

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE PINES

COMPONENTE (A) COMPUESTO POR:

- **TOLVA DE ALIMENTACIÓN CON COMPUERTA DE
DOSIFICACIÓN.**
 - **DISCO FIJO DEL MOLINO DE PINES.**
 - **BISAGRA Y COMPUERTA.**
- **CONEXIÓN DE INGRESO DESDE LA TOLVA HASTA LA
CÁMARA DE MOLIENDA.**
 - **PINES DEL DISCO FIJO.**
 - **CÁMARA DE MOLIENDA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
INGENIERÍA MECÁNICA**

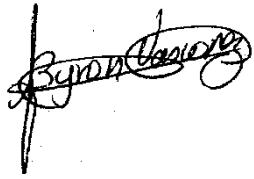
BYRON ANDRÉS VÁSCONEZ NÚÑEZ

DIRECTOR: MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA

DMQ, julio 2022

CERTIFICACIONES

Yo, BYRON ANDRÉS VÁSCONEZ NÚÑEZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



BYRON ANDRÉS VÁSCONEZ NÚÑEZ

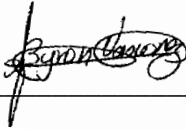
Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por BYRON ANDRÉS VÁSCONEZ NÚÑEZ, bajo mi supervisión.



MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como los productos resultantes del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



BYRON ANDRÉS VÁSCONEZ NÚÑEZ



MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi familia, Augusto, Mercedes y María Belén, ya que siempre me brindan el apoyo, palabras de aliento y me recuerdan el no rendirme jamás. A pesar de todos los momentos y situaciones difíciles como el Covid-19 y paralizaciones del país por motivos económicos, gracias familia por creer siempre en mí y recordarme que todos somos capaces de lograr lo que nos proponemos, siempre con esfuerzo y apoyado en Dios.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios y mis padres Byron Augusto Vásconez y Mercedes Núñez por darme la oportunidad y apoyarme económicamente para seguir con mis estudios y siempre motivarme a disfrutar la vida en la juventud. A mi hermanada María Belén que con su ejemplo siempre me ha demostrado lo lejos que podemos llegar.

También quiero agradecer sinceramente al ingeniero Mario Cesén quien fue mi tutor y profesor, él cual con su buena disposición, conocimiento y voluntad logró que superemos satisfactoriamente todas las dificultades que se presentaron.

Quiero agradecer al ingeniero Carlos Bonilla director de San Bartolo quien nos abrió las puertas para realizar unos trabajos que necesitamos y al ingeniero Alex Núñez jefe de Sección por coordinar con los técnicos para la realización de las piezas.

También quiero agradecer al personal del laboratorio de soldadura, los ingenieros Velastegui y Barragán, de igual forma al técnico Jorge por la apertura y recomendaciones para las soldaduras del cuerpo del molino.

Un agradecimiento para los ingenieros Mario Cesén, Patricio Fuentes y Javier Valverde quienes nos ayudaron en la parte de fabricación de piezas por CNC, el conocimiento impartido y sobre todo facilitarnos el espacio para almacenar y construir el molino.

Agradezco a los técnicos Lucho y Diego del laboratorio de Máquinas y Herramientas quienes nos ayudaron de igual manera con las herramientas que necesitábamos y la ayuda en realización de algunas piezas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	3
1.4 Marco teórico	3
Molienda	3
Molino de pines.....	4
Aplicaciones del molino de pines.....	5
Ventajas y desventajas del molino de pines	6
2 METODOLOGÍA.....	7
2.1 Distribución componentes.....	9
2.2 Tolva de alimentación con compuerta de dosificación.....	10
Tolva de alimentación.....	10
2.3 Compuerta de dosificación.....	12
Compuerta de sistema de regulación de carga.....	13
Soporte de resortes.....	13
Resorte de lamina	14
2.4 Disco fijo del molino de pines.....	15
2.5 Pines del disco fijo.....	16
2.6 Bisagra y compuerta	17
Bisagra.....	17
Espaciador de bisagra.....	18
Parte central de la bisagra (cilindro de bisagra).....	18
Parte superior e inferior de bisagra	19
Pasador de bisagra	19

Placa de bisagra.....	20
2.7 Compuerta	21
Oreja de compuerta	23
2.8 Conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda.	23
Guía de compuerta.....	23
Base inferior de guía de compuerta.....	24
2.9 Cámara de molienda.....	25
Base de la cámara.....	25
Cubierta.....	26
Tapa delantera	28
Tapa trasera.....	29
Tope de tamiz circular	29
Empaque de grado alimenticio	32
2.10 Costos del proyecto.	33
Costo de materia prima.....	33
Costo de mano de obra directa.....	34
Costos indirectos.....	35
Costo de fabricación.....	35
3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....	36
3.1 Pruebas.....	36
3.2 Resultados	41
Resultados de Fabricación.....	41
Resultado de molienda sin tamiz	43
Resultado de molienda con tamiz.....	43
3.3 Conclusiones.....	44
3.4 Recomendaciones.....	45
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
5 ANEXOS.....	47
ANEXO I. Hojas de procesos.....	47
ANEXO II. Protocolo de pruebas	51
ANEXO III. Ácido decapante.....	53
ANEXO IV. Plano de ensamblaje del molino de pines	1

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular trata en la optimización del diseño y construcción de un molino de pines, el cual está conformado por 3 componentes (A, B, C), de los cuales el componente A se desarrollará por Byron Vásconez en este escrito y los otros serán realizados por Mesías Simbaña y Jaiber Albuja.

El componente (A) contempla los siguientes elementos: tolva de alimentación con compuerta de dosificación, disco fijo del molino de pines, bisagra y compuerta, conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda, pines del disco fijo, y cámara de molienda. Cada componente se analiza para determinar si necesita una optimización para mejorar las características, simplificar el diseño o reducción de costos de fabricación, en caso de no requerir modificación se mantendrá el diseño original. Se realiza el modelado 3D, planos, CAM. Se procede con la fabricación con torno y centros de mecanizados CNC todas las piezas que sea posible y las demás se utilizara procesos tradicionales para la fabricación que dispone la escuela politécnica nacional y de igual forma la Metal Mecánica San Bartolo.

El protocolo de prueba del molino se realiza con maíz como material a moler y se realiza pruebas con tamiz y sin el para ver los diferentes resultados de molienda gruesa y fina que se puede obtener, y de igual forma se varia parámetros de flujo y tiempo de molienda.

PALABRAS CLAVE: molino de pines, componente A, Cámara del molino, disco fijo, bisagra, compuerta, CAM, compuerta de dosificación.

ABSTRACT

The present work of curricular integration consists of the optimization of the design and construction of a pine mill, which is made up of 3 components (A, B, C), of which component (A) will be developed by Byron Vásconez in this writing and the others will be made by Mesías Simbaña and Jaiber Albuja.

Component (A) includes the following elements: feed hopper with dosing gate, pin mill fixed disc, hinge and gate, inlet connection from the hopper to the grinding chamber, fixed disc pins, and grinding chamber. Each component is analyzed to determine if it needs optimization to improve features, simplify design or reduce manufacturing costs, if no modification is required the original design is maintained. 3D modeling, plans, CAM is performed. We proceed with the manufacture with a lathe and CNC machining centers all the pieces that are possible and the rest will be used traditional processes for the manufacture that the national polytechnic school has and in the same way the Metal Mechanics San Bartolo.

The mill test protocol is carried out with corn as the material to be ground and tests are carried out with and without a sieve to see the different results of thick and fine grinding that can be obtained, and in the same way, flow parameters and grinding time are varied. grinding.

KEYWORDS: Pin Mill, Component A, Mill Chamber, Fixed Disc, Hinge, Gate, CAM, Metering Gate.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El presente trabajo de integración curricular parte de un trabajo previo realizado por 2 estudiantes de ingeniería mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, en el cual se desarrolló el tema “Diseño de un molino de pines”. [1] El trabajo de integración curricular actual denominado “Optimización del Diseño y Construcción de un Molino de Pines” ha sido desarrollado entre 3 estudiantes y cada uno trabajara en un componente (A, B, C) según corresponda, el cual consta de algunos elementos que se mencionaran más adelante.

El componente (A) es el que corresponde a este trabajo de integración curricular, el cual consta de los siguientes elementos:

- Tolva de alimentación con compuerta de dosificación: Recipiente abierto que permite dirigir el material de molienda hacia la entrada del molino.
- Disco fijo del molino de pines: Componente circular a mecanizar en el cual se montan los pines y va sujeto a la puerta del molino.
- Bisagra y compuerta: Mecanismo metálico que permite el cierre o apertura de la puerta del molino; elemento metálico que permite el acceso al interior del molino para mantenimiento y montaje de discos de trituración o molienda y al tamiz.
- Conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda: Conector o adaptador metálico que permite el acople entre el cuerpo del molino y la tolva de alimentación.
- Pines del disco fijo: Barras cilíndricas de acero que se acoplan en el disco fijo con el fin de triturar con el impacto contra el material a moler.
- Cámara de molienda: Componente metálico en el cual se ensambla las demás piezas del molino y permite contener al material particulado generado al moler.

Para cada elemento se realizará el análisis y de ser el caso una optimización para mejorar las características del molino o reducir costos; en caso de no requerir una optimización se mantendrá el diseño original, para cada pieza se procede con la elaboración de planos y modelado en SolidWorks, elaboración de ensamblajes de los componentes. Posteriormente, realizar el CAM mediante SolidCam de las piezas del componente que se puedan fabricar por mecanizado, con la obtención del código G se procederá a la elaboración en los equipos CNC disponibles en el laboratorio LABINTECDIMP, para las partes del componente (A) que no se puedan utilizar equipos CNC se lo fabricaran por

medio de procesos convencionales de fabricación como puede ser soldadura, rolado, taladrado, entre otros. Finalmente, se realizará un protocolo de pruebas del molino de pines para observar que todo funcione correctamente y cumplir con el objetivo que fue diseñado.

1.1 Objetivo general

Optimizar el diseño y construcción del componente (A) que contiene los siguientes elementos: tolva de alimentación con compuerta de dosificación, disco fijo del molino de pines, bisagra y compuerta, conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda, pines del disco fijo, cámara de molienda.

1.2 Objetivos específicos

1. Revisar del trabajo de Integración Curricular del Diseño de un Molino de Pines, referente a los elementos del componente (A) que son: Tolva de alimentación con compuerta de dosificación, disco fijo del molino de pines, bisagra y compuerta, conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda, pines del disco fijo, cámara de molienda.
2. Analizar y optimizar el diseño de montaje de los pines, el sellado de la puerta y cámara de molienda.
3. Realizar el modelado 3D, el ensamblaje y planos definitivos de los elementos del Componente (A) anteriormente mencionados.
4. Elaborar el CAM de los elementos factibles a construir del componente (A) en los equipos CNC disponibles en el laboratorio LABINTECDIMP y obtención del código G.
5. Determinación de costos de construcción del componente (A) compuesto por sus elementos respectivos.
6. Construir los elementos correspondientes al componente (A), empleando equipos CNC y equipos convencionales.
7. Realizar el montaje de los componentes del molino de pines.
8. Efectuar el protocolo de pruebas del molino de pines.

1.3 Alcance

El Trabajo de Integración Curricular comienza con la revisión de los elementos que corresponden al componente (A) que se diseñaron en el Trabajo de Integración Curricular anterior denominado “Diseño de un molino de pines”, posteriormente se va a realizar el análisis de los elementos del componente (A) indicados en los objetivos para determinar los elementos a ser optimizados y los que se mantendrán con el diseño original. Se continuará con la elaboración del modelado 3D y los planos de fabricación de los elementos del componente (A) y el ensamblaje del molino. Luego se procederá con elaborar el CAM en SolidCam y la obtención del código G de los elementos del componente (A) que puedan ser construidos en los equipos CNC del laboratorio LABINTECDIMP y los demás elementos se utilizará procesos de fabricación convencionales. Se incluye en el trabajo un presupuesto de costos de construcción, evidencias de la construcción de los elementos y el ensamblaje físico de todos los componentes y la prueba del correcto funcionamiento.

1.4 Marco teórico

Molienda

En términos sencillos se puede decir que básicamente es la operación de reducción del tamaño de la materia prima seleccionada. En la industria de procesamiento es considerada el último nivel de fragmentación, debido al tamaño que se llega a obtener, el cual se puede ser en milímetros o inclusive llegar a micras.

Este proceso utiliza maquinaria como molinos o trituradoras dependiendo del tamaño que se obtiene en la etapa de fragmentación, la denominación de trituradoras se usa para tamaños gruesos como es el caso de trituración de piedra, el cual se utiliza equipos o sistemas de mandíbulas, martillos, rodillos, entre otros. Para el caso de molinos la etapa de fragmentación es para tamaños mediano, fino y ultrafino, los mecanismos de molienda más utilizados son de barras. Bolas, discos.

