



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RECOGER Y MOLER RESTOS ÓSEOS INCINERADOS”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO MECÁNICO**

PALLO PAVÓN CARLOS ALBERTO
carlos.pallo@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. OSCAR IVÁN ZAMBRANO OREJUELA, MSC.
ivan.zambrano@epn.edu.ec

DMQ, noviembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Carlos Alberto Pallo Pavón**, bajo mi supervisión.

Ing. Iván Zambrano, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

NOMBRE_REVISOR1
REVISOR1 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR

NOMBRE_REVISOR2
REVISOR2 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración yo **Carlos Alberto Pallo Pavón**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Carlos Alberto Pallo Pavón

Ing. Iván Zambrano, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. Estado del arte	3
1.1.1. Características del material óseo post incinerados.	3
1.1.2. Retiro de restos incinerados	3
1.1.3. Mecanismos de apertura de compuertas	5
1.2. Benchmarking	8
1.3. Especificaciones técnicas	11
2. METODOLOGÍA	12
2.1. Definición del producto	12
2.2. Diseño conceptual	14
2.2.1. Determinación de módulos y matriz morfológica	14
2.2.2. Solución virtual conceptual	38
2.3. Diseño de materialización	39
2.3.1. Selección de elementos normalizados	39
2.3.2. Cálculos	42
2.3.2.1. Prototipo	42
2.3.2.2. Modelo real	50
2.3.3. Plano conjunto final	53
2.3.4. Planos de taller	53
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1. Resultados	54
3.1.1. Costos	54
3.1.2. Protocolo de pruebas	56
3.2. Discusión	63

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
4.1 Conclusiones	65
4.2 Recomendaciones	65
Referencias Bibliográficas	67
Anexos	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Utilización de cepillos para recolección de restos incinerados.....	4
Figura 1.2. Tolva de recolección de restos incinerados.....	4
Figura 1.3. Colocación de restos incinerados en un molino eléctrico.	4
Figura 1.4. Base de la cámara de cremación con restos incinerados.....	5
Figura 1.5. Compuerta de entrada incinerador.....	5
Figura 1.6. Compuertas accionadas por piñones y cremallera.....	6
Figura 1.7. Compuertas guiadas por cadena.....	6
Figura 1.8. Compuertas pivotantes.....	7
Figura 2.1. Función principal o global.....	14
Figura 2.2. Funciones secundarias.....	15
Figura 2.3. Funciones módulo 1.....	16
Figura 2.4. Voladizo parte de la estructura.....	16
Figura 2.5. Estructura exterior.....	17
Figura 2.6. Picaporte.....	18
Figura 2.7. Geometría de la cama de incineración.....	18
Figura 2.8. Moto-reductor.....	19
Figura 2.9. Piñón y cadena.....	19
Figura 2.10. Piñón y cremallera.....	20
Figura 2.11. Matriz morfológica módulo 1.....	21
Figura 2.12. Solución 1 módulo 1.....	22
Figura 2.13. Solución 2 módulo 1.....	22
Figura 2.14. Funciones módulo 2.....	25
Figura 2.15. Tolva de ingreso.....	26
Figura 2.16. Estructura metálica de soporte.....	26
Figura 2.17. Estructura de plancha metálica (izquierda en conjunto, derecha aislada)....	27
Figura 2.18. Moto-reductor.....	27

Figura 2.19. Tornillo sin fin.....	28
Figura 2.20. Transportador de paletas.	28
Figura 2.21. Base en U.	29
Figura 2.22. Base plana de deslizamiento.....	29
Figura 2.23. Ducto de salida.	30
Figura 2.24. Matriz morfológica módulo 2.	31
Figura 2.25. Solución 1 módulo 2.....	32
Figura 2.26. Solución 2 módulo 2.....	32
Figura 2.27. Funciones módulo 3.	34
Figura 2.28. Tolva de ingreso.....	34
Figura 2.29. Molino eléctrico de rodillos.	35
Figura 2.30. Molino de rodillos.	35
Figura 2.31. Ducto de salida.	36
Figura 2.32. Matriz morfológica módulo 3.	37
Figura 2.33. Esquema virtual conceptual 2.	38
Figura 2.34. Diagrama de cuerpo libre utilizado para calcular la fuerza que realiza el empuje.....	39
Figura 2.35. D.C.L. del eje motriz de la compuerta.....	43
Figura 2.36. DCL del eje de la compuerta.	45
Figura 2.37. Resultado de simulación para de eje de la compuerta.	46
Figura 2.38. Resultado de simulación para de eje de apoyo de compuerta.....	47
Figura 2.39. Momento máximo en el elemento crítico estructura para la compuerta.	48
Figura 2.40. Momento máximo en el elemento crítico estructura para apoyo interior.	49
Figura 2.41. D.C.L. del eje motriz de la compuerta del modelo real.	50
Figura 2.42. Resultado de la simulación eje de la compuerta modelo tamaño real.	51
Figura 2.43. Diagrama de momentos máximos en la estructura exterior del modelo de tamaño real.....	52
Figura 2.44. Resultados del análisis de elementos críticos de la estructura exterior.	52

Figura 3.1. Diagrama de flujo a seguir en el protocolo de pruebas.....	57
Figura 3.2. Esquema ensayo 1.	59
Figura 3.3. Esquema ensayo 2.	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Producto ofertado por mercado libre con sus respectivas especificaciones técnicas.	8
Tabla 1.2 Producto ofertado por VCP S.A.C. con sus respectivas especificaciones técnicas.	9
Tabla 1.3 Producto ofertado por studylib con sus respectivas especificaciones técnicas.	10
Tabla 1.4 Especificaciones técnicas de la máquina.	11
Tabla 2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 1.	23
Tabla 2.2 Evaluación del peso específico del transporte de restos para el módulo 1.	23
Tabla 2.3 Evaluación del peso específico del criterio seguridad de remoción para el módulo 1	24
Tabla 2.4 Evaluación del peso específico del criterio remoción completa para el módulo 1.	24
Tabla 2.5 Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 1....	24
Tabla 2.6 Conclusiones para el módulo 1.	25
Tabla 2.7 Conclusiones para el módulo 2.	33
Tabla 2.8 Conclusiones para el módulo 3.	38
Tabla 2.9 Ensayo para obtención del coeficiente de fricción.	42
Tabla 2.10 Carga muerta estructura para la compuerta.	47
Tabla 2.11 Carga viva estructura para la compuerta.	47
Tabla 2.12 Carga muerta estructura para la compuerta.	51
Tabla 2.13 Carga viva estructura para la compuerta.	52
Tabla 3.1 Costos elementos normalizados.	54
Tabla 3.2 Costos materiales.	55
Tabla 3.3 Costos mano de obra.	55
Tabla 3.4 Costos total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados para el módulo 1.	56

Tabla 3.5 Protocolo de pruebas. Máquina sin carga.	58
Tabla 3.6 Protocolo de pruebas. Máquina con carga.	60
Tabla 3.7 Protocolo de pruebas juntas y uniones soldadas.	62

RESUMEN

El presente documento tiene por objetivos, diseñar y construir una máquina de recolección para restos óseos incinerados a un molino, en donde el funcionamiento totalmente automatizado será un factor predominante en el desarrollo de este. Esto eliminara totalmente las operaciones manuales por parte de los operadores.

Para su realización se emplearán técnicas y estrategias descritas en el diseño concurrente las mismas que nos posibilitan un análisis más detallado con lo cual obtendremos soluciones viables en respuesta a la problemática planteada.

En primer lugar, se llevará a cabo la recopilación de las necesidades del cliente para después con la información recopilada establecer los requerimientos de este, a partir de los cuales se elaborará la casa de la calidad que posteriormente servirá como base de apoyo para el desarrollo del diseño. Recalcando que por medio de esta herramienta se obtendrá las especificaciones técnicas del mecanismo propuesto.

Se destaca que se utilizó la metodología del diseño concurrente considerando las funciones principales que debe cumplir la máquina dentro de la estructura modular, precisando los componentes se procede con la construcción posteriormente realizando un protocolo de pruebas que ratifican el diseño.

Palabras clave: Automatizado, incinerados, operaciones, recolección.

ABSTRACT

The present document aims to design and build a collection machine for bone remains incinerated to a mill, where fully automated operation will be a predominant factor in its development. This will eliminate manual operations by operators.

For its realization, techniques and strategies described in the concurrent design will be used, which allow us a more detailed analysis with which we will obtain viable solutions in response to the problem raised.

In the first place, the client's needs will be compiled and later, with the information collected, establish the requirements of this, from which the quality house will be elaborated that will later serve as a support base for the development of the design. Emphasizing that through this tool the technical specifications of the proposed mechanism will be obtained.

It is emphasized that the concurrent design methodology was used considering the main functions that the machine must perform within the modular structure, specifying the components. The construction is then carried out by carrying out a test protocol that confirms the design.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda que existe de los servicios de cremación en la actualidad no solo por la pandemia de la COVID 19 que atraviesa el mundo entero, sino porque cada vez es menos frecuente que se opte por la inhumación debido a los elevados costos implicados, por lo cual ven la opción de la incineración como la más adecuada.

Cabe resaltar que las personas fallecidas por COVID 19 no pueden ser inhumadas debido a que sus restos aún son infecciosos por lo cual la recomendación es que sean incinerados.

Una vez realizado el proceso de incineración el cuerpo humano se ha reducido a cenizas y residuos óseos (fosfatos de calcio y minerales secundarios). Producto del calor los huesos se reducen y se fisuran, lo que resulta en partículas de menor tamaño [1]. El proceso completo hasta la recolección en las urnas fúnebres tiene una duración de entre 3 y 5 horas [1].

Una vez incinerados los residuos se encuentran a temperaturas elevadas, por lo cual deben ser enfriados antes de ser triturados. Usualmente se los recoge manualmente empleando cepillos y equipos de protección para altas temperaturas, posteriormente se los deja reposar para que se enfríen para ser triturados y empacados.

Los incineradores que existen en la actualidad presentan bajos niveles de automatización debido a que no se tiene un software específico que controle la distribución de temperaturas dentro de la cámara y no se ha implementado un sistema automático de recolección que lleve los restos al molino sin la necesidad de un operador.

En vista de lo comentado anteriormente la Escuela Politécnica Nacional teniendo en consideración la capacidad investigativa y tecnológica propone como solución el diseño y construcción de un incinerador que sea en su totalidad automatizado con lo cual los operadores evitan el riesgo de infección, elevadas temperaturas y gases del proceso.

El sistema de control será desarrollado por estudiantes y profesores del Departamento de Automatización y Control Industrial, además para el sistema de recolección se realizará un diseño de adaptación.

El desarrollo de un incinerador en forma real es muy costoso por lo cual se realizará una construcción a escala en donde se experimentará con el mismo para comprobar su funcionalidad.

Objetivo general

Diseñar un sistema de recolección y molienda para restos incinerados.

Objetivos específicos

- Desarrollar un mecanismo para liberar los restos incinerados hacia el sistema de transportación.
- Realizar un modelo a escala, para la fabricación de un prototipo.
- Desarrollar modelos 3D tanto para el modelo principal como para el prototipo mediante la utilización de softwares adecuados para ello.
- Obtener los documentos de fabricación y realizar el protocolo de pruebas del modelo a escala.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estado del arte

1.1.1. Características del material óseo post incinerados.

Se analiza las propiedades físicas y mecánicas de los productos de la incineración, para establecer las características de los equipos y materiales necesarios para alcanzar el producto final.

Las características que presenta el hueso calcinado o incinerado en un rango de temperaturas de entre 900-1100 °C [2]:

- Color: gris a blanco
- Frágil.

Se han obtenido los siguientes criterios según la escala de Mohs para hueso quemado e incinerado [2]:

- Hueso quemado, coloración marrón o negra en sus superficies en escala de 2.5
- Hueso quemado, con coloración gris a blanco en escala de 2.
- Hueso Incinerado en una escala de 1.

1.1.2. Retiro de restos incinerados

Se realiza un análisis bibliográfico de los métodos empleados usualmente para el retiro de los restos incinerados, la revisión se la realiza tanto de métodos manuales como aquellos que presenten mayores niveles de automatización.

1.1.2.1. Manualmente

La recolección de los restos incinerados, generalmente se la realiza de forma manual, empleando cepillos se barre los restos hacia tolvas ubicadas en la parte frontal de la cámara de incineración, los cuales caen hasta recipientes extraíbles en la parte inferior como se puede observar en las figuras.



Figura 1.1. Utilización de cepillos para recolección de restos incinerados.
Fuente: [3]



Figura 1.2. Tolva de recolección de restos incinerados.
Fuente: [3]



Figura 1.3. Colocación de restos incinerados en un molino eléctrico.
Fuente: [4]

1.1.2.2. Mover la cama de incineración

La base ingresa junto al ataúd, al terminar el proceso se extrae la base con los restos aun calientes, se los enfría y se los cambia a una cama metálica en la que se extraen las partes metálicas y luego se lleva a la pulverización [5],[6].

En el sistema de la figura se observa que la cama de incineración ingresa por el frente y una vez ha llegado hasta el final es levantada, hasta topar con los bordes laterales, con lo cual se logra un sello que evita las pérdidas de calor.



Figura 1.4. Base de la cámara de cremación con restos incinerados.
Fuente: [5]



Figura 1.5. Compuerta de entrada incinerador.
Fuente: [6]

1.1.3. Mecanismos de apertura de compuertas

En vista de la necesidad de liberar los restos desde un nivel superior (cama de incineración) hasta un nivel inferior (molino), se analiza opciones de compuertas robustas, empleadas en la industria, para realizar dicha tarea.

1.1.3.1. Compuertas accionadas por piñón y cremallera

Este tipo de sistemas son empleados en tolvas de silos. El piñón se conecta a un eje motriz que a su vez está conectado a una fuerza motriz (motor o manual), el piñón desplaza a la cremallera la cual se encuentra conectada a la compuerta y se sostiene por medio de guías laterales [8].

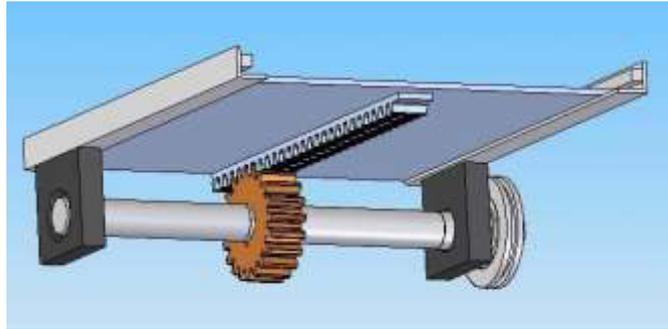


Figura 1.6. Compuertas accionadas por piñones y cremallera.
Fuente: [7]

1.1.3.2. Compuertas guiadas por cadena

En este tipo de compuertas el sistema motriz está constituido por un motor conectado a los piñones motrices los cuales impulsan a la cadena; de un extremo se une a la parte frontal de la compuerta y el otro extremo a la parte posterior con lo cual se cierra el circuito [9].

En este tipo de compuertas es motor se acciona en un sentido para la apertura y en el sentido contrario para el cierre. [8].



Figura 1.7. Compuertas guiadas por cadena.
Fuente: [8]

1.1.3.3. Compuertas pivotantes

Estas compuertas presentan dos hojas las cuales pivotan en un punto fijo, se desplazan de 0 a 90° cada hoja lo cual permite una caída limpia del producto que se encuentre en la tolva [9].

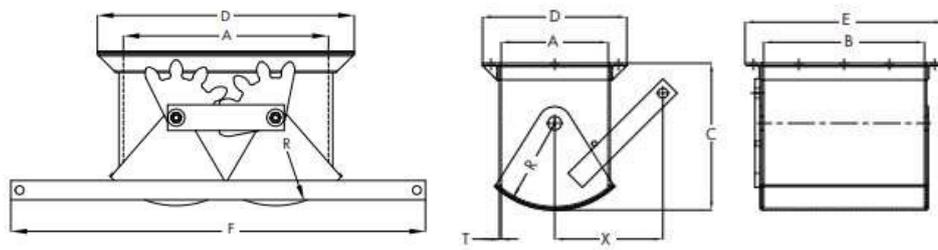


Figura 1.8. Compuertas pivotantes.
Fuente: [9]

1.2. Benchmarking

El benchmarking se lo realiza principalmente a los mecanismos de apertura y cierre de compuertas, ya que estas son equipos que se encuentran comúnmente en la industria y hay basta información ya sea en catálogos o documentos de proveedores.

Cabe mencionar que un sistema que permita abandonar restos óseos incinerados no es común, por lo cual se analizará varias opciones con características similares a la acción de abandonar restos óseos.

- Mecanismo piñón-cremallera.

Tabla 1.1 Producto ofertado por mercado libre con sus respectivas especificaciones técnicas.

Empresa: MERCADO LIBRE
Precio: \$95

Especificaciones Técnicas: <ul style="list-style-type: none">- Longitud cremallera: 1 [m].- Ancho dientes cremallera: 2,2 [cm].- Alto dientes cremallera: 2 [cm].- Lubricación: Se efectúa por medio de puntos engrases.- Diámetro piñón: 5,8 [cm].- Ancho dientes piñón: 2 [cm].- Apto para acoplar a motor Ppa Puerta Corrediza.

Fuente: [10]

- Compuertas deslizantes.

Tabla 1.2 Producto ofertado por VCP S.A.C. con sus respectivas especificaciones técnicas.

Empresa: VCP S.A.C. [Válvulas y Conexiones del Pacífico S.A.C.]
Precio: \$1920

<p>Especificaciones Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Compuerta: acero inoxidable AISI 304.- Riel: acero inoxidable AISI 304.- Sellos: caucho, nitrilo.- Caja accionamiento: acero carbono.- Topes: bronce.- Nuez: bronce.- Disponible en modelos para altas temperaturas.

Fuente: [11]

- Compuerta tipo chapaleta.

Tabla 1.3 Producto ofertado por studylib con sus respectivas especificaciones técnicas.

Empresa: STUDYLIB
Precio: \$1900

<p>Especificaciones Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Material fabricación: hierro dúctil.- Diámetro ducto: 500 [mm] a 1524 [mm] dependiendo del uso.- Funcionamiento: automático hasta nivelarse.- Las chapaletas poseen un ajuste de apertura del obturador sobre los pivotes.- Disponible en modelos para altas temperaturas.

Fuente: [12]

1.3. Especificaciones técnicas

Tabla 1.4 Especificaciones técnicas de la máquina.

Empresa - Cliente: EPN FIM	Producto: Máquina para recoger y moler restos óseos incinerados		Fecha inicial: Última revisión:	
Diseñadores:			Página 1	
Chalán Esteban Pallo Carlos				
Especificaciones Técnicas				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		C	R	Los restos incinerados deben caer fácilmente a la máquina.
				Recolección de restos incinerados de forma automatizada a una temperatura aproximada de 800 °C.
				Moler restos incinerados (partícula resultante ≤ 4 mm).
				Tiempo aproximado de recolección y molienda ≤ 10 minutos.
Energía		D+M	R	Energía eléctrica: 220 [V].
Mantenimiento		D	R	Facilidad de limpieza a presión de aire.
Automatización		C	R	Todo el proceso de recolección es automático exceptuando el retiro de cofres al finalizar todo el proceso.

Fuente: [Propia]

Propone: M = Marketing, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación, I= Ingeniería, C=Cliente.

R/D: R = Requerimiento, D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se utiliza la metodología propuesta en el Diseño Concurrente de Riba, considerando como punto de partida la definición del producto estableciendo las especificaciones técnicas que se obtienen de la casa de la calidad, en donde se detallan las funciones principales que debe cumplir la máquina.

A continuación, se procede con el diseño conceptual, donde se emplean las herramientas del diseño concurrente (análisis funcional, matriz morfológica, etc.), para determinar la solución más conveniente.

Una vez elegida la alternativa de solución adecuada, se procede a la etapa del diseño de materialización en la cual se establecen los componentes necesarios para satisfacer la estructura funcional. Al final de esta etapa se llega al plano de conjunto, el cual brinda una vista general del equipo junto a sus aspectos de mayor importancia.

La última etapa de este proceso es la del diseño de detalle, en la cual se obtiene todos los documentos indispensables para la manufactura del producto desarrollado.

2.1. Definición del producto

2.1.1. Casa de la calidad

ANEXO I.

2.1.2. Voz del usuario

En base al criterio del usuario, la máquina debe tener las siguientes características:

- Incrementar el número de incineraciones por día.
- Entrega diligente de cofres.
- Encendido automático.
- Resistencia a altas temperaturas.
- Pulverizado correcto de restos incinerados.
- Recolección efectiva de residuos.
- Trituración sin ruido.

2.1.3. Voz del ingeniero

Los requerimientos técnicos a los que han sido traducidas las necesidades expuestas por los usuarios para el diseño del prototipo son:

- Tiempo de ingreso de restos óseos cremados de manera continua.
- Operación limpia sin escape de cenizas.
- Tamaño de grano de las cenizas resultantes menor e igual a 0,4 [mm].
- Velocidad optima.
- Niveles de ruido.

2.1.4. Conclusiones casa de la calidad

Considerando previamente los requerimientos del usuario, se establece que los parámetros más deseados son el costo, la eficiencia en la limpieza y velocidad optima.

En cuanto a las características técnicas de la casa de la calidad se tienen las siguientes:

- El tiempo de recolección es de suma importancia puesto que al tener una recolección efectiva de los restos incinerados ingresara un nuevo cuerpo, evitando de esta manera el precalentamiento de horno crematorio.
- La temperatura de recolección de las cenizas está involucrada directamente con la selección de materiales que se presentan en el módulo de recolección.
- El tamaño de partícula de las cenizas es de gran importancia debido a que depende de este la selección del molino.

2.2. Diseño conceptual

En esta sección se busca generar el concepto de la máquina en desarrollo, para lo cual se emplea el análisis funcional como herramienta principal. Además, en esta etapa se propone y se evalúa las diferentes soluciones posibles, para lo cual se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados para la elección de la alternativa más adecuada.

Análisis funcional

Mediante la estructura funcional se determina el conjunto de módulos necesarios para cumplir la función principal de recoger y moler los restos incinerados.

En el nivel cero se observa dicha función principal y el flujo de energía, señales y materiales para llegar al producto que es ceniza de tamaño uniforme.

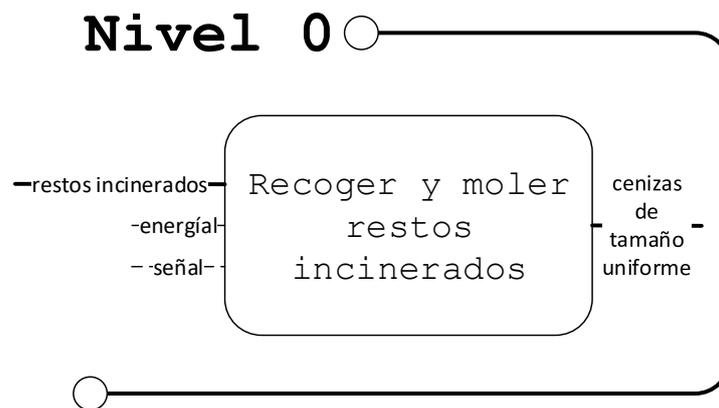


Figura 2.1. Función principal o global.
Fuente: [Propia]

2.2.1. Determinación de módulos y matriz morfológica

2.2.1.1. Definición de módulos

El proceso de transportación de restos incinerados inicia desde el momento en que ha terminado la incineración, por lo cual se debe iniciar con el análisis desde cómo se va a remover estos restos de la cama base en la cual se ubicara el ataúd y termina a la salida del sistema de trituración donde se los recoge en la urna fúnebre.

En la Figura 2.2 se observan las funciones que se deben cumplir para obtener el producto final (cenizas de tamaño uniforme), de igual manera se detallan los flujos energéticos y de señales.

Nivel 1

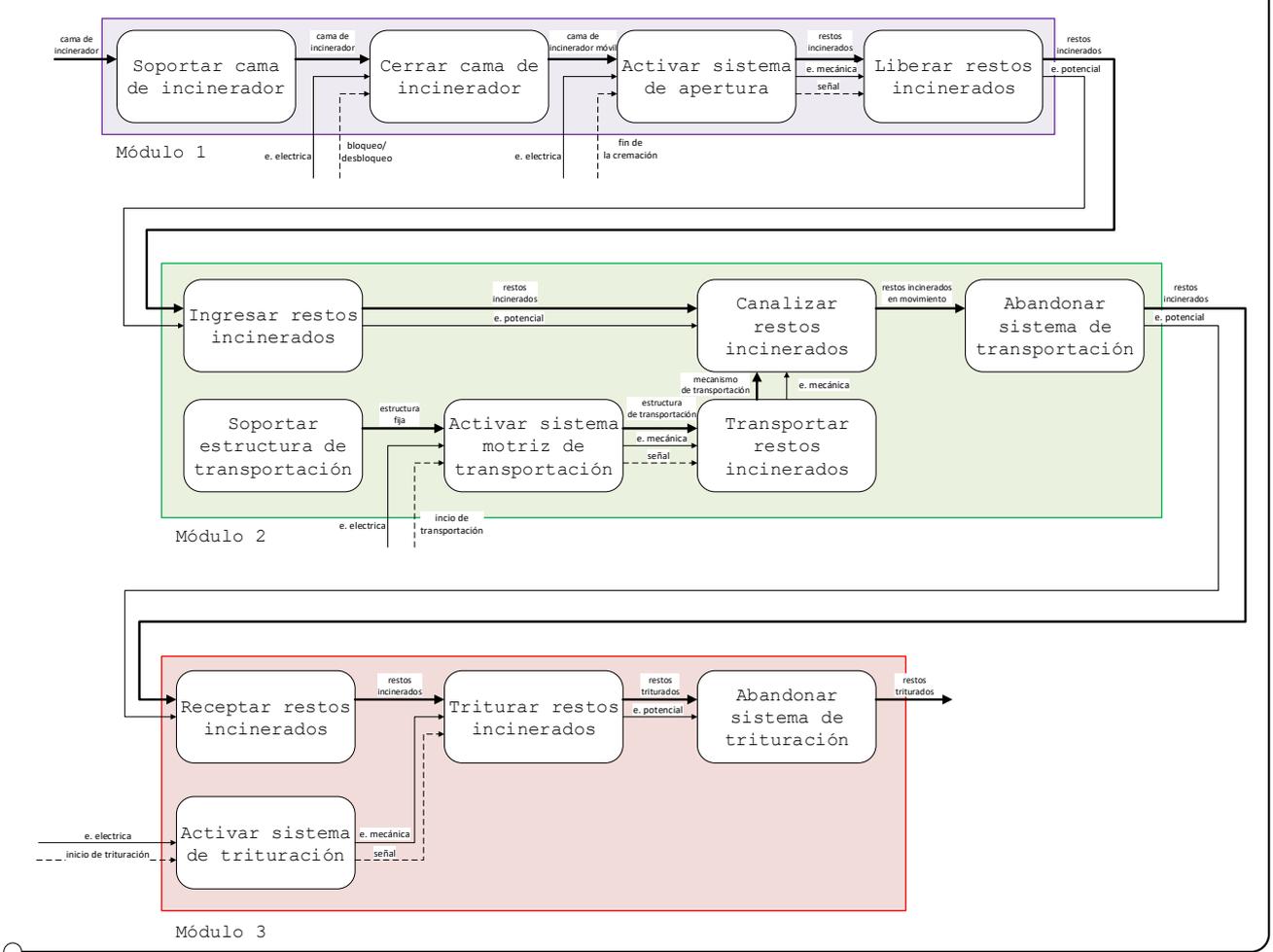


Figura 2.2. Funciones secundarias.
Fuente: [Propia]

Como se puede observar todas las señales y energías provienen de fuentes eléctricas/electrónicas ya que se desea que el proceso sea completamente automático.

2.2.1.2. Soluciones para cada módulo

2.2.1.2.1. Módulo 1:

Este módulo, el cual recibe el nombre de módulo de extracción, está constituido por las funciones necesarias para evacuar los restos incinerados de la cámara principal del horno.

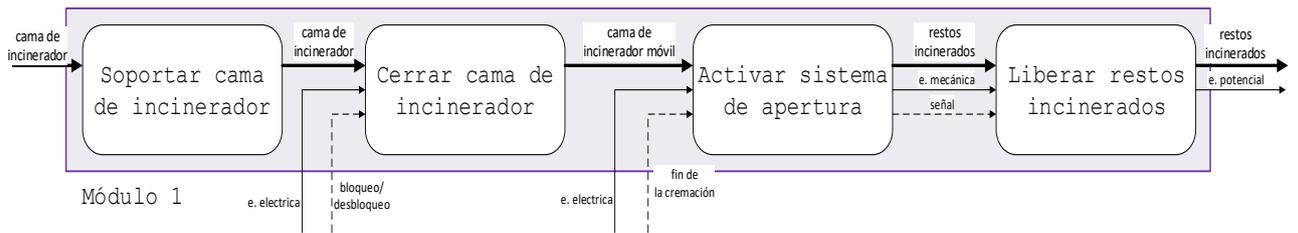


Figura 2.3. Funciones módulo 1.
Fuente: [Propia]

A continuación, se plantean posibles soluciones para cada una de las funciones de este módulo:

Función: Soportar cama de incinerador:

La cama del incinerador, al ser móvil, requiere de algún medio de apoyo que la mantenga en posición de reposo mientras se realiza el proceso de incineración.

A. Voladizo parte de la estructura:

Un voladizo como parte de la estructura le brinda a la cama de incineración un punto de apoyo que limita el giro de la cama en el sentido contrario al deseado. Además, sirva de sello para evitar pérdidas de calor por las rendijas que quedan entre la cámara y la cama de incineración.

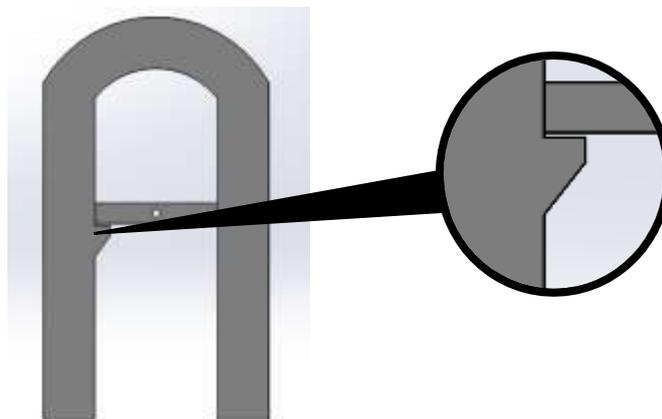


Figura 2.4. Voladizo parte de la estructura.
Fuente: [Propia]

Esta alternativa presenta la desventaja que no se puede sellar completamente los espacios laterales dejados para la libre rotación de la compuerta o cama de incineración y no brinda

apoyo en el lado contrario, por lo cual el mecanismo encargado del movimiento estará todo el tiempo soportando la carga de la compuerta.

B. Estructura exterior

Esta alternativa, basada en un modelo de desplazamiento lateral, requiere de una estructura exterior que incluya un conjunto de apoyos en todo el trayecto de la compuerta de forma que la carga se distribuya uniformemente sobre todos ellos.

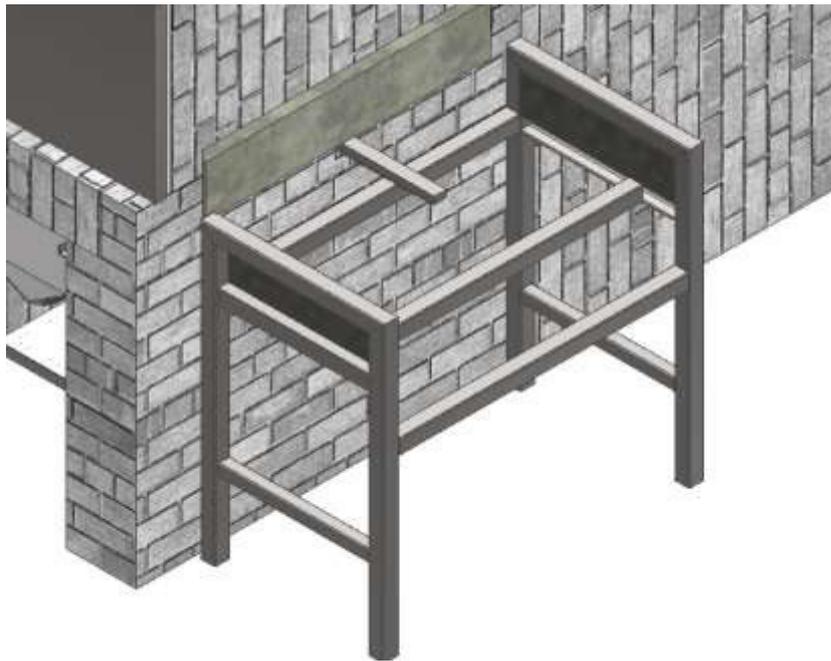


Figura 2.5. Estructura exterior.
Fuente: [Propia]

En esta alternativa el inconveniente principal es el agujero que se debe abrir en la estructura refractaria para permitir el ingreso de la cama de incineración.

Función: Cerrar cama del incinerador:

A. Picaporte

El conjunto de picaportes sirve de apoyo mientras la cámara de incineración se encuentra en funcionamiento, al finalizar se los retira en conjunto y se permite a la cama girar con libertad. El accionamiento puede ser manual o mediante un actuador.

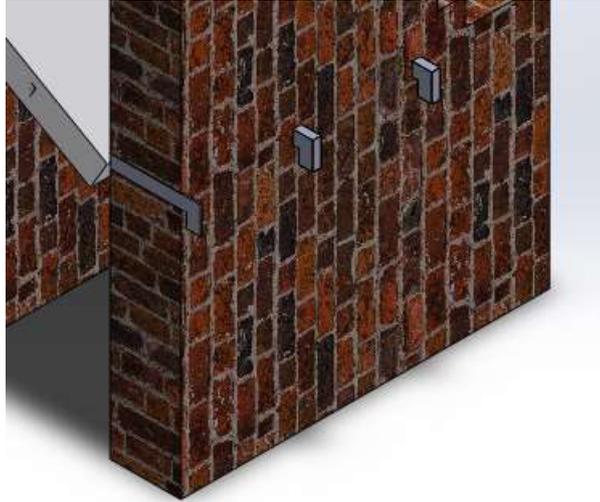


Figura 2.6. Picaporte.
Fuente: [Propia]

B. Geometría de la cama de incineración

Gracias a un cambio de sección en la compuerta, esta puede ingresar completamente y sellar la cámara, logrando de esta forma la reducción en las pérdidas de calor por los espacios que quedasen entre la cámara y la compuerta.



Figura 2.7. Geometría de la cama de incineración.
Fuente: [Propia]

Función: Activar sistema de apertura

Para desplazar la compuerta ya sea lineal o angularmente, es necesario de un mecanismo que transforme la energía en movimiento, por lo cual se analiza la siguiente opción:

A. Moto-reductor

Un moto-reductor conectado directamente al eje de giro se selecciona según la necesidad de torque a baja velocidad para evitar que los restos salgan disparados.

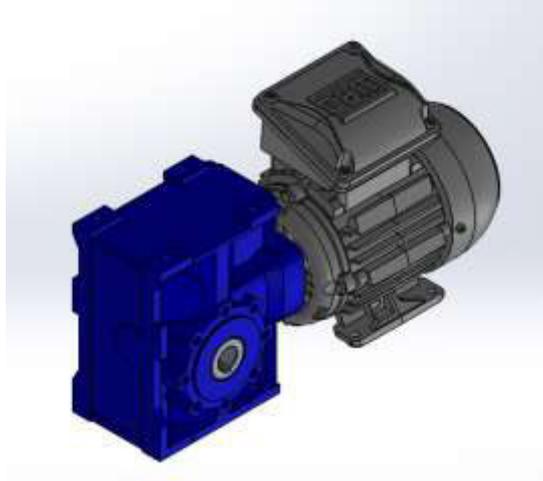


Figura 2.8. Moto-reductor.
Fuente: [Propia]

Función: Liberar restos incinerados

Una vez transformada la energía en movimiento esta debe ser transferida a la compuerta, por lo cual se proponen los siguientes mecanismos

A. Piñón y Cadena

El eje de giro de la cama se conecta a un piñón que a su vez se conecta a un sistema de cadena que se une al eje del moto-reductor.

