



Universidad Autónoma Chapingo

Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE SEMILLAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

TESIS DE GRADO

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA

Presenta:

ONEYDA OYORZABAL MARQUEZ

Bajo la supervisión de:

Dr. CARLOS ALBERTO VILLASEÑOR PEREA



APROBADA



Chapingo, Estado de México, diciembre de 2023

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE SEMILLAS
DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

Tesis realizada por **OYORZABAL MARQUEZ ONEYDA** bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA



DIRECTOR:

DR. CARLOS ALBERTO VILLASEÑOR PEREA



CODIRECTOR:

DR. ARTURO MANCERA RICO



ASESOR:

DR. GILBERTO DE JESÚS LÓPEZ CANTEÑS

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
ACRÓNIMOS.....	ix
DEDICATORIAS	x
AGRADECIMIENTOS.....	xi
DATOS BIBLIOGRÁFICOS.....	xii
RESUMEN GENERAL.....	xiii
GENERAL ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Particulares.....	3
1.1 Referencias	5
2. Revisión de literatura	6
2.1 Semillas que se puede aplicar la tecnología de peletización	8
2.2 Cultivo de lechuga	8
2.3 Propiedades agrotecnicas de las semillas	9
2.4 Producción de lechuga en México	10
2.5 Materiales para la realización del peletización	10
2.5.1 Soportes.....	11
2.5.2 Aglutinantes	11
2.6 Metodología para el proceso de peletizado	13
2.7 Parámetros para hacer la evaluación de los pellets	13

2.8 Máquinas para peletizar semillas	14
2.9 Referencias	16
PARÁMETROS AGROTÉCNICOS DE LA SEMILLA DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L) PARA LA MECANIZACIÓN DEL PELETIZADO	20
Resumen	20
Abstract	21
1. Introducción	22
2. Materiales y metodología.....	22
3. Resultados y Discusión	24
4. Conclusiones	26
Referencias	27
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE SEMILLAS DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.)	28
Resumen	28
1. Introducción	30
2. Materiales y métodos.....	31
2.1 Diseño conceptual	31
2.3 Identificación de los problemas esenciales de la lista de requisitos	32
2.4 Función global	34
2.5 Determinación de los principios de solución	35
2.6 Diseño a detalle	36
2.6.1 Análisis, calculo y validación del chasis	37
2.6.2 El factor de seguridad	39
2.7 Tolvas de almacenamiento	43
2.8 Tolva para peletizar las semillas	43
2.9 Soporte de la tolva.....	44

2.10	Diseño de la tamizadora para los pellets	44
2.11	Las chumaceras.....	46
3.	Resultados y discusiones	47
3.1	Resultados y discusiones del chasis	47
3.2	Resultados y análisis de la tolva	50
3.3	Resultados y discusiones del soporte de la tolva	51
3.4	Resultados de la placa de posicionamiento.....	53
4.	Resultados generales	54
5.	Conclusiones	55
	Agradecimientos	55
	Literatura citada	56
6.	Conclusiones generales.....	57
1.	Anexos.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO 2

Cuadro 1. Materiales frecuentes utilizados en el recubrimiento de semillas, clasificado según el papel que desempeñan durante el proceso.....	12
Cuadro 2. Patentes de máquinas para peletizar semillas existentes en el mundo	15

CAPITULO 3

Cuadro 1. Datos obtenidos del análisis estadístico de las semillas de lechuga es (Lactuca sativa)	24
---	----

CAPITULO 4

Cuadro 1. Requerimientos para el diseño de la máquina peletizadora de semillas	33
Cuadro 2. Cuadro con los principios de funcionamiento.....	35

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 1. Diagrama de los factores que influyen en el desarrollo de semillas peletizadas.....	7
Figura 2. Esquema general de una semilla peletizada	10

CAPITULO 3

Figura 1. A) peso de un gramo de semillas en una balanza digital, b) medición del largo de semilla con vernier digital.....	23
Figura 2. Histograma de frecuencia del largo de las semillas	25
Figura 3. Histograma de frecuencia del ancho de las semillas	25
Figura 4. Histograma de frecuencia del espesor de las semillas	26

CAPITULO 4

Figura 1 Árbol de funciones para el diseño de una máquina peletizadora de semillas de lechuga	32
Figura 2. Función global de la máquina peletizadora de semillas.....	34
Figura 3. Subfunciones de la máquina peletizadora de semillas	34
Figura 4. Chasis de PTR diseñado en SolidWorks	37
Figura 5. Cargas y sujeciones para el análisis del chasis.....	38
Figura 6. a) Malla generada para el chasis, b) malla combinada basada en curvatura.....	39
Figura 7. análisis de soldadura realizado en SolidWorks.....	42
Figura 8. a) Tolva para sólidos, b) tolva para líquidos.....	43
Figura 9. Tolva para la peletización de semillas.....	43
Figura 10. Soporte de la tolva, diseñado den SolidWorks	44
Figura 12. Tamizadora completa.....	46
Figura 11. Tamizadora diseñada en solidworks	45
Figura 13. Chumacera P2B0110-FM de 3/8 in.....	47
Figura 14. Tensiones presentadas en el chasis	47
Figura 15. Desplazamiento presentado el chasis	48

Figura 16. Deformación unitaria estatica	48
Figura 17. Factor de seguridad calculado por SolidWorks.....	49
Figura 18. Análisis de movimiento de la semilla de lechuga en la tolva.....	50
Figura 19. La Semilla de lechuga se mantiene dentro de la tolva hormigonera	50
Figura 20. Tensiones generadas por el software SolidWorks	51
Figura 21. Desplazamiento en el soporte	51
Figura 22. Factor de seguridad mayor a 1	52
Figura 23. Tensión Von Mises generada por SolidWorks.....	53
Figura 24. a) Desplazamiento y b) deformación en la placa	53
Figura 25. Factor de seguridad generado por SolidWorks.....	54
Figura 26. Esquema de la maquina peletizadora de semillas de lechuga	55

ACRÓNIMOS

ASTM:	Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales
CAD:	Diseño Asistido por Computadora
CAE:	Ingeniería Asistida por Computadora
FEM:	Método de elemento finito
FOS:	Factor de Seguridad
MPa:	Mega Pascales
PTR:	Perfil Tubular Rectangular
Φ :	Esfericidad
RPM:	Revoluciones Por Minuto
SIAP:	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SMAW:	Soldadura de Metal Por Arco Protegido

DEDICATORIAS

A mis padres, Nicolas Oyorzabal López y Ma. De Jesus Marquez Gonzalez, por todo su amor y apoyo incondicional que me brindan para llevar a cabo este proyecto de vida.

A mis hermanos Víctor, Diana, Héctor, Itzel y Erick por todo su apoyo.

A la C. Luisa Oyorzabal por toda su apoyo y confianza depositada para llevar a cabo este proyecto.

A todos a mis amigos con los que he convivido dentro y fuera de la universidad que durante mi estancia en Texcoco me han brindado su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por el apoyo económico para hacer posible mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme la oportunidad de pertenecer a esta institución.

Al Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua (IAUIA), por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado, por todo su apoyo recibido.

AL Dr. Carlos Alberto Villaseñor Pera, por su apoyo brindado con sus sugerencias, facilidades administrativas para el congreso, por la gran disposición y la aprobación que hizo posible la culminación de este trabajo.

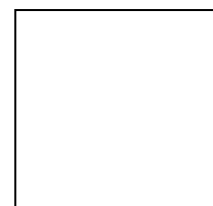
Al Dr. Arturo Mancera Rico, por la disposición en atender todos los asuntos y así mismo brindar las sugerencias para la culminación del trabajo.

Al Dr. Gilberto de Jesús López Canteñs por su tiempo y su valioso apoyo en las revisiones y las sugerencias brindadas.

Al Ing. Abraham Martínez y al Ing. Humberto por las facilidades en material de laboratorio y apoyo para ser posible la asistencia al congreso.

Al Ing. Alejandro Martínez Carrión por su tiempo y sugerencias para culminar este proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre: Oneyda Oyorzabal Marquez
Fecha de nacimiento: 18 de abril de 1996
Lugar de nacimiento: Linda Vista, San Miguel Totolapan, Guerrero
CURP: OOMO960418MGRYRN06
Profesión: Ingeniero Mecánico Agrícola
Cédula profesional: 12727176

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México (2011).
Licenciatura: Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México (2019)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE SEMILLAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

RESUMEN GENERAL

Este trabajo presenta una metodología del diseño de una máquina para peletizar semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Inicialmente se describen los parámetros agro-técnicos de la semilla de lechuga, y la metodología para la peletización dando una perspectiva de lo que influye para su recubrimiento y germinación de estas pues la granulación de semillas es uno de los procesos más sofisticados en la tecnología de tratamientos de semillas en donde a través del encapsulamiento, la forma y el tamaño de la semilla son modificados para una mejor manipulación incluyendo alguna sustancia activa para facilitar el desarrollo de la semilla, mejorar su distribución y eficiencia durante la siembra y mejorar su rendimiento mediante la siembra de precisión. Para ello se realizó un análisis estadístico de la semilla de la variedad parrish island, obteniendo los siguientes resultados; un promedio del largo de 4.67mm, ancho 1.41mm y espesor 0.57mm, posteriormente se realizó el pesaje de semillas con una báscula analítica, adquiriendo 0.0015g de peso promedio de una semilla y teniendo un total de 877 semillas por gramo, después se aplicó la metodología de diseño descrita Pahl y Beitz obteniendo una máquina de 0.7m de altura por 0.3m de ancho, se realizó un análisis estático, obteniendo un factor de seguridad mayor a 3 en los elementos que fueron analizados, finalmente se realizan los planos de conjunto y el plano de despiece de los elementos que componen el sistema de modelado 3D en el software solidworks 2022.