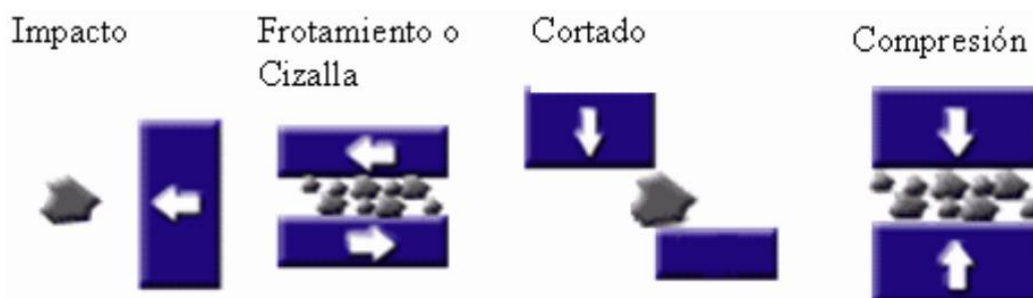


Figura 1. Fuerzas utilizadas en procesos de molienda [2]

Para la reducción del tamaño del material a moler depende principalmente del tipo de fuerzas y el tiempo de contacto, existen 4 fuerzas más utilizadas en los molinos para la reducción como son las fuerzas de compresión, cizalla, corte e impacto. La fuerza de impacto es la que utiliza el molino de pines.

La humedad que se tiene en el material a moler es importante ya que influye en el mecanismo de molienda a utilizarse debido al principio de molienda, en el caso de molinos que utilicen la trituración de impacto como es el caso del molino de martillos y el molino de pines el material debe ser lo más seco posible, es decir, tener una baja tasa de humedad debido a que si se encuentra una mayor cantidad de humedad al 3%-4% puede generar que el material se convierta en pasta y reducir la eficiencia del impacto y por ende la eficiencia de molienda, también se puede producir obstrucción a la salida ya que esta pasta puede dificultar el paso por los agujeros de la malla de filtrado del tamaño de partículas, generando así una sobre carga al molino. [3]

Tabla 1. Diferencias de molienda seca y húmeda [4]

Húmeda	Seca
<ul style="list-style-type: none"> • Menor potencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere más potencia
<ul style="list-style-type: none"> • No se genera polvo 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere sistema de tratamiento o reducción de polvo al ambiente
<ul style="list-style-type: none"> • Consume más revestimiento o desgaste por corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos desgaste del revestimiento y componentes

Molino de pines



Figura 2. Molino de pines [5]

El molino de pines es una maquinaria que permite la reducción del tamaño de materiales a tamaños finos o ultrafinos. El materia ingresa por el sistema de alimentación y se aloja en la cámara de molienda en la cual a través de su sistema de pines utiliza la fuerza de impacto, fricción y cizallamiento entre los pines del disco fijo y el rotatorio, esta fuerza se genera desde el motor y se transmite por medio de bandas y poleas al eje de giro del disco rotatorio con los pines, los cuales al chocar con el material se llega a fragmentar reduciendo así el tamaño en orden de las micras. [6] [3]

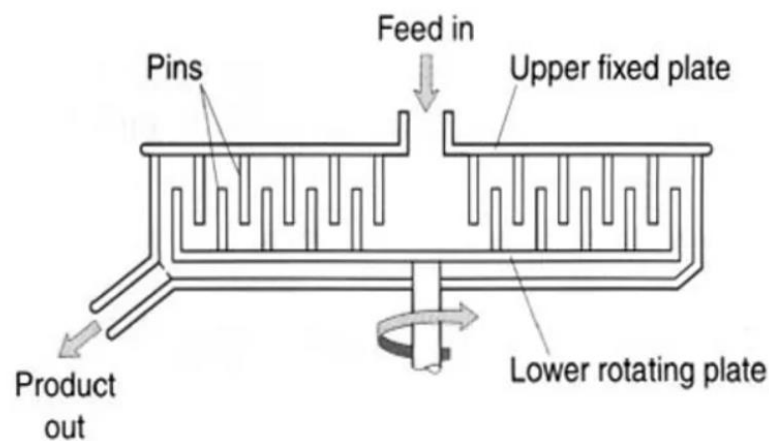


Figura 3. Esquema de molino de pines [7]

Aplicaciones del molino de pines

Este tipo de molino es muy versátil en la industria, por su forma de triturar por impacto se puede moler varios materiales siempre y cuando no sean aceitosos, pegajosos y no tengan fibras. Dependiendo del tamaño del molino y la fuerza del motor se puede usar en farmacéuticas, industria química, industria alimenticia, minería, cerámicos y cualquier material sólido. A continuación, se presenta la aplicación más detallada de algunos usos. [8] [9]

Tabla 2. Aplicaciones del molino de pines [8]

Aplicación	Ejemplos
Alimenticia (especies y productos)	Ajo Curry Azafrán Mostaza

	Sal Arroz Azúcar Fideos
Industria química	Pigmentos Carbonato de calcio Minerales Azufre Talco Yeso
Farmacéutica	Pastillas colágeno antibióticos hierbas chinas levadura en polvo

Ventajas y desventajas del molino de pines

Ventajas

- Se puede alcanzar tamaños finos del material con un coste de energía razonable.
- Se puede adaptar condiciones criogénicas para reducir significativamente el calor generado en el molino.
- No ocupa mucho espacio en comparación a otros molinos.
- Bajo costo de operación
- Tiene una amplia variedad de aplicaciones en la industria.
- Fácil limpieza [7]

Desventajas

- El desgaste por fricción es mayor, sobre todo si el material es abrasivo
- Poca capacidad por el tamaño de la cámara de molienda
- Mayor dispersión de polvo por el molino y al ambiente
- Generación de calor por fricción
- Mayor ensuciamiento del molino [7]

2 METODOLOGÍA

En este apartado se busca explicar el proceso utilizado para el desarrollo de cada elemento del componente (A), para en el final poder unir con el resto de las componentes (B, C) realizados por los compañeros Jaiber Albuja y Mesías Simbaña, con el fin de realizar el ensamble completo del molino de pines para poder proceder con la prueba respectiva de funcionamiento de la máquina.

Primeramente, se parte de una revisión de las especificaciones técnicas del molino con el fin de no alterar o modificar alguna condición importante para el usuario, después se analiza cada pieza del componente (A) del trabajo de “diseño de un molino de pines” [1] realizado por Inti Casco, con el propósito de rediseñar las piezas que ameriten una mejorar con el fin de reducir costos, tiempo de fabricación, material, y problemas de ensamblaje. Después se procede con la realización del modelado en 3D correspondiente a cada pieza del componente (A) en el software SolidWorks, una vez con el modelo se procede a la realización de planos de conjunto y taller. El siguiente paso es realizar el ensamble 3D de los elementos del componente (A) para identificar si existen interferencias y de ser el caso corregir alguna medida o ajuste de las piezas que presente inconveniente.

Una vez se tiene los planos y modelos finales se analiza y decide cuales piezas se puede hacer mediante CNC y cuales por procesos tradicionales de fabricación. En el caso de CNC se debe primero realizar el CAM para la obtención del código G, se utilizó el complemento de CAM de SolidWorks (SolidCam), después se procede a la mecanización en el centro de mecanizado o torno CNC.

En el caso de que las piezas no puedan realizarse en CNC se procede a realizar primero las hojas de procesos para que los operarios puedan realizar los procesos de mecanizado tradicional en fresas y torno. Ya con las piezas del componente (A) en físico se procede a realizar el ensamble del molino de pines junto con los componentes (B y C), para finalmente

realizar el protocolo de pruebas el cual nos indica el correcto funcionamiento del molino de pines y la culminación del trabajo.

Se presenta un diagrama de flujo que simplifica la metodología aplicarse para la elaboración de los elementos del componente (A), observar Figura 4.

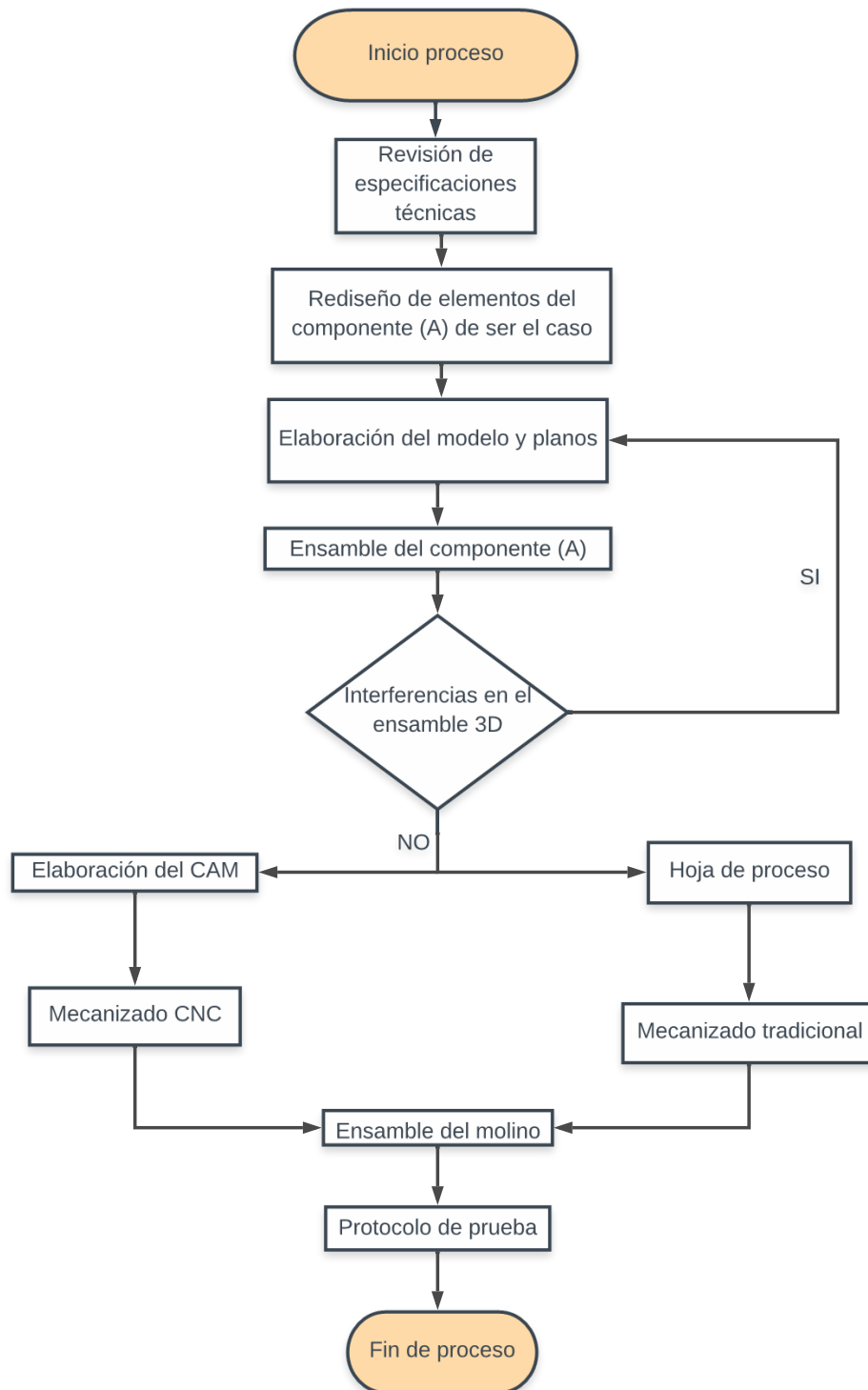


Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología

Este presente trabajo de integración curricular se lo realiza entre 3 estudiantes para lo cual se realizó una distribución en 3 componentes (A, B, C). A continuación, se detalla los elementos de cada componente y su responsable.

2.1 Distribución componentes

Tabla 3. Distribución de componentes

Componente	Responsable	Elementos
A	Byron Andrés Vásconez Núñez	<ul style="list-style-type: none"> - Tolva de alimentación con compuerta de dosificación. - Disco fijo del molino de pines - Pines del disco fijo - Bisagra y compuerta - Conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda. - Cámara de molienda
B	Mesías Josué Simbaña Escobar	<ul style="list-style-type: none"> - Disco rotatorio del molino de pines - Pines del disco rotatorio - Elemento de sujeción del disco rotatorio - Eje del molino - Soporte de rodamientos del eje del molino - Polea del eje del molino - Chavetas del eje del molino - Conjunto del tamiz circular - Perilla de sujeción de la puerta del molino
C	Jaiber Sebastián Albuja Arellano	<ul style="list-style-type: none"> - Polea del motor - Chaveta de la polea del motor - Bastidor del molino - Protección del sistema de bandas - Base del motor y sistema de templado de bandas - Tolva de descarga - Sistema de regulación de descarga - Sistema eléctrico.

