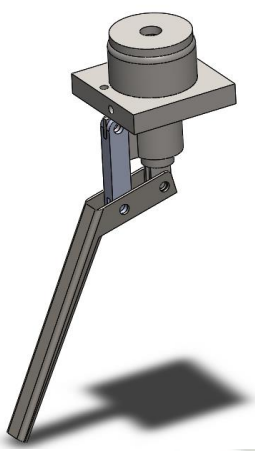
a) Masa de Modulo didactico

La masa de trabajo estará conformada por la masa del armazón de toda la prensa hidráulica de 15 Ton , bomba de aceite y cilindro hidráulica y por la masa de dos acoples mecánicos entre las uniones emperradas en toda su estructura.

Se calcula la masa del conjunto con la ayuda de un Software de, SolidWorks 2020 con el cual sólo se necesita modelar cada elemento que informa el conjunto y asignarle el tipo de material.

Los materiales utilizados corresponden a los que usualmente se encuentran en el mercado , comercial entre las empresas de metal mecánica y maestranza, estas partes se describen a continuación en las tablas , De esta manera, suman un total de 55 kg

Parte	Descripción	Material	Cantidad	Masa (Kg)
	Estructura principal de la plataforma o Armazón de Plancha ASTM A36	A36	1	46.68
	Soporte de Armazón de Plancha ASTM A36	A36	2	2.35
	Soporte principal de la plataforma o Armazón de Plancha ASTM A36	A36	1	3.33
	Soporte secundario de la plataforma o Armazón de Plancha ASTM A38	A36	2	0.54

Parte	Descripción	Material	Cantidad	Masa (Kg)
	Cilindro Hidráulico de carrera 155 mm	-	1	1.54
	Bomba de aceite Manual ENERPAC	-	1	1.36
Total			8	55

Parte	Descripción	Material	Cantidad	Masa (Kg)
	Pasador de acero al carbono	-	2	3,8
	Perno Acerado	-	4	0,20
	Perno Acerado	-	4	0,20
	Perno Acerado	-	4	0,08
Total			14	4,28

Tabla N°. 9. Componentes de Ensamble para módulo didáctico

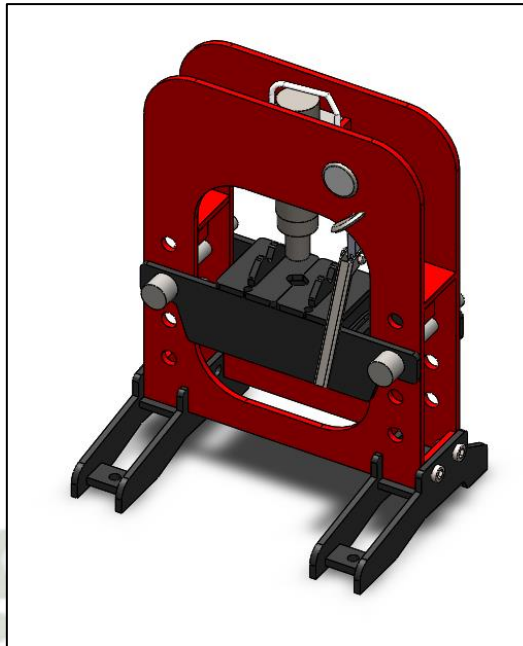


Figura N°. 24 Máquina didáctica para el proceso de Forjado

4.3. Análisis de costos del proyecto.

4.3.1. Costos de ingeniería.

Se establece los costos del proyecto, acorde a lo siguiente:

- **Costo** : operación monetaria que se recupera con beneficios, y una cantidad que se da o se paga por una cosa.
- **Proyecto** : Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver.
- **Inversión** : Gasto en procesos productivos. Compra de un activo
- **Proyecto de Inversión** : La evaluación de este proyecto de inversión, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, de tal manera que asegure resolver una necesidad de máquinas operativas en un taller mecánico , en forma eficiente, segura y rentable.

El estudio del proyecto pretende contestar el interrogante de si es o no conveniente realizar la inversión. Esta recomendación sólo será posible si se dispone de todos los elementos necesarios para tomar la decisión.

En términos generales la evaluación del proyecto se divide en 3 estudios que son:

Viabilidad comercial: El estudio de la viabilidad comercial indicará si el mercado es o no sensible al bien o servicio producido por el proyecto y la aceptabilidad que tendría en consumo o uso.

Viabilidad técnica: El estudio de viabilidad técnica estudia las posibilidades materiales, físicas y químicas, condiciones y alternativas de producir el bien o servicio que se desea generar con el proyecto.

Viabilidad financiera: El estudio de la viabilidad financiera de un proyecto determina, en último término, su aprobación o rechazo.

Y para poder determinar el rechazo o aprobación del mismo se tendrán que hacer los cálculos financieros necesarios de los elementos que conforman el proyecto.

Para la construcción de este proyecto se utilizarán los siguientes elementos:

Equipo Hidráulico: El diseño, deben tomarse en cuenta algunos aspectos para los costos de ingeniería como son:

- Ingeniería
- Planos de ingeniería
- Compra del equipo hidráulico
- Costos directos e indirectos
- Mantenimiento del equipo hidráulico
- Vida útil del equipo hidráulico

4.3.2. Análisis económico del equipo hidráulico y componentes requeridos.

Ingeniería

El análisis económico de la máquina, en la selección del equipo hidráulico se determinó gran parte del diseño mecánico de la máquina, por lo que el precio de la ingeniería de diseño de todos los componentes que actúan en nuestra máquina didáctica, tomamos en consideración cada parte de selección y las horas de trabajo para determinar un costo de selección de 3 000 soles.

Costo de ingeniería para equipo hidráulico 3 000 soles.

Planos de Ingenieras

Dentro de los dibujos hechos en computadora, en los que se tendrán todas las especificaciones de acuerdo a la norma, utilizando software de diseño como SolidWorks, se determinó que los dibujos de la estructura en conjunto con los del equipo hidráulico tendrán un costo de 1 500 soles.

Para el equipo hidráulico, se tomara un solo costo por los planos de ingeniería y material, ya que en el modelo seleccionado de cada componente están incluidos sus dibujos, especificaciones y material con que están hechos, por lo que sus costos estarán en el siguiente punto. Costo de planos de ingeniería = 1 500 soles.

Costos directos e indirectos

Ahora los costos directos son aquellos que influyen directamente con el equipo, y los costos indirectos son los que no afectan directamente al equipo pero se deben tomar en cuenta. Estos costos ya están considerados dentro de la ingeniería, dibujos de ingeniería, por lo que no los tomaremos en cuenta. En este caso los costos indirectos sí nos afectaron como fue el envío del material solicitado y el transporte empleado para la obtención del material, o en su defecto uno mismo tendría que ir por el material, entonces el costo indirecto por cada componente hidráulico es de 300 soles,

Costo indirecto por equipo hidráulico es de 300 soles

Mantenimiento del equipo

En los costos por mantenimiento es necesario contar con las reparaciones del cilindro hidráulico y de esta forma tener por lo menos 2 mantenimiento cada 6 meses, los costos por mantenimiento anual serán de 1 000 soles

Costo por mantenimiento por máquina de 1 000 soles

Vida útil del equipo

Con una vida útil de los próximos 5 años.

Es importante que el costo de cada elemento que se muestra en la tabla no incluye IGV por lo que a cada valor se le tendrá que sumar el IGV se muestra el subtotal de la suma de los precios de todos los elementos y el IGV correspondiente a este subtotal y por lo tanto se muestra el total a pagar por todos los elementos con IGV incluido.

Componente	Und.	Precio (Soles)	Total (Soles)
Cilindro hidráulico de carrera 155 mm	1	212.00	212.00
manómetro de 1000 bares	1	70.00	70.00
Bomba hidráulica manual 10 kpsi	1	1,000.00	1,000.00
Plancha de Acero	3	120.00	360.00
Manguera hidráulica	1	50.00	50.00
Material Consumible (Pernos, Arandelas, etc.)	4	10.00	40.00
Barra redonda de acero al carbono	2	35.00	70.00
Subtotal			1,802.00
IGV			324.36
Total			2,126.36

Tabla N°. 10. Tabla de costos de componentes para módulo didáctico

Actividades de taller	Und.	Precio(Soles)	Total(Soles)
Proceso de Torno	1	80.00	80.00
Proceso de corte en CNC y soldadura	1	500.00	500.00
Proceso de taladrado	1	60.00	60.00
Pintado y acabado industrial	1	150.00	150.00
Subtotal			790.00
IGV			142.20
Total			932.20

Tabla N°. 11. Tabla de costos de Actividades de taller para módulo didáctico

Conclusiones

1. Se concluye que la forja es un proceso orientado a la experiencia, y que a lo largo de los años, se ha acumulado una gran cantidad de conocimientos y experiencia en este campo, este proceso de forja produce productos finales en muy poco tiempo con poca o ninguna chatarra. Por lo tanto, hay un ahorro de energía y material. Las piezas forjadas a veces cuestan más que las piezas producidas por otros procesos como la fundición o el mecanizado, pero dan piezas más fiables con mejores propiedades mecánicas y metalúrgicas.
2. La prensa hidráulica manual como equipo didáctico para la actividad de forjado en calientes, se logró siguiendo los objetivos planteados en este trabajo. La máquina desarrollada se fabricó con materiales de origen comercial, donde se utilizó acero a ASTM A36 en la fabricación de la mayoría de los componentes de la máquina dándole un diseño comercial y poco rustico, la máquina desarrollada se muestra en los planos anexados. Se inspeccionaron el armazón de la máquina, los miembros estructurales, la soldadura, la bomba y el mecanismo del cilindro para verificar si había fallas o fugas de aceite hidráulico, estos últimos con proveedores del mercado.
3. En este trabajo se ha determinado cálculos en contraste del software SolidWorks, el Diseño y Análisis de esta Prensa hidráulica se ha observado que, los esfuerzos inducidos en la Prensa hidráulica están dentro del límite. Entonces, es segura para fabricar y usar en industrias con visión a otros procesos de manufactura.
4. Se fabricó una prensa hidráulica manual de 15 toneladas. La máquina se probó para garantizar la adaptabilidad y la capacidad de servicio a los objetivos de diseño. Se encontró que la máquina era satisfactoria con una carga de prueba de 15 KN.

Recomendaciones

1. En la presente investigación se recomienda el rediseño para la mejora en el proceso de forjado sabiendo que el proceso tiene como objetivo el conformado de un material mediante la aplicación de fuerzas de compresión. Por lo cual se debe obtener un diseño de forjado continuo para evaluar las diferencias de un proceso manual y automático, para las condiciones de calidad y producto terminado
2. Siendo un módulo de aprendizaje se recomienda establecer una nueva lista de exigencias, para acondicionar ventajas en diseños destinados a procesos de manufactura, evaluando la eficiencia y nuevos estudios de mejora en el diseño establecido
3. Los programas de diseño como SolidWorks e inventor deben ser valorados para el estudio de condiciones estáticas y dinámicas a comparación Onshape, donde muestra una plataforma de diseño 3D basada en la nube que permite a varios usuarios trabajar en colaboración en un proyecto, logrando obtener gran importancia en críticas y mejoras por otros profesionales de la materia.
4. Se recomienda plantear nuevos diseños, para procesos industriales, como planchas o autopartes de la industria automotora, siendo los más usados en el mercado nacional, llegando a compartir opiniones de profesionales metalurgistas.

Referencia

T.Sobis, U. E. (1992). *Diario de Tecnología de Procesamiento de Materiales*.

Chavez, J. G. (2019). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Incrementar la Disponibilidad Mecánica de la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Provincial de Pomabamba*. Lima: UTP.

George E. Dieter. (1976). *Metalurgia Mecánica*. Tokio: McGraw Hill Kogakusha.

GÜLGÜN AKTAKKA. (2006). *Análisis del Proceso de forja en Caliente*. Turkia: Universidad Tecnica del Medio Oeste.

Handbook of Engineering Materials, 5. E. (2023). *azom*. Obtenido de historia y desarrollos clave en la industria de forja de metales: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2195>

hirschvoge. (14 de 02 de 2022). <https://www.hirschvogel.com>. Obtenido de <https://www.hirschvogel.com>: <https://www.hirschvogel.com>

LARZEP. (s.f.). CATALOGO CILINDROS HIDRAULICOS. 2022. LARZEP, España.

Mudennavar, G. P. (2018). *Diseño y Análisis de Prensa Hidráulica de 12 Ton*. Sudafrica: Revista internacional y desarrollo científico.

Navarrete, J. F. (2022). *Propuesta de diseño de un equipo didáctico para forja en caliente*. EL SALVADOR: Universidad Del Salvador.

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota.