Palabras clave: Diseño mecánico, lechuga, pellets, software SolidWorks.

Tesis de Maestría en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Oneyda Oyorzabal Marquez

Director: Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

DESIGN AND SIMULATION OF A LETTUCE (*Lactuca sativa*_ L.) SEED PELETIZING MACHINE

GENERAL ABSTRACT

This work presents a methodology for the design of a lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed pelleting machine. Initially, the agro-technical parameters of lettuce seed and the methodology for pelleting are described, giving a perspective of what influences their coating and germination, since seed pelleting is one of the most sophisticated processes in seed treatment technology, where through encapsulation, the shape and size of the seed are modified for better handling, including some active substance to facilitate seed development, improve its distribution and efficiency during sowing and improve its yield through precision sowing. For this purpose, a statistical analysis of the seed of the parrish island variety was carried out, obtaining the following results; an average length of 4.67mm, width 1.41mm and thickness 0.57mm, then the seeds were weighed with an analytical scale, acquiring 0.0015g of average weight of a seed and having a total of 877 seeds per gram, then the design methodology described by Pahl and Beitz was applied, obtaining a machine of 0.7m in height by 0.3m in height and 0.3m in height. 7m high by 0.3m wide, a static analysis was performed, obtaining a safety factor greater than 3 in the elements that were analyzed, finally the assembly drawings and the exploded view of the elements that make up the 3D modeling system were made in the solidworks 2022 software.

Keywords: Mechanical design, lettuce, pellets, SolidWorks software.

Master's Thesis in Agricultural Engineering and Integral Water Use, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Oneyda Oyorzabal Marquez

Director: Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE SEMILLAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Para el año 2050 habrá que producir un 60% más de comida para alimentar a 9000 millones más de personas, menciona la Organización de la ONU para la Agricultura y la Alimentación (FAO, Semillas, 2023). Para ello se requiere de una agricultura sostenible requiere de un nuevo enfoque en la innovación y la inversión en investigación y la tecnología (FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

Desde hace algunos años el objetivo es obtener una producción más natural y sana las investigaciones se han dirigido hacia la restitución de nutrientes naturales a los suelos mediante la interacción de microorganismo-suelo (Díaz-Álvarez, 2004). Se espera que los tratamientos biológicos de semillas sean uno de los sectores de más rápido crecimiento en el futuro cercano. La falta de conciencia sobre los tratamientos de semillas a nivel de los agricultores es uno de los factores limitantes en el manejo y control de enfermedades y, por lo tanto, se deben realizar esfuerzos a nivel de los agricultores para implementar nueva tecnología (Sharma, 2015) es por ello que en la producción agrícola, para mejorar y asegurar la tasa de germinación de las semillas después de la siembra y prevenir posibles enfermedades, a menudo se utilizan semillas peletizadas (Jun, et al., 2023) es de los tratamientos de semilla más sofisticados, en donde a través del encapsulamiento, la forma y el tamaño de la semilla son modificados para un mejor manejo o para incluir alguna sustancia activa para facilitar el desarrollo de la semilla (Mandal, Mondal, Dutta, & Mujkherjee, 2015). Esta tecnología mejora la calidad de las semillas el rendimiento de los cultivos al permitir una siembra precisa y una nutrición suplementaria, lo que conduce a una masa de campo uniforme y vigorosa (Jerlin, Ponnuswamy, Prabakar, & Srinivasan, 2008) Por lo que presenta grandes ventajas, que nos permite llevar los nutrientes y el

biofertilizante junto con la semilla en una sola operación, se asegura un mejor desarrollo del cultivo al disponer cada semilla de un medio propicio para el intercambio con el suelo, lo cual se traduce en un incremento significativo de los rendimientos, se eliminan las operaciones de trasiego y distribución de biofertilizantes en la etapa inicial de siembra y desarrollo del cultivo, el recubrimiento de semillas mejora el trabajo de las máquinas sembradoras. (Díaz-Álvarez, 2008). Es una técnica caracterizada por desempeñar un papel vital en la agricultura moderna para siembra de precisión incluida la siembra aérea (FAO, Tratamiento previo de la semilla, 1991) se ajusta perfectamente con la tecnología de cepellones, que lleva implícito la utilización de bandejas porta cepellones, como otros elementos para manipular dichas bandejas (Díaz-Álvarez, 2004). Otro efecto beneficioso de la aplicación de peletizado es el aumento de la densidad de plantas en comparación con la de semillas no peletizadas, a través de una tasa más alta de supervivencia de plántulas. (Odorizzi, V., D.H., & S., 2017). dando como resultado un mayor porcentaje de germinación y vigor de estas (Víctor- Sampaio & Giménez-Sampaio, 1992).

El diseño de maquinaria para las condiciones de México es de vital importancia para el mejoramiento de la productividad de los cultivos y el manejo sustentable de los mismos. Esto debido a que la mayoría de las máquinas existentes en el país son de importación y diseñadas para las condiciones de otros países o en otro caso obsoleta (Cuathtemoc, 2015), por lo que se busca innovar en nuevos materiales y diseños en la fabricación de maquinaria agrícola, los cuales permiten un mejor manejo y gestión de los cultivos. Por lo que el presente trabajo pretende brindar una solución mecánica para el proceso de peletizado de semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L), debido a su reducido tamaño la operación de siembra presenta dificultades, hecho que ha estimulado el uso de los más variados tratamientos en las semillas, entre los que destaca el peletizado (Medianeira-Bertagnolli, Lemos de Menezes, Storck, Souza dos Santos, & Lourenço-Pasqualli, 2003).

En México la lechuga ocupa un lugar económicamente importante dentro de las hortalizas, demostrado por la demanda y la exigencia que existe en los mercados

consumidores, tiene un valor de que va desde los \$8.33 a \$22. Es apreciada por ser un alimento fresco lo que lo hace uno de los cultivos de mayor importancia dentro de la dieta humana por su facilidad de presentaciones para la preparación en ensaladas, emparedados y algún otro tipo de comida rápida, es de fácil adquisición ya que la producción se encuentra disponible en todo el año (SIAP, 2023).

1.1 Hipótesis

A través del desarrollo de una máquina para el peletizado de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), se asegura más del 90% de uso de las semillas, obteniendo una reducción considerable (%) de desperdicio de estas y una uniformidad que permite el fácil manejo para su siembra con calidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Desarrollo de una máquina peletizadora de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

1.2.2 Particulares

1. Caracterizar los parámetros agro-técnicos de la semilla de lechuga.
2. Investigar las dimensiones y obtener los elementos que conforman la peletizadora basados en los requerimientos de ingeniería.
3. Realizar el diseño de detalle de los componentes de la máquina usando un software CAD/CAE.
4. Analizar la simulación estático estructural a través de un software CAD/CAE.

El presente trabajo está conformado de cuatro capítulos. En el capítulo uno se tiene la introducción general donde se describe la importancia del problema investigado, antecedentes, justificación, hipótesis y objetivos del estudio. El capítulo dos se titula revisión de literatura, incluye un análisis del estado del conocimiento respecto a la peletización de las semillas y las máquinas existentes

para llevar a cabo este proceso. En el capítulo tres se presenta un artículo que lleva por nombre parámetros agrotécnicos de la semilla de lechuga (*lactuca sativa* L.) para la mecanización del peletizado, donde se tiene datos de las dimensiones de la semilla. El capítulo cuatro tiene un segundo artículo titulado diseño de una maquina peletizadora de semillas de lechuga (*lactuca sativa* L.), donde se presenta el diseño conceptual y a detalle de la máquina y un análisis estructural estático de los diferentes componentes teniendo como resultado una máquina y los formatos A4 del software solidworks.

