



Apizaco, Tlaxcala, 02/septiembre/2024.

Oficio No. MM/563/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

CÉSAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

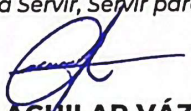
Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

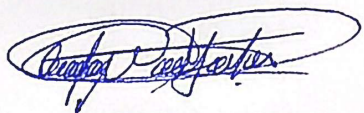
Alumno (a):	ANDRÉS FLORES CORONA
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
No. De Control:	18371453
Nombre del Proyecto:	"ALIMENTADORA DE MATERIAL EN MÁQUINA DE INYECCIÓN PARA FABRICACIÓN DE BOTAS".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar




JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA



CARLOS ALBERTO MORA SANTOS
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.

JAV*petry.



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAQUEHUACAN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN Y DEPORTE
D.F. MEXICO



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 24/enero/2025

FLORES CORONA ANDRÉS.
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA.
CON NÚMERO DE CONTROL 18371453.
PRESENTE.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL cuyo tema es: ALIMENTADORA DE MATERIAL EN MÁQUINA DE INYECCIÓN PARA FABRICACIÓN DE BOTAS conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepcion Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
ijss/aehs



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
(241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | tecnm.mx |



Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme bendecido con una familia maravillosa que ha estado a mi lado incondicionalmente, tanto en los momentos de alegría como en los de dificultad. Ellos han creído en mí y han sido un ejemplo constante de superación, humildad y sacrificio. Gracias a su amor y apoyo, he aprendido a valorar profundamente todo lo que tengo y a nunca rendirme ante los desafíos.

Dedico este logro de manera especial a mis padres, Clementina Corona Pérez y Andrés Flores Vázquez. Su respaldo incondicional, tanto en el ámbito económico como en los momentos en que necesitaba consejo, ha sido fundamental en mi camino. Han estado a mi lado en cada paso, guiándome con sabiduría y alentándome a tomar decisiones que me han permitido crecer como persona.

A mis queridas hermanas, Deisy Montiel Corona y Lisbeth Flores Corona, les agradezco enormemente por su apoyo constante a lo largo de este reto. Sus palabras de aliento y los consejos que me brindaron en los momentos difíciles han sido una luz en mi camino. Cada experiencia compartida ha fortalecido nuestro lazo y me ha motivado a esforzarme aún más, con el deseo de poder retribuirles en lo que necesiten.

No puedo dejar de mencionar al Dr. Carlos Alberto Mora Santos, cuya guía y conocimientos han sido esenciales para el desarrollo de este proyecto. Su dedicación y pasión por la enseñanza han inspirado en mí un deseo constante de aprender y mejorar. Gracias a él, he podido aplicar lo aprendido de manera efectiva y significativa.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos aquellos que han sido parte de este viaje. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada momento compartido han contribuido a que este logro sea posible. Estoy emocionado por lo que viene y espero seguir creciendo y aprendiendo, siempre con la intención de hacer del mundo un lugar mejor para los que me rodean.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
Índice de Figuras	6
Capítulo 1. Generalidades del proyecto.	8
1.1 Introduucción	8
1.2 Justificación	10
Objetivos Específicos	10
Metodología	12
Resultados Esperados	12
1.4 Alcances y limitaciones	13
Capítulo 2. Descripción del proyecto	14
2.1 Descripción y justificación del proyecto	14
Fases del Proyecto	14
Justificación de la Investigación	15
2.2 Características del área en la que participó	16
SHARKEA S.A. de C.V.	16
Misión	16
Visión	16
Información de Contacto	16
Valores Corporativos	17
Compromiso con la Seguridad	17
Capítulo 3. Marco teórico	18
3.1 Tipos de flujo	18
3.2 Tipos de tolvas	20
3.2.1 Tolva de día	20
3.2.2 Tolva buffer/ tolva tipo pulmón	21
3.2.3 Tolvas de gruesos	21
3.2.4 Las tolvas de finos	22
3.4 Transporte de sólidos.	24

Capítulo 4. Desarrollo del proyecto	27
4.1 Introducción	27
4.2 Consideraciones para el diseño de la tolva.	27
4.2.1 El área de la máquina y localización.	28
4.2.2 Material que transportará de la tolva a la máquina de inyección.	29
4.2.3 Selección de tipo de tolva y tipo de flujo.	32
4.2.4 Angulo de la tolva y propiedades del material.	34
4.2.5 Capacidad de almacenamiento.	36
4.2.6 Cálculo del mecanismo.	40
Cálculo de la Longitud del Mecanismo	42
4.2.7 Diseño estructural del mecanismo.	45
Capítulo 5. Resultados del proyecto.	49
Bibliografía	51
Anexo I	52
Anexo II	53
Anexo III	54
Acciones Preventivas	56

Índice de Figuras

Fig.- 1Tipos de flujo	19
Fig.- 2 Transportador helicoidales, tornillo sin fin.	24
Fig.- 3 Fabricación de tornillo sin fin.	25
Fig.- 4 Maquina inyectora.	28
Fig.- 5 PVC flexibles granulado de color negro.	30
Fig.- 6 Botas industriales.	31
Fig.- 7 Silo cuadrado con tolva piramidal.	32
Fig.- 8 Angulo de reposo.	33
Fig.- 9 División de volúmenes.	35
Fig.- 10 Laminado de la tolva.	37
Fig.- 11 Ensamble de laminado de tolva.	37
Fig.- 12 Chapa metálica de la tolva en 3D.	38
Fig.- 13 Chapa metálica de la tolva en físico.	38
Fig.- 14 Representación radial.	39
Fig.- 15 Transportador helicoidal.	42
Fig.- 16 Transportador helicoidal con tubo.	43
Fig.- 17 Transportador helicoidal con tubo en físico.	44
Fig.- 18 Diseño estructural de la tolva.	46
Fig.- 19 Diseño estructural de la tolva en físico.	47
Fig.- 20 Tolva con mecanismo helicoidal.	47
Fig.- 21 Tolva con mecanismo helicoidal instalada.	48

Índice de tablas

Tabla 1 Cantidad de muestra necesaria.	23
Tabla 2 Propiedades del material.	35
Tabla 3 Angulo de reposo.	54

Capítulo 1. Generalidades del proyecto.

1.1 Introducción

La maquinaria industrial es un pilar esencial en el proceso de producción contemporáneo, no solo actuando como motor de eficiencia, sino también representando un punto crítico donde pueden surgir pérdidas significativas. En un entorno global cada vez más competitivo, la selección adecuada de maquinaria y su mantenimiento son factores determinantes para el éxito empresarial. Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo una renovación constante de equipos y realizar un mantenimiento riguroso. Estas acciones no solo optimizan los procesos productivos, sino que también influyen directamente en la posición y la competitividad de la empresa en el mercado.

Desde la Revolución Industrial, la evolución de las máquinas ha sido notable, reflejando la continua adaptación a los avances tecnológicos. En la actualidad, las empresas se inclinan por maquinaria industrial avanzada para acelerar la producción y maximizar sus ganancias. Este enfoque ha llevado a una drástica reducción de trabajos manuales, ya que la automatización se ha convertido en una herramienta clave. Aunque este cambio puede desplazar ciertos puestos de trabajo, también ha permitido un incremento significativo en la productividad y una mejora en la calidad de los productos. La maquinaria moderna se posiciona, así, como un pilar fundamental no solo en la producción, sino también en el crecimiento económico y humano a nivel global.

El panorama de la maquinaria industrial es vasto y diverso, y refleja tanto los avances tecnológicos como la historia del progreso industrial. La capacidad de maximizar la vida útil de la maquinaria mediante la incorporación de nuevas tecnologías y metodologías es crucial (Masías, et al-2022). Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también se traduce en una reducción de costos y un aumento en la sostenibilidad de los procesos productivos.

Este proyecto se propone diseñar y modelar en 3D un sistema de maquinaria alimentadora, basándose en cálculos y medidas proporcionadas por la empresa, así como en normativas de seguridad preestablecidas. A través de un enfoque detallado y sistemático, se desarrollará un diagrama de control que permitirá optimizar su operación. Este diagrama no solo facilitará el seguimiento y la gestión de la máquina, sino que también garantizará un rendimiento eficiente y seguro en el proceso de producción. Al concluir este proyecto, se espera no solo mejorar la efectividad de la operación de la maquinaria alimentadora, sino también contribuir de manera significativa a la sostenibilidad y competitividad de la empresa en el sector industrial.

La importancia de la maquinaria industrial se extiende a una amplia variedad de sectores, cada uno de los cuales se beneficia de las innovaciones tecnológicas que estas herramientas proporcionan. En la industria manufacturera, por ejemplo, la maquinaria automatizada permite la producción en masa con altos estándares de calidad y eficiencia,

reduciendo significativamente el tiempo de fabricación y los costos operativos. En el sector alimentario, las máquinas desempeñan un papel crucial en el procesamiento y envasado, garantizando que los productos cumplan con las normativas de seguridad y calidad. En la construcción, la maquinaria pesada facilita el movimiento de grandes volúmenes de material, lo que acelera los proyectos y mejora la seguridad en el sitio de trabajo.

En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un diseño y modelado en 3D de un sistema de maquinaria alimentadora, vital para asegurar un flujo constante y eficiente de materiales a lo largo de la línea de producción. Este diseño se basará en cálculos precisos y medidas presupuestadas proporcionadas por la empresa, lo que garantizará que la maquinaria no solo cumpla con las expectativas operativas, sino que también se ajuste a los límites financieros establecidos.

Además, se tendrá en cuenta la aplicación de normas preestablecidas en el diseño, lo que permitirá ofrecer la mayor seguridad posible al personal que operará la maquinaria. Esto implica la inclusión de elementos de seguridad como dispositivos de parada de emergencia, sistemas de resguardo y señalización clara. La implementación de estas medidas no solo minimiza los riesgos de accidentes, sino que también fomenta un entorno laboral más seguro y eficiente, aumentando la confianza del personal en el equipo que utiliza.

Complementando el diseño físico, se desarrollará un diagrama de control que permitirá gestionar y optimizar el funcionamiento de la máquina alimentadora. Este diagrama incluirá componentes clave como sensores para monitorear el flujo de materiales, actuadores para ajustar la velocidad de alimentación y sistemas de retroalimentación que proporcionen datos en tiempo real. Gracias a este enfoque, se buscará no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también facilitar la toma de decisiones informadas, asegurando que el sistema se ajuste dinámicamente a las condiciones de producción.

Al finalizar este proyecto, se espera entregar una solución integral que no solo mejore la eficacia de la maquinaria alimentadora, sino que también contribuya al bienestar del personal y a la sostenibilidad de las operaciones industriales. A través de la optimización de procesos y la incorporación de tecnología avanzada, se pretende fortalecer la competitividad de la empresa en un entorno industrial en constante evolución.

1.2 Justificación

En la empresa TRUPER en el área de botas planta 6 se lleva a cabo la alimentación de la máquina 48 inyectora de caucho granulado, el proceso se realiza de forma manual, primero el materialista tiene que tomar el material del contenedor con un bote, levanta el bote a la altura de sus hombros para llevarlo hasta la plataforma, generando desgaste físico de igual manera poniéndose en riesgo ya que si no sube lo suficiente el bote le podría caer directamente a su cara. Esta actividad la realiza con 5 botes diferentes, posteriormente sube las escaleras toma cada uno de los botes y los vacía en la tolva de la máquina de inyección, en esta parte el riesgo aumenta ya que la máquina de inyección es rotativa y las escaleras no cuentan con la protección adecuada en la parte superior donde se realiza el vaciado de los botes, cualquier caída en este punto sería fatal. El tiempo aproximado para el llenado de la máquina es de 15 minutos sin contar los tiempos muertos que se generan durante este proceso.

De acuerdo con la NOM-036-1-STPS-2018, En la cual establece los elementos para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo derivados del manejo manual de cargas, a efecto de prevenir alteraciones a la salud de los trabajadores, en base a esta se concluye que la forma que los materialistas del área realizan el llenado de las tolvas de forma manual es riesgoso de ahí surge la importancia de generar este proyecto ya que lo más importante es evitar los accidentes que puedan sufrir el personal, disminuir el tiempo de llenado y reducir al máximo los tiempos muertos.

1.3 Objetivos: generales y específicos

Objetivo General

Desarrollar una máquina alimentadora de caucho granulado para una máquina de inyección dedicada a la fabricación de botas, mediante la investigación y análisis de diferentes mecanismos de diseño que optimicen la eficiencia del proceso, reduzcan los riesgos de accidentes laborales y disminuyan los tiempos de operación.