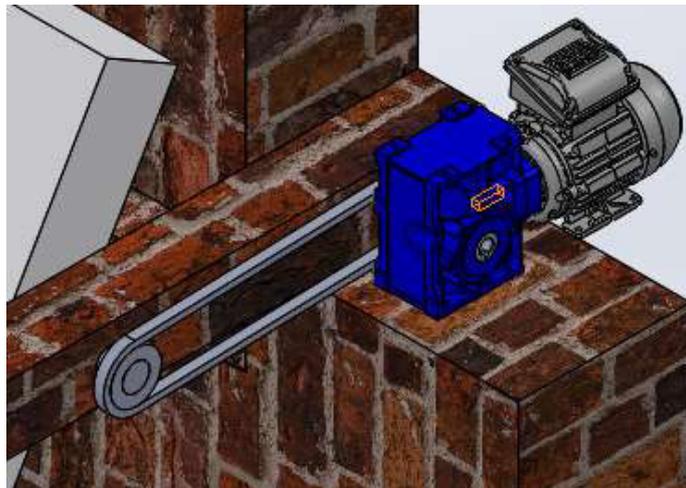


Figura 2.9. Piñón y cadena.
Fuente: [Propia]

B. Piñón y cremallera

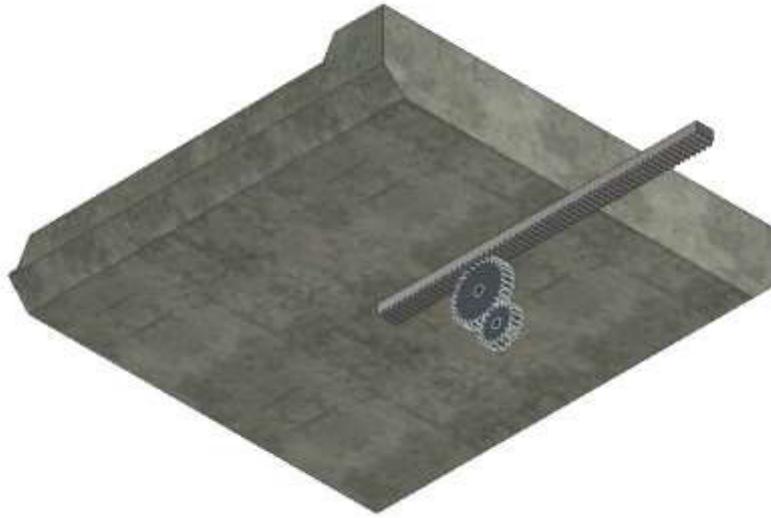


Figura 2.10. Piñón y cremallera.
Fuente: [Propia]

Matriz morfológica módulo 1

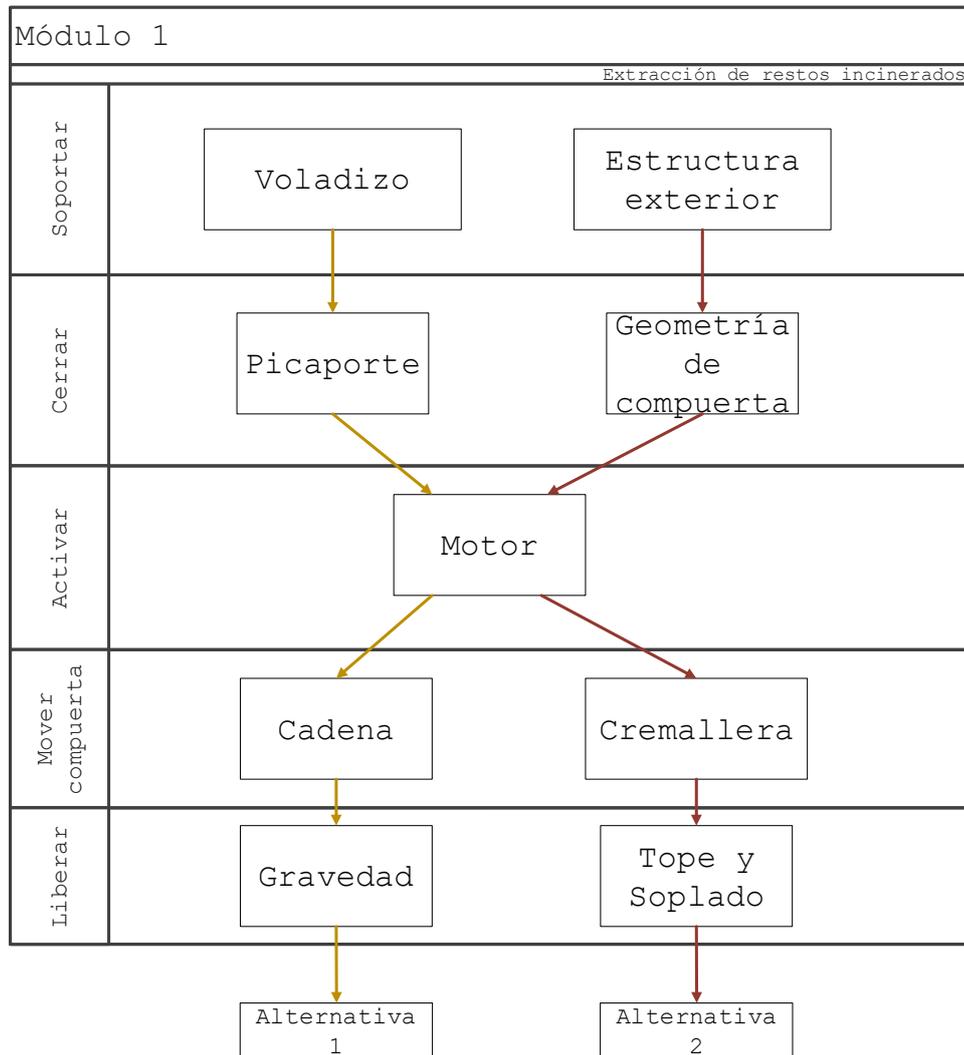


Figura 2.11. Matriz morfológica módulo 1.
Fuente: [Propia]

A continuación, se presentan los modelos de las posibles alternativas de solución obtenidas en de la matriz morfológica.

A. Alternativa 1

Compuerta giratoria con apoyo en voladizo y transferencia de movimiento de piñón y cadena.

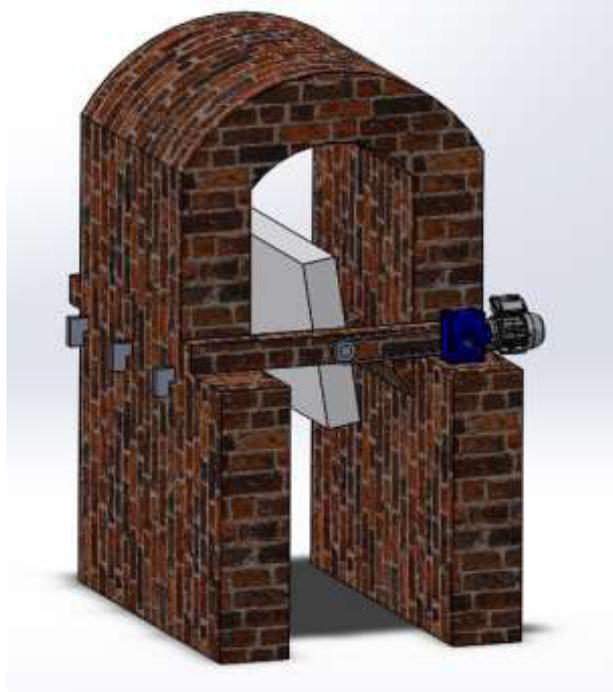


Figura 2.12. Solución 1 módulo 1.
Fuente: [Propia]

B. Alternativa 2

Alternativa de solución de desplazamiento lateral con apoyo exterior de estructura y mecanismo de transferencia de movimiento de piñón y cremallera.

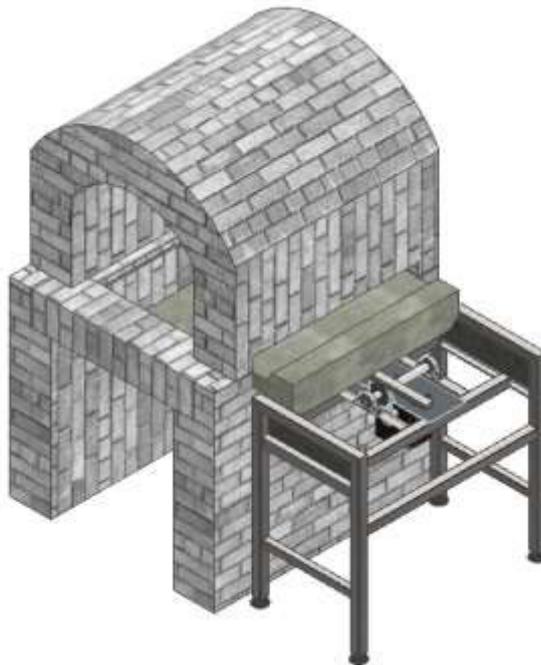


Figura 2.13. Solución 2 módulo 1.
Fuente: [Propia]

Evaluación y selección de alternativa

Con la finalidad de determinar aquel módulo que resulte más adecuado se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se enlistan a continuación los criterios de valoración:

- Movimiento seguro de restos
- Seguridad en la remoción de acuerdo con el accionamiento
- Remoción completa de restos
- Accionamiento

Tabla 2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 1.

<i>Transporte de restos > Seguridad de remoción = Accionamiento > Remoción completa</i>						
Criterio	Transporte de restos	Seguridad de remoción	Remoción completa	Accionamiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Transporte de restos		1	1	1	4	0,364
Seguridad de remoción	0,5		0	1	2,5	0,227
Remoción completa	1	0		0	2	0,182
Accionamiento	0,5	1	0		2,5	0,227
				Suma	11	1

Fuente: [Propia]

De la Tabla 2.1 se determina el criterio con mayor ponderación siendo este el transporte de restos.

Se tiene que el transporte de restos es un criterio importante para determinar la solución.

Ahora se evalúa cada una de las alternativas con respecto a cada criterio.

Tabla 2.2 Evaluación del peso específico del transporte de restos para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Transporte de restos	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		1	2	0,667
Alternativa 1	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Transportar restos la Alternativa 2 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.2.

Tabla 2.3 Evaluación del peso específico del criterio seguridad de remoción para el módulo 1

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Seguridad de remoción	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		1	2	0,667
Alternativa 1	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Seguridad de remoción la Alternativa 2 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.3.

Tabla 2.4 Evaluación del peso específico del criterio remoción completa para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Remoción completa	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		0	1	0,333
Alternativa 1	1		2	0,667
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Remoción completa la Alternativa 1 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.4.

Tabla 2.5 Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Accionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		1	2	0,667
Alternativa 1	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Accionamiento la Alternativa 2 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.5.

Tabla 2.6 Conclusiones para el módulo 1.

Conclusión	Transporte de restos	Seguridad de remoción	Remoción completa	Accionamiento	Σ	Prioridad
Alternativa 2	0,67*0,36	0,67*0,23	0,33*0,18	0,67*0,23	0,61	1
Alternativa 1	0,33*0,36	0,33*0,23	0,67*0,18	0,33*0,23	0,39	2

Fuente: [Propia]

Con las conclusiones obtenidas para el módulo 1, en la Tabla 2.6 se obtiene que la mejor alternativa es la alternativa 1.

2.2.1.2.2. Módulo 2

El siguiente módulo es el encargado de la transportación de los restos hacia el molino, por lo cual se lo ha llamado, Módulo de Transportación.

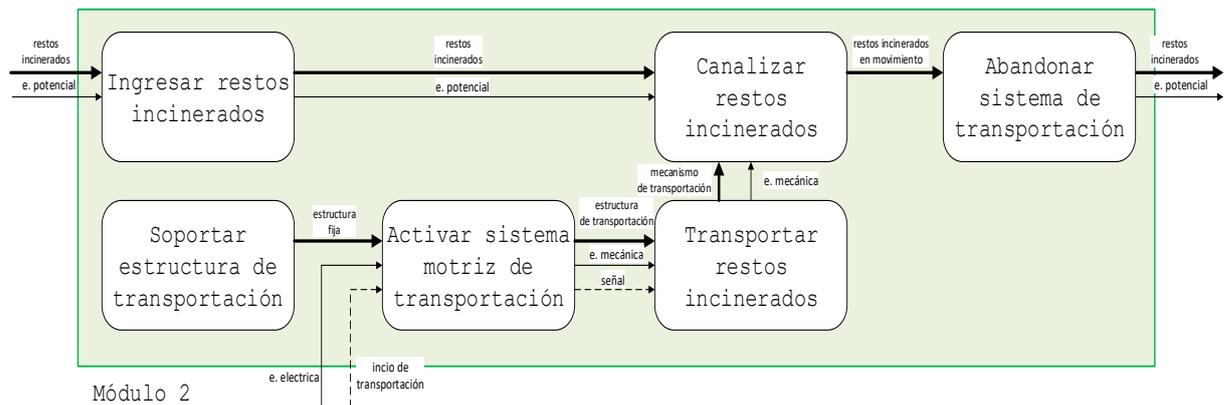


Figura 2.14. Funciones módulo 2.
Fuente: [Propia]

Función: Ingresar restos incinerados:

Los restos una vez han abandonado la cama de incineración, deben ser transportados hasta el molino. Para esta función se tiene la siguiente alternativa:

A. Tolva de ingreso

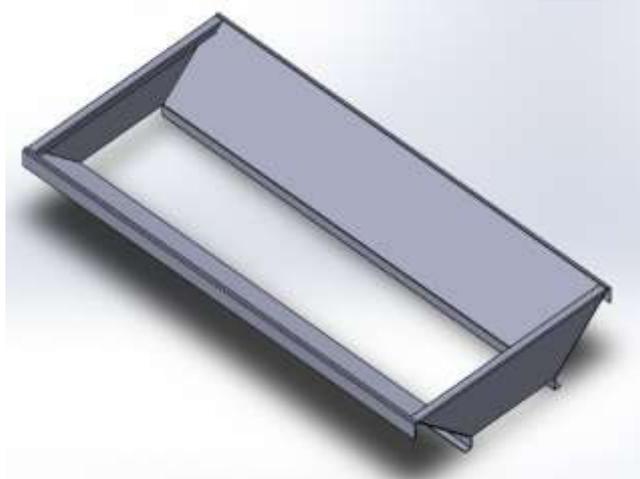


Figura 2.15. Tolva de ingreso.
Fuente: [Propia]

Función: Soportar estructura de transportación:

Dependiendo del sistema de transportación se proponen dos alternativas de solución para soportar la estructura de transportación:

A. Estructura metálica

Un conjunto de pórticos y canales doblados, permiten anclar en su sección intermedia el sistema de transportación de desplazamiento lineal.

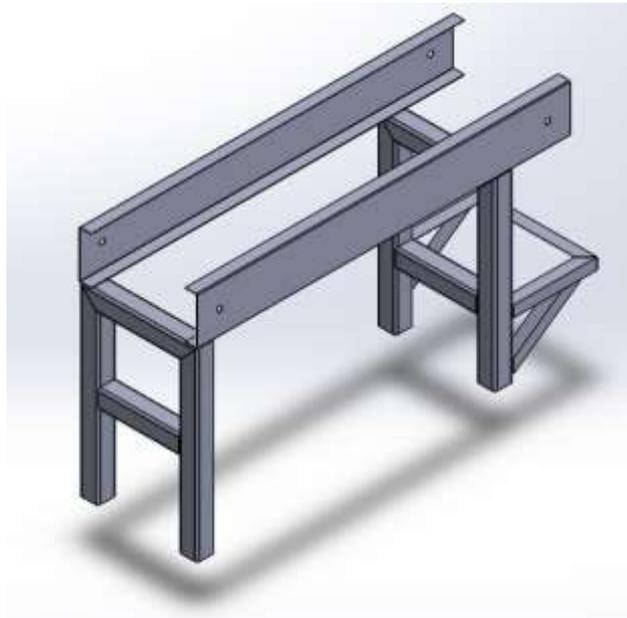


Figura 2.16. Estructura metálica de soporte.
Fuente: [Propia]

B. Estructura de plancha metálica

En el caso de emplear un sistema de transportación de desplazamiento helicoidal, una base de placa con la forma del canal de deslizamiento es la alternativa de solución

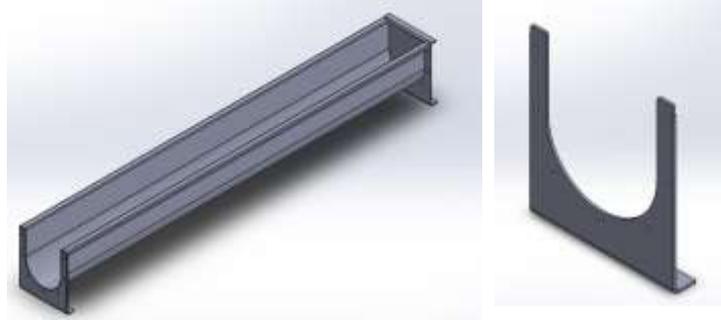


Figura 2.17. Estructura de plancha metálica (izquierda en conjunto, derecha aislada).
Fuente: [Propia]

Función: Activar sistema motriz de transportación:

A. Moto-reductor

Para cumplir la función de activar el sistema motriz, la opción que se maneja, tanto para el tornillo sin fin como para el transportador de cadena y paletas, es un moto-reductor por su facilidad de acople y control.

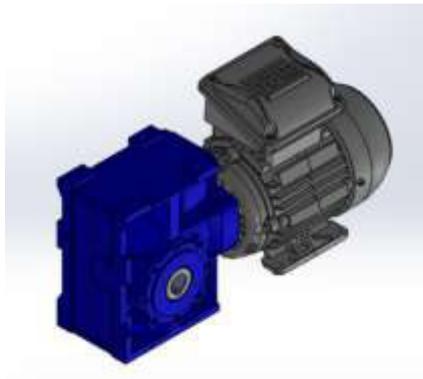


Figura 2.18. Moto-reductor.
Fuente: [Propia]

Función: Transportar restos incinerados:

A. Tornillo sin fin

El giro del helicoides permite el desplazamiento longitudinal del producto hasta el final del mismo. Este mecanismo dependiendo del grado de precisión en su fabricación es capaz

de movilizar elementos muy finos eficientemente. Debido a la precisión que requiere en su fabricación es un elemento costoso ya que para garantizar la limpieza debe ser rectificada toda su superficie exterior, además de que todo el helicoide debe ser soldado al eje.

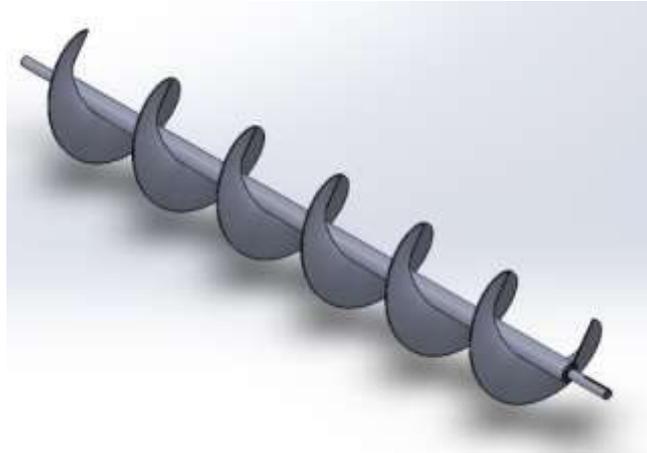


Figura 2.19. Tornillo sin fin.
Fuente: [Propia]

B. Transportador de paletas

El transportador de cadena y paletas al usar la superficie inferior como plano de transporte se ayuda de la deflexión natural de la cadena para tener un óptimo contacto con la superficie y remover satisfactoriamente las partículas más finas.

Este tipo de transportadores es ampliamente utilizado en la industria por lo cual sus componentes son fácilmente reemplazables y se acopla a una amplia gama de necesidades.

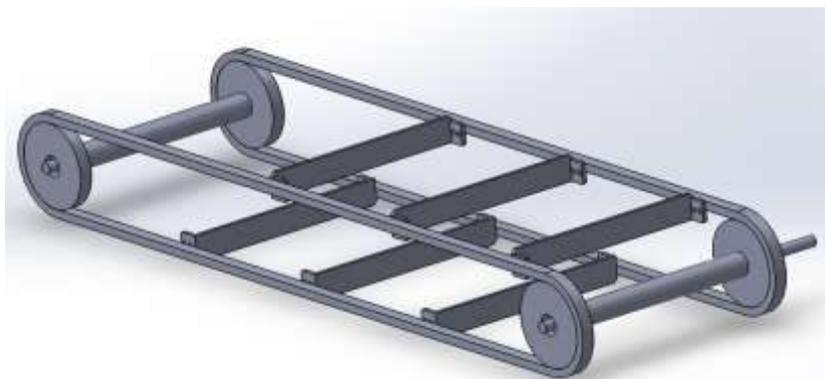


Figura 2.20. Transportador de paletas.
Fuente: [Propia]

Función: Canalizar restos incinerados:

A. Base en U

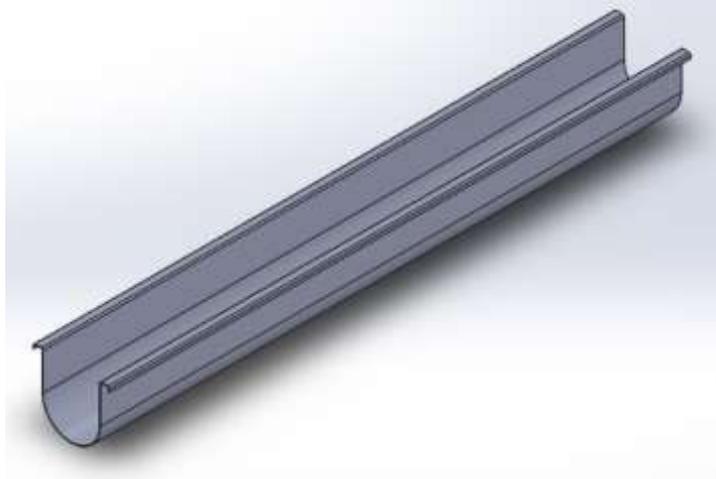


Figura 2.21. Base en U.
Fuente: [Propia]

B. Base plana de deslizamiento

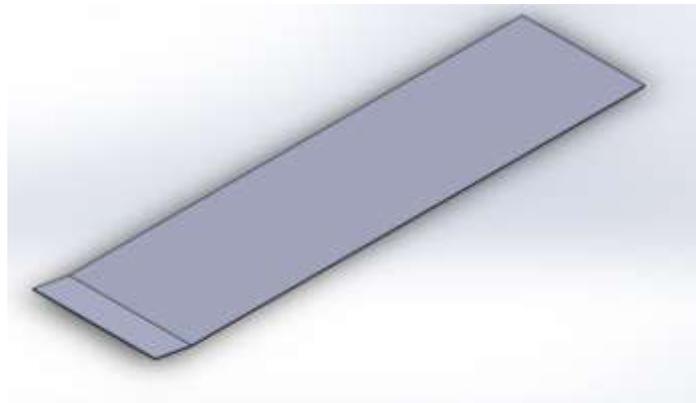


Figura 2.22. Base plana de deslizamiento.
Fuente: [Propia]

Función: Abandonar restos incinerados:

A. Ducto de salida

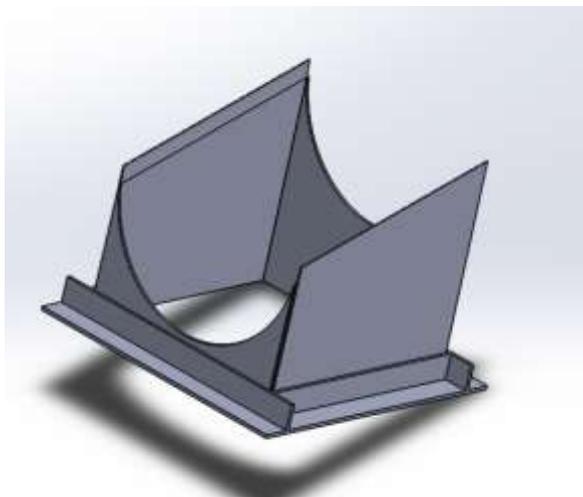


Figura 2.23. Ducto de salida.
Fuente: [Propia]

Matriz morfológica módulo 2

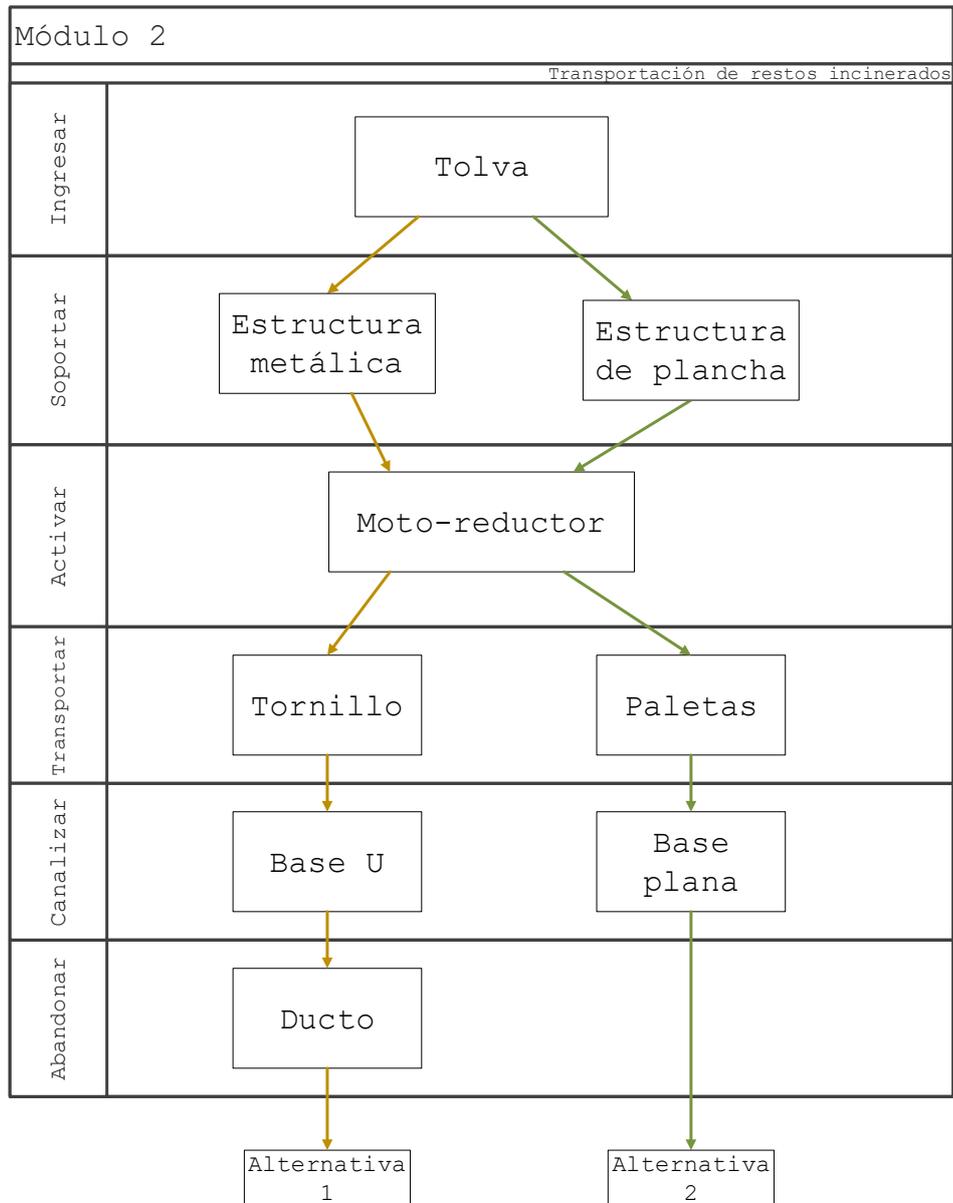


Figura 2.24. Matriz morfológica módulo 2.
Fuente: [Propia]

A. Alternativa 1

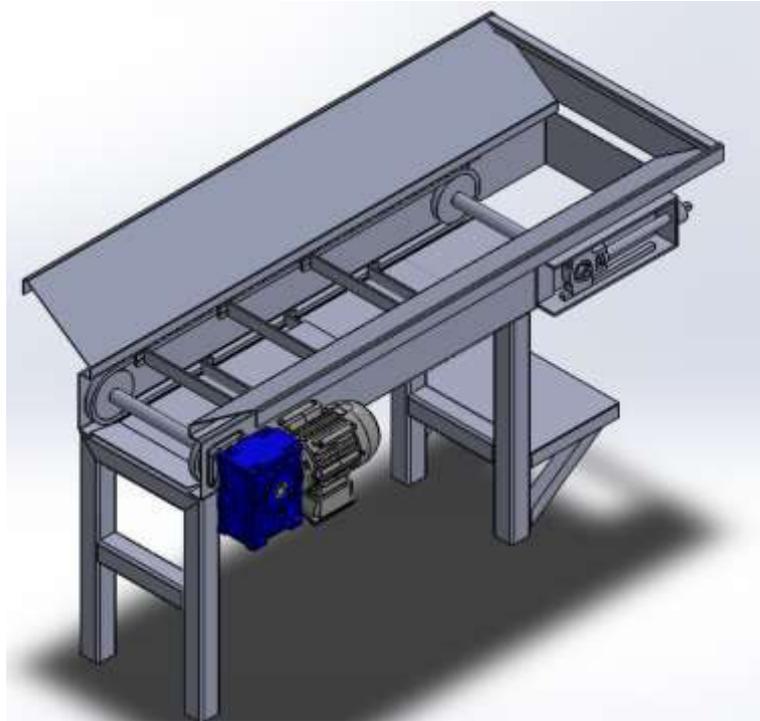


Figura 2.25. Solución 1 módulo 2.
Fuente: [Propia]

B. Alternativa 2

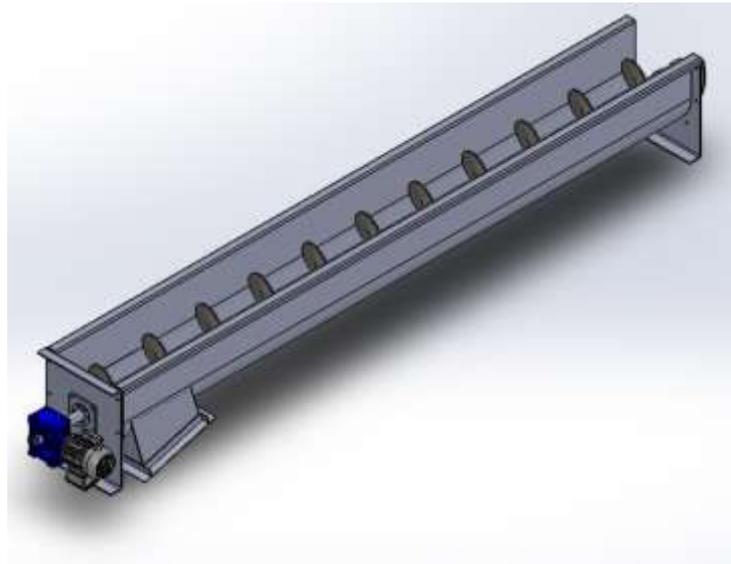


Figura 2.26. Solución 2 módulo 2.
Fuente: [Propia]

Evaluación y selección de alternativa

Con la finalidad de determinar aquel modulo que resulte más adecuado se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se enlistan a continuación los criterios de valoración

- Capacidad de transporte
- Adaptación práctica del molino
- Complejidad de fabricación
- Accionamiento

La ponderación de criterios correspondiente se puede observar en el Anexo II, en las tablas correspondientes.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.7 Conclusiones para el módulo 2.

Conclusión	Capacidad de transporte	Adaptación practica del molino	Complejidad de fabricación	Accionamiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,67*0,30	0,67*0,22	0,57*0,22	0,33*0,261	0,56	1
Alternativa 2	0,33*0,30	0,33*0,22	0,43*0,22	0,67*0,261	0,44	2

Fuente: [Propia]

Con las conclusiones obtenidas para el módulo 2, se obtiene que la mejor alternativa sería la 1.

2.2.1.2.3. Módulo 3

Finalmente, se tienen el módulo de trituración, del cual se obtiene el producto final los restos triturados.

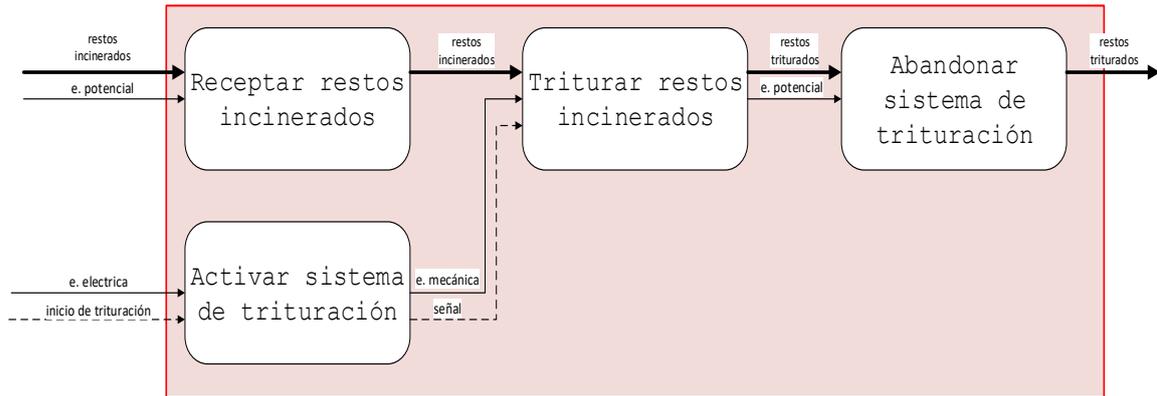


Figura 2.27. Funciones módulo 3.
Fuente: [Propia]

Función: Receptar restos incinerados

A. Tolva de ingreso

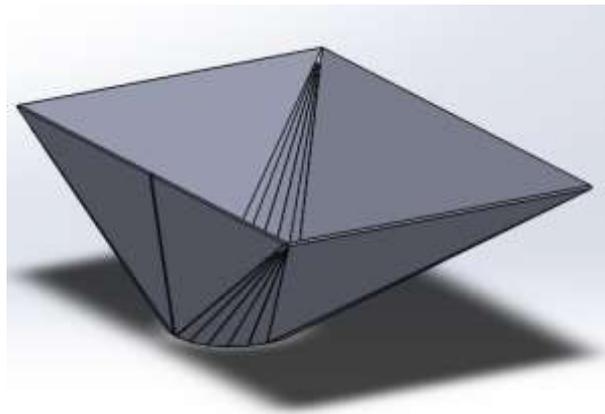


Figura 2.28. Tolva de ingreso.
Fuente: [Propia]

Función: Activar sistema de trituración y triturar restos incinerados

La activación del sistema de trituración y la trituración en sí se tratarán como una única función ya que esta sección del módulo no es diseñada por lo cual consideramos que tenemos una amplia gama de molinos en el mercado se toma la decisión de adquirir un mecanismo molienda (molino eléctrico de rodillos de acero inoxidable), este se lo puede observar en la Figura 2.29.

A. Molino eléctrico de rodillos



Figura 2.29. Molino eléctrico de rodillos.
Fuente: [13]

Las características técnicas que posee el molino antes mencionado se las pueden observar en el ANEXO II.

ANEXO II. Características técnicas molino de rodillos eléctrico [13].

B. Molino de rodillos para granos



Figura 2.30. Molino de rodillos.
Fuente: [14]

Función: Abandonar restos incinerados

A. Ducto de salida



Figura 2.31. Ducto de salida.
Fuente: [Propia]

Matriz morfológica

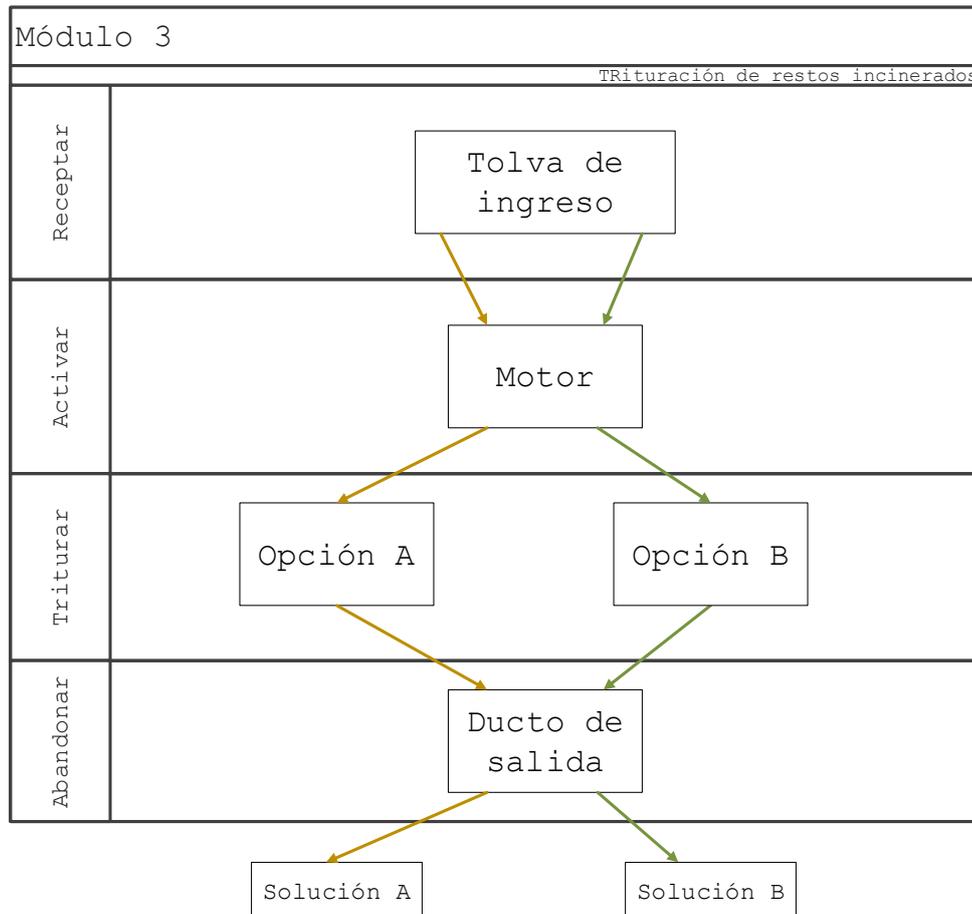


Figura 2.32. Matriz morfológica módulo 3.
Fuente: [Propia]

Evaluación y selección de alternativa

Con la finalidad de determinar aquel modulo que resulte más adecuado se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se enlistan a continuación los criterios de valoración:

- Fiabilidad
- Acoplamiento al sistema global
- Estética
- Accionamiento

La ponderación de criterios correspondiente se puede observar en el Anexo II, en las tablas correspondientes.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.8 Conclusiones para el módulo 3.