RAFFO, C. (s.f.). ESTÁTICA Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES. 2007. Librería y Editorial Alsina, Buenos Aires.

Rey, G. G. (19 de 05 de 2009). *Coefficiente Admisible de Seguridad según Pugsley*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com>: <http://www.mailxmail.com>

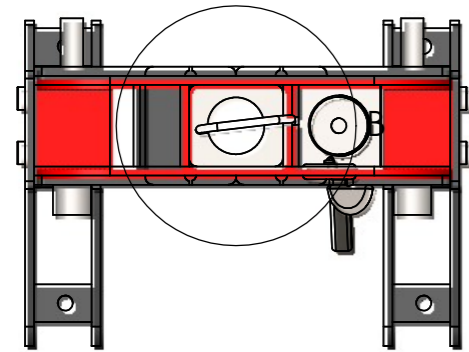
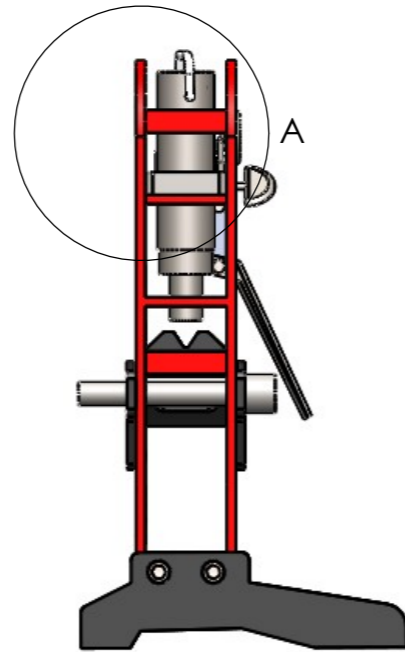
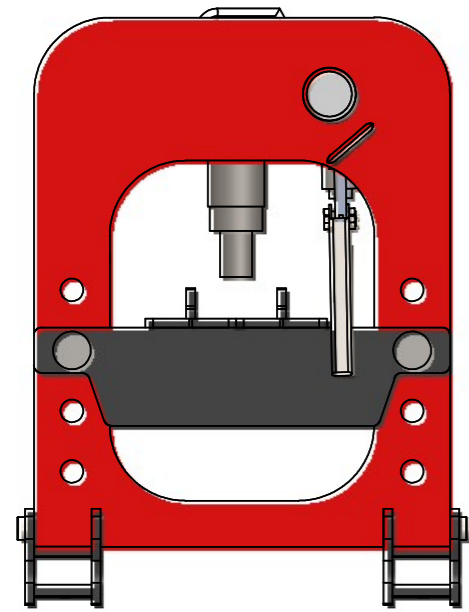
Shubert. (1997). *Principios de formación en caliente, Aplicaciones, Estudio de caso, Forja*. EEUU-Columbus: Feria Forge de la Industry Association.



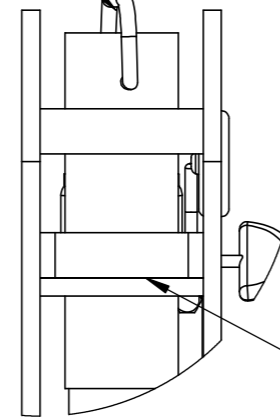
ANEXO N° 1

PLANOS DE ENSAMBLE

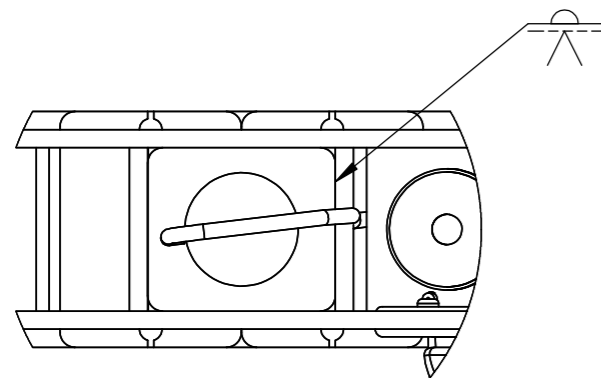




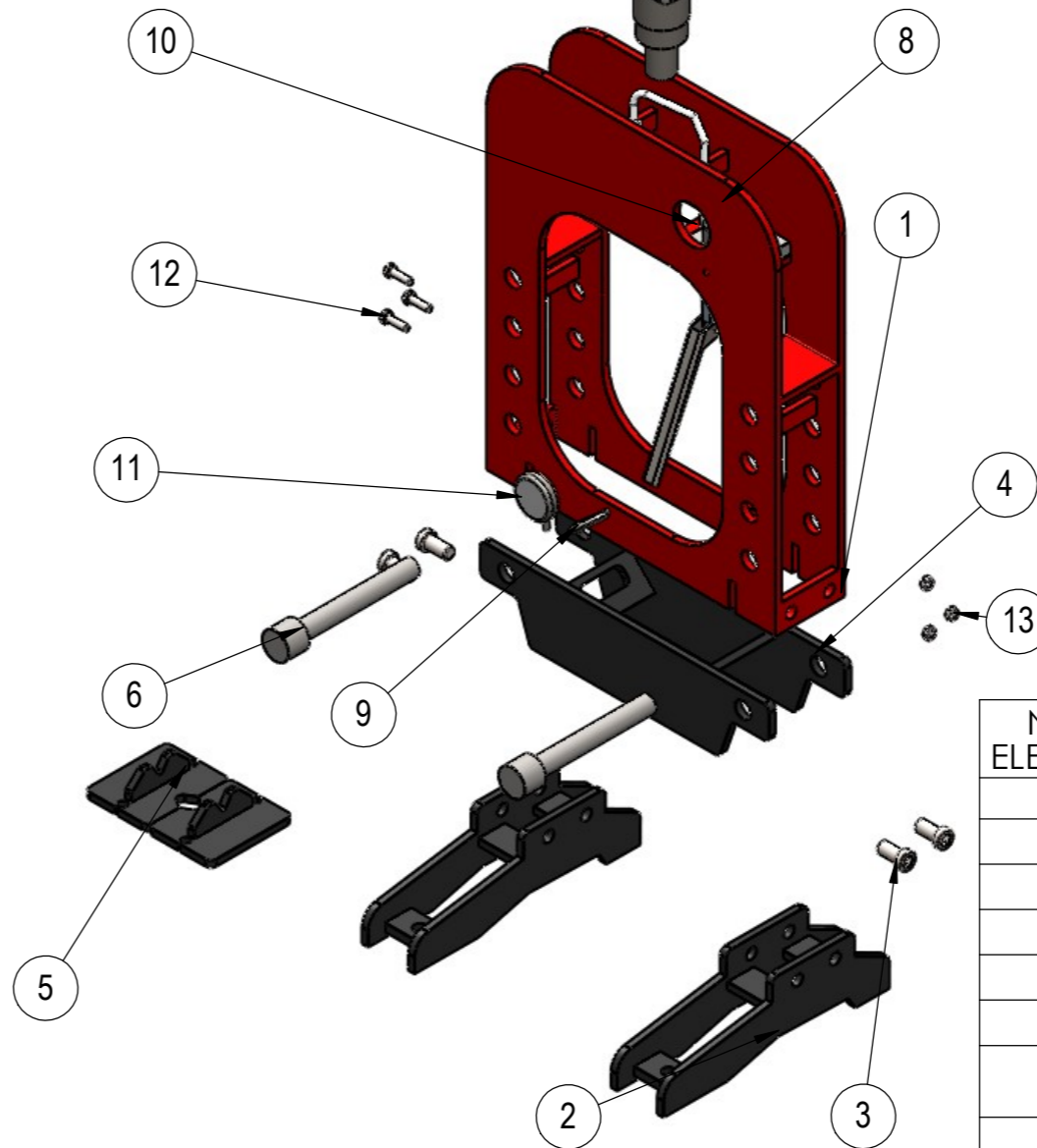
MANGUERA HIDRAULICA



DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5

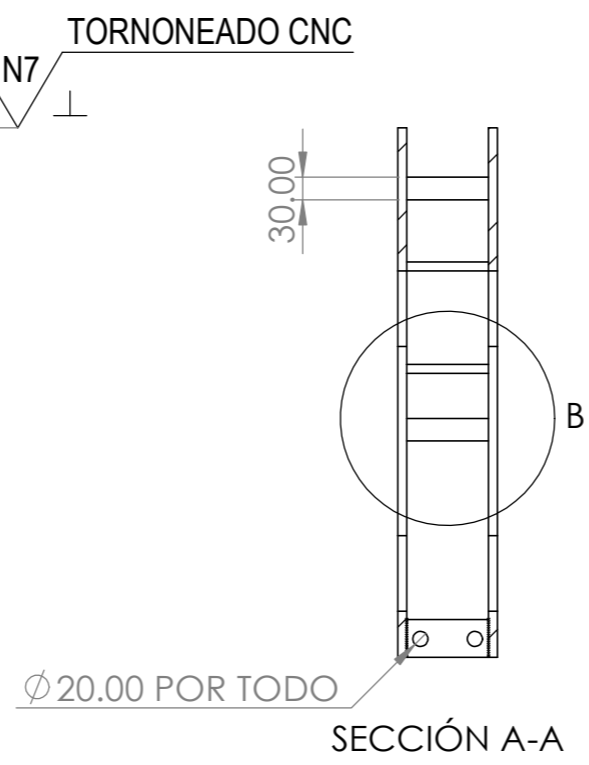
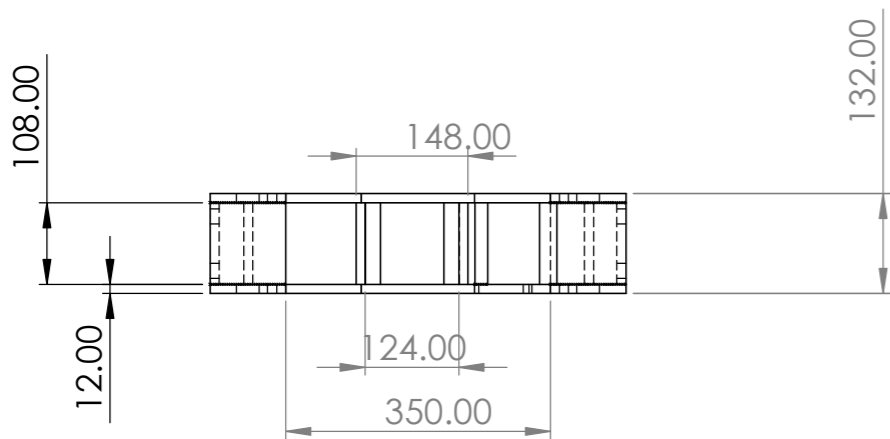
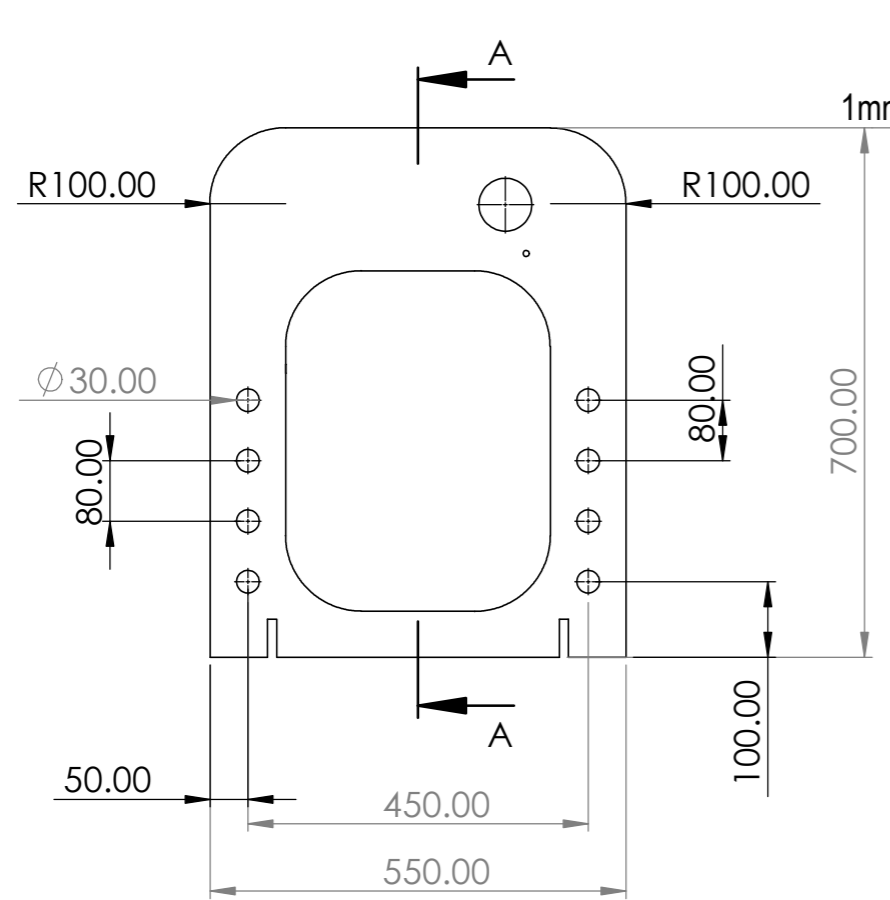