Objetivos Específicos

- **Investigación de Mecanismos:** Realizar un estudio comparativo de diferentes mecanismos de alimentación que puedan ser utilizados en la máquina, evaluando sus ventajas y desventajas en el contexto de la inyección de caucho.
- **Diseño Seguro:** Incorporar principios de diseño ergonómico y de seguridad industrial para minimizar los riesgos de accidentes durante la operación de la máquina.
- **Optimización del Proceso:** Implementar tecnologías que mejoren la velocidad y eficiencia de la alimentación del caucho granulado, reduciendo los tiempos de inyección y aumentando la productividad.

- **Prototipado y Pruebas:** Construir un prototipo funcional de la máquina alimentadora y realizar pruebas para validar su desempeño, asegurando que cumple con los requisitos técnicos y de seguridad establecidos.
- **Documentación y Capacitación:** Elaborar un manual de usuario y proporcionar capacitación al personal sobre el uso seguro y eficiente de la máquina alimentadora desarrollada.

Conocer el proceso de llenado.

Actividades:

- Realizar inspecciones visuales del proceso actual.
- Medir tiempos de operación durante el llenado.
- Identificar y medir tiempos muertos.
- Entrevistar a operarios para recoger datos sobre el proceso.
- Establecer parámetros de llenado óptimos.

Seleccionar la tolva adecuada.

Actividades:

- Investigar los tipos de tolvas disponibles en el mercado.
- Analizar los diferentes tipos de flujo (gravitacional, forzado, etc.).
- Investigar mecanismos de transporte de material desde la tolva hasta la máquina de inyección.
- Seleccionar las opciones más adecuadas en función de los requerimientos del diseño.

Aplicar normas de seguridad.

Actividades:

- Investigar normas internacionales aplicables (ISO).
- Analizar normas nacionales relevantes (NOM, NMX) para asegurar cumplimiento.

Diseñar la máquina.

Actividades:

- Calcular las dimensiones de la tolva en función del volumen y tipo de material.
- Seleccionar perfiles estructurales adecuados para soportar el peso total del sistema.
- Calcular la distancia desde la salida de la tolva hasta la toma de alimentación de la máquina de inyección.

- Realizar un modelo en 3D utilizando SolidWorks.
- Ajustar y corregir dimensiones para asegurar compatibilidad entre la tolva y el mecanismo de transporte.
- Realizar simulaciones para validar el diseño.
- Llevar a cabo un análisis estructural para evaluar la resistencia del diseño.

Construir físicamente la máquina.

Actividades:

- Seleccionar materiales apropiados para la construcción.
- Cortar y soldar las partes de la tolva.
- Seleccionar perfiles estructurales.
- Desarrollar el mecanismo de transporte de material.
- Integrar el mecanismo con la salida de la tolva.
- Seleccionar un motor adecuado para accionar el mecanismo.
- Diseñar un sistema de control para operar la máquina eficientemente.

Metodología

1. **Revisión Bibliográfica:** Investigar sobre los diferentes tipos de alimentadores utilizados en la industria del caucho y su impacto en la producción.
2. **Análisis de Diseño:** Evaluar criterios de diseño que prioricen la seguridad y la eficiencia, utilizando software de simulación para prever el comportamiento del mecanismo.
3. **Desarrollo del Prototipo:** Utilizar técnicas de ingeniería inversa y fabricación digital para crear un prototipo que se ajuste a las especificaciones deseadas.
4. **Pruebas de Funcionamiento:** Realizar ensayos controlados para analizar el rendimiento del prototipo, identificando áreas de mejora y ajustando el diseño según sea necesario.
5. **Implementación:** Integrar la máquina alimentadora en el proceso de producción existente, monitorizando su rendimiento y haciendo ajustes post-implementación para maximizar la eficiencia.

Resultados Esperados

- Una máquina alimentadora de caucho granulado que funcione de manera eficiente, segura y con un diseño optimizado.
- Reducción de los tiempos de operación en el proceso de inyección de botas.
- Disminución de riesgos laborales asociados a la manipulación del caucho granulado.

- Documentación técnica que sirva como referencia para futuras mejoras en el proceso.

Este enfoque integral garantizará que la máquina alimentadora no solo cumpla con las expectativas de producción, sino que también contribuya a un entorno de trabajo más seguro.

1.4 Alcances y limitaciones

Alcances:

- **Comprensión del proceso de llenado de la máquina de inyección:** Se llevará a cabo un análisis detallado del procedimiento de llenado, abarcando desde la preparación de materiales hasta el ciclo completo de inyección, con el fin de optimizar cada etapa del proceso.
- **Cálculo de medidas para la construcción de la máquina:** Se realizarán cálculos exhaustivos para determinar las dimensiones y especificaciones técnicas necesarias, asegurando que la máquina cumpla con los requisitos operativos y de eficiencia establecidos.
- **Desarrollo de un diseño en 3D:** Se creará un modelo tridimensional de la máquina utilizando software especializado, permitiendo visualizar su funcionamiento y facilitar la identificación de posibles mejoras antes de la fabricación.
- **Fabricación física de la máquina:** Se procederá con la construcción de la máquina en un entorno controlado, siguiendo estrictamente las especificaciones del diseño y utilizando materiales de alta calidad para garantizar su durabilidad y rendimiento.
- **Garantía de seguridad para el personal:** Se implementarán protocolos de seguridad rigurosos durante el proceso de fabricación y operación de la máquina, con el objetivo de minimizar riesgos y proteger la integridad de todos los trabajadores involucrados.
- **Satisfacción del 100% de la demanda de material:** La máquina será diseñada y construida con la capacidad necesaria para cubrir completamente la demanda de producción de la empresa, asegurando un flujo continuo y eficiente de materiales.

Limitaciones:

- **Espacio disponible limitado:** La máquina deberá ser diseñada considerando las restricciones espaciales del área asignada, lo que puede afectar algunas características y dimensiones de la misma.
- **Uso exclusivo para SHARKEA S.A. de C.V.:** La máquina que se desarrolle estará destinada únicamente a los fines específicos que determine la empresa, lo que podría limitar su versatilidad y aplicación en otros contextos.
- **Riesgo de errores en el diseño:** Existe la posibilidad de que el diseño inicial presente fallas debido a medidas incorrectas, escalas inapropiadas, o una gestión

ineficiente del tiempo y la capacidad, lo que podría afectar el rendimiento final de la máquina. Por ello, se establecerán revisiones periódicas y validaciones durante el proceso de diseño y fabricación.

Capítulo 2. Descripción del proyecto

2.1 Descripción y justificación del proyecto

Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de una máquina alimentadora de caucho granulado, destinada a suministrar material a una máquina de inyección que produce botas en Truper CDG Jilotepec, ubicada en Jilotepec - San Agustín, 54240 Jilotepec de Molina Enríquez, México.

Limitaciones de Espacio: El área disponible para la instalación de la máquina alimentadora es de 1.20 x 1.20 m. Este espacio es reducido, ya que está rodeado de diversas máquinas que fabrican otros productos, ocupando personal en sus alrededores y requiriendo el uso de montacargas para el transporte de materiales y productos terminados.

Fases del Proyecto

1. Investigación y Selección de Componentes:

- **Tipo de Tolva:** Se llevará a cabo una investigación para determinar el tipo de tolva más adecuada para el caucho granulado. Consideraciones incluirán la capacidad de almacenamiento, el tipo de flujo (gravitacional, vibracional, etc.), y el impacto en el espacio disponible.
- **Mecanismo de Elevación:** Se explorarán diferentes mecanismos, como tornillos sinfín, elevadores de cangilones o bandas transportadoras, para transportar el material desde la tolva hasta la máquina de inyección. La selección se basará en eficiencia, costo y espacio requerido.

2. Cumplimiento de Normativas de Seguridad:

- Se adoptarán medidas conforme a la **Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-004-STPS-2020**, que establece las condiciones de seguridad para maquinaria y equipo en centros de trabajo. Esta norma busca prevenir riesgos laborales y garantizar la seguridad de los operarios y las instalaciones.
- Se implementarán dispositivos de protección en la máquina alimentadora, como resguardos y paradas de emergencia, para mitigar riesgos durante su operación.

3. Diseño Técnico:

- **Cálculos Estructurales:** Se realizarán cálculos para dimensionar la tolva y la estructura de soporte, considerando el peso del material y las cargas dinámicas durante la operación.

- **Simulación en SolidWorks:** Se modelará la máquina en SolidWorks, permitiendo evaluar la interacción entre los componentes y realizar ajustes antes de la construcción. La simulación incluirá análisis de flujo y comportamiento estructural.
 - **Método de Transporte:** Se diseñará un método práctico para el transporte del material desde la salida de la tolva hasta la máquina de inyección, evaluando el ángulo de inclinación y el tipo de mecanismo para asegurar un flujo continuo.
4. **Construcción y Validación del Proyecto:**
- Una vez completados los diseños y cálculos, se procederá a la fabricación de la máquina. Esto incluirá la selección de materiales, corte, soldadura y ensamblaje de componentes.
 - **Análisis de Cargas:** Se llevará a cabo un análisis de cargas en la estructura final para garantizar que soporta las condiciones operativas sin fallas.
 - Finalmente, se presentará el proyecto a Truper CDG Jilotepec, asegurando que cumple con los requisitos establecidos y ofreciendo una solución segura y eficiente para el suministro de material.

Justificación de la Investigación

La investigación sobre tolvas y mecanismos de transporte es fundamental para determinar la mejor solución que se adapte a las limitaciones de espacio y a las necesidades de producción. Cada tipo de tolva y mecanismo presenta distintas capacidades y ángulos de operación, lo que impacta directamente en la eficiencia del sistema y en la seguridad del personal. La elección correcta optimiza el espacio disponible y mejora la productividad del proceso de inyección de botas.

2.2 Características del área en la que participó

SHARKEA S.A. de C.V.

Objetivo General: SHARKEA S.A. de C.V. Se dedica a garantizar la producción eficiente en cualquier proceso industrial, asegurando la calidad de los productos y manteniendo un correcto funcionamiento de los equipos. Su enfoque se centra en prolongar la vida útil de los equipos mediante un mantenimiento preventivo y correctivo efectivo, al mismo tiempo que se prioriza la seguridad de su personal.

Misión

Compromiso con la Excelencia: La misión de SHARKEA es posicionarse como una de las mejores empresas en el ámbito de mantenimiento, construcción y servicios industriales a nivel nacional. Esto se logra a través de:

- **Calidad en el servicio:** Implementando estándares de calidad que superen las expectativas del cliente.
- **Capacitación Continua:** Invirtiendo en la formación del personal para asegurar un servicio experto y competente.
- **Innovación y Tecnología:** Utilizando tecnologías avanzadas para optimizar procesos y garantizar la eficiencia operativa.

Visión

Crecimiento y Reconocimiento: La visión de SHARKEA es convertirse en una compañía de ingeniería e instalaciones industriales reconocida por su crecimiento rentable y sostenido. Se busca ser un referente en el sector por:

- **Profesionalismo:** Realizando trabajos con un alto grado de profesionalismo que garanticen la satisfacción del cliente.
- **Calidad y Seguridad:** Ofreciendo servicios que no solo cumplen con las normativas de calidad, sino que también priorizan la seguridad en todos los procesos.
- **Valor Agregado:** Proporcionando soluciones de alto valor agregado que respondan de manera inmediata a las necesidades y exigencias de los clientes, fomentando relaciones duraderas.

Información de Contacto

- **RFC:** SHA190121128
- **Ubicación:** Camino vecinal N° 3, Col. Venustiano Carranza, San Cosme Xaloztoc, Tlaxcala, 90460

- **Teléfono:** 241 413 0864

Valores Corporativos

1. **Integridad:** Compromiso con la transparencia y honestidad en todas las operaciones.
2. **Trabajo en Equipo:** Fomentar un ambiente colaborativo donde cada miembro del equipo contribuya al éxito colectivo.
3. **Responsabilidad Social:** Compromiso con prácticas sostenibles y el bienestar de la comunidad.
4. **Orientación al cliente:** Colocar las necesidades del cliente en el centro de todas las decisiones y acciones.

Compromiso con la Seguridad

SHARKEA se enfoca en crear un entorno de trabajo seguro mediante la implementación de protocolos de seguridad, capacitación en manejo de equipos y evaluación continua de riesgos, asegurando que cada empleado pueda desempeñar sus funciones sin comprometer su integridad.

Capítulo 3. Marco teórico

En el sector industrial es común el uso de tolvas, su uso es sumamente flexible ya que abarca áreas industriales muy diferentes entre sí y a pesar de ello el público en general no está completamente familiarizado con el término tolva. Se entiende como Tolva a un dispositivo, comúnmente de gran tamaño, utilizado para el manejo, canalización, depósito o distribución de materiales según el sector industrial.