Es preciso aclarar que algunos elementos del componente (A) se componen de algunas piezas las cuales se detallara cada una más a delante. En la siguiente figura 5 podemos observar el corte por plasma computarizado realizado de algunas piezas en planchas de 10mm, 8mm, 6mm, 4mm y 3mm.

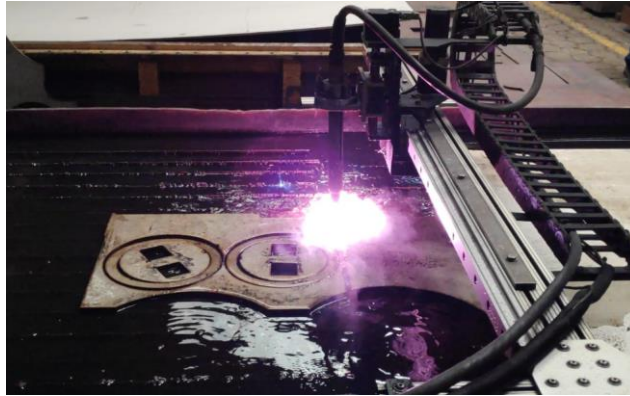


Figura 5. Corte por oxicorte computarizado

2.2 Tolva de alimentación con compuerta de dosificación.

Tolva de alimentación

La tolva es la encargada de almacenar el grano previo a su ingreso al molino, para el modelo se tuvo en cuenta como parámetro principal el ángulo de inclinación de la tolva, el cual fue determinado en el trabajo de integración “Diseño de un molino de pines”, por medio de experimentación se determinó que para el material de acero inoxidable 304 el ángulo de 18 grados es el óptimo (figura 6) para que el maíz pueda vencer las fuerzas de rozamiento y dirigirse hacia el interior del molino [1].

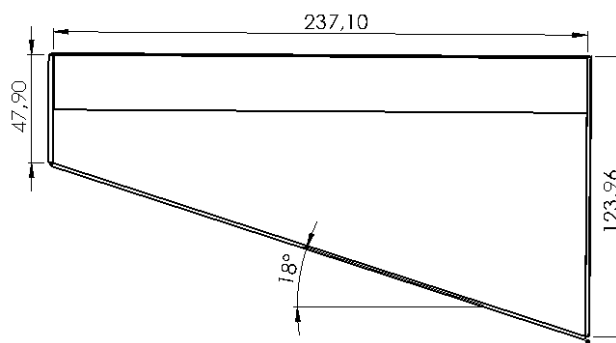


Figura 6. Angulo de inclinación y medidas de la tolva

Se considera algunos cambios con respecto al trabajo de Diseño del molino de pines, uno de ellos en el dimensionamiento más grande de la tolva con el fin de poder almacenar una mayor cantidad de maíz. En cuanto al espesor de la tolva se considera 0.7 mm por facilidad

de doblar la lámina y para asegurar un factor de seguridad bueno, en cuanto a cálculos no es necesario realizar nuevos cálculos ya que no son cambios muy significativos y no afectan a la operatividad del molino en sí.

Como se muestra en la figura 7 se puede observar unos dobleces en la parte superior para evitar filos vivos y posibles cortes al colocar el producto, también se rediseño el sistema de sujeción de la tolva con la puerta del molino al aumentarle unas 3 orejas las cuales junto con unas guías de compuerta y base inferior permitirán un mejor agarre.

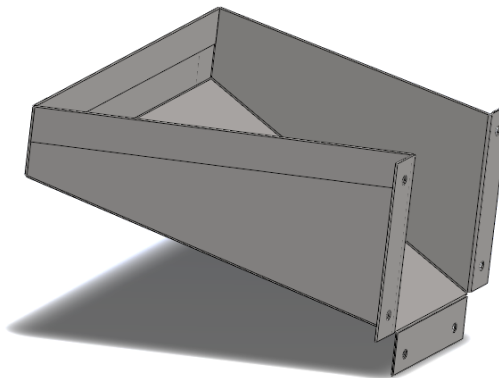


Figura 7. Modelo 3D de la tolva

Para la fabricación de este elemento se procedió a la realización de un molde en cartulina para comprobar que se puedan realizar los pliegues, para después realizar el trazado de las medidas sobre la plancha y posteriormente cortarla y doblarla (figura 8).

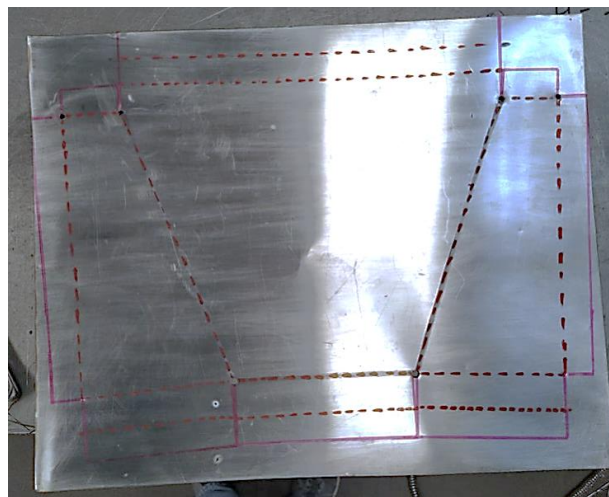


Figura 8. Trazado para doblado de tolva.

Los agujeros de sujeción se lo deben realizar al momento de ir a ensamblar, de tal manera de coincidir con los agujeros de las guías de compuerta, es importante medir los centros

de los agujeros y demás medidas para realizar una plantilla para después montarle sobre el lugar donde se realizarán los agujeros y tener mayor exactitud, ya que al hacerlos con taladro de mano no se consigue una buena precisión, debido a que depende de la experiencia del técnico.

Para las uniones sueltas se puede remachar, soldar por puntos o usar pernos para sujetar bien las uniones de la tolva como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Tolva fabricada

2.3 Compuerta de dosificación

Para la compuerta se consideró un sistema de resortes para variar la posición en vez de un sistema de perno mariposa que plantea la tesis “diseño de un molino de pines” [1], este sistema nos va a facilitar para poder tener varias aperturas y controlar mejor el flujo del grano que ingresa al molino y al suprimir el canal del perno mariposa se elimina una salida no deseada del polvo o harina de maíz, además se evita el uso de elementos roscados que podrían caer accidentalmente a la zona de molienda (figura 10).

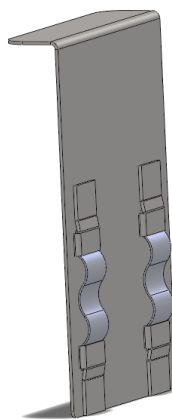


Figura 10. Compuerta de dosificación

Compuerta de sistema de regulación de carga

La compuerta es simplemente una lámina con un pliegue superior con el fin de facilitar el movimiento en vertical para la regulación de la compuerta, se diseña de acero inoxidable 304 y un espesor de 1.3 mm ya que su función de retener y dosificar el grano no presenta cargas suficientes como para deformar la compuerta (figura 11).

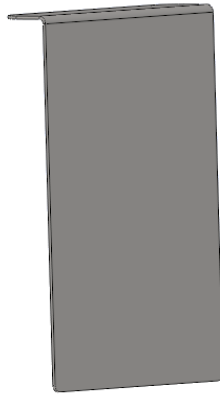


Figura 11. Compuerta de sistema de regulación de carga

Soporte de resortes

En total son 4 soportes, se encargan de fijar o sostener a los 2 resortes en la posición necesaria, se los construye de acero inoxidable 304 y con una lámina de 1.5 mm, al igual que la tolva se debe trazar por donde se va a realizar los dobleces con el fin de tener más exactitud cuando se da la forma, al momento de colocar es importante dejar una holgura de tal manera de que el resorte al trabajar tenga un espacio para estirarse verticalmente. Para la sujeción con la lámina se realiza mediante suelda de puntos por la restricción del espesor de los materiales como se observa en la figura 12.

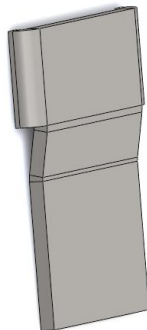


Figura 12. Soporte de resorte

Resorte de lamina

Los resortes se diseñaron y fabricaron a partir de una lámina de 0.7 mm de espesor y de acero inoxidable 304, el doblado es a mano por un operario ya que no se necesita mucha exactitud ya que el resorte se puede regular antes de ensamblar el subconjunto de la puerta dosificadora físicamente.

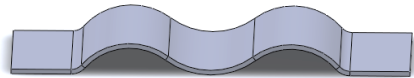


Figura 13. Resorte de lámina

Para la fabricación se realiza recortes de unos rectángulos con un 30 % más del tamaño del resorte ósea unos 78 mm para proceder a su fabricación por prensado con un molde que permita obtener la forma indicada en la figura 14.

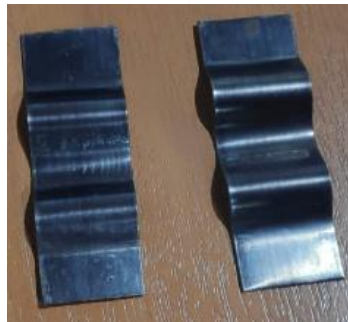


Figura 14. Resortes fabricados

Al soldar por cualquier método siempre se quema los alrededores de donde se suelda por lo cual se necesita pasar un ácido decapante para acero inoxidable (H-500-L1) que limpia la superficie del acero inoxidable y deja con su brillo característico. En la figura 15 se aprecia el terminado al aplicar el producto, este proceso se realiza en todas las piezas soldadas.



Figura 15. Compuerta construida

2.4 Disco fijo del molino de pines

El disco va sujetado a la compuerta por medio de 4 tornillos hexagonales. El material es de acero inoxidable 304 por el contacto directo con el material alimenticio a moler, este disco es la base en la que se coloca los pines los cuales están dispuestos en 2 circunferencias por lo cual se necesitan 16 agujeros en la circunferencia interior y en la exterior son 32 agujeros, los radios de las circunferencias son de 50mm y 91mm respectivamente

Para el disco fijo se realiza se rediseña con agujeros para insertar con apriete los pines, para una mejor sujeción, posicionamiento perpendicular al disco y con un biselado que permite que el material de aporte de la soldadura ingrese adecuadamente, la boca de ingreso del maíz se cambió de redonda a cuadrada con el propósito de que pueda ingresar una mayor cantidad con facilidad y consta con radios de redondeo en las esquinas con el fin de aliviar esfuerzos, para los agujeros pasantes para el anclaje del disco con la compuerta se realiza un avellanado recto para ocultar las cabezas de los pernos avellanados (figura 16).

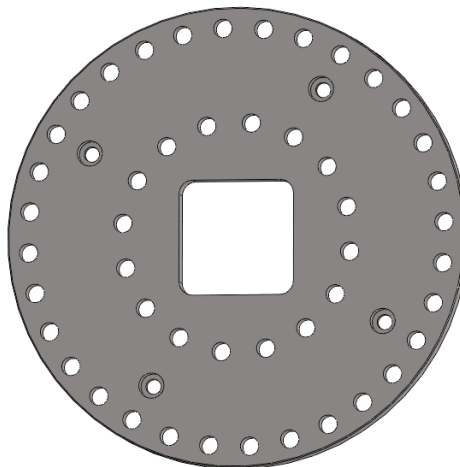


Figura 16. Disco fijo

Para la fabricación se la realiza en el centro de mecanizado ROMI para lo cual se realiza el CAM del disco fijo en SolidCam, los parámetros de mecanizado son los más bajos posibles y con herramientas de cobalto debido a que el acero inoxidable es muy duro y se debe evitar romper las herramientas, el resultado de la simulación final del CAM se observa en la (figura 17).

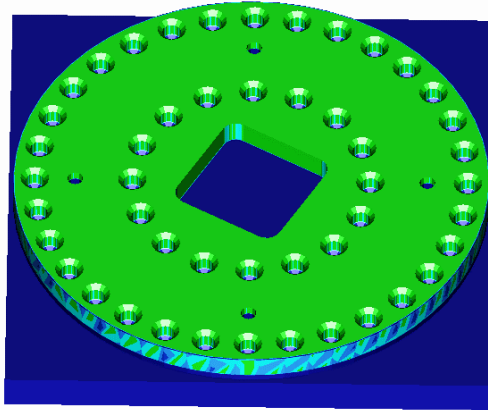


Figura 17. Simulación del CAM del Disco fijo en Solidworks.

