



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULVERIZADORA PARA
EL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ESPOCH**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUIMICO

AUTORES:

KEVIN JOSUETH CUZCO CASCANTE

ISMAEL PATRICIO ZUÑIGA CAPELO

DIRECTOR: Ing. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Kevin Josueth Cuzco Cascante – Ismael Patricio Zúñiga Capelo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Kevin Josueth Cuzco Cascante, Ismael Patricio Zuñiga Capelo, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de junio de 2023



Kevin Josueth Cuzco Cascante

060476380-5

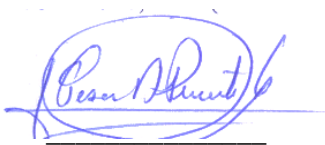




Ismael Patricio Zuñiga Capelo

060470142-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULVERIZADORA PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA ESPOCH**, realizado por los señores: **KEVIN JOSUETH CUZCO CASCANTE e ISMAEL PATRICIO ZUÑIGA CAPELO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro, PHD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-27
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-27
Ing. Mónica Lilian Andrade Avalos, MsC. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-27

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a mis padres quienes han sido un pilar fundamental en este proceso de formación de estudios, y a mis hermanos que siempre me han apoyado, a mis abuelitos que siempre me han dado su apoyo y cariño y a mis amigos que siempre estuvieron presentes en mi vida llenándola de amor, por todas estas personas he llegado a ser lo que soy.

Kevin

Es de mi inmensa alegría y gratitud que les dedico este trabajo de integración curricular a mis queridos amigos y amada familia. A lo largo de mi trayectoria académica, ustedes han sido mis pilares constantes de apoyo, aliento e inspiración. Su creencia inquebrantable en mis habilidades ha alimentado mi determinación de buscar la excelencia en el campo elegido. Este trabajo representa la culminación de incontables horas de investigación, análisis y creatividad.

Ismael

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que siempre guía mi camino, a mis padres quienes siempre me han dado su apoyo incondicional, a mis hermanos, abuelitos que siempre me dieron la fuerza para salir adelante, a los docentes de la carrera los cuales formaron parte importante de mi vida académica en especial a nuestro director el Ing. Marcos Chuiza y a nuestra asesora la Ing. Mónica Andrade que han sido guías fundamentales en la realización de este proyecto, y por último agradecer a mis amigos que han sido una pieza fundamental en la vida universitaria superándonos académicamente, y finalmente a mi mejor amigo que siempre me apoyo y me guio mi camino dándome apoyo y su amistad cuando más lo necesitaba.

Kevin

A mis amigos, gracias por estar siempre ahí para mí, tanto como compañeros en este camino académico y como cajas de resonancia de mis ideas. Sus comentarios y debates perspicaces han enriquecido mi comprensión de la vida, y estoy agradecido por el estímulo intelectual que me ha brindado. Para mi familia, las palabras no pueden expresar lo agradecido que estoy por su amor y apoyo inquebrantables. Desde los primeros días de mi educación hasta este mismo momento, ustedes han sido mis mayores animadores. Sus sacrificios y aliento han sido fundamentales para dar forma a la persona que soy hoy. Este trabajo no es solo mío; es un testimonio de nuestro aprendizaje permanente, la curiosidad intelectual y la búsqueda del conocimiento que me han inculcado. Con amor y aprecio sin límites.

Ismael

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes de investigación.....	4
2.2 Referencias teóricas.....	5
2.2.1 Reducción de tamaño.....	5
2.2.2 Pulverización.....	5
2.2.3 Tipos de pulverización.....	5
2.2.4 Molino pulverizador.....	6
2.2.5 Tipos de Molinos Pulverizadores.....	6
2.2.5.1 De martillos.....	6
2.2.5.2 De aspas o cuchillas.....	7
2.2.5.3 De bolas.....	8
2.2.5.4 De pines.....	8
2.2.6 Partes de un molino pulverizador de pines.....	9
2.2.6.1 Cámara de molienda.....	9
2.2.6.2 Alimentación.....	9

2.2.6.3	<i>Recolector de Polvos</i>	9
2.2.6.4	<i>Compuerta</i>	10
2.2.6.5	<i>Pines</i>	10
2.2.6.6	<i>Eje</i>	10
2.2.6.7	<i>Rodamiento</i>	11
2.2.6.8	<i>Soporte de Rodamientos</i>	11
2.2.6.9	<i>Criba</i>	11
2.2.7	<i>Aplicación de la reducción de tamaño “Molino de Pines”</i>	11
2.2.8	<i>Factor de seguridad</i>	12

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLOGICO	
3.1	Localización del proyecto	13
3.2	Tipo de estudio	13
3.3	Método sistemático	14
3.4	Caracterización de la materia prima	14
3.4.1	<i>Maíz</i>	14
3.4.2	<i>Arveja</i>	16
3.4.3	<i>Garbanzo</i>	18
3.4.4	<i>Canela</i>	20
3.4.5	<i>Azúcar</i>	21
3.5	Determinación de Variables del Proceso	23
3.5.1	<i>Contenido de Humedad</i>	23
3.5.2	<i>Dureza y estructura del material</i>	24
3.5.3	<i>Alimentación Obstruida</i>	24
3.6	Diseño del equipo de pulverización	24
3.6.1	<i>Selección del material de construcción</i>	24
3.6.2	<i>Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria</i>	24
3.6.2.1	<i>Elementos utilizados para la construcción del equipo</i>	24
3.6.3	<i>Parámetros de diseño</i>	26
3.6.3.1	<i>Dimensionamiento de la tolva de alimentación</i>	26
3.6.3.2	<i>Dimensionamiento referencial de la carcasa</i>	27
3.6.3.3	<i>Dimensionamiento del pin para la molienda</i>	31
3.6.3.4	<i>Diseño de los discos porta pines</i>	34
3.6.3.5	<i>Cálculo de la potencia del motor</i>	36

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1	Resultados del dimensionamiento de la máquina pulverizadora	39
4.2	Caracterización del producto obtenido	41
4.3	Costos.....	42

CAPITULO V

CONCLUSIONES.....	45
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	47
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Localización del Proyecto	13
Tabla 3-2: Caracterización del Maíz	14
Tabla 3-3: Clasificación por grados del maíz según las Características físicas	15
Tabla 3-4: Requisitos Físicos del maíz según la Norma INEN	16
Tabla 3-5: Caracterización de la Arveja	16
Tabla 3-6: Clasificación por grados de Arveja para consumo por características físicas	17
Tabla 3-7: Requisitos físicos de la Arveja según la Norma INEN.....	18
Tabla 3-8: Caracterización del Garbanzo.....	18
Tabla 3-9: Requisitos físicos del Garbanzo según la Norma INEN.....	19
Tabla 3-10: Caracterización de la Canela	20
Tabla 3-11: Requisitos físico- químicos de las especias según la Norma INEN	21
Tabla 3-12: Requisitos físico-químicos de hierbas aromáticas Norma INEN	21
Tabla 3-13: Requisitos Físicos y Químicos del Azúcar Blanco según la Norma INEN	22
Tabla 3-14: Requisitos Físicos y Químicos del Azúcar Crudo-Norma INEN	22
Tabla 3-15: Requisitos Físicos y Químicos del Azúcar Refinada-Norma INEN.....	23
Tabla 3-16: Propiedades del Acero AISI 304	25
Tabla 3-17: Características de los granos seleccionados	28
Tabla 3-18: Aplicación de lmaquinas reductoras de tamaño y coeficiente de fluctuación.	30
Tabla 3-19: Limite del Índice de trabajo.....	37
Tabla 4-1: Resultado de las dimensiones obtenidas.....	39
Tabla 4-2: Resultados de la Potencia del motor	39
Tabla 4-3: Dimensionamiento del Equipo	39
Tabla 4-4: Resultado del Balance de Masa.....	40
Tabla 4-5: Resultados de la caracterización de la Harina de Arveja.....	41
Tabla 4-6: Resultados de la caracterización de la Harina de Maíz	41
Tabla 4-7: Resultados de la caracterización de la Harina de Garbanzo	42
Tabla 4-8: Costos Directos.....	42
Tabla 4-9: Costos de Fabricación.....	43
Tabla 4-10: Costos de Mano de obra	43
Tabla 4-11: Costos Directos.....	44
Tabla 4-12: Costos Directos.....	44
Tabla 4-13: Costos Totales del Molino pulverizador de Pines	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Simulación de un molino de Martillos.....	7
Ilustración 2-2: Cámara de Pulverización de un molino de cuchillas.	7
Ilustración 2-3: Molino Pulverizador de Bolas para arcillas.....	8
Ilustración 2-4: Diseño conceptual del molino de pines.	9
Ilustración 3-1: Localización del Laboratorio de Procesos Industriales.....	13
Ilustración 3-2: Diseño del eje.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LA MÁQUINA PULVERIZADORA

ANEXO B: SIMBOLOGÍA

ANEXO E: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE ARVEJA

ANEXO F: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE MAÍZ

ANEXO G: DISEÑO DE LA MÁQUINA PULVERIZADORA

ANEXO H: PARTES DE LA MAQUINA PULVERIZADORA

ANEXO I: DISEÑO DEL EJE

ANEXO J: DE LA TOLVA DE INGRES

ANEXO K: DISEÑO DE LA TOLVA DE INGRESO MEDIO

ANEXO L: DISEÑO DE TAPA FRONTAL

ANEXO M: CONJUNTO DE LA MALLA

ANEXO N: CONJUNTO DE DISCO ESTÁTICO

ANEXO O: CONJUNTO DE IMPACTO

ANEXO P: CUERPO PRINCIPAL

ANEXO Q: SOPORTE DEL EJE

ANEXO R: BRIDA

ANEXO S: TAPA TRASERA

ANEXO T: COBERTOR DE POLEAS

ANEXO U: TAPA DEL COBERTOR

ANEXO V: ESTRUCTURA DE LA MESA

ANEXO W: TOLVA DE SALIDA

ANEXO X: CUBIERTA DE LA MESA

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de titulación es diseñar y construir una máquina pulverizadora para complementar una línea de producción de harinas en el laboratorio de procesos industriales que se encuentre funcional de manera óptima. El presente trabajo inició con una revisión bibliográfica completa de la elaboración de equipos anteriores al de nosotros, determinando las características más importantes de los molinos, se recabó información del medio para determinar a través de criterios ponderados las alternativas más idóneas del molino para facilitar la reducción de tamaño de las partículas a estudiar. Se realizó la caracterización de la materia prima basándonos en las normas INEN de cada una de las mismas esto con la finalidad de entender las características de las mismas para el diseño de la maquina pulverizadora y para realizar la presentación de las ecuaciones que nos permitirán realizar el diseño de cada uno de los componentes asignados y que son los siguientes: el sistema de alimentación, el sistema de trituration y el sistema de descarga teniendo como resultado de los elementos fundamentales de la máquina un motor de 1 HP, pines de 82 mm por ¼ in, un disco rotatorio y estático de 180 mm, el eje de 206,88 mm por 1 ¼ in, separador de tolva de 57 mm, tolva de alimentación de 208,59 mm – 210,14mm y un soporte el cual tiene una dimensión de 306,35 mm ancho por 572,7 mm de largo y 500 mm de alto. El equipo construido tuvo como resultado un producto el cual es apropiado a las condiciones de las harinas que se propuso teniendo eficiencias positivas además de que el producto obtenido cumple con las condiciones dadas en las normas INEN correspondientes de la harina, además de tener funciones adicionales las cuales ayudaran con el conocimiento práctico de los estudiantes de la carrera.

Palabras clave: < MOLIENDA >, < TRITURACIÓN>, < HARINAS >, < GRANOS >, < PULVERIZADORA >, < GRANULOMETRÍA>, < MOLINO>

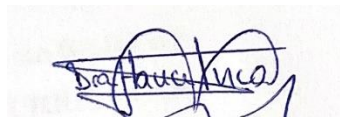


600-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The aim of this work is to design and build a grinding machine to complement a flour production line in the industrial processes laboratory that is optimally functional. The present work began with a complete bibliographic review of the elaboration of equipment previous the determining the most important characteristics of the mills, information of the environment was collected to determine through weighted criteria the most suitable alternatives of the mill to facilitate the size reduction of the particles to be studied. The characterization of the raw material was carried out based on the INEN standards of each one of them in order to understand their characteristics for the design of the pulverizing machine and to present the equations that will allow us to design each one of the assigned components, which are the following: the feeding system, the crushing system and the discharge system having as a result of the fundamental elements of the machine a motor of 1 HP, pins of 82 mm by ¼ in, a rotating and static disc of 180 mm, the shaft of 206.88 mm by 1 ¼ in, hopper separator of 57 mm, feeding hopper of 208.59 mm - 210.14mm and a support which has a dimension of 306.35 mm wide by 572.7 mm long and 500 mm high. The equipment built resulted in a product which is appropriate to the conditions of the proposed flours, having positive efficiencies and the product obtained complies with the conditions given in the corresponding INEN standards of the flour, besides having additional functions which will help with the practical knowledge of the students of the career.

Keywords: < GRINDING >, <CRUSHING>, <FLOURS >, <GRAINS >, <PULVERIZER >, <GRAINMILL>, <GRANULOMETRY>, <MILL>.



Dra. Nanci M. Inca Ch. Mgs
Ced: 0602926719

INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH no existe una máquina pulverizadora, esta carencia llega a afectar el desenvolvimiento en la parte práctica de los estudiantes, en los diversos procesos de aprendizaje, investigación y de vinculación que se desarrollan y que la facultad lo requiere.

Ahora en los laboratorios tenemos herramientas como los morteros que nos permiten llevar a cabo el proceso de trituración y pulverización, pero no puede ser llevado a una mayor escala, debido a esto se ha llevado a la idea de la construcción de un molino pulverizador, también conocidos como pulverizadores, los cuales se encargan de reducir el tamaño de granos, piedras, minerales y otros materiales. Facilitando la reducción de tamaño, puede llegar hasta convertir en polvo el material o producir polvo de la molienda.

Por lo dicho anteriormente, la necesidad de implementar una máquina pulverizadora es importante para entender de mejor manera la reducción de tamaño y su aplicación práctica, por lo tanto, el Trabajo de Integración Curricular propuesto consiste en el diseño y la construcción de una máquina pulverizadora, equipo que permitirá complementar el aprendizaje de las operaciones unitarias además de que también es una máquina que ayuda a la producción de harinas y de esta manera podemos tener también realizar las operaciones que se dan en la materia Control de Calidad ampliando de esta manera el aprendizaje de los alumnos de la facultad.

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El triturar el grano ha sido una necesidad, romperlo facilita la masticación e ingestión de los alimentos. En la historia la humanidad ha tenido la necesidad de utilizar herramientas para facilitar el trabajo, estas cambiaron y mejoraron con el paso del tiempo. Ahora con la tecnología tenemos herramientas que facilitan la ruptura de los granos, llevado a la creación de molinos y para la obtención de partículas más finas existen los molinos los pulverizadores, los cuales se encargan de producir polvo en la molienda. El resultado dependerá de la granulometría requerida es decir el nivel de reducción de tamaño de los materiales.

Este tipo de maquinaria es versátil en actividades industriales ya que pueden pulverizar materiales de diferentes grados de dureza y con diferentes formas. No requieren que los materiales tengan formas y pesos homogéneos, el pulverizador se encargara de homogeneizar lo ingresado al molerlos, facilitando su procesamiento y análisis.

Actualmente en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH no existe una máquina pulverizadora, está carencia llega a afectar el desenvolvimiento en la parte práctica de los estudiantes, en los diversos procesos de investigación y de vinculación que se desarrollan y que la facultad lo requiere.

1.2 Justificación

Como bien se conoce uno de los campos fundamentales en la preparación de los ingenieros químicos son las operaciones unitarias las cuales constituyen un punto inicial en el desarrollo de los procesos industriales, como se conoce la pulverización es una operación básica que consta de un proceso de reducción de tamaño mediante medios mecánicos.

La pulverización es un punto fundamental en el estudio y la investigación de propiedades tanto físicas como químicas de materias primas sólidas, para la determinación de la utilidad de estas o si las mismas no son útiles para las diversas aplicaciones a las que se encuentran destinadas, como bien se conoce una de las aplicaciones más significativas es para la molienda de alimentos como granos, almidones, entre otros. La reducción de tamaño es una operación unitaria de suma importancia esto ya que en la realización de esta operación la materia prima llega de manera pura hasta el final de su tratamiento sin requerir de ningún químico que alteraría su composición final.

Tomando en cuenta las consideraciones de diseño y la importancia de la reducción de tamaño como una operación unitaria se implementará una línea de producción de harina en el Laboratorio de Procesos Industriales con el fin de que los estudiantes tengan un mejor desenvolvimiento en la parte práctica complementando así los conocimientos teóricos y prácticos necesarios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una máquina pulverizadora para el Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer cada uno de los parámetros y las variables ingenieriles necesarias para realizar el dimensionamiento de la máquina pulverizadora.
- Construir una máquina pulverizadora con el uso de materiales adecuados en base al diseño ingenieril.
- Determinar la eficiencia de la maquina pulverizadora con el fin de validar el funcionamiento mediante pruebas, verificando el diámetro de las partículas tanto de entrada como de salida.
- Realizar la documentación respectiva que contenga el manejo adecuado de pulverizadora y guía de prácticas de laboratorio.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

El diseño y la construcción de una máquina pulverizadora se centra en las necesidades del laboratorio para que al tener una planta de elaboración de harinas entre en operación, esto realizando las respectivas condiciones tanto de higiene como la protección del resultado final, incluyendo las facilidades de operación de la máquina la cual se construirá.

La reducción de tamaño incluye varios procesos mecánicos los cuales constan de cortar, cizallar, triturar y moler, alimentos entre otros. Estos procesos exponen más superficie para la digestión sin causar ningún cambio que sea notable en las propiedades químicas del material del cual se realiza la reducción. Al mismo tiempo la reducción de tamaño facilita lo que es una mezcla uniforme, por lo general al realizar un tratamiento de reducción de tamaño la mayoría de las personas espera la uniformidad en el tamaño y forma de las partículas que pasaron por el tratamiento en donde rara vez se consigue que esto funcione (Birenbaum, Heslop y Rudnitski 1990, p. 6). Varias de las operaciones utilizadas para la pulverización de materiales, da como resultado la reducción significativa del tamaño del grano de la partícula en donde por lo general los elementos se trituran, dividen y muelen (Manuwa, Sedara y Tola 2020, p. 2), por lo general la trituración de partículas es utilizada en la molienda de minerales para la obtención de minerales más finos, como la molienda de minerales es ampliamente aceptada y utilizada para la realización de procesos intensivos de energía los cuales han dedicado varios esfuerzos para entender de una manera más óptima cual es el comportamiento de rotura de las partículas y para que como resultado de este estudio se realice una mejora comprensible en la eficiencia energética de la trituración (Tavares 1999, p. 43).

Para poder entender el módulo de la finura (Manuwa, Sedara y Tola 2020) realizo un análisis de tamiz con varios de los tamices estándar, en donde lo que se retuvo en cada uno de los tamices es sumado y posteriormente restado por 100 dando como resultado el valor de agregado fino, con este estudio se pudo llegar al resultado de que mientras mayor sea el tamaño del agregado, de igual manera el módulo de finura se verá afectado siendo este mayor igualmente, mediante estos resultados se llegó al consenso en cual se dice que el módulo de finura del agregado grueso siempre será mayor que del agregado fino (Singh y Sahay 1996, p. 210-2013).

Podemos decir que la uniformidad de la molienda resultante en el producto es analizada por el módulo de finura, en donde la determinación de esta se realiza casi de manera similar a los valores agregados en donde de igual manera se suman las fracciones de peso que se encontraron retenidas

en cada uno de los tamices pero en este caso la suma de los mismos es dividida por 100, en donde el estudio para tener como resultados se obtuvieron al realizar una investigación de molienda de cilantro de grado comercial utilizando una molienda continua (Gautam 2002).

La pulverización mecánica reduce de una manera considerable el tamaño de varias partículas en la cuestión de granos de cualquier tipo esta acción aligera la estructura de cualquiera de los granos y convierte la celulosa cristalina de estos en un tipo de celulosa amorfa, dando un beneficio a los procesos enzimáticos que proceden (Barakat et al. 2015, p. 6).

2.2 Referencias teóricas

2.2.1 Reducción de tamaño

La Reducción de Tamaño es un método aplicado a todas las formas en las que a las partículas de sólidos se pueden cortar, romper, desmenuzar, triturar o descomponer en piezas o partículas más pequeñas. Las partículas obtenidas deben cumplir especificaciones estrictas con respecto al tamaño, y aplicación requerida. La reducción del tamaño de las partículas también incrementa la reactividad de los sólidos; esto permite la separación por métodos mecánicos de ingredientes no deseados, facilita su transporte y tratamiento, así como favorece al depósito de desperdicios (Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot 2013, p. 1029).

2.2.2 Pulverización

La pulverización o molienda, es una operación unitaria utilizada para reducir el tamaño las partículas de sólidos a un gran número de pequeñas partículas (polvo) aumentando el área superficial por unidad de peso, es decir la superficie específica, incrementando su reactividad. Dependiendo del sector industrial en el que se trabaje, el tamaño de las partículas de los materiales la determina sus propiedades físicas y si son útiles o no para diferentes (Instituto Nacional de Seguridad y salud en el Trabajo (INSST) 2015, p. 13). Para reducir las partículas a polvo se utilizan metodologías tradicionales como el mortero o con ayuda de equipos especializados en procesos mecánicos, como un molino pulverizador.

2.2.3 Tipos de pulverización

- Grosera: Se considera como una “Pulverización Grosera” cuando obtenemos como resultado el producto con un tamaño de partícula mayor a las 840 micras.
- Intermedia: Se considera como una “Pulverización Intermedia” cuando como resultado obtenemos un producto con un tamaño que oscila entre las 840 micras a 75 micras.

- Fina: Se considera como una “Pulverización Fina” cuando como resultado obtenemos un producto con un tamaño de partícula menor a las 75 micras.
- Ultrafina: Se considera como una “Pulverización Ultrafina” cuando obtenemos como resultado un producto con un tamaño de partículas de alrededor de 1 micra.

2.2.4 Molino pulverizador

Los pulverizadores o molinos pulverizadores son equipos especializados en la reducción de tamaño de las partículas sólidas, son reconocidos por su versatilidad y multifuncionalidad, pueden moler material seco, húmedo, pastoso, y son utilizados en diversos sectores industriales para distintas aplicaciones finales. Los equipos generalmente se componen de una tolva de alimentación donde ingresa la materia base, entonces entra a una cámara de pulverización que puede variar dependiendo de su utilidad con cuchillos, martillos, rodillos, discos o bolas que trituran y reducen el tamaño de partícula mecánicamente para trasladarlos a la zona de descarga donde se almacenara el polvo. La granulometría de los productos se maneja con el diámetro de mallas o cribas con determinadas medidas (VEYCO 2016, p. 2).