La manera comercial más común de encontrar este dispositivo es con forma de cono invertido con una compuerta o apertura inferior para la descarga del material usado, y teniendo un funcionamiento de tipo embudo, y según el tipo de tolva que se use, se pueden moler, disolver, almacenar o incluso clasificar materiales, además que dependiendo la finalidad del proceso puede variar el modelo de la tolva cambiando el tipo de flujo, o la forma de construcción.

Para hacer un poco de historia, hay que remontarse a 1927, cuando se inicia la actividad en la ciudad de Colón con la instalación del primer taller a cargo de Don Andrés Cestari, nacido en Treviso, Italia en 1891. En 1962, la empresa queda a cargo de su hijo, Don Nino Cestari, quien marcó un cambio fundamental en la empresa al iniciar la fabricación de acoplados tolva y le imprime la denominación Industrias Metalúrgicas Cestari que sigue hasta el presente. En los años 70 se incorpora su hijo Néstor, que hoy también es presidente de la Cámara Argentina Fabricantes de Maquinaria Agrícola.

Las industrias donde son más usadas las tolvas, (el más común o el principal donde se considera como una maquinaria esencial) es el sector agrícola donde es indispensable para la fertilización y el sembrado agrícola, y por consecuencia es el mercado donde hay una demanda muy alta. En planos secundarios se usa también dentro de la industria del plástico, donde se puede llevar a cabo procesos de transformación del producto, debido a los usos específicos con los que se pueden elaborar estos dispositivos, y en menor medida, así como existe demanda de estos en el sector aceitero o en los trabajos portuarios.

3.1 Tipos de flujo

Flujo tubular

Este tipo de manejo de materiales se fundamenta en la formación de un canal de flujo, que se alinea cuidadosamente con la boca de salida del producto. Este canal está rodeado por una zona en la que el material permanece inicialmente estático durante el proceso de descarga. En el caso de materiales poco cohesivos, la parte superior, adyacente a las paredes de la tolva, se despega gradualmente y cae al canal central, facilitando una descarga más fluida. Sin embargo, si el material presenta alta cohesividad, el vaciado

puede llegar a detenerse por completo, generando un canal central que se encuentra rodeado de material estático, lo que complica aún más la operación.

Entre las desventajas de este sistema de flujo, se destaca que el material no se mueve de manera uniforme, lo que provoca variaciones en el caudal y la densidad del flujo a lo largo de la operación. Esta falta de uniformidad puede llevar a situaciones en las que, incluso tras un vaciado completo, se queden residuos de material en el interior que no se han desplazado, creando lo que se conoce como zonas muertas. Estas zonas muertas no solo afectan la eficiencia del proceso, sino que también pueden resultar en un producto inservible, ya que las propiedades del material pueden cambiar con el paso del tiempo debido a factores como la humedad o la presión ejercida sobre ellos.

A pesar de estas desventajas, una de las pocas ventajas de este principio de funcionamiento es que las paredes del dispositivo experimentan un menor desgaste. Dado que el rozamiento durante las descargas es mínimo, esto implica que las paredes deben soportar menos presión. Esta reducción en la presión también significa que se requiere una menor cantidad de material para la construcción de la tolva, lo que puede traducirse en ahorros significativos en los costos de fabricación y mantenimiento.

Aunque el manejo de materiales mediante este sistema de flujo presenta ciertas limitaciones, también ofrece beneficios que pueden ser aprovechados si se gestionan adecuadamente. Comprender las características de los materiales y el diseño del sistema es fundamental para optimizar su rendimiento y minimizar los problemas asociados.

Flujo másico

El flujo másico se caracteriza por la movilidad uniforme de todo el material durante el proceso de descarga. En este sistema, el material adherido a las paredes de la tolva se desliza simultáneamente, vaciándose junto con el resto del producto. Desde el inicio de la tarea de vaciado, ningún aglomerado de material permanece en su posición original; todos los componentes se mueven de manera coordinada. Este comportamiento asegura que el material que primero ingresa a la tolva sea también el primero en salir, lo que contribuye a mantener un tiempo de residencia o almacenamiento constante del producto dentro de los contenedores.

Entre las principales ventajas del flujo másico, destaca que el vaciado nunca se detiene debido a la formación de canales, lo que es común en otros tipos de flujo. Dado que todo el material se desplaza al mismo tiempo, el caudal y la densidad de la descarga permanecen constantes a lo largo del proceso. Esta uniformidad es crucial para garantizar un suministro continuo y predecible del material, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa.

Otra ventaja significativa del flujo másico es la eliminación de problemas de segregación. El movimiento constante de la carga favorece una mayor homogeneidad en el producto

que se descarga. Esto evita que se acumulen materiales rezagados durante largos períodos, lo que podría afectar la calidad del producto final. Al reducir la segregación, se optimiza el aprovechamiento del material, lo que resulta en una producción más eficiente y sostenible.

A pesar de las numerosas ventajas que ofrece el flujo másico, es importante considerar que cada tipo de flujo tiene su lugar y puede ser el más adecuado para distintos procesos y aplicaciones. La elección del sistema de flujo ideal dependerá de las características específicas de los materiales a manejar, así como de los requisitos del proceso productivo. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis exhaustivo para determinar el tipo de flujo más apropiado para cada situación.

El flujo másico no solo mejora la eficiencia y la homogeneidad en la descarga de materiales, sino que también contribuye a la optimización de los procesos industriales. Su capacidad para mantener la continuidad y la uniformidad del flujo lo convierte en una opción valiosa en una amplia variedad de aplicaciones.

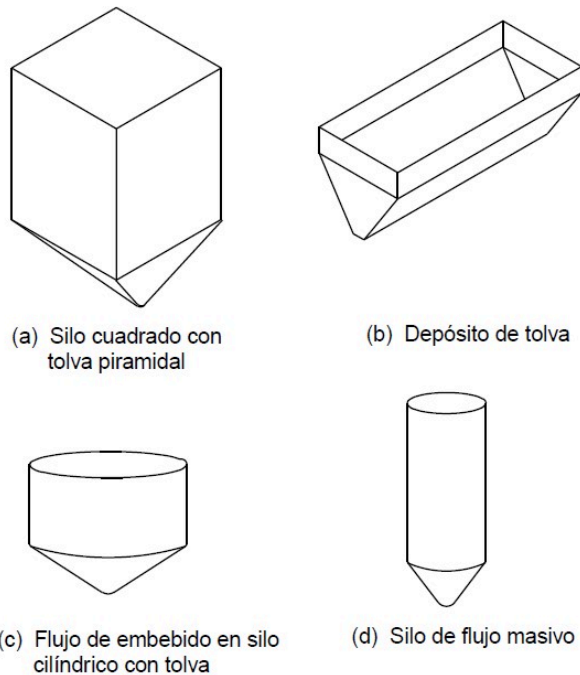


Fig.- 1 Tipos de flujo

3.2 Tipos de tolvas

3.2.1 Tolva de día

La fabricación de este tipo de tolvas es flexible y puede realizarse en materiales como acero al carbón, acero inoxidable y aluminio. El diseño del cono de descarga se adapta a diversas necesidades, con inclinaciones específicas: 45° para materiales pelletizados, 60° para polvos, y 70° para materiales recuperados. Además, la descarga puede ser elevada, lo que facilita el llenado de cajas, gaylords y otros recipientes.

Capacidades

Las capacidades de estas tolvas son variadas, oscilando desde 1,800 kilogramos hasta 5,000 kilogramos o más, dependiendo del espacio disponible para su instalación en el proceso.

Ventajas de Uso

Este tipo de tolva se utiliza diariamente como un punto de distribución eficiente, conectando diferentes silos de almacenamiento o actuando como intermediario entre el silo y las máquinas del proceso principal. Su diseño es especialmente útil en situaciones donde las distancias de transporte entre máquinas o silos son largas, ya que permite reducir el tiempo de traslado y optimizar el flujo de materiales.

3.2.2 Tolva buffer/ tolva tipo pulmón

La tolva buffer, también conocida como tolva tipo pulmón, cumple la función de recipiente de almacenamiento y dispositivo de alimentación del producto, regulando su flujo mediante diferentes sistemas.

Almacenamiento y Dosificación

Esta tolva almacena el producto en su interior hasta que se requiere para otros procesos, donde se dosifica y maneja en proporciones establecidas. La configuración más común incluye un elevador de cangilones, que recoge el producto en la base de la tolva y lo transporta hasta la zona de descarga, donde se transfiere a la siguiente máquina del proceso para su uso posterior.

Mecanismo de Funcionamiento

En la unión entre el elevador y la tolva, hay una abertura que conecta la banda transportadora del elevador con el producto. Los cangilones (escalones o peldaños del elevador) son responsables de recoger y trasladar el material a lo largo de la banda, depositándolo en la zona de descarga, que comúnmente se encuentra en la parte superior de la tolva.

3.2.3 Tolvas de gruesos

Las tolvas de gruesos son depósitos diseñados para almacenar el mineral bruto que proviene de la cantera, con el objetivo de alimentar de manera regular las chancadoras. Estas tolvas suelen estar construidas en concreto armado y tienen una forma cuadrada que culmina en un cono piramidal.

Características Constructivas

En la parte superior, las tolvas de gruesos están equipadas con una parrilla rústica construida de rieles, que permite la recepción del mineral procedente de la mina. Esta estructura es fundamental para filtrar el mineral, asegurando que sólo el material adecuado ingrese a la tolva.

Capacidad y Consideraciones

La capacidad de estas tolvas varía principalmente según las características del mineral, como la humedad y la granulometría. Las parrillas en la parte superior evitan el paso de fragmentos grandes, minimizando así problemas en el alimentador de la faja transportadora y en la chancadora primaria.

3.2.4 Las tolvas de finos

Las tolvas de finos son depósitos diseñados para almacenar mineral fino, que ya ha sido chancado, y abastecer a procesos subsiguientes de manera regular. Estas tolvas desempeñan un papel crucial en la eficiencia del flujo de materiales en la planta.

Importancia de las Tolvas de Finos

Las tolvas de finos son importantes por varias razones:

- **Alimentación Constante:** Aseguran un suministro continuo y constante al siguiente proceso, lo que contribuye a la eficiencia operativa.
- **Prevención de Obstrucciones:** Es esencial no llenar la tolva por completo, ya que esto puede provocar obstrucciones que interrumpan el flujo del material y afecten el rendimiento del sistema.

3.3 Inclinación del fondo de tolvas

El ángulo mínimo de inclinación de una tolva depende de varios factores clave, entre los cuales se destacan:

- **Granulometría del mineral:** La distribución del tamaño de las partículas influye directamente en la capacidad de flujo y la estabilidad del material dentro de la tolva.
- **Porcentaje de finos:** La cantidad de partículas finas en el mineral puede afectar la cohesión y el deslizamiento del material, impactando el ángulo de inclinación requerido.
- **Porcentaje de humedad:** La humedad presente en el material también juega un papel crucial, ya que puede alterar las propiedades de flujo y la adherencia del mineral a las paredes de la tolva.

Estos factores son característicos de toda planta concentradora, pero su impacto puede variar en función de las particularidades de cada sección de la misma. Para ilustrar la cantidad de material necesaria y su relación con la granulometría, se proporciona la siguiente tabla, que muestra cómo estos elementos interactúan para determinar el ángulo mínimo de inclinación adecuado.

Tabla 1 Cantidad de muestra necesaria.

Tamaño de partícula (mm)	Gramos de muestra mínimo
16-11.32	40000
11.32-8.00	12500
8.00-5.66	5000
5.66-4.00	3000
4.00-2.00	1000
2.00-1.00	500
1.00-0.50	250
0.50-0.25	100
0.25-menos	50

El ángulo de reposo se determina mediante la formación de un montón con una muestra representativa del material. Para ello, se deja caer la muestra desde una altura específica, asegurándose de no ejercer presión sobre la carga. El ángulo que forma el talud del montón con respecto al suelo representará el ángulo de reposo del material.

Es importante destacar que la inclinación de la tolva debe ser aproximadamente 15 grados mayor que el ángulo de reposo para garantizar que el mineral fluya de manera eficiente.

Esta diferencia en la inclinación asegura un flujo adecuado, evitando problemas como atascos o acumulaciones indeseadas dentro de la tolva.

La relación entre el ángulo de reposo (β) y el ángulo de inclinación de la tolva (α) se puede expresar de la siguiente manera:

$$\beta = \alpha + 15^\circ$$

El ángulo de reposo es el ángulo crítico en el que un mineral sólido comienza a deslizarse. Este ángulo es esencial en el diseño de tolvas y sistemas de manejo de materiales, ya que determina la inclinación mínima necesaria para facilitar un flujo eficiente del mineral. Para garantizar que el material fluya sin obstrucciones, es fundamental que la inclinación de la tolva sea al menos 15 grados mayor que el ángulo de reposo. De esta manera, se evita la formación de atascos y se optimiza la operación del sistema.