En la figura 18 se puede observar cómo se ve el resultado de buena precisión del centro de mecanizado (ROMI) al realizar el disco fijo, es importante realizar con salida de refrigerante constante y penetraciones bajas.



Figura 18. Disco fijo en el centro de mecanizado

2.5 Pines del disco fijo.

En total son 48 pines en el disco fijo, su función es aumentar la superficie de impacto de las partículas, al momento que el disco rotario disperse el material alrededor de la cámara de molienda. Se rediseño con un cambio de sección en el lado izquierdo del pin como se muestra en la figura de abajo con el fin de que el pin entre con apriete en el agujero y logre apoyarse sobre el disco, de tal manera de logara una posición perpendicular entre el pin y el plato. También se realiza un chaflán con el fin de utilizarlo como bisel para que la penetración y aporte de soldadura sea mejor. En el lado derecho realizar un chaflán para evitar filos vivos (figura 19).



Figura 19. Pin del disco fijo

Para la fabricación se realiza el CAM en SolidCam, siempre con parámetros mínimos de mecanizado para alargar la vida de las herramientas. Todos los pines son iguales por lo que el código G utilizado es el mismo, en la figura 20 se observa la simulación en el software. Con el código G obtenido se carga al torno ROMI y se procede con la carga de herramientas, cero piezas, cero maquina y se coloca el eje de acero inoxidable para proceder con la fabricación



Figura 20. Simulación del CAM del pin en solidworks.

En la figura 21 se observa ya todos los pines terminados y colocados en el disco fijo, es importante introducir bien los pines, si es posible se da una prensada de todos los pines para que todos ingresen y no generen un desbalanceo cuando la maquina funcione. Ya finalmente se suelda con SMAW, pero siempre alternando en diagonal y enfriando para controlar el calor y evitar lo menos posible que se deforme el plato.

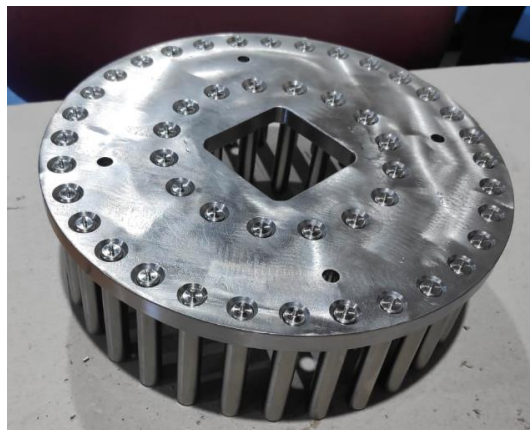


Figura 21. Disco de pines fijo

2.6 Bisagra y compuerta

Bisagra

Este mecanismo nos permite la apertura de la compuerta de manera sencilla, se realiza una modificación con respecto al trabajo de "Diseño de un molino de pines" [1]. Para lo cual se considera hacer la bisagra como un subconjunto la cual va soldada al cuerpo del molino y empernada a la compuerta con el fin de evitar que la compuerta se doble por la soldadura.

Por facilidad de fabricación se dividió en varios elementos los cuales tendrán que ser soldados para conformar la bisagra.

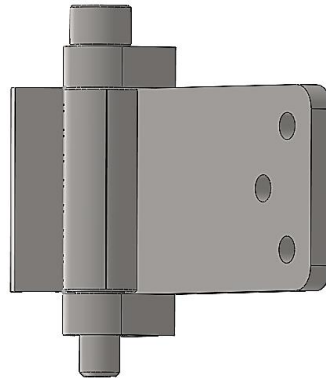


Figura 22. Modelado de bisagra

Espaciador de bisagra

El espaciador es un elemento sencillo como se observa en la figura 23, para la fabricación se realiza un plano de corte para que con una cortadora de plasma de precisión de $\pm 2\text{mm}$ se obtenga la pieza de una plancha de 6 mm, ver figura 30-pieza 10. Se realiza un rectificado de las superficies para dejar a medidas y realiza una limpieza para eliminar el quemado producido por el plasma.



Figura 23. Modelado de espaciador de bisagra

Parte central de la bisagra (cilindro de bisagra)

El modelado es simplemente un cilindro hueco el cual tiene un diámetro interno de 12mm y el externo de 18, esta pieza va soldada con el espaciador de bisagra al cuerpo del molino, teniendo así la parte fija de la bisagra.



Figura 24. Modelado de cilindro de bisagra

A continuación se muestra en la figura 25 la simulación obtenida del CAM realizado, esta pieza se realiza en el torno ROMI y con material de acero inoxidable 304 por tal motivo se trabaja con herramientas de cobalto carburo con el fin de que juntamente con parámetros bajos de mecanizado se obtenga la pieza de las medidas requeridas.

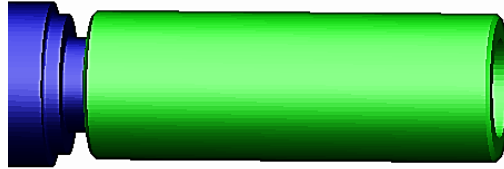


Figura 25. Simulación del CAM del cilindro

Parte superior e inferior de bisagra

El modelado se realiza en SolidWorks, esta pieza forma parte de la parte móvil de la bisagra, permite el pivote alrededor del pasador para que la compuerta se pueda abrir. El material es de acero inoxidable 304.

Para la construcción se parte de un corte por plasma en una plancha de 10 mm, la cual nos deja de medidas con tolerancias de $\pm 2\text{mm}$ y con filos inclinados como se muestra en la figura 30 por lo cual se debe realizar un planeado de los 3 lados de corte en la fresadora y en el lado curvo se rectifica con amoladora y limas para dejar lo más estético posible, para el agujero pasante se realiza el trazado del centro y se agujerea con el taladro de pedestal.

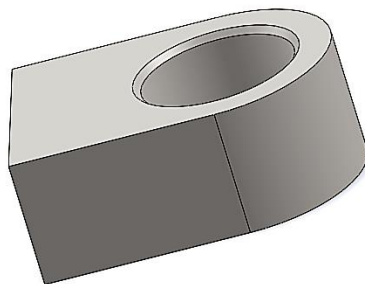


Figura 26. Parte superior de bisagra

Pasador de bisagra

En la figura 27 se aprecia el modelado del pasador de la bisagra el cual permitirá el giro de las demás piezas de la bisagra, el pasador tiene 1 cambio de sección que es el de la parte

superior que se realiza para para obtener la cabeza del pasador la cual permite que el pasador se sostenga y no se resbale de la bisagra por la gravedad. El perno igual a todo el subconjunto de la bisagra es de acero inoxidable 304.



Figura 27. Modelo de pasador de bisagra

La fabricación fue realizada en el torno CNC ROMI por lo cual se necesita generar el código G para el procesador siemens 828D, la simulación del CAM se puede observar en la figura 28 para lo cual se utiliza un eje en bruto de diámetro de superior a 18 cm y se trabaja con parámetros bajos de mecanizado según la recomendación del fabricante de la herramienta usada.

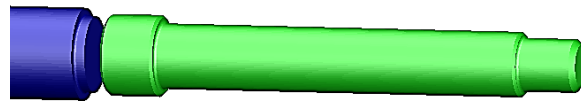


Figura 28. Simulación del CAM del pasador de bisagra

Placa de bisagra

Esta pieza es la encargada de anclar la bisagra y la compuerta mediante pernos. El material es de acero inoxidable 304 y el modelado en SolidWorks.

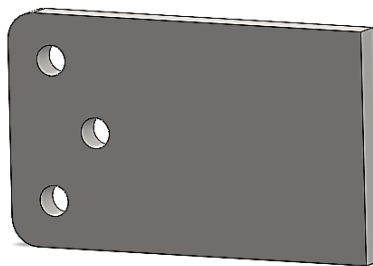


Figura 29. Modelo de placa de bisagra.

Su fabricación parte de una plancha de 6 mm la cual es cortada con plasma computarizado para tener unas tolerancias de $\pm 2\text{mm}$, posteriormente se necesita realizar rectificado de medidas y limpieza del recubrimiento que trae el material la pieza. Para la rectificación se la realiza en fresadora o con disco flap, los agujeros son marcados en el material y realizados en taladro de pedestal.

En la figura 30 se observa las piezas que fueron cortadas en plasma para la bisagra y compuerta.



Figura 30. Piezas cortadas por plasma.

2.7 Compuerta

La compuerta se encarga de realizar el sello con el cuerpo del molino y ser soporte para sujetar el disco fijo y el sistema de alimentación (tolva y compuerta dosificadora).

Para la compuerta se consideró que por temas de mantenimiento o reparación era mejor realizar por separado la oreja de compuerta, de igual manera se considera realizar agujeros y roscas para acoplar los demás elementos por medio de pernos Allen para facilitar el cambio en el mantenimiento de estos elementos como es el disco fijo, oreja de compuerta, guías de compuerta.

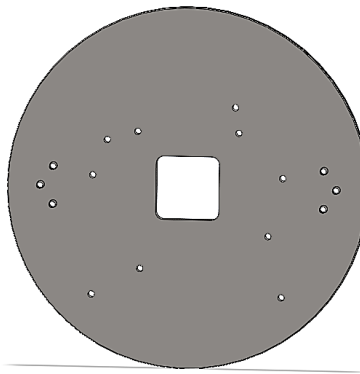


Figura 31. Modelo 3D de compuerta.

La entrada del material a moler se diseña de geometría cuadrada para facilitar la construcción e ingreso del material, para un mejor cierre de la compuerta y reducir la fuga del material particulado se considera un sistema de cierre con un empaque de grado alimenticio que se coloca en la tapa delantera del cuerpo del molino.

La fabricación parte de un corte de una plancha de 10 mm con plasma computarizado que tiene la precisión de $\pm 2\text{mm}$ con el fin de reducir tiempos en la fabricación (figura 32), para el agujero cuadrado y demás perforación se realiza en el centro de mecanizado para obtener buena precisión y no tener problemas cuando se monten las demás piezas en la compuerta.

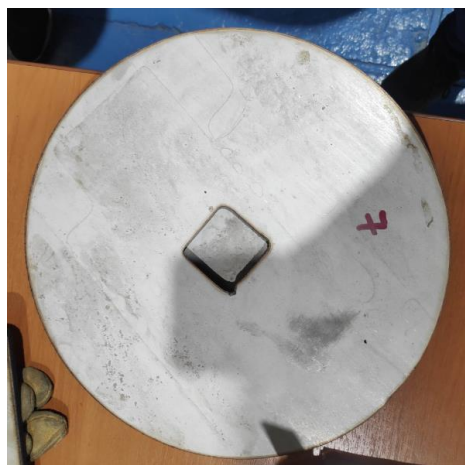


Figura 32. Compuerta cortada con plasma.

Como el espesor ya tiene la medida se debe soldar unas placas para poder sujetar en las mordazas del centro del mecanizado y poder realizar la pieza (figura 33). El CAM se realiza en SolidCam y así obtener el código G para el mecanizado.

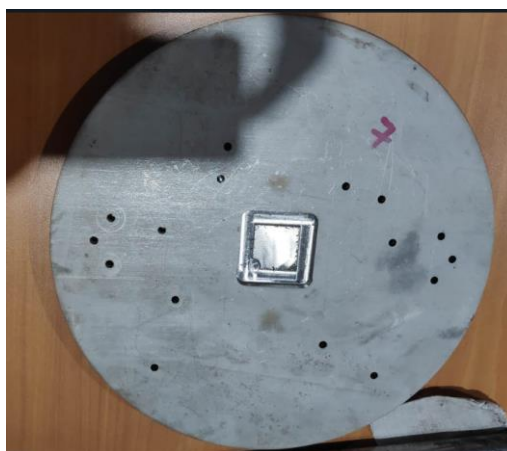


Figura 33. Compuerta rectificada y acabada en el centro de mecanizado.

Oreja de compuerta

Esta pieza va unida a la compuerta por medio de 3 pernos hexagonales M6 en un lado y por el otro tiene un canal que permite el ingreso de la perilla de sujeción de compuerta de molino (Componente B, responsable estudiante Simbaña) para su respectivo ajuste y cierre hermético del molino.

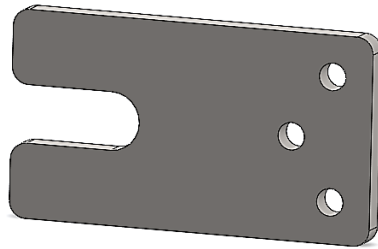


Figura 34. Modelo de oreja de compuerta.