Conclusión	Capacidad	Adaptación del molino	Fabricación	Accionamiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,67*0,30	0,67*0,22	0,33*0,22	0,500*0,261	0,55	1
Alternativa 2	0,33*0,30	0,33*0,22	0,67*0,22	0,500*0,261	0,54	2

Fuente: [Propia]

Con las conclusiones obtenidas para el módulo 2, se obtiene que la mejor alternativa sería la 1.

2.2.2. Solución virtual conceptual

La alternativa de solución se elige de las opciones que obtuvieron el primer lugar en la ponderación de cada uno de los módulos:

A continuación, se presenta un esquema de la unión de las soluciones de cada módulo.

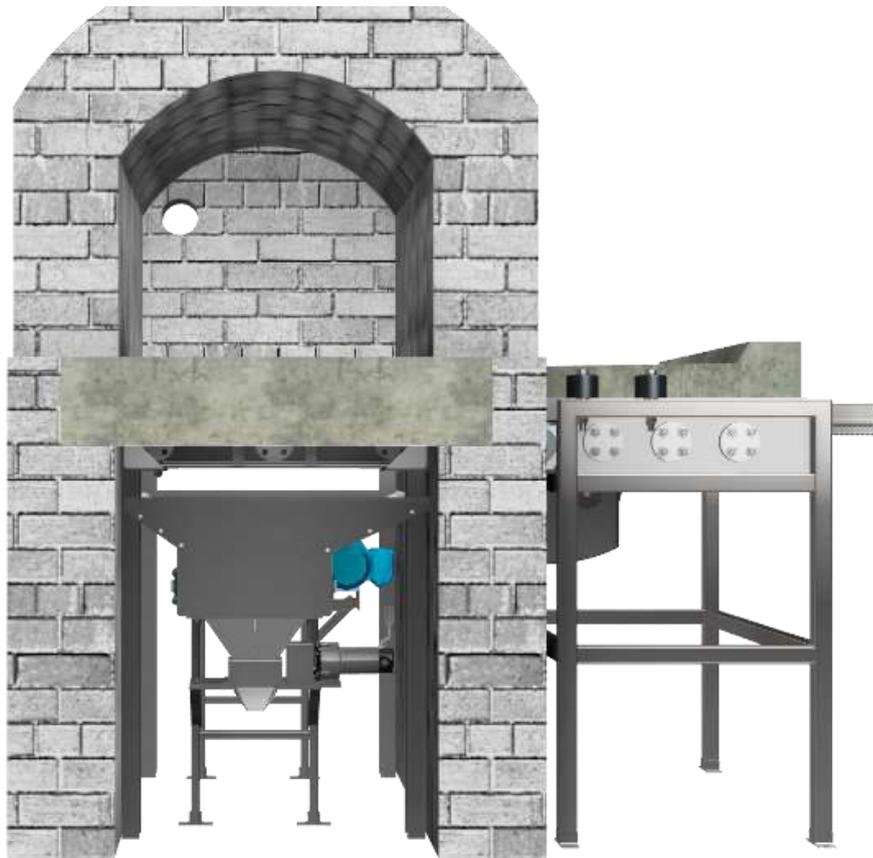


Figura 2.33. Esquema virtual conceptual 2.
Fuente: [Propia]

2.3. Diseño de materialización

2.3.1. Selección de elementos normalizados

2.3.1.1. Selección de moto-reductor y piñón para compuerta inferior

Determinación de parámetros de selección

Primero se calcula la fuerza que realiza el empuje de la siguiente manera:

$$F = \mu_e \times m_{ci} \times g$$

Ecuación 2.1. Fuerza que realiza el empuje.

D.C.L.

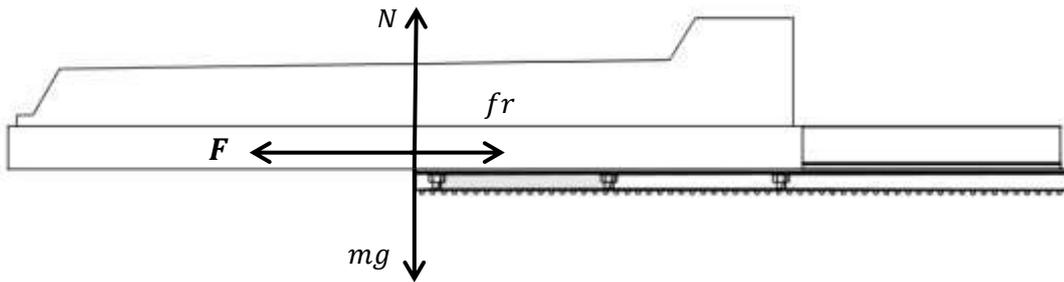


Figura 2.34. Diagrama de cuerpo libre utilizado para calcular la fuerza que realiza el empuje.
Fuente: [Propia]

$$\sum F_x = 0$$

$$F - fr = 0$$

$$F = \mu_e \times N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = m_{ci} \times g$$

Donde:

μ_e : Coeficiente de fricción estático, 0,3061.

m_{ci} : masa de la compuerta de incineración, 250 [Kg].

Se reemplaza los datos en la Ecuación 2.1 y se tiene:

$$F = 0,3061 \times 250 \times 9,8$$

$$F = 750 [N]$$

Se procede a calcular el trabajo realizado por la fuerza de empuje reemplazando los datos de $F=735$ [N] y $d=0,6$ [m] en la Ecuación 2.2 de la siguiente manera:

$$T = F \times d$$

Ecuación 2.2. Trabajo realizado por la fuerza de empuje.

$$T = F \times d$$

$$T = 750 \times 0,6$$

$$T = 450 [J]$$

Con los datos calculados anteriormente se obtiene la potencia mínima requerida para el motor utilizando la Ecuación 2.3 con un tiempo de transportación de 10 segundos la siguiente manera:

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

Ecuación 2.3. Potencia transmitida por la cadena.

Donde:

P: potencia mínima requerida para el motor, [Hp].

T: Trabajo realizado por la fuerza de empuje, [J].

t: Tiempo de la velocidad de transportación, [s].

Se reemplaza los datos antes mencionados en la Ecuación 2.3 y se tiene:

$$P = \frac{450 [J]}{10 [s]} = 45 [Watts]$$

Se calcula la potencia de diseño (P_{dis}) de la siguiente manera:

$$P_{dis} = K_0 \times P$$

Ecuación 2.4. Potencia de diseño.

Se reemplaza los datos y se emplea un factor de sobrecarga $K_0=1,75$ el mismo que es recomendado en base a fuentes bibliográficas para motores uniformes:

$$P_{dis} = 1,75 \times 45 [W]$$

$$P_d = 78,75 [W]$$

Selección del moto-reductor para compuerta

Para la selección del motor se emplea el catálogo del fabricante GAREN [17], debido a su amplia disponibilidad en el mercado nacional. Con los datos obtenidos el motor recomendado es el de la serie KDZ FIT RAMP [18], incluye un piñón de 18 dientes con módulo igual a 4 como se indica en la Figura A.4.1.

La velocidad del motor es regulable desde el programa incorporado, para lo cual se lo debe escalar mediante la frecuencia, la escala presenta valores entre 15 y 250.

Se recomienda que la frecuencia para ingresar en el programa sea de 67 en la escala correspondiente.

Con esta modificación la velocidad resultante sería de 16 [rpm].

Comprobación de engranajes compuerta inferior

Para este apartado se debe considerar que los engranajes rectos van a ser parte de un sistema de uso intermitente. El motor eléctrico transmite una potencia de 0,65 [HP] al piñón con una velocidad de 16 [rpm] y el engranaje debe girar entre 10 [rpm] y 12 [rpm].

Se busca el punto de coincidencia de estos datos en la Figura A.5.1, la curva con la que coinciden es la de módulo igual a 2. El piñón del motor al tener un módulo de 4 se lo considera aceptable y se lo mantiene en el modelo.

2.3.1.2. Selección de boquillas de aire y compresor.

Para la selección de la boquilla de aire se calcula la fuerza necesaria para empujar (Fuerza de impacto) los restos incinerados de menores dimensiones.

En base a breves explicaciones realizadas por las personas encargadas del proceso de incineración en la Funeraria Camposanto Jardines del Valle, en la mayoría de los casos quedan residuos que no han sido completamente enviados a triturar. Esto se refiere aproximadamente al 15% del total, que en este caso son 3 [Kg], para lo cual entra en acción las cuchillas de aire.

Los datos obtenidos de forma experimental para el coeficiente de fricción entre el hueso incinerado sobre acero inoxidable se encuentran en la Tabla 2.9, (ANEXO II).

Tabla 2.9 Ensayo para obtención del coeficiente de fricción.

N	Angulo θ [°]	μ
1	30	0,5774
2	29	0,5543
3	30	0,5774
4	32	0,6249
5	31	0,6009
Promedio	30,4	0,5869

Fuente: [Propia]

Utilizando la Ecuación 2.1, se reemplaza los siguientes datos $\mu_e=0,5869$ (Tabla 2.10) que fueron obtenidos experimentalmente, $m_{cis}=\text{masa restos incinerados sobrantes}=15\% * m_{cis}$ tenemos:

$$F = 0,5869 \times \frac{15}{100} \times 3 \times 9,8$$

$$F = 2,6 [N]$$

Para la Boquilla de Aire A41WJY, del fabricante EUSPRAY, se utiliza la Figura A.6.1 para obtener de la presión de aire necesaria, la cual es de 3,5 [bar]

Como fuente de aire a presión para las boquillas se selecciona el compresor de la marca TOTAL [21] Figura A.7.1. El cual brinda una presión de 10 [bar] y un caudal de 35 [l/min], lo que implica que se puede usar 3 boquillas, cada una consume 6.94[l/min] de acuerdo con la Figura A.6.2.

2.3.2. Cálculos

2.3.2.1. Prototipo

2.3.2.1.1. Ejes para compuerta.

Eje motriz compuerta

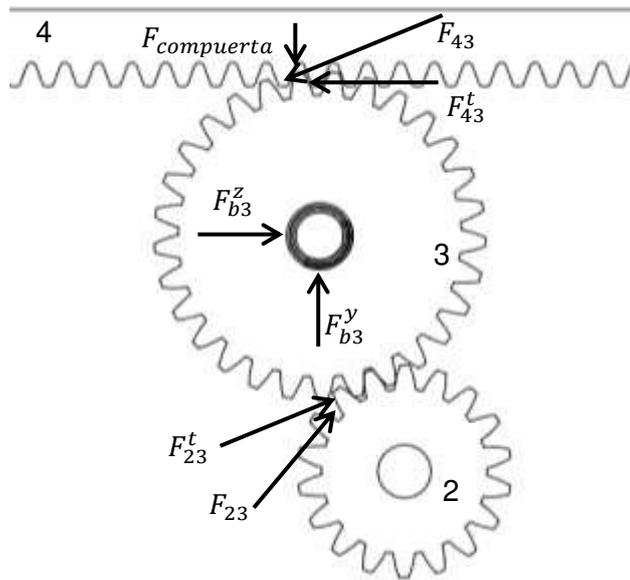


Figura 2.35. D.C.L. del eje motriz de la compuerta.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.35 se observa el D.C.L. sobre el elemento 3, donde:

- F_{43} : Fuerza de 4 sobre 3
- F_{43}^t : Fuerza tangencial de 4 sobre 3
- F_{b3}^z : Fuerza en z de b sobre 3, donde b es el eje
- F_{b3}^y : Fuerza en y de b sobre 3
- F_{23}^t : Fuerza tangencial de 2 sobre 3
- F_{23} : Fuerza de 2 sobre 3
- $F_{compuerta}$: Peso de la compuerta sobre este apoyo

Se determinan las fuerzas del eje hacia el elemento 3, empleando la potencia nominal del motor para el cálculo:

$$F_{23}^t = \frac{60\,000 \times H}{\pi \times d \times n}$$

Ecuación 2.5. Carga transmitida

H: Potencia, 0,482 [kW]

d_2 : Diámetro de paso del engrane, 72 [mm]

n: velocidad, 16 [rpm]

Se reemplaza los datos:

$$F_{23}^t = 8 \text{ [kN]}$$

$$F_{23} = \frac{F_{23}^t}{\cos(20^\circ)} = 8,5 \text{ [kN]}$$

Ecuación 2.6. Cálculo de F_{23} .

$$F_{23}^r = F_{23}^t \tan(20^\circ) = 2,9 \text{ [kN]}$$

Ecuación 2.7. Cálculo de F_{23} radial.

Por geometría:

$$F_{43}^t = F_{23}^t = 8 \text{ [kN]}$$

$$F_{43}^r = F_{23}^r = 2,9 \text{ [kN]}$$

Entonces

$$F_{43} = F_{23}$$

Se realiza el sumatorio de fuerzas y se obtiene

$$F_{b3}^z = 5 \text{ [kN]}$$

$$F_{b3}^y = -4,6 \text{ [kN]}$$

Estas son las únicas fuerzas externas que se transmiten al eje ya que al ser un engrane secundario libre no se transmite torque al eje.

DCL

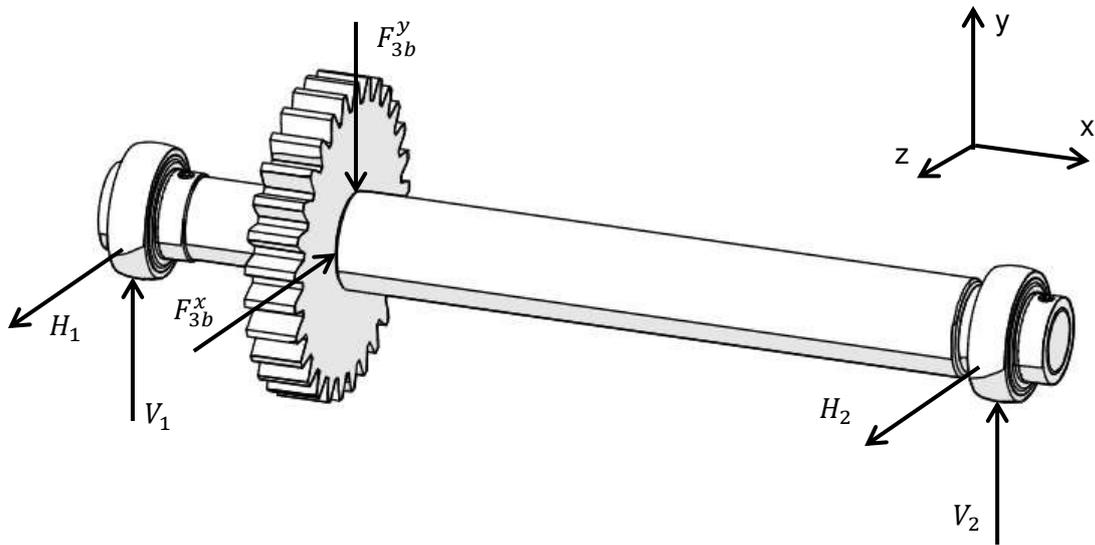


Figura 2.36. DCL del eje de la compuerta.
Fuente: [Propia]

Este eje será fabricado en acero AISI 1018, ya que es de bajo carbono, económico y al no estar expuesto al calor del horno sus propiedades son suficientes.

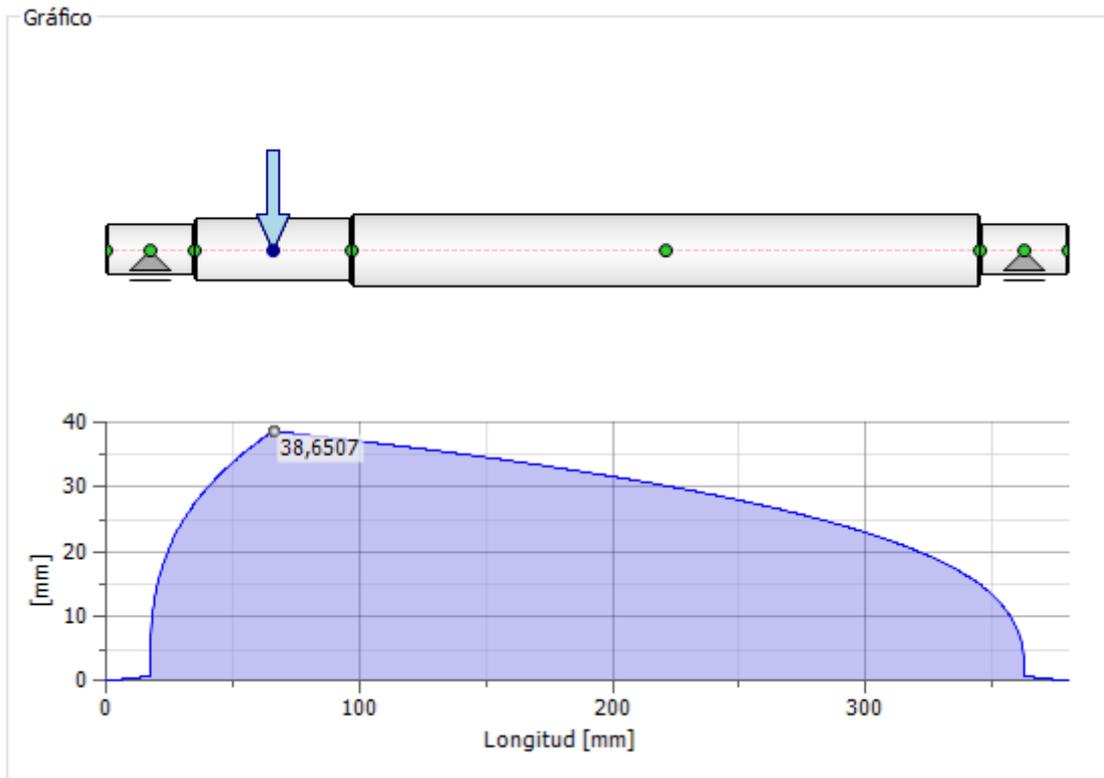


Figura 2.37. Resultado de simulación para de eje de la compuerta.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.37 se observa que el diámetro sugerido es de 38,65 [mm], por lo cual se selecciona un eje de 1 1/2" (38,1 [mm]) para la sección de mayor longitud.

Eje de apoyo compuerta

Estos ejes se los fabricará en AISI 1018 para los apoyos externo y en AISI 304 para los apoyos internos, debido a que estos si están expuestos al calor del horno en el momento que se abre la compuerta.

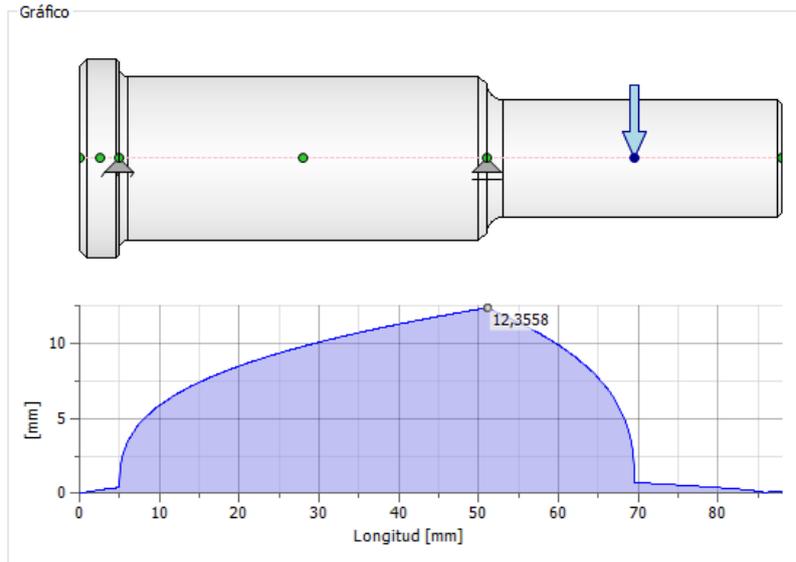


Figura 2.38. Resultado de simulación para de eje de apoyo de compuerta.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.38 se observa que el diámetro ideal es de 12,36 [mm] por lo cual se selecciona un eje de 5/8" (15,875 [mm]).

2.3.2.1.2. Estructura para la compuerta

Al ser esta una estructura simétrica, se toma el lado que tienen mayor luz y se realiza un análisis bidimensional de los momentos flectores máximos para determinar las dimensiones adecuadas para la sección de los perfiles que lo constituyen. Para lo cual se determinan las cargas vivas y muertas que deberá soportar la estructura

Carga muerta

Tabla 2.10 Carga muerta estructura para la compuerta.

Componente	Masa
Apoyos, bridas y pernos	35 [kg]
Elementos motrices	13 [kg]

Fuente: [Propia]

Carga viva

Tabla 2.11 Carga viva estructura para la compuerta.

Componente	Masa
Compuerta inferior	290 [kg]

Fuente: [Propia]

Empleando estas cargas se determina el momento máximo en el elemento crítico, el análisis se lo realiza empleando el programa Robot Structural Analysis Professional de Autodesk y se obtiene el diagrama de momentos con los respectivos valores:

Se selecciona este pórtico debido a que es el de mayor longitud, 1 metro, y además es el que recibe directamente la carga.

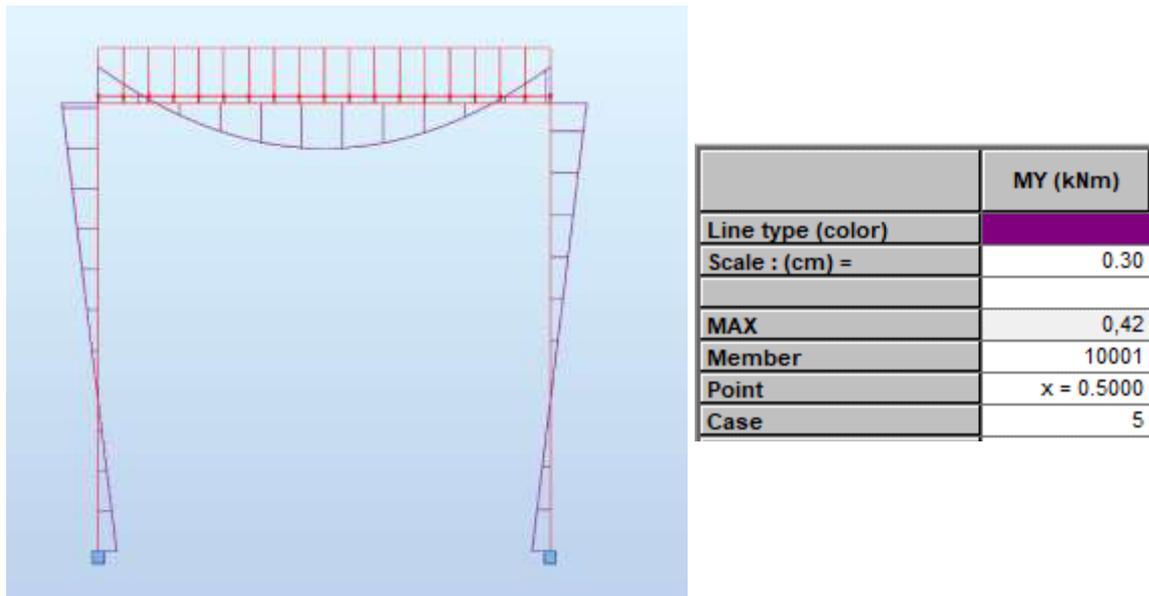


Figura 2.39. Momento máximo en el elemento crítico estructura para la compuerta.
Fuente: [Propia]

Se observa en la Figura 2.39. que el momento máximo es de 0,42 [kN m] ubicado en la mitad de la viga superior, con el factor de seguridad de 2 se determina el esfuerzo máximo permisible.

El material utilizado es el SAE J 403 1008, entonces:

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 2.8. Factor de seguridad.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{FS}$$

Ecuación 2.9. Esfuerzo máximo permisible.

Reemplazando:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 142,5 [MPa]$$

A continuación, se determina el módulo de resistencia de la sección, con el cual se determina las dimensiones de la sección, en este caso tubo cuadrado hueco.

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

Ecuación 2.10. Esfuerzo máximo.

Donde:

M_{max} : momento máximo [Nm]

W : módulo de resistencia de la sección [cm^3]

Se despeja y se reemplaza en la Ecuación 2.10.

$$W_{min} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{420}{142,5}$$

$$W_{min} = 2,94 [cm^3]$$

Del catálogo de DIPAC se busca el tubo cuadrado que presente un valor mayor al calculado. (ANEXO XIV.) Con estos datos se selecciona el tubo de 40x40x2 que tiene un valor de 1,46 [cm^3]. Se recalcula el factor de seguridad y se obtiene un valor de 2,6, por lo cual se procede a realizar la estructura con este perfil.

2.3.2.1.3. Estructura para apoyo interior

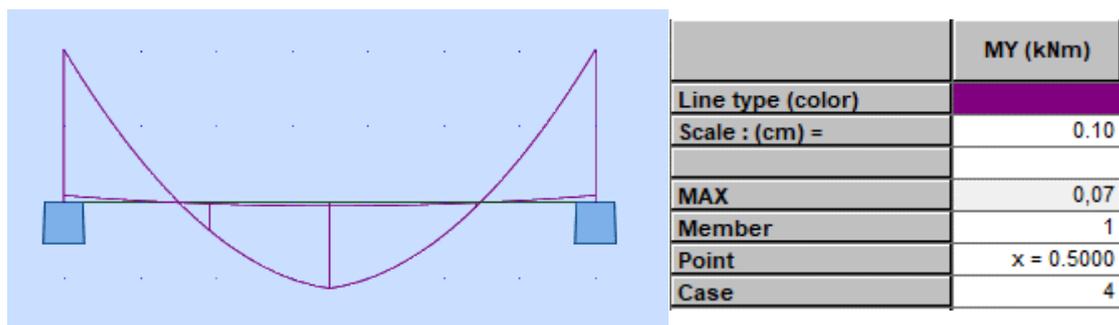


Figura 2.40. Momento máximo en el elemento crítico estructura para apoyo interior.
Fuente: [Propia]

Se observa en la Figura 2.40. que el mayor esfuerzo de 0,07 [k Nm] , se encuentra en la mitad de la viga, por lo cual el módulo de la sección debe ser mayor o igual a 0.49 [cm^3]. Por razones geométricas se opta por el ángulo de alas iguales de 100x6, cuyo módulo es de 16.9 [cm^3].

2.3.2.2. Modelo real

2.3.2.2.1. Ejes para compuerta.

El eje se ha rediseñado para incluir dos engranes adicionales para mover las dos cremalleras.

A continuación, se presenta el diagrama de cuerpo libre y el respectivo análisis para determinar el diámetro crítico del eje

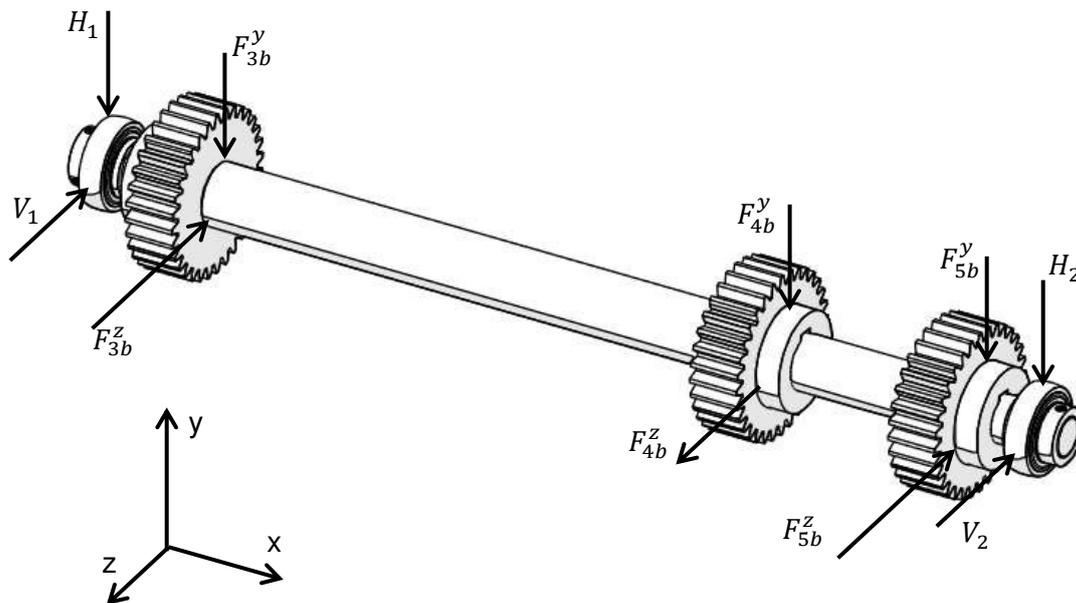


Figura 2.41. D.C.L. del eje motor de la compuerta del modelo real.
Fuente: [Propia]

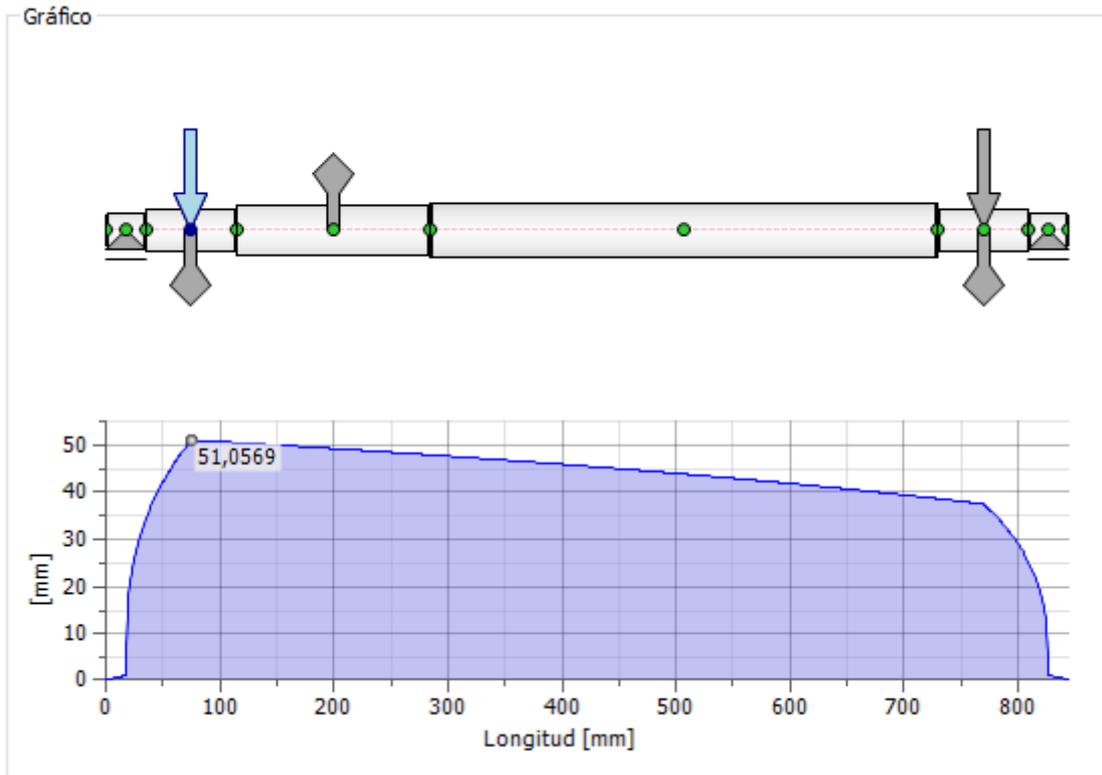


Figura 2.42. Resultado de la simulación eje de la compuerta modelo tamaño real.
Fuente: [Propia]

2.3.2.2.2. Estructura para compuerta.

La estructura de la compuerta se debe volver a diseñar y analizarla nuevamente debido a que en el modelo real el peso de la compuerta se incrementa considerablemente, aproximadamente el triple. En este caso se incluye un apoyo adicional en la mitad del pórtico para evitar deflexiones excesivas.

Las cargas que se emplean para este análisis son:

Carga muerta

Tabla 2.12 Carga muerta estructura para la compuerta.

Componente	Masa
Apoyos, bridas y pernos	73 [kg]
Elementos motrices	22 [kg]

Fuente: [Propia]

Carga viva

Tabla 2.13 Carga viva estructura para la compuerta.

Componente	Masa
Compuerta inferior	760 [kg]

Fuente: [Propia]

Para el análisis se aceptan las recomendaciones de factores de seguridad, para el estado ultimo de servicio, proporcionadas por el propio programa, los cuales son de 1,35 para cargas vivas y de 1,5 para cargas muertas.

A continuación, se obtienen el siguiente diagrama de momentos:

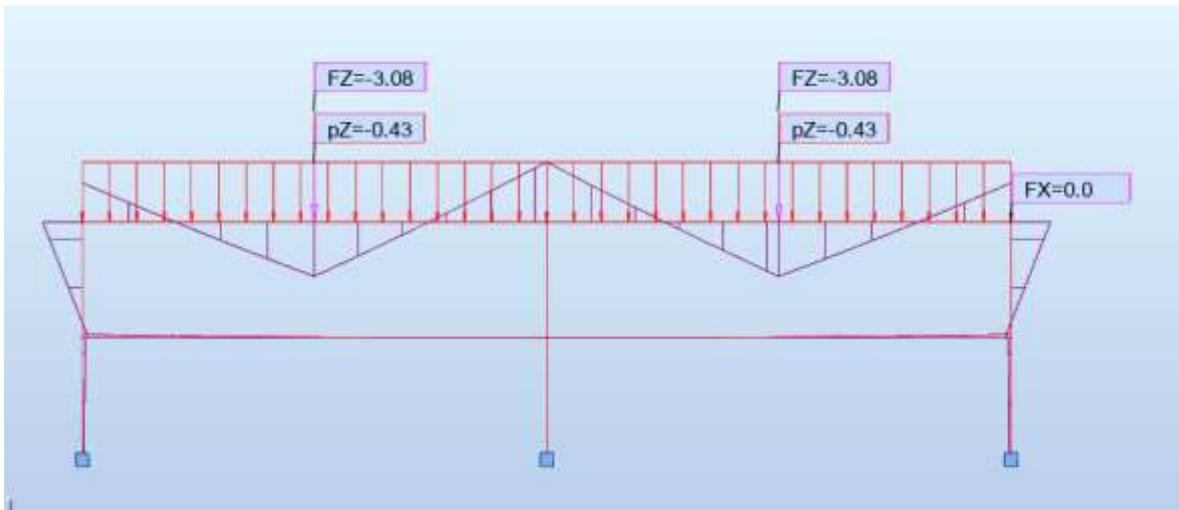


Figura 2.43. Diagrama de momentos máximos en la estructura exterior del modelo de tamaño real.
Fuente: [Propia]

Con los respectivos resultados:

	MY (kNm)
Line type (color)	
Scale : (cm) =	0.30
MAX	0,43
Member	20001
Point	x = 0.5000
Case	5

Figura 2.44. Resultados del análisis de elementos críticos de la estructura exterior.
Fuente: [Propia]

De igual manera que en el caso del modelo a escala se determina el módulo de resistencia de la sección y se obtiene:

$$W_{min} = 3,01 [cm^3]$$

Se observa que, al incluir el apoyo intermedio, los momentos se reparten entre las dos mitades de la estructura por ende el momento máximo no presenta una gran variación, de 0,42[kN m] a 0,43 [kN m]. Por lo cual se decide utilizar el mismo tubo cuadrado de 40x40x2.

2.3.3. Plano conjunto final

ANEXO XVI.

2.3.4. Planos de taller

ANEXO XVII.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Los principales principal obtenido del desarrollo del presente proyecto, son los modelos, tamaño real y a escala, de los cuales se obtuvo los correspondientes planos de taller que se adjuntan en el ANEXO VII, así como también el respectivo desglose de costos de fabricación, elementos normalizados y mano de obra, el cual surge de unas breves iteraciones que se realizaron a partir de la solución conceptual virtual.

De igual manera se generó un protocolo de pruebas el cual deberá ser ejecutado una vez el equipo haya sido construido, de esta manera se asegura el funcionamiento del equipo y se realizan las correcciones necesarias a tiempo sin causar daños mayores al equipo.

3.1.1. Costos

Los costos se han dividido en 3 rubros, elementos normalizados, materias primas y mano de obra.

Elementos normalizados:

En este rubro se incluyen todos los elementos que se los adquiere comercialmente y no deben ser fabricados.

Tabla 3.1 Costos elementos normalizados.