3.4 Transporte de sólidos.

Para este proyecto, se utilizará un transportador de tornillo sinfín, un sistema altamente eficaz diseñado para mover materiales a granel en diversas direcciones. Gracias a su diseño óptimo, este tipo de transportador proporciona opciones versátiles para el manejo de materiales, garantizando un transporte confiable y eficiente. Las chutas de carga y descarga controlada que incorpora permiten que los transportadores de tornillo sinfín resuelvan las necesidades de transporte de manera efectiva, incluso en espacios reducidos.

El tornillo sinfín es el componente central encargado de transportar los materiales sólidos depositados en la criba. Este tornillo puede adoptar diferentes formas y configuraciones según una serie de factores, tales como el diámetro, el paso, el material de construcción, el tipo de tracción y otros. Su diseño se define en función de las características de trabajo, considerando aspectos como el caudal, la cantidad de sólido a transportar, la velocidad de transporte, la inclinación del equipo y la naturaleza del material, que puede variar en agresividad. También se tienen en cuenta las dimensiones del canal, lo que permite una adaptación precisa a las necesidades específicas del proceso.

Los transportadores sinfín están equipados con un sistema de limpieza que incluye un cepillo helicoidal, el cual está conectado al sinfín en la zona de tamizado. Este cepillo realiza la función de barrido y limpieza de la malla simultáneamente mientras el tornillo gira y transporta los sólidos (Chirinos, et al-2024). Este diseño se basa en el principio de Arquímedes, lo que permite al equipo transportar el material de manera eficiente mediante una espiral.

Además, los transportadores sinfín ofrecen la posibilidad de operar en diferentes ángulos, siempre y cuando estén diseñados para cumplir con esa función. Esto les confiere una gran flexibilidad, adaptándose a diversos procesos industriales. Se pueden combinar

diversas configuraciones, incluyendo la posición de la tolva de carga, la boca de salida y el grupo de accionamiento, considerando siempre la posición de trabajo más adecuada.

Estos equipos están diseñados para transportar una amplia variedad de materiales, desde residuos orgánicos en el tratamiento de aguas hasta sólidos en múltiples industrias y aplicaciones. Los transportadores de tornillo sinfín se diseñan según las necesidades específicas del usuario, considerando factores como el tipo de material a transportar, la inclinación, el caudal requerido y la velocidad de translación de los materiales. Esta capacidad de personalización asegura que se cumplan de manera óptima todos los requisitos del proceso.



Fig.- 2 Transportador helicoidales, tornillo sin fin.

Los tornillos sin fin son mecanismos empleados para transmitir movimiento entre dos ejes que se encuentran perpendiculares entre sí. En este sistema, el tornillo se ubica en el eje X, mientras que el engranaje se sitúa en el eje Y. Aunque no es el mecanismo más eficiente disponible, su simplicidad y facilidad de mantenimiento lo han mantenido en uso a lo largo del tiempo. Sin embargo, es importante señalar que el rozamiento entre los componentes genera calor, lo que a su vez conlleva una pérdida de energía.

Este tipo de mecanismo también permite reducir la velocidad de los motores en diversas máquinas industriales, adaptándose a las necesidades específicas de producción sin requerir un reductor que ocupe demasiado espacio (Hojas, et al-2009). Su funcionamiento es bastante sencillo, lo que lo convierte en una opción económica con numerosas aplicaciones en diferentes sectores.

Para entender su operación, basta con imaginar un tornillo al que se le ha retirado la cabeza, quedando únicamente la "rosca". Esta rosca está unida a un espárrago que puede girar tanto hacia la derecha como hacia la izquierda. En la parte inferior del tornillo, aunque la disposición puede variar, se encuentra una rueda dentada similar a las que se utilizan

en el interior de los relojes. Esta rueda está "conectada" a la rosca del tornillo sin fin de tal manera que, al girar el tornillo, se transmite el movimiento a la rueda dentada, que a su vez acciona el mecanismo de la máquina en la que está instalado.

Uno de los primeros usos de los tornillos sin fin fue en sistemas diseñados para elevar objetos, especialmente al combinarse con lo que en la industria se conoce como tornillo helicoidal de paso amplio. Este diseño permite que el tornillo gire dentro de una carcasa, lo que facilita el levantamiento de materiales.

Las máquinas equipadas con tornillos helicoidales son esenciales en muchos sectores, particularmente en la agricultura. Por ejemplo, se utilizan para mover granos desde el suelo hasta los remolques, llenar sacos o transferir cereales desde los remolques de los agricultores hasta los silos de almacenamiento. Su versatilidad y eficiencia en el manejo de materiales los convierten en una herramienta indispensable en estas aplicaciones.



Fig.- 3 Fabricación de tornillo sin fin.

Capítulo 4. Desarrollo del proyecto

4.1 Introducción

En este proyecto se llevarán a cabo cálculos estructurales fundamentales, considerando la ubicación de nuestra máquina en el área asignada por la empresa. Es crucial tener en cuenta el tipo de máquina de inyección que se utilizará, así como el material que se suministrará para llevar a cabo el proceso de inyección. Conocer las propiedades del material y la capacidad de almacenamiento de la tolva es esencial para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro.

A partir de estos datos, se calculará el ángulo adecuado para la tolva. Posteriormente, se procederá a realizar una simulación en SolidWorks, donde se desarrollará un diseño en 3D y se llevará a cabo un análisis de resistencia, garantizando que la estructura cumpla con los estándares necesarios.

El siguiente paso consistirá en seleccionar el mecanismo que se utilizará para transferir el material desde la base de la tolva hasta la parte superior de la máquina de inyección número 48. Este proceso incluirá las adaptaciones necesarias para asegurar un acoplamiento efectivo entre ambos sistemas. A continuación, se elegirá la estructura que soportará la tolva, teniendo en cuenta que debe ser lo suficientemente robusta para soportar no solo el peso de la tolva, sino también el del mecanismo de elevación y el material que se transportará. La estructura debe garantizar la seguridad del operario, permitiendo que realice su trabajo sin complicaciones.

Finalmente, se seleccionará el tipo de control que se implementará en el proyecto. Existen diversas opciones disponibles, por lo que se llevará a cabo un análisis exhaustivo para determinar cuál se adapta mejor a las necesidades del sistema y resulta más costeable.

La realización del proyecto se llevará a cabo con la colaboración de un asesor externo, con el objetivo de asegurar que todas las fases del mismo sean eficientes y cumplan con las normativas de seguridad. Esto garantizará un entorno de trabajo seguro y confortable para los operadores, promoviendo así la productividad y el bienestar en el lugar de trabajo.

4.2 Consideraciones para el diseño de la tolva.

Área de la Máquina y Localización: Es fundamental evaluar el espacio disponible para la máquina y la ubicación específica de la tolva. Esta consideración garantizará que el diseño se integre de manera eficiente en el entorno de trabajo, optimizando la operación y facilitando el acceso para mantenimiento y carga.

Material a Transportar: Determinar el tipo de material que se transportará desde la tolva a la máquina de inyección es esencial. Las propiedades del material, como su densidad, granulometría y comportamiento al flujo, influyen en el diseño de la tolva y en la selección del mecanismo de transporte.

Selección del Tipo de Tolva y Tipo de Flujo: Elegir el tipo adecuado de tolva es crucial para el manejo eficaz del material. Esto incluye decidir entre diferentes geometrías y tipos de flujo, como flujo másico o flujo por gravedad, dependiendo de las características del material y los requisitos del proceso.

Ángulo de la Tolva y Propiedades del Material: El ángulo de inclinación de la tolva debe calcularse considerando el ángulo de reposo del material. Esto garantizará un flujo adecuado y evitará problemas de atascos o acumulaciones indeseadas. Las propiedades del material, como su cohesividad y humectación, también son factores determinantes.

Capacidad de Almacenamiento: Es importante calcular la capacidad de almacenamiento de la tolva para asegurar que pueda contener suficiente material para satisfacer las demandas del proceso. Esto implica considerar el volumen del material, así como el tiempo de operación entre cargas.

Selección del Mecanismo: La elección del mecanismo de transporte, como un transportador de tornillo sinfín, es esencial para la eficiencia del sistema. El mecanismo debe adaptarse a las características del material y a las necesidades de la aplicación, garantizando un transporte fluido y continuo.

Estructura: La estructura de la tolva debe ser diseñada para soportar no sólo su propio peso, sino también el peso del material que transporta y las fuerzas generadas por el mecanismo de elevación. La resistencia y estabilidad de la estructura son cruciales para la seguridad operativa.

Control: Finalmente, es necesario seleccionar un sistema de control que se adapte a las necesidades del proyecto. Esto puede incluir sistemas automatizados para monitorear el flujo de material, así como controles manuales que permitan a los operadores gestionar el funcionamiento de la tolva de manera efectiva.

4.2.1 El área de la máquina y localización.

El área disponible para la máquina es de 1.20 x 1.20 m², un espacio designado por la empresa que considera la disposición de varias máquinas circundantes y la presencia de múltiples operadores. Este entorno de trabajo también incluye personal de apoyo y montacargas, que requieren un espacio adicional para maniobrar y operar de manera eficiente.

La máquina que se fabricará se localiza estratégicamente al lado de la máquina de inyección número 48, dedicada a la producción de botas de la marca Truper. La empresa que solicita este proyecto se encuentra en Jilotepec - San Agustín, con la dirección exacta: 54240 Jilotepec de Molina Enríquez, Méx. Esta ubicación es fundamental para asegurar

una integración fluida entre los distintos equipos y procesos, optimizando así la eficiencia operativa en la fabricación.



Fig.- 4 Máquina inyectora.

En la Figura 4 se presenta la máquina de moldeo por inyección rotativa automática, la cual desempeña un papel fundamental en la fabricación de botas industriales elaboradas en plástico de PVC y goma. Este equipo está diseñado para optimizar el proceso de producción, garantizando una alta eficiencia y calidad en cada lote de botas.

La tecnología de moldeo por inyección rotativa permite una distribución uniforme del material, asegurando que cada bota cumpla con los estándares de resistencia y durabilidad requeridos en entornos industriales. Gracias a su diseño automatizado, la máquina no solo aumenta la velocidad de producción, sino que también reduce el riesgo de errores humanos, lo que resulta en un producto final de mayor precisión.

4.2.2 Material que transportará de la tolva a la máquina de inyección.

Los elastómeros termoplásticos, comúnmente conocidos como cauchos termoplásticos, goma o PVC flexible, son una categoría de copolímeros o mezclas físicas de polímeros, que combinan características tanto termoplásticas como elastoméricas. A diferencia de la mayoría de los elastómeros, que son termoestables, los elastómeros termoplásticos se

destacan por su facilidad de procesamiento en la fabricación, lo que los convierte en una opción popular para técnicas como el moldeo por inyección.

Estos materiales logran integrar las ventajas de los cauchos y los plásticos. La principal diferencia entre los elastómeros termoestables y los termoplásticos radica en el grado de entrecruzamiento de sus estructuras. Este entrecruzamiento es un factor crítico que contribuye a la obtención de propiedades elásticas superiores en los elastómeros termoplásticos.

Un material puede clasificarse como elastómero termoplástico si cumple con las siguientes características:

1. **Capacidad de Estiramiento:** Puede ser estirado con alargamientos moderados y, al eliminar la tensión, regresa a su estado original.
2. **Procesabilidad:** Es procesable en forma de colada a altas temperaturas, lo que facilita su moldeo y aplicación en diversas industrias.
3. **Resistencia al Creep:** Presenta una ausencia de deformación plástica significativa bajo carga continua.

En el mercado, se pueden identificar seis tipos principales de elastómeros termoplásticos:

1. **Copolímeros de Bloque Estirénicos**
2. **Mezclas de Poliolefinas**
3. **Aleaciones Elastoméricas**
4. **Poliuretanos Termoplásticos**
5. **Copolíster Termoplástico**
6. **Poliamidas Termoplásticas**

Además, el caucho, goma o PVC flexible pueden estar aditivados con diversas propiedades mejoradas, como protección ultravioleta, ignífugos, espumantes y protecciones químicas, así como formulaciones especiales para sobre inyección. Estas adiciones permiten que los elastómeros termoplásticos se adapten a una amplia variedad de aplicaciones, desde componentes automotrices hasta productos de consumo y soluciones industriales.



Fig.- 5 PVC flexibles granulado de color negro.

El material de plástico PVC en goma granulada es el componente principal utilizado en la fabricación de estas botas. Este tipo de material combina las propiedades del PVC con una estructura granulada, lo que proporciona flexibilidad, durabilidad y resistencia al agua. Una muestra de este material puede ser observada, destacando su textura y características que lo hacen ideal para aplicaciones en calzado, especialmente en entornos donde se requiere protección y comodidad.