Para la fabricación se cortó en una plancha de 6 mm de acero inoxidable 304 con oxicorte computarizado, para después proceder a igual por medio de mecanizado a medidas requeridas, los agujeros fueron trazados y realizados en taladro de pedestal, para la ranura se la realiza el trazado para luego perforar la parte de semicírculo y el resto del canal se corta con amoladora, para el terminado se pasa una lima y limatón para eliminar aristas vivas.

2.8 Conexión de ingreso desde la tolva hasta la cámara de molienda.

Guía de compuerta

La guía de compuerta tuvo que ser rediseñada por el cambio del sistema de apertura de la compuerta dosificadora y la nueva forma de anclar la tolva de alimentación. La guía tiene un cambio de sección que cuando esta empernada a la compuerta del molino genera un canal por donde se deslizará la compuerta de dosificación y de igual forma será la base donde se asiente la tolva de alimentación y se sujetará con pernos M6, en la siguiente figura se puede observar el modelado.

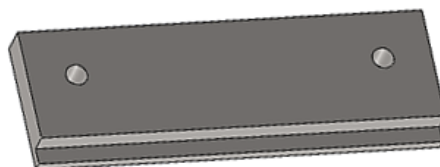


Figura 35. Guía de compuerta.

En la fabricación se partió con un corte con plasma computarizado en una placa de 10mm para obtener 2 guías de compuerta y posteriormente se realiza un planeado de los lados cortados para tener perpendicularidad entre las superficies, luego se realiza un cambio de sección para la creación del canal y finalmente se realiza una limpieza con disco flap de grano fino (figura 36).



Figura 36. Guías de compuerta.

Base inferior de guía de compuerta

La base inferior tiene 2 propósitos el de ser un tope cuando la compuerta de dosificación este cerrada y servir de base donde se apoyará la compuerta de alimentación.



Figura 37. Base inferior de guía de compuerta.

Para la fabricación de la base inferior de guía de compuerta se usa una plancha de 10mm la cual es cortada con plasma de la forma deseada. Se debe tener en cuenta la distancia entre centros y la distancia de ubicación en el plano XY para realizar los agujeros, para el acabado se pasa un disco flap para limpieza de las quemaduras por plasma.



Figura 38. Piezas cortadas en plasma de guías.

2.9 Cámara de molienda.

Este elemento es hecho de acero inoxidable 304 y al ser una cámara permite controlar que el producto molido no se disperse por todo el ambiente y sea llevado hacia la tolva de descarga por gravedad, también almacenara el disco fijo y el tamiz en su interior, esta pieza es la parte central ya que las demás piezas de acero inoxidable 304 deben ir empernadas o soldadas en esta cámara como es el caso de la perilla y bisagra que une con la compuerta. La cámara esta compuesta por 5 piezas que se detallaran a continuación. En la figura 39 se observa el modelo 3D de la cámara realizado en Solidworks.

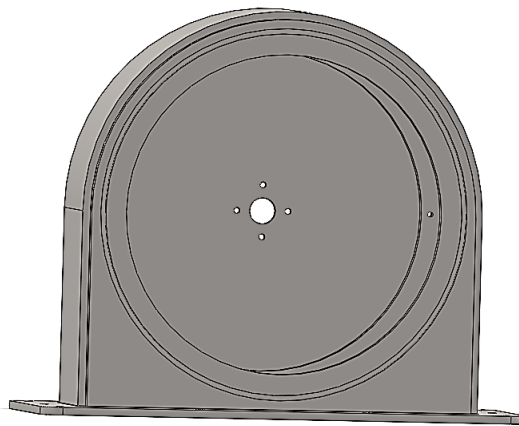


Figura 39. Cámara de molienda.

Base de la cámara

La base de la cámara es de una placa de 10mm como se consideró en el diseño del trabajo de integración “diseño de un molino de pines” [1] y además utilizar los mismos pernos seleccionados y diseñados para la sujeción que son los M6x20, el rediseño fue en la cantidad de pernos ya que se usan 10 pernos y no 4 como el diseño previo, principalmente para contrarrestar la posible deformación de la placa al momento de soldar, de eso modo nos aseguramos que quede bien seguro y evitar fugas de polvo de maíz.

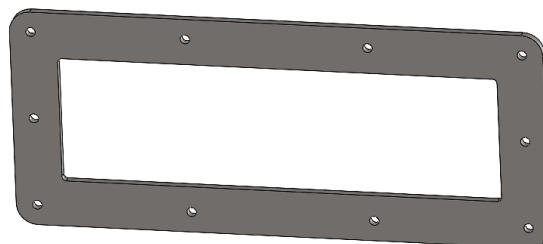


Figura 40. Base de la cámara.

Para la fabricación partimos haciendo un corte de la forma que necesitamos en una plancha de 6mm con plasma teniendo en cuenta los $\pm 2\text{mm}$ de tolerancia, terminado el corte se tiene la pieza en bruto como se observa en la figura 41.



Figura 41. base de Cámara cortada por plasma.

La pieza se debera mecanizar para poder obtener las medidas necesarias en el interior para que las demas piezas puedan entrar para asi poder soldarlas, el contorno exterior no se mecaniza por costo y tiempo ya que no hace mucha diferencia la sobre medida por ser una pieza de dimensiones considerables, lo mas importante es realizar los agujeros ya que nos facilita el hacerle en el centro de mecanizado para estar acorde con las dimensiones del diseño.

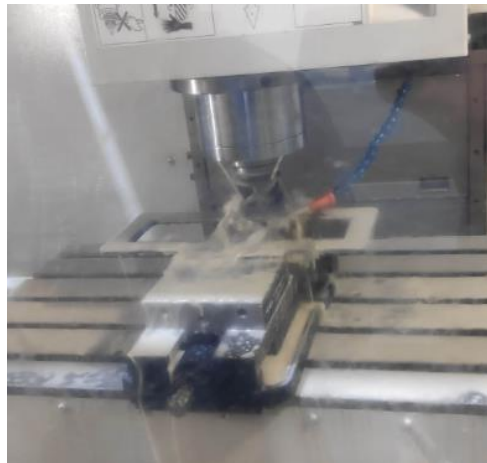


Figura 42. Base de la cámara en el centro de mecanizado ROMI.

Cubierta

Para el modelo de la cubierta se planteó seguir el diseño previo de forma cilíndrica por 2 razones que es la estética y soldar la menor cantidad de piezas (figura 43). Para su elaboración se necesita cortar con oxicorte una plancha de 6 mm de espesor con las siguientes medidas 820mm x 79mm, las cuales son aumentadas para rectificar posteriormente. Despues es necesario doblarla cilíndricamente con ayuda de una

baroladora (figura 44), como no es exacto al final se debe cortar el sobrante una vez soldado con las tapas delantera y trasera.

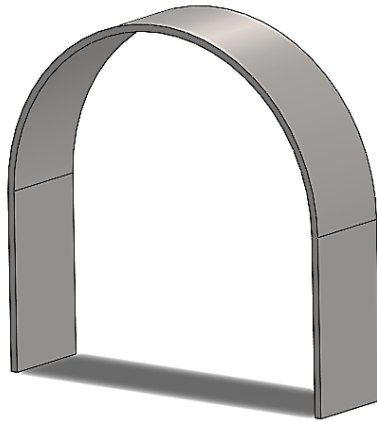


Figura 43. Cubierta.



Figura 44. Doblado cilíndrico de cubierta.



Figura 45. Cubierta terminada.

Tapa delantera

En la figura 46 se observa el modelado 3D de la tapa delantera la cual se rediseño aumentando un canal de 2.5mm x 4mm en el cual se colocará un empaque de silicona grado alimenticio para garantizar el sellado entre la compuerta y el cuerpo del molino.

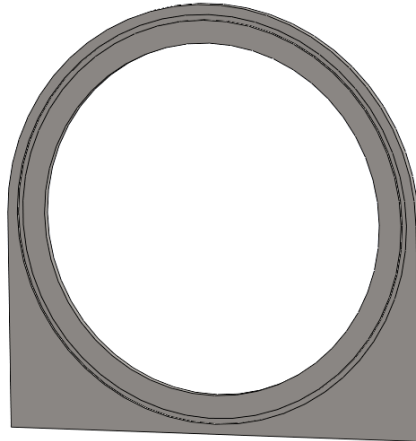


Figura 46. Tapa delantera

La tapa delantera se corta por plasma en una plancha de 6mm, considerando los ± 2 mm de tolerancia por corte, de esta pieza es importante que el círculo interno tenga las medidas exactas por lo cual se debe realizar un cilindrado interno en torno convencional por el tamaño de la pieza (figura 47). Las demás superficies como son soldadas no influyen mucho, se da una limpieza con disco flap y es todo.



Figura 47. Cilindrado interno de tapa delantera

Tapa trasera

Esta pieza es similar a la tapa delantera en cuanto a forma y diámetro interno, la única diferencia es que no tiene el canal del empaque y que se ha diseñado con 4 orificios para poder posicionar el tope del tamiz para poder soldar, se aprecia en la figura 48.

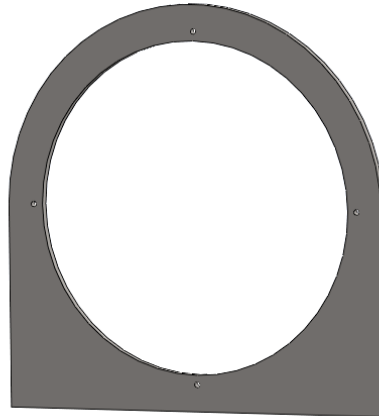


Figura 48. Tapa trasera

La fabricación se realiza de igual manera con corte plasma y luego rectificar en torno convencional el diámetro interno para que pueda reposar el tamiz (figura 47). Para los agujeros se marcan en el material y se realiza en taladro de pedestal.

Tope de tamiz circular

En el rediseño, en vez de ir empernado como el diseño previo revisado, se ensambla por medio de soldadura TIG y para ello se realiza unos 4 agujeros para poder centrar el tope con la tapa trasera. También se realiza el agujero para el eje y los agujeros pasante para colocar un retenedor para evitar la salida de polvo por el agujero del eje (figura 49).

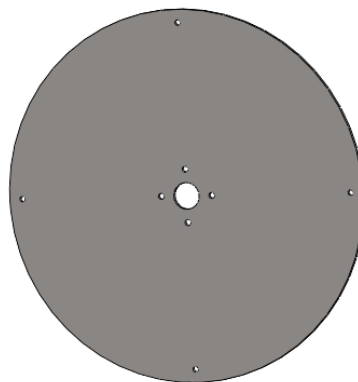


Figura 49. Tope de tamiz circular

La obtención de la pieza se realiza por medio de plasma de la forma del tope de tamiz en una plancha de 3mm como se muestra en la figura 50, para poder mecanizar a las medidas diseñadas se tiene que soldar 2 placas de acero inoxidable 304 una sobre la otra, en el centro del disco para sujeción en las mordazas del centro de mecanizado (figura 51). Terminado el mecanizado se debe quitar las sueldas con disco de corte y luego igualar con el disco de desbaste, finalmente limpiar y quitar el recubrimiento del material con el disco flap.

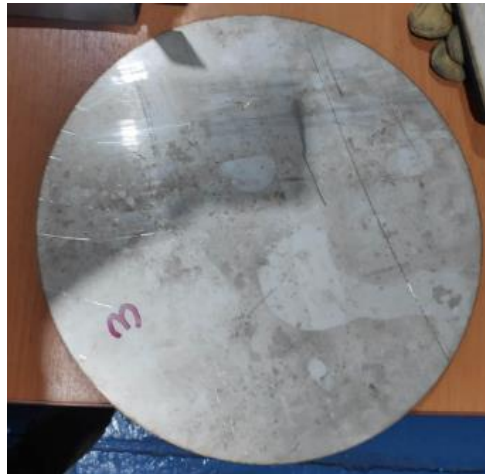


Figura 50. Corte de tope de tamiz por plasma



Figura 51. Mecanizado en CNC del tope de tamiz

Para soldar las piezas primero se comienza colocando las tapas con la cubierta en la posición correcta, es importante colocar el tamiz para tener mayor precisión al momento de posicionar y evitar deformaciones, se necesita sujetar bien por ello se arma una prensa con pernos y pedazos de perfil. Se comienza con puntos desde la parte circular para seguir dando forma y soldado hacia los extremos con electrodo revestido. Se debe recortar el sobrante de la cubierta con ayuda de una amoladora.