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Amazon	1
2	Soporte	2
3	M20 x 40 Rebajado	4
4	Soporte Primario	1
5	Bloque	2
6	Pasador principal	2
7	Cilindro ensamblado	1
8	Ensamblaje tanque	1
9	Manibela de tanque	1
10	tuberia de aceite	1
11	Manometro	1
12	M10 x 35	3
13	M10	3

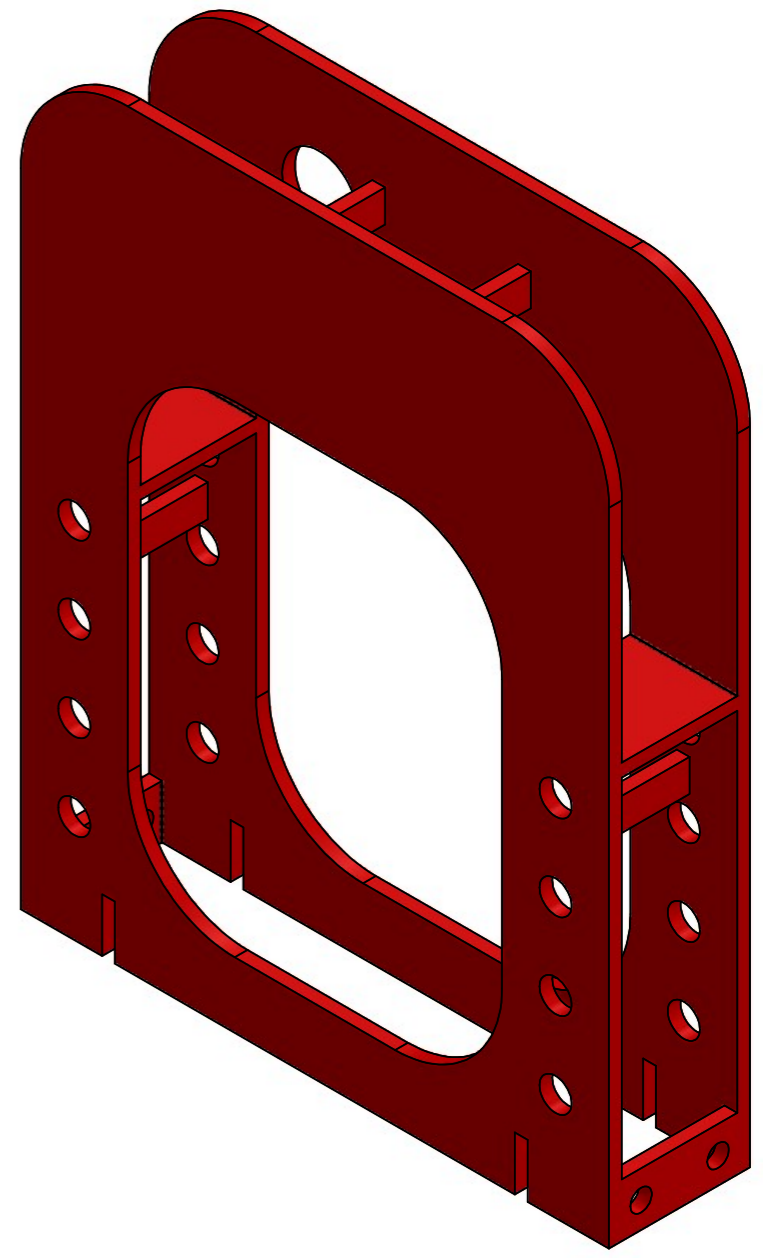


Universidad Católica
de Santa María

LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO: PINTADO SUPERFICIAL	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	REVISIÓN	
				Ing. Jorge Castro Valdivia	
AUTORES		NOMBRE	FECHA	TÍTULO:	
Martínez Mayca, Yousepi Guillen Flores Blamir Rafael			ENERO 2024	ENSAMBLE DE PRENSA HIDRAULICA	
PROCESO		DESPIECE - PRENSA HIDRAULICA PARA FORJADO		N.º DE DIBUJO	
		MATERIAL: Acero ASTM A36		Prensa Hidraulica 15TON	
		PESO (Gramos):		ESCALA:1:10	
				HOJA 1 DE 1	
				A3 PLANO -8	

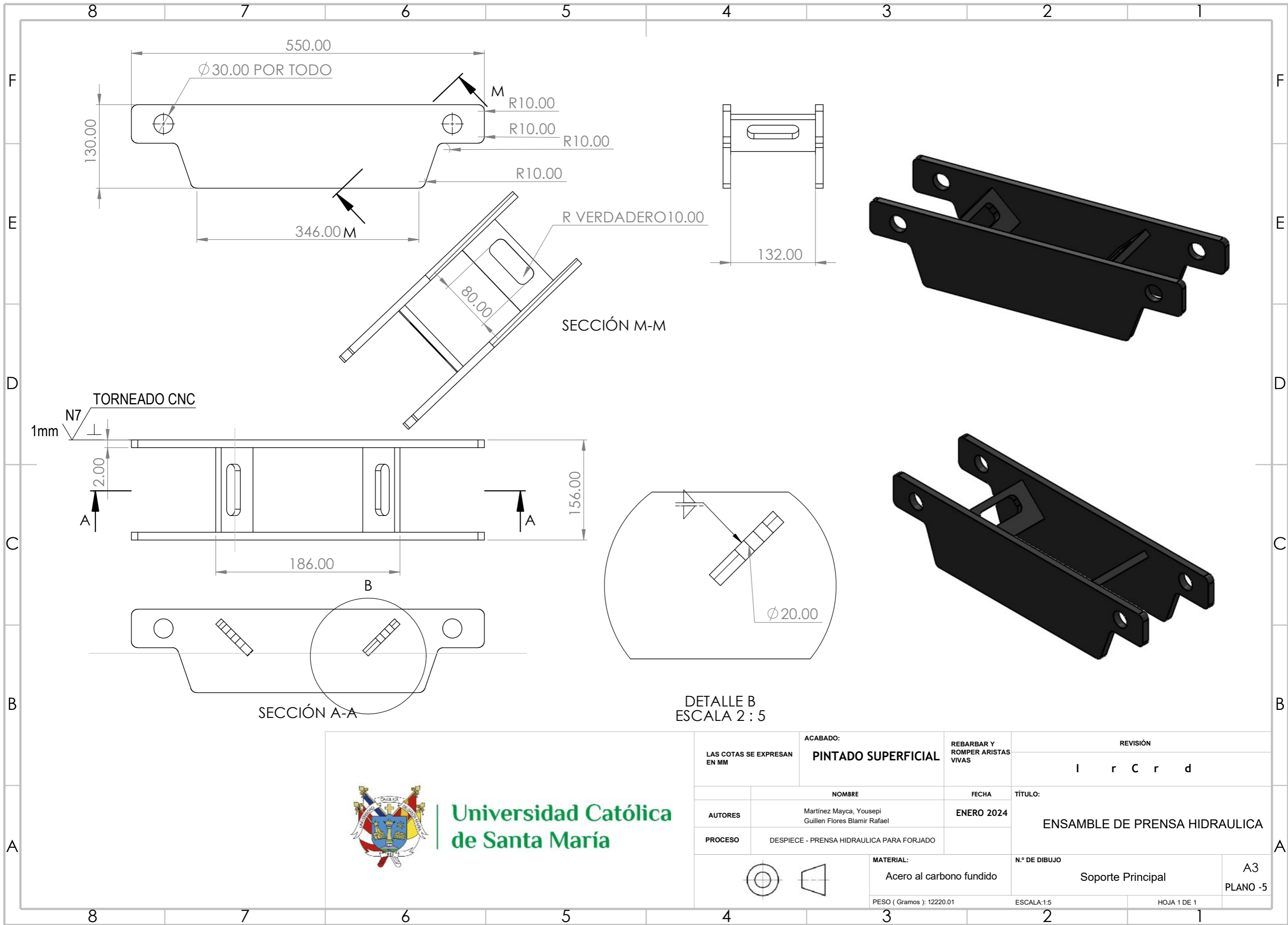


DETALLE B
ESCALA 1 : 5



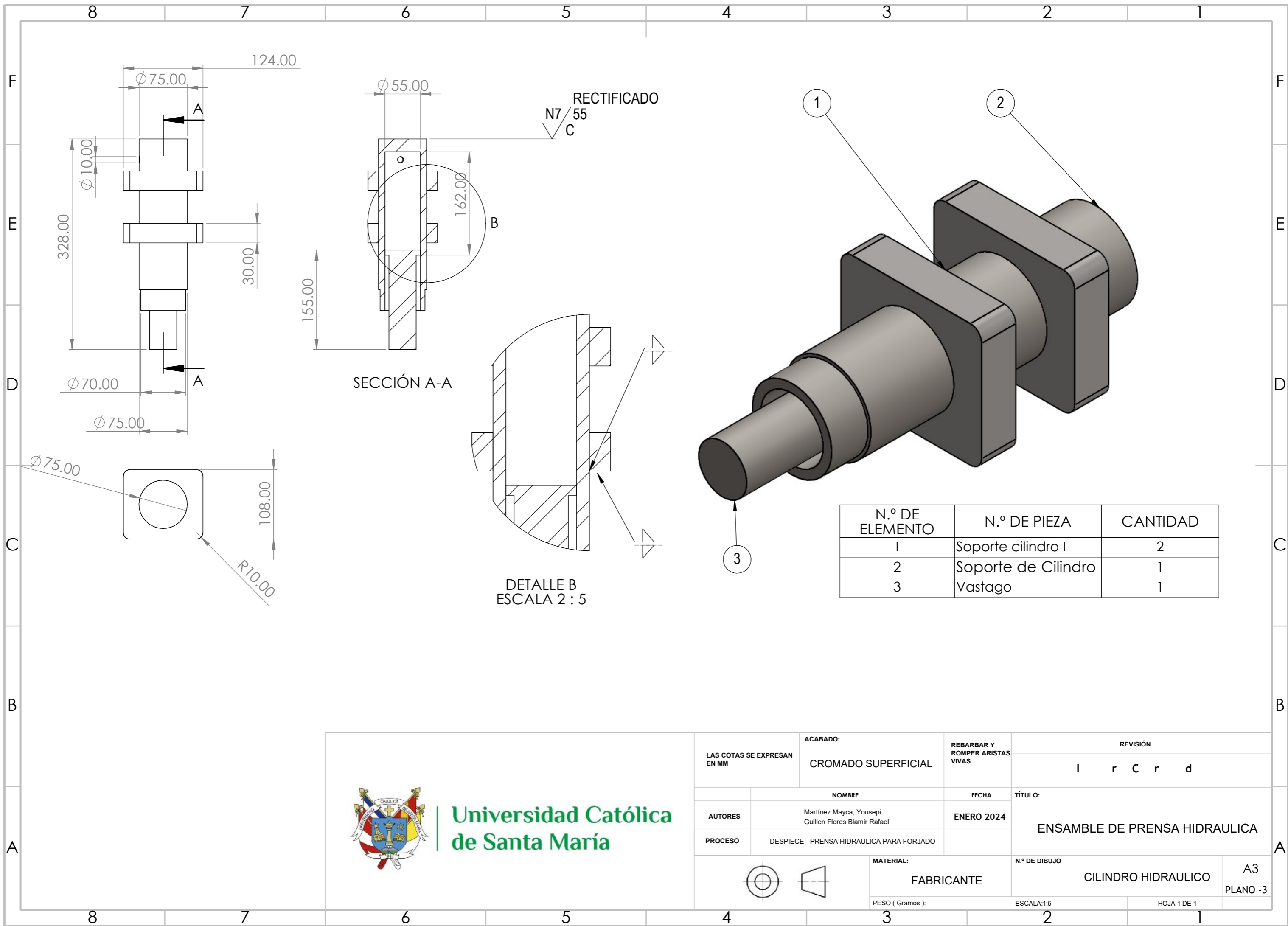
**Universidad Católica
de Santa María**

LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO: PINTADO SUPERFICIAL	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	REVISIÓN l r c r d
AUTORES	NOMBRE Martínez Mayca, Yousepi Guillen Flores Blamir Rafael		FECHA ENERO 2024	TÍTULO: ENSAMBLE DE PRENSA HIDRAULICA
PROCESO	DESPIECE - PRENSA HIDRAULICA PARA FORJADO			N.º DE DIBUJO Armazon - Prensa Hidraulica
		MATERIAL: Acero ASTM A36		A3 PLANO -7
		PESO (Gramos): 46682.02	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1