1.1 Referencias

- Cuathtemoc, N. J. (2015). Agricultural Machinery in Mexico. Perspectives for 2015. *ResearchGate*. doi: 10.13140/RG.2.1.3306.8647
- Díaz- Álvarez, M. E. (2008). Estudio comparativo de dos sistemas de transmisión variable para una máquina peletizadora de semillas agrícolas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(4), 26-30. Recuperado el 4 de Agosto de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215942005>
- Díaz-Álvarez, M. E. (2004). Influencia de las propiedades físicas de las semillas en los parámetros de trabajo del peletizador de tambor rotativo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(1), 9-14. Recuperado el 11 de Agosto de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93213103>
- FAO. (1991). Recuperado el marzo de 2022, de Tratamiento previo de la semilla: fao.org/3/AD232S/ad232s10.htm#ch8
- FAO. (3 de junio de 2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 9 de junio de 2023, de <https://www.fao.org/news/story/es/item/417367/icode/>
- FAO. (2023). *Semillas*. Recuperado el 25 de Marzo de 2023, de <https://www.fao.org/seeds/es/>
- Jerlin, R., Ponnuswamy, A., Prabakar, K., & Srinivasan, M. (2008). Seed pelletization for enhancing seed vigour and storability of chillies Cv. K 1. *Madras Agricultural Journal*, 95(7-12), 486-490.
- Jun, J., Zhiwei, L., Deyun, L., Qiufeng, F., Jinghi, H., & Xingpeng, W. (2023). Peletizadora de semillas. (CN115643856A). Obtenido de <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/084990198/publication/CN115643856A?q=small%20seeds%20pelletizing%20machine>
- Mandal, A. B., Mondal, R., Dutta, S., & Mukherjee, P. (2015). Seed enhancement through priming, coating and pelleting for uniform crop stand and increased productivity. *Journal of the Andaman Science Association*, 20(1), 26-33.
- Odorizzi, A., V., A., D.H., B., & S., S. (2017). Efecto del porcentaje de pildorado sobre la implantación y productividad de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agriscientia*, 34(1), 71-77. Recuperado el 25 de Mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2017000100007
- Sharma, K. K. (2015). Seed treatments for sustainable agriculture-A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), 521-539. doi:<https://doi.org/10.31018/jans.v7i1.641>
- SIAP. (18 de Marzo de 2023). Obtenido de Al alza, producción y exportación de lechuga mexicana: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-y-exportacion-de-lechuga-mexicana?idiom=es>
- Víctor- Sampaio, N., & Giménez-Sampaio, T. D.-A. (1992). Recubrimiento de semillas. *Revista agropecuaria y ganadera*(715), 138-144. Recuperado el 3 de Agosto de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=738>

2. Revisión de literatura

La producción y el establecimiento de un cultivo con éxito depende de varios factores como lo es la temperatura, pH, humedad, patógenos, nutrientes del suelo, viabilidad de la semilla etc. Todos son factores que pueden variar en el microambiente de los suelos en donde se siembran (Vergani B, 2018), al peletizar las semillas se uniformizan las características de la producción vegetal del ambiente inmediato que rodea a la semilla (Víctor- Sampaio & Giménez-Sampaio, 1992).

El recubrimiento de semillas se remonta en el año 1868 donde se registró la primera patente de recubrimiento de semillas, pero fue hasta 1940 cuando Vogelsang reinventó la "peletización" de semillas, lo cual en el año 1946 la empresa CERES realizó el registro de la primera patente mundial para "peletizar" semilla de remolacha (Giménez-Sampaio, Víctor-Sampaio, & Dúran- Altisent, 1992).

La peletización de semillas es una técnica de encapsulación de semillas con nutrientes orgánicos e inorgánicos, absorbentes de agua y pesticidas y brinda la oportunidad de adherir cantidades efectivas de materiales de manera que puedan influir en la semilla o el suelo en la interfaz semilla-suelo, y formen una pequeña esfera (Moya-López, 2000). Esta tecnología se adopta principalmente para semillas de pequeño tamaño para aumentar el tamaño de esta, por lo que reduce la tasa de semilla y mejora la germinación al enriquecer la región de la rizosfera con macro y micronutrientes que desarrollan el crecimiento vegetativo de la planta de semillero además de la mejora en actividad microbiana específica de la zona (Geetha & Balamurugan, 2011). La necesidad de aplicar esta tecnología "coadyuvante" protectoras que permiten extender la vida útil y garantizar la estabilidad de los parámetros de calidad de la semilla hasta la llegada de la cosecha (Díaz-Álvarez, 2004).

En este sentido, destacan las dificultades encontradas a la hora de uniformar todos los estados que caracterizan la producción vegetal, que se extienden desde

2.1 Semillas que se puede aplicar la tecnología de peletización

Las primeras referencias ampliamente divulgadas que se reconocen apuntan hacia el recubrimiento a gran escala de leguminosas y otras especies forrajeras, (Víctor- Sampaio & Giménez-Sampaio, 1992) pero también se pueden peletizar semillas de varios tamaños, como la de tomate y lechuga (Poblete-Lecler, 1999), arroz, soya, pepino (Díaz-Álvarez, 2004), remolacha azucarera, (Víctor- Sampaio & Giménez-Sampaio, 1992) cebolla (Rodriguez-Maturano, 2021) semillas forrajeras como la alfalfa (Odorizzi, V., D.H., & S., 2017), zanahoria (Copeland & McDonald, 2001), maíz (Lagôa, Ferreira, & Vieira, 2012) Otro tipo de semillas como de la caña de azúcar, yuca, ají (Díaz Álvarez, 2002).

2.2 Cultivo de lechuga

La lechuga es el cultivo de mayor importancia entre las hortalizas de hoja, (Grazia, Tiftonell, & Chiesa, 2001) en numerosas investigaciones la radiación, la temperatura y la nutrición nitrogenada se han identificado como los factores de mayor importancia en las diferentes regiones productivas del mundo, más allá de sus efectos sobre la morfología foliar, la radiación y la temperatura son los principales determinantes de la tasa de crecimiento de la lechuga, expresada como el incremento tanto en el número de hojas como en el peso seco de la planta (Cedeño Oro, 2012).

Existen diferentes variedades de lechuga que se adaptan muy bien a climas templados y cálidos (Qin, He, Lee, & Dodd, 2007), la temperatura óptima para su desarrollo es de 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche, pero pueden soportar temperaturas hasta 30 °C con una mínima de -6 °C (Quintero, Zambrano, Cabrita, & Gil, 2000), su requerimiento de agua es mayor a los 134mm por ciclo (Chipana-Rivera & Serrano-Cornonel, 2007), con una humedad relativa que le favorece su desarrollo de es de 60% a 80% (Turini, et al., 2011), el nivel de saturación luminica de la actividad fotosintetica fue establecido

aproximadamente de $800 \text{ mM m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bajo condiciones de invernadero (Sanchez et al., 1989) citado por (Benavides-Mendoza & Ramírez-Rodríguez, 2002).

Su siembra se realiza mediante semillas, que son especialmente sensibles a las variaciones de humedad y temperatura del medio donde germinan, pudiéndose ver afectadas en la germinación y el vigor, (Medianeira-Bertagnolli, Lemos de Menezes, Storck, Souza dos Santos, & Lourenço-Pasqualli, 2003).

Es una especie con tolerancia a las sales y con frecuencia esta tolerancia varía dentro de la misma especie. Los valores umbral para las especies de lechuga están en el rango de 1,0 a $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, y la pendiente para la disminución del rendimiento, desde 6. 2 hasta 8% por dS m^{-1} , Maas, 1986 citado por (Carranza, Lanchero, Miranda, & Chaves, 2009), alcanza un gran porcentaje de agua que varía de 90-95%, como también contiene folatos, provitamina A, B1, B2, E y cantidades apreciables de vitamina C, (Carranza, Lanchero, Miranda, & Chaves, 2009), el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), es especialmente susceptible a la incidencia de enfermedades derivadas de las condiciones ambientales, el pH del suelo o los métodos de plantación del cultivo (Rozo G. C., 2021).

2.3 Propiedades agrotecnicas de las semillas

Estas propiedades dependen frecuentemente del tipo y especie de las semillas, de las condiciones climáticas en que se desarrollaron, del método de limpieza y de la humedad que posean (Cedeño Oro, 2012). La semilla de lechuga se compone por un pericarpio este es fino y envuelve a la cubierta seminal, el endosperma está poco desarrollado, posee entre 2 a 4 capas de células, y rodea al embrión. La mayor parte del volumen de la semilla está ocupada por el embrión (J., 2020). Esta semilla se embebe con agua, con la cual se activa una serie de mecanismos fisiológicos con los que se inicia el proceso de germinación (Saavedra R., 2017). Al ser cosechadas tienen una latencia que puede variar de 2 a 6 meses, luego pueden conservarse hasta 4 años con 10°C de temperatura y una humedad relativa del 30%, la humedad es el factor importante para tener en cuenta en el almacenamiento de semillas, Halsouet; Miñambres, (2005) citado

por (Salinas-L., 2016). La calidad de la semilla; germinación: 80%, pureza físico botánica mínima: 98%, materia inerte máxima: 1,5% semillas extrañas máximo: 0,5% (J., 2020).

Entre los agentes físicos, el electromagnetismo acciona sobre el material y los organismos biológicos, teniendo un efecto sobre cada etapa de desarrollo de la germinación y por ello puede ser uno de los procedimientos para mejorar la calidad de la semilla (Arenas, Angarita, & Lobo, 2015)

2.4 Producción de lechuga en México

Con base en datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reporto que en 2017 se tuvo una producción de 481 mil toneladas, un año después aumentó a 486 mil y en 2019 alcanzó 516 mil toneladas, lo que representa una tasa de crecimiento media anual del 3.6 por ciento. El cultivo se produce en 21 estados del país. Al cierre del año agrícola 2020 Guanajuato fue la principal entidad productora, con una participación de 27.3 por ciento; seguido de Zacatecas, con 17.8 por ciento, Aguascalientes con 14.8 por ciento y Puebla, con 14.2 por ciento (SIAP, 2023).