2.2.5 Tipos de molinos pulverizadores

Las componentes de los sistemas de pulverización son la base de diferenciación en cada tipo de molinos. Existen fuentes documentales como las tesis y las páginas de marketing de los tipos más conocidos de molinos que consideramos describir. Sin embargo, cabe destacar que no existe literatura técnica sobre el molino de pines que es objeto de nuestro estudio.

2.2.5.1 De martillos

El conjunto de los componentes internos de este molino está constituido por un eje principal que carga los discos porta martillos y éstos a su vez contiene los pernos secundarios en las que están cargados los martillos. Los martillos giran a alta velocidad dentro de una carcasa cilíndrica estacionaria y el material se introduce en el molino a través de una entrada. Las dimensiones con las que se construyen los componentes internos varían en función del tamaño del molino y el destino del uso final (Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot 2013, p. 1037). El componente principal armado se observa en la siguiente imagen:

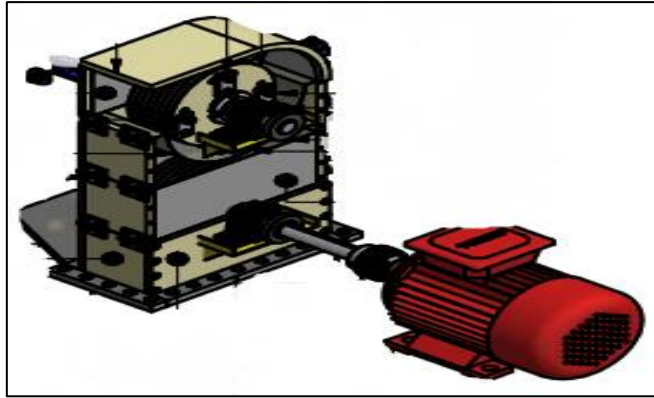


Ilustración 2-1: Simulación de un molino de Martillos.

Fuente: (Moncayo 2016, p. 23)

2.2.5.2 *De aspas o cuchillas*

En máquinas de formato pequeña y mediana, posee un sistema de trituración, el componente principal es el eje porta cuchillas ubicada en una carcasa cilíndrica estacionaria. El eje es vertical y las cuchillas giran en sentido horizontal, donde el material se somete a un impacto, una presión y una fricción intensa cuando entran en contacto con las cuchillas. Se utiliza en laboratorios de investigación y en pequeñas empresas que muelen productos especiales como la combinación de cereales con frutos secos para obtener recetas alimenticias; en la medicina naturista muelen plantas medicinales y obtienen polvos ultrafinos para aromatizar los ambientes de las habitaciones por medio de la combustión de polvos aromáticos clasificados (Reyes y Sacón 2021, p. 23).



Ilustración 2-2: Cámara de Pulverización de un molino de cuchillas.

Fuente: (Reyes y Sacón 2021)

2.2.5.3 De bolas

Un molino pulverizador de bolas es un dispositivo que muele materiales en polvo fino con la ayuda de medios de molienda (bolas). Los medios de molienda generalmente están hechos de acero con alto contenido de cromo, acero inoxidable o cerámica, y el material a procesar se alimenta al molino a través de una entrada. El material se tritura y muele a medida que gira el molino, el cilindro tiene revestimientos interiores especiales para mitigar las fuerzas de degradación física-química ocasionada por la rotación en cascada de las bolas de acero, por el proceso de molienda del material, por los componentes químicos y el agua añadido para mejorar el proceso de disminución del tamaño original mayor (Reyes y Ballesteros 2016, p. 23). Esta máquina es ampliamente utilizada en la industria minera, el producto obtenido de la molienda debe tener las características necesarias para ser sometido a los procesos de concentración del mineral buscado, es decir, el material debe ser apto para separar minerales por el método de flotación, gravimetría o por atracción magnético.

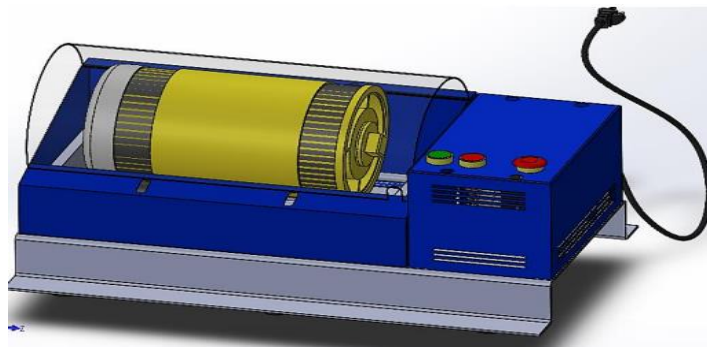


Ilustración 2-3: Molino Pulverizador de Bolas para arcillas

Fuente: (Reyes y Ballesteros 2016)

2.2.5.4 De pines

El molino de pines reduce los materiales secos a granel a finura media por impacto, es decir, golpeando las partículas con alta energía para romperlas. La materia prima, es introducida a través de la tolva de alimentación donde sufre una aceleración centrífuga y alcanza la zona de impacto (Cámara de molienda). En la cámara de molienda se encuentran dos discos circulares; el disco estático sujeto a la puerta y un disco giratorio conectado al eje, que a su vez está acoplado a un sistema de poleas, donde una banda transmite el movimiento generado por el motor. Los discos tienen solado barras de acero hechas a medida provenientes de diseños y cálculos de ingeniería, llamados pines (púas o pasadores), son las que dan origen al nombre del molino. Los pines giran a una velocidad de 3500 rpm, golpean la materia prima y cuando alcance el tamaño adecuado de la criba, saldrá de la máquina debido a la acción de la fuerza centrífuga. Al igual que con cualquier molino de impacto, los componentes y las superficies del molino de pines están expuestos a un

alto desgaste, por lo que la máquina no puede utilizarse para la molienda de materiales con una dureza superior a los 3 Mohs (Casco 2022, p. 9).



Ilustración 2-4: Diseño conceptual del molino de pines.

Fuente: (Casco 2022)

2.2.6 Partes de un molino pulverizador de pines

2.2.6.1 Cámara de molienda

La cámara de molienda o carcasa es un sistema estructural para máquinas, normalmente asociado al uso de armazones, empleado para alojar mecanismos que exigen una precisión dimensional elevada. La carcasa de un molino pulverizador de pines se compone de la base frontal, base posterior, placa inferior y tapa posterior (Casco 2022, p. 8).

2.2.6.2 Alimentación

La alimentación es el puerto de entrada del material para ser molido. Tiene la función de un embudo permitiendo al material ingresar a la cámara de pulverización por efecto de la gravedad y la vibración estructural. Otros tipos de alimentadores en la molinería automatizados recibe el material, a través del transportador de tornillos sin fin o a su vez sistemas como las bandas transportadoras que maximizan su eficiencia (Borbor y Crespo 2012, p. 123).

2.2.6.3 Recolector de Polvos

Después de procesar y caracterizar la materia, pasará a través de la descarga del producto o el puerto de salida para ser recolectado y almacenado. A esta salida se le pueden agregar otras herramientas para disolver y hasta clasificar los materiales dependiendo de sus características o aplicaciones (Borbor y Crespo 2012, p. 54).

2.2.6.4 Compuerta

Los molinos tienen puertas o compuerta sólida, diseñadas para realizar el cambio de cribas, de discos, inspección, desatorar, etc. La compuerta está sujeta a una bisagra, junto con pasador dispuestas de tal manera que aseguren la molienda y en donde está sujeto el disco estático del molino de pines, la compuerta que no tengan un cierre hermético permite el escape de los ingredientes (Vasquez 2019, p. 6).

2.2.6.5 Pines

Pines o púas son piezas de metal alargadas, diseñadas para golpear directamente el material que se requiere romper. Se encuentran distribuidos en el disco estático y rotatorio, colocados de la tal manera que no exista contacto entre ellos (Casco 2022, p. 1).

2.2.6.6 Eje

Un eje de molino es un componente mecánico giratorio, el funcionamiento del eje de un molino implica la transmisión de potencia, soporte de peso, centrado preciso y equilibrio dinámico, para garantizar la eficiencia y fiabilidad de la máquina. La operatividad de un eje de molino es el siguiente:

- Transmisión de potencia: El motor proporciona energía de rotación al eje del molino, que a su vez la transmite a la máquina. El eje gira a una velocidad determinada, en función de la potencia del motor y de las necesidades de la máquina (Borbor y Crespo 2012, p. 345).
- Soporte de carga: El eje del molino está diseñado para soportar el peso de la máquina y cualquier carga adicional que pueda encontrar durante el funcionamiento. El eje debe ser lo suficientemente fuerte para soportar estas cargas sin doblarse ni romperse (Borbor y Crespo 2012, p. 345).
- Centrado: El eje debe estar centrado con precisión dentro de la máquina para garantizar un funcionamiento eficiente y preciso. Esto se logra mediante el uso de cojinetes y estructuras de soporte que mantienen la alineación del eje (Borbor y Crespo 2012, p. 345).
- Equilibrio dinámico: El eje del molino debe mantener un equilibrio dinámico para garantizar un funcionamiento suave y estable. Esto se logra equilibrando cuidadosamente el peso del eje, cualquier componente adjunto para minimizar las vibraciones y reducir el desgaste de componentes (Borbor y Crespo 2012, p. 345).

2.2.6.7 Rodamiento

Los rodamientos son piezas de maquinaria utilizadas para movimientos giratorios, facilita todas las actividades y ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles. En el molino de pines apoyan al eje y transmiten la velocidad hacia la cámara de molienda (SKF 2012, p. 10).

2.2.6.8 Soporte de Rodamientos

El soporte de rodamiento se refiere a una estructura o componente diseñado para sujetar y mantener la posición de un rodamiento en una máquina o dispositivo. El propósito de un soporte de rodamientos es evitar que el rodamiento esté sujeto a cargas excesivas y brindar estabilidad, lo que permite que gire de manera suave y eficiente. Los ejemplos de soportes de rodamientos incluyen chumaceras, bloques de bridas y carcasas de rodamientos (Casco 2022, p. 88).

2.2.6.9 Criba

La criba o tamiz se utiliza para separar el tamaño de partículas mediante su diferencia de diámetro, lo suficientemente pequeño para pasar a través de la criba y salir del molino con la ayuda de la fuerza centrífuga que se produce. Para evitar la acumulación de producto se recomienda el aprovechamiento total de anchura de la superficie de cribado (Borbor y Crespo 2012, p. 165).

2.2.7 Aplicación de la reducción de tamaño “Molino de Pines”

- **Procesamiento de alimentos:** Utilizado para moler ingredientes alimentarios como granos, azúcar, sal, especias, sueros, raíces, productos deshidratados y almidones, hasta obtener partículas finas utilizadas en la producción de harinas y condimentos. En una granulometría mayor se tritura frutas y hojas de plantas, para la producción de tisanas.
- **Productos farmacéuticos:** En la formulación de productos como ácido acetilsalicílico, paracetamol, quinina, entre otros, además de reducir los compuestos para emplearse en píldoras y cápsulas.
- **Productos químicos:** Muele productos químicos transformándolos en un polvo fino aumentando su área de reacción, para la producción de pigmentos, cosméticos y resinas.
- **Minerales:** Los molinos de pines se utilizan para desmenuzar minerales de baja dureza como los carbonatos, sosas, la calcita, el talco y el caolín, para su uso en diversos procesos industriales.

- Plásticos: Para moler materiales plásticos que son utilizados en la producción de resinas y reutilización en otros productos plásticos.
- Reducción de desechos: Los molinos de pines también se pueden usar para moler y triturar materiales de desecho, como desechos orgánicos y electrónicos, produciendo partículas más pequeñas para facilitar su eliminación o reciclaje.

2.2.8 *Factor de seguridad*

El factor de seguridad en el equipo se refiere al factor por el cual el equipo está diseñado para exceder la carga mínima de diseño o la carga máxima esperada. Es una medida del margen de seguridad en el diseño del equipo, teniendo en cuenta factores de estrés potenciales como el uso normal, las condiciones ambientales y otros factores que pueden causar estrés en el equipo. Un factor de seguridad más alto generalmente indica un mayor grado de seguridad, pero el factor de seguridad específico requerido puede depender del caso de uso específico y las regulaciones relevantes (Borbor y Crespo 2012, p. 144).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1 Localización del proyecto

El proyecto será implementado en la Provincia de Chimborazo, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Facultad de Ciencias en el Laboratorio de Procesos Industriales ubicado en la Panamericana Sur Km 1½ en la ciudad de Riobamba-Ecuador

Tabla 3-1: Localización del Proyecto

Límites ESPOCH	Ubicado en la ciudad de Riobamba en la Panamericana Sur Km 1½
Temperatura Promedio	Temperatura promedio de 15°C.
Rango Altitudinal	Riobamba se encuentra ubicada a 2.754 m.s.n.m.
Localizaciones coordenadas UTM	17 M 758393.95 m E UTM 9817026.05 m S
Localizaciones coordenadas geográficas	78°40'39.24'' de longitud occidental y al 1°39'14.58'' de latitud Sur.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y censos

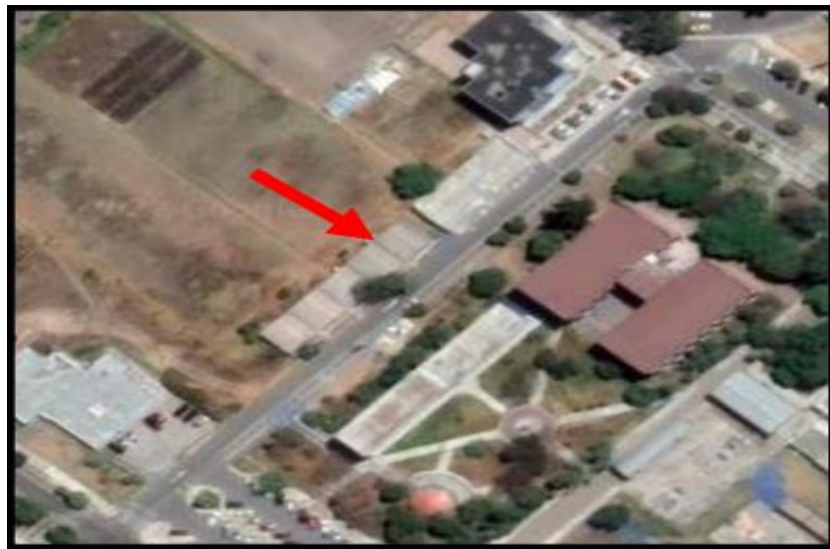


Ilustración 3-1: Localización del Laboratorio de Procesos Industriales.

Fuente: (Google Maps 2023)

3.2 Tipo de estudio

El presente Trabajo de Integración Curricular de tipo Técnico tiene como propósito el diseño y la construcción de una máquina pulverizadora para su implementación en el Laboratorio de Procesos Industriales, se llevó a cabo los cálculos necesarios para la obtención, de medidas de la maquina

pulverizadora previa a su construcción. Este instrumento de estudio para la carrera de Ingeniería Química donde se aspira profundizar en área como la pulverización y las líneas de producción de harinas en el laboratorio.

3.3 Método sistemático

El diseño y la construcción del equipo se realizó mediante un método sistémico por revisión bibliográfica de libros, papers y tesis, antecesoras al tema para obtener información sobre la realización de la máquina, al realizar esta revisión se obtuvieron los datos, involucrados en el diseño de la máquina, se realizó la experimentación de los cálculos con base a medidas realizadas en otros trabajos de integración curricular y con medidas sugeridas por ingenieros que han realizado la construcción de este tipo de máquinas con anterioridad.

3.4 Caracterización de la materia prima

3.4.1 Maíz

El maíz con nombre científico “*Zea mays L.*” es un cultivo considerado como el tercer más importante del mundo, esto ya que este cultivo se adapta a diversas condiciones esto siendo clave para que se constituya como un alimento básico para las personas, además de su gran importancia como alimento para las personas, el cultivo de este crea fuentes de empleo ya que es un producto con un mercado seguro de comercialización (Ortigoza, López y Gonzalez 2019, p. 17).

Tabla 3-2: Caracterización del Maíz

Maíz fresco, Amarillo		
Componentes	Medida	Unidad
Agua	%	60,60
Energía	Kcal	161
Proteína	g	3,60
Grasa Total	g	1,40
Carbohidratos	g	33.50
Fibra Dietética	g	-
Ceniza	g	0,90
Calcio	mg	16
Fósforo	mg	270
Hierro	mg	2,00

Tiamina	mg	0,18
Riboflavina	mg	0,08
Niacina	mg	2,90
Vitamina C	mg	11
Vitamina A “Actividad Retinol”	mcg	28
Ácidos Grasos monoinsaturados	g	0,44
Ácidos Grasos poliinsaturados	g	0,69
Ácidos Grasos Saturados	g	0,23
Colesterol	mg	0
Potasio	mg	270
Sodio	mg	15
Zinc	mg	0,45
Magnesio	mg	-
Vitamina B6	mg	0,06
Vitamina B12	mcg	0,00
Ácido Fólico	mcg	46
Folatos Folatos Dietéticos	mcg	-
Fracción Comestible	%	0,28

Fuente: (INCAP 2012, p. 39)

Tabla 3-3: Clasificación por grados del maíz según las Características Físicas

Grado	Granos Quebrados “% Máximo $\frac{m}{m}$”	Granos Cristalizados “% Máximo $\frac{m}{m}$”
1	Hasta 2	Menor que 5
2	>2 a 5	5
3	>5 a 7	6
4	>7 a 10	7

Nota: Mediante esta clasificación, se puede observar que el maíz que se encuentra en el “Grado 4” no posee los requisitos de granos quebrados es decir se encuentran defectuosos con respecto a esta norma.

Fuente: (INEN 2013b, p. 3)

Tabla 3-4: Requisitos Físicos del maíz según la Norma INEN

Requisitos	Valores	
	Mínimo	Máximo
Humedad, % $\frac{m}{m}$	-	13,0%
Materias orgánicas extrañas, % $\frac{m}{m}$	-	1,5%
Materias inorgánicas extrañas, % $\frac{m}{m}$	-	0,5%
Suciedad, % $\frac{m}{m}$	-	0,1%
Granos defectuosos (Dentro del que se encuentran los granos infectados), % $\frac{m}{m}$	-	7%
Granos Infectados, % $\frac{m}{m}$	-	0,5%
Otros granos	-	2,0%
Nota: Debe estar exento de semillas tóxicas o nocivas las cuales en cantidades nocivas representan un peligro para la salud humana las semillas que deben ser exentas son: la crotalaria, la neguilla, el ricino, el estramonio y otras semillas, estas semillas son conocidas por ser nocivas para la salud.		

Fuente: (INEN 2013b)

3.4.2 Arveja

La arveja con nombre científico “*Pisum sativum L.*” es un cultivo que contiene un valor nutricional muy elevado esto ya que contiene proteínas, minerales y vitaminas. Constituye una fuente muy rica en fibra, esto da un aporte nutricional y/o vitamínico muy significativo donde este aporte está relacionado con el envejecimiento, estrés, disminuyendo en elevado porcentaje la fatiga y a la depresión (Suasnabas Astete et al. 2019, p. 15).

Tabla 3-5: Caracterización de la Arveja

Arveja, Grano Seco		
Componentes	Medida	Unidad
Agua	%	11,27
Energía	Kcal	341
Proteína	g	24,55
Grasa Total	g	1,16
Carbohidratos	g	60,37
Fibra Dietética	g	25,50
Ceniza	g	2,65
Calcio	mg	55
Fósforo	mg	366

Hierro	mg	4,43
Tiamina	mg	0,73
Riboflavina	mg	0,22
Niacina	mg	2,89
Vitamina C	mg	2
Vitamina A “Actividad Retinol”	mcg	7
Ácidos Grasos monoinsaturados	g	0,24
Ácidos Grasos poliinsaturados	g	0,50
Ácidos Grasos Saturados	g	0,16
Colesterol	mg	0
Potasio	mg	981
Sodio	mg	15
Zinc	mg	3,01
Magnesio	mg	115
Vitamina B6	mg	0,17
Vitamina B12	mcg	0,00
Ácido Fólico	mcg	0
Folatos Folatos Dietéticos	mcg	274
Fracción Comestible	%	1,00

Fuente: (INCAP 2012)

Tabla 3-6: Clasificación por grados de la Arveja para consumo por características físicas según la Norma INEN

Grado	Porcentaje máximo en masa	
	Granos Imperfectos	Granos Dañados
1	3,0	1,0
2	5,0	3,0
3	6,0	5,0

Nota: El contenido de impurezas como lo son granos partidos, granos dañados es determinado según el Anexo A de la Norma.

Fuente: (INEN 2013a, p. 3)

Tabla 3-7: Requisitos físicos de la Arveja según la Norma INEN

Requisito	Valores		
	Mínimo	Máximo	Método de Ensayo
Humedad, % $\frac{m}{m}$	-	12%	ISO 24557:2009
Materias extrañas, % $\frac{m}{m}$	-	1%	Anexo A

Nota: Como materias extrañas se considera a la material mineral u orgánica como polvo, ramitas, tegumentos, semillas de otras especies, insectos muertos, fragmentos o restos de insectos y otras impurezas de origen animal. Del 1% máximo permitido de materias extrañas, el 0,25% puede corresponder a la materia mineral y no más del 0,10% de insectos muertos, fragmentos u otras impurezas de origen animal.

Fuente: (INEN 2013a)

3.4.3 Garbanzo

El garbanzo con su nombre científico “*Cicer arietinum*”, es parte de las leguminosas siendo esta la leguminosa alimenticia con más producción en el Sur de Asia y la tercera leguminosa alimenticia más grande del mundo después del frijol común y el guisante de campo, este producto se cultiva en más de 50 países, el consumo de esta leguminosa es importante porque la misma es una fuente importante de proteína, contiene un alto contenido proteico (20-22%) además de ser rico en fibra y en minerales como (Fósforo, Calcio, Magnesio, Hierro y Zinc) (Gaur et al. 2010, p. 1).

Tabla 3-8: Caracterización del Garbanzo

Garbanzo, Grano Seco		
Componentes	Medida	Unidad
Agua	%	11,53
Energía	Kcal	364
Proteína	g	19,30
Grasa Total	g	6,04
Carbohidratos	g	60,65
Fibra Dietética	g	17,40
Ceniza	g	2,48
Calcio	mg	105
Fósforo	mg	366
Hierro	mg	6,24
Tiamina	mg	0,48

Riboflavina	mg	0,21
Niacina	mg	1,54
Vitamina C	mg	4
Vitamina A “Actividad Retinol”	mcg	3
Ácidos Grasos monoinsaturados	g	1,36
Ácidos Grasos poliinsaturados	g	2,69
Ácidos Grasos Saturados	g	0,63
Colesterol	mg	0
Potasio	mg	875
Sodio	mg	24
Zinc	mg	3,43
Magnesio	mg	115
Vitamina B6	mg	0,54
Vitamina B12	mcg	0,00
Ácido Fólico	mcg	0
Folatos Folatos Dietéticos	mcg	557
Fración Comestible	%	1,00

Fuente: (INCAP 2012)

Tabla 3-9: Requisitos físicos del Garbanzo según la Norma INEN

Requisitos	Valores	
	Mínimo	Máximo
Humedad, % $\frac{m}{m}$	14%	16%
Materias orgánicas extrañas, % $\frac{m}{m}$	-	1%

Nota 1: Debe estar exento de semillas tóxicas o nocivas las cuales en cantidades nocivas representan un peligro para la salud humana las semillas que deben ser exentas son: la crotalaria, la neguilla, el ricino, el estramonio y otras semillas, estas semillas son conocidas por ser nocivas para la salud.