**Universidad Católica
de Santa María**

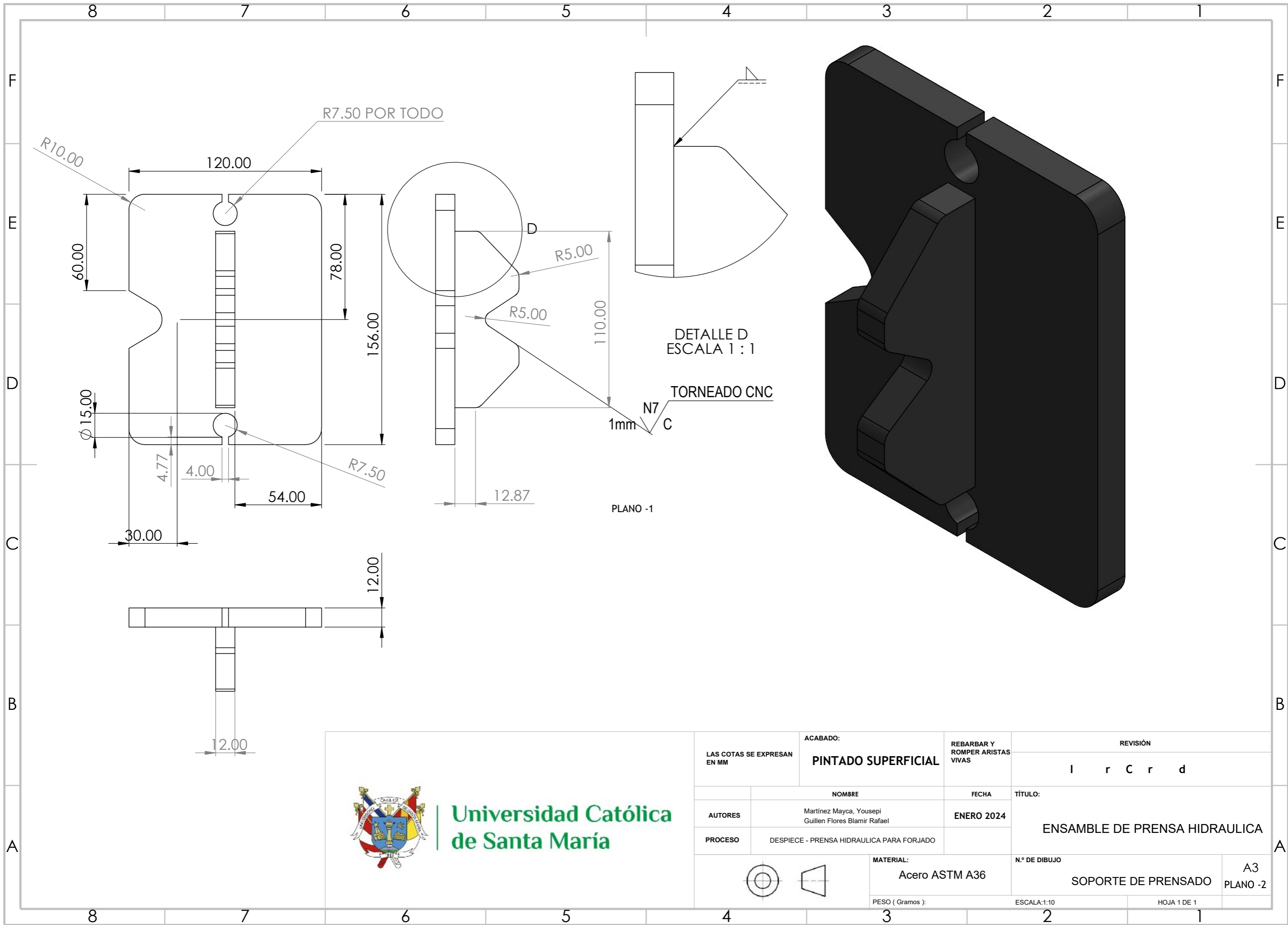
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO: PINTADO SUPERFICIAL	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	REVISIÓN l r C r d
AUTORES	NOMBRE Martínez Mayca, Yousepi Guillen Flores Blamir Rafael		FECHA ENERO 2024	TÍTULO: ENSAMBLE DE PRENSA HIDRAULICA
PROCESO	DESPIECE - PRENSA HIDRAULICA PARA FORJADO		MATERIAL: Acero al carbono fundido	N.º DE DIBUJO Soporte Principal
PESO (Gramos): 12220.01		ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	A3 PLANO -5





Universidad Católica de Santa María

LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO: CROMADO SUPERFICIAL		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		REVISIÓN l r C r d	
		NOMBRE Martínez Mayca, Yousepi Guillen Flores Blamir Rafael		FECHA ENERO 2024		TÍTULO: ENSAMBLE DE PRENSA HIDRAULICA	
AUTORES		DESCRIPCIÓN DESPIECE - PRENSA HIDRAULICA PARA FORJADO		MATERIAL: FABRICANTE		N.º DE DIBUJO CILINDRO HIDRAULICO	
PROCESO		MATERIAL: FABRICANTE		PESO (Gramos):		ESCALA:1:5	
		MATERIAL: FABRICANTE		PESO (Gramos):		HOJA 1 DE 1 A3 PLANO -3	




**Universidad Católica
de Santa María**

LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO: PINTADO SUPERFICIAL	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	REVISIÓN l r C r d
AUTORES	NOMBRE Martínez Mayca, Yousepi Guillen Flores Blamir Rafael		FECHA ENERO 2024	TÍTULO: ENSAMBLE DE PRENSA HIDRAULICA
PROCESO	DESPIECE - PRENSA HIDRAULICA PARA FORJADO		MATERIAL: Acero ASTM A36	N.º DE DIBUJO SOPORTE DE PRENSADO
PESO (Gramos):		ESCALA:1:10		A3 PLANO -2
			HOJA 1 DE 1	

8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

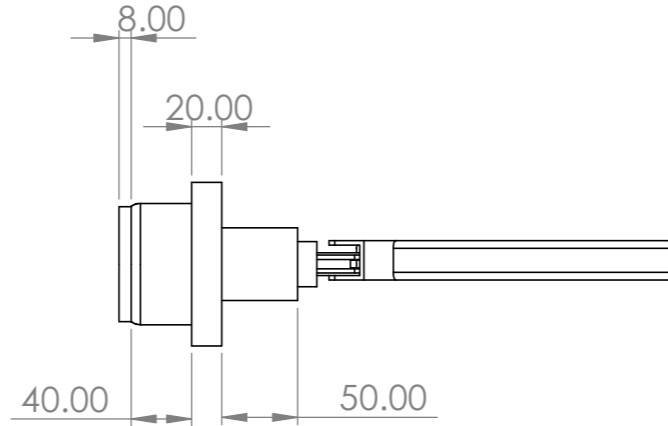
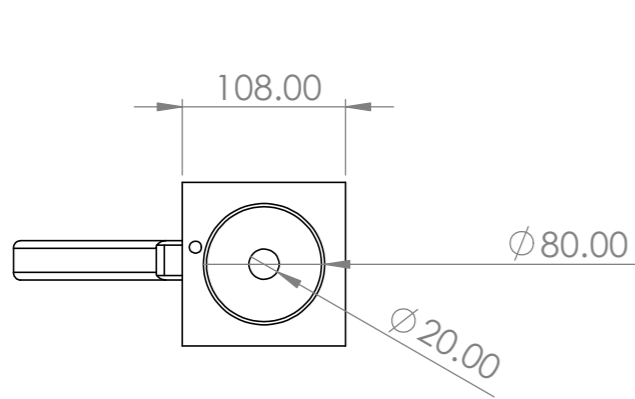
C

B

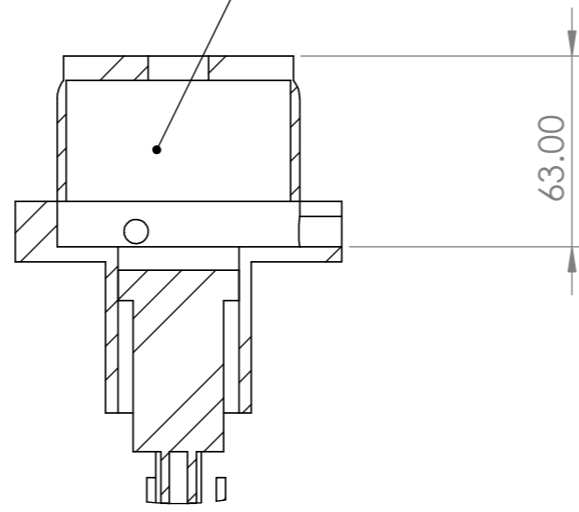
B

A

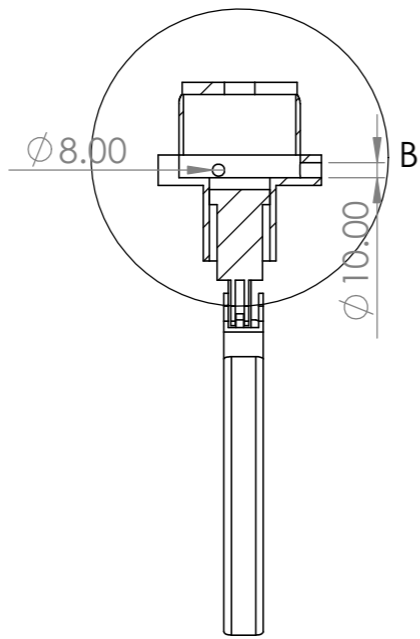
A



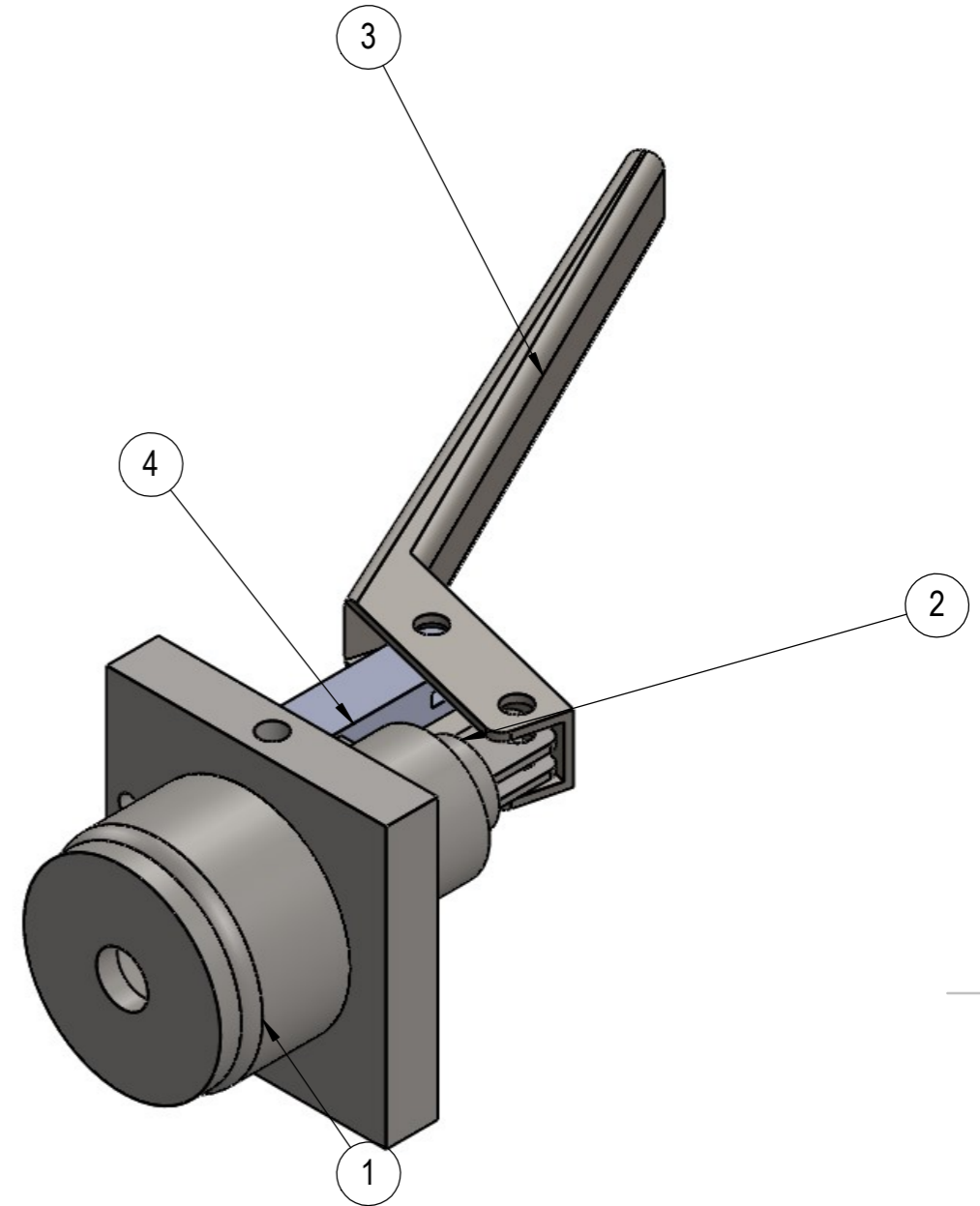
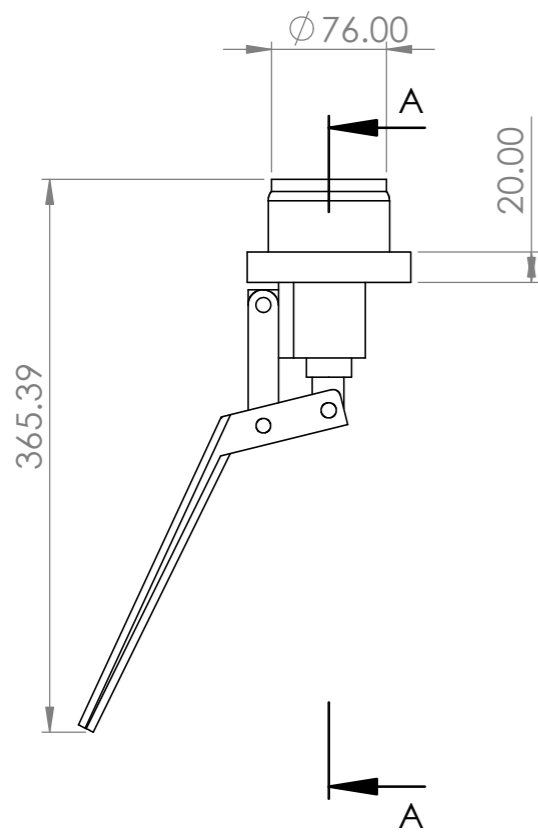
ALMACENAMIENTO DE ACEITE