2.5 Materiales para la realización del peletización

Existen dos componentes en una semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L.) peletizada; material para aumento de volumen (o revestimiento) y el aglutinante como adhesivo (Vergani B, 2018), en la (Figura 2), se muestra un esquema de las capas que compone una semilla peletizada.

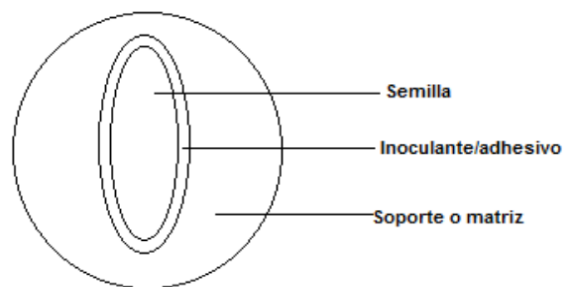


Figura 2. Esquema general de una semilla peletizada

Fuente: (Vergani B, 2018)

2.5.1 Soportes

El material para aumento del tamaño, la forma y el volumen para el peso de la semilla puede ser o bien una mezcla de varios minerales diferentes y/o sustancias orgánicas o un solo componente, reguladores de crecimiento, vitaminas para las plantas, turba vermiculita y perlita (fitozanitaria, Dirección general de inspección, 2019; Kim, Pavon, & Cantliffe, 2000). Los soportes más utilizados se tienen los fertilizantes orgánicos naturales como el carbonato de calcio, polvo de roca fosfórica, dolamita, gafsa fosfatada, vermiculita pulverizada (Deaker, Roughley, & Kennedy, 2004), también pueden ser materiales utilizados comercialmente como las arcillas comunes todos los anteriores ayudan a producir macroorganismos benéficos del suelo (hongos y bacterias), los cuales producen una sinergia con las plantas y vuelven la materia orgánica biodisponible para las raíces.

2.5.2 Aglutinantes

El aglutinante o el adhesivo pueden ser de mayor afinidad para determinados sustratos, distintos grados de solubilidad, o insubilidad en agua, resistencia y plasticidad para evitar fracturas y pulverulencia, y viscosidad apropiada para facilitar su aplicación, un tercer aditamento para el peletizado puede ser los aditivos colorantes (Giménez-Sampaio, Víctor-Sampaio, & Dúran-Altisent, 1992) la coloración como última fase del recubrimiento. En la tabla 1 se presentan los materiales utilizados para el recubrimiento de semillas.

Cabe mencionar que la concentración del adhesivo es una variable crítica al momento de realizar la peletización, ya que un exceso de este impide la individualización de las semillas y a su favorece al letargo en la germinación, por otro lado, una baja concentración del adhesivo origina unas semillas peletizadas frágiles y de baja resistencia a esfuerzos mecánicos (Mandal, Mondal, Dutta, & Mujkherjee, 2015).

Cuadro 1. Materiales frecuentes utilizados en el recubrimiento de semillas, clasificado según el papel que desempeñan durante el proceso.

Fuente (Giménez-Sampaio, Victor-Sampaio, & Dúran-Altisent, 1992)

Adhesivos	Cobertura	Colorantes	Aditivos
Orgánicos:	Minerales:	CAA: *	Nutrientes:
Aceite vegetal	Arcillas	Amarillo limón T	Aminoácidos
Almidón	-Bauxita	Amarillo de quinoleína	Azúcares
Azúcares	-Bentonita	Azul V	Minerales
Caseína	-Dolomita	Clorofila soluble	Plaguicidas:
Etilcelulosa	-Montmorillonita	Clorofilina soluble	Antídotos
Gelatina	-Vermiculita	Eritrosina G	Bactericidas
Goma arábiga	Arena	Naranja PAL	Funguicidas
Leche en polvo	Carbonato calcio	Negro BBN	Herbicidas
Miel	Coloides hidrofílicos	Rojo fresa AM	Insecticidas
Metilcelulosa	Fosforita	Punzo 3RF	Nematicidas
	Talco	Rosalina FA	Repelentes
Minerales sintéticos	y Tierra de diatomeas	Otros	Reguladores de crecimiento:
Aceites minerales	Trípoli	Esmaltes	Auxinas
Acetato de polivinilo	Turba	Lacas	Citoquinas
Alcohol polivinílico	Yeso	Tintas	Giberelinas
Óxidos de polietileno	Orgánicos		Etileno
Polielectrolitos insolubles	Animales		Ac. Abscísico
Poliuretanos	-Harina de huesos		Otros
Resinas plásticas	-Gallinaza		Cofactores
	-Mucilagos		C. hidrófilos
	-Sangre		C. hidrófobos
	Vegetales		Peróxidos
	Carbón		Vitaminas
	Cascarillas		
	Serrín		
	Musgos		

* Colorantes alimenticios autorizados

2.6 Metodología para el proceso de peletizado

Magini (1962) citado por (FAO, Tratamiento previo de la semilla, 1991) describe un método de recubrir las semillas utilizando una pequeña hormigonera.

Se coloca la semilla en la hormigonera y se humedece con una solución adhesivo, formada por una parte de látex y nueve partes de agua, después se le agrega polvo de algún tratamiento para que este seque el adhesivo, por lo general a razón de cuatro partes de polvo por una de adhesivo, el grosor del revestimiento de la semilla depende de la cantidad de adhesivo en relación con la semilla, el tiempo es una variante importante, más de cuatro minutos puede dañar el revestimiento.

2.7 Parámetros para hacer la evaluación de los pellets

(Bertagnolli, Lemos de Menezes, Souza dos Santos, & Lourenço-Pasqualli, 2003) Menciona que la operación se conduce según los requerimientos especiales de los pellets en cuanto a sus características texturales y mecánicas. Para ello se controlan tanto las condiciones operativas como los aditivos y/o ligantes usados. Deberán tener resistencia a la salida del peletizador, manipuleo, transporte, caídas, cargas de hornos y almacenaje, resistencia mecánica a la abrasión y a la rotura que dependen de cada material, por lo que deberán presentar valores mínimos de resistencia a la rotura bajo carga, estos valores están relacionados directamente con el diámetro de pelet y así, deberá controlarse tanto su tamaño como su distribución granulométrica, lo que a su vez determinará la porosidad del lecho con incidencia en las velocidades de reacción. Asimismo, los pelets deberán ajustarse a valores particulares de los índices en ensayos de atrición en tambor y ensayos de caídas.

Las fuerzas responsables de la cohesión de las partículas finas que constituyen los pellets son de dos tipos: a) físicas, estas son debidas a la tensión superficial del agua adicionada y b) mecánicas, presentadas por el rodamiento.

Las características mecánicas que deben soportar los pellets son las siguientes:

Resistencia a la compresión bajo carga, el ensayo consiste en aplicar una carga creciente sobre un pellet ubicado entre dos platos planos, hasta su rotura. El valor máximo de carga soportado por el pellet hasta su rotura se expresa en kg/pellet.

Resistencia a las caídas, el ensayo consiste en dejar caer libremente el pellet desde una altura preestablecida tantas veces como sea necesario hasta que se fracture, expresándose el resultado como número de caídas.

Resistencia a la atrición: El ensayo consiste en dejar rodar en un tambor una carga de pellets, para luego proceder al tamizado normalizado, dándose el resultado en forma de índices:

Características textuales

Son requerimientos importantes de los pellets terminados, su porosidad y rugosidad

Características granulométricas

Se refieren principalmente al tamaño de pellets y su distribución de tamaños, lo que está relacionado con la resistencia mecánica de los mismos (Cavalieri, 1983). La calidad del recubrimiento se medirá por la capacidad de resistencia a la rotura de la capa recubridora, producto de fricción entre semillas y por el porcentaje de semillas recubiertas, lo cual deberá ser superior al 90% (Díaz-Álvarez, 2004).

2.8 Máquinas para peletizar semillas

El diseño y desarrollo de maquinaria para las condiciones de México es de vital importancia para el mejoramiento de la productividad de los cultivos y el manejo sustentable de los mismos. Esto debido a que la mayoría de las máquinas existentes en el país son de importación y diseñadas para las condiciones de otros países o en otro caso obsoleta (Cuattemoc, 2015). En la tabla 2 se presentan los diferentes tipos de máquinas peletizadoras de semillas pequeñas. No se cuenta con algún prototipo de nivel productor en México.