Elemento	Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 1			
Perno 1/2" x 2 1/2"	48	\$0,15	\$7,20
Arandela de presión 1/2"	48	\$0,05	\$2,40
Tuerca hexagonal 1/2"	48	\$0,25	\$12,00
Perno 9/16" x 5"	4	\$0,25	\$1,00
Arandela plana 9/16"	8	\$0,05	\$0,40
Tuerca hexagonal 9/16"	4	\$0,30	\$1,20
Arandela plana M16	12	\$0,05	\$0,60
Espárragos 3/8" x 1"	6	\$0,20	\$1,20
Arandela de presión 3/8"	6	\$0,05	\$0,30
Tuerca hexagonal 3/8"	6	\$0,18	\$1,08
Pasadores de horquilla de 5 [mm]	12	\$0,30	\$3,60
Engrane	1	\$20,00	\$20,00
Moto-reductor	1	\$450,00	\$450,00
TOTAL			\$500,98

Fuente: [Propia]

Materiales

Tabla 3.2 Costos materiales.

Elemento	Dimensión	Material	Cant.	u	P unitario	TOTAL
Módulo 1						
Plancha	3 [mm]	AISI-304	0,08	m ²	\$165,10	\$13,21
Plancha	6 [mm]	AISI-304	0,07	m ²	\$330,09	\$21,46
Ángulo	50x50x6 [mm]	AISI-304	8	m	\$30,80	\$246,40
Ángulo	100x100x6 [mm]	AISI-304	1,45	m	\$55,50	\$80,48
Tubo cuadrado	40x2 [mm]	A-36	6	m	\$4,45	\$26,70
Ángulo	40x40x4 [mm]	A-36	3	m	\$3,16	\$9,48
Barra de hierro fundido	Ø=1 [in]	AISI-304	0,1	m	\$0,25	\$0,03
Eje inoxidable	Ø=1 1/4 [in]	AISI-304	0,1	m	\$25,00	\$2,50
Eje de transmisión	Ø=1 [in]	SAE 1018	0,56	m	\$18,17	\$10,18
TOTAL						\$410,44

Fuente: [Propia]

Mano de obra

Tabla 3.3 Costos mano de obra.

Operación		Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 1				
Maquinado	Taladro	18,5	\$5,00	\$92,50
Maquinado	Torno	30	\$20,00	\$600,00
Maquinado	Fresadora	0,5	\$25,00	\$12,50
Corte	Amoladora	9	\$5,00	\$45,00
Pulido	Amoladora	12	\$2,00	\$24,00
Corte	Cizalla	9	\$0,50	\$4,50
Soldadura	GTAW	5,5	\$12,00	\$66,00
Soldadura	TIG	6	\$20,00	\$120,00
Operario General		34	\$2,00	\$68,00
TOTAL				\$1.032,50

Fuente: [Propia]

3.1.1.1. Costo total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados para el módulo 1

Tabla 3.4 Costos total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados para el módulo 1.

Costo del Módulo 1 (\$)	1907,82
SUBTOTAL (\$)	1907,82
Costo de Montaje (10%)	190,782
Costo de Diseño (30%)	572,346
Utilidad (10%)	190,782
Imprevistos	190,782
COSTO TOTAL DE LA MAQUINA MÓDULO 1 (\$)	3052,512

Fuente: [Propia]

Los costos de los 3 Módulos se pueden observar en el ANEXO XVII.

3.1.2. Protocolo de pruebas

Compuerta Deslizante para Abandonar Restos Óseos Incinerados

Para este apartado se describe los protocolos de pruebas a realizar para la “compuerta deslizante para abandonar restos óseos incinerados” con los cuales se probará que esta satisface los requisitos preestablecidos con anterioridad para el diseño, especificaciones y conformación.

3.1.2.1. Metodología para desarrollar el protocolo de pruebas

El procedimiento por seguir será el siguiente:

Reconocer el ensayo que se va a ejecutar abarcando dentro de este las instrucciones que permitirán la obtención del resultado final. Basándonos en lo antes mencionado el operador deberá llenar un documento de protocolo de pruebas en el cual se tiene el criterio de valoración será la APROBACIÓN de los elementos ensayados. Lo comentado anteriormente se observa en el diagrama de flujo de la Figura 3.1.



Figura 3.1. Diagrama de flujo a seguir en el protocolo de pruebas.

Fuente: [Propia]

Protocolo de pruebas: Compuerta Deslizante para Abandonar Restos Óseos Incinerados

3.1.2.2. Nombre del proceso: Ensayo 1

Objetivo

- Comprobar el funcionamiento de la compuerta sin carga

Ejecutor del proceso

- Operario

Actividades por desarrollar

Para completar la ejecución del presente ensayo (Ensayo 1), se realizarán las siguientes tareas:

- Ejecutar inspección visual de toda la compuerta con énfasis en el sistema de transmisión y deslizamiento, puesto que son los elementos primordiales para la funcionalidad de la compuerta.
- Poner en marcha el sistema de la compuerta y dejar que esta funcione por los lapsos de tiempos instaurados en la Tabla 3.5.
- Efectuar la inspección de los elementos basándonos en la información de la Tabla 3.5.

- Finalmente llenar la Tabla 3.5, con la finalidad de tener un registro de estas.

Tabla 3.5 Protocolo de pruebas. Máquina sin carga.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21 			
Protocolo de pruebas			
COMPUERTA DESLIZANTE PARA ABANDONAR RESTOS			
Comprador:		Fecha:	
Operador:			
FUNCIONAMIENTO SIN CARGA			
Tiempo [min]	Elementos	Aprueba	
		SI	NO
6	Piñón y cremallera		
	Ejes		
	Engranés		
18	Piñón y cremallera		
	Ejes		
	Engranés		
30	Piñón y cremallera		
	Ejes		
	Engranés		

Fuente: [Propia]

Esquema:

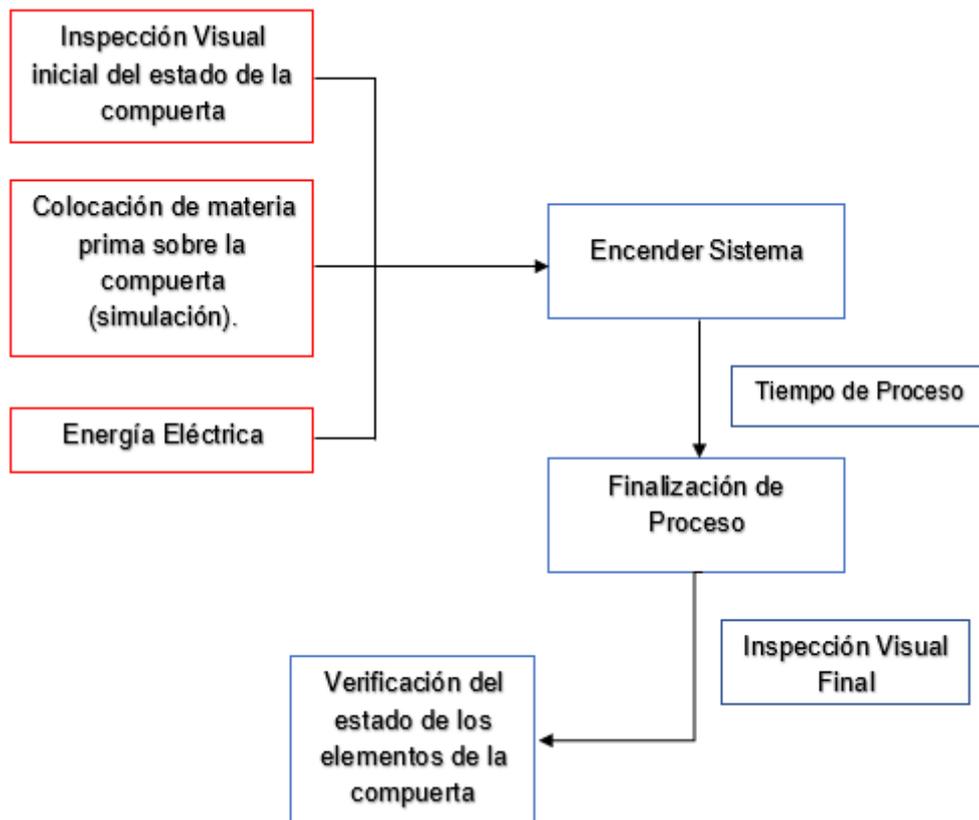


Figura 3.2. Esquema ensayo 1.

Fuente: [Propia]

3.1.2.3. Nombre del proceso: Ensayo 2

Objetivo

- Comprobar el funcionamiento de la compuerta con carga

Ejecutor del proceso

- Operario

Actividades por desarrollar

Para completar la ejecución del presente ensayo (Ensayo 2), se realizarán las siguientes tareas:

- Ejecutar inspección visual de toda la compuerta con énfasis en el sistema de transmisión y deslizamiento, puesto que son los elementos primordiales para la funcionalidad de la compuerta.
- Colocar el producto sobre la compuerta de acuerdo con los parámetros fijados en la Tabla 3.6 y poner en marcha el sistema de la compuerta.
- Dejar que el sistema de la compuerta opere por intervalos de tiempo de 1.5 min.

- Una vez concluido la operación examinar todos los elementos que se detallan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Protocolo de pruebas. Máquina con carga.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21 			
Protocolo de pruebas			
COMPUERTA DESLIZANTE PARA ABANDONAR RESTOS			
Comprador:		Fecha:	
Operador:			
FUNCIONAMIENTO CON CARGA			
Huesos Incinerados [Kg]	Elementos	Aprueba	
		SI	NO
1	Piñón y cremallera		
	Ejes		
	Engranés		
2	Piñón y cremallera		
	Ejes		
	Engranés		
3	Piñón y cremallera		
	Ejes		
	Engranés		

Fuente: [Propia]

Esquema:

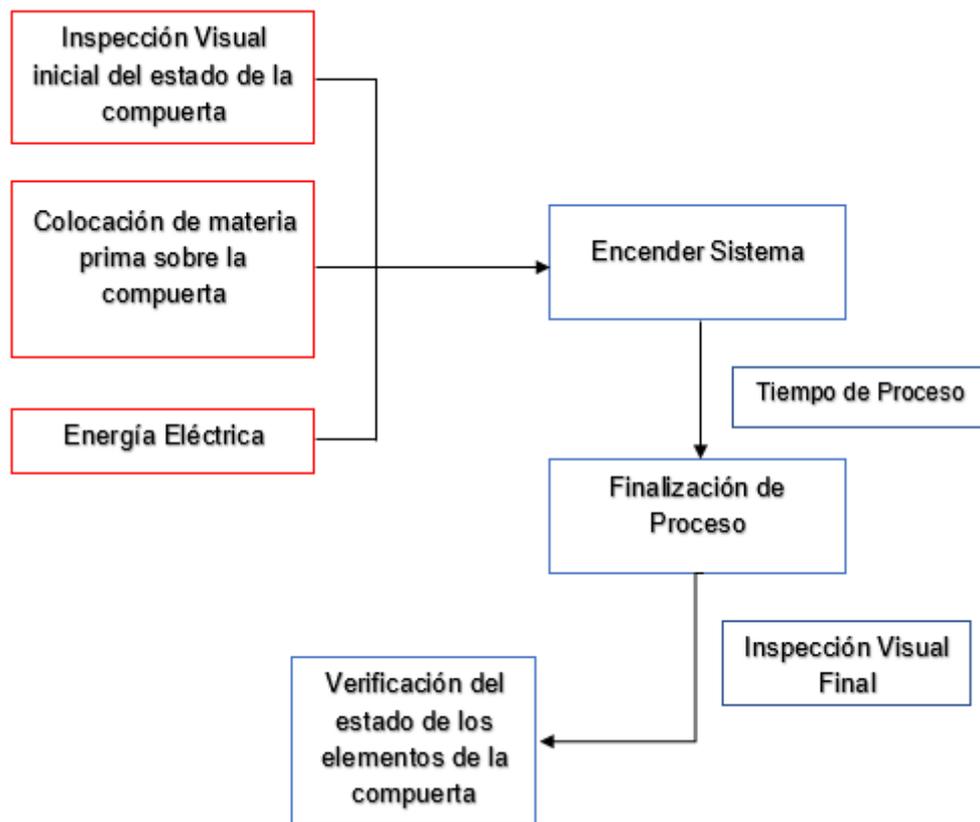


Figura 3.3. Esquema ensayo 2.

Fuente: [Propia]

3.1.2.4. Nombre del proceso: Ensayo 3

Objetivo

- Comprobar las juntas, uniones soldadas y empernadas durante el funcionamiento de la compuerta deslizante.

Ejecutor del proceso

- Operario

Actividades por desarrollar

Para completar la ejecución del presente ensayo (Ensayo 3), se realizarán las siguientes tareas:

- Poseer materia prima indispensable para realizar un total de 3 ensayos como mínimo en la compuerta deslizante (aprox. 9 Kg de huesos incinerados).
- Para empezar con el ensayo, se debe colocar los 3 Kg sobre la compuerta deslizante y dejar que opere la misma durante un intervalo de tiempo de 3 min.

- Mientras el sistema de la compuerta se encuentra operando observar el estado de las juntas soldadas y empernadas.
- Al terminar la operación del sistema comprobar nuevamente el estado de las juntas empernadas y soldadas.

Tabla 3.7 Protocolo de pruebas juntas y uniones soldadas.

		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21			
Protocolo de pruebas					
MÁQUINA PARA RECOGER Y MOLER RESTOS ÓSEOS INCINERADOS					
Comprador:		Fecha:			
Operador:					
CALIDAD DE UNIONES SOLDADAS Y EMPERNADAS					
Cantidad de pruebas	Elementos	Aprueba			
		SI	NO		
4	Pernos				
	Arandelas				
	Cuerpo				
	Espárragos				
	Estructura soportante				
	Pasadores				
8	Pernos				
	Arandelas				
	Cuerpo				
	Espárragos				
	Estructura soportante				
	Pasadores				
12	Pernos				
	Arandelas				
	Cuerpo				
	Espárragos				
	Estructura soportante				
	Pasadores				

Fuente: [Propia]

Esquema:

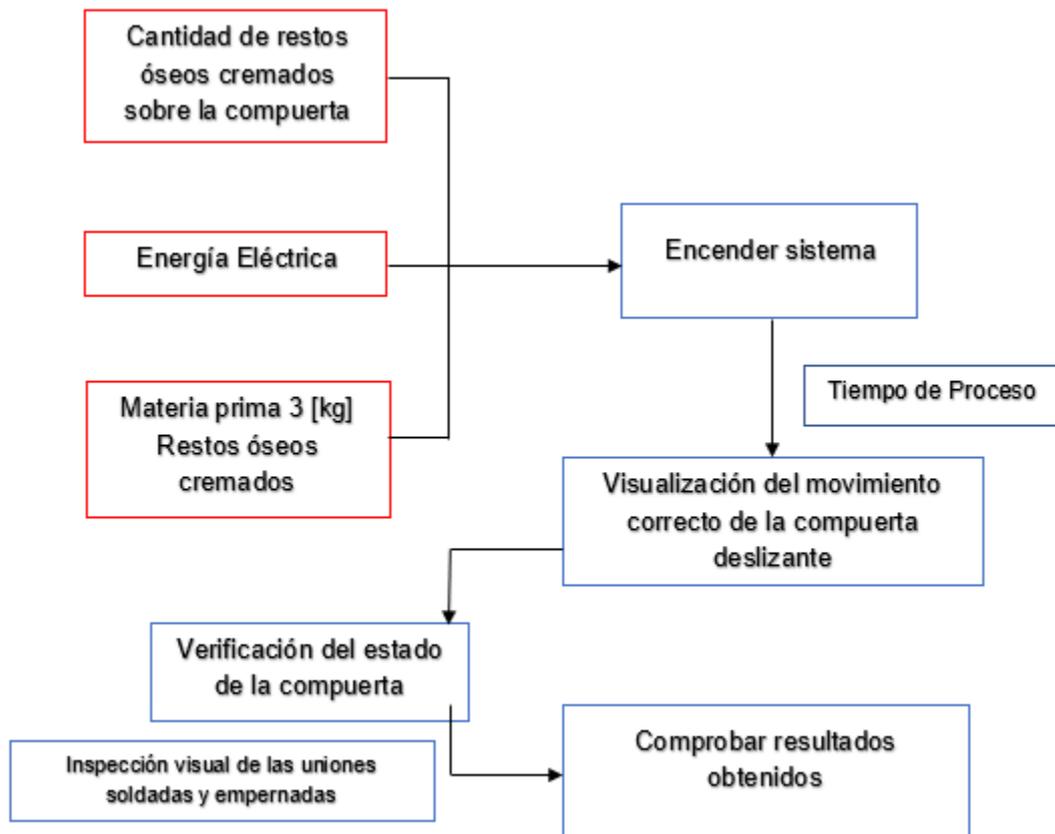


Figura 3.4. Esquema ensayo 3.

Fuente: [Propia]

3.2. Discusión

El presente análisis se lo realiza únicamente del modelo a escala ya que al ser este un prototipo está sujeto a modificaciones y su fabricación no está planificada dentro de esta etapa del proyecto de transferencia tecnológica.

Los costos de elementos normalizados, mano de obra y fabricación son referenciales y son susceptibles a modificaciones por disponibilidad o fluctuaciones en los valores de los mercados internacionales, como en el caso del acero que su costo se ha incrementado en aproximadamente un 30% en relación con años anteriores.

Se observa que el principal costo dentro de los elementos normalizados es el moto-reductor de la compuerta, esto debido que al tener que mover el peso de la compuerta requiere de una potencia de 482 [W]. Esta potencia es la necesaria y suficiente para lograr sacar a la compuerta de su estado de reposo, ya que en dicho momento el coeficiente de fricción es cercano al doble del valor cuando ya ha iniciado el movimiento.

Se observa que los costos más elevados en materiales y mano de obra están relacionados al uso de acero inoxidable, ya que, al ser un acero duro (149 HBW), tanto el mecanizado como las operaciones de desbaste incrementan significativamente comparado con el acero A36 (relación de 3:1). Se optó por este acero debido a su buena resistencia a las altas temperaturas ya que puede trabajar hasta los 800°C en condiciones intermitentes.

El presente proyecto no contempla la fabricación del modelo a escala ya que al ser un proyecto de transferencia tecnológica depende de otros proyectos en desarrollo, como es el caso de la propia estructura del horno y se requiere que misma haya sido concluida para determinar las dimensiones finales para la fabricación del prototipo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se realizó el diseño de un mecanismo para el desplazamiento lateral de la compuerta que permita la liberación de los restos incinerados hacia el transportador, el cual los moverá hasta el ingreso del molino en donde serán transformados en un polvo de consistencia uniforme.

Además, se realizó el rediseño del mecanismo para adaptarlo al modelo de tamaño real en el cual se incrementó la potencia del motor de 482 a 555 [W], de igual manera se modificó la estructura, y el eje motriz de tal forma que este pueda mover dos cremalleras, que son necesarias debido a que la longitud de la compuerta en tamaño real duplica a la del modelo a escala.

Se realizó el análisis de los principales elementos constituyentes del mecanismo empleando factores de seguridad adecuados, por lo cual los costos asociados a estos son los menores posibles.

El correcto desarrollo de la estructura funcional permitió que las modificaciones realizadas para adaptarse al modelo real sean solo en tamaño y mas no en concepto, ya que conceptualmente los dos modelos son semejantes.

La separación modular de la maquina facilitó el trabajo independiente de cada uno de los miembros en los respectivos módulos que constituyen el equipo.

Se generó los correspondientes planos de conjunto y de taller para los dos modelos, empleando el programa Inventor Professional y se realizó correcciones de detalles mediante el programa AutoCad.

El protocolo de pruebas obtenido sirve tanto para el modelo de tamaño real como para el prototipo a escala ya que los criterios de evaluación son aplicables para los dos.

4.2 Recomendaciones

Realizar un mapeo de las temperaturas y los respectivos tiempos de exposición a los que se encuentran expuestos los elementos internos del equipo. De esta manera se puede tener información real acerca de las temperaturas de trabajo y de ser el caso reducir costos de elementos menos críticos.

Se recomienda que la base de la cámara de incineración permita el flujo de aire para mejorar la ventilación de los elementos internos al momento de que la compuerta sea abierta.

Mantener el equipo dentro de un lugar cerrado ya que sus elementos no han sido diseñados para trabajar a la intemperie.

Para el modelo de tamaño real se recomienda incluir una cubierta exterior para la compuerta de tal forma que sus componentes no queden a la vista y no existan riesgos de quemaduras o atascamientos. Así como también una tapa en la parte frontal que evite el contacto directo con el transportador, principalmente debido a las altas temperaturas.

Realizar un análisis de la calidad de limpieza que brinda el equipo de transportación y de ser necesario incluir un sistema de aspiración de polvos en la parte final del equipo para reducir la cantidad de polvos que pueden quedar flotando.

Referencias Bibliográficas

- [1] J. Reverte, «MATERIAL Y METODOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO DE LAS CREMACIONES - GORGAS,» [En línea]. Available: Material y medios en el estudio de las cremaciones (gorgas.gob.pa). [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- [2] G. Perez, «Hueso-Trabajo, Dureza del hueso en la escala de Mohs,» 13 Enero 2011. [En línea]. Available: <https://huesotrabajado.wordpress.com/2011/01/13/%C2%BFcual-es-la-dureza-del-hueso-en-la-escala-de-mohs-bone-mohs/>. [Último acceso: 04 Octubre 2021].
- [3] La Paloma CFS, «Cremated Remains,» 30 Diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=YLLcn1KCdE8>. [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- [4] E. D. d. Albacete, «Así es el horno crematorio del Cementerio de Albacete,» 08 Abril 2017. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=DFA_gxmsB9I. [Último acceso: 18 Noviembre 2021].
- [5] G. subroto, «PROSES KREMASI,» 03 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=enHpzBjehyl>. [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- [6] B. COM, «Cremation equipment automatic incinerator High efficient system 380V smokeless for human fast, » 29 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=lvS2jz6wQ2A>. [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- [7] I. Cerero, «COMPUERTA PIÑONES Y CREMALLERA flv,» 11 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=wH5Ah-Nwp3o>. [Último acceso: 21 Noviembre 2021].
- [8] s. spa, «Compuerta de tolva desecho,» 02 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=dfoH-C2dBGc>. [Último acceso: 22 Noviembre 2021].
- [9] Sweetmfg.com, 2022. [Online]. Available: https://www.sweetmfg.com/sites/default/files/2016-12/Bin_Gates_Spanish_S_Pg_-_5-13.pdf. [Último acceso: 27 Noviembre 2021]
- [10] L. Mercado, «Mecanismo Piñon-Cremallera,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-540554839-cremallera-x-1-pinon-x-1-para-motor-ppa-puerta-corrediza-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=b396cd2d-1010-4a41-8dfb-2ee01b379ad6. [Último acceso: 12 Noviembre 2021].
- [11] V.C.P. S.A.C., «Compuerta Dezlizante,» [En línea]. Available: <https://www.vcpsa.com/346-2/>. [Último acceso: 12 Noviembre 2021].
- [12] STUDYLIB, «Compuerta Tipo Chapaleta,» [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/6858981/compuertas-laterales-deslizantes>. [Último acceso: 12 Noviembre 2021].
- [13] «Mercado Libre - Molino de Rodillos Eléctrico,» [En línea]. Available: <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-900111385-molino-de-grano-electrico-de-acero-inoxidable->

_JM#position=41&search_layout=grid&type=item&tracking_id=34eada23-0312-4da4-9e72-d31ad566b9a7. [Último acceso: 31 Enero 2022].

[14] «AMAZON - Molino de Rodillos para granos,» [En línea]. Available: https://www.amazon.com/dp/B07XTCWYYQ/ref=sspa_dk_detail_1?psc=1&pd_rd_i=B07XTCWYYQ&pd_rd_w=IYdmZ&pf_rd_p=9fd3ea7c-b77c-42ac-b43b-c872d3f37c38&pd_rd_wg=EaWvy&pf_rd_r=663CEEPZ203C25M1J24V&pd_rd_r=ae29a99d-8c74-4ac6-be46-4529dbb31cc8&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGl. [Último acceso: 30 Enero 2022].

[15] K. J. BUDYNAS, RICHARD G. NISBETT, "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley," *Igarss 2014*, no. 1, pp. 878–879, 2014.

[16] «JARDÍNEZ DEL VALLE CAMPOSANTO,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.jardinesdelvalle.com/>. [Último acceso: 10 Febrero 2021].

[17] GAREN, "Catálogo Motor," [Online]. Available: <https://www.garen.com.br/es/produto/kdz-fit-ramp-es/>. [Último acceso: 02 Febrero 2022].

[18] GAREN, "Motor serie KDZ FIT RAMP," [Online]. Available: https://www.garen.com.br/wp-content/uploads/2020/08/Manual_livreto-KDZ-C07602-S_espanhol_mult_rev05.pdf. [Último acceso: 02 Febrero 2022].

[19] R. L. Mott, "Diseño de Elementos de Máquinas". Cuarta Edición. University of Dayton: Pearson Education, 2006. Pag. 408.

[20] euspray, "Boquillas para Aire Comprimido," [Online]. Available: <https://www.euspray.com/es/productos/boquillas/boquillas-para-aire-comprimido/boquilla-de-aire-ss-304-14/>. [Último acceso: 01 Febrero 2022].

[21] TOTAL, "Compresor de Aire," [Online]. Available: <https://herramientastotal.cl/products/compresor-para-auto-12v-total-ttac1406>. [Último acceso: 02 Febrero 2022].

[22] DIPAC, «Eje AISI 304 Inoxidable,» [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/acero-inoxidable-aisi>. [Último acceso: 06 Febrero 2022].

[23] DIPAC, «Eje AISI 1018 Transmisión,» [En línea]. Available: <https://www.dipacmanta.com/ejes/ejes-aisi-1018/aisi-1018-transmision>. [Último acceso: 06 Febrero 2022].

[24] ACEROCOMERCIAL, «BRIDA DESLIZABLE 1-1/4" A-105 CLASE 150,» [En línea]. Available: <https://www.acerocomercial.com/shop/product/brida-deslizable-1-1-4-a-105-clase-150-r-f-inoxtek-6487#attr=>. [Último acceso: 07 Febrero 2022].

[25] DIPAC, «Tubo Estructural Cuadrado Negro SAE J 403 1008,» [En línea]. Available: https://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales?product_id=299. [Último acceso: 08 Febrero 2022].

[26] Martin, «Catálogo Martin - Engranajes,» [En línea]. Available: https://www.martinsprocket.com/docs/catalogs/power%20transmission/2_sprocket%20catalog/roller-chain-sprockets.pdf. [Último acceso: 10 Febrero 2021].

Anexos

ANEXO I.

ANEXO I. Casa de la calidad.

ANEXO II.

ANEXO II. Ponderación de criterios

Módulo 2

Tabla A.2.1. Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 2.

<i>Capacidad de transporte > Accionamiento > Adaptación practica del molino = Complejidad de fabricación</i>						
Criterio	Capacidad de transporte	Adaptación practica del molino	Complejidad de fabricación	Accionamiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Capacidad de transporte		1	0,5	1	3,5	0,304
Adaptación practica del molino	1		0,5	0	2,5	0,217
Complejidad de fabricación	0,5	0		1	2,5	0,217
Accionamiento	1	0	1		3	0,261
Suma					11,5	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.2. Evaluación del peso específico del criterio capacidad de transporte para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Capacidad de transporte	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
Suma			3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.3. Evaluación del peso específico del criterio adaptación práctica del molino para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Adaptación practica del molino	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
Suma			3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.4. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de fabricación para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Complejidad de fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,571
Alternativa 2	0.5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.5. Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Accionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		0	1	0,333
Alternativa 2	1		2	0,667
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Módulo 3

Tabla A.2.6. Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 3.

<i>Fiabilidad > Acoplamiento al sistema global = Estética > Accionamiento</i>						
Criterio	Fiabilidad	Acoplamiento global	Estética	Accionamiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Fiabilidad		1	1	0,5	2,5	0,3125
Acoplamiento al sistema global	1		0,5	0,5	2,0	0,2500
Estética	0,5	1		0,5	2,0	0,2500
Accionamiento	0,5	0,5	0,5		1,5	0,1875
				Suma	8	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.7. Evaluación del peso específico del criterio fiabilidad para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.8. Evaluación del peso específico del criterio acoplamiento al sistema global para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Acoplamiento al sistema global	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.9. Evaluación del peso específico del criterio estética para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Estética	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		0	1	0,333
Alternativa 2	1		2	0,667
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.10. Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Accionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		0,5	1,5	0,500
Alternativa 2	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

ANEXO III.

ANEXO III. Características técnicas molino de rodillos eléctrico.

Tabla A.3.1. Características técnicas molino de rodillos eléctrico

Tipo	Capacidad	Dimensiones [mm]	Motor	Tipo de molienda	Energía	Costo USD
Molino de rodillos para granos	20 kg/h	Largo: 350 Ancho: 152 Alto: 300	1 Hp	Ultrafino y fino	110 [V]	400

Fuente: [17]

Experimento con Hueso Calcinado para obtención del coeficiente de fricción sobre acero inoxidable.

El proceso de incineración da como resultado cenizas y restos óseos de partes contundentes del esqueleto humano. El proceso dura aproximadamente de 1 a 3 horas donde se tiene una combustión continua a temperaturas entre el rango de 750 a 1100 °C. Considerando dichos datos, en este experimento se calcino el hueso mediante un soplete de uso casero conectado al tanque de gas convencional, pero con una válvula de tipo industrial para lograr una mayor potencia y volumen de salida en la llama, además se trabajó con tres huesos de cerdo con características y dimensiones similares a un húmero humano, uno de los huesos que no se desintegran totalmente en la incineración. Se quemó el hueso durante 45 minutos hasta obtener un color negro con tendencia a blancuzco similar al resultado de una incineración común. En el proceso de quemado el hueso se separó en tres partes por sí solo, dos epífisis y una de diáfisis como se aprecia en la Figura A.2.1, las cuales fueron ensayadas individualmente para la obtención de datos observados en la Tabla 2.9.

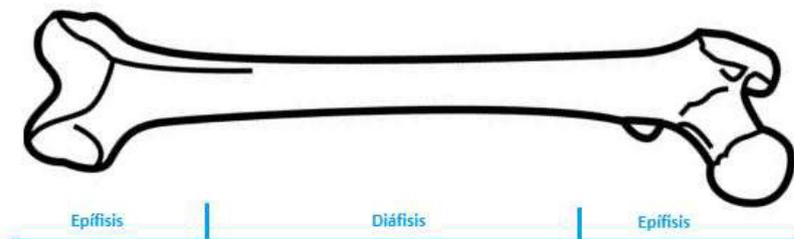


Figura A.3.1. Secciones del Hueso

Fuente: [Propia]

Evidencias de ensayo:



Figura A.3.2. Hueso utilizado para el ensayo.
Fuente: [Propia]



Figura A.3.3. Proceso de incineración hueso.
Fuente: [Propia]



Figura A.3.4. Hueso incinerado.
Fuente: [Propia]

ANEXO IV.

ANEXO IV. Selección moto-reductor para compuerta y engranaje.

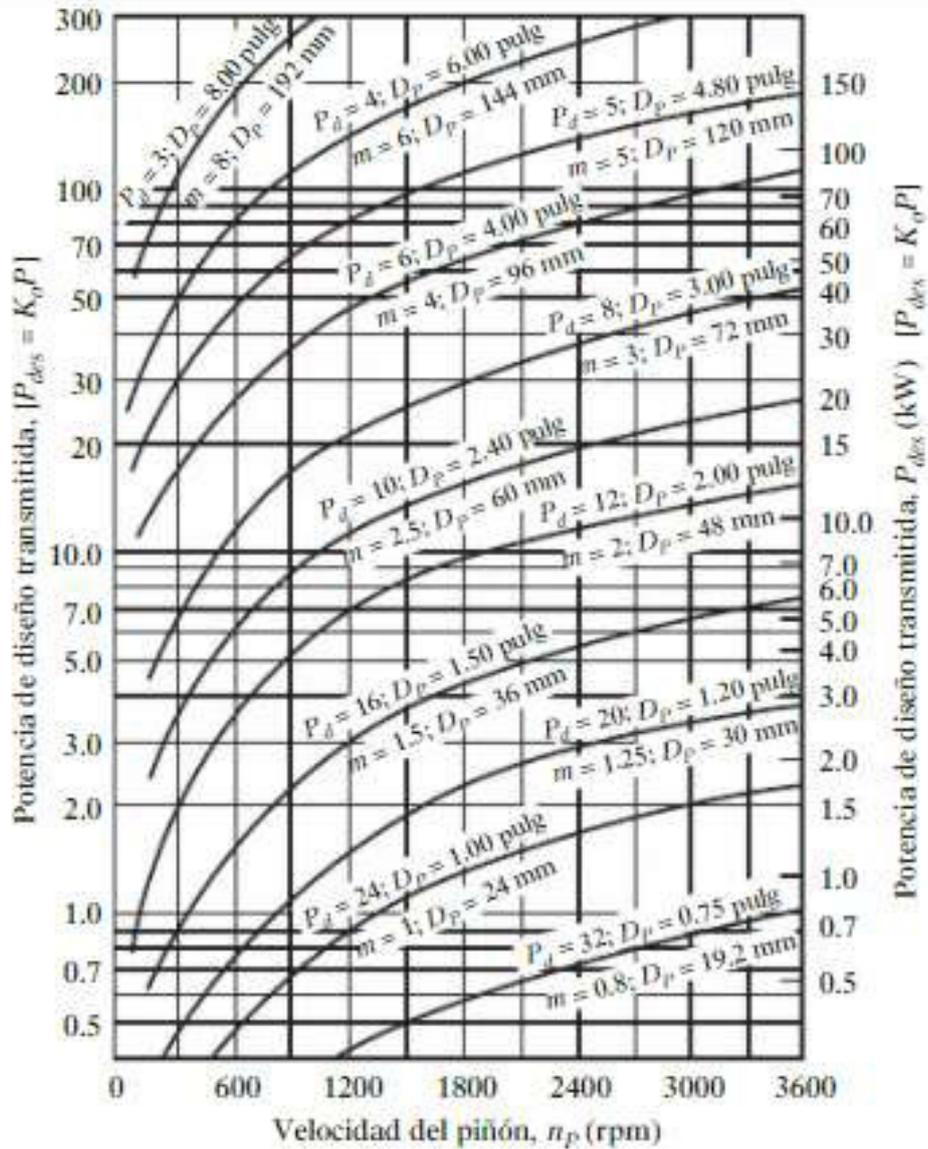
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	SOLO FIT	SOLO CLASSIC	SOLO SPEED	SOLO CH 600	SOLO CH 800	SOLO CH800 TSi
ALIMENTACIÓN/FRECUENCIA (HZ)	127V/220V 50-60hZ	127V/220V 50-60hZ	127V/220V 50-60hZ	127V/220V 50-60hZ	127V/220V 50-60hZ	127V/220V 50-60hZ
CENTRAL	CLASSIC	CLASSIC	WAVE	WAVE	WAVE	Tsi
CONSUMO	0,4642 KWh	0,4642 KWh	0,6402 KWh	0,5654 KWh	0,6776 KWh	0,7040 KWh
CONSUMO/MANIOBRA	0,0012 KWh	0,0012 KWh	0,0032 KWh	0,0037 KWh	0,0045 KWh	0,0015 KWh
CANT. MANIOBRAS P/ HORA (3m)	20 ciclos	20 ciclos	30 ciclos	25 ciclos	35 ciclos	60 ciclos
MODELO	1/4	1/4	1/3	1/3	1/2	1/2
REDUCCIÓN	25:1	25:1	25:2	25:1	25:2	25:2
TORQUE N.m	20,1 N.m	20,1 N.m	16,8 N.m	33,6 N.m	50,4 N.m	50,4 N.m
PESO MÁXIMO DEL PORTÓN (KG)	400 Kg	500 Kg	500 Kg	600 Kg	800 Kg	800 Kg
ROTACIÓN	1740 RPM	1740 RPM	1740 RPM	1740 RPM	1740 RPM	4200 RPM
TIEMPO DE APERTURA (3M)	10,5 seg.	10,5 seg.	9 seg.	10,5 seg.	10,5 seg.	4 seg.
VELOCIDAD NOMINAL	17m/min	17m/min	20,9/min	17m/min	17m/min	41,1m/min
POTENCIA NOMINAL	482 Watss	482 Watss	574 Watss	499 Watss	555 Watss	556 Watss
LUBRICACIÓN	Grasa	Grasa	Grasa	Grasa	Grasa	Grasa
ESTATOR	Q:15	Q:15	Q:30	Q:30	Q:40	Q:40
TEMPERATURA DE TRABAJO	-5°C a 55°C	-5°C a 55°C	-5°C a 55°C	-5°C a 55°C	-5°C a 55°C	-5°C a 55°C
CLASE	I	I	I	I	I	I
IP	24	24	24	24	24	24
CREMALLERA RECOMENDADA	CLASSIC, LIGHT O STANDARD	CLASSIC, LIGHT O STANDARD	MAX	STANDARD	STANDARD O MAX	MAX

Figura A.4. 1. Especificaciones motor GAREN KDZ FIT RAMP SOLO FIT.

Fuente:[18]

ANEXO V.

ANEXO V. Tabla de selección de piñones en función de Potencia y velocidad angular.