Figura 52. Unión del cuerpo por puntos

Se coloca la base de la cámara sobre una superficie recta y se introduce las piezas ya soldadas, se da un par de puntos y se revisa que este nivelada y luego se puntea el contorno para darle más firmeza, luego se centra el tope del tamiz con unos pasadores que van en los agujeros para centrar y se prensa contra el molino y se procede a soldar con puntos también (figura 53)



Figura 53. Cámara del molino soldado con puntos



Figura 54. Bisagra soldada

Una vez comprobado que no hay interferencias y todo encaja correctamente se procede a soldar la perrilla y bisagra al cuerpo del molino, para soldar estos elementos es importante hacerlo con la tapa cerrada para asegurarnos que luego cierre y abra correctamente (figura 54).

Cuando todas las piezas encajan bien y funcionan correctamente se suelda con cordones todo el cuerpo y finalmente se pasa un ácido decapante para retirar las quemaduras y dejar el acero inoxidable brillando.



Figura 55. Cámara del molino aplicada el ácido decapante.

Empaque de grado alimenticio

Es un empaque de silicona grado alimenticio para hermetizar el cierre de la compuerta del molino para evitar que el polvo de maíz salga y se esparza en el ambiente, el empaque tiene un costo de \$ 29.



Figura 56. Empaque de grado alimenticio

2.10 Costos del proyecto.

En el siguiente apartado se detallan los costos para la fabricación de cada pieza del componente A. los costos se pueden dividir en 2 costos grandes que son:

- Costo directo que tiene que ver con costos de materia prima, mano de obra, herramientas, y maquinado.
- Costo indirecto que engloba lo que es costos financieros, depreciaciones, servicios básicos y otros costos no relacionados directamente con la producción.

Costo de materia prima

Hay que tener en cuenta que todos los materiales de los elementos del componente A son de acero inoxidable AISI 304 a menos que se indique lo contrario, el costo de la materia incluye los desperdicios generados por el corte ya que no se adquiere planchas completas, también se considera el material extra para poder sujetar en las mordazas para el mecanizado de las piezas que lo requieran.

Tabla 4. Costos de materia prima

Pieza	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total \$
Tolva	Pedazo de plancha galvanizada de 393 x 453 x 0,7mm	u	1	6,4	6,4
Disco fijo	Pedazo de plancha de 206 x 206 x 10 mm	u	1	28,5884	28,5884
Base inferior guía	Pedazo de plancha de 46 x 186 x 10 mm	u	1	5,352	5,352
Guía de compuerta	Pedazo de plancha de 46 x 130 x 10 mm	u	2	3,761	7,522
Compuerta reguladora	Pedazo de plancha de 116 x 191 x 1,3 mm	u	1	1,7631	1,7631
Soporte de resorte	Pedazo de plancha de 31 x 36 x 1,5 mm	u	4	0,36	1,44
Resorte lamina	Placa galvanizada de 26 x 66 x 0,72 mm	u	2	0,25	0,5
Oreja de compuerta	Pedazo de plancha de 56 x 96 x 6 mm	u	1	4,36	4,36
Compuerta del molino	Pedazo de planchade 291 x 291 x 10 mm	u	1	34,24	34,24

Espaciador de bisagra	Pedazo de plancha 18 x 56 x 6 mm	u	1	1,94	1,94
Parte superior bisagra	Pedazo de plancha 22 x 24 x 10mm	u	2	3,76	7,52
Placa de sujeción bisagra	Pedazo de plancha 56 x 89 x 6mm	u	1	3,61	3,61
Base de la Cámara	Pedazo de plancha 166 x 386 x 4mm	u	1	27,07	27,07
Cubierta	Pedazo de plancha 84,5 x 1249 x 6mm	u	1	16,66	16,66
Tapa delantera	Pedazo de plancha 306 x 306 x 6mm	u	1	36,828	36,828
Tapa trasera	Pedazo de plancha 306 x 306 x 6mm	u	1	36,828	36,828
Tope de tamiz circular	Pedazo de plancha 286 x 286 x 3mm	u	1	15,66	15,66
Pin	Eje inox 304 RED 10mm x 6mts	ml	5	5,36	26,8
Parte central de bisagra	Eje inox 304 RED 1 1/4pulg	ml	0,15	53,6	8,04
Pasador de bisagra	Eje inox 304 18 mm x 85 mm	u	1	3,62	3,62
Empaque	Empaque plano de grado alimenticio	u	1	29	29
Pernos (guías)	M6x20	u	6	0,16	0,96
Pernos (Oreja y placa- bisagra)	M6x16	u	6	0,14	0,84
Pernos (Disco fijo y compuerta)	M6x12	u	4	0,13	0,52
Pernos (base de la cámara)	Hex G2 galv UNC 1/4	u	10	0,08	0,8
Arandela de presión	Arandela plana SAE galv 14	u	10	0,02	0,2
Arandela plana	Anillo de presión galv 1/4	u	10	0,02	0,2
Tuerca	Hex G2 galv UNC 1/4	u	10	0,05	0,5
Gas argón	Gas inerte argón para TIC	kg	4,36	7,4	32,264
Varilla de aporte TIC	varilla de aporte 304L	u	3,6	1,67	6,012
Electrodo revestido	AGA 308L-16	kg	0,36	8,86	3,1896
				Total	349,23

Costo de mano de obra directa

Estos costos contemplan lo que es la mano de obra de los operarios y el maquinado o mecanizado en máquinas y herramientas como torno, fresadora, equipos CNC, soldadora, entre otros. Para cada costo detallado abajo se considera la mano de

obra y el uso de las máquinas herramientas, y solo para maquinados en torno y centro de mecanizado CNC se considera los costos indirectos de fabricación, para los demás ítem se realizará los costos indirectos en la siguiente sección.

Tabla 5. Costos de mano de obra/ maquinado

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Maquinado en torno CNC	495	min	0,320134242	158,46645
Maquinado en centro de mecanizado	379	min	0,402584697	152,5796
Maquinado en torno pequeño	0,5	h	10	5
Maquinado en fresadora	3	h	12	36
Maquinado torno grande	1,2	h	25	30
servicio de corte en plasma	1,4	h	1,8	2,52
servicio de soldadura	16	h	4,5	72
Utilización de herramienta menor	24	h	1,6	38,4
Total:				494,96605

Costos indirectos

En los costos indirectos se toma en cuenta valores de costos de mantenimiento, depreciación de las máquinas, energía eléctrica necesaria para trabajar, pago de personal financiero (secretaria, contador, etc.) y transporte de ser el caso. Teniendo en cuenta la experiencia se considera acertado tomar como costo indirecto el 10 % del total de los costos directos.

Costo de fabricación

El costo de fabricación es la sumatoria de los anteriores costos calculados, es decir el costo para fabricar el componente (A) del molino de pines, a continuación, se resumen el valor de cada rubro y el precio final.

Tabla 6. Costos de fabricación

Descripción	Precio
Costo de materia prima	349,23
Costo de mano de obra /maquinado	494,97
Costos indirectos (10%)	84,42
TOTAL	928,61

3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Pruebas

Una vez ensamblado el molino físicamente se realiza un documento para toma de datos del protocolo de prueba, el cual se encuentra en la sección de anexos.

El protocolo primeramente contempla una lista de verificación del estado de la máquina antes del inicio de pruebas, estos puntos de verificación se realizan con la maquina desconecta. Una vez que queda verificado el aspecto de inspección se coloca el ok en la hoja del control de prueba y de ser el caso se indica alguna observación figura 57.

Tabla 7. Aspectos de inspección con el molino apagado

LISTA DE VERIFICACIÓN DE ESTADO DE LA MÁQUINA ANTES DEL INICIO DE PRUEBAS (MÁQUINA DESCONECTADA)		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	CHEQUEO	OBSERVACIÓN
Verificación de alineación de eje	✓	
Verificación de alineación de poleas	✓	
Verificación de torque de apriete de poleas	✓	Según catálogo el torque para polea del motor = 31 [Nm] y polea molino = 20 [Nm]
Verificación de tensión de banda	✓	
Verificación de movimiento manual para escuchar si existe rozamiento entre elementos móviles	✓	
Verificación de sujeción de tuerca de plato rotativo móvil	✓	
Verificación de ajuste de pernos de ensamblaje de componentes	✓	
Verificación que no existan cables eléctricos no aislados	✓	
Verificación de las características eléctricas de la toma eléctrica	✓	V =220 [V]
Verificar la distancia de apertura de la compuerta de carga, para dosificar la alimentación	✓	La apertura máxima es de 50 mm

En la tabla 7 se detalla los aspectos verificados en el molino de pines, en esta primera parte no se encontraron problemas, todos los componentes mecánicos y eléctricos se encuentran ensamblados y conectados correctamente.



Figura 57. Verificación con la maquina apagada.

En la segunda parte se realiza verificaciones con la maquina conectada y encendida, de manera visual se determinó el giro del motor, para las otras verificaciones se necesita un amperímetro para medir parámetros eléctricos como amperaje y un tacómetro para la verificación de rpm en las que están girando cada polea del motor figura 58.



Figura 58. Verificación de RPM con tacómetro.

A continuación, en la tabla 8 podemos observar los aspectos que se tuvieron en cuenta para la verificación con la maquina conectada y encendida, los datos tomados están acorde con lo esperado.

Tabla 8. Aspectos de inspección con la maquina encendida

TOMA DE DATOS (MÁQUINA CONECTADA Y ENCENDIDA)		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Verificación de sentido de giro del disco rotatorio	✓	Antihorario
Intensidad de corriente eléctrica del motor en arranque	✓	47 [A]
Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (sin producto)	✓	9,7 [A]
Verificar del movimiento de las partes de la máquina previa a la carga	✓	
Verificación del número de rpm de la polea del motor	✓	1784 [rpm]
Verificar el número de rpm de la polea conducida	✓	3556 [rpm]

Para las pruebas se mantiene algunos parámetros constantes como es el volumen de material a moler (2 litros), para la medición se utiliza una probeta con una capacidad máxima de 1 litro por lo que para cada prueba se coloca 2 probetas del maíz, se usa el mismo maíz para todas las pruebas con el fin de que los resultados sean los más confiables y los datos se vean afectados.



Figura 59. Material para moler (maíz)



Figura 60. Colocación de 2 litros de maíz en la tolva

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la prueba realizada sin el tamiz del molino (tabla 9), el parámetro que se vario es la altura de la compuerta de dosificación con el fin de regular el caudal.

Tabla 9. Datos obtenidos de prueba sin tamiz

FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN) PARA OBTENER MAÍZ PARTIDO - SIN TAMIZ		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Material para moler	Maíz	
Volumen de material a moler	2 litros	
Verificación de ajuste perilla de compuerta para regular flujo de entrada	✓	
Retiro de tamiz	✓	
Verificar apriete de perilla de apriete de compuerta	✓	
Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (mientras se muele)	✓	8,52 [A]
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	Apertura compuerta de dosif. 3 [cm]	T1= 1:13.65 [min:seg] T2= 1:13.70 [min:seg] T3=1:14.25 [min:seg]
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	Apertura compuerta de dosif. 4 [cm]	T1= 35,63 [seg] T2= 35,26 [seg] T3=35,90 [seg]
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	Apertura compuerta de dosif. 5 [cm]	T1= 29,33 [seg] T2= 30,15 [seg] T3=29,60 [seg]

En la siguiente figura se puede ver un resultado cuando se realiza la molienda sin el uso del tamiz, el producto final es de un tamaño considerable.



Figura 61. Resultado de molienda sin tamiz

En la tabla 10 se indica los datos obtenidos de las pruebas realizadas de molienda con uso de tamiz, la altura de la compuerta se mantuvo constante para que el caudal sea igual para todas las pruebas, lo que si se vario fue el tiempo de permanencia del maíz dentro de la

Cámara. Con el uso del tamiz se tiene un resultado mucho más fino como se observa en la figura 62.

Tabla 10. Datos obtenidos de molienda con tamiz

FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN) PARA OBTENER HARINA DE MAÍZ CON TAMIZ)		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Material para moler	Maíz	
Volumen de material a moler	2 litros	
Verificación de ajuste perilla de compuerta para regular flujo de entrada	✓	
Colocar el tamiz	✓	
Verificar apriete de perilla de apriete de compuerta	✓	
Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (mientras se muele)	✓	8,52 [A]
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	t= 2 [min]	con apertura 5 [cm] se muele 1/4 del maíz, el restante se mantiene en la cámara para continuar moliéndose.
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	t= 2,5 [min]	con apertura 5 [cm] se muele 1/3 del maíz, el restante se mantiene en la Cámara para continuar moliéndose.
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	t= 3 [min]	con apertura 5 [cm] se muele 1/2 del maíz, el restante se mantiene en la Cámara para continuar moliéndose.