La goma granulada de PVC no solo ofrece una excelente resistencia a la abrasión, sino que también es ligera, lo que contribuye al confort durante su uso prolongado. Además, este material es fácil de limpiar y mantener, lo que lo convierte en una opción práctica para diversas aplicaciones, desde actividades al aire libre hasta entornos industriales.



Fig.- 6 Botas industriales.

En la Figura 6 se presentan las botas que se fabricarán, diseñadas específicamente para proteger los pies de impactos, golpes y aplastamientos, así como de la exposición a diversos productos químicos abrasivos. Estas botas están confeccionadas con materiales altamente resistentes, lo que las hace aptas para su uso en entornos donde se manipulan sustancias como alcoholes, combustibles, aguas cloradas, detergentes, asfalto, cal, soda, yeso, ácido clorhídrico y ácido nítrico diluido.

El diseño ergonómico de las botas no solo asegura una protección efectiva, sino que también prioriza la comodidad del usuario, permitiendo su uso prolongado sin comprometer la movilidad. Gracias a sus propiedades resistentes, estas botas son ideales para trabajadores en industrias como la construcción, la química y la limpieza, donde la seguridad y la protección son primordiales.

4.2.3 Selección de tipo de tolva y tipo de flujo.

El siguiente paso en la elaboración de la tolva fue la selección del tipo de flujo a utilizar, decidiendo por el flujo másico. Este tipo de flujo se caracteriza por permitir que el material se mantenga en movimiento constante durante la descarga, lo que conlleva numerosas ventajas.

Entre los beneficios más destacados se encuentra la eliminación de obstrucciones, lo que facilita una renovación continua del producto. Además, el flujo másico permite un control eficiente del material, asegurando que se aproveche al máximo la capacidad de almacenamiento de la tolva. Esto no solo optimiza el proceso de producción, sino que también reduce el tiempo de inactividad asociado a problemas de atascos.

Con base en estas consideraciones, se ha diseñado la tolva con las siguientes características:

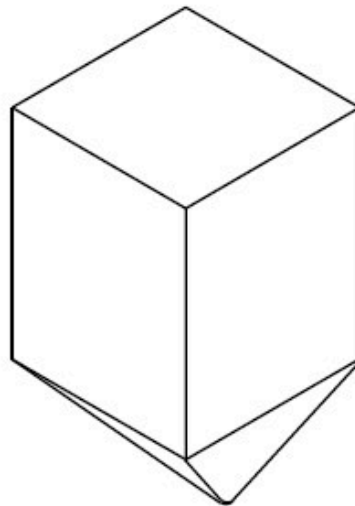


Fig.- 7 Silo cuadrado con tolva piramidal.

Se eligió el flujo másico y la forma de la tolva debido a su capacidad para aprovechar al máximo el espacio disponible. Como se ilustra en la Figura 9, el área delimitada por la empresa se ocupará de manera eficiente, garantizando un diseño óptimo que se adapte a las necesidades del proceso.

El siguiente paso fue seleccionar el tipo de tolva, optando por una tolva de día. Este tipo de tolva ofrece varias ventajas significativas, ya que funciona como un punto de distribución clave entre los diferentes silos de almacenamiento y las máquinas del proceso principal. Es especialmente útil cuando las distancias de transporte entre máquinas, o entre silos, son extensas, permitiendo establecer un punto intermedio que minimiza el tiempo de transporte y mejora la eficiencia operativa.

En cuanto a la inclinación de la tolva, se recomienda un ángulo de 45° para materiales pelletizados, 60° para el manejo de polvos y 70° para materiales recuperados. Esta variedad de ángulos asegura una descarga efectiva del material, que puede ser elevada para facilitar el llenado de cajas, gaylords y otros contenedores. Este diseño no solo

optimiza el flujo de materiales, sino que también contribuye a una operación más ágil y organizada en el proceso de producción.

4.2.4 Angulo de la tolva y propiedades del material.

En esta fase del proyecto, se llevó a cabo una investigación exhaustiva para determinar el ángulo óptimo que permita el deslizamiento libre del material de plástico PVC en goma granulada, que es el componente principal en la fabricación de las botas. Este ángulo es crucial para garantizar un flujo eficiente del material hacia la máquina de inyección.

Para establecer el mejor ángulo para la tolva, es fundamental considerar el ángulo de reposo del material. Este ángulo se define como el que forma un montículo de granel sólido con la horizontal de su base, cuando el material se ha estabilizado por sí mismo. Al acumular un material a granel sobre un plano, este suele apilarse en forma de cono. El ángulo que se forma entre la generatriz del cono y su base se denomina ángulo de reposo.

Este concepto es aplicable no solo en el manejo de materiales a granel, sino también en el ámbito de la mecánica de suelos y en diversas infraestructuras. El ángulo de reposo es un factor determinante para el talud natural del terreno, así como para la estabilidad de los materiales utilizados en distintas aplicaciones. Dado que el material en cuestión es un elastómero termoplástico, comúnmente conocido como caucho, goma o PVC flexible, es esencial considerar sus propiedades al definir el diseño de la tolva. Estos elastómeros poseen características que influyen en su comportamiento durante el manejo, lo que repercute directamente en el rendimiento de la tolva.

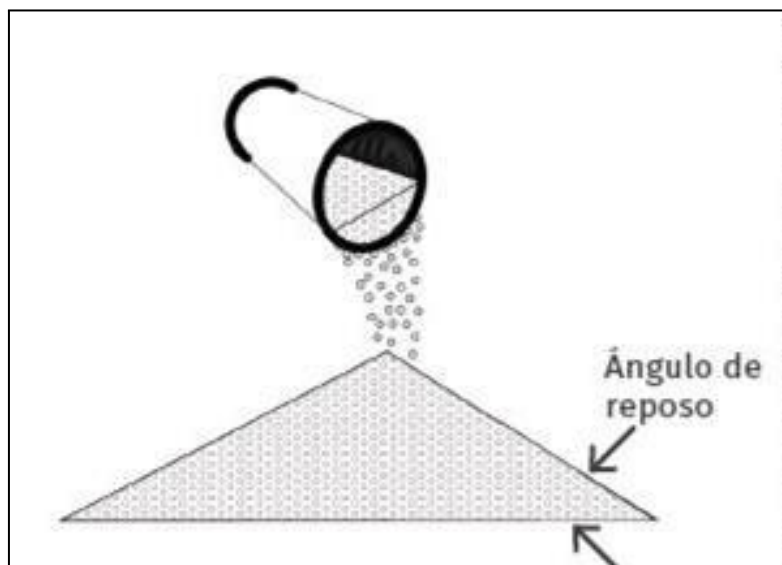


Fig.- 8 Angulo de reposo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se consultó la Tabla 3 del Anexo 3 para determinar el ángulo correspondiente al caucho granulado. Los resultados indican que el ángulo de reposo es de 35 grados, mientras que la inclinación máxima recomendada es de 22 grados.

Con esta información, se decide que el ángulo de inclinación de la tolva debe ser superior al ángulo de reposo del material. Esto es esencial para asegurar un desplazamiento adecuado y evitar cualquier posible obstrucción en el flujo del material.

Para calcular el ángulo de inclinación necesario, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Ángulo de inclinación} = \text{ángulo de reposo} + 15^\circ$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Ángulo de inclinación} = 35^\circ + 15^\circ = 50^\circ$$

Por lo tanto, el ángulo de inclinación de la tolva se establecerá en 50 grados, lo que permitirá un flujo eficiente del caucho granulado, asegurando así un rendimiento óptimo en el proceso de producción.

Se presenta la tabla que especifica las propiedades del material que utilizaremos en el proyecto. Esta información es crucial para entender cómo se comportará el material durante el proceso de producción y para garantizar que cumple con los requisitos necesarios para una operación eficiente y segura.

Tabla 2 Propiedades del material.

	SBR COMERCIAL	NBR NITRILO	CR NEOPRENO	SBR CON TEJIDO COMERCIAL	VIRGEN CR NATURAL	SBR ANTIABRASIVA	SILICONA
Color	Negro	Negro	Negro	Negro	Caramelo	Negro-Verde	Translúcido
Densidad	1.50	1.50	1.45	1.50	1.05	1.15	1.1
Dureza	65	60	60	65	40	60	55
Rotura	40 Kg/cm ²	50 Kg/cm ²	50 Kg/cm ²	40 Kg/cm ²	160 Kg/cm ²	150 Kg/cm ²	70 Kg/cm ²
Alargamiento	250 %	300 %	300 %	250 %	600 %	400 %	300 %
Temperatura	-20°C+80°C	-25°C+90°C	-20°C+100°C	-20°C+80°C	-20°C+100°C	-30°C+100°C	-70°C+200°C
Ancho (metros)	1– 1,40	1– 1,40	1– 1,40	1– 1,40			
Espesor	1 – 40 mm	1 – 40 mm		2 – 6 mm			

Esta tabla proporciona un resumen de las propiedades mecánicas y térmicas del caucho granulado, lo que nos permitirá realizar un diseño más adecuado de la tolva y asegurar que el material se maneje correctamente durante su transporte y almacenamiento.

4.2.5 Capacidad de almacenamiento.

La capacidad mínima de almacenamiento para la tolva se establece en $\frac{1}{2}m^3$, con el objetivo de ocupar al 100% del espacio proporcionado por la empresa. El área disponible para la máquina es de $1.20 \times 1.20 \text{ m}^2$, lo que limita las dimensiones de la tolva a $1.10 \times 1.10 \text{ m}^2$ para garantizar una adecuada tolerancia estructural.

La distancia desde la tolva hasta la máquina de inyección es de 3.75 m, y la altura de la máquina es de 2.50 m. Para facilitar el acceso y manejo, se ha determinado que una altura cómoda sería de 1.20 m.

Además, es importante considerar las dimensiones promedio del hombre y la mujer mexicanos: el hombre promedio mide 1.64 m y pesa 74.8 kg, mientras que la mujer promedio tiene una altura de 1.58 m y un peso de 68.7 kg, según un estudio reciente. Esto permite establecer un diseño ergonómico y accesible para todos los operadores.

Para lograr el volumen deseado de $\frac{1}{2}m^3$, se propone dividir la tolva en dos secciones.

Esta división facilitará los cálculos de los volúmenes y permitirá una mejor distribución del material, optimizando así el proceso de carga y descarga.

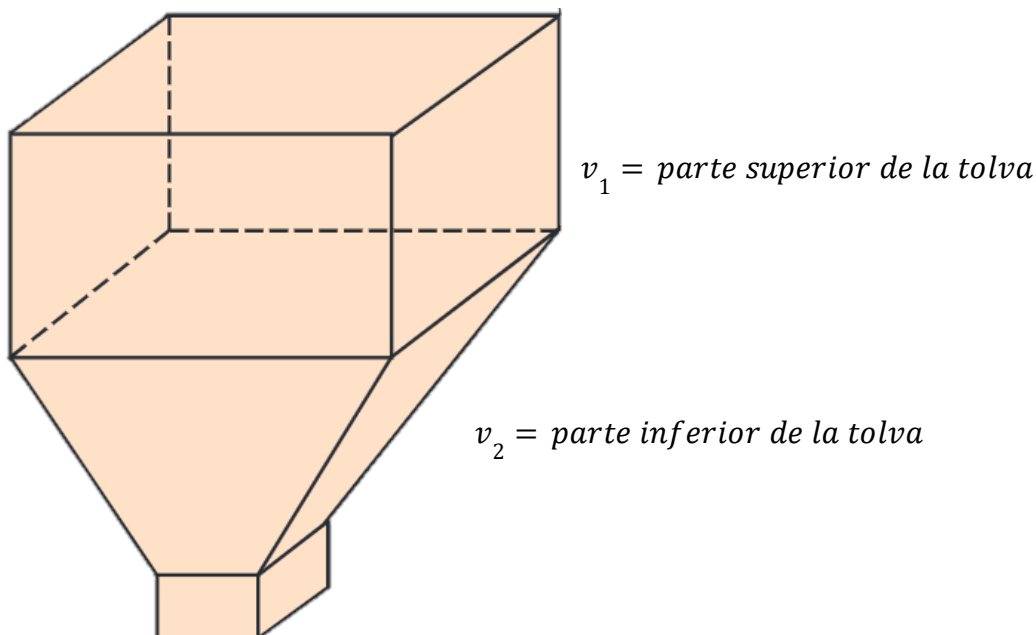


Fig.- 9 Divisiones de volúmenes..