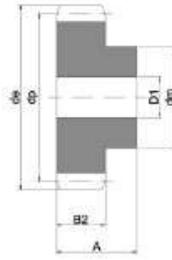
Para todas las curvas: dientes 20° profundidad completa;
 $N_p = 24; N_G = 96; m_G = 4.00; F = 12/P_d; Q_v = 6$
 Engranajes de acero, HB 300; $s_{ut} = 36000$ psi; $s_{oc} = 126000$ psi

Figura A.5. 1 Tabla de selección de piñones en función de Potencia y velocidad angular.

Fuente:[19]

ENGRANAJES RECTOS
SPUR GEARS

PIÑONES Y RUEDAS (con cubo en un lado) ángulo de presión 20°
SPROCKETS AND WHEELS (with box in one side) pressure angle 20°
Material C43- UNI 7847



Ancho diente "B" Tooth width "B"	mm.
M 1	15mm
M 1,5	17mm
M 2	20mm
M 2,5	25mm
M 3	30mm
M 4	40mm
M 5	50mm
M 6	60mm

Ancho diente "A" Tooth width "A"	mm.
M 1	25mm
M 1,5	30mm
M 2	35mm
M 2,5	40mm
M 3	50mm
M 4	60mm
M 5	75mm
M 6	80mm

Z	Módulo "M3" Diametral pitch "M3"				Módulo "M4" Diametral pitch "M4"				Módulo "M5" Diametral pitch "M5"				Módulo "M6" Diametral pitch "M6"			
	d _e	dp	dm	D1	d _e	dp	dm	D1	d _e	dp	dm	D1	d _e	dp	dm	D1
12	42	36	27	12	56	48	35	14	70	60	45	20	84	72	54	20
13	45	39	30	12	60	52	40	14	75	65	50	20	90	78	60	20
14	48	42	33	12	64	56	45	14	80	70	55	20	-	-	-	-
15	51	45	35	12	68	60	45	14	85	75	60	20	102	90	70	20
16	54	48	38	14	72	64	50	16	90	80	65	20	108	96	75	20
17	57	51	42	14	76	68	50	16	95	85	70	20	-	-	-	-
18	60	54	45	14	80	72	50	16	100	90	70	20	120	108	80	20
19	63	57	45	14	84	76	60	16	105	95	70	20	-	-	-	-
20	66	60	45	14	88	80	60	16	110	100	80	20	132	120	90	20
21	69	63	45	16	92	84	70	16	115	105	80	20	-	-	-	-
22	72	66	50	16	96	88	70	16	120	110	80	25	-	-	-	-
23	75	69	50	16	100	92	75	20	125	115	90	25	-	-	-	-
24	78	72	50	16	104	96	75	20	130	120	90	25	156	144	110	25
25	81	75	60	16	108	100	75	20	135	125	90	25	162	150	110	25
26	84	78	60	16	112	104	75	20	140	130	100	25	-	-	-	-
27	87	81	60	16	116	108	75	20	145	135	100	25	-	-	-	-
28	90	84	60	16	120	112	75	20	150	140	100	25	-	-	-	-
29	93	87	60	16	124	116	75	20	155	145	100	25	-	-	-	-
30	96	90	60	16	128	120	75	20	160	150	100	25	-	-	-	-
31	99	93	70	16	132	124	80	20	-	-	-	-	-	-	-	-
32	102	96	70	16	136	128	80	20	-	-	-	-	-	-	-	-
33	105	99	70	16	140	132	80	20	-	-	-	-	-	-	-	-
34	108	102	70	16	144	136	80	20	-	-	-	-	-	-	-	-
35	111	105	70	16	148	140	80	20	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura A.5. 2. Selección engranaje.

Fuente:[26]

ANEXO VI.

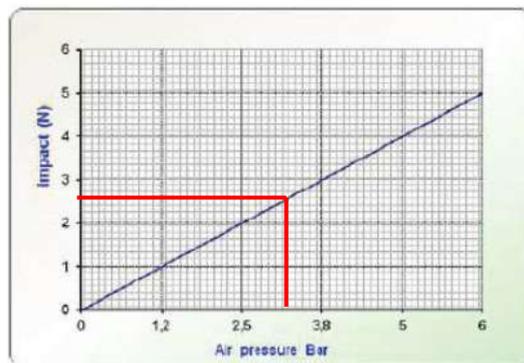
ANEXO VI. Boquilla pulverizadora A41WJY.



SPRAY ANGLE	N.A.
MATERIAL	AISI 304
SPRAY ALLOWANCE	±5%
DIMENSION ALLOWANCE	±0,2
CONNECTION	1/4" BSPT

Figura A.6. 1 Boquilla pulverizadora A41WJY.

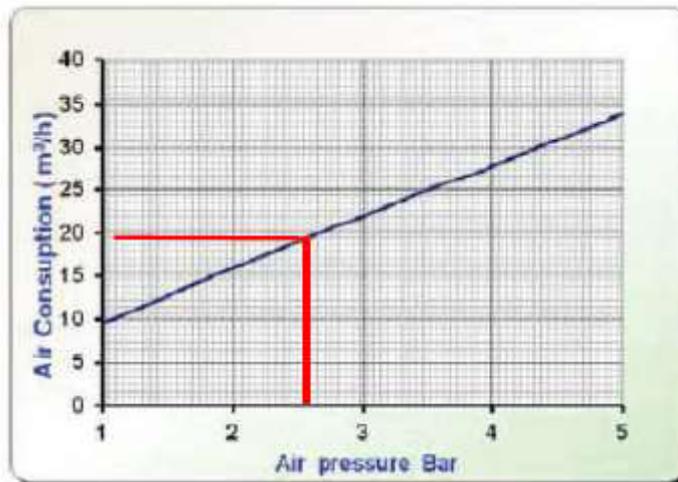
Fuente:[20]



Forza d'impatto
Impact force
Fuerza de impacto

Figura A.6. 2. Fuerza de impacto.

Fuente:[20]



Portata ugello
Capacity nozzle
Caudal boquilla

Figura A.6.3. Caudal de boquilla.
Fuente:[20]

ANEXO VII.

ANEXO VII. Compresor de aire de 140 psi (10bar)



Compresor para auto 12V TOTAL. Recomendado para inflar neumáticos, pelotas, colchones, entre otros. Este compresor incluye: 1 luz led, 3m de cable, 1 encendedor, 1 juego de clips para batería y 4 boquillas adaptadoras. Empaque caja de color.

DESCRIPCIÓN

- Potencia: 12V.
- Máxima presión: 140PSI (10Bar).
- Máximo flujo de aire: 35L/min.
- Calidad: Profesional
- Garantía: 1 año.

Figura A.7.1. Compresor de aire.
Fuente:[21]

ANEXO VIII.

ANEXO VIII. Tablas con parámetros utilizados para el diseño del eje.

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura A.12. 1. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin.

Fuente:[15]

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.*
(S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación, S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$)

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

* Fuente: Figura 2-9.

Figura A.8. 2. Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

Fuente:[15]

Tabla 7-1

Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_t y K_B . *Advertencia:* Estos factores sólo son estimaciones que pueden usarse cuando las dimensiones reales aún no se determinan. *No utilice* estos valores cuando ya cuente con las dimensiones reales.

diámetros hayan sido determinados.

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapecoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Los valores faltantes en la tabla no pueden obtenerse con facilidad.

Figura A.8. 3. Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_t y K_B .

Fuente:[15]

Figura A-15-8

Eje redondo con filete en el hombro en torsión. $\tau_0 = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.

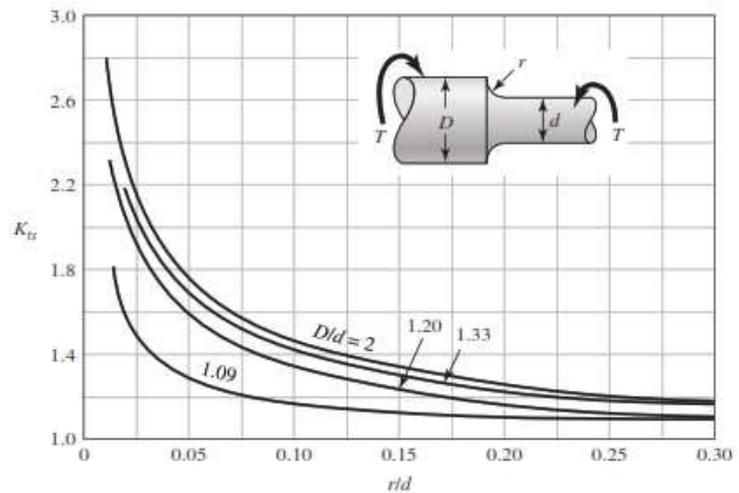


Figura A.8. 4. Eje redondo con filete en el hombro en torsión.

Fuente:[15]

Figura A-15-9

Eje redondo con filete en el hombro en flexión. $\sigma_0 = Mc/I$, donde $c = d/2$ e $I = \pi d^4/64$.

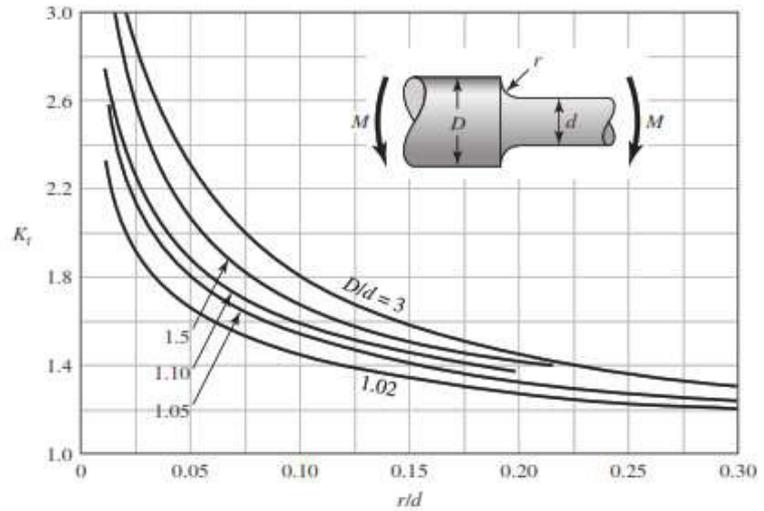


Figura A.8. 5. Eje redondo con filete en el hombro en flexión.

Fuente:[15]

Figura 6-20

Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada $r = 0,16$ pulg (4 mm). [De George Sines y J.L. Waisman (eds.), *Metal Fatigue*, McGraw-Hill, Nueva York, Copyright © 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]

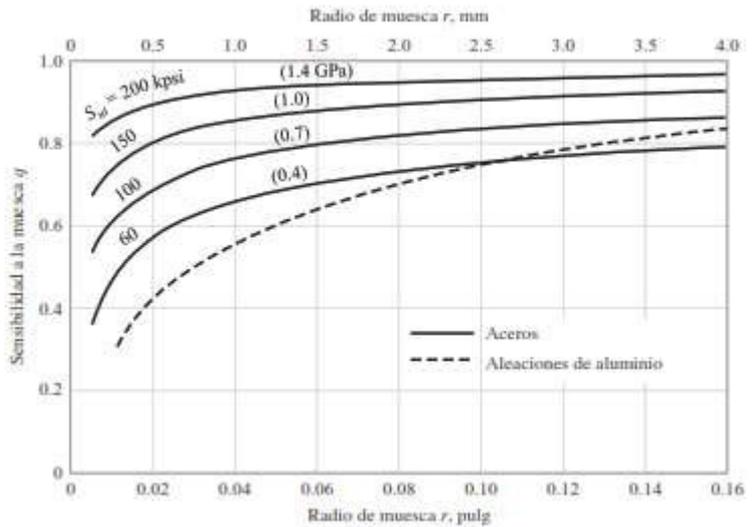


Figura A.8. 6. Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas.

Fuente:[15]

Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de $q_{corriente}$ correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).

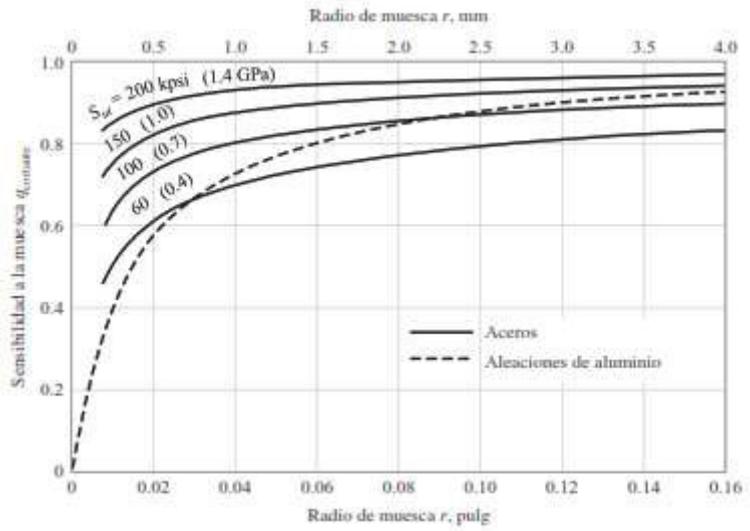


Figura A.8. 7. Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa.

Fuente:[15]

ANEXO IX.

ANEXO IX. Especificaciones generales material eje motriz.

Eje AISI 304 inoxidable

El eje de acero inoxidable es resistente al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos. Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo. Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc.

Especificaciones Generales:

- **Norma:** AISI 304 (Inoxidable)
- **Descripción:** Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.
- **Aplicaciones:** Industrias alimenticias, cerveceras, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc.
- **Longitud:** 6mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

DIMENSIONES

DIÁMETRO

3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

Figura A.9.1. Especificaciones generales material eje motriz.
Fuente: [22]

ANEXO X.

ANEXO X. Datos utilizados para la simulación de ejes compuertas.

☐ Cargas

Índice	Ubicación	Fuerza radial			
		Y	X	Tamaño	Dirección
1	66 mm	100,000 N		100,000 N	
2	66 mm	4500,000 N	5000,000 N	6726,812 N	48,01 gr

Figura A.10. 1. Datos ingresados para simulación de eje de la compuerta.

Fuente: [Propia]

☐ Cargas

Índice	Ubicación	Fuerza radial			
		Y	X	Tamaño	Dirección
1	100 mm	500,000 N		500,000 N	

Figura A.10. 2. Datos ingresados para simulación de eje de apoyo de compuerta.

Fuente: [Propia]

ANEXO XI.

ANEXO XI. Especificaciones generales material eje conducido.

Eje AISI 1018 transmisión

Es una barra de acero de cementación no aleado, Calidad AISI 1018, disponible en acabado de acero negro. Es un acero de cementación no aleado principalmente usado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Especificaciones Generales:

- **Norma:** AISI 1081
- **Descripción:** Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.
- **Aplicaciones:** Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado3.
- **Longitud:** 6mts

[DESCARGAR CATÁLOGO](#) ↓



COMPOSICIÓN QUÍMICA					DIMENSIONES
%C	%Si	%Mn	%P	%S	DIÁMETRO
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05	3/8"
					1/4"
					5/8"
					3/4"
					7/8"
					1"
					1-1/4"
					1-1/2"
					1-3/4"
					2"
					2-1/4"
					2-1/2"
					2-3/4"
					3"
					3-1/2"
					4"
					4-1/2"
					5"
					6"

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

Figura A.11.1. Especificaciones generales material eje conducido.

Fuente: [23]

ANEXO XII.

ANEXO XII. Simulación pernos compuerta.

Los pernos de la base de la compuerta han sido simulados para determinar su confiabilidad en el funcionamiento; se tienen 3 pares de espárragos de 3/8" unidos a la base de la compuerta mediante soldadura TIG, por lo cual se supone la fuerza se reparte uniformemente entre ellos. La fuerza transversal que cada perno soporta, incluyendo un coeficiente de diseño de 2, es de 250 [N].

Para la simulación se simplifica el modelo como dos placas unidas por un perno de 3/8" y se aplica la fuerza de 250 [N] a la placa inferior y se fija la superior.

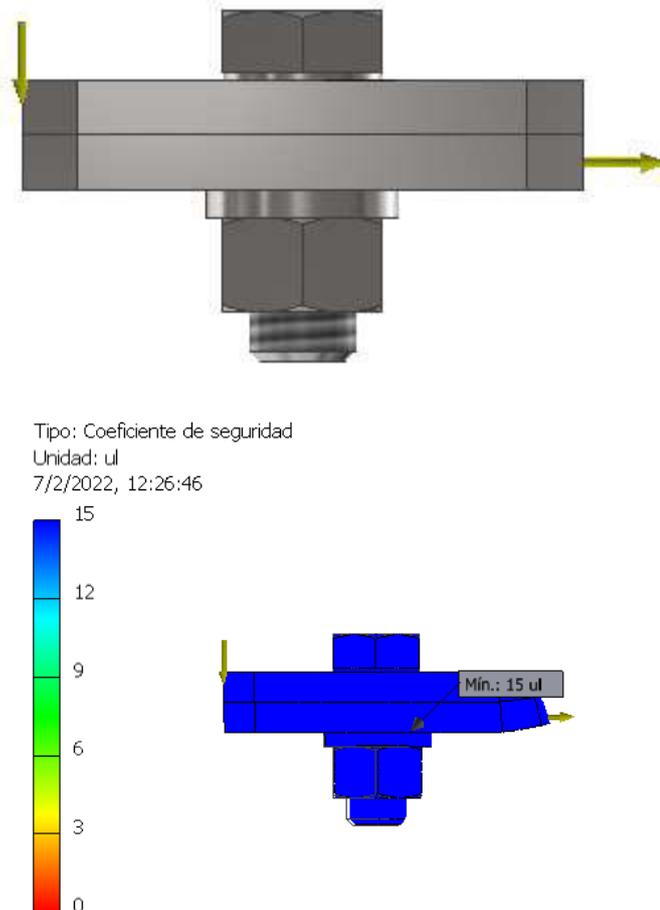


Figura A.12.1. Simulación pernos compuerta deslizante.

Fuente: [Propia]

Se observa que los pernos se encuentran dentro de su rango de operación ya que se tiene un factor de seguridad de 15, con lo cual se puede garantizar su confiabilidad.

A continuación, se presenta la gráfica de convergencia:

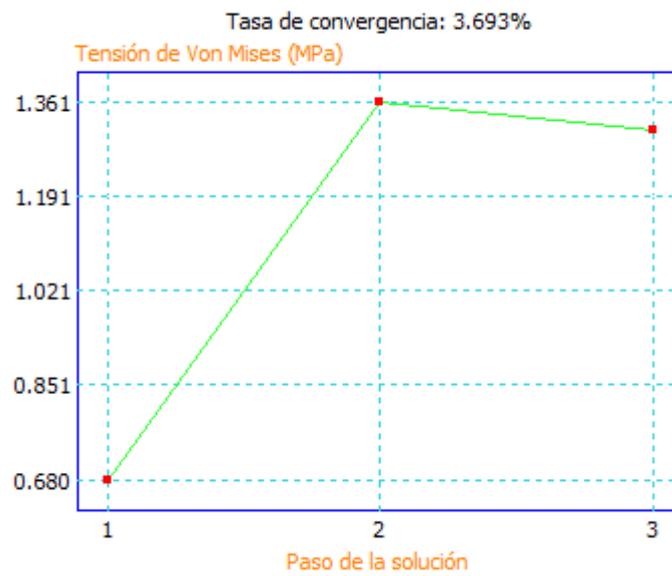


Figura A.12.2. Grafica de convergencia simulación.
Fuente: [Propia]

Se observa que la simulación ha llegado a la convergencia en la tercera iteración con una tasa de convergencia de 3.69%.

ANEXO XIII.

ANEXO XIII. Especificaciones técnicas Brida deslizable 1" A-105 CLASE 150.



**BRIDA DESLIZABLE 1" A-105 CLASE 150
R/F INOXTEK**

\$ 2.97

Brida Acero al carbono deslizable
Medida 1"
Brida ANSI 150
SLIP-ON

1

En existencias

MODELOS	ESPECIFICACIONES	DIMENSIONES	GARANTÍA	SEGMENTOS	DESCARGAS
ACERO INOXIDABLE Y ACERO AL CARBONO AISI-304, 304L, 316, 316L, WCB, A105. Tamaño: 1/2" a 4" Tipo: cuello de soldadura, deslizable, junta de solapa, ciega					

Figura A.13.1. Especificaciones técnicas brida deslizable 1" CLASE 150.
Fuente: [24]

ANEXO XIV.

ANEXO XIV. Selección tubo estructural cuadrado negro SAE J 403 1008 de 40x40x2.

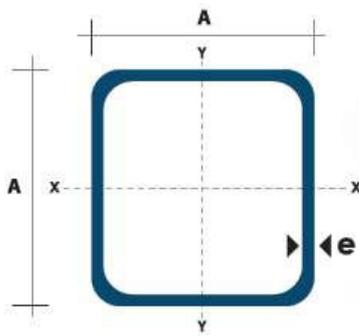


TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



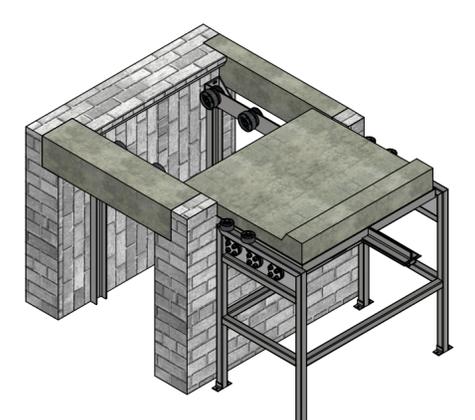
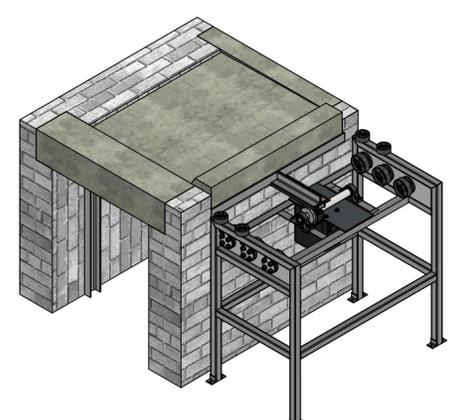
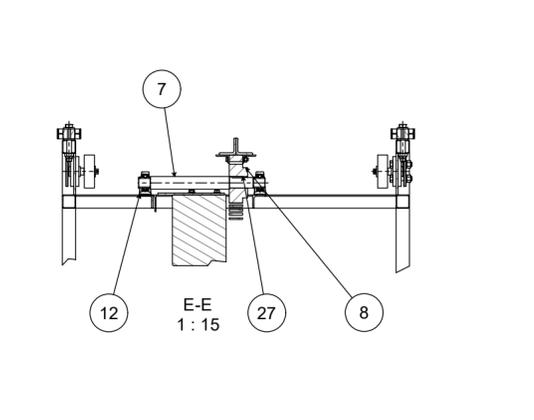
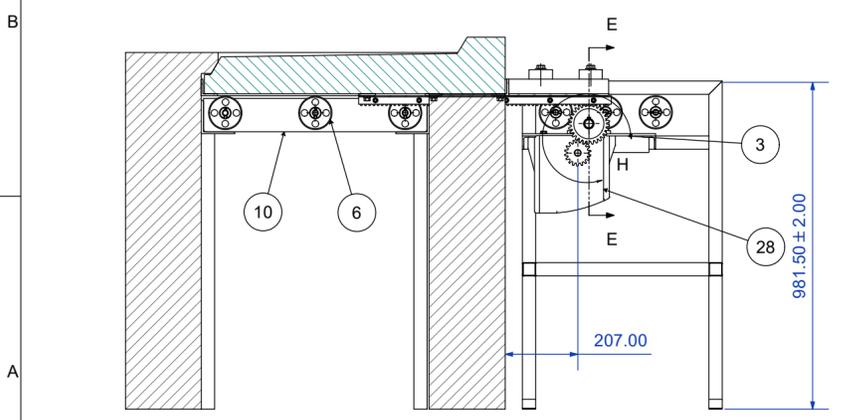
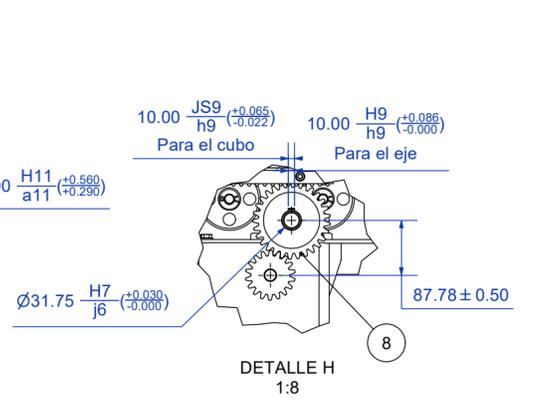
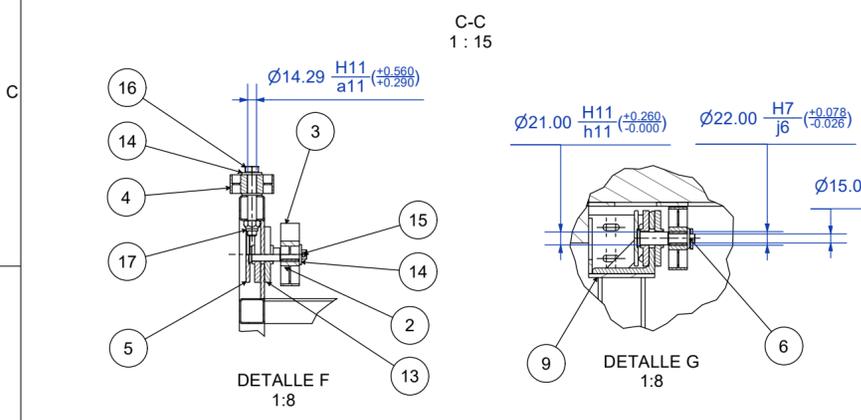
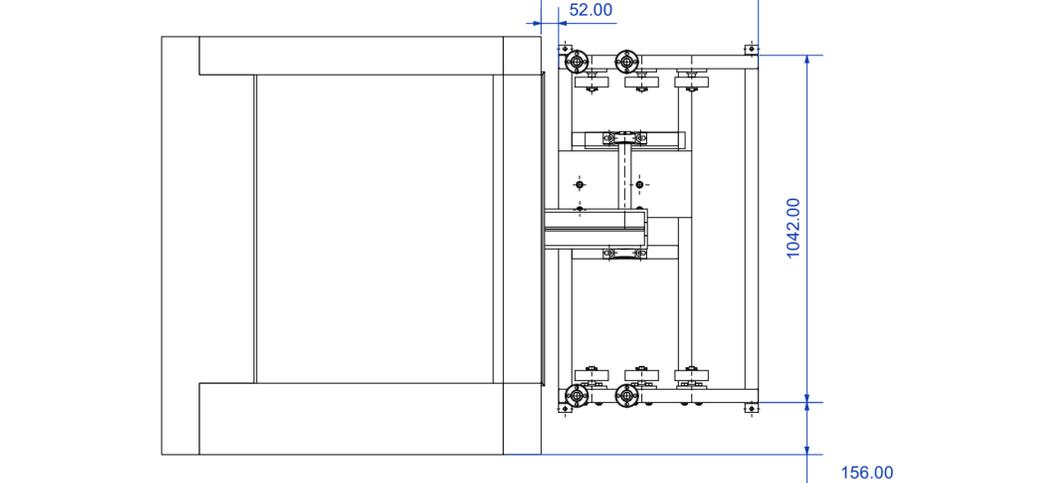
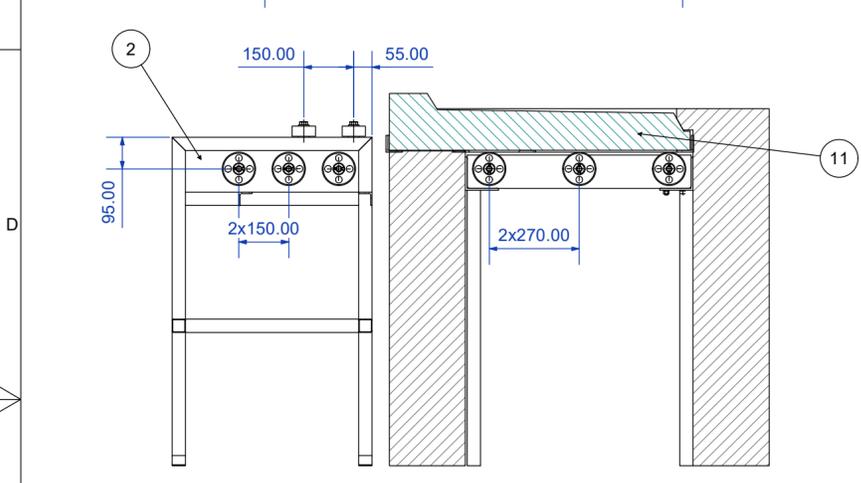
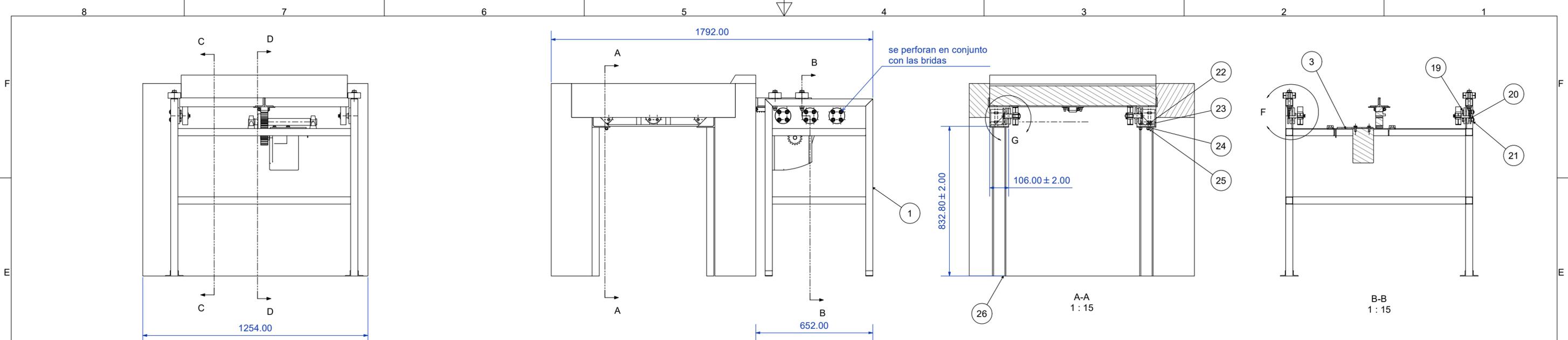


Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87

Figura A.14.1. Selección tubo estructural cuadrado negro SAE J 304 1008.
Fuente: [25]

ANEXO XV.

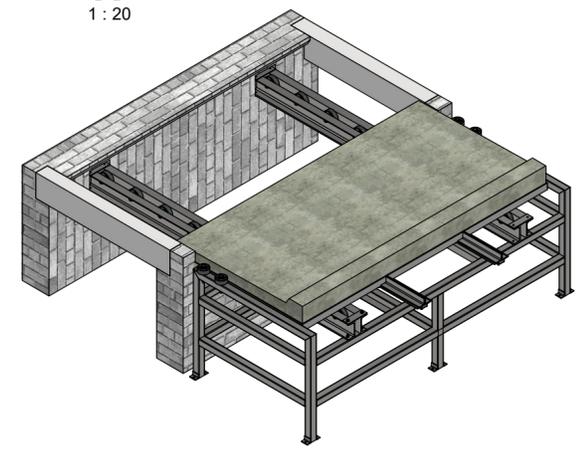
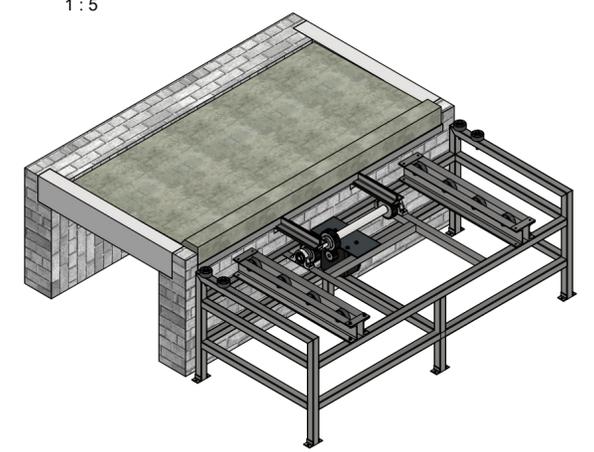
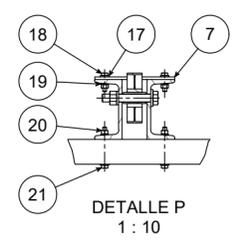
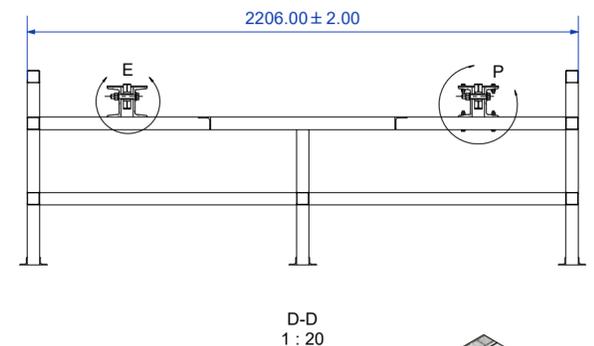
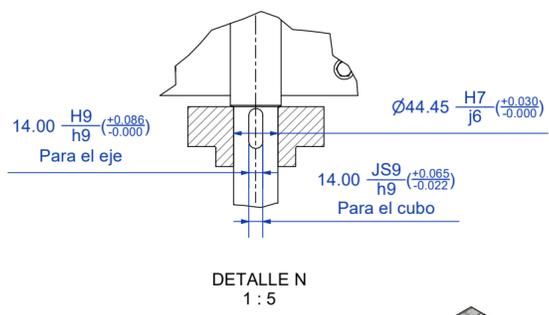
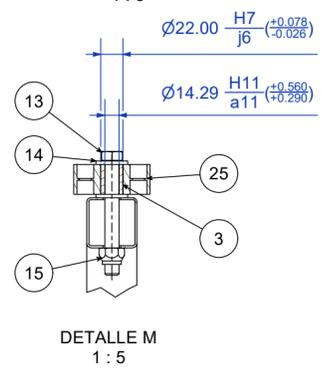
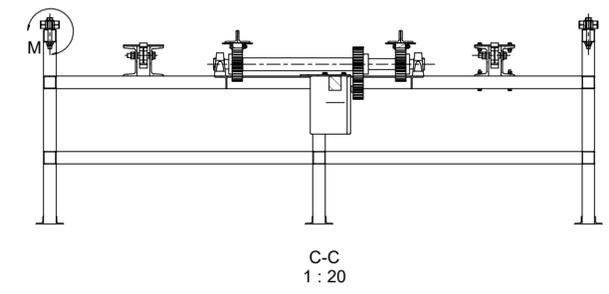
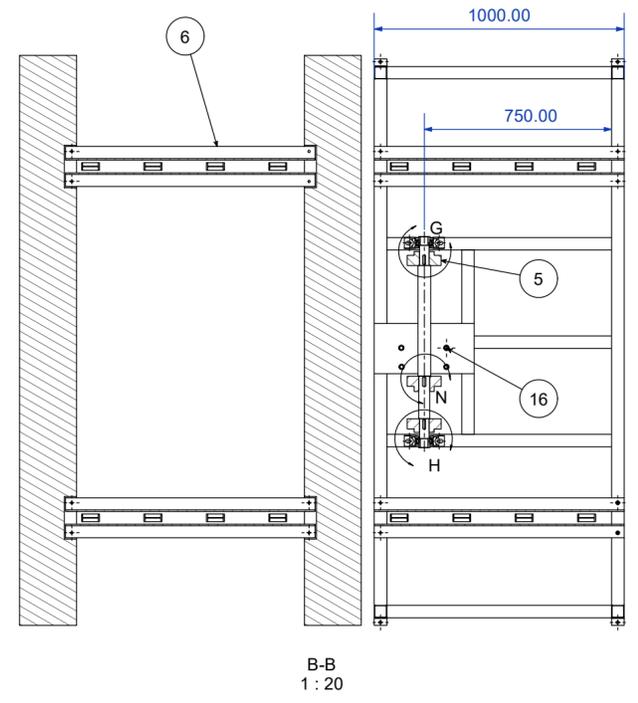
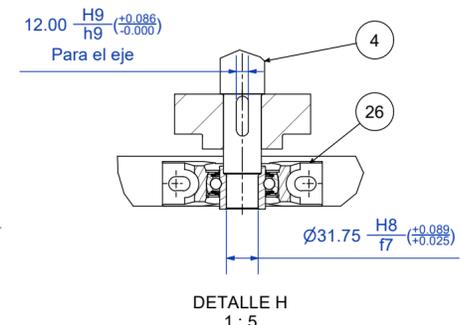
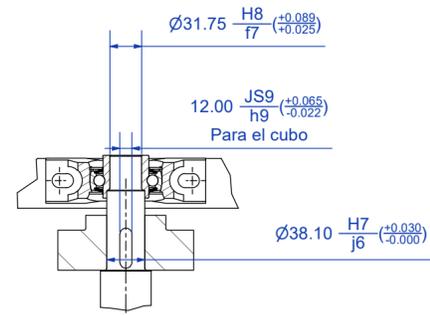
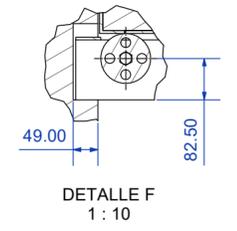
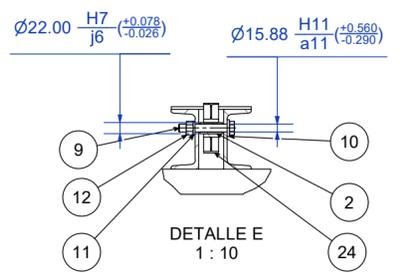
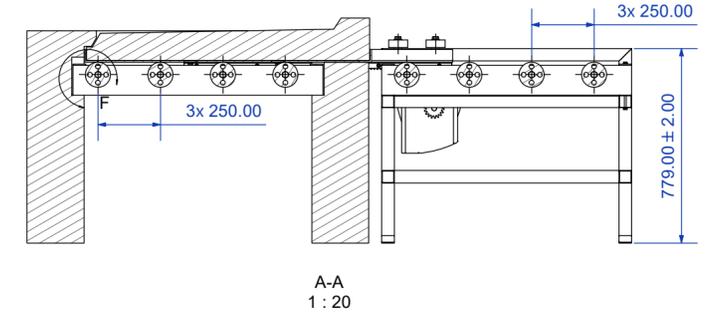
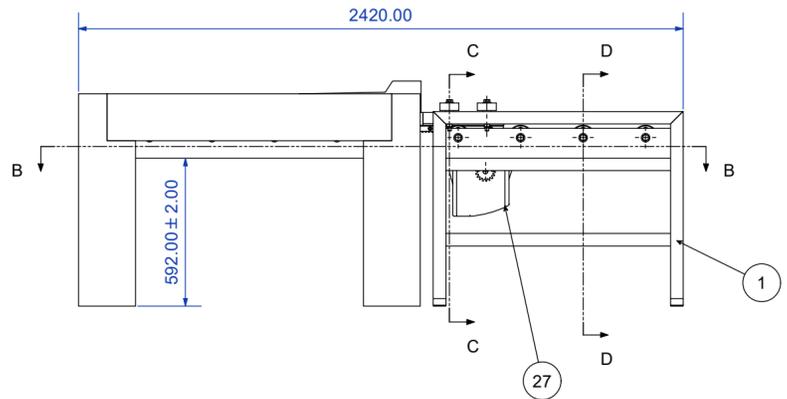
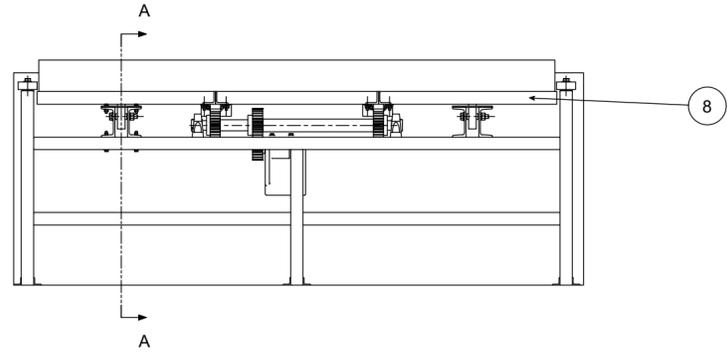
ANEXO XV. Se adjunta el Plano Conjunto Final.