Nota 2: Como materias extrañas se considera a la material mineral u orgánica como polvo, ramitas, tegumentos, semillas de otras especies, insectos muertos, fragmentos o restos de insectos y otras impurezas de origen animal. Del 1% máximo permitido de materias extrañas, el 0,25% puede corresponder a la materia mineral y no más del 0,10% de insectos muertos, fragmentos u otras impurezas de origen animal.

Fuente: (INEN 2013c, p. 3)

3.4.4 Canela

La canela con nombre científico “*Cinnamomum zeylanicum*” pertenece a la familia de Lauraceae, la parte principal del árbol es la corteza la cual se utiliza como especia. La canela es principalmente encontrada en Sri Lanka, pero la misma también se encuentra en algunas partes de Asia, Brasil, India, Jamaica entre otros países. La canela es reconocida por ser una fuente de minerales como (Hierro, Calcio) y de igual manera es una fibra dietética semejante al manganeso, la canela posee varios nutrientes en sus componentes como (Sodio, Carbohidratos, Azúcar, Ácidos grasos, Aminoácidos, entre otros) (Rawat, Verma y Joshi 2019, p. 164).

Tabla 3-10: Caracterización de la Canela

Canela Molida		
Componentes	Medida	Unidad
Agua	%	9,52
Energía	Kcal	261
Proteína	g	3,89
Grasa Total	g	3,19
Carbohidratos	g	79,85
Fibra Dietética	g	54,30
Ceniza	g	3,55
Calcio	mg	1228
Fósforo	mg	61
Hierro	mg	38,07
Tiamina	mg	0,08
Riboflavina	mg	0,14
Niacina	mg	1,30
Vitamina C	mg	29
Vitamina A “Actividad Retinol”	mcg	14
Ácidos Grasos monoinsaturados	g	0,48
Ácidos Grasos poliinsaturados	g	0,53
Ácidos Grasos Saturados	g	0,65

Colesterol	mg	0
Potasio	mg	500
Sodio	mg	26
Zinc	mg	1,97
Magnesio	mg	56
Vitamina B6	mg	0,31
Vitamina B12	mcg	0,00
Ácido Fólico	mcg	0
Folatos Folatos Dietéticos	mcg	29
Fración Comestible	%	1,00

Fuente: (INCAP 2012)

Tabla 3-11: Requisitos físico- químicos de las especias según la Norma INEN

Especia	Humedad (NTE INEN 1114) Máximo %	Extracto etéreo fijo (ISO 1108) Mínimo %	Cenizas totales (NTE INEN 1117) Máximo %
Canela	14,0	0,8	6,0

Fuente: (INEN 2010, p. 4)

Tabla 3-12: Requisitos físico-químicos de hierbas aromáticas Norma INEN

Requisitos	Máximo	Método de ensayo
Humedad %	12	NTE INEN 1114
Cenizas insolubles en HCl al 10%, % $\frac{m}{m}$	2	NTE INEN 118

Fuente: (INEN 2007, p. 2)

3.4.5 Azúcar

El azúcar por lo general se refiere a la sacarosa, la misma es natural, soluble en agua, cristalina, la principal fuente de extracción del azúcar es la caña de azúcar, pero también existen otras fuentes de las cuales puede ser recuperada como miel, almíbar, frutas, verduras entre otros. Como función principal la azúcar en los productos alimenticios proporciona energía y dulzura, además de que la

misma es muy importante al momento de hablar de la conservación, fermentación, color y textura (Zaitoun, Ghanem y Harphoush 2019, p. 2).

Tabla 3-13: Requisitos Físicos y Químicos del Azúcar Blanco según la Norma INEN

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Polarización a 20°C	°Z	99,4	-	NTE INEN 264
Humedad	%	-	0,075	NTE INEN 265
Cenizas de conductividad	%	-	0,10	NTE INEN 267
Azúcares reductores	%	-	0,10	GS2/9-6
Color	UI	-	350	GS2/3-9
Materia insoluble en agua	$\frac{mg}{kg}$	-	150	-
Dióxido de azufre (SO₂)	$\frac{mg}{kg}$	-	50	NTE INEN 274
Arsénico (As)	$\frac{mg}{kg}$	-	1,0	NTE INEN 269
Plomo (Pb)	$\frac{mg}{kg}$	-	0,5	NTE INEN-ISO 6633
Cobre (Cu)	$\frac{mg}{kg}$	-	2,0	GS2/3-29

Nota: Fracción en masa expresada en %.

Fuente: (INEN 2017, p. 2)

Tabla 3-14: Requisitos Físicos y Químicos del Azúcar Crudo-Norma INEN

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Polarización a 20°C	°Z	96	-	NTE INEN 264
Humedad	%	-	1,00	NTE INEN 265
Cenizas de conductividad	%	-	0,70	Método ICUMSA GS1/3/4/7/8-13
Azúcares reductores	%	-	0,9	Método ICUMSA GS1/3/4/7-3
Dióxido de azufre (SO₂)	$\frac{mg}{kg}$	-	70	NTE INEN 274
Arsénico (As)	$\frac{mg}{kg}$	-	1,0	NTE INEN 269
Plomo (Pb)	$\frac{mg}{kg}$	-	0,5	Método ICUMSA GS2/3-29
Cobre (Cu)	$\frac{mg}{kg}$	-	2,0	NTE INEN-ISO 6633

Factor de seguridad		-	0,3	-
Nota 1: Fracción en masa expresada en %. Nota 2: Factor de seguridad= %Humedad/100-Polarización				

Fuente: (INEN 2018, p. 2)

Tabla 3-15: Requisitos Físicos y Químicos del Azúcar Refinada-Norma INEN

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Polarización a 20°C	°Z	99,8	-	NTE INEN 264
Humedad	%	-	0,05	NTE INEN 265
Cenizas de conductividad	%	-	0,04	Método ICUMSA GS2/3-17
Azúcares reductores	%	-	0,05	Método ICUMSA GS2/3/9-5
Color a 420 nm	UI	-	60	GS2/3-9
Material insoluble del agua	$\frac{mg}{kg}$	-	30	GS2/3/9-19
Dióxido de azufre (SO₂)	$\frac{mg}{kg}$	-	15	NTE INEN 274
Arsénico (As)	$\frac{mg}{kg}$	-	1,0	NTE INEN 269
Plomo (Pb)	$\frac{mg}{kg}$	-	0,5	NTE INEN-ISO 6633
Cobre (Cu)	$\frac{mg}{kg}$	-	2,0	GS2/3-29
Nota 1: Fracción en masa expresada en %.				

Fuente: (INEN 2015, p. 2)

3.5 Determinación de Variables del Proceso

3.5.1 Contenido de Humedad

El contenido de la humedad de la materia prima que ingresará a la maquina pulverizadora tiene un gran efecto ya que con esto se presenta las condiciones que son de mucha importancia para realizar la configuración de la máquina.

3.5.2 *Dureza y estructura del material*

Al tener materia prima que tiene una textura blanda la máquina no necesita de elementos robustos, complejos o de un gran grosor para ser utilizadas en la construcción de la máquina, de lo contrario al ser una materia prima blanda los elementos deben ser sencillos y muy fáciles de identificar.

3.5.3 *Alimentación Obstruida*

La máquina pulverizadora posee una tolva de alimentación que al momento de realizar la práctica con la máquina esta se mantendrá llena por lo cual el producto no descenderá de forma libre, este inconveniente hace que la proporción de elementos finos aumente significativamente y de igual forma la capacidad de producción de la maquina desciende.

3.6 *Diseño del equipo de pulverización*

3.6.1 *Selección del material de construcción*

Para la construcción de la máquina pulverizadora se requiere para su diseño un sistema de alimentación, sistema de trituración y un sistema de descarga el material seleccionado es el Acero Inoxidable AISI 304, este material fue seleccionado ya que este tiene las cualidades necesarias para realizar máquinas que trabajaran con alimentos además de que económicamente este acero posee un precio bajo lo que hace que sea unos de los aceros más utilizados en fábricas emprendedoras.

3.6.2 *Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria*

3.6.2.1 *Elementos utilizados para la construcción del equipo*

Acero Inoxidable AISI 304

Este acero es uno de los más versátiles y es muy utilizado en cuestión de aceros inoxidables, esto ya que su composición consta básicamente de un porcentaje del 18% en cromo y un porcentaje

de 8% de níquel, el cual también posee un contenido de 0,08% que es el máximo de carbono limitado, este acero es muy utilizado en industrias químicas, farmacéuticas, entre otras.

Características del Acero AISI 304:

- Excelente formalidad
- Apariencia estética
- Resistencia a la corrosión
- Prevención de la contaminación de productos
- Resistencia a la oxidación
- Facilidad de limpieza
- Alta resistencia y bajo peso
- Buena resistencia y estabilidad a temperaturas criogénicas

Aplicaciones del Acero AISI 304

Gracias a facilidad de maleabilidad este acero es utilizado como materia principal para la mayoría de las fabricaciones en varias industrias, es un material esencial para la fabricación de piezas de construcción, y de igual manera es utilizado en la fabricación de productos los cuales se utiliza de manera cotidiana.

Tabla 3-16: Propiedades del Acero AISI 304

Propiedad	Especificación	
Térmica	Capacidad Calorífica a 20°C	$500 \frac{J}{Kg \times K}$
	Coefficiente de Dilatación Térmica a 100°C	$16.0 - 17.30 \times 10^{-6} C^{-1}$
Física	Densidad	$7.3 \frac{g}{cm^3}$
	Punto de Fusión	1400 – 1455 °C
	Capacidad Elástica	$193.000 \frac{N}{mm^2}$
	Conductividad Térmica	$15 \cdot 16 \frac{W}{m K}$
Mecánica	Resistencia a la Tracción	400 a 110 MPa
	Módulo de Elasticidad	190 a 210 GPa

	Alargamiento	60%
	Reducción	70%
Eléctricas	Resistencia Eléctrica a 20°C	70 a 72 $\mu Ohm cm$

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Gracias a varias de estas propiedades la selección del Acero AISI 304 es un punto principal en el diseño de la máquina ya que este será utilizado en la mayoría de partes de la máquina especialmente en los pines los discos en los que los mismos estarán integrados gracias a toda la resistencia que este acero posee tanto térmicas como físicas, gracias a esto se llegará al resultado final que se necesita.

Motor

De acuerdo a las revisiones bibliográficas y experimentales determinadas se selecciona el motor de 1 HP y 3500 RPM, Que nos permitirá realizar los cálculos necesarios para la opción de este material se llegó al resultado de que este es el motor más apto para la pulverización de la materia prima con la cual se trabajará.

3.6.3 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño se basan en el análisis del funcionamiento del molino de pines, identificando cada una de las alternativas de diseño al igual que identificar las soluciones hasta llegar al concepto final de la máquina.

Las consideraciones tomadas para estos cálculos son las siguientes:

- Por lo menos un pin deberá impactar contra un grano para su fractura.
- La disposición de los pines debe minimizar los espacios entre pines a fin del que el grano no tenga una trayectoria libre desde el ingreso a la cámara de molienda hasta la carcasa de este.
- El diámetro del pin deberá ser mayor o igual a la longitud crítica de los granos a utilizar en este caso un promedio de 3mm e inferiores.

3.6.3.1 Dimensionamiento de la tolva de alimentación

- Cálculo de la densidad absoluta

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Densidad absoluta

- Cálculo de la Segunda ley de Newton para la carga aplicada en la tolva

$$P = m \times g$$

Segunda ley de Newton

- Cálculo del momento generado por una carga puntual

$$M_A = P \times \cos \theta \times \overline{AB}$$

Momento generado por una carga puntual en viga en voladizo

3.6.3.2 Dimensionamiento referencial de la carcasa

Balance de Energía

$$m \times g \times h = \frac{1}{2} m_g \times V^2$$

Balance de energía entre un grano y un pin

Energía de Ruptura

Mediante ensayos se determinó que la energía necesaria para romper los granos es semejante a dejar caer un objeto metálico de 500 gramos desde una altura de 25 mm sobre el grano. La energía de ruptura (E), se la puede obtener calculando la energía potencial mediante la siguiente ecuación:

$$E_{ruptura} = m \times g \times h$$

Ecuación de energía de ruptura

Donde:

m = Masa del objeto metálico, (Kg).

g = Gravedad, (m/s²)

h = Altura, (m).

Reemplazando el valor se obtiene:

$$E_{ruptura} = 0,5kg * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,025m$$

$$E_{ruptura} = 0,122625 kg * \frac{m^2}{s^2}$$

Velocidad Tangencial

Mediante mediciones se pudo determinar que la energía necesaria para fracturar un grano de maíz por impacto es de 0,123 J, para el cálculo de velocidades tangenciales tomadas por cada pin el

peso referencial para determinar el peso unitario de los granos seleccionados, el cual se lo toma de la siguiente tabla.

Tabla 3-17: Características de los granos seleccionados

Grano	Características	Límite Inferior	Limite Superior	Unidades
Maíz	Masa	0,19	0,30	g
	Volumen	0,26	0,29	cm ³
	Densidad	0,7	0,82	$\frac{g}{cm^3}$
Arveja	Masa	0,23	0,25	g
	Volumen	0,20	0,23	cm ³
	Densidad	1,23	1,23	$\frac{g}{cm^3}$
Garbanzo	Masa	0,08	0,7	g
	Volumen	0,20	0,20	cm ³
	Densidad	0,8	0,8	$\frac{g}{cm^3}$

Fuente: Cuzco Kevin; Zuñiga Ismael, 2023.

$$V_t = \sqrt{\frac{2 \times E_{ruptura}}{m_g}}$$

Ecuación Velocidad Tangencial.

Donde:

V_t = velocidad tangencial, (m/s)

$E_{ruptura}$ = energía de ruptura del grano de maíz, (N.m)

m_g = masa de grano de maíz, (Kg)

Para Maíz

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * 0,123 \text{ kg} * \frac{m^2}{s^2}}{0.0003 \text{ kg}}}$$

$$V_t = 28,63564 \frac{m}{s}$$

$$V_t = 28,636 \frac{m}{s}$$

Para Arveja

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * 0,123 \text{ kg} * \frac{m^2}{s^2}}{0.00025 \text{ kg}}}$$

$$V_t = 31,36877 \frac{m}{s}$$

$$V_t = 31,369 \frac{m}{s}$$

Para Garbanzo

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * 0,123 \text{ kg} * \frac{m^2}{s^2}}{0.0007 \text{ kg}}}$$

$$V_t = 18,74643 \frac{m}{s}$$

$$V_t = 18,746 \frac{m}{s}$$

Coefficiente de Fluctuación

En la operación del molino, por la alimentación ingresa una cierta cantidad de material, esta carga inicial actúa como una resistencia a los pines, ocasionando una pérdida de velocidad tangencial o en vacío, por lo cual se determina la velocidad con carga V_c ; es decir, ya en operación normal. Se utiliza el coeficiente de fluctuación mayor de los diferentes granos, donde se relacionan velocidades tanto con carga y en vacío y se define de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{V_v - V_c}{V}$$

Ecuación de Coeficiente de Fluctuación

Velocidad Tangencial media

$$V = \frac{V_v + V_c}{2}$$

Ecuación Velocidad tangencial media

El valor del coeficiente de fluctuación se toma como referencia para máquinas de molienda de granos, el cual es un valor de 0,020.

Tabla 3-18: Tipos de aplicación de las maquinas reductoras de tamaño y su coeficiente de fluctuación.

Tipos de Aplicación	Coeficiente de fluctuación C_f
Máquinas de Trituración	0,2
Máquinas Eléctricas	0,003
Máquinas Eléctricas accionadas directamente	0,002
Máquinas de Molienda de Granos	0,02
Transmisión por engranes	0,02
Máquinas para estampado o martillo	0,2
Máquinas herramientas	0,03
Máquinas para fabricación de papel	0,025
Máquinas para bombeo	0,030 a 0,050
Máquinas para cortar	0,030 a 0,050
Máquinas giratorias	0,010 a 0,020
Máquinas para la Industria textil	0,025

Fuente: Cuzco Kevin; Zuñiga Ismael, 2023.

Velocidad Tangencial Final

$$V_c = -V_v \times \frac{C_s - 2}{C_s + 2}$$

Ecuación Velocidad tangencial final

$$V_c = -31,369 \frac{m}{s} \times \frac{0,020 - 2}{0,020 + 2}$$

$$V_c = 30,749 \frac{m}{s}$$

Radio de Giro

Es el cálculo que describe la capacidad de un determinado equipo para rotar. Una vez obtenido la velocidad tangencial final se puede encontrar la velocidad angular final con la siguiente ecuación:

$$\omega_c = \frac{V_c}{r_g}$$

Ecuación Velocidad angular final

Donde:

ω_c = velocidad angular final, [rad/s]

r_g = radio de giro, [m]

Se considera que el valor para la velocidad angular de un molino de pines oscila entre las 3000 y 3500 [RPM], valor recomendado por los fabricantes, se asume el valor de 3500 [RPM]. = 340 rad/s

$$r_g = \frac{V_c \times 60}{2 \times \pi \times w}$$

Ecuación Radio de giro

$$r_g = \frac{30,749 \times 60}{2 \times \pi \times 3500}$$

$$r_g = 0,08389 \text{ m}$$

Una vez obtenido el radio de giro se tiene una referencia del dimensionamiento de la carcasa, del diámetro de los discos porta pines, de la criba y demás componentes del molino de pines.

3.6.3.3 Dimensionamiento del pin para la molienda

Volumen de un Pin

$$V_{pin} = \frac{\pi \times d_{pin}^2 \times h}{4}$$

Ecuación Volumen de un pin

Donde:

d_{pin} = diámetro de pin (m) = 1/4 pulgas = 6,35 mm

h = altura del pin (m) = 80 mm

$$V_{pin} = \frac{\pi \times (6,35 * 10^{-3})^2 \times 0,080m}{4}$$

$$V_{pin} = 2,533537 * 10^{-6}m^3$$

$$V_{pin} = 2,534 * 10^{-6}m^3$$

Masa de un pin

$$m_{pin} = \rho_{pin} \times v_{pin}$$

Ecuación Masa de un Pin

Donde:

m_{pin} = Masa del pin (kg)

ρ_{pin} = densidad del acero inoxidable 304 (7980 kg/m³) (kg/m³)

v_{pin} = Volumen del pin (m³)

$$m_{pin} = 7980 \frac{kg}{m^3} * 2,534 * 10^{-6}m^3$$

$$m_{pin} = 0,0202221 kg$$

Fuerza Centrífuga

La fuerza centrífuga del molino de pines se genera al tener un disco estático al disco porta pines rotatorios, con pines al extremo de este, se considera que la fuerza inercial es la que intentará desprender el pin del disco, por lo que se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_c = \omega^2 \times m_{pin} \times r_g$$

Ecuación Fuerza centrífuga

Donde:

F_c = fuerza centrífuga el pin, (N)

ω = velocidad angular del motor, (rad/s)

$$F_c = (340 \frac{rad}{s})^2 \times 0,02022 kg \times 0,08389 m$$

$$F_c = 196,09997 N$$

$$F_c = 196,1 N$$

Esfuerzo Cortante

La energía necesaria para fracturar los granos se lo realiza por la alta velocidad, no por la fuerza de impacto, por ello se analiza el cizallamiento (acción o el estrés resultante de fuerzas aplicadas)

generado por la fuerza centrífuga que actúa en los pines ubicados tanto en el disco rotatorio como en el disco estator y para tal fin se considera calcular el esfuerzo cortante con la siguiente ecuación:

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

Ecuación Esfuerzo cortante

Donde:

τ = Esfuerzo cortante MPa

P = Carga de corte paralela a la sección del área (N)

A = Área o sección del pin (mm^2) [$A = \pi \cdot r^2$]

r = Radio (3,175) (mm)

$$\tau = \frac{196,1 \text{ N}}{\pi (3,175 \text{ mm})^2}$$

$$\tau = 6,192133 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau = 6,192 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Teoría del Cortante Máximo

Para tener un cálculo de la seguridad del pin se toma al esfuerzo cortante determinado como el esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{S_y}{2n}$$

Ecuación Teoría del cortante máximo

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia de acero inoxidable 304, (220 N/mm²)

n = Numero de seguridad

$$n = \frac{0,5 * S_y}{\tau_{\text{máx}}}$$

$$n = \frac{0,5 * 220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{5,3688 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$n = \frac{0,5 * 220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{6,192 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$n = 17,765$$

Se logró obtener un valor de seguridad alto, por lo tanto, se selecciona el pin de 6,4 mm de diámetro tanto para el disco estático como para el disco rotario de la cámara de molienda.

3.6.3.4 Diseño de los discos porta pines

En los criterios y cálculos que preceden, se determinó ciertos parámetros de los discos porta pines, tales como el número de pines y el radio de giro de 0,129 m; aquí, por razones de cálculo se toma el radio de giro de 0,13 m. Se establece que el disco rotor almacena un total de 34 pines y el disco estator 32 pines, dándonos un total de 66 pines. Los discos deben soportar firmemente los pines y el esfuerzo a los cuales se encuentran sometidos. Los discos serán sometidos a cargas de tracción que son originados por la fuerza centrífuga aplicada en los pines, por lo que se aplica el criterio de falla por la fluencia a cortante por Energía de Distorsión $S_{sy} = 0,577S_y$ y, de la ecuación:

$$\tau = \frac{F_c}{A_d} = \frac{0,577S_y}{n}$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia de la plancha de acero inoxidable 175,81 N/mm².

A_d = área del disco porta pines.

F_c = Fuerza centrífuga.

Ecuación desarrollada con el área del disco en relación al espesor, se obtiene lo siguiente

$$\tau = \frac{F_c}{e \times d_d}$$

Donde:

e = Espesor del disco porta pines (mm)

d_d = Diámetro del disco porta pines (mm)

Con las altas revoluciones del equipo se establece el factor de seguridad de 20 que al remplazar:

$$e = \frac{F_c * n}{0,577S_y \times d_d}$$

$$e = \frac{196,1 \text{ N} * 20}{0,577 * 175,81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 18 \text{ mm}}$$

$$e = 2,1479 \text{ mm}$$

Se determina que el espesor mínimo del disco es de 2,148mm, por lo que se establece un espesor de 5 mm para el diseño de los discos, tanto el rotor como el disco estator. Además, se establece que los demás componentes que conforman la carcasa del molino (tapa posterior, pareles laterales, tapa frontal) deberán de tener una medida similar, optando por un diámetro de 5mm.

$$\tau = \frac{196,1 N}{5 mm * 18mm} = 2,1788 \frac{N}{mm^2}$$

$$n = \frac{0,5 * 175,81 \frac{N}{mm^2}}{2,1788 \frac{N}{mm^2}}$$

$$n = 40,344$$

Obteniendo un número de seguridad alto como es de 40,344.