Una vez teniendo la división que se muestra en la figura 9 se prosigue con el cálculo de los volúmenes para después calcular el volumen total y el volumen inútil de la tolva.

$$v_1 = l_1 * l_2 * l_3$$

Sustituyendo tenemos:

$$\frac{1}{2}m^3 = 1.10\text{ m} * 1.10\text{ m} * l_3$$

Despejando:

$$\frac{1}{1.10\text{ m} * 1.10\text{ m} * 2}m^3 = l_3$$

$$l_3 = 0.4132\text{ m}$$

Para el volumen número 2 tenemos que primero sacar la medida de la altura que tendrá la parte baja de la tolva para tenemos el ángulo de inclinación que tendrá la tolva es de 50° y de base de la tolva tendrá la 1.10 m, esta distancia será dividida a la mitad ya que queremos que quede centrada la salida de nuestra tolva y la medida nos queda de 55 cm con esos datos es suficiente para sacar la altura usando trigonometría y para ello tenemos la siguiente formula:

$$tg\ \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

Sustituyendo tenemos:

Cateto opuesto = h

Cateto adyacente = 0.55 m

$\alpha = 50$

$$tg\ 50 = \frac{h}{0.55\text{ m}}$$

$$h = 0.65\text{ m}$$

Con estos datos se puede realizar la tolva con los ángulos adecuados y cubriendo perfectamente el volumen que la empresa nos pide a continuación se llevará a cabo la representación en SolidWorks usando la función de chapa metálica para que nos arroje los cortes de que se realizarán para cada uno de los lados y mostrando las medidas.

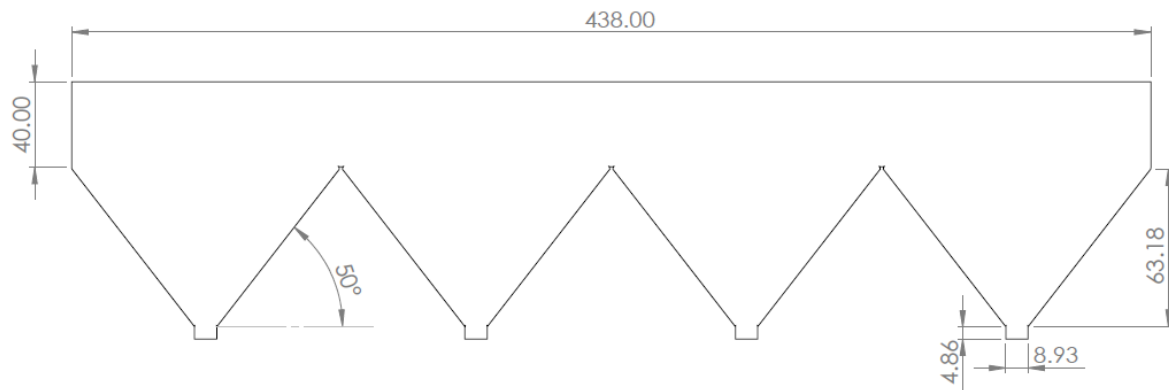


Fig.- 10 Laminado de la tolva.



Fig.- 11 Ensamble de laminado de tolva.

La siguiente imagen es la representación de la tolva en 3D con la función de chapa metálica en esta parte se ven precisamente las uniones, los cortes y los dobleces que se le harán a la lámina para tener un buen acabado y el resultado deseado.

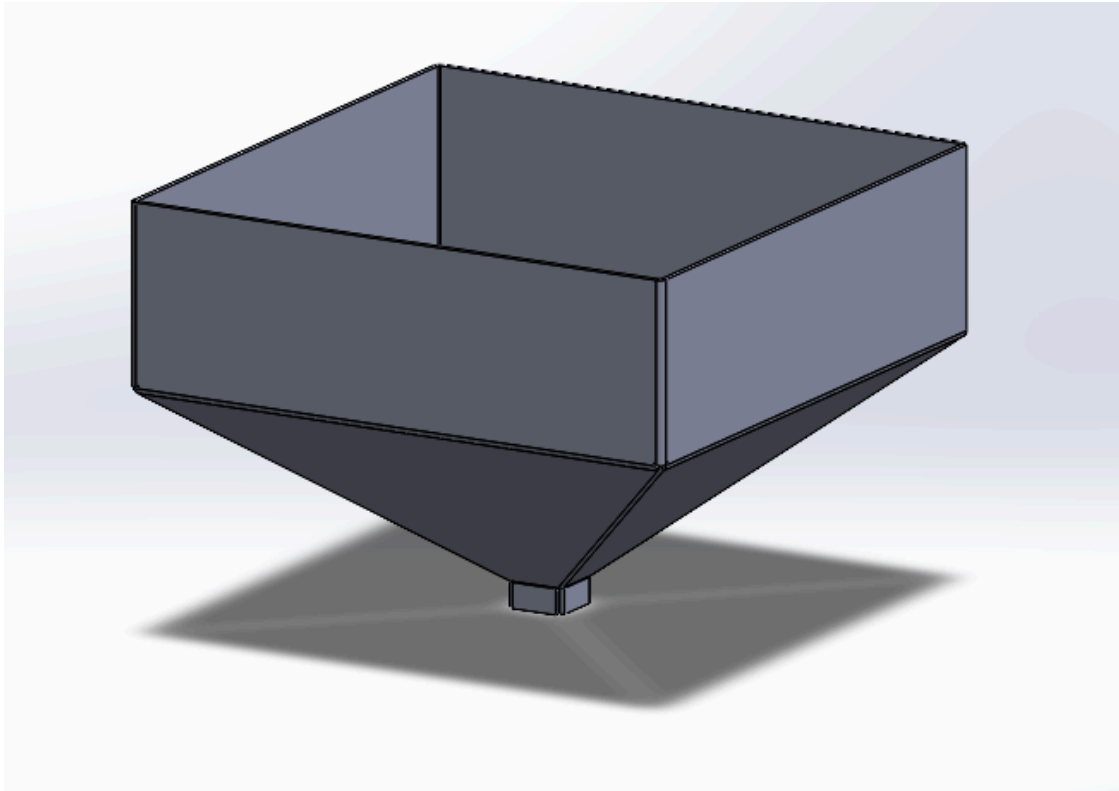


Fig.- 12 Chapa metálica de la tolva en 3D.

En la figura 10 se muestra la tolva simulada en SolidWorks 3D, la representación en chapa metálica la cual nos ayuda a ver cómo quedará nuestra tolva a grandes rasgos.

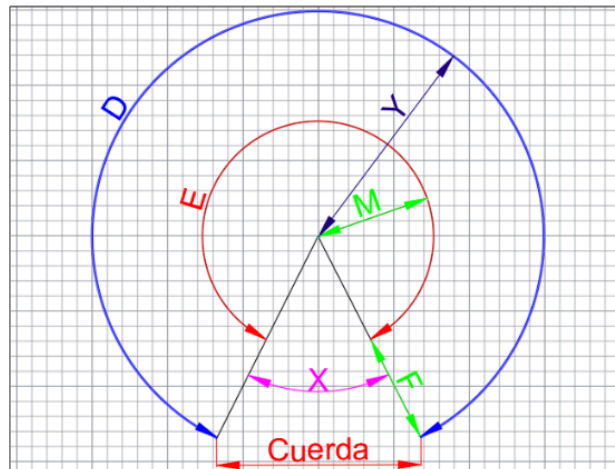


Fig.- 13 Chapa metálica de la tolva en físico.

4.2.6 Cálculo del mecanismo.

Como primer paso, se considera que la entrada de la máquina es un tubo de 4 pulgadas (110 mm). Para calcular las medidas del tornillo sin fin, se utilizarán los siguientes parámetros:

- **A:** Diámetro exterior del tubo (Φ exterior del tubo).
- **B:** Diámetro exterior del helicoide (Φ exterior del helicoide).
- **C:** Paso del tornillo.
- **D:** Perímetro mayor.
- **E:** Perímetro menor.
- **F:** Lado del helicoide.
- **X:** Grados de inclinación del helicoide.
- **Y:** Radio mayor.
- **M:** Radio menor.



Estos parámetros son fundamentales para diseñar un tornillo sin fin eficiente y adaptado a las necesidades de la máquina, asegurando un transporte efectivo del material.

Para poderlos calcular se ocupan las siguientes fórmulas.

1.- Fórmula para D:

$$D = \sqrt{(B \cdot \pi)^2 + C^2}$$

Esta fórmula calcula la longitud de un lado del helicoide (D), utilizando el valor del radio (B) y una constante (C). La relación con π indica que se está considerando una circunferencia.

2.- Fórmula para E:

$$E = \sqrt{(A \cdot \pi)^2 + C^2}$$

Similar a la fórmula anterior, esta ecuación determina otra longitud del helicoides (E) utilizando un segundo radio (A) y la misma constante (C). Esto permite establecer comparaciones entre diferentes secciones del transportador.

3.- Fórmula para F:

$$F = \left(\frac{B-A}{2} \right)$$

Esta fórmula calcula la mitad de la diferencia entre los radios B y A, lo que se usa para determinar el paso y el diseño helicoidal del transportador.

4.- Fórmula para X:

$$X = 360 - \left(\frac{360 \cdot (D-E)}{(2 \cdot \pi \cdot F)} \right)$$

Esta fórmula determina un ángulo (X) en grados, que se relaciona con las longitudes D y E. Se usa para calcular el giro o inclinación del helicoides respecto al eje.

5.- Fórmula para Y:

$$Y = \frac{D \cdot F}{(D-E)}$$

Esta fórmula calcula una longitud o dimensión (Y) que representa una parte del transportador, relacionando las longitudes D y E con el paso F. Es útil para establecer proporciones en el diseño.

6.- Fórmula para M:

$$M = \frac{E \cdot F}{(D-E)}$$

Esta fórmula determina otra longitud o dimensión (M) del sistema, que también depende de E, F y D. Se utiliza para asegurar que todas las partes del transportador se ajusten correctamente.

7.- Fórmula para cuerda:

$$Cuerda = 2 \cdot Y \cdot \sin\left(\frac{X \cdot 2}{360}\right)$$

Esta fórmula calcula la longitud de la cuerda necesaria para el diseño del transportador helicoidal. Utiliza la longitud Y y el ángulo X para determinar el tamaño correcto de la cuerda que se integrará en el sistema.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Los tubos de acero tienen una forma cerrada y un peso relativamente ligero, lo que les confiere un buen comportamiento bajo esfuerzos de torsión y resistencia al pandeo. Se fabrican a partir de láminas roladas en caliente o frío, utilizando diferentes grados de acero para ofrecer una variedad de calidades y usos específicos.

Dimensiones de los Tubos:

- **A:** 60.33 mm (Diámetro exterior del tubo de 2" cédula 40)
- **B:** 101.60 mm (Diámetro nominal del tubo de 4" cédula 40)
- **C:** 101.60 mm
- **D:** 334.96 mm
- **E:** 215.04 mm
- **F:** 20.635 mm
- **X:** 29.69° (Ángulo)
- **Y:** 57.63 mm
- **M:** 37 mm
- **Cuerda:** 99.18 mm

Cálculo de la Longitud del Mecanismo

A continuación, se calculará la longitud (L) que tendrá el mecanismo, lo cual es fundamental para garantizar su correcto funcionamiento. Para esto, es necesario considerar los siguientes puntos:

- **H:** Altura de la máquina de inyección.
- **I:** Altura de la salida de la tolva.
- **J:** Distancia de la tolva a la entrada de material de la máquina de inyección.

Datos:

- La distancia desde la ubicación de la máquina hasta donde se desea llevar la materia prima es de **3.75 m**.
- La altura de la máquina de inyección es de **2.50 m**.
- La altura del suelo a la salida del material de la tolva, considerando el tamaño del tubo, es de **30 cm** (0.30 m).

Por lo tanto:

- $J = 3.75\text{m}$
- $I = 0.30\text{ m}$

Con estos datos, se podrá calcular la longitud total del mecanismo, teniendo en cuenta la altura y la distancia requeridas para un funcionamiento eficiente.

$H = \text{Altura de la maquina de inyeccion} - I$

$$H = 2.50 \text{ m} - 0.30 \text{ m}$$

$$H = 2.20 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{(H)^2 + (J)^2}$$

$$L = 4.34 \text{ m}$$

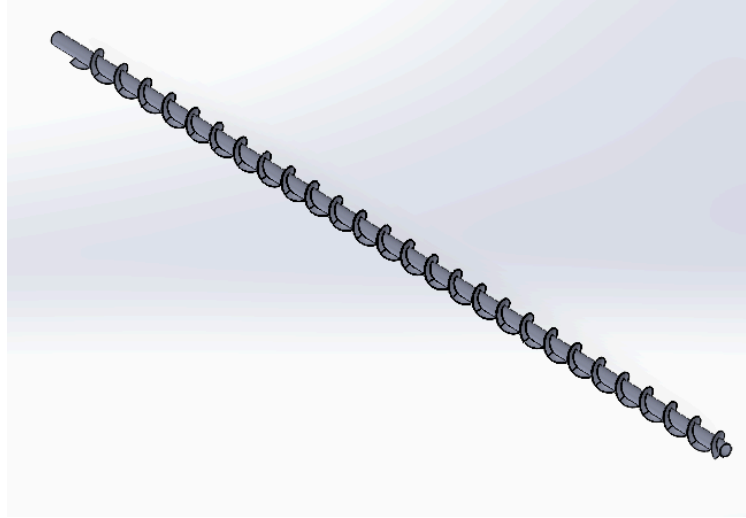


Fig.- 15 Transportador helicoidal.