Potencia	482 [W]
Capacidad max.	400 [kg]
Velocidad de operacion	60 [mm/s]
Velocidad máxima	200 [mm/s]
CARACTERISTICA	ESPECIFICACION

ESPECIFICACIONES					
28	Motoreductor	KDZFITRA MP	1	Varios	GAREN
27	Chaveta plana 10x8x40	UNI 6604	1	UNI C45	
26	UPN 80	RTE INEN 018	4	A572 Gr50	
25	Tuerca hex. 3/8"	SAE J995	16	AISI 304	
24	Arandela de presión 3/8"	ASME B18.21.1	16	AISI 304	
23	Anadela plana 3/8"	ASME B18.21.1	16	AISI 304	
22	Perno 3/8"x1 1/4"	SAE J429	16	AISI 304	
21	Tuerca hex. 1/2"	SAE J995	48	ASTM A36	
20	Arandela de presión 1/2"	ASME B18.21.1	48	AISI 304	
19	Perno 1/2"x 2 1/4"	SAE J429	48	ASTM A36	
18	Perno anclaje motor	SAE J429	4	ASTM A36	
17	Tuerca hex. de seguridad 9/16"	SAE J995	4	ASTM A36	
16	Perno 9/16"x4"	SAE J429	4	ASTM A36	
15	Pasador	DIN 1481	12	AISI 304	
14	Arandela M16	DIN 125	20	AISI 304	
13	Brida	ASME B16.5	24	ASTM A216 Gr. WCB	
12	Chumacera de piso d 1"	UCP 205-16	2	AISI 304	SKF
11	Marco compuerta	02.01.00	1	AISI 304	
10	Viga apoyo interior	02.00.10	2	AISI 304	
9	Base para viga	02.00.09	4	AISI 304	2 izquierdos y 2 derechos
8	Engrane z29m4	02.00.08	1	Varios	
7	Eje compuerta	02.00.07	1	SAE 1018	
6	Eje para apoyos	02.00.06	12	AISI 304/SAE 1018	6 en SAE1018 y 6 en AISI 304
5	Tapa conjunto eje	02.00.05	12	AISI 304	
4	Rueda 2 1/2"	02.00.04	4	Hierro fundido	
3	Rueda 4"	02.00.03	12	Hierro fundido	
2	Bocín de desgaste	02.00.02	12	Hierro fundido	
1	Estructura exterior	02.00.01	1	SAE J 403 1008	

Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Carlos Pallo	
				Dis.	Carlos Pallo	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
COMPUERTA PROTOTIPO			TR-EPN: 200			Escala: 1:15
						Fecha: 17/7/2021



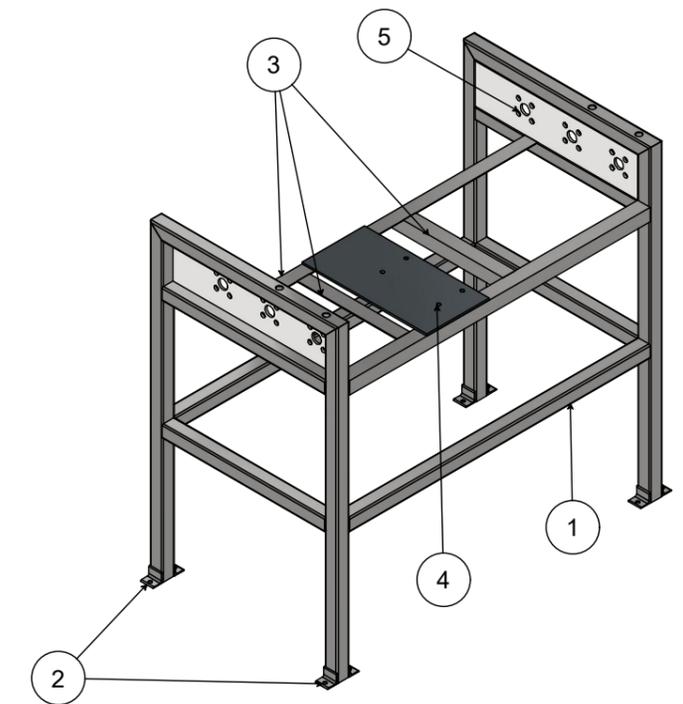
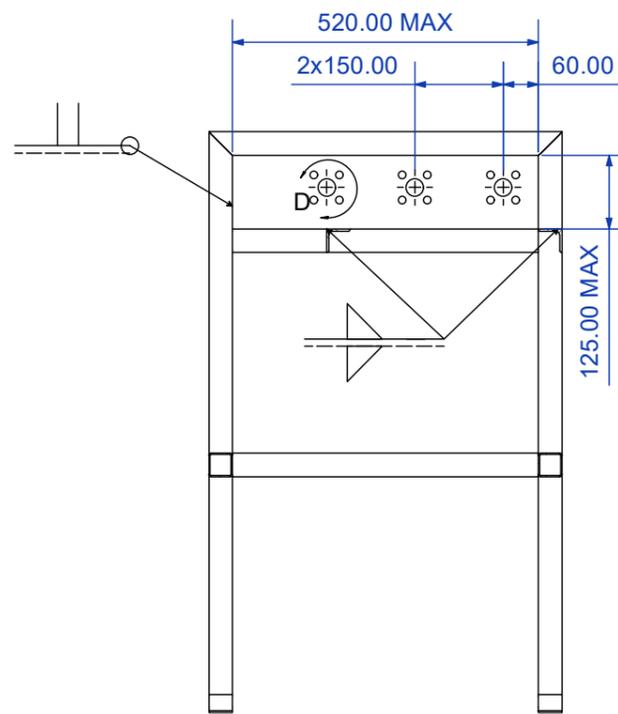
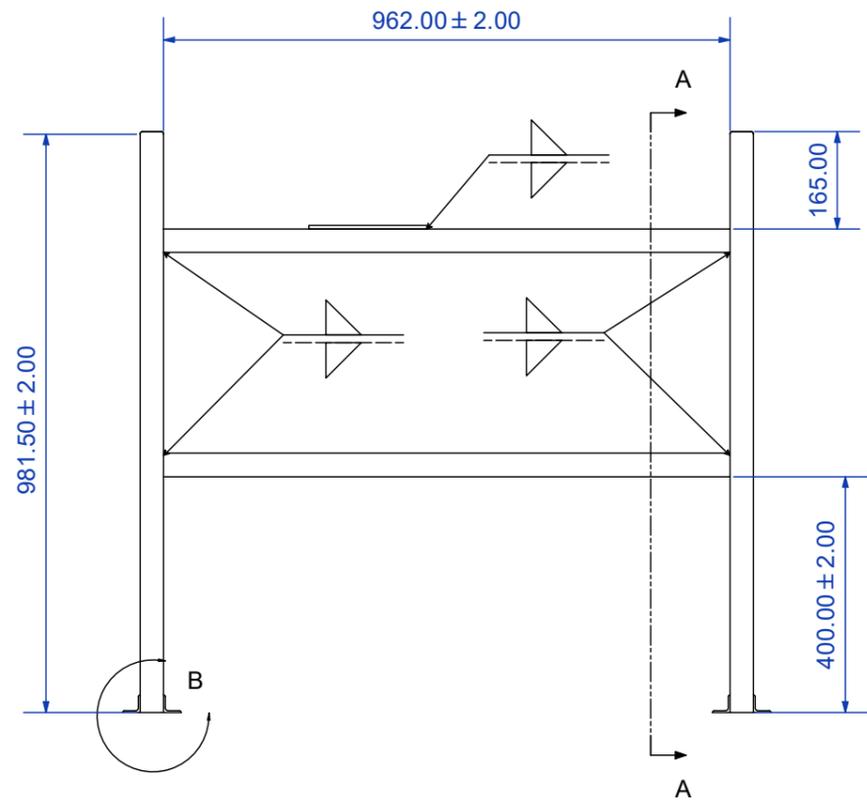
27	Motoreductor	KDZ1/2	1	Varios	GAREN
26	Chumacera de piso d 1 1/4"	JIS	2	Varios	UCP 207-20
25	Rueda 3" hierro fundido		4	Hierro fundido	
24	Rueda 4" hierro fundido		16	Hierro fundido	
23	Chaveta plana 14x9x40	UNI 6604	1	UNI C45	
22	Chaveta plana 12x8x40	UNI 6604	2	UNI C45	
21	Perno 5/16"x3"	SAE J429	16	AISI 304	
20	Tuerca hex. 5/16"	SAE J995	32	AISI 304	
19	Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	32	AISI 304	
18	Perno 5/16"x1 1/4"	SAE J429	16	AISI 304	
17	Arandela plana 5/16"	ASME B18.21.1	32	AISI 304	
16	Perno para compuerta		4	AISI 304	
15	Tuerca de seguridad 9/16"	SAE J995	4	AISI 304	
14	Arandela plana 9/16"	ASME B18.21.1	8	AISI 304	
13	Perno 9/16"x4,5"	SAE J429	4	AISI 304	
12	Tuerca hex. 5/8"	SAE J995	16	AISI 304	
11	Arandela de presión 5/8"	ASME B18.21.1	16	AISI 304	
10	Arandela plana 5/8"	ASME B18.21.1	16	AISI 304	
9	Perno 5/8"x4"	SAE J429	16	AISI 304	
8	Marco para compuerta	02.01.00	1	AISI 304	
7	Placa union apoyos	02.00.07	12	AISI 304	
6	Viga de apoyo	02.00.06	2	ENS 355J2	
5	Engrane 4/32	02.00.05	3	UNI C43	
4	Eje para engranes	02.00.04	1	SAE 1018	
3	Bocín de desgaste lateral	02.00.03	4	Hierro fundido	
2	Bocín de desgaste inferior	02.00.02	16	Hierro fundido	
1	Estructura exterior	02.00.01	1	SAE J 403 1008	

Potencia	555 [W]
Capacidad máx.	800[kg]
Velocidad de operacion	60[mm/s]
Velocidad máxima	200[mm/s]
CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
ESPECIFICACIONES	

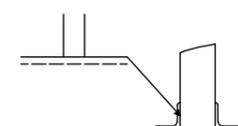
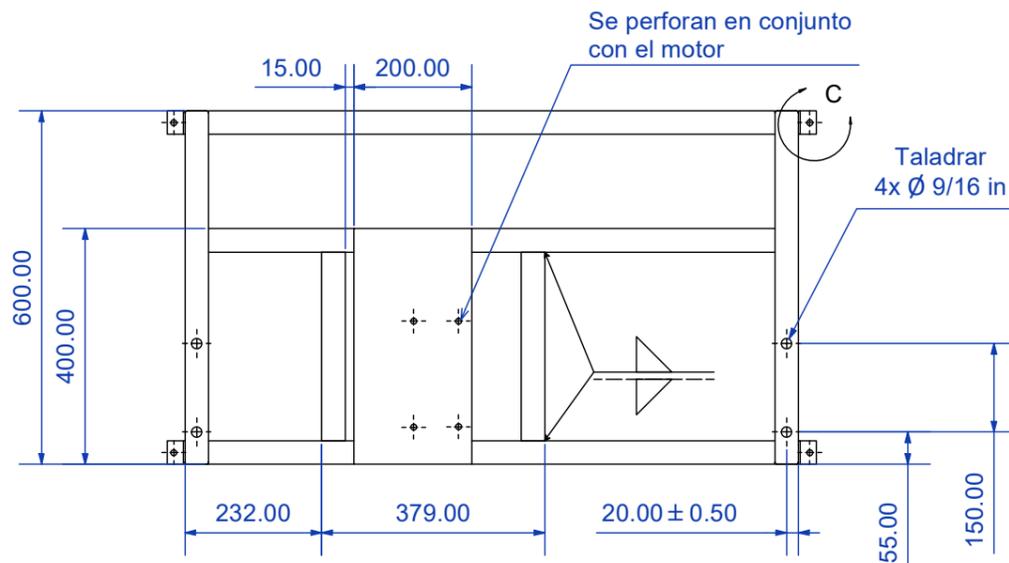
EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	Dib.	Carlos Pallo	Escala: 1:20
		Dis.	Carlos Pallo	
		Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
COMPUERTA MR			TR-MR: 02.00.00	Fecha: 17/7/2021

ANEXO XVI.

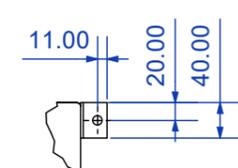
ANEXO XVI. Se adjuntan los Planos de taller.



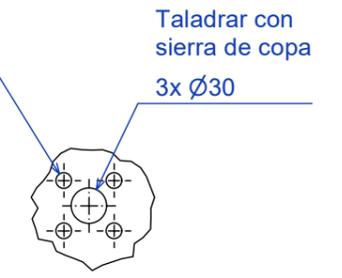
A-A
1 : 12



DETALLE B
1 : 8



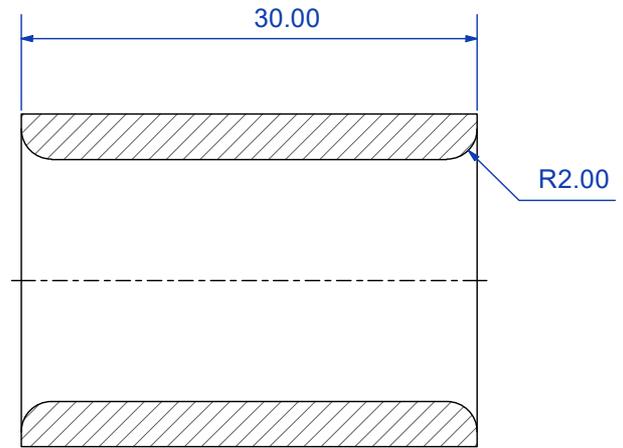
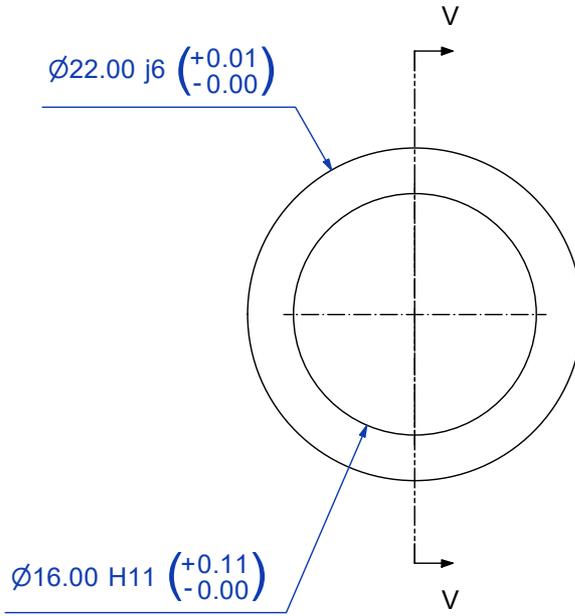
DETALLE C
1 : 8



DETALLE D
1 : 6

5		Placa apoyos laterales	2	SAE J 403 1008	
4		Placa 6mm	1	SAE J 403 1008	
3		Ángulo 30x4	0.35 m	SAE J 403 1008	
2		Ángulo 40x3	2.70 m	SAE J 403 1008	
1		Tubo cuadrado 40x2	9.20 m	SAE J 403 1008	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN

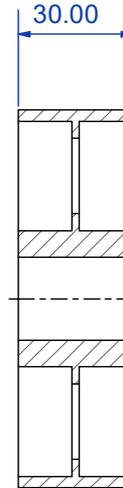
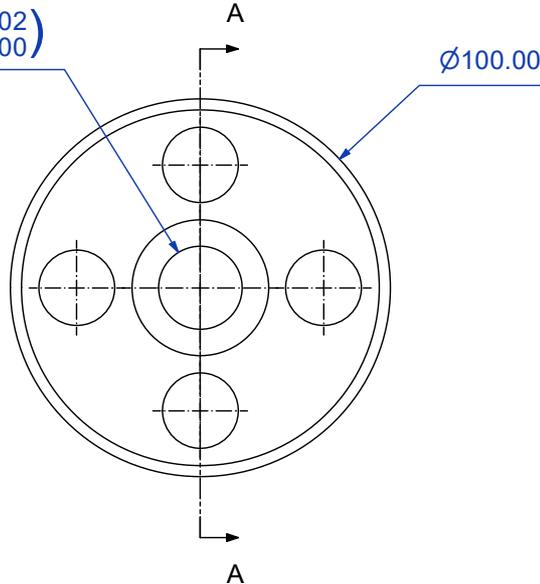
Trat. Térmico	Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno				
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala: 1 : 12	Dib. Carlos Pallo
SAE J 403 1008			±1.00		Dis. Carlos Pallo
ESTRUCTURA EXTERIOR			TR-P: 02.00.01		Rev. Ing. Ivan Zambrano MSc.
					Fecha: 12/1/2022



V-V
2 : 1

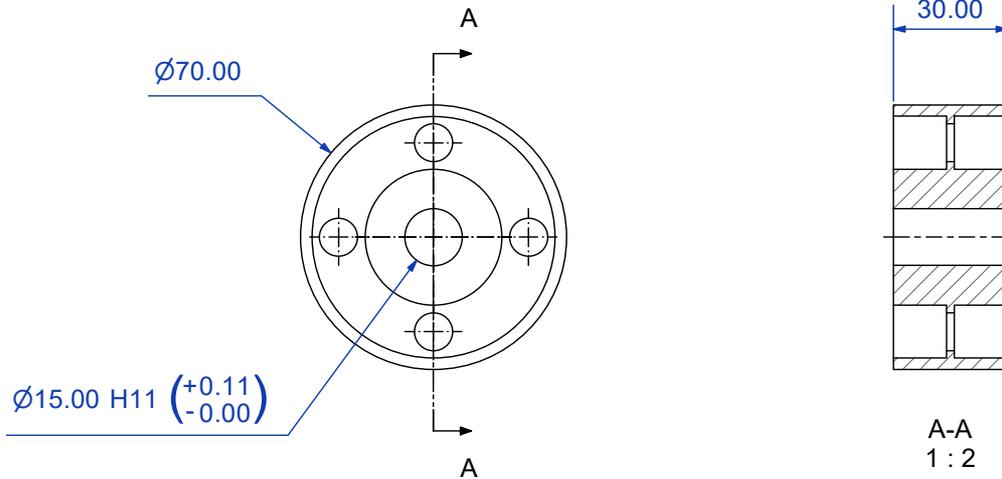
Trat. Térmico	Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno				
MATERIAL		Tol. Gral. ±0.50	Escala: 2 : 1	Dib.	Carlos Pallo
Hierro fundido				Dis.	Carlos Pallo
		Rev.		Ing. Ivan Zambrano MSc.	
BOCÍN DE DESGASTE			TR-P: 02.00.02		Fecha: 8/2/2022

$\varnothing 22.00 \text{ H7 } \left(\begin{matrix} +0.02 \\ -0.00 \end{matrix} \right)$

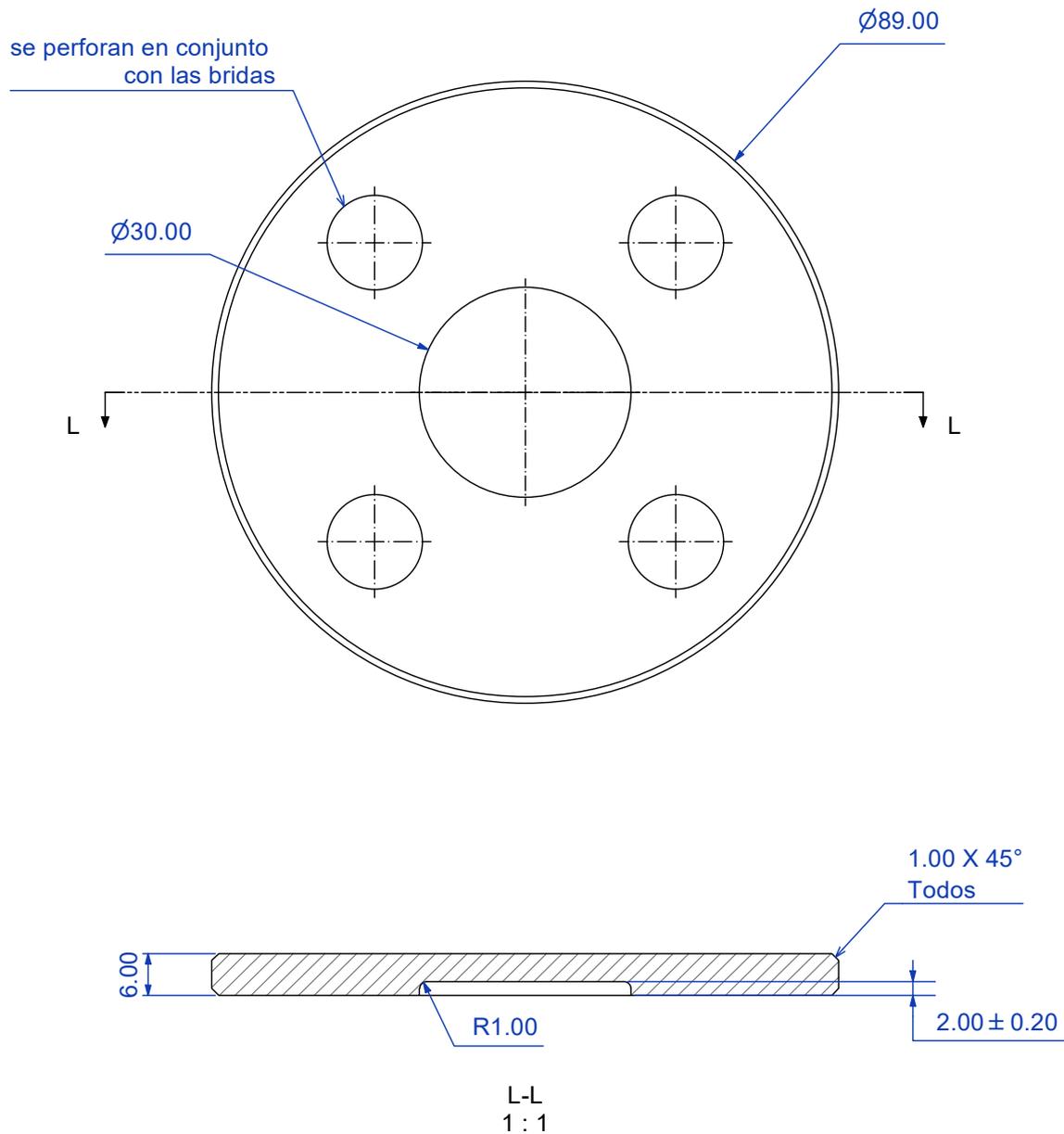


A-A
1 : 2

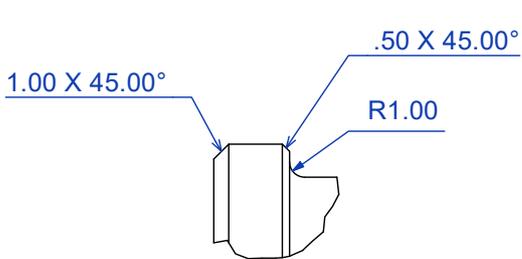
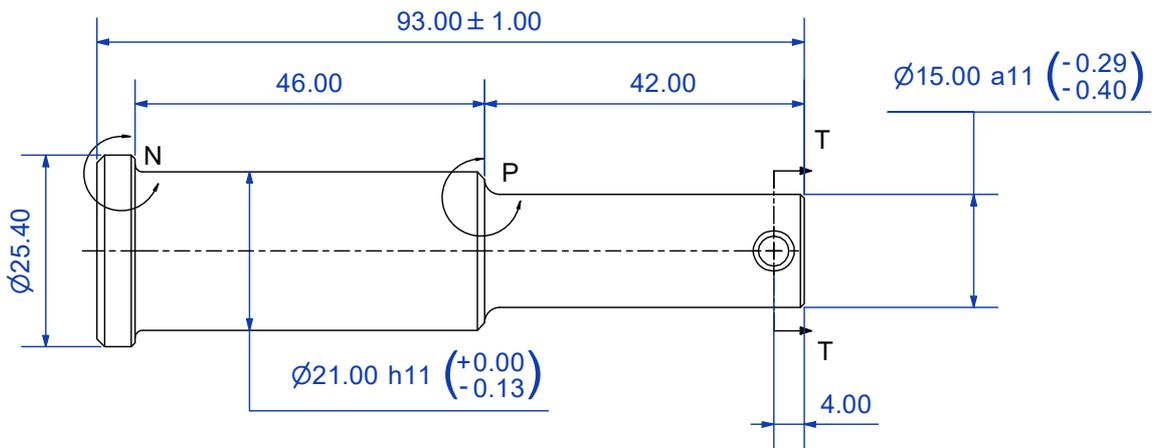
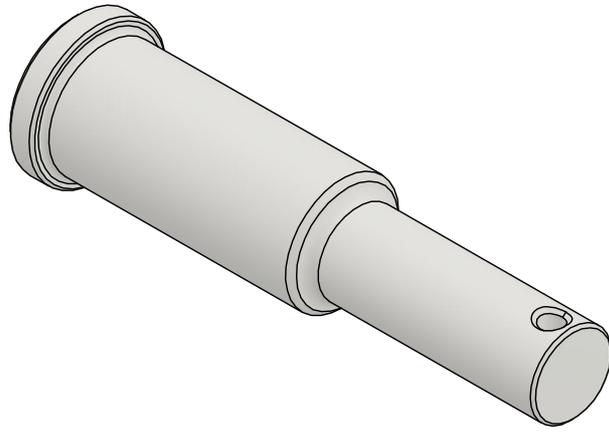
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo	
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Carlos Pallo	
Hierro fundido			Tol. Gral. ±0.50	Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
RUEDA 4"			TR-P: 02.00.03		Fecha: 13/1/2022



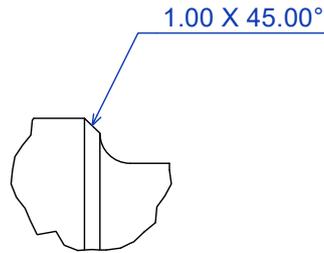
Trat. Térmico	Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno			Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Tol. Gral. ±0.50	Escala: 1 : 2	Dis.	Carlos Pallo
Hierro fundido				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
RUEDA 2 1/2"			TR-P: 02.00.04		Fecha: 13/1/2022



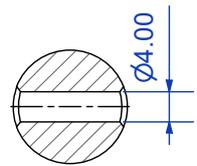
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1 : 1	Dis.	Carlos Pallo
AISI 304			Tol. Gral.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
			±0.50	
TAPA CONJUNTO EJE		TR-P: 02.00.05		Fecha: 8/2/2022



DETALLE N
2 : 1

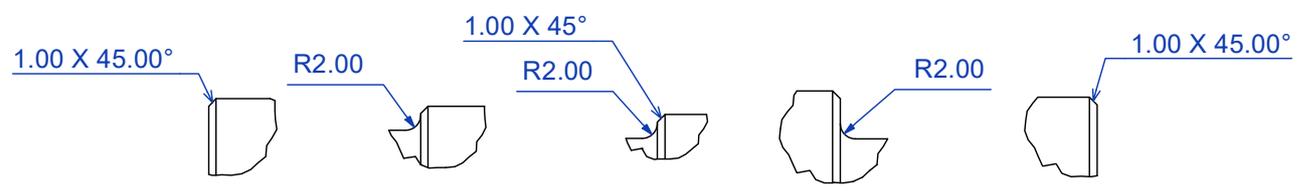
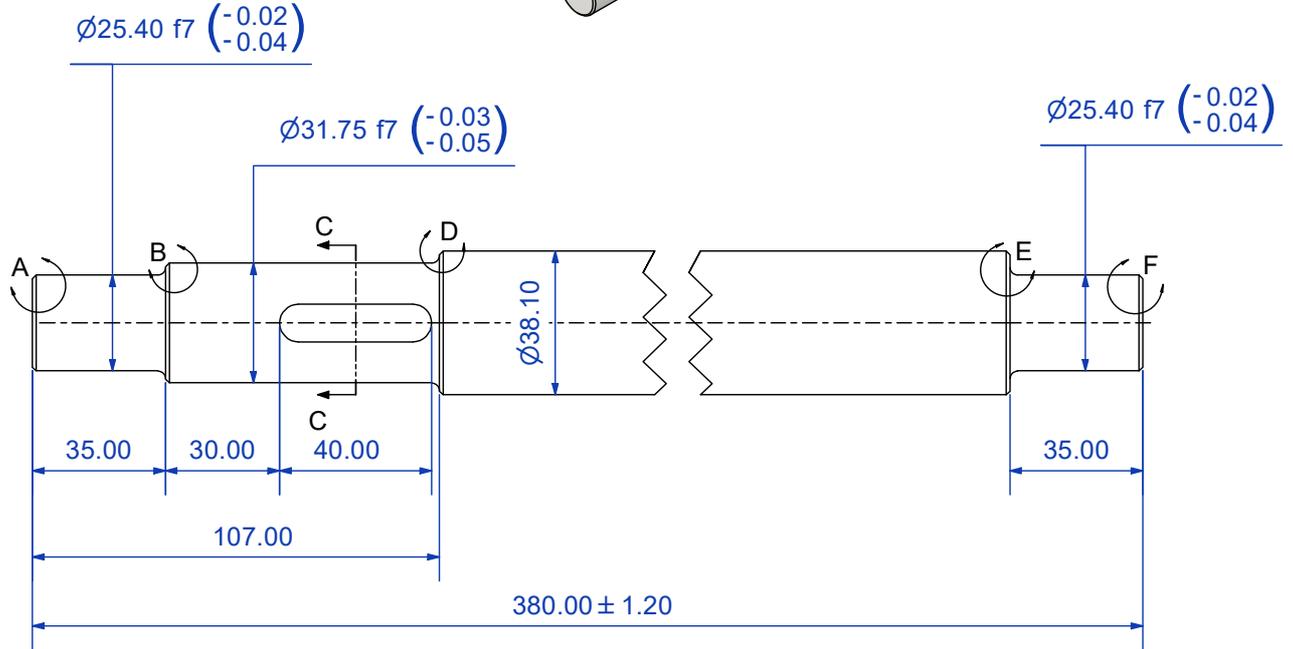
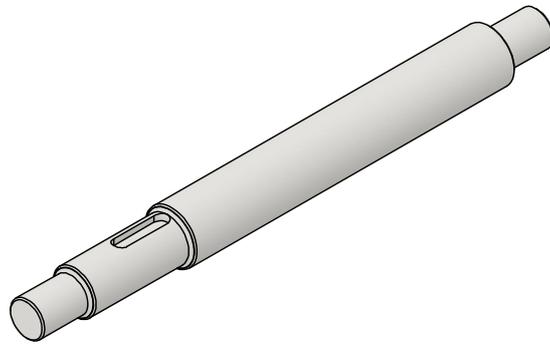


DETALLE P
2 : 1

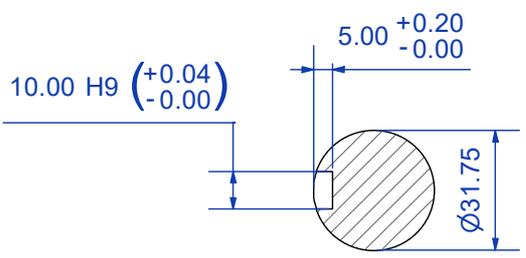


T-T
1 : 1

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1 : 1	Dis.	Carlos Pallo
AISI 304/SAE 1018			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ± 0.50			EJE PARA APOYOS	
		TR-P: 02.00.06		Fecha: 8/2/2022

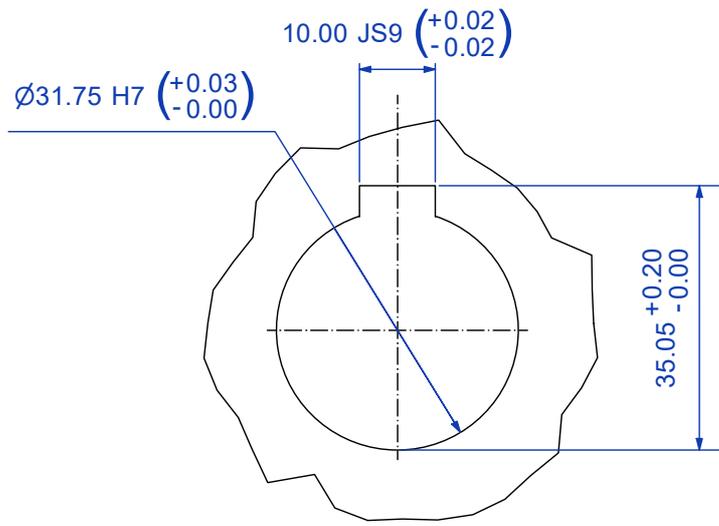
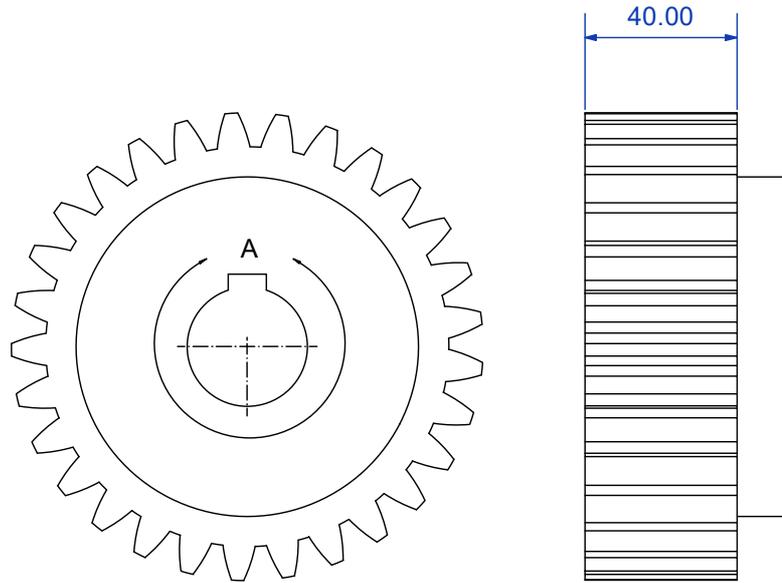