DETALLE B
ESCALA 2 : 5



SECCIÓN A-A



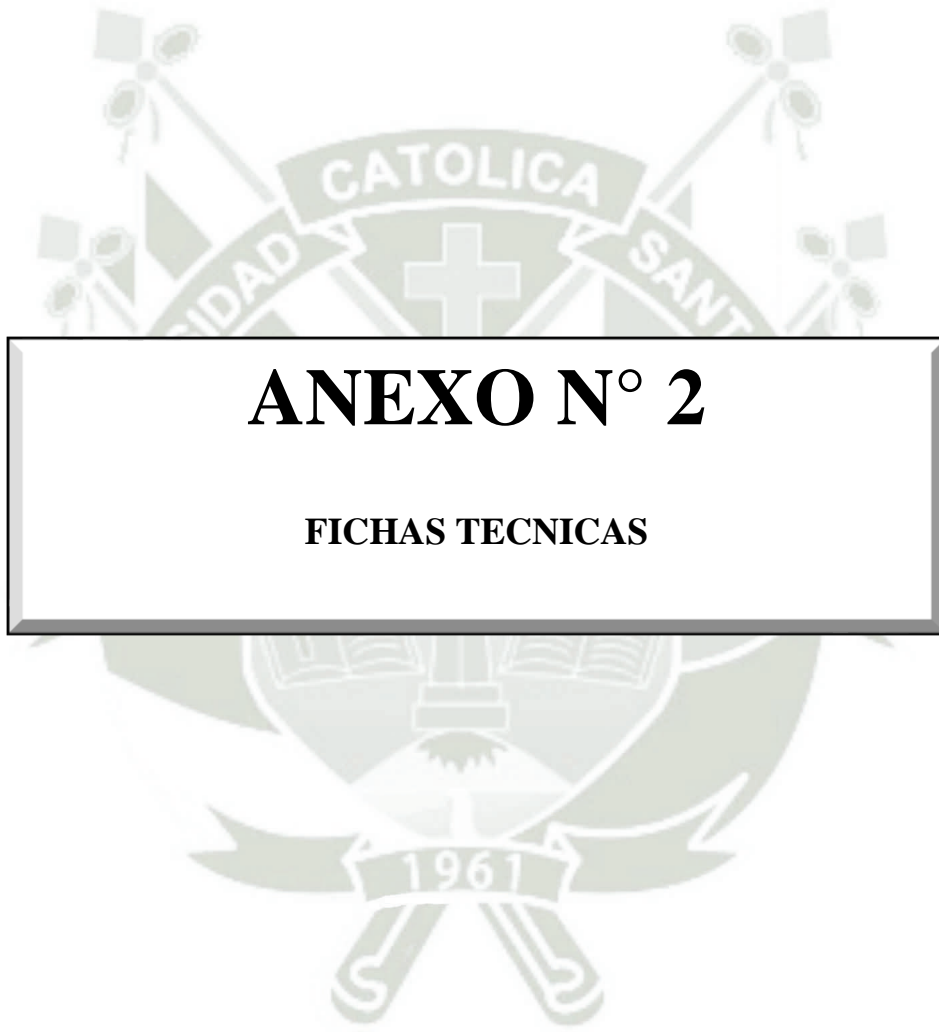
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tanque de aceite	1
2	Embolo aceite	1
3	manija	1
4	Union dinamica	1



Universidad Católica de Santa María

LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO: PINTADO SUPERFICIAL	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	REVISIÓN l r C r d
AUTORES Martínez Mayca, Yousepi Guillen Flores Blamir Rafael		FECHA ENERO 2024		TÍTULO: ENSAMBLE DE PRENSA HIDRAULICA
PROCESO DESPIECE - PRENSA HIDRAULICA PARA FORJADO		MATERIAL: FABRICANTE		N.º DE DIBUJO BOMBA DE ACEITE MANUAL
PESO (Gramos):		ESCALA:1:5		A3 PLANO -1
		HOJA 1 DE 1		

8 7 6 5 4 3 2 1



ANEXO N° 2

FICHAS TECNICAS

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	24 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	41 min
	Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	178.34
8.0	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
8.9	3/8"	1200	4	2400	8	201.00
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
11.9	1/2"	1200	4	2400	8	278
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
16	5/8"	1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
19	3/4"	1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
		1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
25	1"	1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
32	1 1/4"	1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

Barra Acero Aleado AISI / SAE 4140

■ Características

Acero de baja aleación al Cromo Molibdeno. Se suministra con o sin tratamiento de bonificado (temple y revenido). Se utiliza en forma general en la fabricación de piezas de medianas dimensiones que requieren alta resistencia mecánica y tenacidad. Buena resistencia a la torsión y fatiga. Buena maquinabilidad y baja soldabilidad.

■ Aplicación

Es utilizado en piezas de medianas dimensiones que exigen elevada dureza, resistencia mecánica y tenacidad, tales como: ejes, pasadores, cigüeñales, barras de torsión, engranajes de baja velocidad, tuercas y pernos sometidos a grandes esfuerzos, árboles de transmisión, émbolos, bielas y rotores.



Estado de Suministro	Rango de Medidas
Laminado con tratamiento térmico de bonificado, tolerancia DIN 1013	¼" - 280mm
Laminado sin tratamiento térmico de bonificado, tolerancia DIN 1013	½" a 2 ½"

Propiedades Mecánicas Acero Bonificado (Valores típicos)			
Dureza Estado Bonificado (HRc)	Esfuerzo Fluencia (Kg / mm2)	Esfuerzo Tracción (Kg / mm2)	Elongación (min.)%
28 - 34	60 - 74	95 - 105	10 - 18

Formas	Color
 	


Composición Química						
% C	% Mn	% Si	% Cr	% Mo	% P	% S
0,38 - 0,43	0,75 - 1,00	0,15 - 0,35	0,80 - 1,10	0,15 - 0,25	≤ 0,035	≤ 0,04

! Cuerpo fabricado en acero.

La guía tope soporta toda la fuerza que ejerce el cilindro.

Con cintas guía para mejorar la resistencia contra cargas laterales.

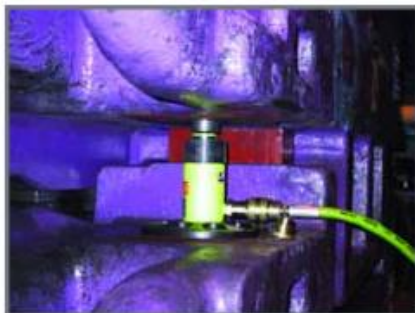
Lea atentamente las medidas de seguridad y aplíquelas.




Juego Cilindro y Bomba.
Pág. 76




Cilindros ligeros de Aluminio, SAM.
Pág. 12



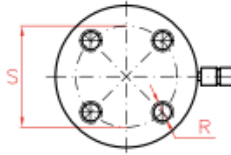
Cilindros de Doble Efecto, D.
Pág. 58

Larzép diseña y fabrica cilindros y herramientas especiales bajo demanda.

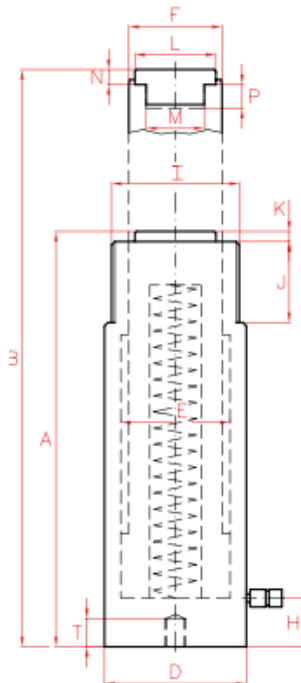
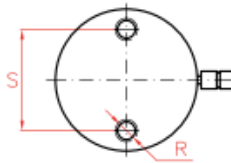



Manómetros de Presión.
Pág. 116

Modelos de 100 a 140 Tn.



Modelos hasta 75 Tn.



Capacidad		Carrera	Modelo	Volumen	A	B	D	E	F	H	I	
Tn	kN	mm	LARZEP	cm ³	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	UN
5	49	25	SM00502	18	110	135	40	30	25	19	1 1/2"-16	
		76	SM00508	54	168	244	40	30	25	19	1 1/2"-16	
		127	SM00513	90	219	346	40	30	25	19	1 1/2"-16	
		180	SM00518	128	276	456	40	30	25	19	1 1/2"-16	
		232	SM00523	164	328	560	40	30	25	19	1 1/2"-16	
10	109	25	SM01002	40	90	115	60	45	36	20	2 1/4"-14	
		54	SM01005	86	121	175	60	45	36	20	2 1/4"-14	
		105	SM01010	167	172	277	60	45	36	20	2 1/4"-14	
		155	SM01015	247	247	402	60	45	36	20	2 1/4"-14	
		205	SM01020	326	301	506	60	45	36	20	2 1/4"-14	
		257	SM01025	409	352	609	60	45	36	20	2 1/4"-14	
		307	SM01030	489	402	709	60	45	36	20	2 1/4"-14	
15	163	25	SM01502	60	127	152	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		54	SM01505	129	155	209	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		105	SM01510	250	205	310	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		155	SM01515	369	275	430	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		205	SM01520	487	327	532	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		257	SM01525	611	379	636	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		307	SM01530	730	426	733	75	55	45	20	2 3/4"-16	
		355	SM01535	844	477	832	75	55	45	20	2 3/4"-16	
23	228	25	SM02302	83	140	165	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		51	SM02305	170	166	217	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		102	SM02310	339	217	319	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		159	SM02315	528	277	436	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		210	SM02321	697	327	537	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		261	SM02326	866	379	640	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		310	SM02331	1.029	430	740	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		362	SM02336	1.201	480	842	85	65	56	25	3 5/16"-12	
		30	303	60	SM03006	265	165	225	100	75	60	30
150	SM03015			663	270	420	100	75	60	30	3 7/8"-12	
210	SM03021			928	340	550	100	75	60	30	3 7/8"-12	
50	487	60	SM05006	426	176	236	127	95	80	35	5"-12	
		102	SM05010	723	227	329	127	95	80	35	5"-12	
		160	SM05016	1.134	285	445	127	95	80	35	5"-12	
		200	SM05020	1.418	325	525	127	95	80	35	5"-12	
		250	SM05025	1.772	376	626	127	95	80	35	5"-12	
		339	SM05034	2.402	465	804	127	95	80	35	5"-12	