Selección de Rodamientos

El funcionamiento del molino de pines requiere rotar, dependiendo de gran medida de los rodamientos para su correcto funcionamiento del eje. La selección se determina por el tipo de rodamiento a utilizarse, las revoluciones máximas y las horas de funcionamiento. De acuerdo al CATALOGO GENERAL DE SKF, considerando el rodamiento tipo rígido de bolas el más habitual y versátil para este tipo de aplicaciones, por lo que presenta baja fricción, bajo ruido y baja vibración. Un criterio adicional a esta elección del tipo se basa en la velocidad a la que va a estar sometido el eje para el correcto funcionamiento del equipo que es de 3500 rpm. Por lo tanto, el rodamiento rígido de una hilera de bolas de 25 mm con un tipo de rodamiento SKF6228 se selecciona para el diseño y la construcción de la máquina.

Diseño del Eje

El eje principal del molino de pines por estar en contacto con alimentos deberá ser construido con acero de inoxidable AISI 304, se dimensiona el diámetro mínimo con la condición estática y con una longitud de 206,88 mm.

El diseño del eje se observa en la siguiente figura:

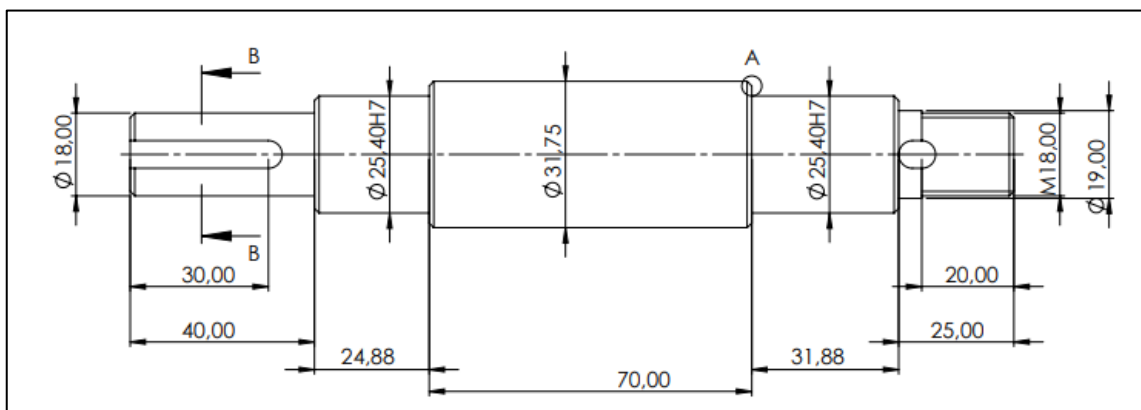


Ilustración 3-2: Diseño del eje

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Selección de tamiz

En el caso de la Harina la selección del tamiz se basa de acuerdo a la norma NTE INEN 2051:2013 CEREALES Y LEGUMINOSAS. MAÍZ MOLIDO, SÉMOLA, HARINA, GRITZ. REQUISITOS, se especifica que la harina de maíz debe pasar por la criba un 98% del material molido en una criba de malla INEN 300 μm , o como un mínimo del 50% en una criba de malla INEN 212 μm . Concordante a lo mencionado se realiza la selección de la criba de acuerdo a la norma, donde se establece un rango de 20 a 150 en el número de tamiz, por lo que se selecciona tamiz #100.

Se establece que el espesor del tamiz seleccionado es de 0,212 mm de acero inoxidable 304. Este tamiz debe ser completo a la cámara de molienda, para maximizar los beneficios. Las dimensiones del tamiz se rigen de acuerdo a la cámara de molienda, con un diámetro de 220 mm y un ancho de 90 mm. Para evitar deformaciones del tamiz, se diseña una estructura que da rigidez con barras de acero que brindan estabilidad dentro de la cámara de molienda.

Dimensionamiento de ducto de descarga

La descarga se diseña como un ducto de transición, el cual debe acoplarse en la base inferior del molino de pines, por lo que se debe determinar el peso total que comprende los materiales involucrados. El material molido, inicialmente se deposita en el ducto de transición y la válvula mariposa regula la dosificación del mismo. Se establece que el ducto de transición almacenará el material molido en un 80% de su capacidad.

3.6.3.5 Cálculo de la potencia del motor

Para el cálculo de la potencia del motor se utiliza la relación exponencial entre la energía específica requerida para obtener el cambio de tamaño de un material molido y el tamaño de las partículas molidas.

Ecuación de molienda de Bond

La teoría de Bond se utiliza para calcular la potencia requerida en molienda, para determinar la potencia en un molino de pines se toma como referencia de orden de magnitud el cálculo de esta teoría, como una estimación referencial de la potencia requerida para la molienda que está

relacionada con los tamaños inicial y de reducción del material molido, la capacidad de la molienda y el índice de trabajo, definido por:

$$P = 10 Wi \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right] m$$

Ecuación de molienda de Bond

Donde:

P = Potencia requerida para la molienda (Kw)

Wi = Índice de trabajo escogimos un material duro a pesar: $20 \left[\frac{kw}{ton m} \right] \left(\frac{kw \times h}{t} \right)$

P_{80} = Tamaño del producto molido (μm)

F_{80} = Tamaño promedio del producto con el que se alimenta antes de la molienda [μm]

m = Capacidad del procesamiento del molino $\frac{kg}{h}$

El índice de trabajo (Wi), se va a elegir considerando la molienda de un material duro, de la tabla indicada a continuación, con un valor de 20 kWh/t.

Tabla 3-19: Limite del Índice de trabajo

Descripción	Límite $W_{iT} \left(\frac{kWh}{ton} \right)$ métricas
Muy blando	8
Blando	8-12
Medio	12-16
Duro	16-20
Muy duro	20-24
Extremadamente Duro	+24

Al reemplazar obtenemos:

$$P = 10 * 20 \frac{kw \times h}{t} \left[\frac{1}{\sqrt{149}} - \frac{1}{\sqrt{15000}} \right] (30) \text{ kg/h}$$

$$P = 442,5493$$

$$P = 0,443 \text{ kW}$$

$$P = 0,59407279 \text{ HP}$$

Para calcular la potencia real de un motor eléctrica es necesario considerar la potencia de molienda

P_c = Potencia de carga y la potencia sin carga P_s .

$$P_m = P_c + P_s$$

Potencia Real

Para la potencia sin carga se considera el 15% de la potencia de carga.

$$P_m = (0,594) + (0,594) * (0,15)$$

$$P_m = 0,6831 \text{ HP}$$

La potencia teórica es de 0,6831 HP, pero por factibilidad de acceso al mercado comercial y garantizando el funcionamiento con términos de seguridad se utiliza un motor eléctrico de 1 HP.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados del dimensionamiento de la máquina pulverizadora

De acuerdo a la caracterización de las materias primas, del producto obtenido y de las diferentes etapas de cálculos de ingeniería se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4-1: Resultado de las dimensiones obtenidas

Factores de seguridad y espesores calculados			
Elemento	Factor de seguridad calculado	Espesor calculado	Espesor seleccionado
Pin	17,765	N/D	6,35 mm
Discos de pines	40,344	2,148	5 mm
Carcasa	N/D	2,148	5 mm
Ducto de descarga	N/D	N/D	2 mm

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-2: Resultados de la Potencia del motor

Potencia del Motor	
Potencia calculada	Potencia Seleccionada
0,6831 HP	1 HP

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

El molino de pines requiere una potencia baja para su funcionamiento, pero requiere altas velocidades, para la ruptura el material. Mediante la revisión bibliográfica se determinó que la mejor opción en términos comerciales es utilizar un motor de 1 HP para alcanzar con facilidad la velocidad requerida de 3500 RPM y maximizar la eficiencia.

Tabla 4-3: Dimensionamiento del Equipo

Elemento	Diámetro
Disco rotatorio	180 mm

Disco estático	180 mm
Pines	45 mm por ¼ in
Eje	192 mm por 1 ¼ in
Separador de Tolva	57 mm
Tolva	208,59 mm – 210,14mm
Soporte	306,35 mm alto por 572,7 mm de largo

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-4: Resultado del Balance de Masa

Balance de Masa				
Producto	Alimentación (Entrada) (Kg)	Producción (Kg)	Pérdida (Kg)	Eficiencia (%)
Maíz	5	4	1	80
Arveja	3	2,6	0,4	87
Garbanzo	3	2,4	0,6	80
Canela	0,5	0,30	0,20	60
Azúcar	1	0,92	0,08	92

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

La eficiencia de la máquina cumple con estándares de fabricación, al analizar y calcular los datos del producto, se obtiene una eficiencia final de funcionamiento con granos como materia prima, oscila entre el 80 y el 87%. El azúcar utilizado como materia prima para la producción de azúcar impalpable posee una eficiencia superior del 92% al tener un diámetro menor en comparación con los granos, además de presentar una estructura cristalina y quebradiza. Con una eficiencia menor tenemos a la canela con el 60% proveniente de cortezas secas, posee fibras que no son golpeadas por los pines, produciendo retención del material. Debido a una inexactitud en la construcción del molino pulverizador, el equipo tiende a retener material por periodos de tiempo,

al no ser molido no supera el 90% de eficiencia, con el tiempo y la acción de la fuerza centrífuga, el material es molido, la eficiencia incrementa, pero incrementa los costos de energía.

4.2 Caracterización del producto obtenido

Mediante los parámetros ya enunciados en la norma NTE INEN determinamos los siguientes resultados obtenidos de manera experimental.

Tabla 4-5: Resultados de la caracterización de la Harina de Arveja

Harina de Arveja			
Examen Físico			
Determinaciones	Unidades	Valores de Referencia	Resultados
Granulometría Tamiz 212 μm	%	95	96.58
Examen Bacteriológico			
Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10
Mohos y Levaduras	UFC/g	1×10^4	120

Fuente: Laboratorio de servicios analíticos, químicos y microbios en Agua y Alimentos "saqmic"

Tabla 4-6: Resultados de la caracterización de la Harina de Maíz

Harina de Maíz			
Examen Físico			
Determinaciones	Unidades	Valores de Referencia	Resultados
Granulometría Tamiz 212 μm	%	95	93.74
Examen Bacteriológico			
Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10
Mohos y Levaduras	UFC/g	1×10^4	500

Fuente: Laboratorio de servicios analíticos, químicos y microbios en Agua y Alimentos "saqmic"

Tabla 4-7: Resultados de la caracterización de la Harina de Garbanzo

Harina de Garbanzo			
Examen Físico			
Determinaciones	Unidades	Valores de Referencia	Resultados
Granulometría Tamiz 212 μm	%	95	94.06
Examen Bacteriológico			
Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10
Mohos y Levaduras	UFC/g	1×10^4	400

Fuente: Laboratorio de servicios analíticos, químicos y microbios en Agua y Alimentos "saqmic"

Al realizar la caracterización de cada uno de los productos obtenidos según la norma INEN respectiva, se determinó que el resultado obtenido de la máquina cumple con cada uno de los requisitos dados en la norma además de que las condiciones son viables para su posterior proceso.

4.3 Costos

Tabla 4-8:Costos Directos

Costos de los materiales				
Elemento	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Carcasa del Equipo	Plancha A. Inox 304 de 3mm	1	\$ 300	\$ 300
Discos	Plancha A. Inox 304 de 5mm	2	\$ 25	\$ 50
Pines	Inox. 304 RED 8 cm x 0,25 pulg	66	\$0,75	\$ 49,5
conductor	Inox. 304 RED 1 1/4"	1	\$50	\$ 50
Rodamientos	Rodamiento Rígido	2	\$4	\$ 8
Poleas	Polea SPA	1	\$15	\$ 15
Bisagra	Arandela Plana SAE Inox.	1	\$7,75	\$ 7,75

Malla del tamiz circular	Malla del tamiz circular	1	\$25	\$ 25
Espaciadores tamiz circular	A. Inoxidable 304	1	\$7,80	\$ 7,80
Estructura del equipo	Acero comercial de 3mm	1	\$32	\$ 32
Pernos	A. Inox 304	26	\$1,02	\$ 26,52
Motor	De 1 HP	1	\$278	\$278
Cables Flexible	5 m de cable (16,18,12 AWG)	1	\$ 5	\$ 5
Accesorios extras	Ruedas, Etiquetas, etc.	N/D		\$ 35
Costos de Materiales				\$ 890

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-9: Costos de Fabricación

Costos de Fabricación	
Descripción	Precio (\$)
Maquinado en torno	125,25
Soldado del Equipo	80
Gas argón para soldadura TIC	20
Rolado de Planchas	35
Servicio de corte de plasma	52,5
Pulidora	22
Precio Total	334,75

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-10: Costos de Mano de obra

Costos de Mano de obra	
Actividad	Costos (\$)
Técnico mecánico	250
Soldador	100
Costo total de mano de Obra	350

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-11: Costos Directos

Costos Directos Totales	
Descripción	Precio Total (\$)
Costo de materia prima	890
Costos de Fabricación	334,75
Costo de mano de obra	350
Costo Total	1574,75

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-12: Costos Directos

Costos Indirectos Totales	
Descripción	Precio Total (\$)
Ingeniería	350
Transporte	67
Insumos de Prueba	35
Experimentación	120
Análisis	52
Costo Total	624

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

Tabla 4-13: Costos Totales del Molino pulverizador de Pines

Costos Totales	
Descripción	Precio Total (\$)
Costo Directo	1574,75
Costos Indirecto	624
Costo Total	2198,75

Realizado por: CUZCO Kevin; ZUÑIGA Ismael, 2023

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización tanto de la materia prima como del producto pulverizado obtenido de la máquina ambas caracterizaciones se las realizaron de acuerdo a cada una de las normas INEN de cada una de las materias primas respectivamente, al realizar la caracterización de la materia prima se dio como resultado la viabilidad tanto para el dimensionamiento como para diseño de la máquina pulverizadora, y al realizar la caracterización del producto obtenido se obtuvo como resultado la óptima eficiencia de la máquina ya que como resultado se tuvo un producto que cumplía con cada uno de los parámetros de la norma INEN.
- Se seleccionó como material para la construcción de cada uno de los componentes del molino al Acero Inoxidable AISI 304 esto ya que es un componente ideal para para tratar con los alimentos, además de que este componente es muy maleable con un acabado muy higiénico, y el valor económico del mismo es muy accesible.
- Se realizó cada uno de los cálculos ingenieriles para el dimensionamiento de la máquina esto en base a la caracterización de la materia prima, los resultados obtenidos fueron los siguientes como energía de ruptura tenemos $0,122625 \text{ kg} * \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$, la velocidad tangencial para la materia prima tenemos, para el maíz $28,636 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, para la arveja $31,369 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ y para el garbanzo $18,746 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ también se obtuvo que la potencia con la cual se trabajara el motor es de 1 HP por su facilidad de acceso, al tener todos estos resultados se tiene una eficiencia positiva para los granos teniendo como resultado 87% de eficiencia para la arveja, y 80% de eficiencia tanto para el maíz como para el garbanzo pero por otro lado tenemos eficiencias bajas para el azúcar y para la canela llegando a la conclusión que para un mejor trabajo la materia prima ideal son los granos.
- La máquina se construyó teniendo en consideración cada una de las características y variables obtenidas, como se dijo anteriormente el equipo fue construido en su totalidad con el Acero Inoxidable AISI 304 el cual fue material idóneo para la construcción de la misma.
- A través de una demostración práctica realizada en el laboratorio se realizó la validación del equipo para la comprobación de su correcto funcionamiento, la validación se la realizó mediante la trituration del grano seco hasta obtener la harina que cumple con las características finales dadas en la Norma INEN

- Se realizaron guías de laboratorio para los estudiantes esto con la finalidad de que la información de la práctica con la máquina sea más entendible y para que las prácticas se lleven a cabo de una manera exitosa, sin que se llegue a afectar el funcionamiento de la misma.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la materia prima que sea utilizada para el proceso de reducción de tamaño de la partícula se encuentre acorde con las utilizadas para el diseño, esto para que el proceso sea más efectivo y la misma no tenga fallas.
- Analizar de manera muy exhaustiva los materiales con los cuales se trabajará en la máquina esto con la finalidad de que cada uno de los materiales con los cuales se trabajará sean fáciles de encontrar y que se encuentren a disposición para que si la máquina llega a tener alguna falla sea fácil de conseguir los repuestos de los mismos.
- Se recomienda dar siempre un mantenimiento, verificar que después de cada utilización de la maquinaria se realice la limpieza adecuada esto debido a que al trabajar con alimentos especialmente granos al producir harina al quedarse acumulada la misma libera toxinas que causa contaminación en el producto la cual puede llegar a dañar el material.
- Se recomienda que en la máquina se añada señalética de protección esto para que los estudiantes y docentes tengan información de las partes de la máquina en las cuales se podría llegar a tener riesgos, de esta manera se va a evitar accidentes en el laboratorio y de igual manera se va a cuidar la vida útil de la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

BARAKAT, A., MONLAU, F., SOLHY, A. y CARRERE, H., Mechanical dissociation and fragmentation of lignocellulosic biomass: Effect of initial moisture, biochemical and structural proprieties on energy requirement. *Applied Energy*, [En línea], 2015. (142), pp. 240-246. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2014.12.076.

BIRENBAUM, R., HESLOP, L. y RUDNITSKI, S., *Hadling Agricultural Materials*. Ottawa: Research Branch, Agriculture Canada. [En línea], 1990. pp. 1067-1070. ISBN 0660134462. Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/59291>

BORBOR, A.I. y CRESPO, A., Diseño de una Línea de Producción de Fertilizantes Pulverizados (Trabajo de titulación) (Grado) [en línea]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Quito-Ecuador, 2012. pp. 1-90. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31028>.

CASCO, Y.R.I., Diseño De Un Molino De Pines Sistema De Alimentación, Sistema De Trituración, Y Sistema De Descarga (Trabajo de titulación) (Grado) [en línea]. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador, 2022. pp. 1-102. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22456/1/CD_11941.pdf.

GAUR, P., TRIPATHI, S., GOWDA, C., RANGA, G., SHARMA, H., PANDE, S. y SHARMA, M., Chickpea Seed Production Manual. ICRISAT Science with a human face, pp. 28.

GAUTAM, R.B., Modeling of the coriander grinding process under different operational conditions in a hammer mill. S.l.: GB Pant University of Agriculture & Technology. 2002. pp.76. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263716524_Grinding_of_Coriander_Seeds_Modeling_of_Particle_Size_Distribution_and_Energy_Studies

INCAP, Instituto de nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). *Organización panamericana de la salud (OPS)*. 2012. ISBN 9992288027.

INEN, 2007. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 392:2007 Hierbas Aromáticas. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*,

INEN, 2010. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2532:2010 Especias y Condimentos. Requisitos. *Nte Inen 2 532:2010*, vol. 1, pp. 10.

INEN, 2013a. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: 2013 CEREALES Y LEGUMINOSAS. ARVEJA SECA EN GRANO. REQUISITOS. *Inen*, vol. First Edit, pp. 15.

INEN, 2013b. NTE INEN 187 Cereales y Leguminosas, Maíz Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*,

INEN, 2013c. NTE INEN 2783 NORMA PARA DETERMINADAS LEGUMBRES (CODEX STAN 171- 1989, MOD). ,

INEN, 2015. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 260 Azúcar Refinado. Requisitos. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 260*,

INEN, 2017. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 259. Azúcar blanco. Requisitos. *Nte Inen 259 (2017)*, pp. 7.

INEN, 2018. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 258 AZÚCAR CRUDO. REQUISITO. , pp. 1-8.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), 2015. *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales* [en línea]. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). ISBN 272-15-053-X. Disponible en: <http://publicacionesoficiales.boe.eshttp://www.insht.es/catalogopublicaciones/>.

MANUWA, S.I., SEDARA, A.M. y TOLA, F.A., Design, fabrication and performance evaluation of moringa (oleifera) dried leaves pulverizer. *Journal of Agriculture and Food Research*, [En línea], 2020.2(3), pp. 100034. ISSN 26661543. Disponible en: DOI 10.1016/j.jafr.2020.100034.

MONCAYO, I.R.C., UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ *Colegio de Ciencias e Ingenierías Modificaciones* (Trabajo de titulación) (Grado) [en línea]. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ. Quito-Ecuador. 2016.

ORTIGOZA, J., LÓPEZ, C. y GONZALEZ, J., 2019. *Guia tecnica del cultivo de maiz*. S.l.: s.n. ISBN 9789996794056.

RAWAT, I., VERMA, N. y JOSHI, K., 2019. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*). . S.l.: s.n., pp. 164-177.

REYES, J.A.Q. y SACÓN, J.B.R., 2021. *Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI* [en línea]. Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7922/1/UTC-PIM-000375.pdf>.

REYES, J.D.D. y BALLESTEROS, V.E.G., 2016. *Diseño Y Construcción De Un Molino De Bolas Para La Pulverización De Arcillas En El Laboratorio De Materiales Y Catálisis De La Universidad De Córdoba* [en línea]. S.l.: Universidad de Córdoba. Disponible en: <https://docplayer.es/88209464-Diseno-y-construccion-de-un-molino-de-bolas-para-la-pulverizacion-de-arcillas-en-el-laboratorio-de-materiales.html>.

SINGH, K.K. y SAHAY, K.M., 1996. *Unit Operations of Agricultural Processing*. S.l.: Vikas Publishing House Pvt Ltd. ISBN 9788125911425, 9788125911425.

SKF, 2012. Tipos Y Características De Los Rodamientos. [en línea], vol. 1, pp. 565. Disponible en: https://www.academia.edu/33471310/CATALOGO_DE_RODAMIENTOS_SKF.

SUASNABAS ASTETE, C., MARMOLEJO GUTARRA, D., TORRES SUÁREZ, G., MUNIVE CERRÓN, R.V., VALVERDE CADILLO, A.A. y GAMARRA SÁNCHEZ, G., 2019. *Cultivo de arveja Cultivo de arveja*. S.l.: s.n. ISBN 9786124854712.

TAVARES, L.M., 1999. Energy absorbed in breakage of single particles in drop weight testing. *Minerals Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 43-50. ISSN 08926875. DOI 10.1016/s0892-6875(98)00118-6.

VASQUEZ, M.F., 2019. Escuela politècnica nacional. *Facultad de Ingeniería química y Agroindustrial* [en línea], pp. 157. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/786%0Ahttps://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/786/1/CD-1222.pdf>.