La ilustración 12 presenta el transportador helicoidal, mostrando las medidas cuidadosamente calculadas que son esenciales para su diseño. Entre estas medidas se incluyen la longitud total del transportador, el diámetro exterior del helicoide y el paso, entre otros parámetros técnicos.

Cada una de estas dimensiones ha sido seleccionada meticulosamente para asegurar un rendimiento óptimo del transportador. La longitud determina la capacidad de transporte y la distancia que puede cubrir, mientras que el diámetro exterior del helicoide influye en la cantidad de material que se puede mover simultáneamente (Hojas, et al-2009). El paso, por su parte, es crucial para establecer la eficiencia en el desplazamiento del material a lo largo del transportador.

Este enfoque detallado en el diseño garantiza que el transportador helicoidal funcione de manera eficiente y cumpla con los requisitos específicos del proceso para el cual ha sido creado.

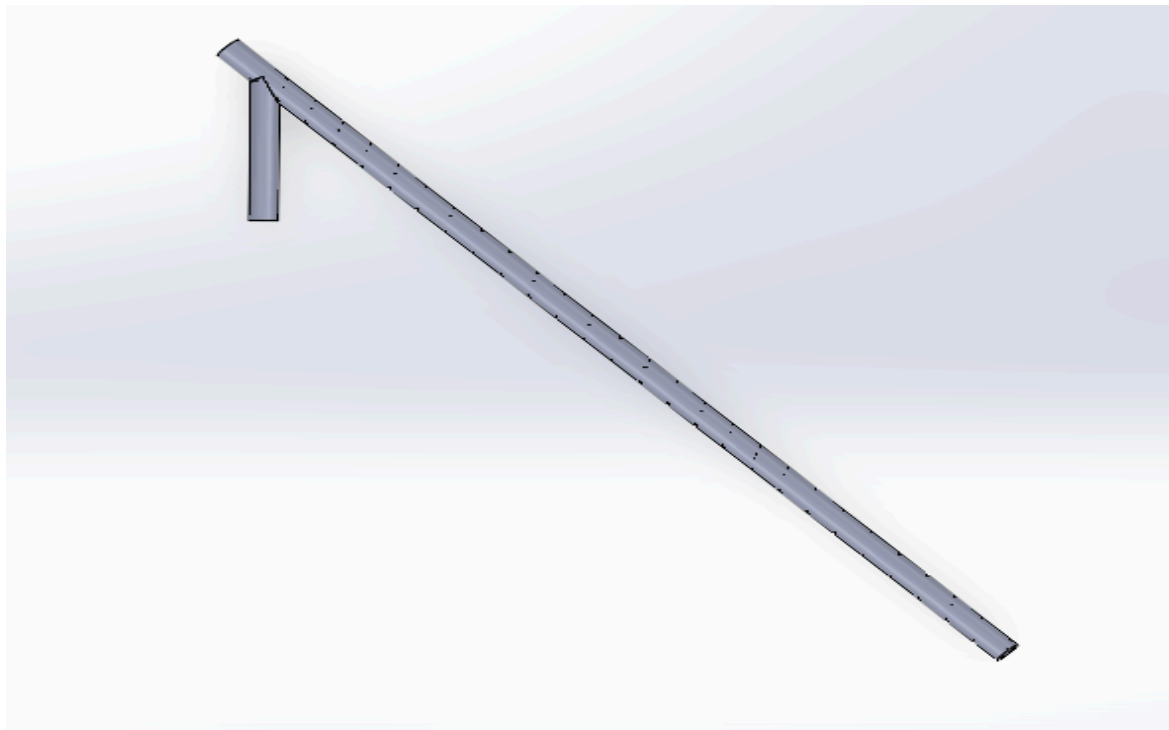


Fig.- 16 Transportador helicoidal con tubo.

Como último paso, la ilustración 13 presenta el diseño del transportador helicoidal con tubo. La elección de este tipo de transportador se fundamenta en su diseño cerrado, el cual tiene la ventaja de evitar la dispersión de pequeñas partículas generadas por la materia prima durante el transporte.

Este diseño cerrado no solo minimiza la pérdida de material, sino que también contribuye a mantener un entorno de trabajo más limpio y seguro, al reducir la contaminación por polvo. Además, al proteger el material transportado, se asegura una mejor calidad y pureza del producto, lo que es especialmente importante en procesos donde la integridad del material es crítica.



Fig.- 17 Transportador helicoidal con tubo en físico.

El transportador helicoidal con tubo es ideal para manejar diversos tipos de materiales, proporcionando un flujo continuo y eficiente. Su capacidad para adaptarse a diferentes configuraciones y su facilidad de instalación hacen de este sistema una opción valiosa en diversas aplicaciones industriales.

4.2.7 Diseño estructural del mecanismo.

El tubo cuadrado se utiliza comúnmente para fines estructurales y de mantenimiento en diversas aplicaciones, como la construcción de edificios, barandillas y postes de señalización. Este tipo de tubo se mide por sus dimensiones exteriores, considerando

tanto el ancho como la altura, así como el grosor de sus paredes, que son uniformes en todos los lados.

Cómo aleación compuesta de hierro y carbono, el acero tiene muchas propiedades interesantes que lo hacen especialmente útil. En comparación con el aluminio, el acero es significativamente más pesado, llegando a ser hasta tres veces más denso. Esta característica es valorada en aplicaciones donde se requieren estructuras robustas y duraderas, especialmente en condiciones exigentes.

El acero es ideal para la construcción de viviendas y grandes estructuras, como puentes, carreteras y plantas industriales, incluidas las petroquímicas y gasísticas. Su resistencia a la corrosión y a temperaturas extremas lo convierte en un material confiable para estas aplicaciones, ya que puede soportar tanto las inclemencias del tiempo como el desgaste mecánico.

Además, su versatilidad permite que el tubo cuadrado se utilice en una variedad de contextos, desde estructuras de soporte hasta elementos decorativos. Su capacidad para ser soldado y moldeado facilita su integración en diseños arquitectónicos complejos, haciendo del tubo cuadrado una elección popular entre ingenieros y arquitectos.

El tubo cuadrado de acero es un material fundamental en la construcción moderna, gracias a su resistencia, durabilidad y versatilidad, lo que lo convierte en una opción preferida para una amplia gama de proyectos estructurales.

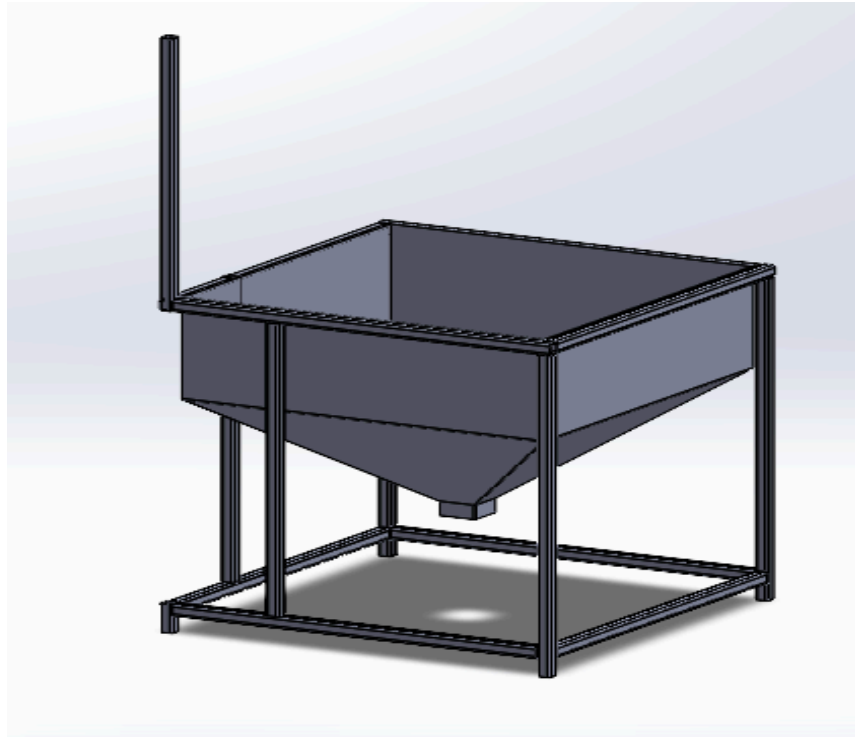


Fig.- 18 Diseño estructural de la tolva.

En la Figura 15 se presenta el diseño estructural deseado, realizado con tubos cuadrados de acero de 2 x 2 pulgadas. Se eligieron estos tubos debido a su facilidad para ser soldados, así como por su capacidad de corte, moldeado y mecanizado moderados, dado que se trata de un material con alta densidad.



Fig.- 19 Diseño estructural de la tolva en físico.

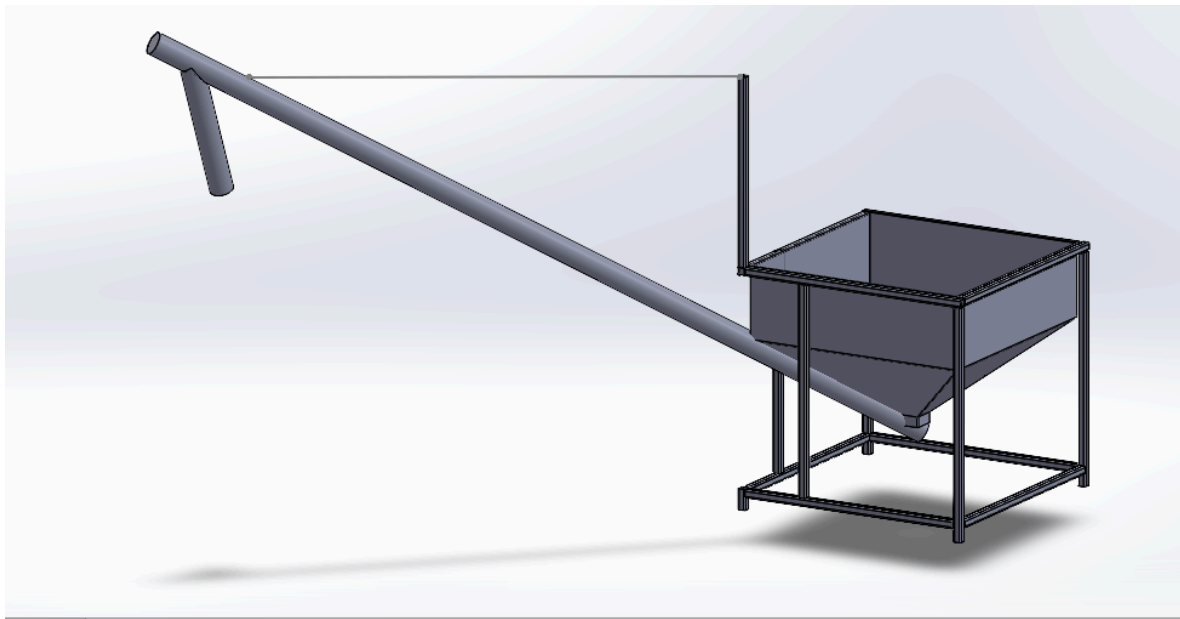


Fig.- 20 Tolva con mecanismo helicoidal.

En la figura 15 se presenta el diseño final, el cual cumple con las especificaciones de la empresa. El mecanismo helicoidal se acopla perfectamente a la parte superior de la tolva,

donde se encuentra un tubo cuadrado. En la punta de este tubo se fija un cable de acero tensor, cuyo otro extremo está anclado al tubo para evitar que se deforme debido a su longitud.

El diseño del tubo está pensado para integrarse en la parte superior de la máquina de inyección, ya que es esencial que el material suba y, finalmente, descienda de manera controlada y lenta.



Fig.- 21 Tolva con mecanismo helicoidal instalada.

Capítulo 5. Resultados del proyecto.

En esta sección, detallaré el desarrollo del proyecto realizado en la empresa SHARKEA S.A. de C.V. El proceso abarcó desde la construcción y las pruebas iniciales, hasta las correcciones y adaptaciones necesarias, culminando con la entrega de la máquina a la empresa TRUPER en Jicotepec, Estado de México.