Performance under Pressure

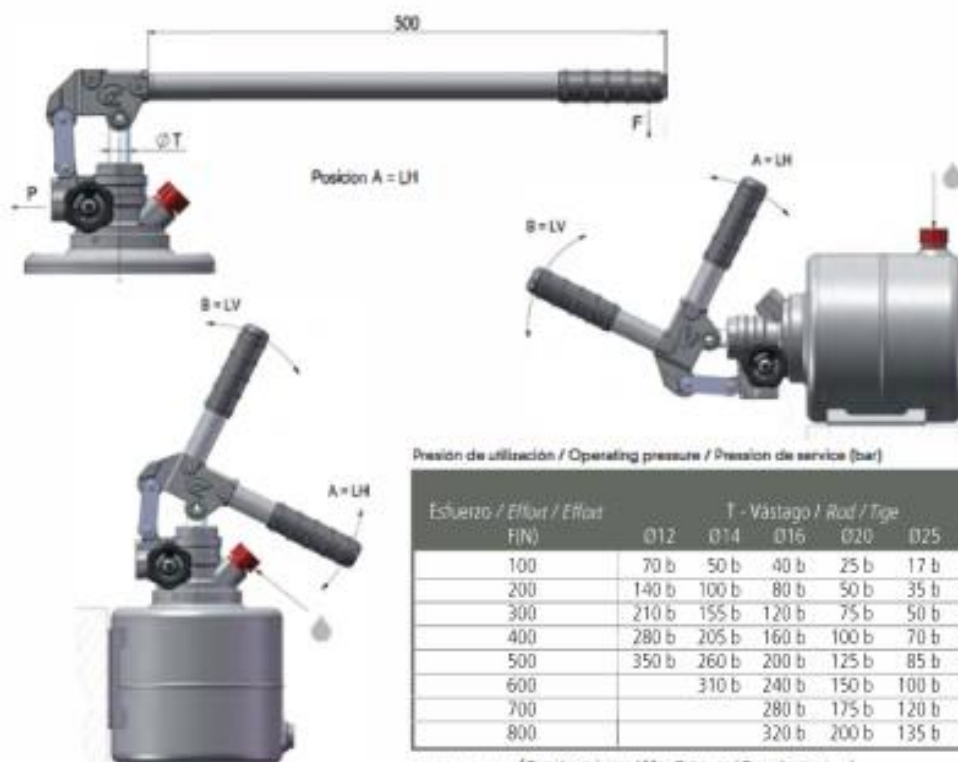
J	K	L	M	N	P	R	S	T	Area	Peso	Modelo	Con cabeza basculante	
												A	Modelo
mm	mm	mm	UN	mm	mm	UN	mm	mm	cm ²	kg	LARZEP		
28	6	25	3/4"-16	6	14	1/4"-20	25	14	7	1,0	SM00502	-	-
28	6	25	3/4"-16	6	14	1/4"-20	25	14	7	1,5	SM00508	-	-
28	6	25	3/4"-16	6	14	1/4"-20	25	14	7	1,9	SM00513	-	-
28	6	25	3/4"-16	6	14	1/4"-20	25	14	7	2,4	SM00518	-	-
28	6	25	3/4"-16	6	14	1/4"-20	25	14	7	2,8	SM00523	-	-
32	6	*	*	*	*	5/16"-18	39	12	16	1,8	SM01002	*	*
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	2,4	SM01005	140	AZ0420
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	3,3	SM01010	191	AZ0420
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	4,7	SM01015	266	AZ0420
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	5,7	SM01020	320	AZ0420
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	6,6	SM01025	371	AZ0420
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	7,4	SM01030	421	AZ0420
32	6	28	1"-8	10	19	5/16"-18	39	12	16	8,4	SM01035	473	AZ0420
32	8	*	*	*	*	3/8"-16	47	12	24	4,2	SM01502	*	*
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	5,0	SM01505	176	AZ0423
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	6,4	SM01510	226	AZ0423
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	8,5	SM01515	296	AZ0423
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	10,0	SM01520	348	AZ0423
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	11,5	SM01525	400	AZ0423
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	12,8	SM01530	447	AZ0423
32	8	35	1"-8	8	25	3/8"-16	47	12	24	14,2	SM01535	498	AZ0423
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	6,0	SM02302	158	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	7,0	SM02305	184	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	8,9	SM02310	235	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	11,2	SM02315	295	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	13,0	SM02321	345	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	15,0	SM02326	397	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	16,9	SM02331	448	AZ0421
45	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	58	19	33	18,8	SM02336	498	AZ0421
48	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	66	19	44	9,3	SM03006	183	AZ0421
48	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	66	19	44	14,6	SM03015	288	AZ0421
48	10	45	1 1/2"-16	10	25	1/2"-13	66	19	44	18,2	SM03021	358	AZ0421
55	5	61	-	12	-	1/2"-13	95	19	71	16,4	SM05006	203	AZ0402
55	5	61	-	12	-	1/2"-13	95	19	71	20,7	SM05010	254	AZ0402
55	5	61	-	12	-	1/2"-13	95	19	71	25,5	SM05016	312	AZ0402
55	5	61	-	12	-	1/2"-13	95	19	71	29,0	SM05020	352	AZ0402
55	5	61	-	12	-	1/2"-13	95	19	71	33,1	SM05025	403	AZ0402
55	5	61	-	12	-	1/2"-13	95	19	71	40,4	SM05034	492	AZ0402
55	5	61	-	12	-	3/4"-10	115	19	104	32,0	SM07516	312	AZ0402
55	5	61	-	12	-	3/4"-10	115	19	104	54,0	SM07533	522	AZ0402

CILINDROS SM

BOMBAS HIDRÁULICAS MANUALES

OCROSA HIDRAULICA

Hydraulic Hand Pumps / Pompe à main hydraulique / Hydraulische Handpumpen



Presión de utilización / Operating pressure / Pression de service (bar)

Esfuerzo / Effort / Effort FIN	T - Vástago / Rod / Tige					
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø30
100	70 b	50 b	40 b	25 b	17 b	12 b
200	140 b	100 b	80 b	50 b	35 b	25 b
300	210 b	155 b	120 b	75 b	50 b	35 b
400	280 b	205 b	160 b	100 b	70 b	45 b
500	350 b	260 b	200 b	125 b	85 b	60 b
600		310 b	240 b	150 b	100 b	70 b
700			280 b	175 b	120 b	85 b
800			320 b	200 b	135 b	100 b

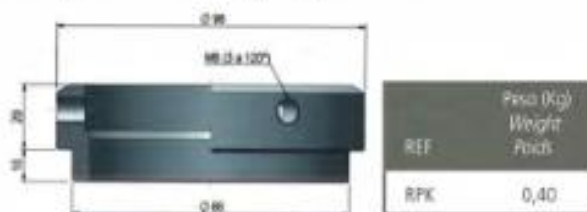
Posición B = LV (Presión máxima / Max Pressure / Pression maxi)

Depósito / Tank / Réservoir



REF	A	B	C	D	E	VOL (L)	Peso (Kg) Weight Poids	
RP1	166	Ø89	27	50	135	1	2,2	
RP2	126	Ø164	21	84	170	2	2,3	
RP4	169	Ø184	36	96	170	4	3	
RP6	205	Ø205	36	108	170	6	4,1	
RP8	225	Ø225	36	120	170	8	5,1	

Adaptador / Weld ring / Bague à souder



REF	Peso (Kg) Weight Poids
RPK	0,40

Palanca / Lever / Lévier

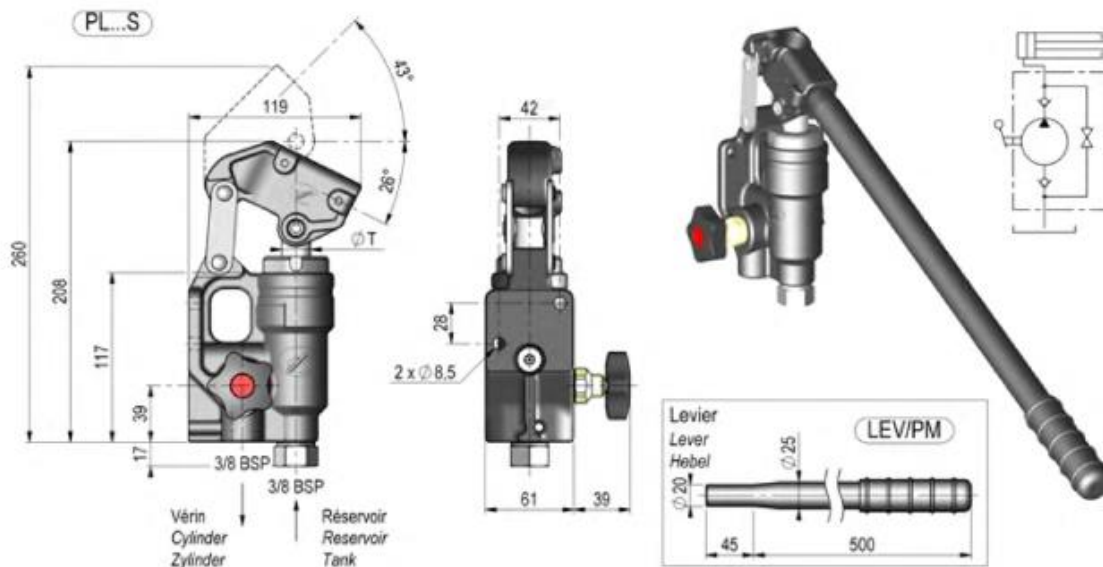


REF	Peso (Kg) Weight Poids
LEVPM	0,70

BOMBA S.E. EN LINEA

SINGLE-ACTING LINE PUMP

POMPE EN LIGNE SIMPLE EFFET



REF.	T	Vol. (cm ³)	Peso (kg) Weight Poids	Presión max. Max. Pressure Pression max.
PL16S	Ø16	15	2.8	200 bar
PL20S	Ø20	25	2.8	150 bar

Características

- Temperatura: -30 °C a + 90 °C
- Aceite hidráulico mineral.
- Materiales
 - Cuerpo en hierro fundido con acabado en cataforesis.
 - Pistón ØT en acero tratado 35MF6Pb.
 - Juntas reforzadas (collarín + rascador de poliuretano).
 - Tornillos: acero

Technical Data

- Temperature : - 30°C to + 90°C
- Hydraulic mineral oil
- Materials:
 - Body in cast iron with cataphoresis finish.
 - Rod ØT in steel 35MF6Pb nitrided.
 - Reinforced seals (compact polyurethane sealong lip + wiper seal).
 - Screws: zinc plated steel.

Caractéristiques

- Température : - 30°C à + 90°C
- Huile hydraulique minérale
- Matériaux :
 - Corps en fonte.
 - Tige ØT en acier 35MF6Pb traité.
 - Tige : joint à lèvres et joint racleur en polyuréthane.
 - Visserie : zincage.

Manómetros

Industriales y para procesos



Serie PGI

- Esferas de tamaños de 40, 50, 63, 100, 115, y 160 mm (1 1/2, 2, 2 1/2, 4, 4 1/2 y 6 pulg)
- Precisión según ASME, EN y JIS
- Disponibles con variedad de conexiones finales, incluyendo adaptadores a tubo Swagelok®
- Configuraciones de montaje posterior central, posterior inferior e inferior
- Construcción en acero inoxidable y material termoplástico reforzado
- Disponibles sin rellenar o rellenos de líquido

Swagelok

Conexiones de proceso

Conexión	Máxima presión	Especificación
Adaptador a tubo Swagelok		
1/4 pulg y 6 mm	600 bar, 10 000 psi y 60 MPa	-
3/8 pulg y 10 mm	500 bar, 7500 psi, 50 MPa	
1/2 pulg y 12 mm	400 bar, 6000 psi y 40 MPa	
NPT macho		
1/8 pulg	400 bar, 6000 psi y 40 MPa	ASME B1.20.1
1/4 y 1/2 pulg	1000 bar, 15 000 psi y 100 MPa	
Rosca para manómetros macho ISO paralela (EN)		
G1/8B (EN)	400 bar, 6000 psi y 40 MPa	EN 837-1 EN 837-3
G1/4B (EN)	1000 bar, 15 000 psi y 100 MPa	
G1/2B (EN)		
Rosca para manómetros macho ISO paralela (JIS)		
G1/4B (PF) G1/2B (PF)	1000 bar, 15 000 psi y 100 MPa	JIS B7505
Rosca macho ISO cónica		
R1/8 (PT)	400 bar, 6000 psi y 40 MPa	ISO 7/1 JIS B0203
R1/4 (PT)	1000 bar, 15 000 psi y 100 MPa	
R1/2 (PT)		
Rosca Macho SAE Paralela		
SAE-4 7/16-20	10.000 psi	SAE J1926-1 ISO 11296-1



Las conexiones G1/8B (EN), G1/4B (EN) y G1/2B (EN) se pueden usar con los adaptadores Swagelok **RG**.