VEYCO, 2016. *Catalogo Pulverizador.pdf* [en línea]. 2016. Ciudad de México: MAQUINOVA. Disponible en: [https://molinosymezcladoras.com.mx/molinos-pulverizadores.html#:~:text=Son molinos herméticos y cuentan,microprocesador digital PLC \(opcional\).](https://molinosymezcladoras.com.mx/molinos-pulverizadores.html#:~:text=Son molinos herméticos y cuentan,microprocesador digital PLC (opcional).)

WARREN L. MCCABE, JULIAN C. SMITH, PETER HARRIOT, R.H.C., 2013.
Operaciones unitarias en ingeniería química [en línea]. Séptima. México: s.n. ISBN
9788578110796. Disponible en: file:///C:/Users/LENOVO/Desktop/Tesis 1/5.
Operaciones_Unitarias_en_Ingenieria_Quim.pdf.

ZAITOUN, M., GHANEM, M. y HARPHOUSH, S., 2019. Sugars: Types and Their
Functional Properties in Food and Human Health Sugars : Types and Their Functional Properties
in Food and Human Health. *International Journal of Public Health Research*, no. February.



ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LA MÁQUINA PULVERIZADORA

Introducción

Esta guía integral ha sido desarrollada para brindarle información esencial acerca de las pautas para operar la máquina pulverizadora de pines y salvaguardar la integridad de los usuarios. Se proporciona una descripción completa de la funcionalidad, los controles operativos, riesgos que se deben tomar en cuenta en manipulación y las características de seguridad en el pulverizador. Es crucial tener en cuenta que la información provista en este manual es específica para el molino al que se hace referencia. Si bien los principios descritos en este documento son generalmente aplicables a la mayoría de los molinos, es esencial consultar la documentación y las pautas del fabricante para su modelo específico. Seguir las instrucciones y recomendaciones del fabricante es esencial para la operación del molino. Si sigue diligentemente los procedimientos contribuirá al buen funcionamiento del molino, reducirá el tiempo de inactividad y mitigará los posibles riesgos de seguridad. La seguridad es primordial y todos los involucrados deben priorizar su bienestar y el de sus colegas.

Objetivos

General

Elaborar el manual de operación, mantenimiento y seguridad del Molino Pulverizador de pines para el laboratorio de Procesos Industriales, Facultad de Ciencias, ESPOCH.

Específicos

Proporcionan una visión general de los pasos a seguir para el correcto funcionamiento de la máquina.

Detallar las medidas de seguridad que se debe tomar para evitar posibles riesgos al hacer uso de la máquina.

Alcance

El manual se diseñó para ser una guía completa de información con pautas valiosas para los estudiantes y cualquier persona que necesite utilizar la máquina pulverizadora de manera efectiva. El manual equipa a las personas con el conocimiento de los procedimientos necesarios para comprender y navegar las operaciones de la máquina sin problemas.

Nombre de la máquina

Molino Pulverizador de pines

Imagen 4.1. Molino Pulverizador de pines



Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Propósito de la máquina

El molino pulverizador de pines es una máquina, cuya función es reducir los materiales a una finura deseada mediante impacto, es decir, la materia prima es golpeada por barras de metal (pines) con alta velocidad para romperlas. Pueden moler material seco y son utilizados en diversos sectores industriales para distintas aplicaciones. La granulometría de los productos se maneja con el diámetro de mallas o cribas con determinadas medidas.

Descripción de la máquina

El molino pulverizador de pines de acero inoxidable AISI 304, reduce el tamaño las partículas por impacto, es decir, golpea las partículas con alta energía para romperlas. La materia prima, es introducida a través de la tolva de alimentación donde sufre una aceleración centrífuga y alcanza la zona de impacto (Cámara de molienda). En la cámara de molienda se encuentran dos discos circulares; el disco estático sujeto a la puerta y un disco giratorio conectado al eje, que a su vez está acoplado a un sistema de poleas, donde una banda transmite el movimiento generado por el motor. Los discos tienen soldado barras de acero hechas a medida provenientes de diseños y cálculos de ingeniería, llamados pines (púas o pasadores), son las que dan origen al nombre del molino. Los pines giran a una velocidad de 3520 rpm, golpean la materia prima y cuando alcance el tamaño adecuado de la criba, saldrá de la máquina debido a la acción de la fuerza centrífuga. Al igual que con cualquier molino de impacto, los componentes y las superficies del

molino de pines están expuestos a un alto desgaste, por lo que la máquina no puede utilizarse para la molienda de materiales con una dureza superior a los 3 Mohs.

Especificaciones técnicas

Modelo, Dimensiones

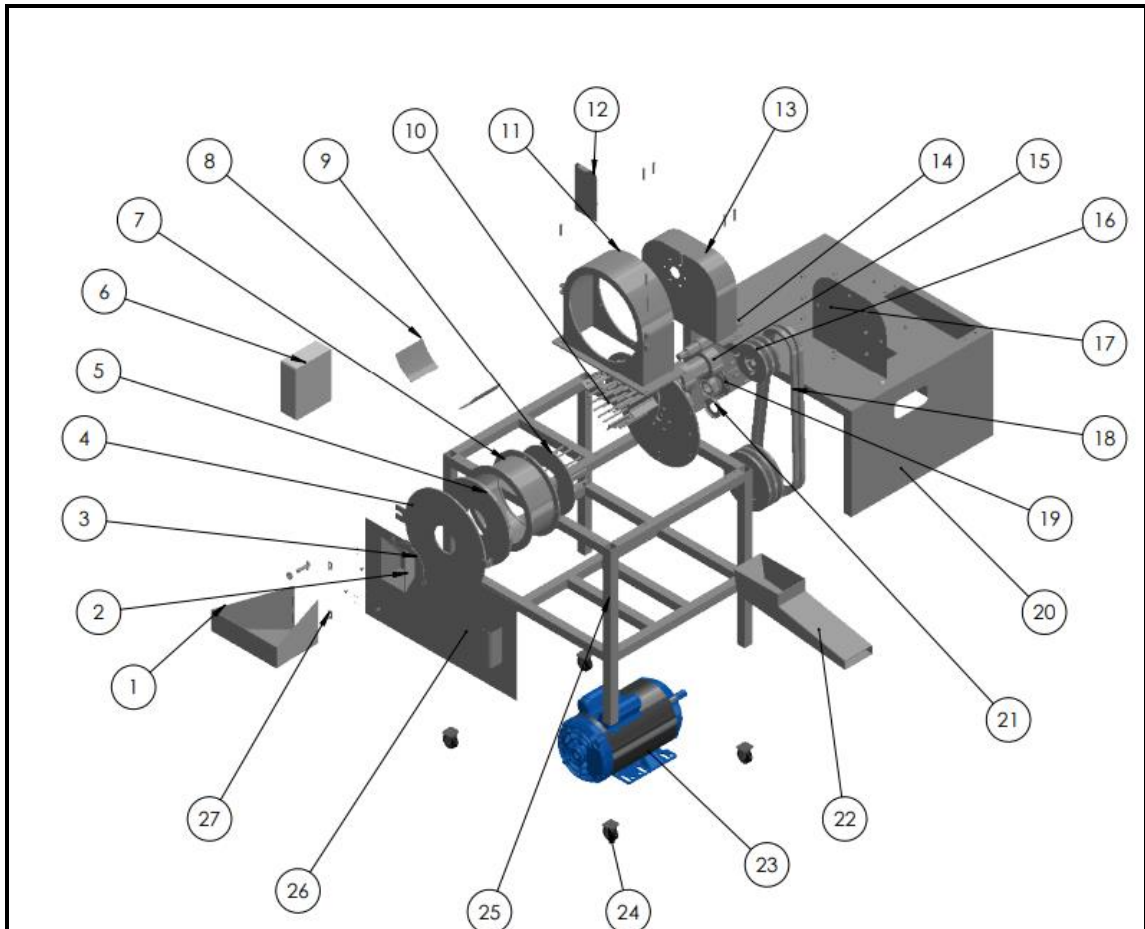
Tabla 7.1.1. Datos generales Molino Pulverizador de pines

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	INDICADOR
Alimentación eléctrica	220 V
Tamiz # 1	0.125 mm ϕ
Tamiz # 2	0.219 mm ϕ
Pines	42
Tornillos	6
Tuercas	6
Pernos	16
Llave #14	1
Llave hexagonal #5	1
Velocidad de giro	3520 rpm
Capacidad de producción	30 Kg/h
Modo uso	Continuo
Rango Operativo de Temperatura	10 – 40 °C
Dimensiones	552,63 x 467,52 x 500 mm
Material	AISI 304

Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Componentes de la máquina

Diagrama 7.2.1. Partes del Molino Pulverizador de pines



Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

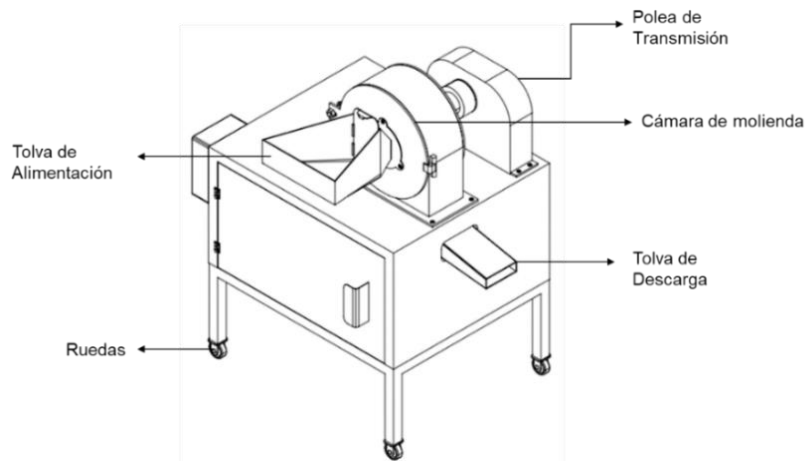
Tabla 7.2.1. Partes del molino

N°	ELEMENTOS
1	Tolva de ingreso
2	Tolva ingreso intermedio
3	Brida tolva
4	Tapa frontal
5	Caucho sellador
6	Caja de control
7	Conjunto malla
8	Aletas desviación
9	Conjunto pines estático
10	Conjunto pines móviles
11	Cuerpo principal
12	Tapa de almacenamiento
13	Cobertor polea
14	Eje

15	Soporte eje
16	Polea
17	Tapa cobertor polea
18	Correas
19	Brida de eje
20	Cubierta mesa
21	Rodamiento skf6228
22	Tolva de salida
23	Motor de 1hp
24	Ruedas
25	Estructura mesa
26	Puerta de la mesa
27	Bisagras

Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Diagrama 7.2.2. Molino Pulverizador de pines



Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Servicios requeridos para su instalación y operación

Instalación

Se requiere tener una conexión para tipo I en los enchufes.

Diagrama 7.3.1. Conexión tipo I




Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Operación

Para la operación de la máquina es necesario una dosificación adecuada para cada tipo de grano a pulverizar. La dosificación depende de la dureza y tamaño del grano.

Tabla 7.3.2.1. Apertura de dosificación de los granos

Malla # 1		
Dosificador	Grano	Medida (cm)
	Arveja	1.4
	Garbanzo	1.5
	Maíz	1.5

Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Tabla 7.3.2.2. Apertura de dosificación de los granos

Malla # 2		
Dosificador	Grano	Medida (cm)
	Arveja	1.5



Garbanzo	1.6
Maíz	1.7

Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

AVISO: Para la medida de dosificación se utiliza como punto de referencia la recta generada por la compuerta y el instrumento de medición.

AVISO: Si se desea moler otro tipo de grano dosifique la alimentación de tal manera que la máquina pueda moler el material sin sobrecalentarse.

PELIGRO: Cuando la máquina presente sobrecalentamiento en la cámara de molienda y produzca aire muy caliente, se debe detener el motor por completo y retirar el material excedente del interior (una vez que se enfríe) de la cámara de molienda. Todo con el objetivo de prevenir daños en la máquina.

AVISO: La máquina debe ser manejada por personal capacitado en la misma.

Equipo de protección personal y medidas de seguridad industrial

Equipo de protección personal

Para la manipulación el molino pulverizador de pines es necesario hacer correcto uso de los siguientes equipos de protección personal recomendados de la normativa EN 689:

- Mandil antifluido
- Mascarilla
- Tapones auditivos u orejeras
- Gafas de Protección
- Cofia
- Medidas de seguridad industrial

SEGURIDAD EN EL ÁREA DE TRABAJO

Utilizar la máquina solo si todas las piezas están ensambladas en perfecto estado.

Asegurar las ruedas del dispositivo durante su uso.

Verificar que la puerta está cerrada correctamente.

Permanecer en el puesto de trabajo mientras la máquina se encuentre en operación.

Limpiar de inmediato el piso ante cualquier derrame de agua o residuos de material molido.

La máquina debe colocarse en un lugar de fácil acceso.

SEGURIDAD ELÉCTRICA

No utilice varios enchufes o cables de extensión.

Las conexiones de la maquinaria, deben adaptarse a las conexiones dl toma corriente.

Compruebe que los datos indicados en la placa de identificación se ajusten a su red eléctrica.

No exponer las conexiones eléctricas a la lluvia, o a la humedad. Si entra agua a estos elementos se corre el riesgo de recibir una descarga eléctrica.

Utilizar cable en una sola pieza, si se usa cable unido, este puede generar un corto circuito.

No exponer los cables y conexiones eléctricas a bordes afilados o partes en movimiento, ya que los cables dañados pueden producir descargas eléctricas o un corto circuito.

¡Antes de abrir el dispositivo, el cable de alimentación siempre debe estar desconectado!

Riesgo de lesiones por piezas móviles y atrapamiento de extremidades.

SEGURIDAD PERSONAL

No operar la máquina si se encuentra cansado, bajo el efecto del alcohol o droga.

No usar ropa holgada ni accesorios como collares, relojes, pulseras, anillos o aretes. Recoger el cabello largo empleando una cofia.

No subirse sobre la estructura de la máquina por ningún motivo. Puede ocurrir alguna caída o lesión mayor como fracturas o la muerte.


Evitar el uso de audífonos, celulares u otros instrumentos que funcionen como distractores para los operadores.

Si se realizara algún cambio de modelo o sustitución de algún componente la máquina, ya sea mecánico o eléctrico, compruebe su funcionamiento sin material de molienda.

Procedimiento de operación


Encendido de la máquina:

 PELIGRO: La energía eléctrica debe ser la adecuada para el funcionamiento del molino.

 PELIGRO: En la puesta en marcha los discos, la tolva y la puerta deben estar correctamente asegurados.

 PELIGRO: La dosificación del molino debe ser la estipulada dependiente del material.

Tabla 9.1.1. Encendido del molino

	ESTADO	BOTON
	Encendido	Verde
	Apagado	Rojo

Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Para encender la máquina presionar el botón verde.

Para detener la máquina presionar el botón rojo.

Puesta en marcha:

1. Colocar el recipiente en la tolva de descarga.
2. Asegurar la puerta de la cámara de molienda.
3. Conectar la máquina a una fuente de poder.
4. Dosificar la apertura de la compuerta de la tolva a la medida definida por la malla y el grano.
5. Presionar el botón verde para encender la máquina.
6. Alimentar el molino con la cantidad requerida.
7. Finalizada la molienda apagar el molino.
8. Retirar la harina sobrante de la tolva de descarga.
9. Limpieza de sobrantes en la tolva y los pines; para lo cual:

Liberar el seguro de la puerta.

Extraer la materia hacia enfrente

Retirar el polvo sobrante.

Limpiar perfectamente el tamiz, los discos y los pines.

AVISO: La limpieza del tamiz se la puede realizar extrayendo el tamiz mediante la utilización de una llave hexagonal 5.

Limpiar con un trapo limpio y seco las partes externas del molino.

AVISO: No introducir agua en su interior ya que corre el peligro de formar cuerpos de masa en su interior.

Dejar secar el molino específicamente el disco giratorio y el tamiz.

AVISO: Para asegurar la puerta tiene que verificar que los pines no choquen entre ellos, caso contrario la puerta no cerrará.

Se recomienda el uso de un cepillo para asear las áreas de difícil acceso.

Cuando todo esté completamente seco, se podrá rearmar el molino.

Apagado de la máquina:

Para detener la máquina presionar el botón rojo e inmediatamente desconecte la máquina de la fuente de poder para evitar daños en la limpieza.

Rendimiento de la máquina

En base a los resultados obtenidos como parte de la validación de la máquina se reportan los siguientes datos:

Tabla 9.1. Resultados de Rendimiento y capacidad por muestra procesada de Maíz

Malla	Cantidad de Muestra (kg)	Tiempo de molienda (h)	Temper. promedio (°C)	Cantidad de Muestra obtenida (kg)	Pérdida (kg)	Eficiencia alcanzada (%)
#2	5	0.34	10-40	4	1	80
#1	0.3	0.34	10-40	0.24	0.06	80

Realizado por Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Calibración

Para un correcto funcionamiento de la máquina, es necesario realizar una calibración de la polea, en el caso de ser requerido (dependiendo de la rigidez de la polea). El ajuste de la polea comienza aflojando los pernos que mantienen unido el motor con la estructura metálica, posteriormente recorrer el mismo hacia la derecha de tal manera que se tense las poleas, en caso de ya no tener espacio cambiar las poleas.

Mantenimiento general

Limpiar el molino después de cada práctica, quitando los desechos y retirando totalmente el tamiz.

Nunca dejar el sobrante de la molienda dentro del molino.

Tensar de ser requerido las bandas de las poleas.

Eliminar el material molido que no sea de la calidad necesaria.

La duración de las refacciones dependerá del mantenimiento preventivo y cuidado que se tenga de la máquina.

En caso de presentar deformaciones o cizallamiento e los pines, cambiarlos inmediatamente.

Registro de mantenimientos

FECHA	NOMBRE	RESPONSABLE	FIRMA

Realizado por: Cuzco, Kevin y Zuñiga, Ismael. 2023

Definiciones

Molino Pulverizador: Los pulverizadores o molinos pulverizadores son máquinas especializados en la reducción de tamaño de las partículas sólidas, son reconocidos por su versatilidad y multifuncionalidad, pueden moler material seco, húmedo, pastoso, y son utilizados en diversos sectores industriales para distintas aplicaciones finales (VEYCO, 2016).

Pines: También conocidos como pasadores o púas son piezas de metal alargadas, diseñadas para golpear directamente el material que se requiere romper. Se encuentran distribuidos en el disco estático y rotatorio, colocados de la tal manera que no exista contacto entre ellos (Lykken, 2017).

Tolva: Tiene la función de un embudo permitiendo al material ingresar a la cámara de pulverización por efecto de la gravedad y la vibración estructural (N.M. HEILIG, 2022).

Cámara de molienda: O carcasa es un sistema estructural para máquinas, normalmente asociado al uso de armazones, empleado para alojar mecanismos que exigen una precisión dimensional elevada. La carcasa de un molino pulverizador de pines se compone de la base frontal, base posterior, placa inferior y tapa posterior (Alvarez Zambrano & Dávila Sánchez, 2011).

Eje: Un eje de molino es un componente mecánico giratorio, el funcionamiento del eje de un molino implica la transmisión de potencia, soporte de peso, centrado preciso y equilibrio dinámico, para garantizar la eficiencia y fiabilidad de la máquina (Garitano, 2012).

Reducción de Tamaño: La Reducción de Tamaño es un método aplicado a todas las formas en las que a las partículas de sólidos se pueden cortar, romper, desmenuzar, triturar o descomponer en piezas o partículas más pequeñas. Las partículas obtenidas deben cumplir especificaciones estrictas con respecto al tamaño, y dependiendo de su aplicación la forma requerida. La reducción del tamaño de las partículas también incrementa la reactividad de los sólidos; esto permite separación por métodos mecánicos de ingredientes no deseados, facilita su transporte y reduce el tamaño de materiales fibrosos para su fácil tratamiento, así como para facilitar el depósito de desperdicios (Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot 2013).

Pulverización: La pulverización o molienda, es una operación unitaria utilizada para reducir el tamaño las partículas de sólidos a un gran número de pequeñas partículas (polvo) aumentando el área superficial por unidad de peso, es decir la superficie específica, incrementando su

reactividad. Dependiendo del sector industrial en el que se trabaje, el tamaño de las partículas de los materiales la determina sus propiedades físicas y si son útiles o no para diferentes aplicaciones (INSST, 2015).

Referencias Bibliográficas

Citas

(Alvarez Zambrano & Dávila Sánchez, 2011)

(INSST, 2015)

(Garitano, 2012)

(Lykken, 2017)

(N.M. HEILIG, 2022)

(VEYCO, 2016)

(Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot 2013)

Bibliografía

Alvarez Zambrano, C. A., & Dávila Sánchez, J. L. (2011). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE ATRICCIÓN PARA MOLER MATERIALES CERÁMICOS . Quito: Escuela Politécnica Nacional.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), 2015. *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). ISBN 272-15-053-X.

Lykken, H. G. (2017). Pin Mill. New York: NVENTOR. 1/54/23 6 ykksv BY M44701 hf i (KEN 4770 Rmb'ys H. G. LYKKEN ET AL 'PULVERIZER March 3, 1959 4 Sheets-Sheet 5 7 Filed Moi 15, 1954 W 6 M MW mv ui M M M MM M 2M Hwy V.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), 2015. *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). ISBN 272-15-053-X.

VEYCO, 2016. Catalogo Pulverizador.pdf. 2016. Ciudad de México: MAQUINOVA

WARREN L. MCCABE, JULIAN C. SMITH, PETER HARRIOT, R.H.C., 2013. Operaciones unitarias en ingeniería química. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

Internet

Garitano, F. M. (2012). Diseño en ingeniería mecánica . México : Escuela de Ingeniería de GIPUZKOA.