Cuadro 2. Patentes de máquinas para peletizar semillas existentes en el mundo

Número de patente	Máquina	Fecha	Autor
CN213938813U	Dispositivo de procesamiento de peletización de semillas	13/08/2021	(Jun & Wanlin, 2021)
CN113330854A	Novedoso equipo auxiliar de granulación de semillas de remolacha	03/09/2021	(Xuming, Shude, Yinbo, Weidong, & Hongmei, 2021)
CN215912481U	Peletizadora de semillas	01/03/2022	(Fengyi, Yongqi, & Maoqing, 2022)
CN207678224U	Máquina de recubrimiento de semillas de cambio automatico	30/08/2018	(Guangwei S. , y otros, 2018)
CN107926210A	Máquina automática de recubrimiento de semillas	20/04/2018	(Guangwei S. , y otros, 2018)
CN216017683U	Peletizadora de semillas	15/03/2022	(Longgao, Xuesong, WangyU, & Zhonghua, 2022)
CN107318306A	Granuladora de semillas	07/11/2017	(Dongsheng, Chunguang, & Youwang, 2017)
CN205105578U	Máquina de píldoras de semillas ligeras.	30/03/2016	(Huxu, Jun, & Hongwei, 2016)
CN115643856A	Peletizadora de semillas pequeñas	31/01/2023	(Jun, et al., 2023)

2.9 Referencias

- Arenas, A. A., Angarita, W., & Lobo, R. J. (2015). Efectos de la radiación electromagnética sobre la germinación del maíz. *Tecnura*, 19(45), 65-73,. doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a05>
- Benavides-Mendoza, A., & Ramírez-Rodríguez, H. (2002). Respuestas de plantas a la radiación electromagnética. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 1-14.
- Bertagnolli, C. M., Lemos de Menezes, L. S., Souza dos Santos, O., & Lourenço-Pasqualli, L. (2003). Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. *Revista brasileira de sementes*, 25(1), 7-13. doi:<https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000100002>
- Binjun, F., Yun, C., Guangyu, C., Feng, G., & Jun, D. (2017). procedimiento para granular semillas de tomate procesadas mediante hidrocecebado. *Espacenet*. doi:CN107509410A
- Carranza, C., Lanchero, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 41-48. Recuperado el 25 de Enero de 2023, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100006
- Cavalieri, A. L. (1983). Peletización por formación de capas, mecanismos de crecimiento, variables operativas y propiedades. *Facultad de Ciencias Exactas*. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/89626>
- Cedeño Oro, J. (2012). Desarrollo y montaje de un laboratorio de máquinas agrícolas (1ra parte). En J. Cedeño Oro, *Desarrollo y montaje de un laboratorio de máquinas agrícolas (1ra parte)* (pág. 27). Univeridad de Holguín. Obtenido de <https://repositorio.uho.edu.cu/bitstream/handle/uho/213/Tesis%20Jean%20Cede%c3%b1o%20Oro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chipana-Rivera, R., & Serrano-Cornonel, G. (2007). Riego subsuperficial en lechuga (*Lactuca sativa*) y nabo (*Brassica napus*) en las zonas bajas del altiplano boliviano: consumo de agua. *ingeniería del agua*, 14(3), 169-175. doi:<https://doi.org/10.4995/ia.2007.2909>
- Copeland, L., & McDonald, M. (2001). CoPrinciples of seed science and technology, 4th edn. *annals of botany*, 89(6), 798. doi:10.1093/aob/mcf127
- Cuathtemoc, N. J. (2015). Agricultural Machinery in Mexico. Perspectives for 2015. *ResearchGate*. doi: 10.13140/RG.2.1.3306.8647
- Deaker, R., Roughley, R., & Kennedy, I. (2004). Legume Seed Inoculation Technology—A Review. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(8), 36, 1275-1288. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.009>
- Díaz Álvarez, M. E. (2002). Determinación experimental de los parámetros de trabajo de un peletizador de semillas de arroz y soya con biofertilizantes. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11, 29-32. Recuperado el 29 de Mayo de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93211106>
- Díaz-Álvarez, M. E. (2004). Influencia de las propiedades físicas de las semillas en los parámetros de trabajo del peletizador de tambor rotativo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(1), 9-14. Recuperado el 11 de Agosto de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93213103>
- Dongsheng, F., Chunguang, J., & Youwang, Z. (2017). Granuladora de semillas. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060192410/publication/CN107318306A?q=seed%20pelleting%20machine>.

- FAO. (1991). Recuperado el marzo de 2022, de Tratamiento previo de la semilla: fao.org/3/AD232S/ad232s10.htm#ch8
- FAO. (3 de junio de 2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 9 de junio de 2023, de <https://www.fao.org/news/story/es/item/417367/icode/>
- FAO. (2023). *Semillas*. Recuperado el 25 de Marzo de 2023, de <https://www.fao.org/seeds/es/>
- Fengyi, W., Yongqi, S., & Maoqing, P. (01 de 03 de 2022). *Peletizadora de semillas*. Obtenido de Espacenet: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/080410128/publication/CN215912481U?q=centrifugal%20seed%20pelletizing%20machine>
- fitosanitaria, Dirección general de inspección. (2019). *Guía general para certificación de mercancías reguladas por la sader, importadas por fines comerciales*. México: Senasica.
- Geetha, V., & Balamurugan, P. (2011). Organic seed pelleting in mustard. *Research Journal of Seed Science*, 4(3), 174-180. doi:10.3923/rjss.2011.174.180
- Giménez-Sampaio, T., Victor-Sampaio, N., & Dúran- Altisent, J. M. (1992). Recubrimiento de semillas. *Agricultura revista agropecuaria*, 138-144. Recuperado el 4 de Febrero de 2023, de https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_1992_715_138_144.pdf
- Grazia, J., Tittone, P., & Chiesa, A. (2001). Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 16(3), 356-365. Recuperado el 4 de Febrero de 2023
- Guangwei, S., Xiaofeng, C., Lifang, s., Wei, L., Jinkun, C., & Fuli, X. (20 de 04 de 2018). *Máquina automática de recubrimiento de semillas*. Obtenido de Spacenet: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/061939704/publication/CN107926210A?q=centrifugal%20seed%20pelletizing%20machine>
- Guangwei, S., Xiaofeng, C., Lifang, S., Wei, L., Jinkun, C., & Fuli, X. (30 de 08 de 2018). *Máquina de recubrimiento de semillas de cambio automático*. Obtenido de Spacenet: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062992923/publication/CN207678224U?q=centrifugal%20seed%20pelletizing%20machine>
- Huxu, Jun, F. J., & Hongwei, S. (2016). Máquina de píldoras de semillas ligeras.
- J., C. G. (2020). *Producción de semillas hortícolas*. Buenos Aires: INTA.
- Jun, G. Y., & Wanlin, L. (13 de 08 de 2021). *Dispositivo de procesamiento de peletización de semillas*. Obtenido de Espacenet: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/077203413/publication/CN213938813U?q=vegetable%20seed%20pelletizing%20machine>
- Jun, J., Zhiwei, L., Deyun, L., Qiufeng, F., Jinghi, H., & Xingpeng, W. (2023). Peletizadora de semillas. (CN115643856A). Obtenido de <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/084990198/publication/CN115643856A?q=small%20seeds%20pelletizing%20machine>
- Kim, D. H., Pavon, F. M., & Cantliffe, D. (2000). Germination of primed, pelled, and film-coated lettuce seeds before and after storage. *113*, 256-259.
- Lagôa, A. D., Ferreira, A. C., & Vieira, R. D. (2012). Plantability and moisture content of naked and pelleted seeds of supersweet (Sh2) corn during cold storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes*, 34(1), 39-46. doi:<https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000100005>

- Longgao, S., Xuesong, J., WangyU, & Zhonghua, W. (2022). Peletizadora de semillas.
- Mandal, A. B., Mondal, R., Dutta, S., & Mujkherjee, P. (2015). Seed enhancement through priming, coating and pelleting for uniform crop stand and increased productivity. *Journal of the Andaman Science Association*, 20(1), 26-33.
- Medianeira-Bertagnolli, C., Lemos de Menezes, N., Storck, L., Souza dos Santos, O., & Lourenço-Pasqualli, L. (2003). Comportamiento de semillas de lechuga pelada y peletizada (*Lactuca sativa* L.) expuestas a estrés hídrico y térmico. *Revista Brasileira de semillas*, 25(1). doi:<https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000100002>
- Moya-López, C. (2000). Producción de semillas de tomate manual para productores. *INCA*, 1-17. Recuperado el 29 de Mayo de 2023, de https://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/produccion_semillastomate.pdf
- Odorizzi, A., V., A., D.H., B., & S., S. (2017). Efecto del porcentaje de pildorado sobre la implantación y productividad de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agriscientia*, 34(1), 71-77. Recuperado el 25 de Mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2017000100007
- Poblete-Lecler, R. H. (1999). *Efectos de la peletización y priming de semillas en tomate [Lycopersicon esculentum M] y la lechuga [Lactuca sativa L], bajo condiciones de invernadero y laboratorio*. Chile: Chile Universidad Mayor. Recuperado el 18 de enero de 2023, de <http://repositorio.umayor.cl/xmlui/handle/sibum/719>
- Qin, L., He, J., Lee, S. K., & Dodd, I. C. (2007). An assessment of the role of ethylene in mediating lettuce (*Lactuca sativa*) root growth at high temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 58(11), 3017-3024. doi:<https://doi.org/10.1093/jxb/erm156>
- Quintero, I., Zambrano, J., Cabrita, M., & Gil, R. (2000). Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga *Lactuca sativa* L. *Rev. Fac. Agron.*, 17, 482-491.
- Rodriguez-Maturano, E. (2021). Producción de semilla de cebolla (*Allium cepa*) peletizada con microorganismos benéficos en el municipio de Mizque. *UMSS*. Recuperado el 12 de Enero de 2023, de <http://hdl.handle.net/123456789/23439>
- Rozo G. C., C. G. (2021). Empleo de *Tricoderma* spp. para el control de enfermedades y producción más limpia en lechuga. *revista ambiental agua, aire y suelo*, 24-38.
- Saavedra R., G. (12 de julio de 2017). *Taxonomía, botánica y valor nutritivo*. Obtenido de file:///D:/88122/escritorio/Maestria2/Tesis%20IAUIA/INIA_Libro_0051.pdf
- Salinas-L., A. G. (2016). Efecto sobre la calidad de la germinación en diferentes lotes de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Repositorio UNE*. Recuperado el 4 de Abril de 2023, de <http://repositorio.une.edu.py/handle/123456789/249>
- Scoot, J. M. (1989). Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy*, 42, 43-83. doi:[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60523-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60523-4)
- SIAP. (18 de Marzo de 2023). Obtenido de Al alza, producción y exportación de lechuga mexicana: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-y-exportacion-de-lechuga-mexicana?idiom=es>
- Turini, T., Cahn, M., Cantwell, M., Jackson, L., Koike, S., Natwick, E., . . . Takele, E. (2011). Iceberg Lettuce Production in California. 1-6. doi:<http://dx.doi.org/10.3733/ucanr.7215>
- Vergani B, I. N. (2018). Efecto de la peletización con inóculos promotores de crecimiento de semillas de maca (*Lepidium meyenii*) como alternativa a la inoculación en líquido. Lima, Perú: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4040/vergani-boza-italo-nestor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Recuperado el 23 de Agosto de 2022,