Figura 62. Resultado de molienda con tamiz

3.2 Resultados

En este trabajo de integración curricular se logró concluir con la construcción del molino de pines y tener los resultados esperados en la molienda a pesar de algunos contratiempos en la fabricación que se explicara más adelante.

Resultados de Fabricación

Al momento de fabricar se observó que las medidas de fabricación son diferentes a las de los planos, lo cual se debe a varios factores como es el componente humano ya que las piezas que fueron hechas por operarios en torno o fresadora convencional tienen variaciones de décimas, otro factor importante que influye en las medidas es el desgaste que sufre las herramientas por la fricción al trabajar. En la figura 63 se tiene el disco de pines el cual después de realizar mediciones se obtuvo varios valores de diámetros internos de los agujeros donde van los pines y se determina que no son los mismos a pesar de que fueron realizados en centro de mecanizado, en la tabla 11 podemos observar que los diámetros internos de varios agujeros donde van los pines y tiene variaciones de hasta décimas por lo cual los pines se realizaron al final y se tomó un valor promedio de 7.9 mm para tener una referencia del diámetro que deben tener en los pines.

Tabla 11. Datos de medición de agujeros interno donde van los pines en el disco fijo

Medición	Diámetro interno donde va el pin [mm]
1	7,81
2	7,86
3	1,9
4	7,83
5	7,89

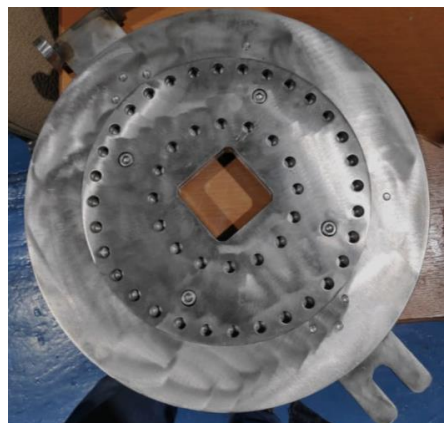


Figura 63. Disco de pines fijo en ensamblado a la compuerta

En la fabricación de disco fijo se consideró un espesor de 10 mm, pero la disponibilidad del mercado ofrece planchas de 3/8 de pulgada que corresponde a 9.5 mm por lo cual se debe tener en cuenta ya que eso aumenta en 1 mm la distancia entre platos y por ese motivo los pines se deben aumentar el largo para evitar que el maíz tenga más espacio para salir sin ser impactado a la primera vez, y pueda reducir la eficiencia del molino.

En la pieza superior de la bisagra se tuvo que rectificar el agujero interno debido a que a pesar de que se soldó con el pasador puesto se produjo deformación y al colocar el nuevo pasador de acero inoxidable no entraba por lo que el agujero quedó de 12.18 mm y no de 12 mm como en el plano de taller, debido a este cambio de diámetro se tuvo que cambiar la medida del pasador para evitar que exista mucho juego ya que esto descuadra la compuerta.



Figura 64. Parte superior de bisagra construida

Al momento de soldar las piezas de la Cámara de molienda se produjeron deformaciones por el calor generado, especialmente en el tope de tamiz como se aprecia en la figura 65, llegando a tener una deformación de 5 mm en la parte central, la pieza tuvo una mayor deformación que el resto de las piezas debido al espesor de 3 mm y que el cordón fue soldado en una sola pasada. Esta deformación dificulta la entrada del tamiz por lo que era importante enderezar la pieza y se tuvo que enderezar con una prensa hidráulica.

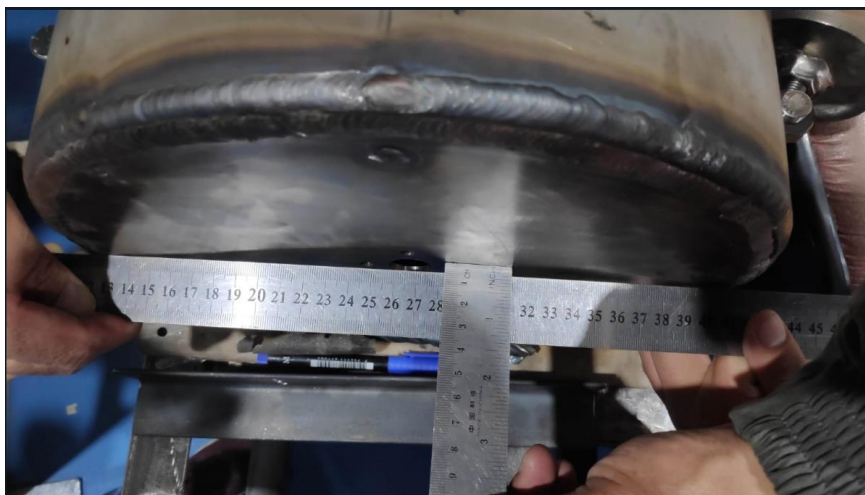


Figura 65. Deformación por soldadura del tope de tamiz

Resultado de molienda sin tamiz

Tabla 12. Datos obtenidos en promedio de tiempos de molienda.

No. Prueba	Apertura de compuerta [cm]	Tiempo [s]
1	3	73.86
2	4	35.59
3	5	29.69



Figura 66. Resultado de la prueba 2 de molienda sin tamiz

En la tabla 13 se puede observar el tiempo promedio de cada prueba realizada sin tamiz, y se puede ver que la altura de la compuerta de dosificación es inversamente proporcional al tiempo de trituración del maíz. En la primera prueba tenemos un tiempo de 73.8 [s] a una altura de 3 [cm], el tiempo es el más alto y eso se debe a que al reducir la altura de la compuerta el grano de maíz el flujo de ingreso es menor. Para la prueba 3 se tiene la apertura máxima que es 5 [cm] y tenemos un tiempo menor de 29.69 [s], por tal se establece que el molino puede trabajar sin problemas con un flujo máximo de ingreso del grano y obtener el mismo resultado de trituración como se muestra en la figura 66.

Resultado de molienda con tamiz

Se realizaron 3 pruebas con el tamiz colocado en el molino en las cuales se mantuvo la altura de la compuerta de dosificación al máximo y se varió el tiempo de molienda.

Tabla 13. Datos obtenidos de la prueba de molienda con tamiz

No. Prueba	Tiempo de molienda [min]	Cantidad de producto molido [%]
1	2	25%
2	2.5	33.33%
3	3	50%

Se puede observar en la tabla 14 que el tiempo de molienda es directamente proporcional a la cantidad de producto molido. A los 2 min se tiene un 25 % del producto molido, a los 2.5 min se tiene un 8% más de producto y finalmente a los 3 min se tiene un 17% más de producto molido con respecto a la anterior prueba, lo que nos dice que la cantidad de producto molino al inicio es menor debido a que la capacidad de la cámara de molienda no está completamente llena, pero una vez que transcurre los 3 min ya se estabiliza la cantidad de producto molido y se observa que tiene un buen rendimiento el molino de pines ya que los 2 litros colocados en la prueba pueden ser molidos en 6 min. En la figura 67 se puede observar el resultado del producto en forma de harina debido a que el tamiz solo permite el paso de partículas finas.



Figura 67. Resultado de molienda con tamiz.

3.3 Conclusiones

- Se logró la optimización del diseño del componente A, permitiendo que la fabricación de cada elemento sea lo más rápido y de bajo costo posible, al darle simplicidad al diseño y teniendo en cuenta las máquinas, materia prima y personal técnico disponible. Se ve reflejado el buen trabajo en la construcción del molino de pines juntamente con los componentes B y C realizados por los compañeros de tesis Mesías Simbaña y Jaiber Albuja respectivamente.
- Con el análisis del montaje de los pines en el disco fijo se logró rediseñar los pines y el disco de tal manera que el cambio de sección permite un posicionamiento perpendicular entre estos, de igual forma al momento de soldar fue en menor tiempo

por la facilidad de que ya estaban ubicados en el lugar requerido y con el bisel se dio una buena penetración e ingreso del material de aporte, lo que incurrió en un costo de mano de obra menor.

- El rediseño de la tapa delantera de la cámara del molino permite el uso de un empaque plano de silicona de grado alimenticio que fue la solución más económica, rápida y fácil de implementar para poder generar hermeticidad entre la Cámara del molino y la compuerta.
- El aumento del espesor de las piezas de la Cámara de molienda permite una reducción del ruido al exterior por el impacto generado y proporciona mayor vida útil del molino ya que el maíz sale disparado hacia las paredes por el impacto con los pines cuando se muele sin tamiz,
- Con la realización de este trabajo de integración curricular queda demostrado que, con los planos, hojas de procesos y códigos G realizados se puede fabricar el componente A y junto a los demás componentes fabricar un molino de pines capaz de obtener una molienda fina o gruesa dependiendo del uso del tamiz.
- Con el protocolo de pruebas se logró comprobar que el componente A al igual que todo el ensamble del molino de pines no presenta interferencias, de la misma forma la parte eléctrica y se puede poner en marcha el molino sin ningún riesgo. Los resultados de molienda son satisfactorios al poder obtener un producto de partículas finas (harina) en un tiempo bueno.
- Se realizó los modelos, planos de taller y subconjunto del componente A, al igual que los CAM para la obtención del código G en el software SolidWorks, y así poder fabricar las piezas en el laboratorio LABINTECDIMP con ayuda de los técnicos e ingenieros.

3.4 Recomendaciones

- Se recomienda el uso del proceso GTAW para soldar todas las piezas que necesiten de suelda para reducir las deformaciones generadas por el calor, también se debe soldar por partes si son cordones muy grandes para poder controlar un poco más las temperaturas.
- Se recomienda la utilización de una plancha con mayor espesor para el tope de tamiz para evitar que la pieza se doble al momento de soldar o se pude unir a la Cámara de molienda por medio de pernos Allen.

- En la base del molino se recomienda colocar un empaque o utilizar papel victoria para poder generar hermeticidad entre la cámara del molino y la tolva de descarga, ya que en las pruebas se encontró unas pequeñas fugas.
- Se recomienda invertir el sistema de la compuerta de dosificación, de tal manera de que los resortes de lámina tengan contacto con las guías de compuerta para que la parte plana de la compuerta de dosificación este apegada a la compuerta del molino y eliminar la fuga por el ingreso.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. Casco y E. Amaguaña, *DISEÑO DE UN MOLINO DE PINES*, Quito: Univ. Esc. Pol. Nacional, 2022.
- [2] M. Castelló, É. Pérez , C. Barrera y N. Betoret, Reducción del tamaño de partículas y tamizado de sólidos, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2016.
- [3] E. A. Blanco, Introducción a la mineralurgia, Santander: Universidad de Cantabria, 2016.
- [4] Facultad de Ingeniería , Molienda, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2015.
- [5] HOSOKAWA MICRON, «Universal Milling System,» 2013.
- [6] SAFC Biosciences, SAFC Biosciences' Continuous Milling Facility, 2006.
- [7] Phamapproach, «Pin mill,» 05 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.pharmapproach.com/pin-mill/>. [Último acceso: 02 01 2022].
- [8] Mill Powder Tech Solutions, *Pin mill*, Taiwan, 2021.
- [9] COARA, «MOLINO DE PINES,» [En línea]. Available: <https://www.coara.com.ec/productos/construccion-en-acero/molino.html>. [Último acceso: 27 06 2022].
- [10] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [11] WURTH, «Gel decapante,» Argentina.