<http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>

N.M. HEILIG. (2022). N.M. HEILIG B.V. Obtenido de N.M. HEILIG B.V.:
<https://www.heiligbv.com/es/productos/sistemas-de-almacenamiento-a-granel/tolvas/>

ANEXO B: SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA

	<p>CUIDADO CON LAS MANOS: Indica Información importante no relacionada con ningún peligro de lesiones.</p>
	<p>PELIGRO: Indica situaciones de peligro que provocaran daños o lesiones graves a usted y la maquinaria</p>
	<p>RIESGO DE ATRAPAMIENTO: No se debe introducir la mano en las partes en movimiento del equipo cuando esté se encuentra en funcionamiento.</p>
	<p>RIESGO ELÉCTRICO: En la que puede sufrir descargas eléctricas, si no se cumplen las disposiciones de seguridad eléctrica</p>
 <small>© dreamstime.com</small>	<p>SUPERFICIE CALIENTE: No tocar, el motor puede calentarse por la fuerza que realiza al momento del funcionamiento</p>
	<p>ELEMENTOS DE PROTECCIÓN: Los elementos de protección personal para ingresar a la práctica son necesarios así se puede prevenir accidentes en caso de existir, es necesario usar (mandil, guantes, tapones de odios, gafas, casco, mascarilla)</p>

ANEXO C: Catálogo de Cribas

Perforacion		Tipo	Aternada	Centros	Calibre Max	Calibre Min
Perf 1	Perf 2					
0.094	0.094	REDONDA	SI	0.250	16	18
0.100	0.100	REDONDA	SI	0.160	16	18
0.125	0.125	REDONDA	SI	0.250	14	18
0.125	0.125	REDONDA	SI	0.188	16	18
0.125	0.125	REDONDA	NO	1.250	16	18
0.125	0.125	REDONDA	SI	0.188	16	18
0.156	0.156	REDONDA	SI	0.250	14	18
0.156	0.156	REDONDA	SI	0.500	14	18
0.156	0.156	REDONDA	NO	0.313	14	18
0.156	0.156	REDONDA	SI	0.438	14	18
0.188	0.188	REDONDA	SI	0.375	10	12
0.188	0.188	REDONDA	SI	0.500	10	12
0.188	0.188	REDONDA	NO	0.656	10	12
0.188	0.188	REDONDA	NO	1.250	10	12
0.188	0.188	REDONDA	NO	0.375	10	12
0.188	0.188	REDONDA	NO	0.313	10	12
0.188	0.188	REDONDA	NO	0.625	10	12
0.188	0.188	REDONDA	SI	0.750	10	12
0.188	0.188	REDONDA	SI	1.000	10	12
0.188	0.188	REDONDA	SI	1.500	10	12
0.188	0.188	REDONDA	SI	0.313	11	14
0.188	0.188	REDONDA	SI	0.563	11	14
0.188	0.188	REDONDA	SI	0.501	16	18
0.188	0.188	REDONDA	SI	1.001	16	18
0.188	0.188	REDONDA	NO	1.001	16	18
0.188	0.188	REDONDA	NO	0.500	16	18
0.219	0.219	REDONDA	SI	0.375	0.188	11
0.219	0.219	REDONDA	NO	0.500	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.375	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.376	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	NO	0.500	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.656	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.502	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	NO	0.656	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.406	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.751	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.750	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.438	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.563	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.625	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	0.875	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	1.000	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	NO	1.000	0.188	11
0.250	0.250	REDONDA	SI	2.000	0.188	11

ANEXO D: Resultados de la caracterización de la Harina de Garbanzo



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS

CLIENTE	Señores Ismael Zúñiga y Kevin Cuzco
UBICACION	Riobamba
TIPO DE MUESTRA	Harina de Garbanzo
FECHA DE ENTREGA	22 de febrero del 2023

Examen Físico sensorial

COLOR:	amattilo claro
OLOR:	inoloro
ASPECTO:	muestra granular fina, homogénea

Examen Físico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Granulometría (tamiz de 212 μm)	%	95	94.06

Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10
Mohos y Levaduras	UFC/g	1×10^4	400

< 10 significa que no hubo crecimiento en la menor dilución

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador



ANEXO E: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE ARVEJA



INFORME DE ANÁLISIS

CLIENTE: Señores Ismael Zúñiga y Kevin Cuzco
UBICACION: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Harina de Arveja
FECHA DE ENTREGA: 22 de febrero del 2023

Examen Físico sensorial

COLOR: ligeramente verdosa
OLOR: inoloro
ASPECTO: muestra granular fina, homogénea

Examen Físico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Granulometría (tamiz de 212 µm)	%	95	96.58

Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10
Mohos y Levaduras	UFC/g	1×10^4	120

< 10 significa que no hubo crecimiento en la menor dilución.

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

ANEXO F: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE MAÍZ



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS

CLIENTE	Señores Ismael Zúñiga y Kevin Cuzco
UBICACION	Riobamba
TIPO DE MUESTRA	Harina de Maíz
FECHA DE ENTREGA	22 de febrero del 2023

Examen Físico sensorial

COLOR:	Blanquicina
OLOR:	inoloro
ASPECTO:	muestra granular fina, homogénea

Examen Físico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Granulometría (tamiz de 212 µm)	%	95	93.74

Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10
Mohos y Levaduras	UFC/g	1×10^4	500

< 10 significa que no hubo crecimiento en la menor dilución

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322


Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

ANEXO G: DISEÑO DE LA MÁQUINA PULVERIZADORA

Tipo de visualización
Sin líneas ocultas

Tipo de visualización
Sombrado

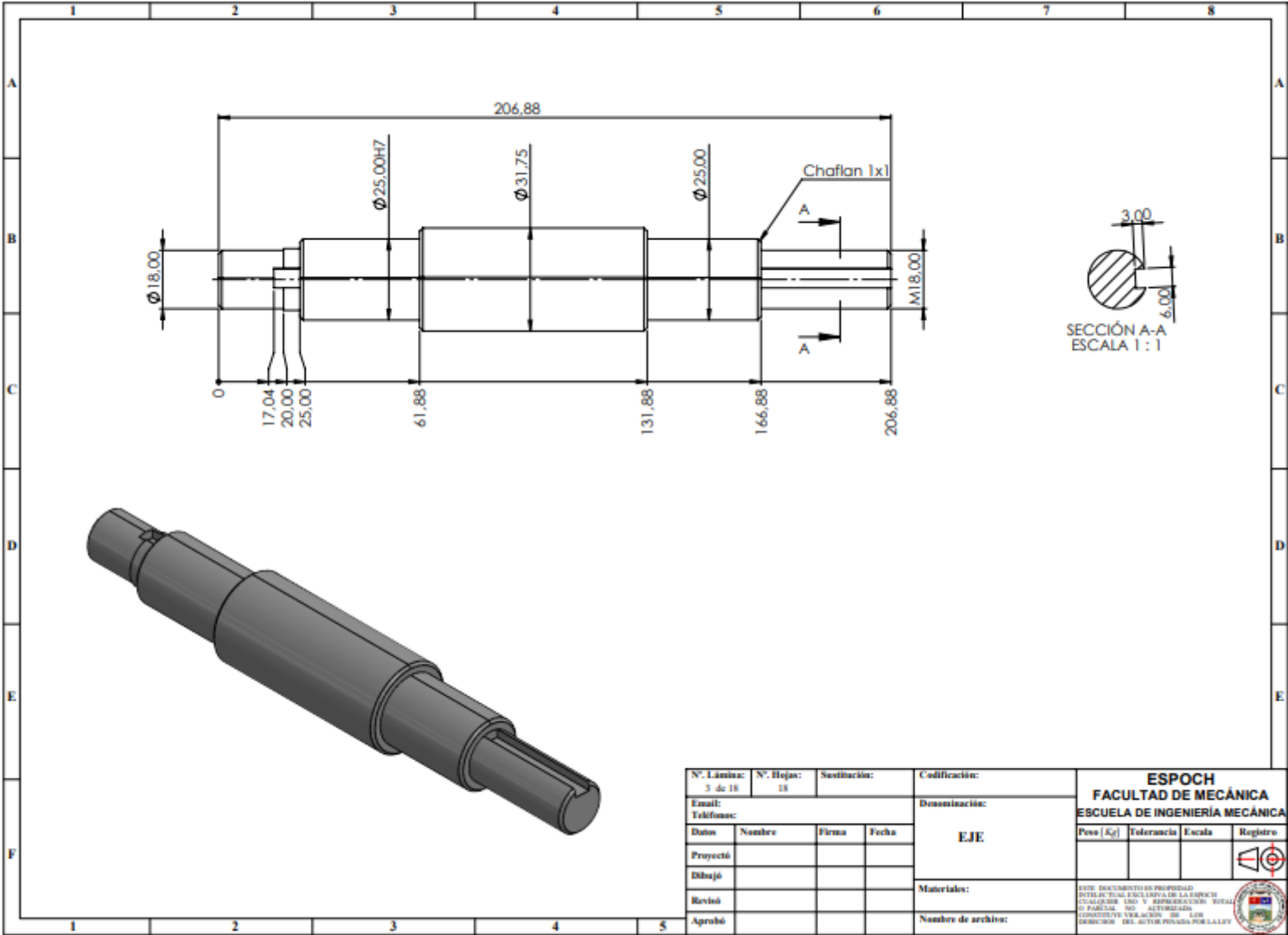
N°. Lámina: 1 de 18	N°. Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA				
Email:			Denominación:					Peso [Kg]
Teléfono:			PRINCIPAL	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPPOCH CUALQUIERA USO O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 				
Datos	Nombre	Firma						Fecha
Proyectó								
Dibujó								
Revisó								
Aprobó			Materiales:	Nombre de archivo:				

ANEXO H: PARTES DE LA MAQUINA PULVERIZADORA

27	BISAGRAS	
26	PUERTA DE LA MESA	
25	ESTRUCTURA MESA	
24	RUEDAS	
23	MOOTOR DE IHP	
22	TOLVA DE SALIDA	
21	RODAMIENT SRF6228	
20	CUBIERTA MESA	
19	BRIDA DE EJE	
18	CORREAS	
17	TAPA COBERTOR POLEA	
16	POLEA	
15	SOPORTE EJE	
14	EJE	
13	COBERTOR POLEA	
12	TAPA DE ALMACENAMIENTO	
11	CUERPO PRINCIPAL	
10	CONJUNTO PINES MOVILES	
9	CONJUNTO PINES ESTATICO	
8	ALETAS DESVIACION	
7	CONJUNTO MALLA	
6	CAJA DE CONTROL	
5	CAUCHO SELLADOR	
4	TAPA FRONTAL	
3	BRIDA TOLVA	
2	TOLVA INGRESO INTERMEDIO	
1	TOLVA DE INGRESO	
Nº DE ELEMENTOS	LONGITUD	CANTIDAD

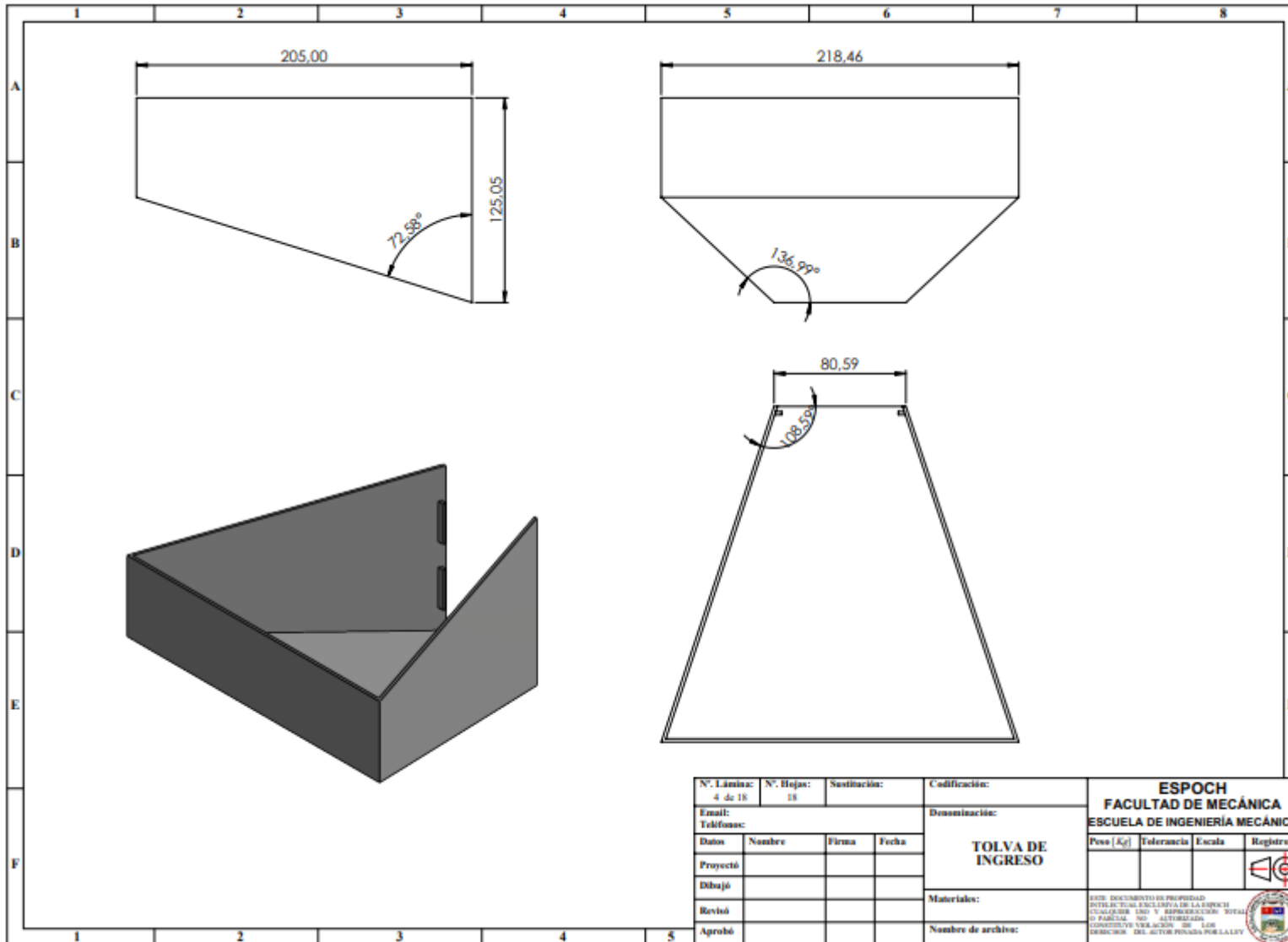
Nº. Lámina:	2 de 18	Nº. Hojas:	18	Sustitución:	
Email:		Codificación:			
Teléfono:		Denominación:			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	EXPLOSIÓN Materiales: Nombre de archivo:	
Proyectó					
Dibujó					
Revisó					
Aprobó					
ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Pesa [Kg] Tolerancia Escala Registro					
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y REPRESENTACIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONFORME A LA LEY DEL DISEÑO DEL AUTOR PROTEGIDA POR LA LEY</small>					

ANEXO I: DISEÑO DEL EJE



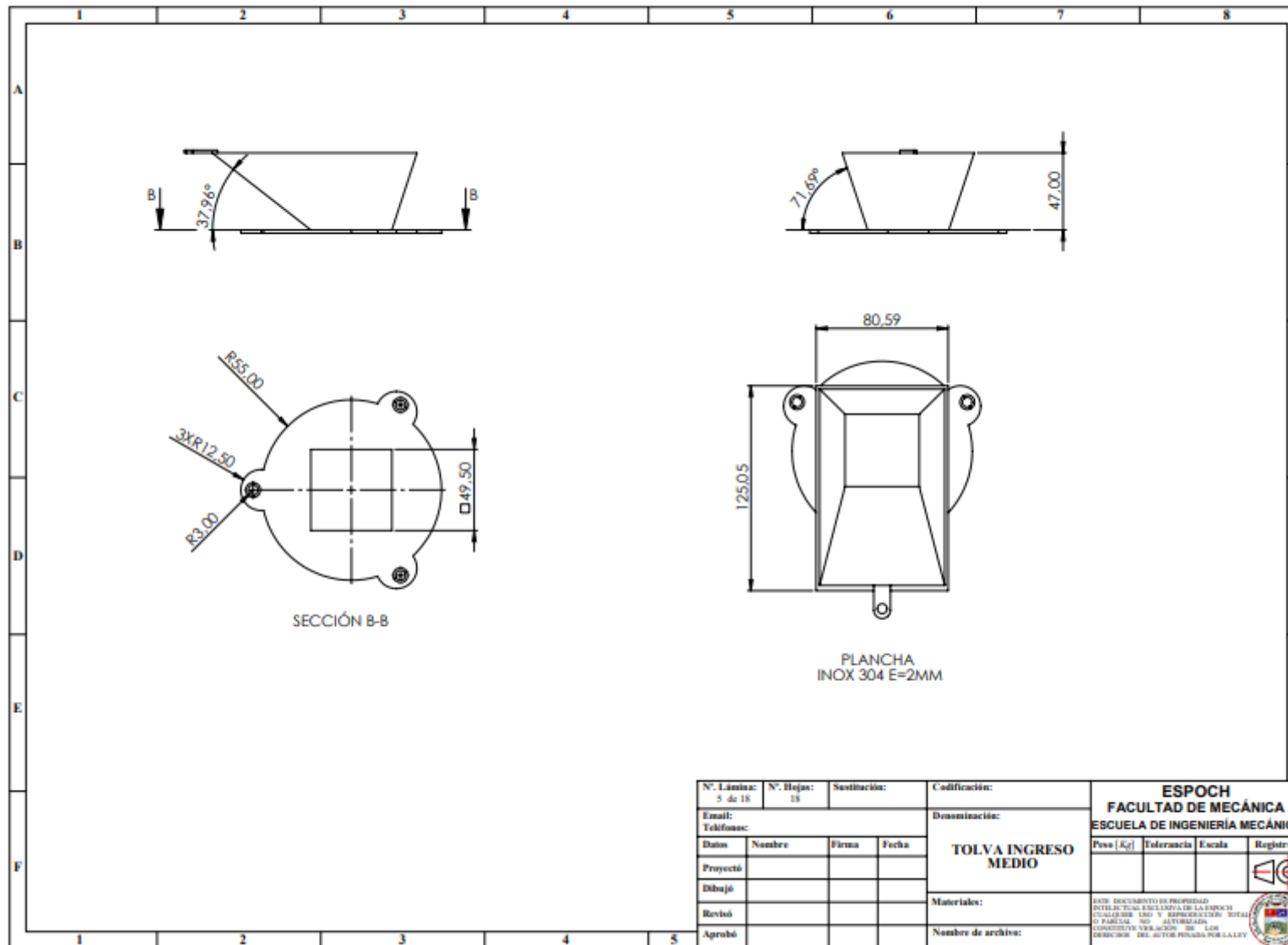
N. Lámina: 3 de 18	N. Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Email:	Denominación:		EJE			
Teléfono:	Materiales:					Peso (Kg)
Datos	Nombre	Firma	Fecha			
Proyectó						
Dibujó						
Revisó						
Aprobó				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSERVAREMOS TODOS LOS DERECHOS DEL AUTOR PREVISTA POR LA LEY		

ANEXO J: DISEÑO DE LA TOLVA DE INGRESO



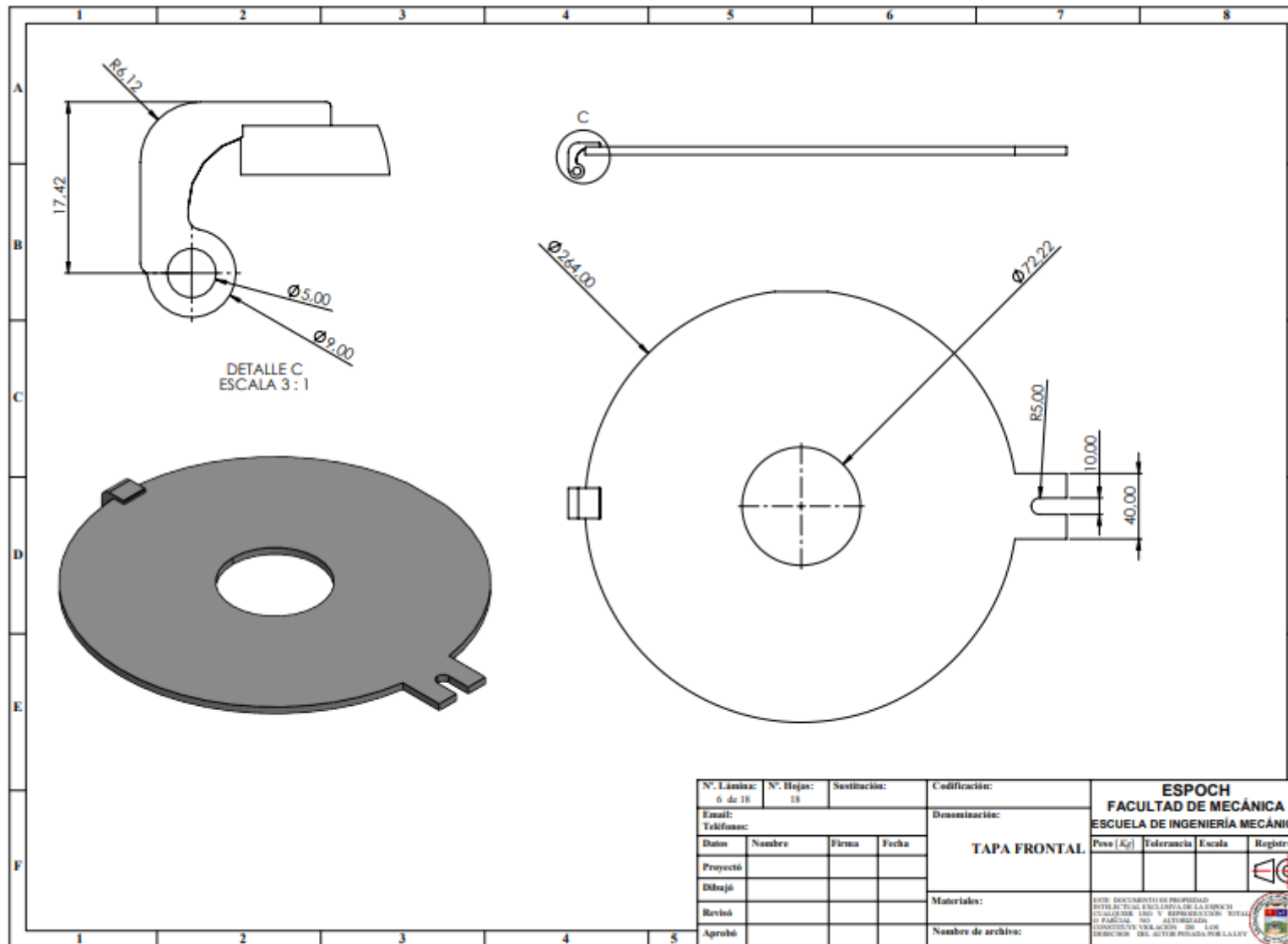
N° Lámina: 4 de 18	N° Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email:	Denominación:		Peso [Kg] Tolerancia Escala Registro				
Teléfono:			TOLVA DE INGRESO	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA Queda prohibido el uso de este documento sin el consentimiento del DIRECTOR DEL AUTOR, PENADA POR LALLEY			
Datos	Nombre	Firma					Fecha
Proyectó							
Dibujó							
Revisó							
Aprobó				Nombre de archivo:			