de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4040/vergani-boza-italo-nestor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Víctor- Sampaio, N., & Giménez-Sampaio, T. D.-A. (1992). Recubrimiento de semillas. *Revista agropecuaria y ganadera*(715), 138-144. Recuperado el 3 de Agosto de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=738>

Xuming, X., Shude, S., Yinbo, Z., Weidong, C., & Hongmei, W. (03 de 09 de 2021). *Novedoso equipo auxiliar de ranulación de semillas de remolacha*. Obtenido de Espacenet: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/077479524/publication/CN113330854A?q=vegetable%20seed%20pelleting%20machine>

PARÁMETROS AGROTÉCNICOS DE LA SEMILLA DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) PARA LA MECANIZACIÓN DEL PELETIZADO

AGROTECHNICAL PARAMETERS OF LETTUCE SEED (*Lactuca sativa* L) FOR PELETIZATION MECHANIZATION

Resumen

El presente trabajo fue encausado a determinar los parametros agrotecnicos de la semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L), para ello se tomó una muestra aleatoria del tipo parrish island, se obtuvieron las medidas de las dimensiones con un vernier digital, despues los datos se procesaron estadísticamente obteniendo un promedio de largo entre 3.94 mm y 5.4mm, el ancho entre 1.08mm y 1.8mm, el espesor entre 0.058mm y 0.74mm, posteriormente se realizó el pesaje de semillas con una báscula analítica digital, adquiriendo 0.0015g de peso promedio de una semilla y teniendo un total de 877 semillas por gramo, para el análisis estadístico se obtuvo el número de clase igual a 7; el ancho de clase para largo, ancho, espesor, un valor de 0.243, 0.12, 0.113 respectivamente; finalmente se establecieron los limites inferior y superior para las siete clases obteniendo un histograma de frecuencia para cada una de las dimensiones.

Palabras clave: Análisis, histograma, hortaliza, investigación, mediciones.

Tesis de Maestría en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Oneyda Oyorzabal Marquez

Director de tesis: Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

Abstract

The present work was directed to determine the agrotechnical parameters of the lettuce seed (*Lactuca sativa L*), for this a random sample of the parrish island type was taken, the measurements of the dimensions were obtained with a digital vernier, then the data were statistically processed obtaining an average length between 3.94 mm and 5.4mm, the width between 1.08mm and 1.8mm, the thickness between 0.058mm and 0.74mm, subsequently the weighing of seeds was carried out with a digital analytical scale, acquiring 0.0015g of average weight of a seed and having a total of 877 seeds per gram, for the statistical analysis the class number equal to 7 was obtained; the class width for length, width, thickness - a value of 0.243, 0.12, 0.113 respectively; Finally, the lower and upper limits were established for the seven classes, obtaining a frequency histogram for each of the dimensions.

Keywords: Analysis, histogram, vegetable, research, measurements

Master's Thesis in Agricultural Engineering and Integral Water Use, Universidad Autónoma Chapingo, Mexico.

Author: Oneyda Oyorzabal Marquez

Thesis Director: Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

1. Introducción

Existe la necesidad de implementar tecnología y formas de manejo de producción eficientes que demanda el mercado (Rios & Miller, 2020). Para el cumplimiento de estas demandas es necesario realizar nuevos métodos de siembra como lo es usando la peletización de la semilla. Para eso es importante conocer sus propiedades agro-técnicas que dependen frecuentemente del tipo y especie de las semillas, de las condiciones climáticas en que se desarrollaron, del método de limpieza y de la humedad que posean (Cedeño & Gonzalez Utria, 2012). La lechuga es el cultivo de mayor importancia entre las hortalizas de hoja, (Grazia, Tittonell, & Chiesa, 2001), su siembra se realiza mediante semillas, que son especialmente sensibles a las variaciones de humedad y temperatura del medio donde germinan, pudiéndose ver afectadas en la germinación y el vigor (Bertagnolli, Menezes, de, Santos, & Pasqualli, 2003). La semilla es botánicamente un aquenio, definido como un fruto seco e indehiscente de una sola semilla, (Saavedra, Corradini, & Antúnez, 2017) con una latencia que va de 2 a 6 meses, pueden conservarse hasta por 4 años con 10°C de temperatura y una humedad relativa del 30%, Halsouet; Miñambres, (2005) citado por (Salinas-L., 2016), una CE de $10.2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Contreras-S. & Barros-M., 2005), la operación de siembra presenta dificultades, hecho que ha estimulado el uso de los más variados tratamientos en las semillas, entre los que destaca el peletizado (Bertagnolli, Menezes, de, Santos, & Pasqualli, 2003). El objetivo del trabajo es estudiar los parámetros agro-técnicos de la semilla de lechuga (*Lactuca Sativa* L.) para el diseño de maquinaria para llevar a cabo la peletización de las semillas.

2. Materiales y metodología

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo donde se trabajó con semillas de lechuga de la variedad parrish island, para realizar el análisis estadístico se calibro una balanza analítica digital para obtener el peso promedio de una sola semilla y un gramo de semillas (figura 1), posteriormente se hizo el conteo de estas. De las semillas pesadas se tomó una muestra de tipo estocástica, para medir las dimensiones en largo (mm), ancho (mm) y espesor

(mm), para esto se usó un vernier digital y se registraron los datos obtenidos en el programa de Excel.

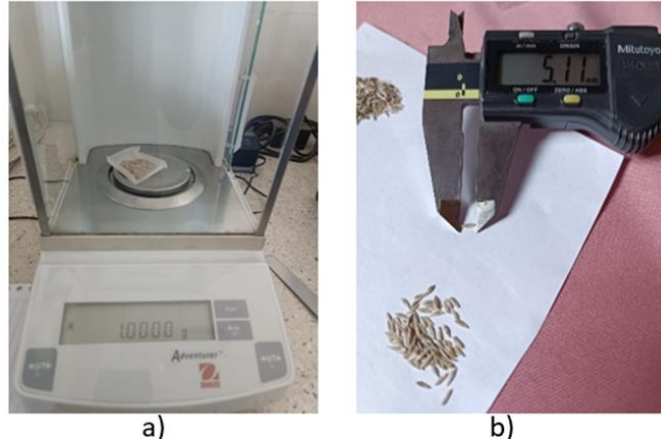


Figura 3. A) peso de un gramo de semillas en una balanza digital, b) medición del largo de semilla con vernier digital

Con las dimensiones obtenidas se determinó matemáticamente el número de clases con la metodología descrita por (Díaz, 2023) y/o la regla de Sturges, ecuación 1, para establecer las clases.

$$c = 1 + 3.322 \log N \quad (1)$$

Donde: c: Número de clases; N: Número de datos

El logaritmo es base 10.

Como segundo paso se tiene la determinación del ancho de las clases. Para ello se emplea la ecuación 2

$$a = \frac{r}{c - 1} \quad (2)$$

Donde: a: ancho de la clase; r: rango, es decir el valor máximo menos el mínimo;
c: número de clases

Continuando con la metodología se establecieron los límites para cada clase, donde el valor mínimo (min) representa el punto medio de la primera clase, cuya amplitud es $(\min-(a/2), \min+(a/2)]$, que incluye todos los números mayores a $\min-(a/2)$ y menores o iguales a $\min+(a/2)$.

Con estos datos se procedió a la realización del análisis estadístico para la obtención de los histogramas de frecuencia de cada una de las dimensiones.

3. Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se observan los valores obtenidos del estudio estadístico, donde se tiene que la semilla de lechuga (*Lactuca sativa L*) es relativamente pequeña, en promedio una semilla pesa 0.0015g y un gramo contine 877 semillas.