DETALLE A 1:1 DETALLE B 1:1 DETALLE D 1:1 DETALLE E 1:1 DETALLE F 1:1



C-C 1:2

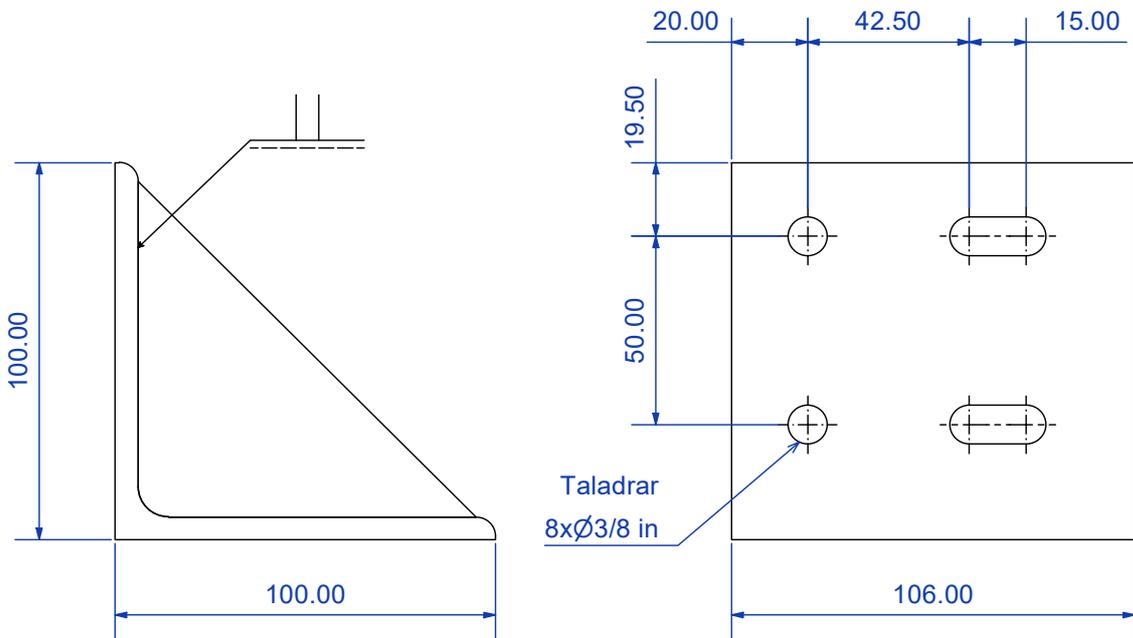
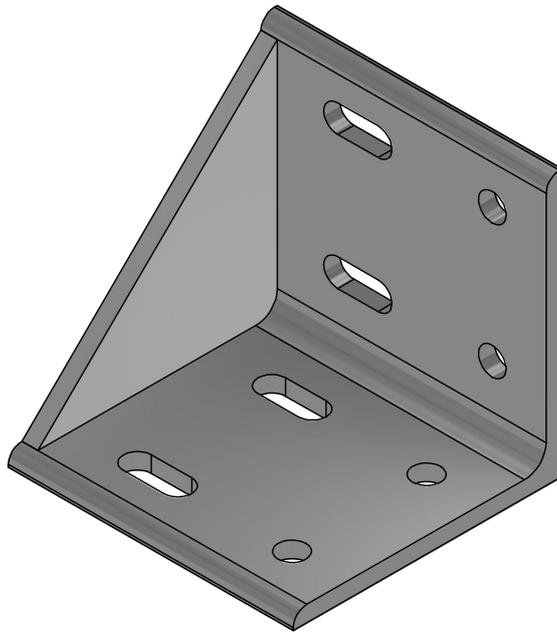
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1:2	Dis.	Carlos Pallo
SAE 1018			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50				
EJE COMPUERTA		TR-P: 02.00.07		Fecha: 13/1/2022



DETALLE A
1 : 1

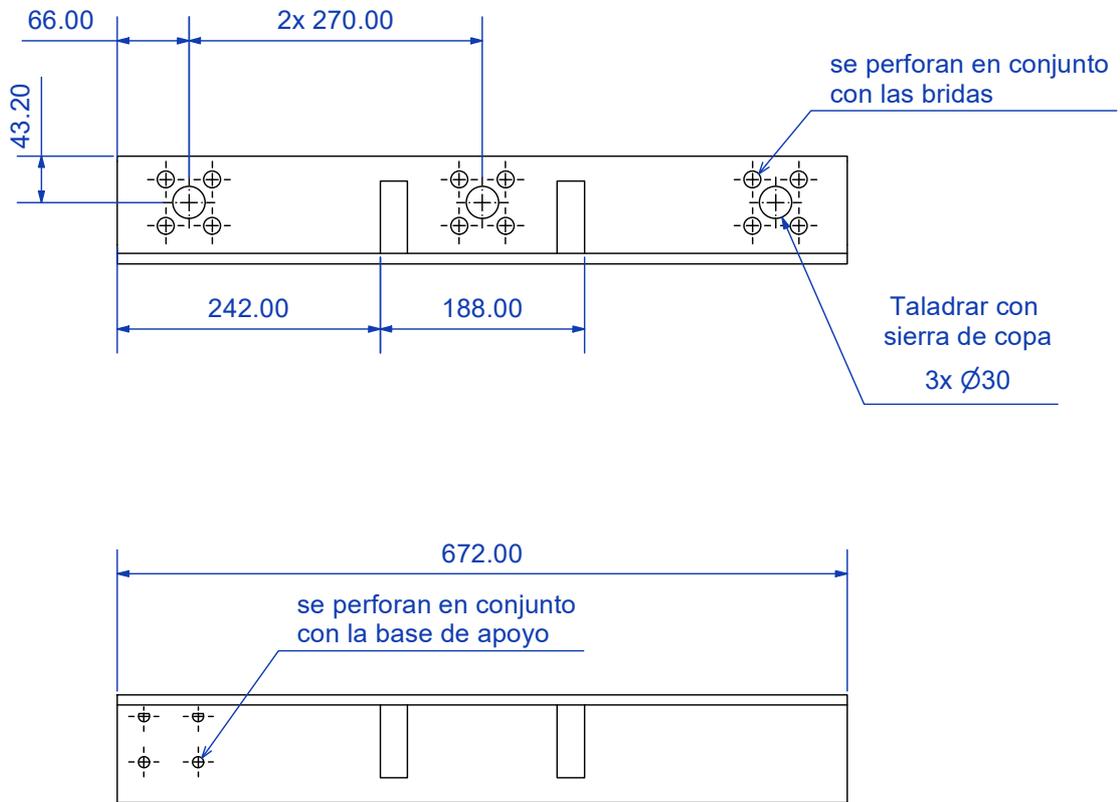
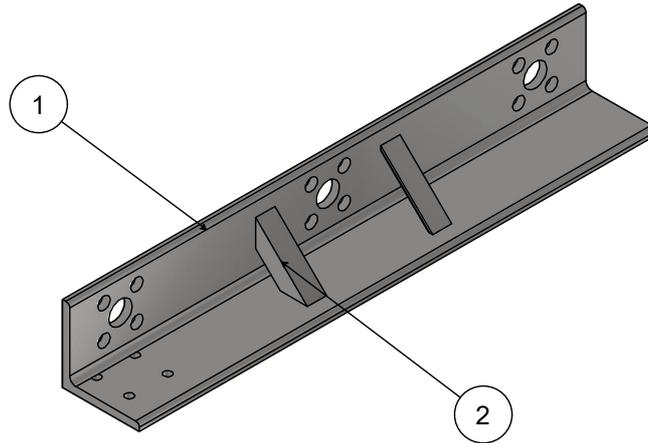
Engrane comercial
 Maquinar el agujero para eje y chaveta
 Modulo:4
 Ángulo de presión: 20°
 N° de dientes: 29

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL UNI C43	Tol. Gral. ±0.50	Escala: 1 : 2	Dis.	Carlos Pallo
			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
			ENGRANE 4/29	

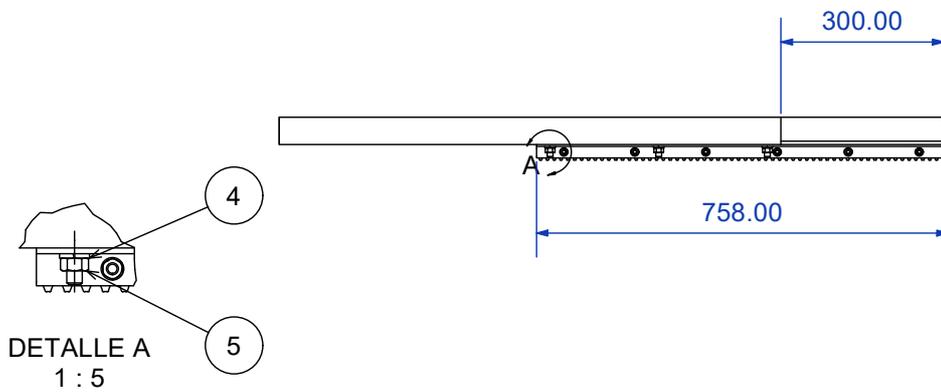
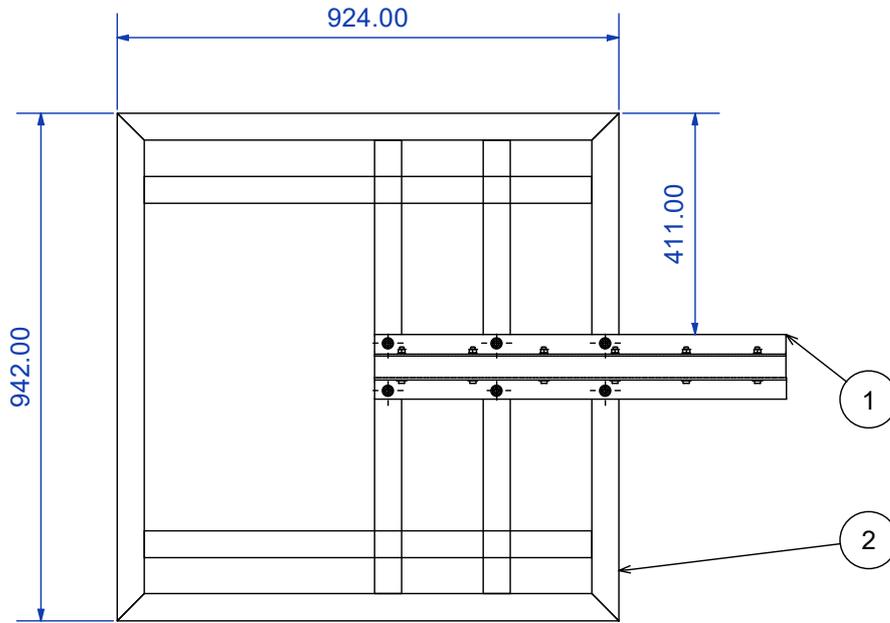
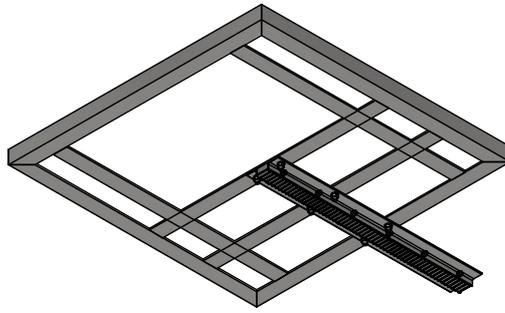


se repite el patrono en las dos caras
haciendo simetría en el vértice

2		Placa 6mm	1	AISI 304	
1		Ángulo 100x6	0.11 m	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
Trat. Térmico		Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
Recubrimiento		Ninguno			
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala:	Dib.
AISI 304			±1.00	1 : 2	Carlos Pallo
					Dis.
					Carlos Pallo
					Rev.
					Ing. Ivan Zambrano MSc.
BASE PARA VIGA				TR-P: 02.00.09	
				Fecha: 7/2/2022	

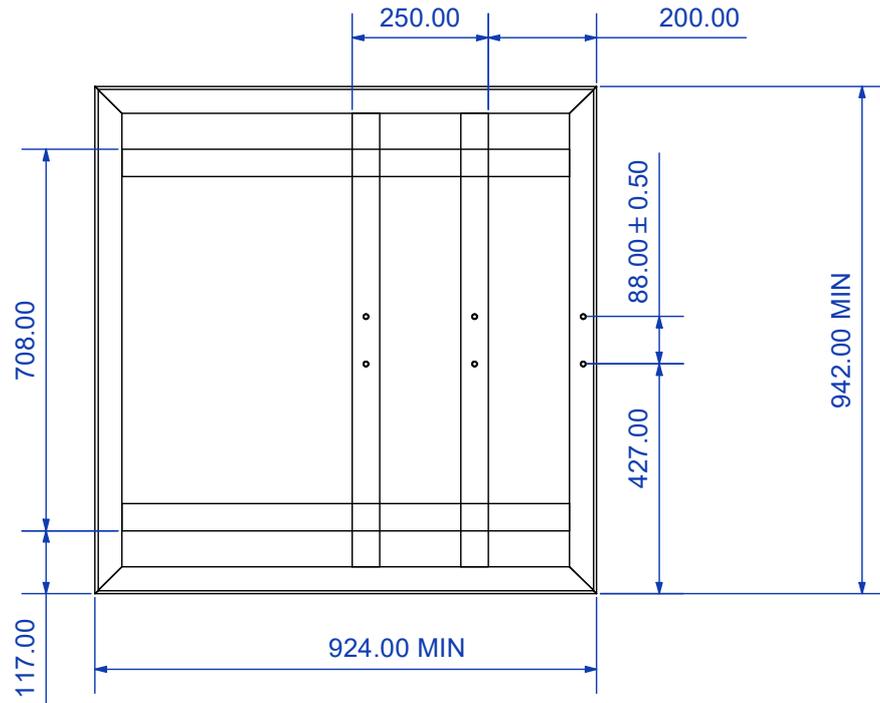
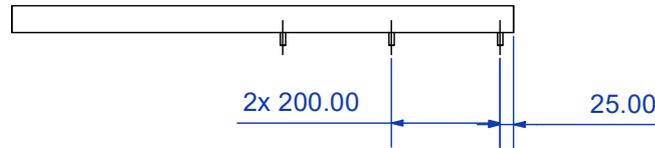
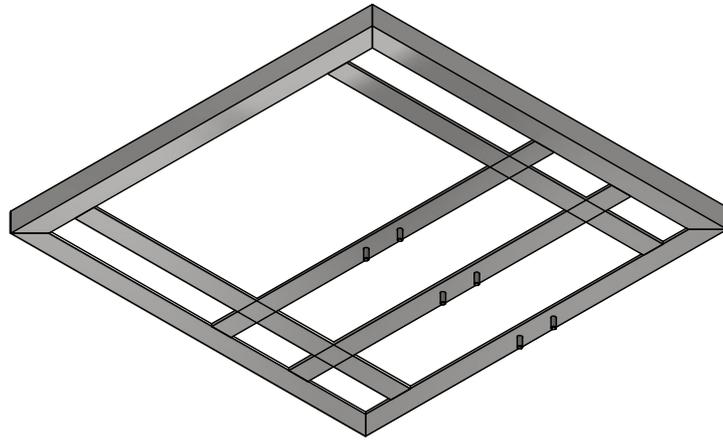


2		Ángulo 25X3	0.2 m	AISI 304	
1		Ángulo 100x6	0.70 m	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
Trat. Térmico		Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
Recubrimiento		Ninguno			
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala:	Dib.
AISI 304			±1.00	1 : 7	Carlos Pallo
					Dis.
					Carlos Pallo
					Rev.
					Ing. Ivan Zambrano MSc.
VIGA APOYO INTERIOR				TR-P: 02.00.10	
				Fecha: 7/2/2022	

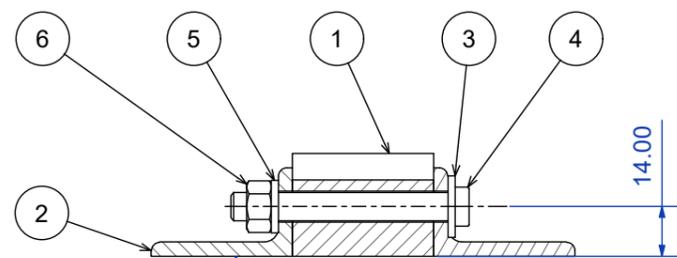
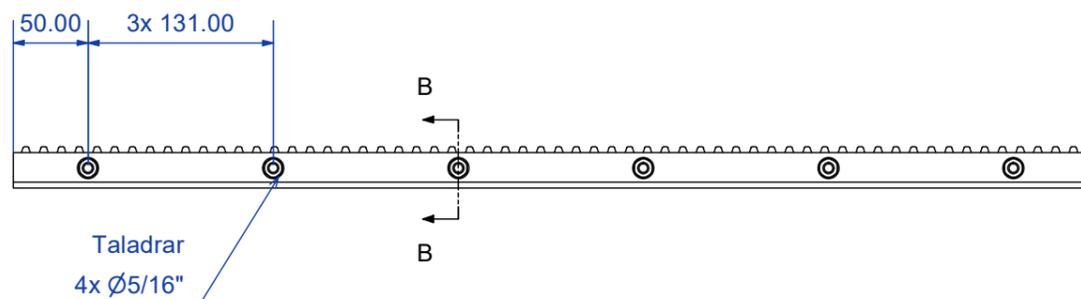
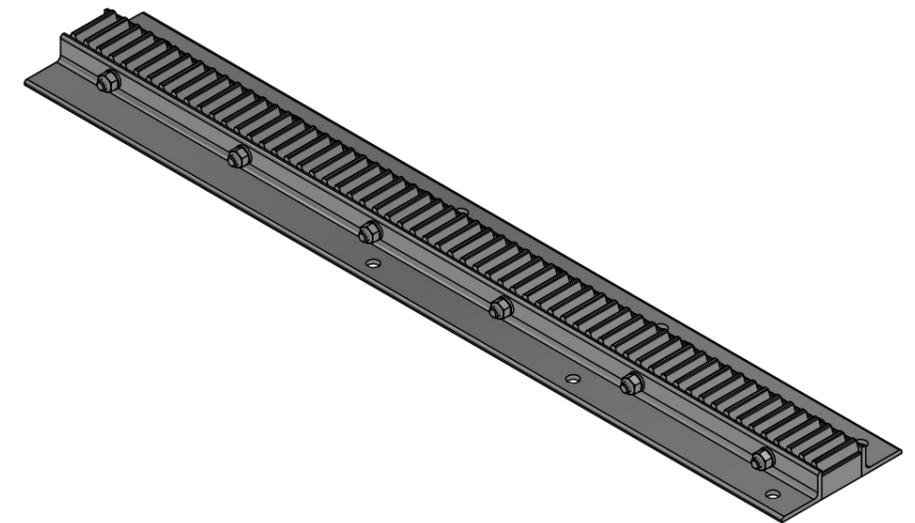
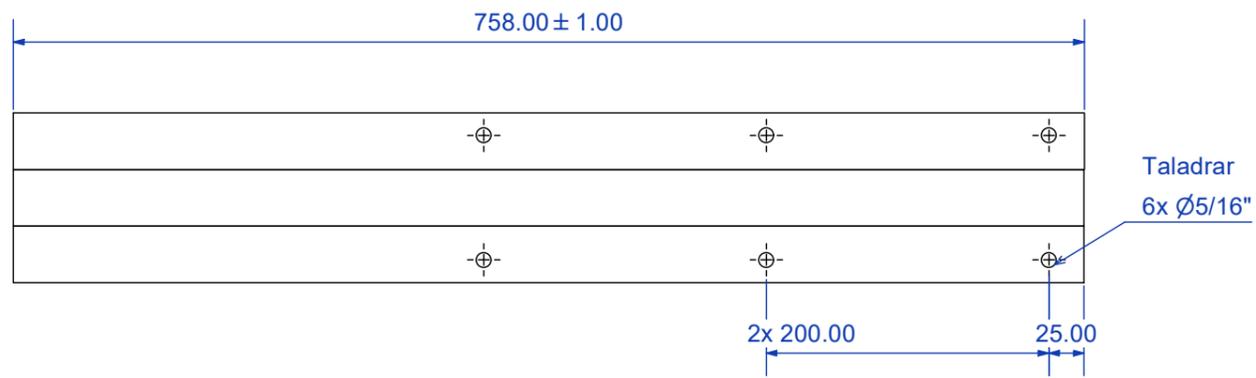


DETALLE A
1 : 5

4		Tuerca hex.de seguridad 3/8"	ASTM F594	4	AISI 304	
3		Arandela plana 3/8"	ASME B18.21.1	4	AISI 304	
2		Conjunto cremallera	02.01.02	1	SAE J 403 1008	
1		Marco estructura	02.01.01	1	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Carlos Pallo	Escala: 1 : 14
				Dis.	Carlos Pallo	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
MARCO COMPUERTA				TR-P: 02.01.00		Fecha: 11/1/2022



3		Esparragos 3/8"x1"	6	AISI 304	
2		Ángulo 25x40x4	3.50m	AISI 304	
1		Pletina 50x5	4.20m	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
Trat. Térmico		Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
Recubrimiento		Ninguno			
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala:	Dib.
AISI 304			±1.00	1 : 14	Carlos Pallo
					Dis.
					Carlos Pallo
					Rev.
					Ing. Ivan Zambrano MSc.
MARCO ESTRUCTURA				TR-P: 02.01.01	
				Fecha: 7/2/2022	



Ángulos se perforan en conjunto con la cremallera como guía

B-B
1 : 2

6		Perno allen 5/16"x2 1/2"	12	AISI 304	
5		Arandela plana 5/16"	12	AISI 304	
4		Tuerca hex. 5/16"	12	AISI 304	
3		Arandela de presión 5/16"	12	AISI 304	
2		Ángulo 25x40x4	2.20 m	SAE J 403 1008	
1		Cremallera	1.10 m	SAE J 403 1008	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN

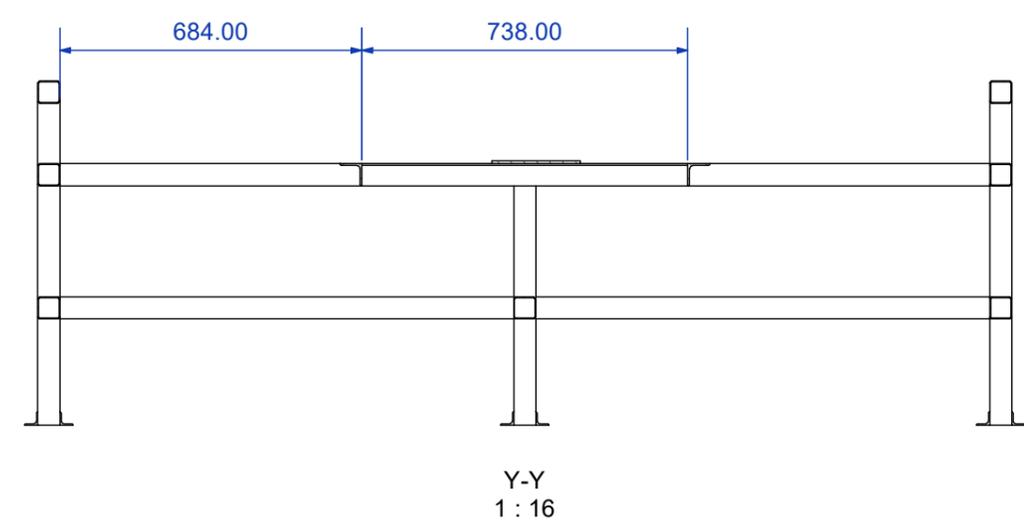
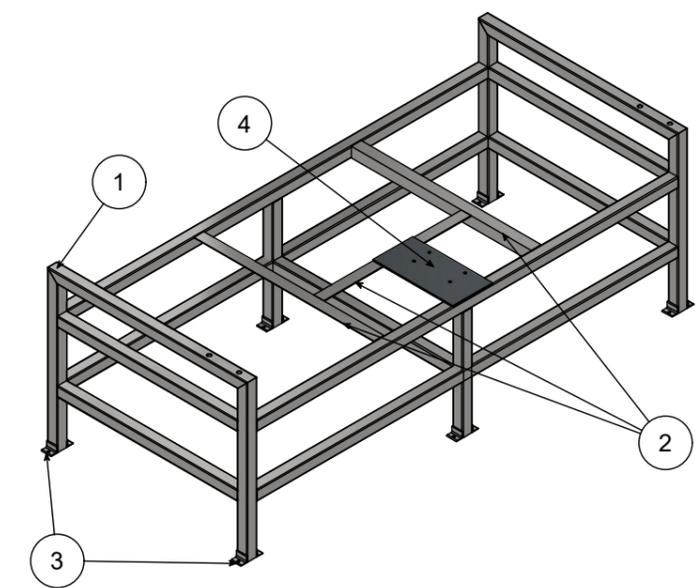
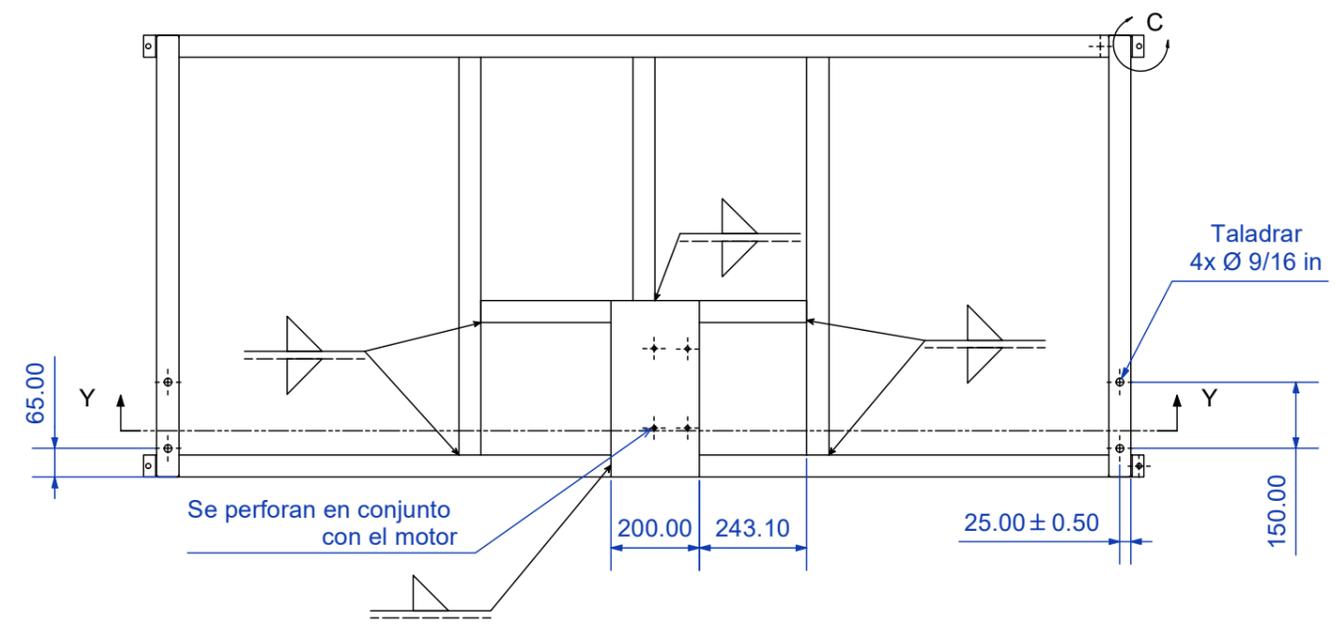
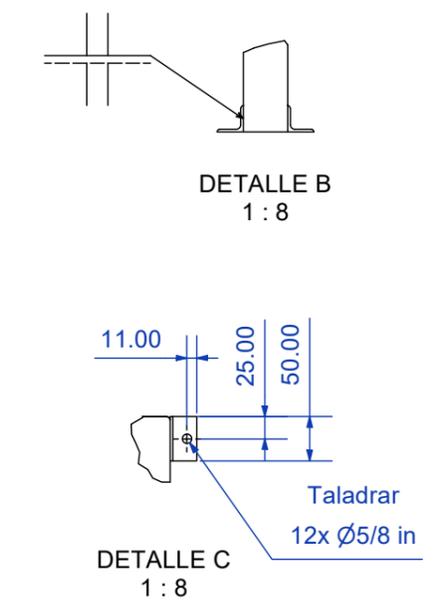
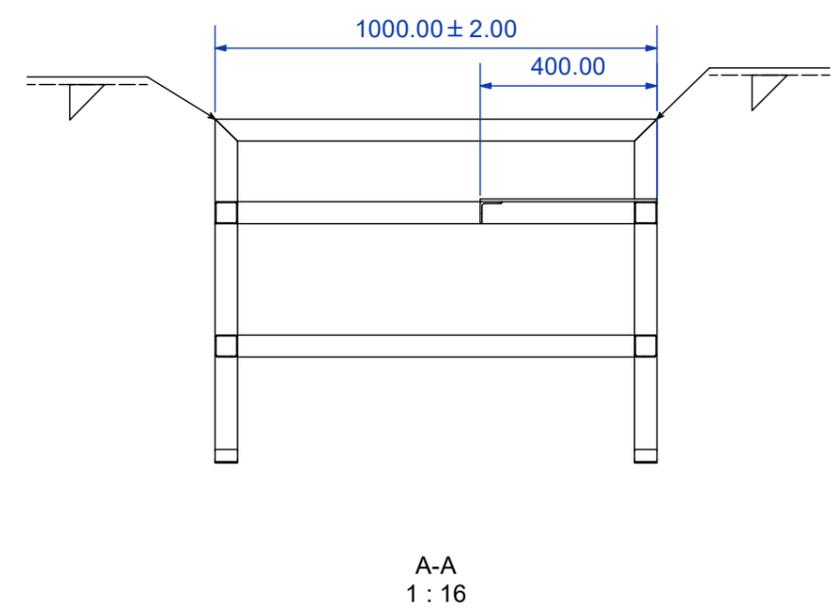
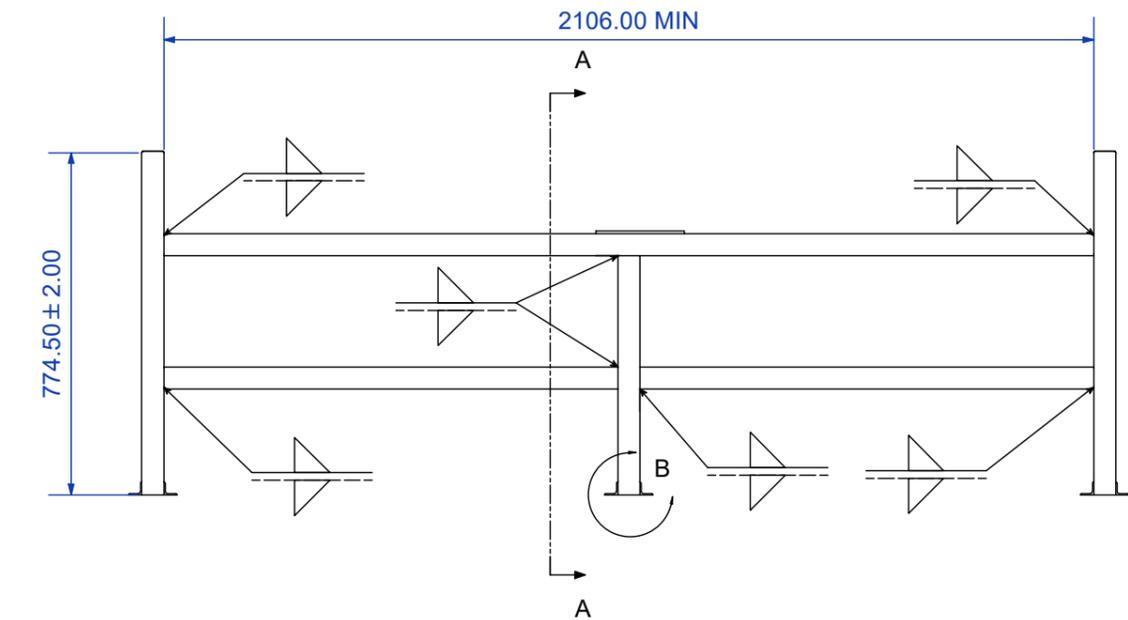
Trat. Térmico	Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno					
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala: 1 : 5	Dib.	Carlos Pallo
SAE J 403 1008			±0.50		Dis.	Carlos Pallo
						Rev.