ANEXO K: DISEÑO DE LA TOLVA DE INGRESO MEDIO

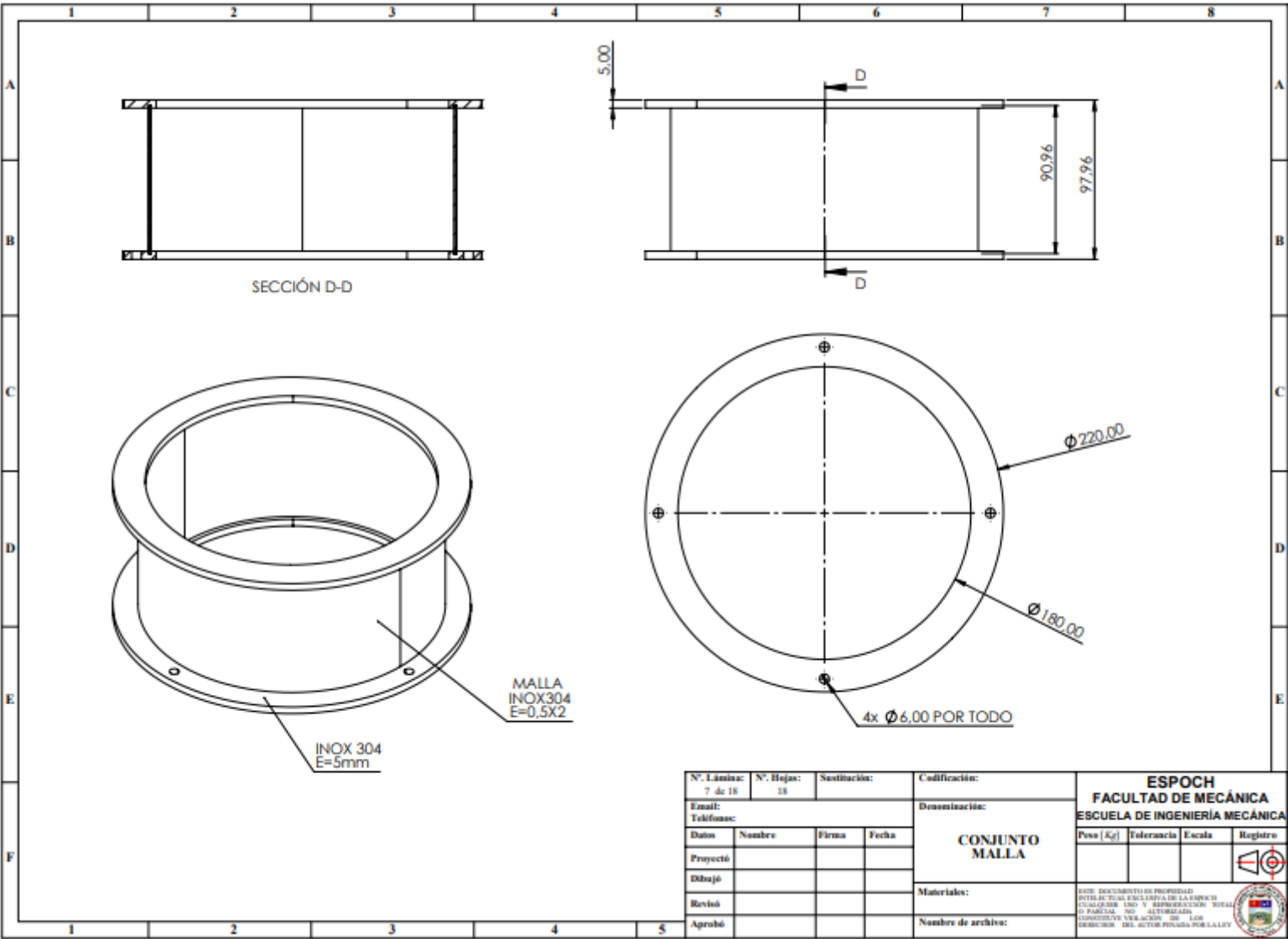


N° Lámina: 5 de 18	N° Hoja: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA			
Email: Teléfono:			TOLVA INGRESO MEDIO	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Datos	Nombre	Firma		Fecha	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala
Proyectó							
Dibujó				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA ESCUELA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LAS DISPOSICIONES DEL AUTOPUNTO POR LALVEY			
Revisó							
Aprobó							
			Material:				
			Nombre de archivo:				

ANEXO L: DISEÑO DE TAPA FRONTAL

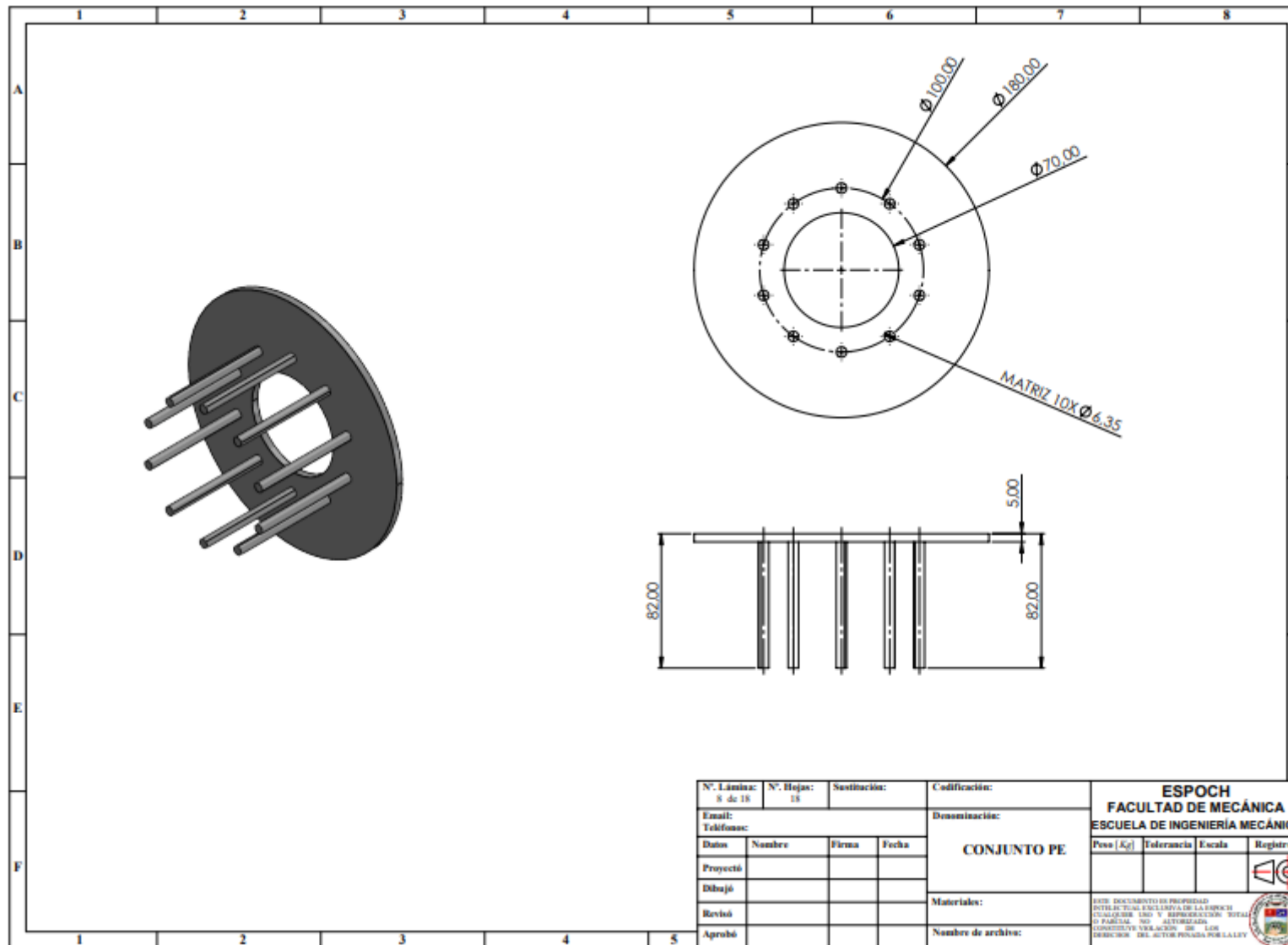


ANEXO M: CONJUNTO DE LA MALLA



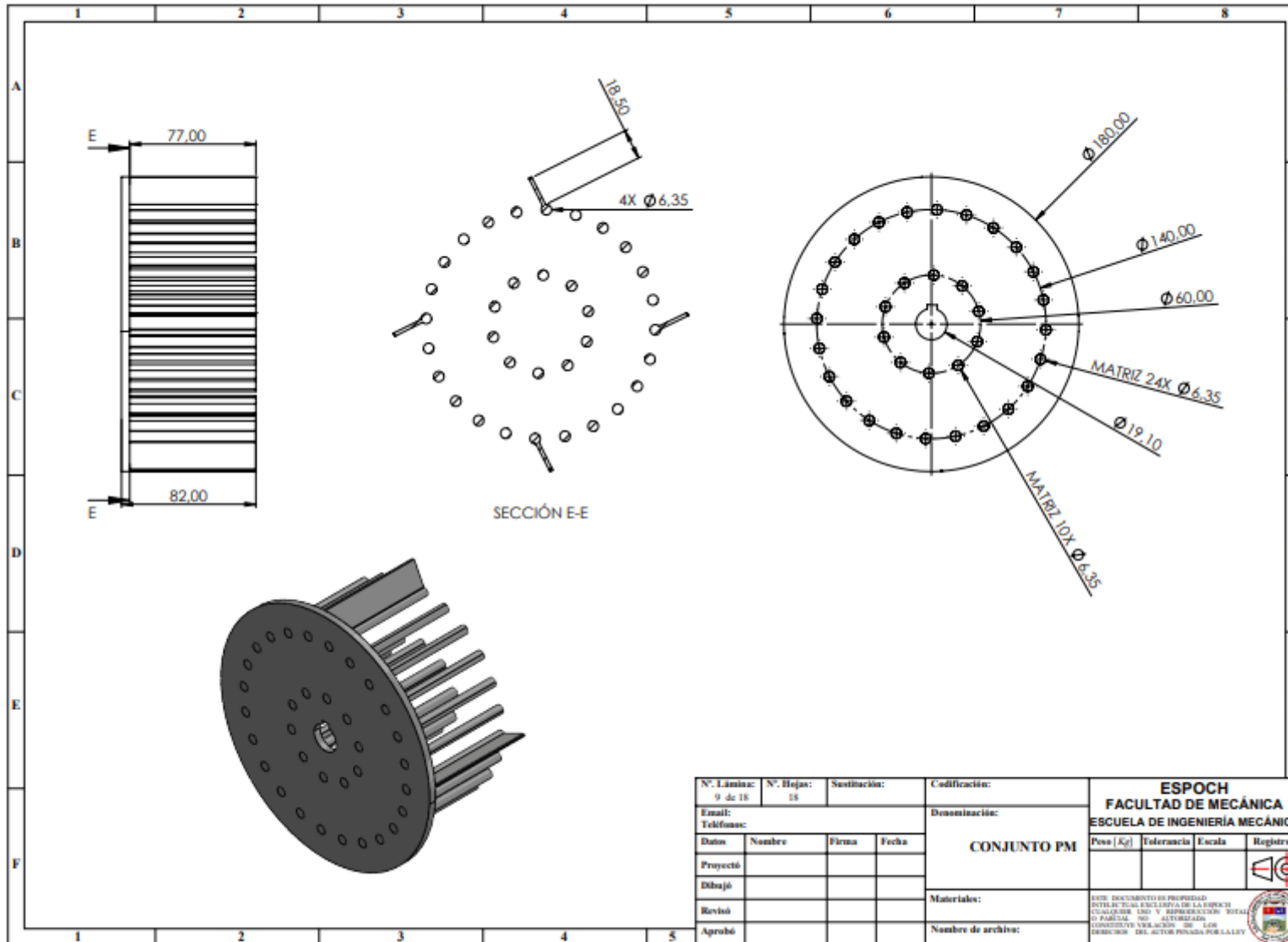
N° Lámina: 7 de 18	N° Hoja: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfono:			Denominación:				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	CONJUNTO MALLA			
Proyectó							
Dibujó							
Revisó							
Aprobó				Materiales:	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LAS DISPOSICIONES DEL AUTOPROTECTOR POR LA LEY</small>		
				Numero de archivo:			



ANEXO N: CONJUNTO DE DISCO ESTÁTICO



N° Lámina: 8 de 18	N° Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: Teléfono:			CONJUNTO PE		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro			
Datos	Nombre	Firma			Fecha						
Proyectó				Materiales:		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA ESCUELA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LAS DISPOSICIONES DEL AUTOPUNTO POR LLEVE</small>					
Dibujó											
Revisó				Número de archivo:							
Aprobó											

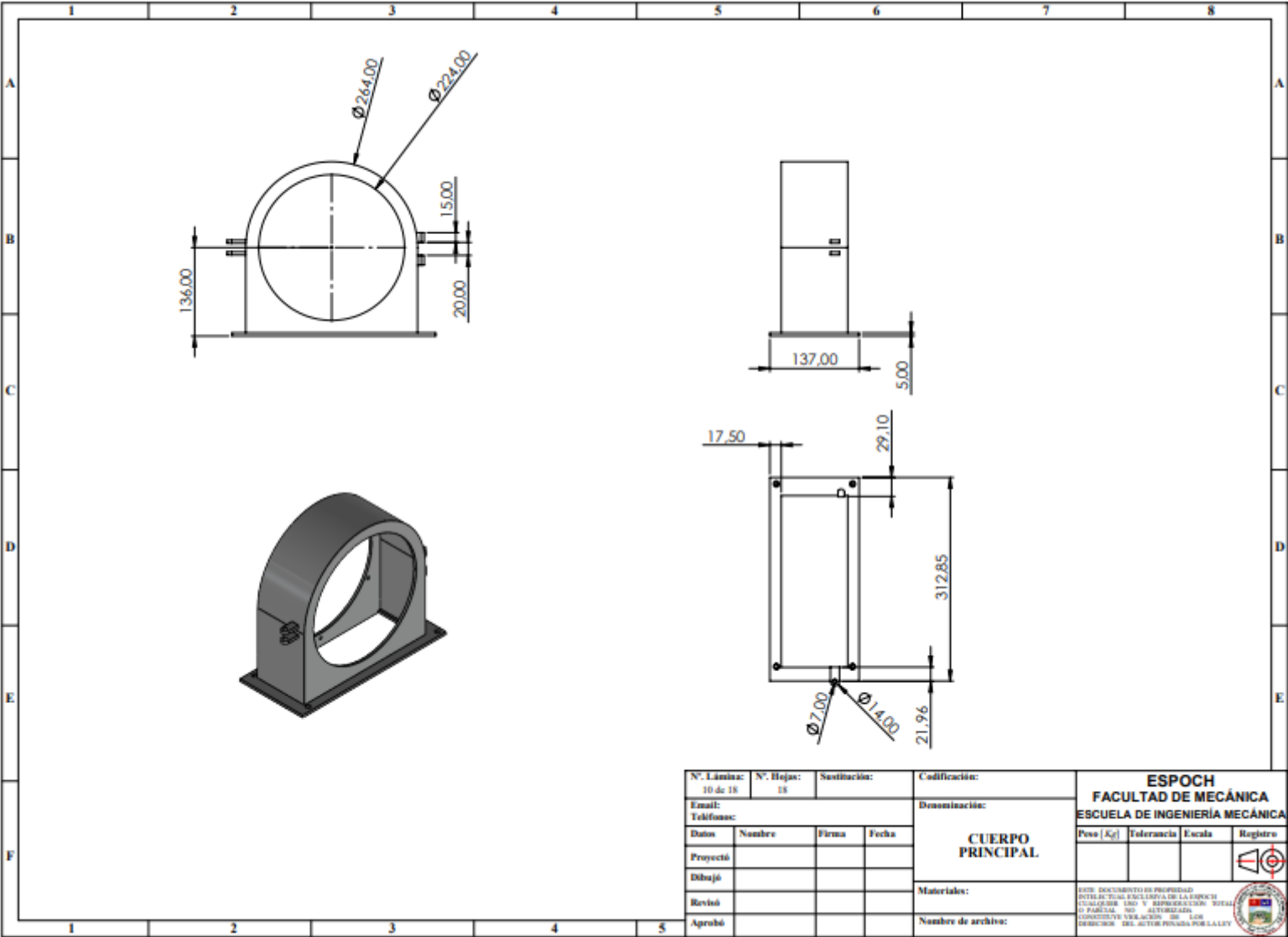
ANEXO O: CONJUNTO DE IMPACTO



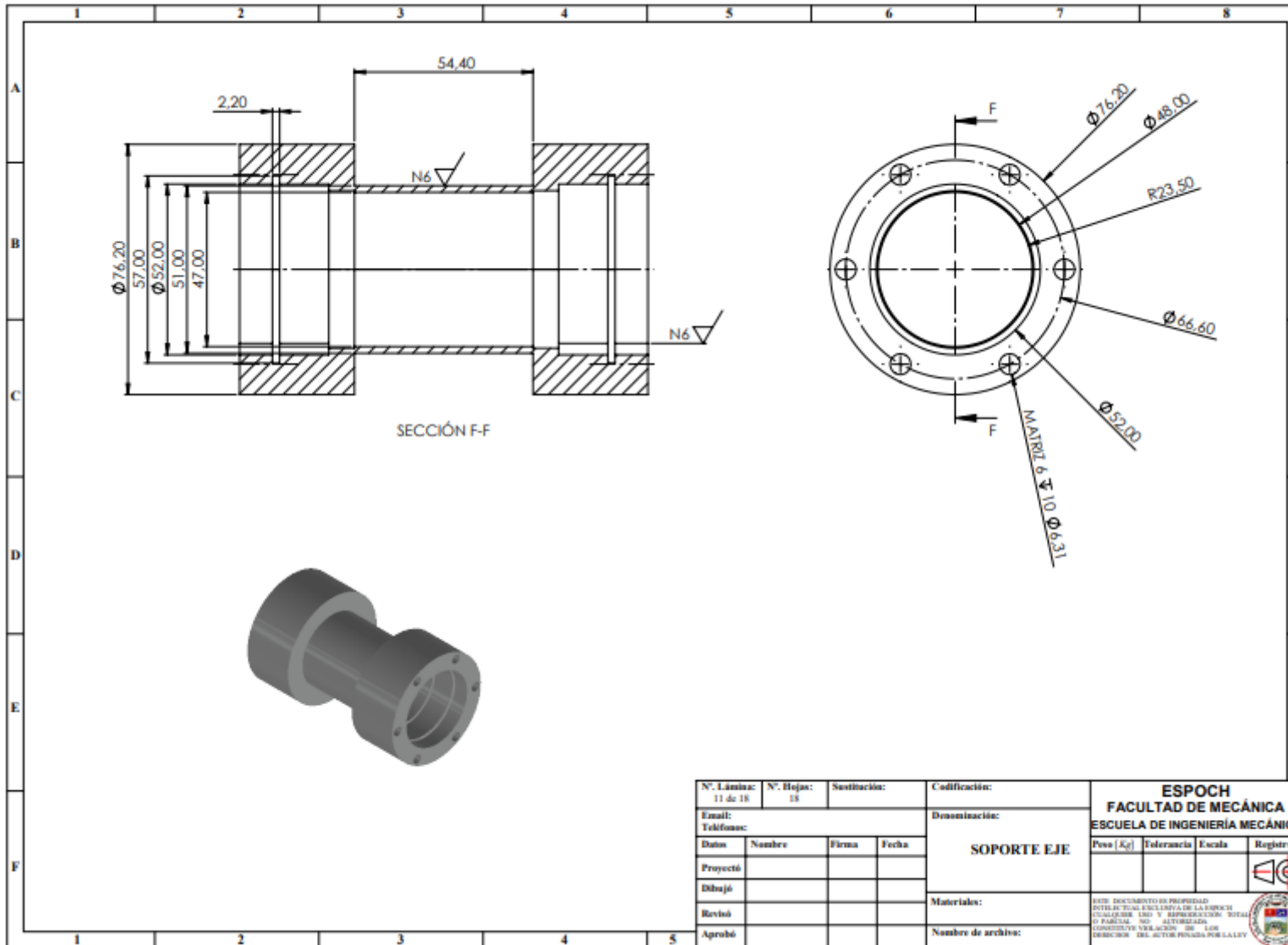
N. Lámina: 9 de 18	N. Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Email: Teléfono:			Denominación:			
Datos			CONJUNTO PM			
Nombre	Firma	Fecha				
Proyectó						
Dibujó						
Revisó			Materiales:			
Aprobó			Número de archivo:			
			Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
						 

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH. CUALQUIER USO O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.