Cuadro 3. Datos obtenidos del análisis estadístico de las semillas de lechuga

No.	Largo	Ancho	Espesor
Promedio	4.667 mm	1.4174 mm	0.57356 mm
Máximo	5.4 mm	1.8 mm	0.74 mm
Mínimo	3.94 mm	1.08 mm	0.058 mm
Desviación estandar	0.370202647	0.149731869	0.092008243
Rango (Max-Min)	1.46	0.72	0.682
Número de clase	7	7	7
Ancho de clase (a)	0.243	0.12	0.113
Límites para la primera clase	3.818 -4.061	1.02 -1.14	0.001-0.114

De acuerdo con el número de clases obtenidas se obtuvo límite inferior y superior cuadro y con ello se calculó la frecuencia y con ello se realizó el histograma figura 2 se muestra el histograma de frecuencia del largo de las semillas donde se muestra que le mayor porcentaje de repetición es 26% se encuentra en un rango de 5.033 a 5.0276 mm.

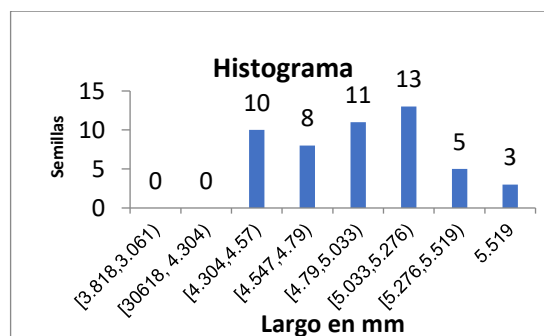


Figura 4. Histograma de frecuencia del largo de las semillas

En el cuadro 3 se obtienen los resultados obtenidos de las 7 clases para el ancho de las semillas, donde también se presenta la frecuencia obtenida que se presenta entre los límites inferior y superior, en la figura 3 se tiene el histograma del ancho de semilla obteniendo el 34 % como mayor porcentaje de frecuencia en el rango 1.5 a 1.62 mm.

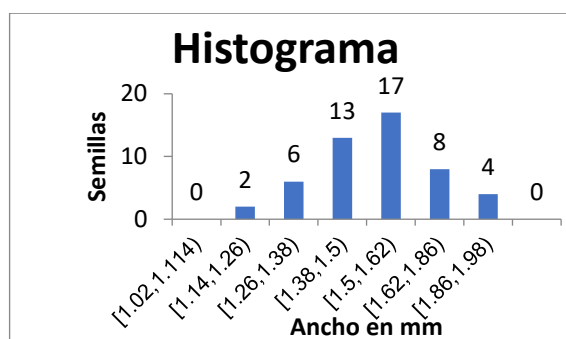


Figura 5. Histograma de frecuencia del ancho de las semillas

En el cuadro 3 se obtienen los resultados obtenidos de las 7 clases para el espesor de las semillas, donde también se presenta la frecuencia obtenida que se presenta entre los límites inferior y superior, en la figura 4 se tiene el histograma del espesor de semilla obteniendo el 58 % como mayor porcentaje de frecuencia en el rango 0.679 a 0.792 mm.

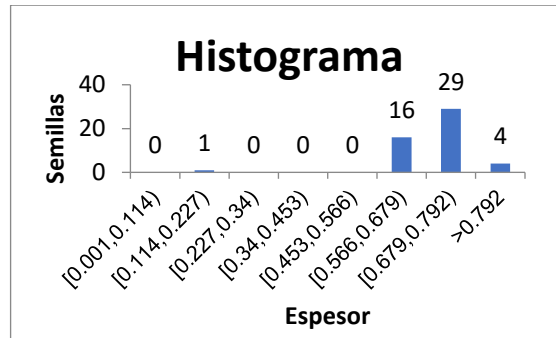


Figura 6. Histograma de frecuencia del espesor de las semillas

4. Conclusiones

Los parámetros agrotécnicos son de suma importancia para la limpieza y clasificación de las semillas; las características de las semillas están determinadas por su constitución genética y la interacción con el ambiente, los análisis estadísticos obtenidos son buenos para cualquier tipo de investigación para la mejora de los cultivos, como lo es la peletización de las semillas haciendo uso de nuevas tecnologías agrícolas.

Referencias

- Bertagnolli, C. M., Menezes, N. L., de, S. L., Santos, O. S., & Pasqualli, L. L. (2003). Comportamiento de semillas de lechuga pelada y peletizada (*Lactuca sativa* L.) expuestas a estrés hídrico y térmico. *Revista Brasileira de semillas*, 25(1). doi:<https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000100002>
- Cedeño, J., & Gonzalez Utria, E. (2012). Desarrollo y montaje de un laboratorio de máquinas agrícolas (1ra parte). Edu.cu. Recuperado el 25 de Agosto de 2023, de <https://repositorio.uho.edu.cu/bitstream/handle/uho/213/Tesis%20Jean%20Cede%c3%b1o%20Oro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Contreras-S., & Barros-M. (2005). Pruebas de vigor en semillas de lechuga y su correlación en emergencia. *Ciencias e investigacion agraria*, 32(1), 3-11. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/8474/000376595.pdf>
- Díaz, L. M. (2023). Nuevos modelos de solubilidad de cuarzo y silice amorfa basados en estudios de geoquimiometría e interacción agua-roca. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 29 de Agosto de 2023, de <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000838504/3/0838504.pdf>
- Grazia, J., Tittone, P., & Chiesa, A. (2001). Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg*, 16(3), 356-365. Recuperado el 4 de Febrero de 2023
- Rios, P., & Miller, J. (2020). *Rendimiento y calidad de la lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Great Lakes 659, al aplicar fertilizante orgánico y químico en el distrito de Lamas*. Universidad Nacional de San Martín, facultad de ciencias agrarias. Obtenido de <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4353>
- Saavedra, G., Corradini, F., & Antúnez, A. (2017). Manual de producción de lechuga. 27-31. Recuperado el 8 de noviembre de 2022, de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29500>
- Salinas-L., A. G. (2016). Efecto sobre la calidad de la germinación en diferentes lotes de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Repositorio UNE*. Recuperado el 4 de Abril de 2023, de <http://repositorio.une.edu.py/handle/123456789/249>

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE SEMILLAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa*_L.)

DESIGN AND SIMULATION OF A LECHUGA (*Lactuca sativa*_L.) SEED PELETIZING MACHINE

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito el desarrollo de una máquina peletizadora de semillas de semillas (*Lactuca sativa*_L.), se compone por dos tolvas para almacenar la semilla, un mecanismo de automatización de agente líquido así como de polvo y una tolva peletizadora con un mecanismo de posición de ángulo, el diseño se realizó aplicando la metodología del modelo de Pahl, Beitz, en los que se incluye el diseño conceptual donde se realizaron las tareas com: los requerimientos del agricultor, parametros, revision de literatura entre otros para llegar al diseño a detalle, teniendo como resultado un prototipo el cual se le aplico un analisis estatico estructural con el software solidworks 2022, esto con el objetivo de ver su comportamiento que presentaria en la vida real, lo cual para los diferentes elementos se selección como material el acero ASMT A36, despues se sujetaron a diferentes fuerzas, generando un mallado de alta calidad para todos los elementos y con factor de seguridad mayor a 3, lo que indica que el diseño es optimo.

Palabras clave: Peletizado, semillas, diseño, prototipo.

Tesis de Maestría en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Oneyda Oyorzabal Marquez

Director: Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

Abstract

The present work has as purpose the development of a seed pelletizing machine for seeds (_Lactuca sativa_L.), it is composed by two hoppers to store the seed, a mechanism of automation of liquid agent as well as powder and a pelletizer hopper with a mechanism of angle position, the design was carried out applying the methodology of the model of Pahl, Beitz, which includes the conceptual design where the tasks were carried out com: the requirements of the farmer, parameters, literature review among others to reach the detailed design, resulting in a prototype which was applied a structural static analysis with solidworks 2022 software, this with the aim of seeing their behavior that would present in real life, which for the different elements was selected as material ASMT A36 steel, then subjected to different forces, generating a mesh of high quality for all elements and with safety factor greater than 3, indicating that the design is optimal.

Keywords: Pelletizing, seeds, design, prototype.

Master's thesis in Agricultural Engineering and Integral Water Use, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Oneyda Oyorzabal Marquez

Director: Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

1. Introducción

Dada la necesidad de aumentar las respuestas de la agricultura para la alimentación humana, las investigaciones se han orientado hacia el desarrollo de nuevas tecnologías (Peña & Reyes, 2007). En México el problema radica en la falta de máquinas para pequeños productores, el comercio de maquinaria agrícola es principalmente de importación y aunque en la actualidad existen desarrollos tecnológicos en los países de primer mundo, este tipo de maquinaria solo está al alcance de agricultores a gran escala a causa de alto costo y sus grandes dimensiones, la estadística marca que el 80% de los productores agrícolas poseen predios menores a cinco hectáreas, esto trae como consecuencia la dependencia de maquinaria extraída de diferentes partes del mundo, que no terminan de acoplarse a las condiciones agrícolas del país (Velázquez-Miranda, 2019).