A lo largo de todo este proceso, conté con el valioso apoyo del personal de SHARKEA. Desde la fase de cotización de materiales, se beneficiaron de relaciones con proveedores que ofrecen precios competitivos y garantizan una entrega inmediata. Asimismo, el equipo de SHARKEA mostró un sólido conocimiento en el manejo de materiales, soldadura y otras actividades esenciales, lo que fue fundamental para el éxito del proyecto.

Este enfoque colaborativo y la experiencia del personal permitieron no solo cumplir con los plazos establecidos, sino también asegurar la calidad y funcionalidad de la máquina entregada.

Bibliografía

1. <https://www.ms-ingenieria.com.mx/capacitacion-y-normativas/construccion-de-tolvas-para-la-industria/>
2. <https://www.rdiplastics.com/caucho-goma-pvc/#:~:text=Los%20elast%C3%B3meros%20termopl%C3%A1sticos%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos,las%20caracter%C3%ADsticas%20termopl%C3%A1sticas%20y%20elastom%C3%A9ricas.>
3. <https://es.scribd.com/doc/238566345/Angulos-de-Reposo>
4. <https://maxacero.com/perfiles-de-acero/tubo-de-cedula/#MAS>
5. <https://ferrosplanes.com/tubo-cuadrado-caracteristicas-fabricacion-corte-uso/>
6. Palacios Macías, F. O., Ceballos Vargas, A. A., & Avilés Cedeño, J. A. (2022). *Diseño de un sistema de llenado automático de tolvas de alimentación AQ1 para camarón mediante el uso de microcontroladores con comunicación inalámbrica y energizado mediante un sistema fotovoltaico* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIEC).
7. Real Hojas, J., & Camacho Braussendorf, F. (2009). Diseño de un sistema de molienda de carbón mineral para ser usado como combustible industrial.
8. Ochoa Tamayo, Y. S. Implementación del análisis de criticidad y la jerarquización de activos para la industria carbonífera de Samacá Incarsa SAS en el proceso de lavado de carbón de la Planta Santa María.
9. **La norma EN ISO 20345 S5&S4**
10. **La norma EN ISO 20347**
11. Pito Chirinos, R. A. (2024). Diseño de una máquina dosificadora volumétrica de masa suave para optimizar la producción de queques en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Anexo I



SEGURIDAD INDUSTRIAL

REPORTE PRELIMINAR DE ACCIDENTE

Fecha:	8 de octubre de 2021	Departamento:	Inyección
Hora:	12:43	Nombre:	Inocente Enriquez Genaro
Área:	Botas	Edad:	43 años
Planta:	6	Antigüedad empresa:	2 años 6 meses
Lugar:	Nave 3	Antigüedad puesto:	2 años 6 meses
		Supervisor:	Iván Picazo

Descripción del accidente:

Colaborador refiere que al ayudarlo al materialista a alimentar manualmente la máquina 48, comienza a subir los botes a la plataforma como se hace la actividad rutinariamente, uno de los botes no lo levanta lo suficientemente alto pegando con la plataforma, cayendo el bote hacia su cara ocasionando la lesión.

Fotografías:

Pasos consecutivos que se realizan para la alimentación manual de material



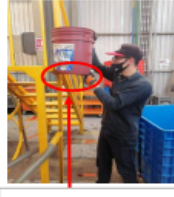
Actividad que realizaba el operador antes de ayudarlo al materialista con sus actividades.



Colaborador llena su bote con el material del contenedor



Colaborador transporta el bote a la plataforma, repitiendo la operación 5 veces.



Lugar donde el bote choca con la plataforma, porque el colaborador no sube a la altura correcta le bote.



Dirección en la que el bote cae sobre su cara, pegándole en la parte superior del bote en su nariz.

Reporte de Daños

Herida contuso-cortante en nariz

Datos Obtenidos durante la Investigación del Accidente / Incidente:

Colaborador refiere que al estar operando la máquina en el área de botas, comienza a ayudarlo a los materialistas con la alimentación manual de material a las tolvas.

El apoyo que se les brinda a los materialistas es rutinario. Los materialistas reparten aproximadamente 176 botes durante el turno por máquina (se tienen 5 máquinas en la operación), el bote tiene un peso aproximado de 9 kilos, de igual manera se genera una posición con riesgo ergonómico ya que sus brazos rebasan su hombros para hacer el levantamiento del bote.

Los pasos para alimentar la tolva son; toman el material del contenedor con un bote, levantan el bote a sus hombros para llevarlo hasta la plataforma, realizan esta actividad aproximadamente 5 veces, posteriormente suben las escaleras y vacían los 5 botes en la tolva.

Los succionadores actuales no son funciones para la operación en botas, debido a las propiedades del material provocando apelmazamiento, evitando que suba el material hasta la tolva.

Acciones Correctivas Inmediatas:

Acude a servicio médico dándole los primeros auxilios.

Acciones Preventivas:

Se implementará una alimentación automática la cual se encuentra en cotización, evitando que los materialistas suban y hagan la alimentación manual.

Anexo II



SEGURIDAD INDUSTRIAL

REPORTE PRELIMINAR DE ACCIDENTE

Fecha:	03 de enero del 2023	No. Nomina:	4008135
Hora:	17:30 hrs.	Nombre:	Hermínio Sánchez Miguel
Área:	Nave 4 botas	Edad:	31 años
Planta:	6	Antigüedad empresa:	3 años 11 meses
Lugar:	6-INY-48	Antigüedad puesto:	3 años 11 meses
Departamento:	Producción.	Supervisor:	Alvaro Oscar Morales.

Descripción del accidente:

Refiere el materialista encontrarse alimentando las tolvas de la inyectora 48, cuando al levantar un bote con pvc (peso aproximado de 10 kilogramos) comienza con dolor en espalda baja. Por lo cual detiene su actividad, avisa al supervisor de turno y se dirige al servicio medico para recibir atención medica.

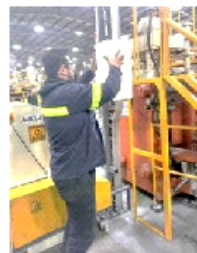
Fotografías:



Lugar donde sucede la lesión.



Momento en que se origina la lesión.



Método que emplea el colaborador para alimentar las tolvas



De ahí transporta los botes con pvc con dirección a las tolvas.

Reporte de Daños

Lumbalgia aguda

Datos Obtenidos durante la Investigación del Accidente / Incidente:

La maquina donde sucede la lesión no cuenta con succionador, por lo cual el colaborador realiza el llenado de las tolvas de forma manual.

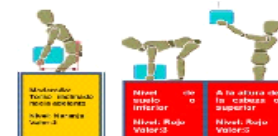
Máquina:

Refiere el supervisor de turno que la compra de los succionadores faltantes para el resto de las maquinas de botas están en proceso.

Máquina:

De acuerdo a la NOM-038-1-STPS-2018, la forma en la cual los materialistas de el área realizan el llenado de las tolvas de forma manual es riesgoso.

Método:



No se observan PCS para los materialistas en el área de trabajo, indicando método de llenado manual.

Método:

Refiere el colaborador conocer y aplicar el método seguro de cargas manual durante su operación.

Persona:

Acciones Correctivas Inmediatas:

Se reubica de operación al colaborador.

Responsable

Álvaro Oscar Morales.

Fecha compromiso

03/01/2023

Acciones Preventivas:

Responsable

Fecha compromiso

Anexo III
Tabla 3 Angulo de reposo.

Material	Peso promedio (lbs por pie ²)	Angulo de reposo (grados)	Inclinación máxima recomendada	Código
Abono	30-50			E45ST
Aceite aglutinado	48-50	45		D45W
Acero, recortes de	75-150	35	18	E37V
Acero, virutas de, chancado	100-150	30-44		D37WZ
Acido oxálico, cristales	60	30-44		B35SU
Afrecho	10-20	30-44		B35NY
Ajonjolí, semillas de, seca	27-41	20-29		B25N
Alazor aglutinado	50	30-44		D35
Alazor, harina de	50	30-44		B35
Alazor, semillas de	45	20-29		B25N
Albayalde	75-100	30-44		A36MR
Alfalfa, gránulos	41-43	20-29		C25
Alfalfa, harina	17	45		B46Y
Alfalfa, semilla	10-15	29		B26N
Almendras, partidas o enteras	28-30	30-44		C36Q
Almidón	25-50	24	12	*B25
Alúmina	50-65	22	10-12	B27M
Aluminio, hidróxido de	18	34	20-24	C35
Aluminio, mineral de (ver bauxita)	-			-
Aluminio, óxido de	70-120	29		A27M
Aluminio, silicato de	49	30-44		B35S
Aluminio, sulfato de	54	32	17	D35
Aluminio, sulfato de, fino	45-50	30-44		B35
Aluminio, Sulfato de, trozos	50-60	30-44		D35
Aluminio, virutas de	7-15	45		E46Y
Amonio, clorito de, cristales	45-52	30-44		B36S
Amonio, nitrato de	45	30-44		*C36NUS
Amonio, sulfato de	45-58	44		*C35TU
Antimonio, polvo de	60	30-44		A36
Aplita	70-80	30-44		A35
Arcilla (ver también bentonita, tierra diatomácea, arcilla de batán, caolín, y arcilla calcárea)	-			-
Arcilla esquitosa, chancada	85-90	39	22	C36
Arcilla esquitosa, molida	90-100	20-29		D26QZ
Arcilla grasa, aceitosa	60-65	20-29		B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, cruda	35-40	35	20	*B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, quemada	40	20-29		B26
Arcilla grasa, seca	30-35	23		B26
Arcilla, calcinada	80-.100			B37
Arcilla, caolín, hasta 3 pulgadas	63	35	19	D36

* Carbón de leña	18-25	35	20-25	D36Q
Carbón de piedra, antracita, clasificado	55-60	27	16	C26
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina y clasificado	45-55	35	16	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, hasta malla 50	50-54	45	24	B45T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, tal como sale de la mina	45-55	38	18	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, separado, no Lavado	50-60			D36T
Carbón de piedra, lignito	40-45	38	22	D36T
Carbón negro, granulado	20-25	25		B25Q
Carbón negro, pulverizado	4-7	30-44		*A35Y
Carbón, activado, seca, fine	8-20	20-29		B26Y
Carborundo, hasta 3 pulgadas	100	20-29		D27
Carne, desecho	50-55	30-44		E35VW
Caseína	36	30-44		B35
Caucho, granulado	50-55	35	22	D35
Caucho, regenerado	25-30	32	18	D35
Cebada	37-48	23	10-15	B25N
Cemento clinker	75-95	30-40	18-20	D37
Cemento, Portland	72-99	30-44	20-23	A36M
Cemento, Portland, aireado	60-75			A16M
Cemento, roca (vea piedra de cal)	100-110			D36
Ceniza, carbón de piedra, húmedo, hasta 3 pulgadas	45-50	45		D46T
Ceniza, carbón de piedra, seca, hasta 3 pulgadas	35-40	45		D46T
Ceniza, negra, molida	105	32	17	*B35
Ceniza, producto de gas, húmeda	78			D47T
Ceniza, suelta	40-45	42	20-25	A37
Cenizas de carbón de piedra	40	35	20	*D37T
Cenizas de horno de fundición	57	35	18-20	*D37T
Centeno	42-46	23	8	B25N
Centeno, harina de	35-40	19		B15
Clinker, cemento (ver cemento clinker)	-			-
Cobre, mineral de	120-150	30-44	20	*D37
Cobre, sulfato de	75-85	31	17	D36
Cola, molida hasta 1/8 de pulgada	40	30-44		B36
Cola, niebla	40	25	11	C25
Cola, vegetal, pulverizada	40	30-44		
Conchas de ostras, enteras	80	30-44		D36TV
Conchas de ostras, trituradas, hasta ½ Pulgada	50-60	30-44		C36T
Sinter	100-135	35		*D37
Concreto, escoria de	90-100		12-30	D46

Reporte del Anexo I: El reporte fechado el 8 de octubre de 2021 detalla un incidente en el que un materialista, al alimentar manualmente la máquina 48, comenzó a levantar botes hacia la plataforma, siguiendo el procedimiento habitual. Sin embargo, uno de los botes no fue elevado lo suficiente, lo que provocó que impactara contra la plataforma y cayera de cara, ocasionando una lesión al materialista.

Reporte del Anexo II: En un segundo reporte, fechado el 3 de enero de 2023, el materialista informó que, al alimentar las tolvas de la inyectora 48, comenzó a experimentar un dolor en la espalda baja mientras levantaba un bote de PVC, cuyo peso aproximado es de 10 kilogramos. Ante este malestar, el materialista detuvo su actividad, notificó al supervisor de turno y se dirigió al servicio médico para recibir atención.

Acciones Preventivas

Como medida preventiva, se implementará un sistema de alimentación automática. Esta acción busca evitar que los materialistas realicen el levantamiento manual de los botes, minimizando así el riesgo de lesiones y mejorando la seguridad en el área de trabajo.