CONJUNTO CREMALLERA

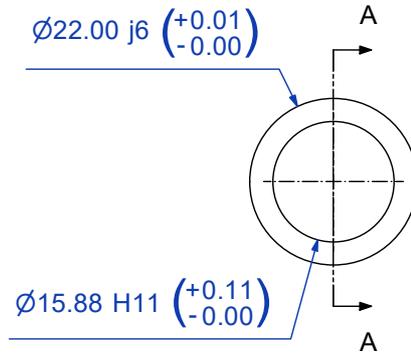
TR-P: 02.01.02

Fecha:
7/2/2022

Cremallera comercial
Modulo:4
Ángulo de presión: 20°
Nº de dientes: 85

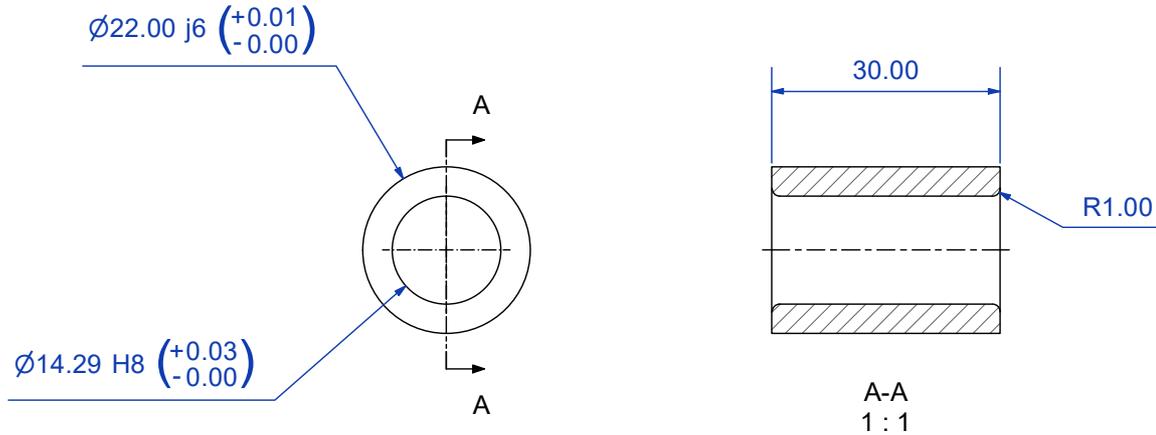


4		Placa 6mm	1	SAE J 403 1008	
3		Ángulo 30x4	0.60 m	SAE J 403 1008	
2		Ángulo 40x3	2.70 m	SAE J 403 1008	
1		Tubo cuadrado 40x2	19.20 m	SAE J 403 1008	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
Trat. Térmico		Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
Recubrimiento		Ninguno			
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala: 1 : 16	Dib.
SAE J 403 1008			±1.00		Dis.
ESTRUCTURA EXTERIOR				TR-MR: 02.00.01	Rev.
					Ing. Ivan Zambrano MSc.
				Fecha:	12/1/2022

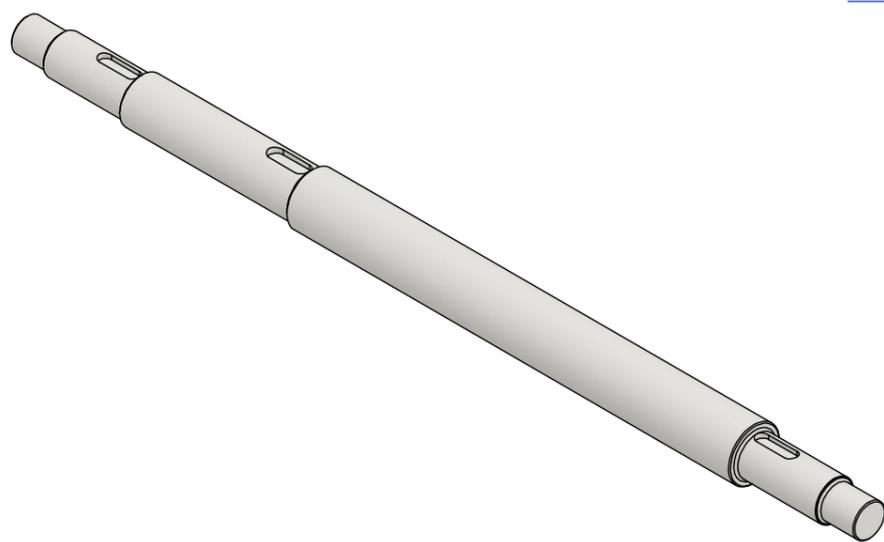
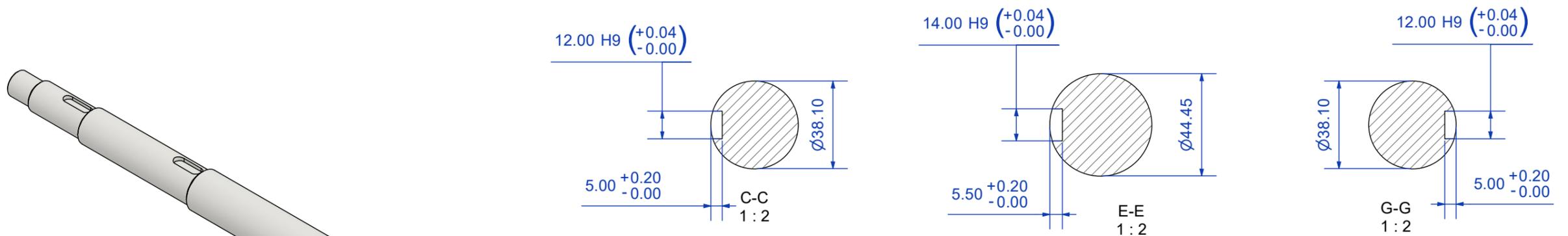
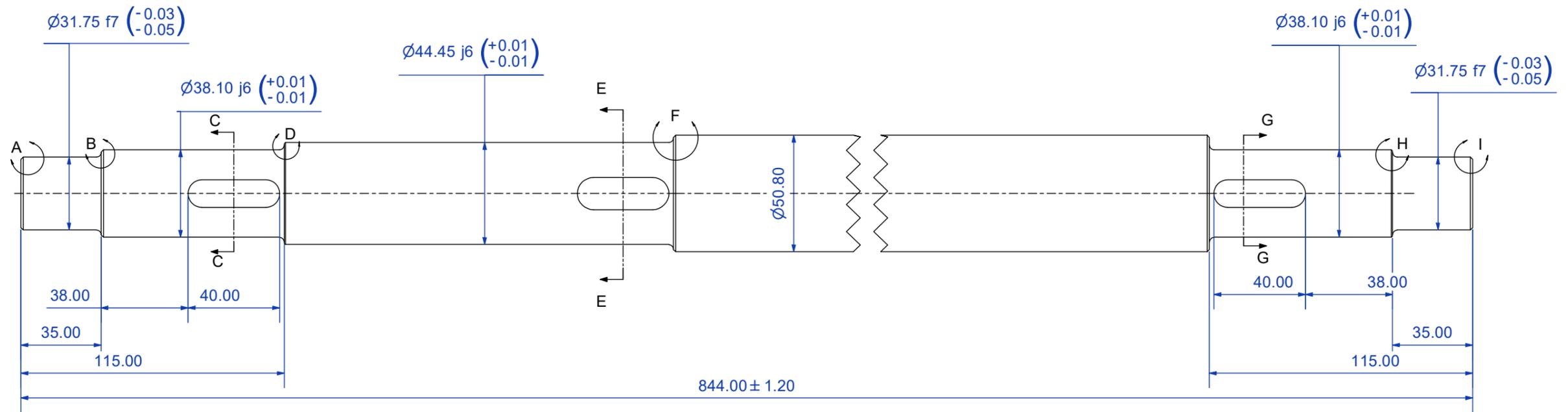


A-A
1 : 1

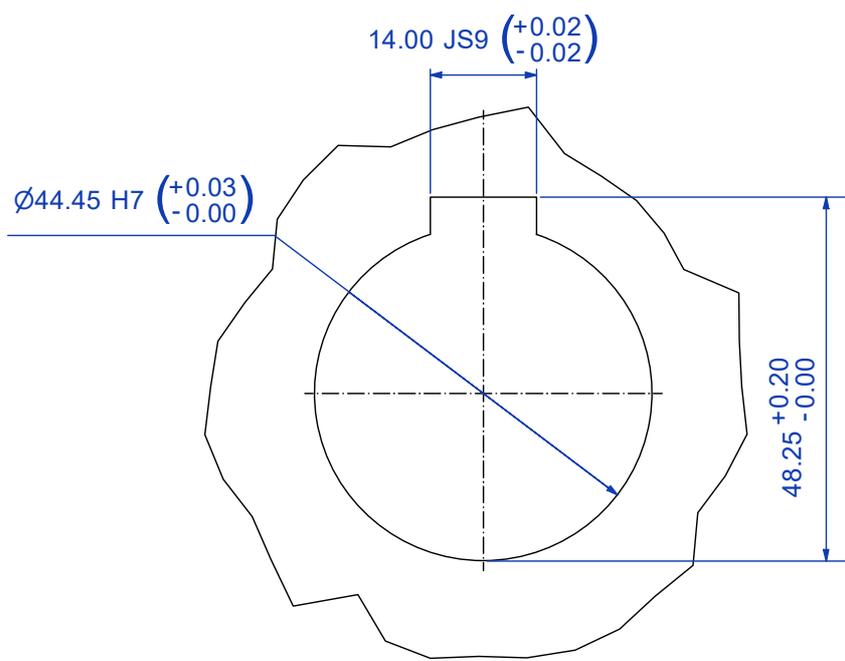
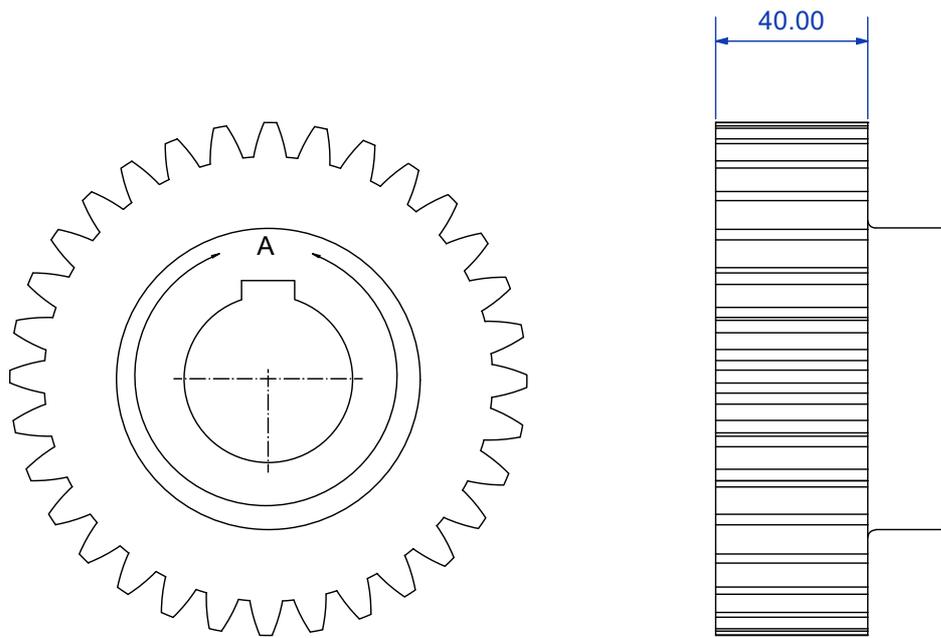
Trat. Térmico	Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno				
MATERIAL		Tol. Gral. ±0.50	Escala: 1 : 1	Dib.	Carlos Pallo
Hierro fundido				Dis.	Carlos Pallo
		Rev.		Ing. Ivan Zambrano MSc.	
BOCÍN DE DESGASTE INFERIOR			TR-MR: 02.00.02		Fecha: 8/2/2022



Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1 : 1	Dis.	Carlos Pallo
Hierro fundido			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			BOCÍN DE DESGASTE LATERAL	
		TR-MR: 02.00.03		Fecha: 8/2/2022



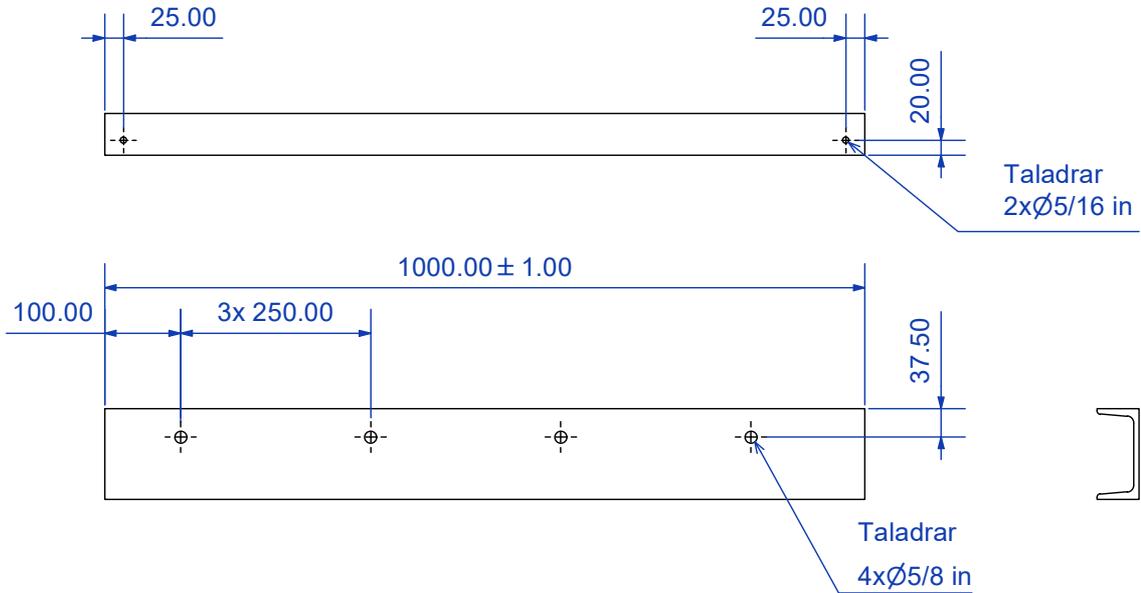
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Carlos Pallo
SAE 1018			Tol. Gral.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
			±0.50	
EJE PARA ENGRANES			TR-MR: 02.00.04	Fecha: 13/1/2022



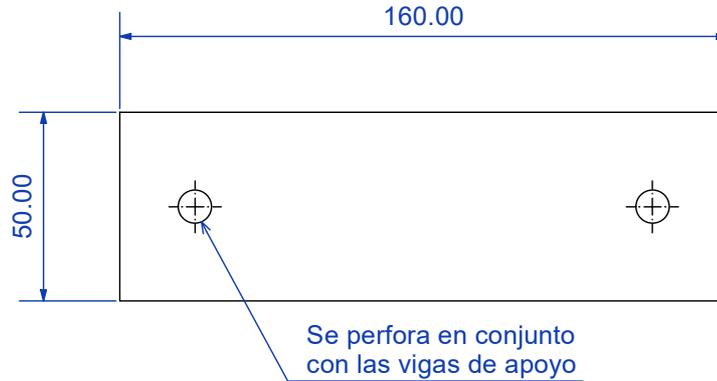
DETALLE A
1 : 1

Engrane comercial
Maquinar el agujero para eje y chaveta
Modulo:4
Ángulo de presión: 20°
N° de dientes: 32

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Carlos Pallo
UNI C43			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50				
ENGRANE 4/32		TR-MR: 02.00.05		Fecha: 7/2/2022

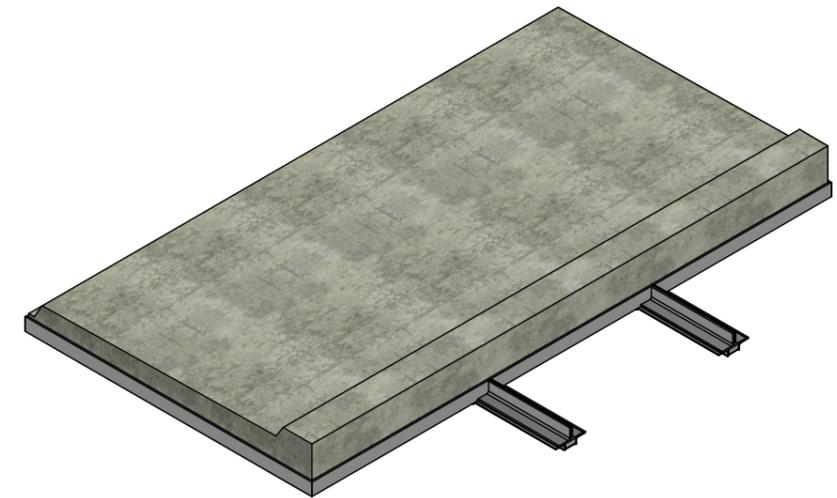
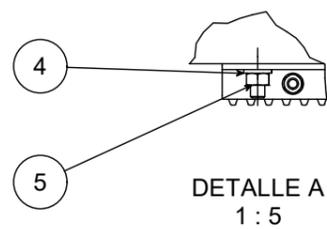
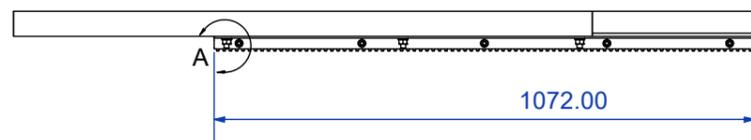
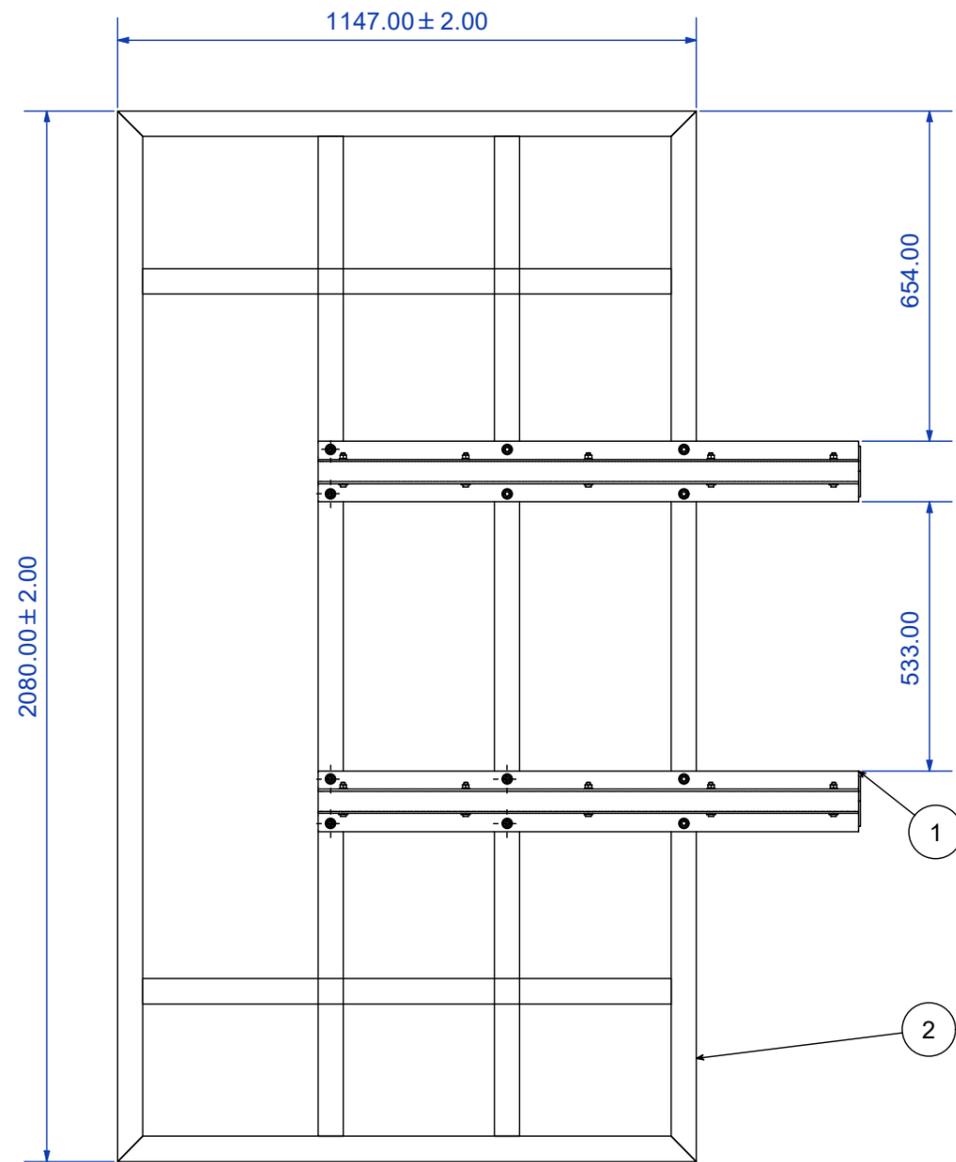


Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL		Escala: 1 : 10	Dis.	Carlos Pallo
ENS 355J2			Tol. Gral.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
			±0.50	
VIGA DE APOYO		TR-MR: 02.00.06		Fecha: 17/7/2021

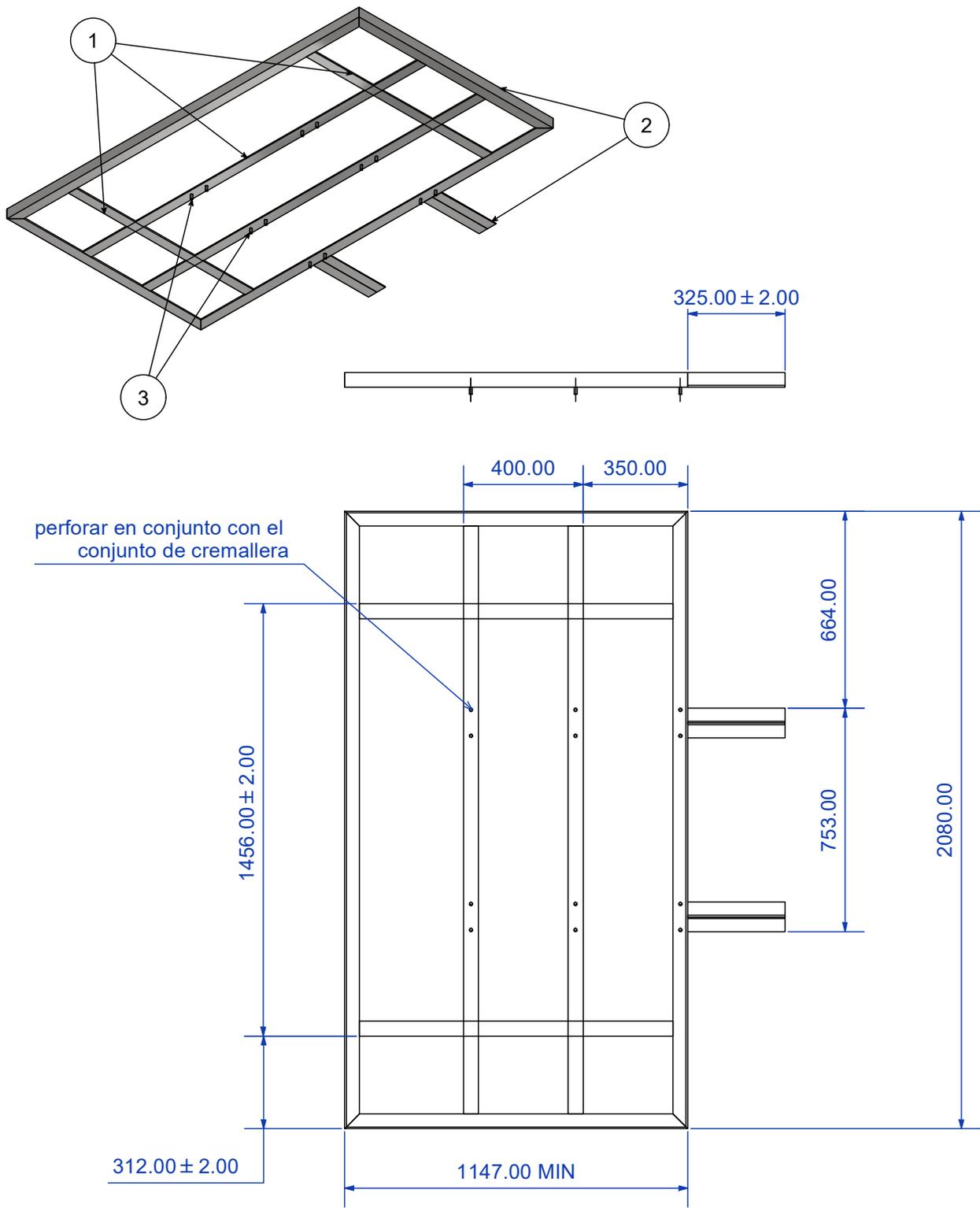


Espesor: 5mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Carlos Pallo	
MATERIAL		Tol. Gral. ±1.00	Escala:	Dis.	
AISI 304			1 : 2	Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
PLACA UNIÓN APOYOS			TR-MR: 02.00.07		Fecha:
		1/2/2021			

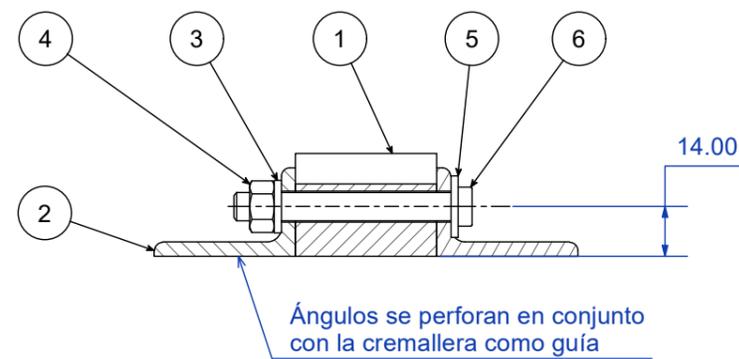
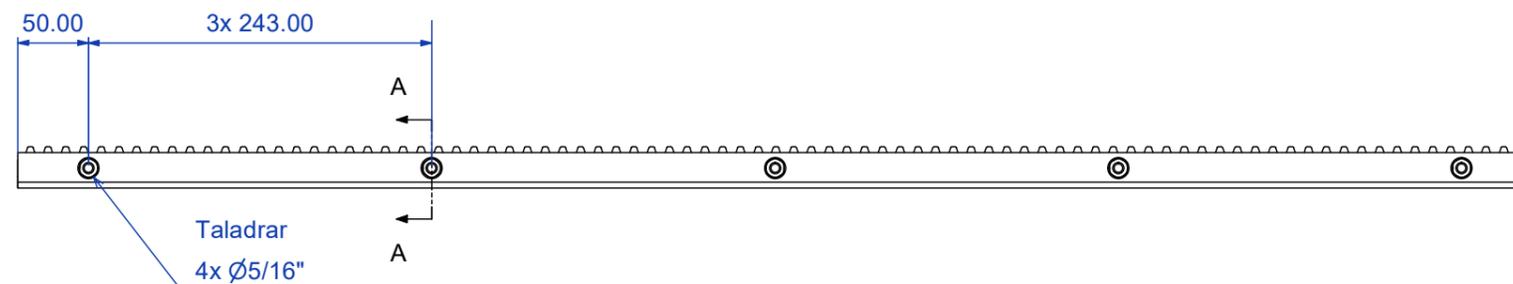
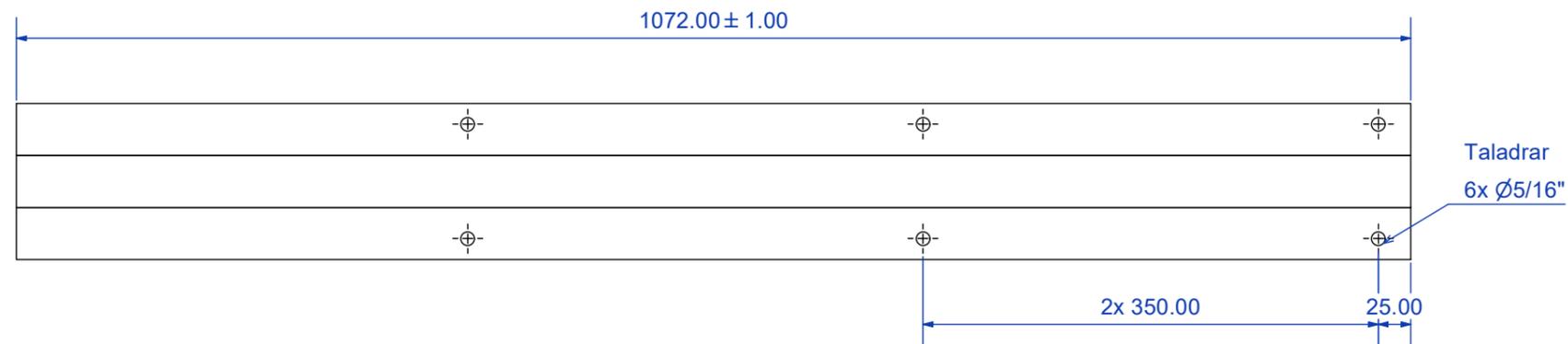
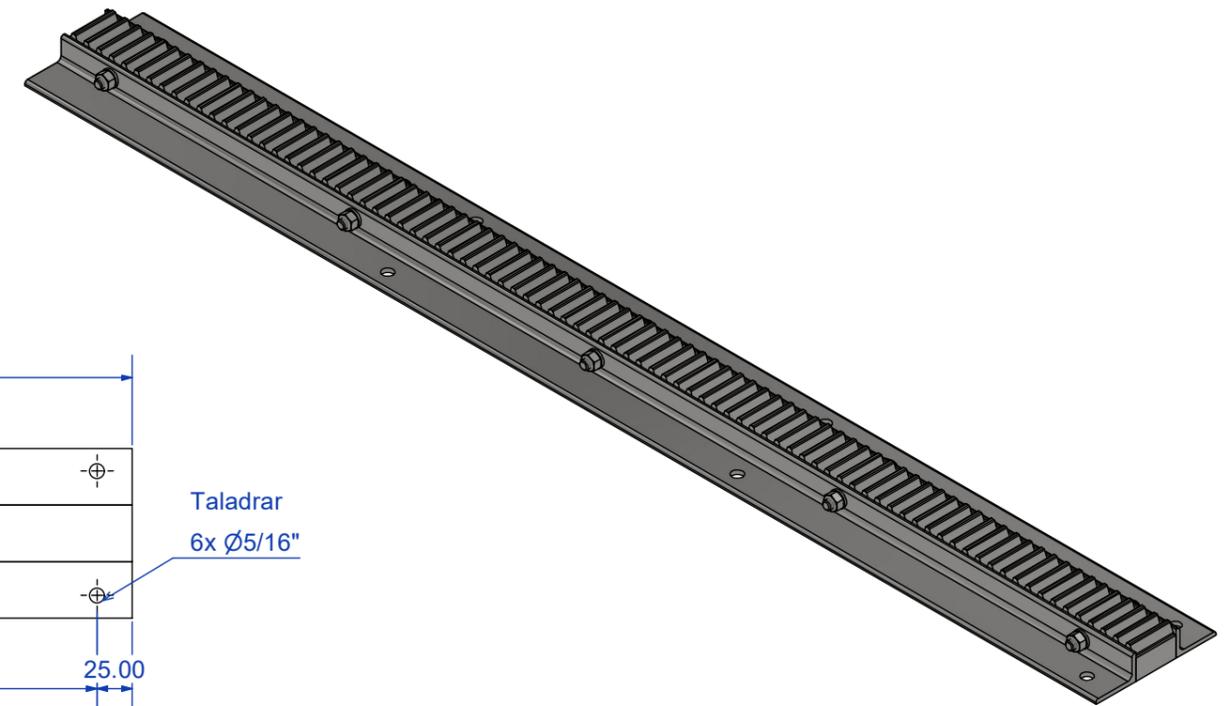


4		Tuerca hex.de seguridad 3/8"	ASTM F594	4	AISI 304		
3		Arandela plana 3/8"	ASME B18.21.1	4	AISI 304		
2		Conjunto cremallera	02.01.02	1	SAE J 403 1008		
1		Marco estructura	02.01.01	1	AISI 304		
N°	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN	
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Carlos Pallo	Escala: 1 : 14	
				Dis.	Carlos Pallo		
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.		
MARCO COMPUERTA					TR-EPN: 210		Fecha: 11/1/2022



3		Esparragos 3/8"x1"	12	AISI 304	
2		Ángulo 25x40x4	6.00m	AISI 304	
1		Pletina 50x5	6.50m	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN

Trat. Térmico		Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento		Ninguno			Dib.	Carlos Pallo
MATERIAL			Tol. Gral.	Escala:	Dis.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
AISI 304			±1.00	1 : 20	Rev.	
MARCO ESTRUCTURA				TR-MR: 02.01.01		Fecha: 7/2/2022



A-A
1 : 2

6		Perno allen 5/16"x2 1/2"	10	AISI 304	
5		Arandela plana 5/16"	10	AISI 304	
4		Tuerca hex. 5/16"	10	AISI 304	
3		Arandela de presión 5/16"	10	AISI 304	
2		Ángulo 25x40x4	2.20 m	SAE J 403 1008	
1		Cremallera	1.10 m	SAE J 403 1008	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN

Trat. Térmico	Ninguno		EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno				
MATERIAL	AISI 304/SAE J 403 1008		Tol. Gral. ±0.50	Escala: 1 : 5	Dib. Carlos Pallo Dis. Carlos Pallo Rev. Ing. Ivan Zambrano MSc.
CONJUNTO CREMALLERA			TR-MR: 02.01.02		Fecha: 7/2/2022

Cremallera comercial
Modulo:4
Ángulo de presión: 20°
Nº de dientes: 85

ANEXO XVII.

ANEXO XVII. Costos de los 3 módulos de la máquina de recolección y molienda.

Elementos normalizados:

Tabla 3.1. Costos elementos normalizados.

Elemento	Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 1			
Perno 1/2" x 2 1/2"	48	\$ 0,15	\$ 7,20
Arandela de presión 1/2"	48	\$ 0,05	\$ 2,40
Tuerca hexagonal 1/2"	48	\$ 0,25	\$ 12,00
Perno 9/16" x 5"	4	\$ 0,25	\$ 1,00
Arandela plana 9/16"	8	\$ 0,05	\$ 0,40
Tuerca hexagonal 9/16"	4	\$ 0,30	\$ 1,20
Arandela plana M16	12	\$ 0,05	\$ 0,60
Espárragos 3/8" x 1"	6	\$ 0,20	\$ 1,20
Arandela de presión 3/8"	6	\$ 0,05	\$ 0,30
Tuerca hexagonal 3/8"	6	\$ 0,18	\$ 1,08
Pasadores de horquilla de 5 [mm]	12	\$ 0,30	\$ 3,60
Engrane	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Moto-reductor	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Módulo 2			
Cadena	6	\$ 1,35	\$ 8,10
Piñones	4	\$ 5,79	\$ 23,16
Chumacera de pared de 3/4"	2	\$ 3,10	\$ 6,20
Chumacera de pared de 12 [mm]	2	\$ 2,87	\$ 5,74
Perno 5/16" x 1"	12	\$ 0,10	\$ 1,20
Arandela plana 5/16"	50	\$ 0,05	\$ 2,50
Arandela de presión 5/16"	50	\$ 0,05	\$ 2,50
Tuerca hexagonal 5/16"	50	\$ 0,12	\$ 6,00
Tuerca hexagonal cabeza de bola M10	16	\$ 0,30	\$ 4,80
Arandela plana M10	16	\$ 0,05	\$ 0,80
Arandela de presión M10	16	\$ 0,05	\$ 0,80
Perno M10 x 30 [mm]	16	\$ 0,25	\$ 4,00
Perno 5/16" x 3/4"	42	\$ 0,10	\$ 4,20
Perno cabeza redonda M3	28	\$ 0,08	\$ 2,24
Tuerca de seguridad M3	28	\$ 0,20	\$ 5,60
Moto-reductor	1	\$ 490,00	\$ 490,00
Módulo 3			
Molino eléctrico de rodillos	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Perno cabeza-avellanada 5/16" x 3/4"	4	\$ 0,10	\$ 0,40
Arandela plana 5/16"	4	\$ 0,05	\$ 0,20
Arandela de presión 5/16"	8	\$ 0,05	\$ 0,40

Tuerca hexagonal 5/16"	8	\$ 0,20	\$ 1,60
Perno 5/16" x 3/4"	4	\$ 0,10	\$ 0,40
TOTAL			\$ 1.521,82

Fuente: [Propia]

Materiales

Tabla 3.2. Costos materiales.

Elemento	Dimensión	Material	Cant.	u.	P unitario	TOTAL
Módulo 1						
Plancha	3 [mm]	AISI-304	0,08	m ²	\$ 165,10	\$ 13,21
Plancha	6 [mm]	AISI-304	0,07	m ²	\$ 330,09	\$ 21,46
Ángulo	50x50x6 [mm]	AISI-304	8,00	m	\$ 30,80	\$ 246,40
Ángulo	100x100x6 [mm]	AISI-304	1,45	m	\$ 55,50	\$ 80,48
Tubo cuadrado	40x2 [mm]	A-36	6,00	m	\$ 4,45	\$ 26,70
Ángulo	40x40x4 [mm]	A-36	3,00	m	\$ 3,16	\$ 9,48
Barra de hierro fundido	Ø=1 [in]	AISI-304	0,10	m	\$ 0,25	\$ 0,03
Eje inoxidable	Ø=1 1/4 [in]	AISI-304	0,10	m	\$ 25,00	\$ 2,50
Eje de transmisión	Ø=1 [in]	SAE 1018	0,56	m	\$ 18,17	\$ 10,18
Módulo 2						
Plancha	1,2 [mm]	AISI-304	0,11	m ²	\$ 45,36	\$ 4,99
Plancha	2 [mm]	AISI-304	1,20	m ²	\$ 110,03	\$ 132,04
Plancha	3 [mm]	AISI-304	0,23	m ²	\$ 165,10	\$ 37,97
Plancha	4 [mm]	AISI-304	0,05	m ²	\$ 220,06	\$ 11,00
Plancha	6 [mm]	AISI-304	0,03	m ²	\$ 330,09	\$ 9,90
Tubo cuadrado	20x1,2 [mm]	A-36	4,00	m	\$ 3,48	\$ 13,92
Ángulo	30x30x4 [mm]	A-36	3,34	m	\$ 2,95	\$ 9,85
Eje	Ø=1 [in]	AISI-304	0,80	m	\$ 25,00	\$ 20,00
Módulo 3						
Plancha	1,2 [mm]	AISI-304	0,1	m ²	\$ 45,36	\$ 4,99
Plancha	4 [mm]	AISI-304	0,05	m ²	\$ 220,06	\$ 11,00
TOTAL						\$ 666,09

Fuente: [Propia]

Mano de obra

Tabla 3.3. Costos mano de obra.

Operación		Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 1				
Maquinado	Taladro	18,5	\$ 5,00	\$ 92,50
Maquinado	Torno	30	\$ 20,00	\$ 600,00
Maquinado	Fresadora	0,5	\$ 25,00	\$ 12,50
Corte	Amoladora	9	\$ 5,00	\$ 45,00
Pulido	Amoladora	12	\$ 2,00	\$ 24,00
Corte	Cizalla	9	\$ 0,50	\$ 4,50
Soldadura	GTAW	5,50	\$ 12,00	\$ 66,00
Soldadura	TIG	6,00	\$ 20,00	\$ 120,00
Operario General		34	\$ 2,00	\$ 68,00
Módulo 2				
Maquinado	Taladro	9,75	\$ 5,00	\$ 48,75
Maquinado	Torno	6,00	\$ 20,00	\$ 120,00
Maquinado	Fresadora	1,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Corte	Corte laser	2,00	\$ 20,00	\$ 40,00
Corte	Amoladora	12,50	\$ 5,00	\$ 62,50
Pulido	Amoladora	11,00	\$ 2,00	\$ 22,00
Corte	Cizalla	100,00	\$ 0,50	\$ 50,00
Doblado	Dobladora	37,00	\$ 1,00	\$ 37,00
Soldadura	GTAW	5,50	\$ 12,00	\$ 66,00
Operario General		12,00	\$ 2,00	\$ 24,00
Módulo 3				
Maquinado	Taladro	1,00	\$ 5,00	\$ 5,00
Corte	Amoladora	3,00	\$ 5,00	\$ 15,00
Pulido	Amoladora	3,00	\$ 2,00	\$ 6,00
Corte	Cizalla	6,00	\$ 0,50	\$ 3,00
Doblado	Dobladora	13,00	\$ 1,00	\$ 13,00
Soldadura	TIG	2,00	\$ 20,00	\$ 40,00
Operario General		1,50	\$ 2,00	\$ 3,00
TOTAL				\$ 1.612,75

Fuente: [Propia]

Se observa que los costos más elevados están relacionados al uso de acero inoxidable, ya que, al ser un acero duro, tanto el mecanizado como las operaciones de desbaste incrementan significativamente comparado con el acero A36 (relación de 3:1 generalmente).

Costo total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados

Tabla 3.4. Costos total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados.

Costo del Módulo 1 (\$)	1907,82
Costo del Módulo 2 (\$)	1302,77
Costo del Módulo 3 (\$)	553,99
SUBTOTAL (\$)	3764,58
Costo de Montaje (10%)	376,46
Costo de Diseño (30%)	1129,38
Utilidad (10%)	376,46
Imprevistos	376,46
COSTO TOTAL DE LA MAQUINA (\$)	6023,34

Fuente: [Propia]