Las conexiones G1/8B (PF), G1/4B (PF) y G1/2B (PF) se pueden usar con los adaptadores Swagelok **RJ**.

Guía de selección de modelos

Rango de la esfera	Tamaño de la esfera (mm (pulg))	Precisión	Indicador ajustable	Frontal sólido	Rellenable de líquido	Configuraciones ^①			Modelo
						LBM	CBM	LM	
Presiones positivas: 400 mbar, 0 a 10 psi o 50 kPa	63 (2 1/2)	± 1,5 % de valor final escala ASME B40.1 grado B, EN 837-3 clase 1,6, JIS B7505 clase 1,6	-	-	-	-	-	si	L
	100 (4)		-	-	-	si	-	si	
Presiones compuestas: Vacío a 9 bar, 200 psi o 1,5 MPa Presiones positivas: Vacío a 600 bar, 10 000 psi o 60 MPa	40 (1 1/2)	± 2,5 % de valor final escala ASME B40.1 grado C, EN 837-1 clase 2,5, JIS B7505 clase 2,5	-	-	-	-	si	si	M
	50 (2)		-	-	-	-	si	si	
Presiones compuestas: Vacío a 9 bar, 200 psi o 1,5 MPa Presiones positivas: 1000 bar, 0 a 15 000 psi o 100 MPa	63 (2 1/2)	± 1,5 % de valor final escala ASME B40.1 grado B, EN 837-1 clase 1,6, JIS B7505 clase 1,6	si	si	si ^②	si	-	si	S
			si	-	si	-	si	si	B
			-	-	si	-	si	si	C
	100 (4)		si	si	si ^②	si	-	si	S
			si	-	si	si	-	si	B
			-	-	si	si	-	si	C
160 (6)	si	-	si	si	-	si	B		
	115 (4 1/2)	± 0,5 % de valor final escala ASME B40.1 grado 2A	si	si	si	si	-	si	P
si			si	si	si	-	si	P	

① Configuraciones: **LBM** = montaje posterior inferior
CBM = montaje posterior central
LM = montaje inferior.

② Modelo rellenable de líquido, sólo disponible en configuración para montaje inferior.

⚠ Los manómetros rellenos de glicerina y silicona no se pueden usar en lugares en los que haya agentes con fuerte capacidad de oxidación.

Modelo B: Manómetro de acero inoxidable para servicio general

Características

- Hay disponibles esferas de tamaños de 63, 100 y 160 mm (2 1/2, 4 y 6 pulg).
- El anillo de bayoneta permite un fácil acceso al puntero ajustable opcional.
- La lente de la esfera es de policarbonato para mejorar la protección.
- El diseño es rellenable de líquido.



Datos técnicos

Rangos de la esfera

Manómetros compuestos

- De vacío a 0 bar hasta vacío a 9 bar
- De vacío a 0 psi hasta vacío a 200 psi
- De vacío a 0 MPa hasta vacío a 1,5 MPa

Manómetros para presión positiva

- De 0 a 1 bar hasta 0 a 1000 bar
- De 0 a 15 psi hasta 0 a 15 000 psi
- De 0 a 0,1 MPa hasta 0 a 100 MPa

Precisión

- 63 mm (2 1/2 pulg): $\pm 1,5$ % de valor final escala (ASME B40.1 Grado B, EN 837-1 Clase 1,6, JIS B 7505 Clase 1,6)
- 100 y 160 mm (4 y 6 pulg): $\pm 1,0$ % de valor final escala (ASME B40.1, Grado 1A, EN 837-1 Clase 1,0, JIS B 7505 Clase 1,0)

Configuraciones

- 63 mm (2 1/2 pulg): montaje posterior central e inferior
- 100 y 160 mm (4 y 6 pulg): montaje posterior inferior e inferior

Conexiones finales

Esfera de 63 mm (2 1/2 pulg)

- Adaptador a tubo Swagelok de 6 y 10 mm; 1/4 y 3/8 pulg
- NPT macho de 1/4 pulg
- G1/4B (EN)
- G1/4B (PF)
- R1/4 (PT)

Esfera de 100 mm (4 pulg)

- Adaptador a tubo Swagelok de 12 mm y 1/2 pulg
- NPT macho de 1/4 y 1/2 pulg
- G1/2B (EN)
- G1/2B (PF)
- R1/2 (PT)

Esfera de 160 mm (6 pulg)

- NPT macho 1/2 pulg
- G1/2B (EN)
- G1/2B (PF)
- R1/2 (PT)

Protección en exteriores

- Resistente a la intemperie (NEMA 4X/IP65)

Temperatura de funcionamiento

Ambiente

- Sin rellenar: -40 a 60°C (-40 a 140°F)
- Relleno de glicerina: -20 a 60°C (-4 a 140°F)
- Relleno de glicerina de baja temperatura: -34 a 60°C (-29 a 140°F)
- Relleno de silicona: -40 a 60°C (-40 a 140°F)

Medio

- Sin relleno: 200°C (392°F) máxima
- Relleno de líquido: 100°C (212°F) máxima

Error de temperatura

$\pm 0,4$ % por cada 10°C (18°F) a partir de 20°C (68°F)

Materiales de construcción

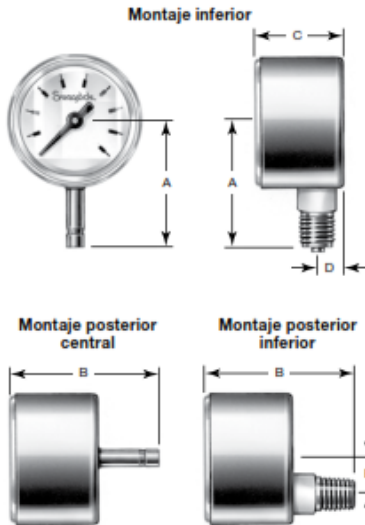
Componente	Material
Conexión final	Acero inoxidable 316
Tubo Bourdon	
Cubierta	Acero inoxidable 304
Fluido de llenado (si se pide)	Glicerina, glicerina para baja temperatura o silicona
Mecanismo	Acero inoxidable
Lente	Policarbonato
Junta tórica de la lente	Buna N
Esfera	Aluminio
Indicador	

Componentes húmedos en cursiva.

Consulte en la página 23 para ver las opciones y accesorios para la instalación en campo.

Dimensiones

Las dimensiones sólo se indican a modo de referencia y están sujetas a cambios.



Tamaño de la esfera mm (pulg)	Conexión final		Dimensiones, mm (pulg)				
	Tamaño	Tipo	A	B	C	D	E
63 (2 1/2)	1/4 pulg	Adaptador a tubo Swagelok	57,3 (2,26)	60,8 (2,39)	33,0 (1,30)	10,0 (0,39)	-
		NPT macho	53,0 (2,09)	57,0 (2,24)			
		G1/4B (EN)					
		G1/4B (PF)					
	R1/4 (PT)						
3/8 pulg	Adaptador a tubo Swagelok	58,8 (2,31)	62,3 (2,45)				
6 mm		57,3 (2,26)	60,8 (2,39)				
10 mm		58,8 (2,31)	62,3 (2,45)				
100 (4)	1/4 pulg	NPT macho	80,0 (3,15)	83,0 (3,27)	50,0 (1,97)	16,0 (0,63)	30,0 (1,18)
	1/2 pulg	Adaptador a tubo Swagelok	91,4 (3,60)	87,4 (3,44)			
		NPT macho	87,0 (3,43)	83,0 (3,27)			
		G1/2B (EN)					
		G1/2B (PF)					
R1/2 (PT)							
12 mm	Adaptador a tubo Swagelok	91,4 (3,60)	87,4 (3,44)				
160 (6)	1/2 pulg	NPT macho	118 (4,65)	83,0 (3,27) ^①	50,0 (1,97) ^①		50,0 (1,97)
		G1/2B (EN)					
		G1/2B (PF)					
		R1/2 (PT)					

① Para los manómetros de montaje posterior inferior y presiones de servicio iguales o superiores a 100 bar, 1500 psi o 10 MPa, el valor de B es 99,0 mm (3,90 pulg) y el valor de C es 66,0 mm (2,60 pulg).

Información de pedido

Construya la referencia del manómetro modelo B combinando los indicadores mostrados a continuación. **Enumere los indicadores alfabéticamente.**

PGI - 63B - PG100 - L AQ X - ABJ

Función y tipo de producto
Manómetro, industrial

Tamaño y modelo de la esfera
63B = Esfera de 63 mm (2 1/2 pulg)
100B = Esfera de 100 mm (4 pulg)
160B = Esfera de 160 mm (6 pulg)

Rango de la esfera
Consulte en la página 20 y 17.

Ubicación de la conexión de proceso
L = Montaje inferior (todos los tamaños de esferas)
C = Montaje posterior central (sólo para tamaño de la esfera de 63 mm [2 1/2 pulg])
B = Montaje posterior inferior (sólo para tamaños de esfera de 100 y 160 mm [4 y 6 pulg])

Tamaño y tipo del racor

Tamaño de esfera de 63 mm (2 1/2 pulg)
AQ = Adaptador a tubo Swagelok de 1/4 pulg
BG = Adaptador a tubo Swagelok de 3/8 pulg
AS = Adaptador a tubo Swagelok de 6 mm
BH = Adaptador a tubo Swagelok de 10 mm
AO = NPT macho de 1/4 pulg
AV = G1/4B (EN)
AX = G1/4B (PF)
BD = R1/4 (PT)

Tamaño de la esfera de 100 mm (4 pulg)
AR = Adaptador a tubo Swagelok de 1/2 pulg
AT = Adaptador a tubo Swagelok de 12 mm
AO = NPT macho de 1/4 pulg
AP = NPT macho de 1/2 pulg
AW = G1/2B (EN)
AZ = G1/2B (PF)
BE = R1/2 (PT)

Tamaño de la esfera de 160 mm (6 pulg)
AP = NPT macho de 1/2 pulg
AW = G1/2B (EN)
AZ = G1/2B (PF)
BE = R1/2 (PT)

Opciones (consulte en la página 23)

A = Limpieza especial ASME B40.100 Nivel IV^①

B = Certificado de calibración

E = Certificado del material

F = Brida de montaje en panel^②

G = Brida frontal^②

H = Brida posterior

I = Máxima indicación^②

J = Puntero ajustable^③

K = Vidrio de seguridad

N = Orificio (0,58 mm [0,023 pulg])

① Disponible únicamente para manómetros sin relleno.
② No disponible para la configuración de montaje inferior. No disponible con puntero de indicación de máximos.
③ No disponible con puntero ajustable; no disponible con rangos de esfera máximos inferiores a 3,7 bar (54 psi, 0,37 MPa). No disponible con brida frontal.
④ No disponible con puntero de indicación de máximos.