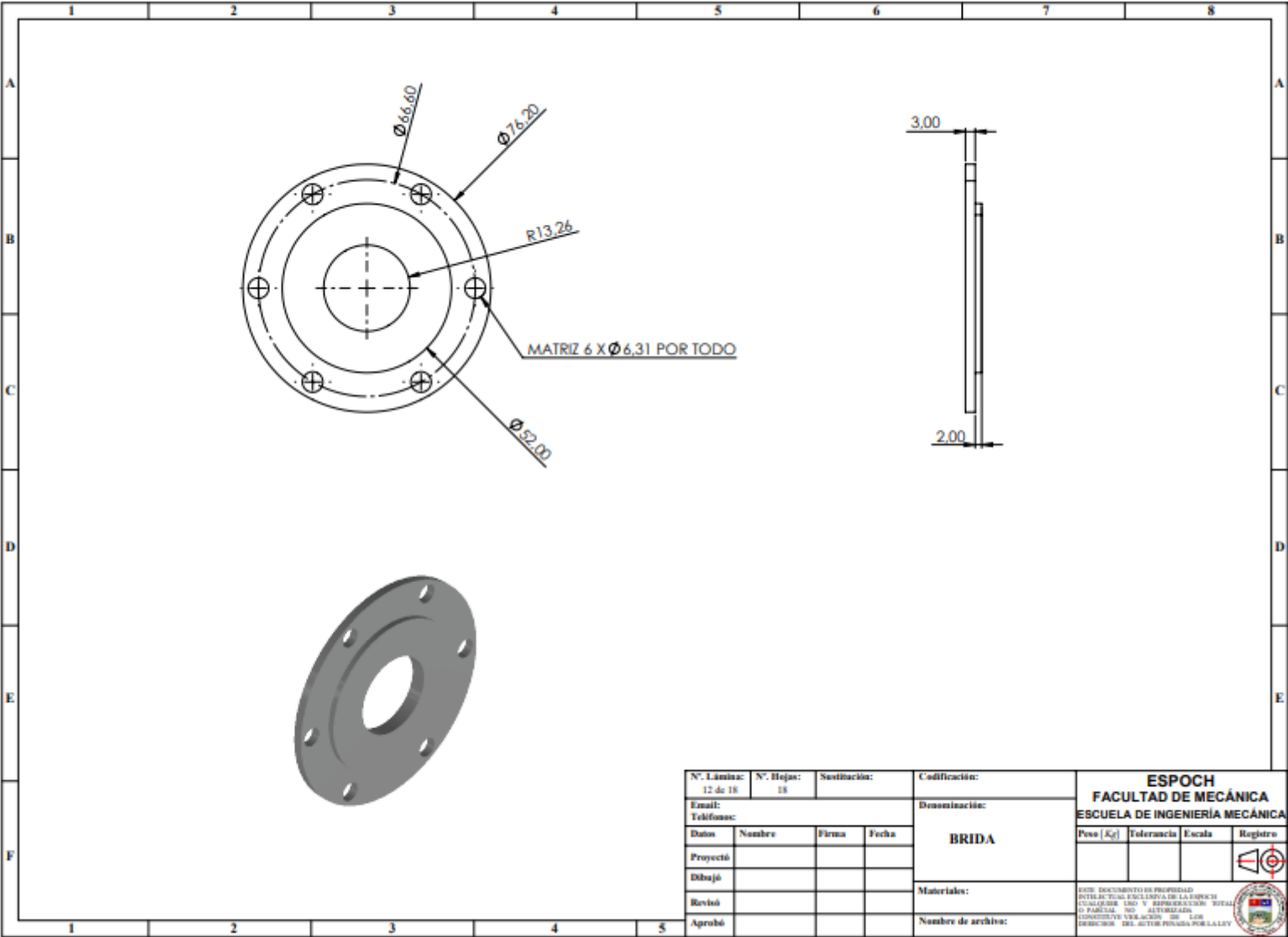
ANEXO P: CUERPO PRINCIPAL



ANEXO Q: SOPORTE DEL EJE

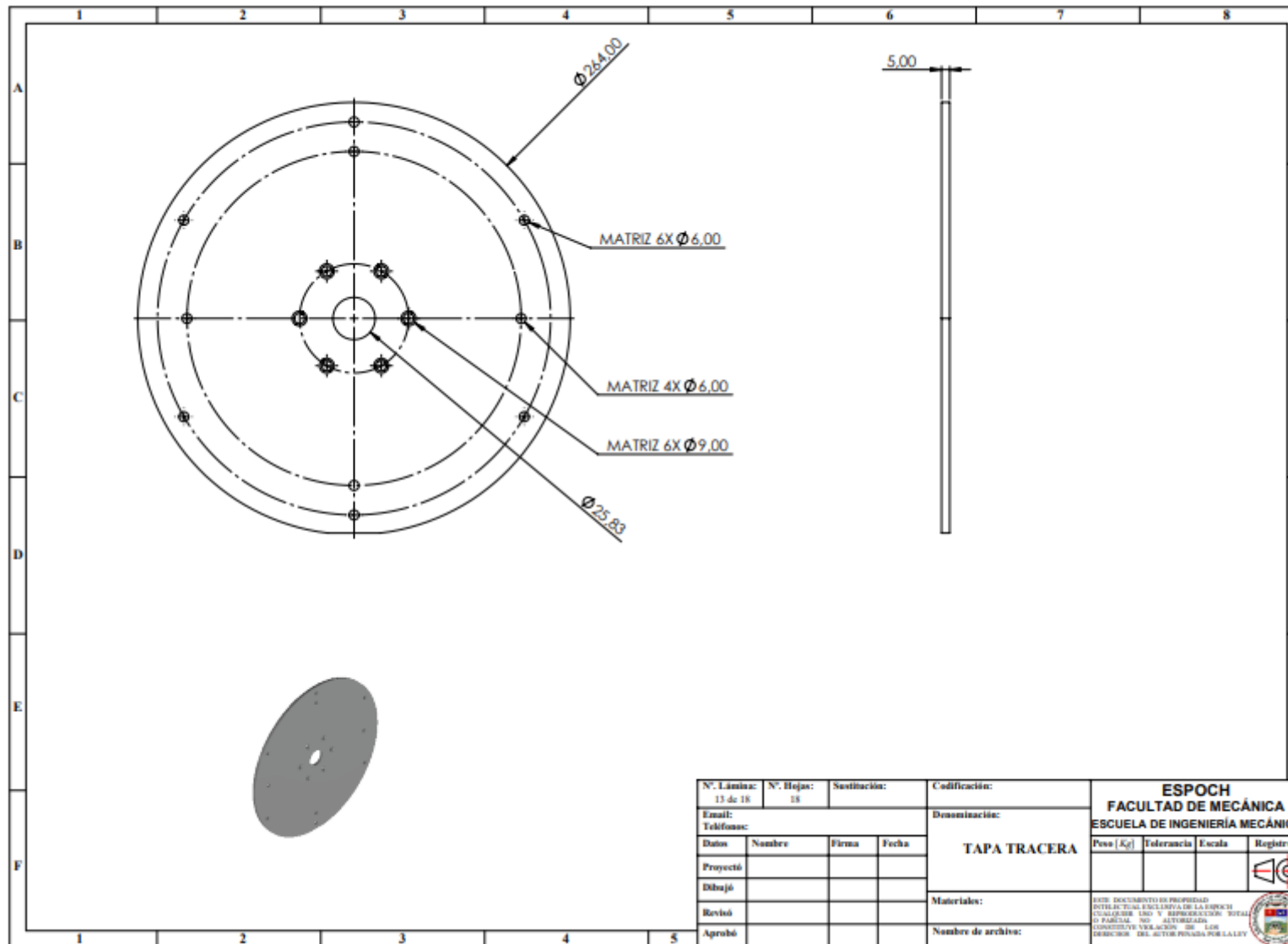


ANEXO R: BRIDA



N° Lámina: 12 de 18	N° Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email:	Teléfono:		Denominación:				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	BRIDA			
Proyectó							
Dibujó							
Revisó							
Aprobó				Materiales:	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESITA VERBALE O POR ESCRITO DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>		
				Nombre de archivo:			

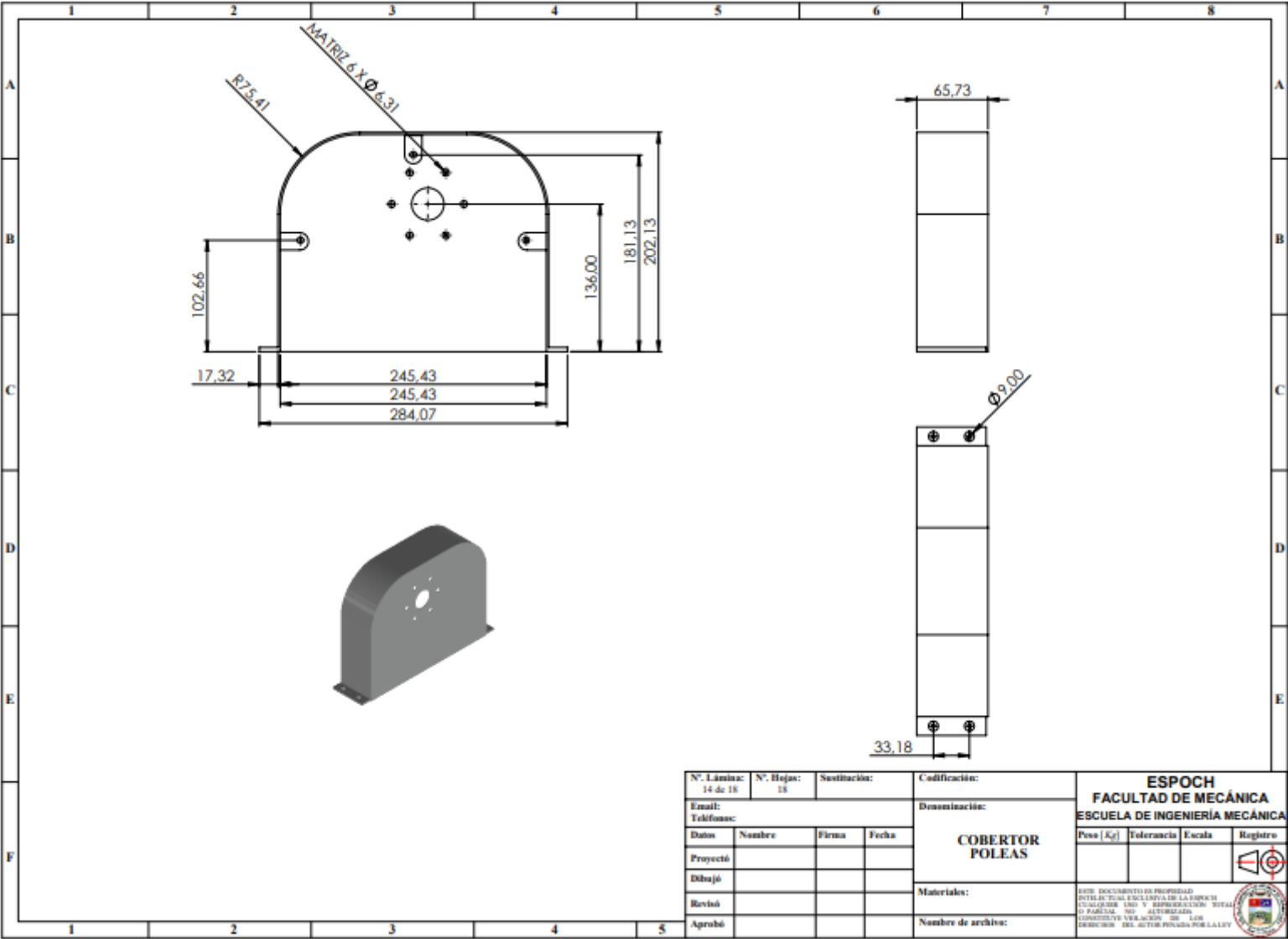
ANEXO S: TAPA TRASERA



N° Lámina: 13 de 18	N° Hoja: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:			TAPA TRACERA	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma		Fecha			
Proyectó							
Dibujó							
Revisó				Materiales:			
Aprobó				Número de archivos:			

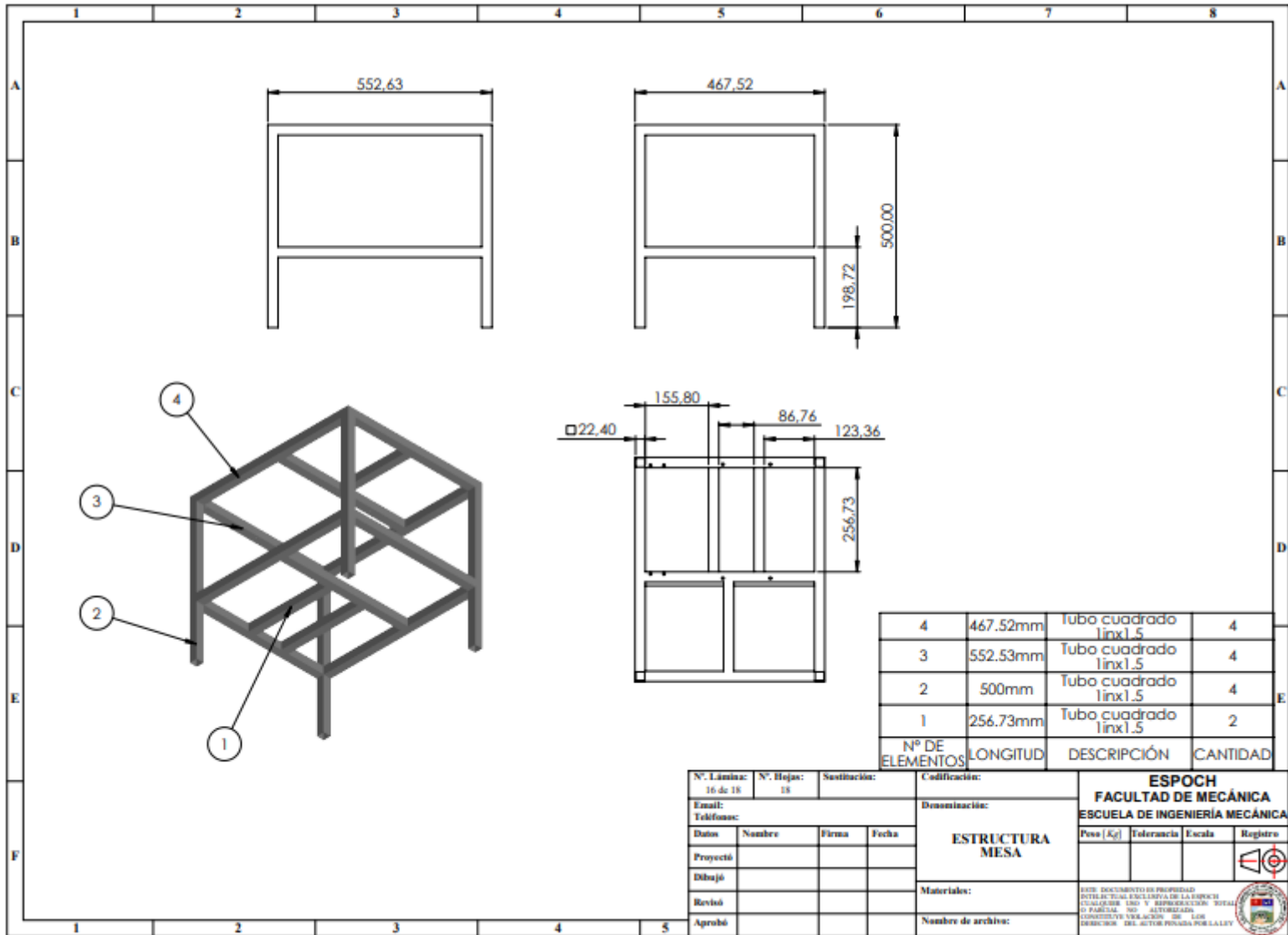
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH (UNIVERSIDAD DEL ORO) Y REPRESENTA UNO DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA O ARTÍSTICA REALIZADA EN EL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC) DEL ORO. QUITAR ESTE LOGO ES UN DELITO PENALIZADO POR LA LEY.

ANEXO T: COBERTOR DE POLEAS

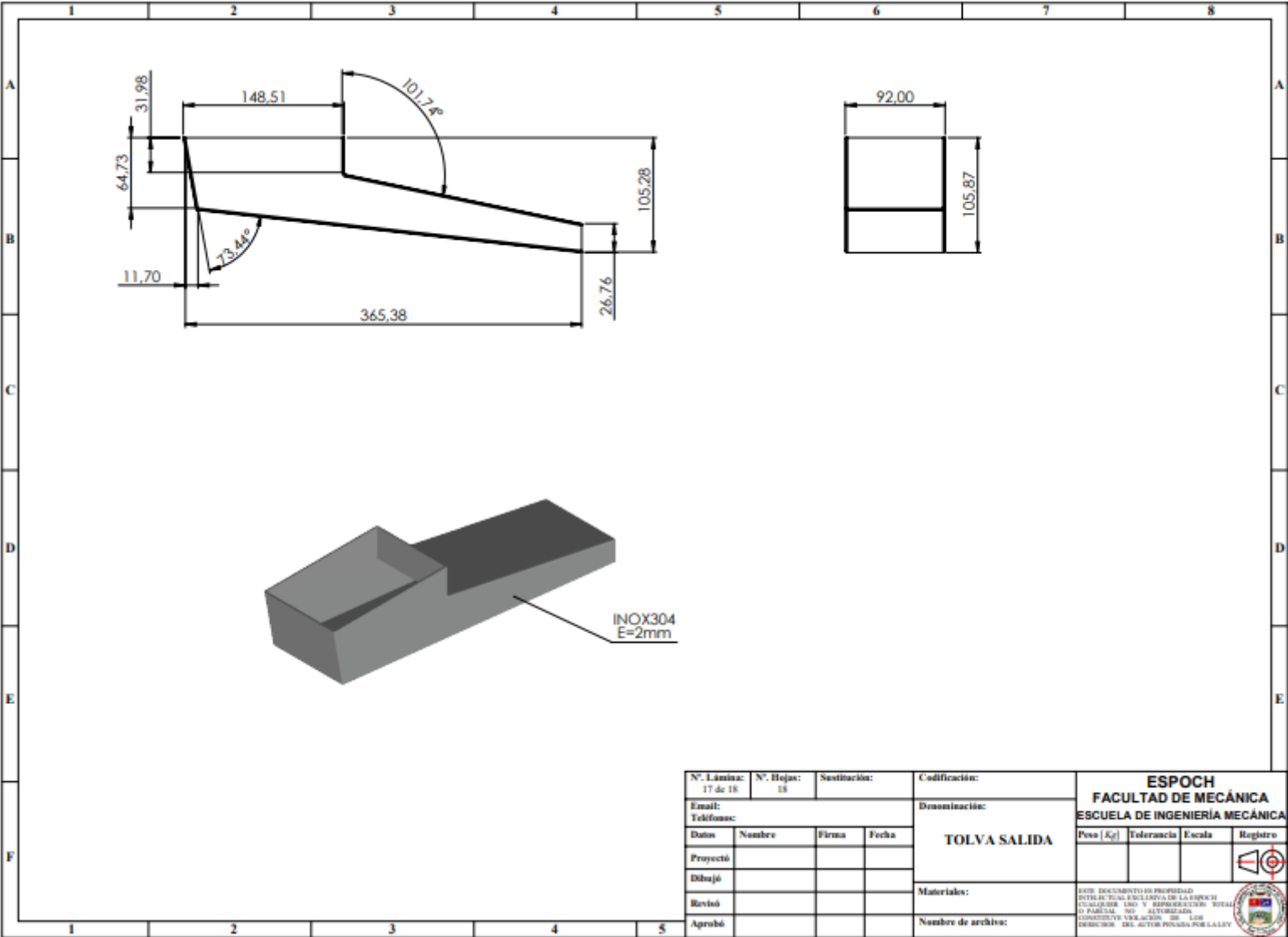



N° Lámina: 14 de 18	N° Hoja: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Email:			Denominación:							
Teléfono:			COBERTOR POLEAS			Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
Datos	Nombre	Firma				Fecha				
Proyectó										
Dibujó										
Revisó				Materiales:			<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LAS DISPOSICIONES DEL AUTOPROTECTOR POR LALVEY</small>			
Aprobó				Número de archivos:						

ANEXO V: ESTRUCTURA DE LA MESA

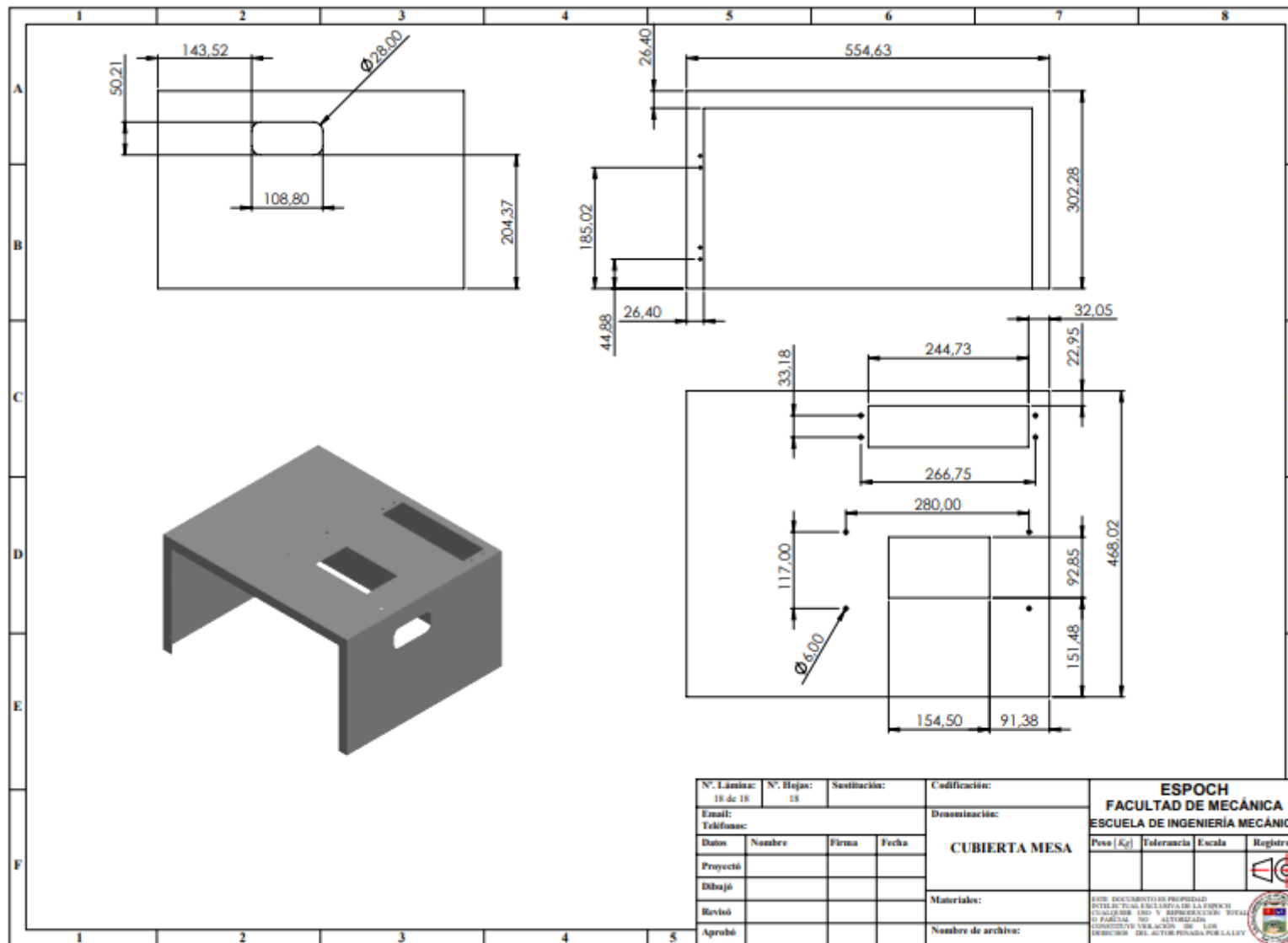


ANEXO W: TOLVA DE SALIDA



N° Lámina: 17 de 18		N° Hoja: 18		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email:		Teléfono:		Denominación:		TOLVA SALIDA					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Material:				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA ESCUELA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA. INSTITUTO VENEZOLANO DE LOS RECURSOS - IRE-ACTOR PENABAZA-POR LA LUZ</small>			
Proyectó				Número de archivos:							
Dibujó											
Revisó											
Aprobó											

ANEXO X: CUBIERTA DE LA MESA



N. Lámina: 18 de 18	N. Hojas: 18	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA																					
Email: Teléfono:			Denominación:			<table border="1"> <tr> <td>Peso (Kg)</td> <td>Tolerancia</td> <td>Escala</td> <td>Registro</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro															
Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro																						
<table border="1"> <tr> <th>Datos</th> <th>Nombre</th> <th>Firma</th> <th>Fecha</th> </tr> <tr> <td>Proyectó</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dibujó</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Datos	Nombre	Firma	Fecha	Proyectó				Dibujó				Revisó				Aprobó				CUBIERTA MESA		
Datos	Nombre	Firma	Fecha																						
Proyectó																									
Dibujó																									
Revisó																									
Aprobó																									
			Materiales:																						
			Número de archivo:																						
			<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>																						



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 08 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Kevin Josueth Cuzco Cascante Ismael Patricio Zuñiga Capelo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero/a Químico/a
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1600-DBRA-UPT-2023