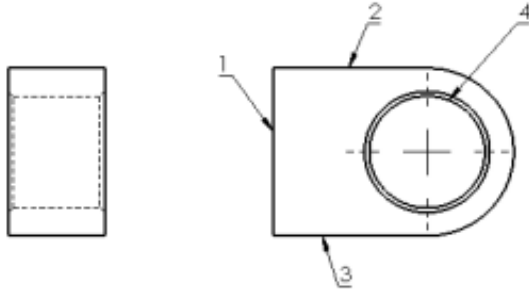
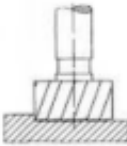
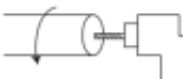
5 ANEXOS

ANEXO I. Hojas de procesos

HOJA DE PROCESOS									
Nombre de la Unidad: TAPA DELANTERA					Tiempo de duración (min):			Tiempo total (horas):	
					25			0,42	
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Dim. en bruto					
1	1	Tapa delantera	Acero Inox AISI 304 (Plancha e=6 mm)	300 x 300					
Obs.		La plancha ya viene cortada con plasma de la forma exterior de la pieza							
Fase	Sub fase	Nº	Operaciones	RPM	Útiles		Tiempo Estimado		
					Trab.	Cont.			
TORNO	10	11	Cilindrar int 1, \varnothing 246 mm		90 95	C.C.I.	Cal.	15	min
		12	Ranurado 2, 4mm x 2,5mm, \varnothing i= 246 mm		90 95	C.R.		10	min
CODIGO DE ÚTILES F.P.=Fresa de planeado C.C.I.=Cuchilla de cilindrar int C.R.=Cuchilla de ranurar Cal.=Calibrador B.P.=Broca pasante F.R.= Escariador recto Av.=Avellanador				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
				ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					

HOJA DE PROCESOS									
Nombre de la Unidad: GUÍA DE COMPUERTA					Tiempo de duración (min):			Tiempo total (horas):	
					58			0,97	
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Dim. en bruto					
1	2	Guía de compuerta	Acero Inox AISI 304 (Plancha e=10 mm)	130 x 45 mm					
Obs.		La plancha ya viene cortada con plasma de la forma exterior de la pieza							
Fase	Sub fase	Nº	Operaciones	RPM	Útiles		Tiempo Estimado		
					Trab.	Cont.			
Fresadora	10	11	Planeado 1, 3 mm	400 300	F.P	Cal.	5	min	
		12	Planeado 2, 2mm	401 300	F.P	Cal.	5	min	
		13	Planeado 3, 3mm	402 300	F.P	Cal.	5	min	
		14	Planeado 4, 3mm	403 300	F.P	Cal.	5	min	
		15	Planeado 5, 5X6,6mm	403 300	F.P	Cal.	5	min	
Taladro	20	21	Taladrado (2 agujeros) 5, Ø 6,6 mm	90 95	B.P.	Cal.	4	min	
CODIGO DE ÚTILES F.P.=Fresa de planeado C.C.I.=Cuchilla de cilindrar int C.R.=Cuchilla de ranurar Cal.=Calibrador B.P.=Broca pasante F.R.= Escariador recto Av.=Avellanador			CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL						

HOJA DE PROCESOS									
Nombre de la Unidad: BASE INFERIOR GUÍA					Tiempo de duración (min):			Tiempo total (horas):	
					24			0,40	
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Dim. en bruto					
1	1	Base inferior Guía	Acero Inox AISI 304 (Plancha e=10 mm)	185 x 45 mm					
Obs.		La plancha ya viene cortada con plasma de la forma exterior de la pieza							
Fase	Sub fase	Nº	Operaciones	RPM	Útiles		Tiempo Estimado		
					Trab.	Cont.			
Fresadora	10	11	Planeado 1, 2 mm		400 300	F.P	Cal.	5	min
		12	Planeado 2, 2mm		401 300	F.P	Cal.	5	min
		13	Planeado 3, 3mm		402 300	F.P	Cal.	5	min
		14	Planeado 4, 3mm		403 300	F.P	Cal.	5	min
Taladro	20	21	Taladrado (2 agujeros) 5, Ø 6,6 mm		90 95	B.P.	Cal.	4	min
CODIGO DE ÚTILES F.P.=Fresa de planeado C.C.I.=Cuchilla de cilindrar int C.R.=Cuchilla de ranurar Cal.=Calibrador B.P.=Broca pasante F.R.= Escariador recto Av.=Avellanador				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					

HOJA DE PROCESOS									
Nombre de la Unidad: PARTE SUPERIOR BISAGRA					Tiempo de duración (min):			Tiempo total (horas):	
					20			0,33	
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Dim. en bruto					
1	2	Parte superior bisagra	Acero Inox AISI 304 (Plancha e=10 mm)	28 x 20 mm					
									
Obs.		La plancha ya viene cortada con plasma de la forma exterior de la pieza							
Fase	Sub fase	Nº	Operaciones	RPM	Útiles		Tiempo Estimado		
					Trab.	Cont.			
Fresadora	10	11	Planeado 1, 3 mm		400 300	F.P	Cal.	2	min
		12	Planeado 2, 1mm		401 300	F.P	Cal.	2	min
		13	Planeado 3, 1mm		402 300	F.P	Cal.	2	min
Taladro	20	21	Taladrado (1 agujeros) 4, Ø 12 mm		90 95	B.P.	Cal.	4	min
CODIGO DE ÚTILES F.P.=Fresa de planeado C.C.I.=Cuchilla de cilindrar int C.R.=Cuchilla de ranurar Cal.=Calibrador B.P.=Broca pasante F.R.= Escariador recto Av.=Avellanador			CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL						

ANEXO II. Protocolo de pruebas

PROTOCOLO DE PRUEBAS

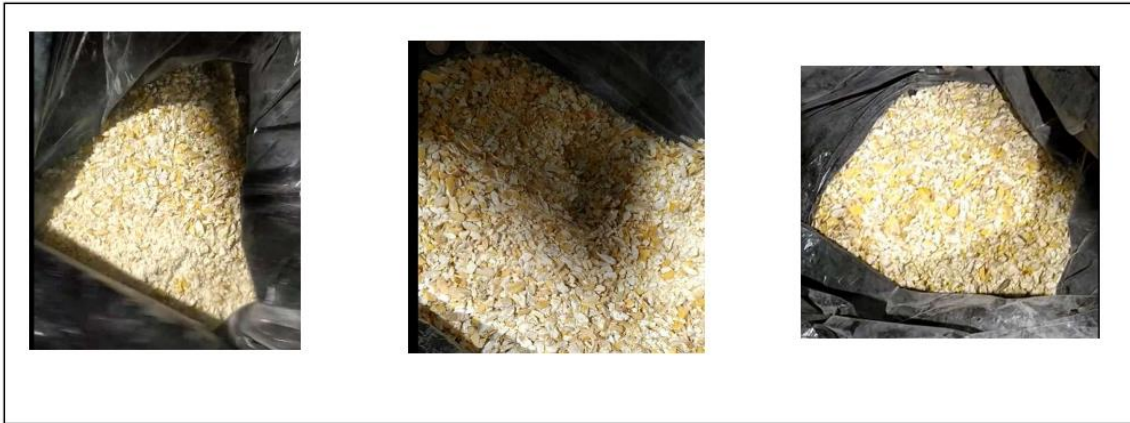
MAQUINA:	MOLINO DE PINES	FECHA:	31/08/2022
ESTUDIANTES :	Albuja Arellano Jaiber Sebastian	PROFESOR:	Ing. Mario Cesén, M.Sc.
	Simbaña Escobar Mesias Josue	HORA INICIAL	11:00 a. m.
	Vásconez Núñez Byron Andres	HORA FINAL	1:00 p. m.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE ESTADO DE LA MÁQUINA ANTES DEL INICIO DE PRUEBAS (MÁQUINA DESCONECTADA)		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	CHEQUEO	OBSERVACIÓN
Verificación de alineación de eje	✓	
Verificación de alineación de poleas	✓	
Verificación de torque de apriete de poleas	✓	Según catálogo el torque para polea del motor = 31 [Nm] y polea molino = 20 [Nm]
Verificación de tensión de banda	✓	
Verificación de movimiento manual para escuchar si existe rozamiento entre elementos móviles	✓	
Verificación de sujeción de tuerca de plato rotativo móvil	✓	
Verificación de ajuste de pernos de ensamblaje de componentes	✓	
Verificación que no existan cables eléctricos no aislados	✓	
Verificación de las características eléctricas de la toma eléctrica	✓	V = 220 [V]
Verificar la distancia de apertura de la compuerta de carga, para dosificar la alimentación	✓	La apertura máxima es de 50 mm

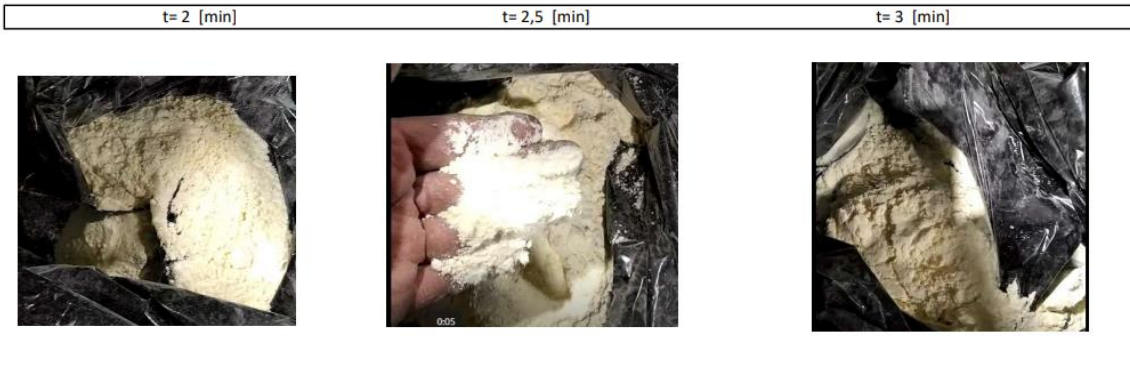
TOMA DE DATOS (MÁQUINA CONECTADA Y ENCENDIDA)		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Verificación de sentido de giro del disco rotatorio	✓	Antihorario
Intensidad de corriente eléctrica del motor en arranque	✓	47 [A]
Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (sin producto)	✓	9,7 [A]
Verificar del movimiento de las partes de la máquina previa a la carga	✓	

Verificación del número de rpm de la polea del motor	✓	1784 [rpm]
Verificar el número de rpm de la polea conducida	✓	3556 [rpm]

FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN) PARA OBTENER MAIZ PARTIDO - SIN TAMIZ		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Material a moler	Maíz	
Volumen de material a moler	2 litros	
Verificación de ajuste perilla de compuerta para regular flujo de entrada	✓	
Retiro de tamiz	✓	
Verificar apriete de perilla de apriete de compuerta	✓	
Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (mientras se muele)	✓	8,52 [A]
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	Apertura compuerta de dosif. 3 [cm]	T1= 1:13.65 [min:seg] 1:13.70 [min:seg] [min:seg] T2= T3=1:14.25
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	Apertura compuerta de dosif. 4 [cm]	T1= 35,63 [seg] 35,26 [seg] [seg] T2= T3=35,90
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	Apertura compuerta de dosif. 5 [cm]	T1= 29,33 [seg] 30,15 [seg] [seg] T2= T3=29,60
Fotografías de resultado de la molienda		
Apertura 3 [cm]	Apertura 4 [cm]	Apertura 5 [cm]



FUNCIONAMIENTO (MÁQUINA EN OPERACIÓN) PARA OBTENER HARINA DE MAIZ CON TAMIZ		
ASPECTO DE INSPECCIÓN	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Material a moler	Maíz	
Volumen de material a moler	2 litros	
Verificación de ajuste perilla de compuerta para regular flujo de entrada	✓	
Colocar el tamiz	✓	
Verificar apriete de perilla de apriete de compuerta	✓	
Intensidad de corriente eléctrica del motor en vacío (mientras se muele)	✓	8,52 [A]
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	t= 2 [min]	con apertura 5 [cm] se muele 1/4 del maíz, el restante se mantiene en la camara para continuar moliendose.
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	t= 2,5 [min]	con apertura 5 [cm] se muele 1/3 del maíz, el restante se mantiene en la camara para continuar moliendose.
Medición del tiempo de molienda hasta que la bandeja llegue a su estado mínimo	t= 3 [min]	con apertura 5 [cm] se muele 1/2 del maíz, el restante se mantiene en la camara para continuar moliendose.
Fotografías de resultado de la molienda		



ANEXO III. Ácido decapante



GEL DECAPANTE



Removedor de óxidos en superficies de acero inoxidable.

Gel decapante
1200g
Cód. 80893 982

Neutralizante (pasivante) y decapante.

Remueve la suciedad y el óxido que se generan luego de una soldadura o mecanizado, generado por el calor en ambas situaciones.

Práctica y fácil aplicación.

No escurre gracias a su consistencia en gel, puede ser aplicado en lugares verticales.

Regenera la tonalidad natural de las piezas.

Por su alto rendimiento es un producto económico.

Modo de uso:

- Limpie la superficie retirando los residuos de soldadura con un cepillo metálico.
- Limpie también la superficie de grasas o aceites.
- Aplique el producto con un pincel en el área a decapar.
- Espere por lo menos 40 min. y lave con cuidado el área con un chorro de agua corriente.

- En caso de que sea necesario, ayude la remoción con una esponja o cepillo metálico.
- Protege el material a soldar y el canal del soldador de las perlas de soldadura.

Aplicaciones:

- Superficies de acero inoxidable.

Datos Técnicos	
Estado	Gel
Color	Blanco translúcido
Olor	Característico
PH	0,5 - 1,5
Densidad a 20°C	1,2g/cm ³
Solubilidad	Soluble en agua

Productos relacionados:

-Spray antiadherente para MIG
Cód. 90893 102 100

-Discos flap Master
Cód. 90578 3...

-Spray de acero inoxidable
Cód. 90893 114 116

ANEXO IV. Plano de ensamblaje del molino de pines