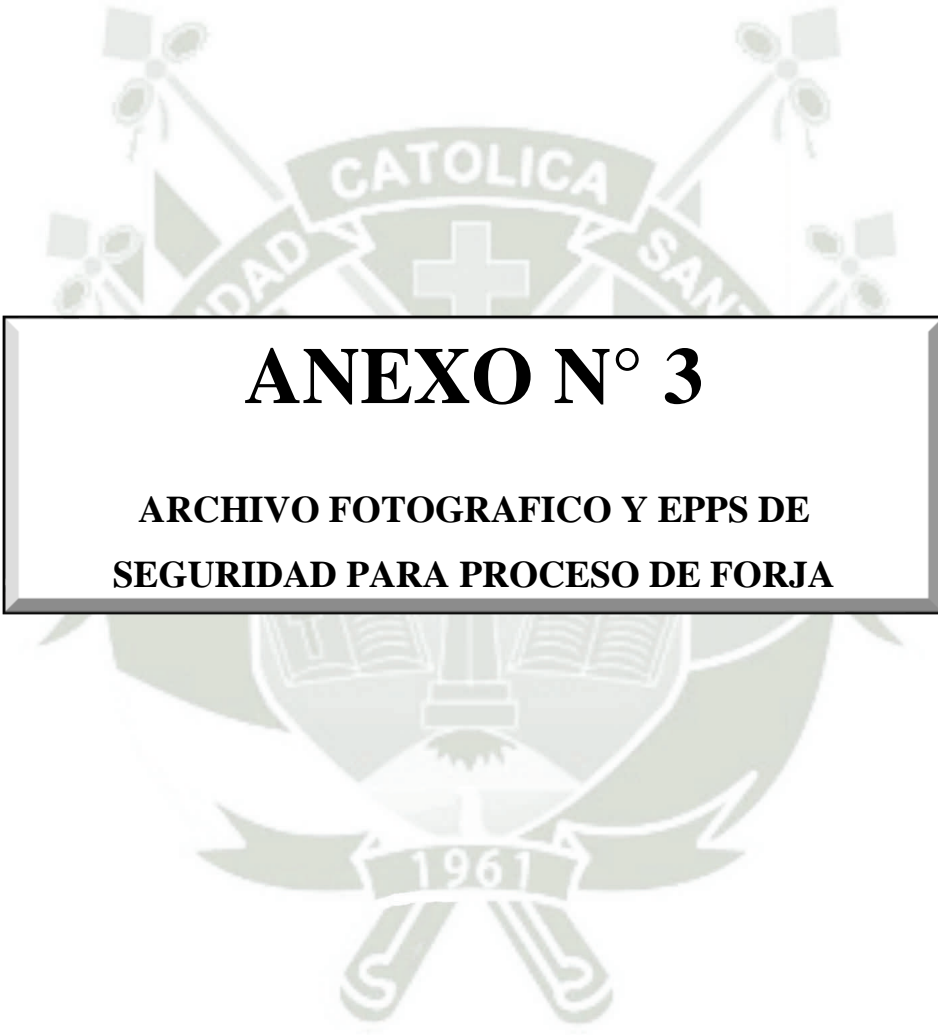
Fluido de llenado (consulte en la página 23)

X = Sin rellenar

1 = Glicerina

2 = Glicerina de baja temperatura

3 = Silicona



ANEXO N° 3

**ARCHIVO FOTOGRAFICO Y EPPS DE
SEGURIDAD PARA PROCESO DE FORJA**

REGISTRO FOTOGRAFICO – N° 01 – ARMAZON Y SOPORTES



Piezas terminadas de armazón y soporte luego de procesos de maquinado

REGISTRO FOTOGRAFICO – N° 02 – SOPORTE PRINCIPAL Y SECUNDARIO



Piezas terminadas de soporte principal

REGISTRO FOTOGRAFICO – N° 03 – ENSAMBLE



Proceso de ensamble de piezas fabricadas.

IMPLEMENTOS PARA PROCESO DE FORJADO

- Herramientas para proceso de fundición, para horno eléctrico.



Figura N°. 25 Crisol de fundición y pinza

Fuente: Fabricante Janzoom

- Epps de seguridad



Figura N°. 26 Epps básicos para el proceso de fundición

Fuente: honeywell

- Equipos para el proceso de forjado



Figura N°. 27 Molde Lingote de Grafito hasta 2000°C

Fuente: Fabricante Janzoom B0BN2DCX46



Figura N°. 28 Pinza para forjado

Fuente: Fabricante Janzoom



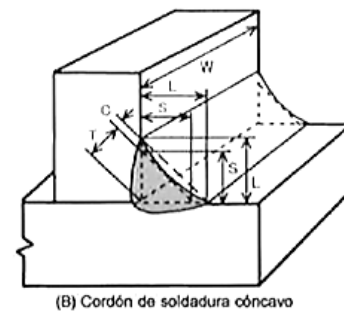
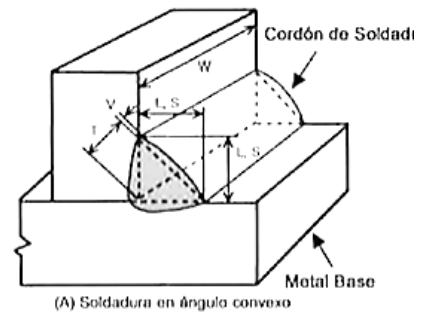


ANEXO N° 4

CALCULO DE SOLDADURA

Tipos comunes de uniones soldadas

Tipo de soldadura	Tipo de unión		
	Unión a tope	Unión a tope en T	Unión por solape
Soldadura en ángulo			
Soldadura en ranura			
Soldadura a tope de penetración completa			
Soldadura a tope de penetración parcial			
Soldadura de tapón			



➤ **Resistencia de la soldadura a tope – TENSION O COMPRESION**

$$P = \sigma \times A \dots (1)$$

Donde:

A: área de la sección transversal de las de la placa más delgada

σ = *esfuerzo permisible en las placas*

➤ **Soldaduras de filete – ESFUERZO CORTANTE**

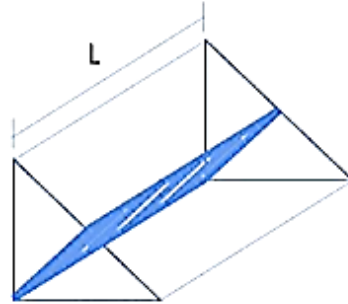
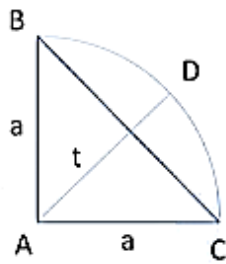
$$\tau = \frac{P}{A} \dots (2)$$

Donde:

A: área sometida a fuerza cortante

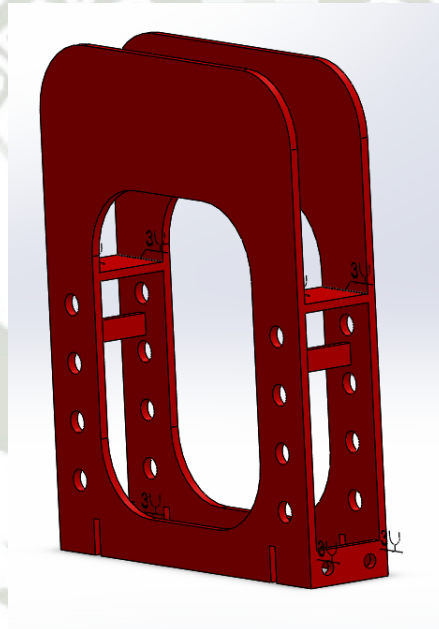
τ = *esfuerzo cortante admisible*

Donde se desarrolla el calculo del Armazón sometido a esfuerzos:

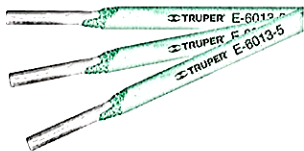


Tenemos el siguiente análisis:

$$A = t \times L = a \text{ Sen } 45^\circ \times L = 0.707aL \dots (3)$$

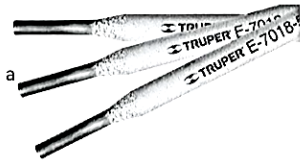


El esfuerzo cortante admisible para soldadura de filete es de 0.3 veces el esfuerzo último de tensión del electrodo.



E60
E70
E80

El valor numérico es la resistencia última a tensión del metal de soldadura



Sabemos:

$$\text{Esfuerzo cortante admisible (E60)} = 0.3 \times 60 = 18000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

$$\text{Esfuerzo cortante admisible (E70)} = 0.3 \times 70 = 21000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

Aplicando la soldadura con E70:

$$\tau = \frac{P}{A} \dots (2)$$

Reemplazando (3) en (2):

$$21000 = \frac{P}{0.707aL}$$

$$P = 0.707aL \times 21000$$

$$P = 14852aL$$

Por cada 1 pulg de soldadura con E70 será :

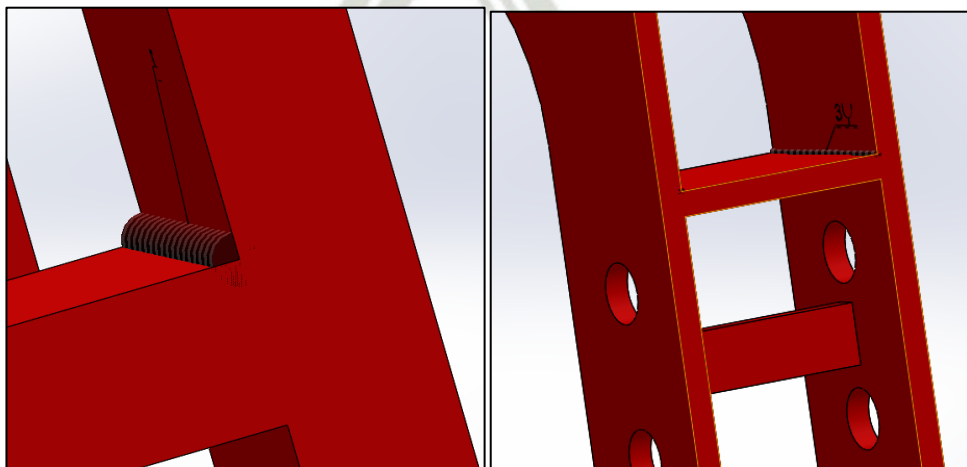
$$q = 14852a$$

Donde:

a: tamaño de soldadura

L: Longitud de soldadura

Soldadura de parte lateral de amazon



En condiciones de diseño es de 15 Ton, donde:

$$P = 15 \text{ toneladas} = 33069.3 \text{ libras}$$

Por cada 1 pulg de soldadura con E70 será :

$$q = 14852a$$

Donde:

a: tamaño de soldadura es 3 mm según consideraciones de software

3 mm es 0.118 pulg

3 mm considera a 1/8 de pulgada

$$q = 14852(0.118 \text{ pulg}) = 1752.53 \text{ lb.pulg}$$

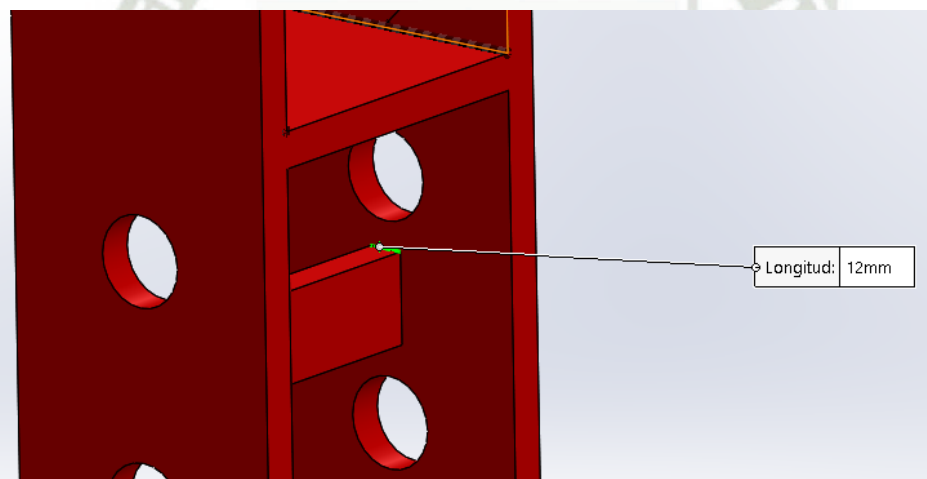
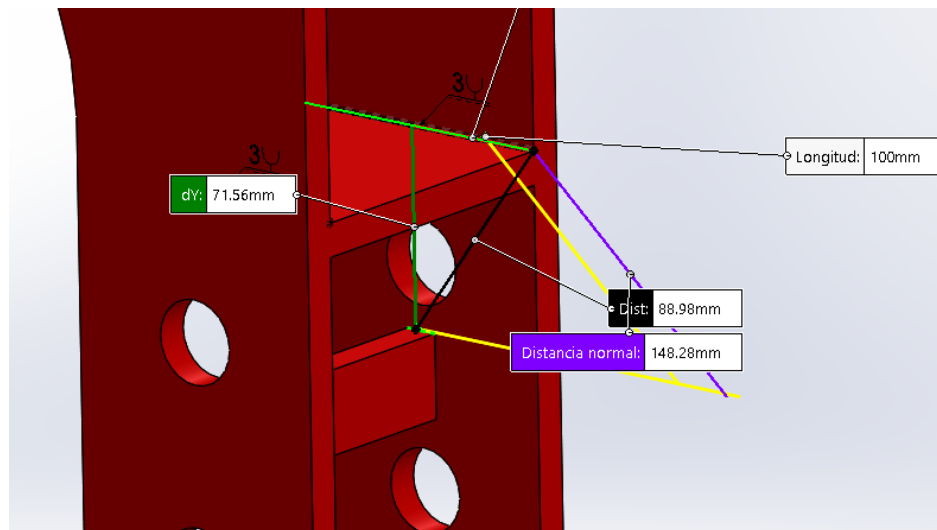
Calculando la longitud de soldadura

$$P = 33069.3 = 1752.531L$$

$$\frac{33069.3}{1752.531} = L$$

$$L = 18.8" = 477.52 \text{ mm}$$

Verificando la longitud de soldadura en todo el armazón



**La longitud total de soldadura es de 224 por cada simetría
siendo 448 milímetros**

**Cumple con el diseño con electrodo E70 y una longitud de
soldadura de 477 m**