Es por ello por lo que se requiere de la implementación de nuevos diseños de máquinas para satisfacer las necesidades, partiendo de la obtención de los requisitos y la proyección del agricultor que nos lleva a realizar las tareas para encontrar la solución (Pahl, Beitz, Feldhusen J, & Grote K, 2007). El diseño en la ingeniería se considera como un proceso iterativo de toma de decisiones de la innovación (Budynas-G & Nisbett-Keith, 2012) y ajustes para cumplir con las necesidades requeridas por un producto viable, permitiendo la construcción y la integración de nuevos sistemas/productos que están sujetos a restricciones dinámicas (Briede-Westermeyer, Cabello-Mora, & Hernandis-Ortuño, 2014).

El proceso de mecanizado de recubrimiento de semillas surge como respuesta a las dificultades para adquirir costosos modelos extranjeros para recubrir pequeña semilla como la de lechuga (*Lactuca sativa* L), (Díaz -Álvarez, 2004). La peletización con la cual se protege a la semilla de factores externos que impiden su germinación y, las enmiendas al suelo, las cuales incrementan la biomasa del suelo con sustancias orgánicas que conducen a la eliminación de patógenos y la regulación microbiana del suelo (Guardado-Torres, Ramírez-Segovia, & Rivas-

Flores, 2019). El potencial de la peletización es amplio debido a todos los componentes, a la diversidad de microorganismos que se pueden incorporar en los mismos y a los materiales de bajo costo de los que están hechos (Vergani-Boza & Zúñiga-Dávila, 2018). En este trabajo se diseñó una máquina peletizadora de laboratorio en el software solidworks 2022 para realizar la investigación del proceso de peletizado de la semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L). El software para diseño asistido por computadora (CAD), permite el desarrollo de diseños tridimensionales a partir de los cuales pueden producirse vistas ortogonales convencionales, integra herramientas de productividad y simulación por elemento finito que lo hace uno de los estándares de diseño mecánico (Gomez-Gonzalez, 2010).

2. Materiales y métodos

2.1 Diseño conceptual

El diseño conceptual, es la etapa temprana en el diseño de nuevos productos, donde se definen aspectos importantes del producto final (Briede-Westermeyer, Cabello-Mora, & Hernandis-Ortuño, 2014).

La importancia de la formulación correcta del problema conduce a obtener los resultados prometedores, es por ello por lo que la investigación se inicia realizando paso a paso para descubrir si existe alguna extensión o incluso un cambio en la tarea original (Pahl, Beitz, Feldhusen J, & Grote K, 2007). En la (Figura 1) se presentan las funciones que pueden cumplir con los parámetros para tener una máquina peletizadora de semillas de lechuga.

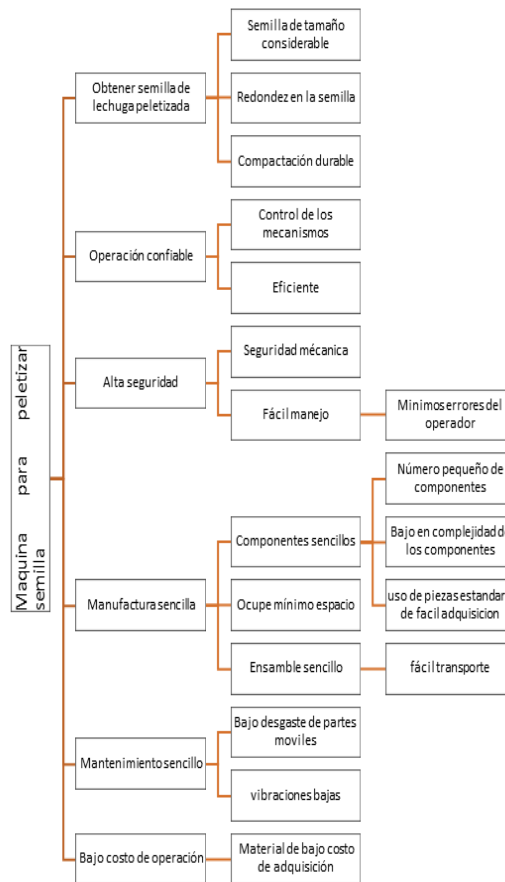


Figura 7 Árbol de funciones para el diseño de una máquina peletizadora de semillas de lechuga

2.3 Identificación de los problemas esenciales de la lista de requisitos

para una aclaración de tarea (Pahl & Beitz, 2007) recomiendan una herramienta importante, hacer uso de una lista de requisitos como se muestra en el cuadro 1 con esto se concentra la atención en los problemas involucrados y se llega a el entendimiento a nivel particular de la información, para tener las límites que presenta cada función.

Cuadro 4. Requerimientos para el diseño de la máquina peletizadora de semillas

Cambios	D	Requerimientos
	d	
06/12/22	D	Máquina para laboratorio
	d	Anchura máxima de 1 m
	d	Peso máximo de 30 kg
	d	Productividad
	D	Fuente energética: 2 motores
	d	15 a 70 rpm
	D	Sistema para pulverización de líquidos
	D	Sistema para pulverización de polvos
	d	Sistema de secado de los pelets
	d	Porcentaje de peletizado mayor al 90%
	D	Operación silenciosa
	D	Forma y estética agradable
	D	Ensamble sencillo
	D	Manejo sencillo y conveniente
	D	Fácil mantenimiento y reparación sencilla
	D	Calidad de las semillas (volumen, redondez, compactación)
	d	Precio aproximado: \$15,000.00

2.4 Función global

Los requisitos determinan la función que representa la relación general prevista entre las entradas y las salidas (Pahl, Beitz, Feldhusen J, & Grote K, 2007). En la (Figura 2) se presentan las entradas y salidas y el flujo de energía.

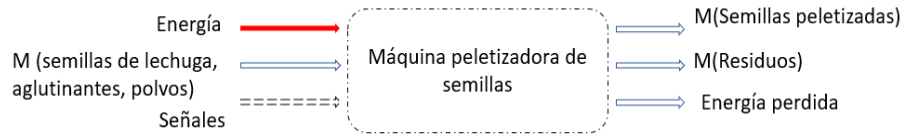


Figura 8. Función global de la máquina peletizadora de semillas

Análisis funcional de la máquina peletizadora de semillas esto con el objetivo de descomponer funciones complicadas para determinar subfunciones que faciliten la búsqueda posterior de soluciones y así poder combinar estas subfunciones en una estructura funcional simple e inequívoca (Pahl, Beitz, Feldhusen J, & Grote K, 2007). Algunas de las funciones para la máquina peletizadora de semillas que se presentan en la (Figura 3) son las siguientes: Almacenar la semilla, almacenar los aglutinantes, almacenar los nutrientes, mezcla de todos los componentes anteriores.

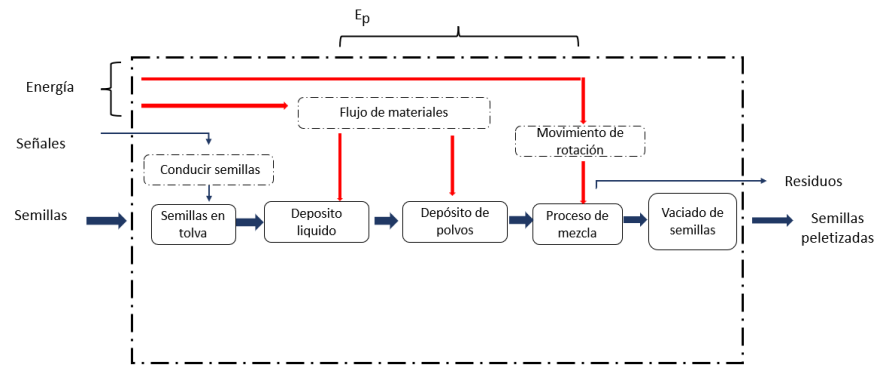


Figura 9. Subfunciones de la máquina peletizadora de semillas

2.5 Determinación de los principios de solución

Es preciso encontrar principios de funcionamiento para las diversas subfunciones propuestas anteriormente y, en última instancia, estos principios deben combinarse en una estructura de funcionamiento. La concreción de la estructura de trabajo conducirá a la solución principal. Un principio de funcionamiento debe reflejar el efecto físico necesario para el cumplimiento de una función determinada y también sus características geométricas y materiales (Pahl, Beitz, Feldhusen J, & Grote K, 2007). En el cuadro 2 se muestran los principios de solución para cada subfunción para la máquina peletizadora de semilla de lechuga para obtener las variantes de solución

Cuadro 5. Cuadro con los principios de funcionamiento

Subfunción		Principios de solución				
		A	B	C	D	E
1	Almacenar materiales	Tolvas	Sacos			
2	Depositar semilla	Manual	vertedera	Manguera		
3	Depositar líquidos	Atomizar manual	Pulverizador automático	Descarga por rampa	Difusor de fertilizante	
4	Depositar polvos	Manual	Dosificador de ranuras	Descarga por rampa		
5	Accionamiento para la peletización	Engranajes rectos	catarinas	bandas		
6	Depósito para realizar la mezcla	Recipiente de tambor	Hormigonera	Disco	Marmita	Cono peletizador
7	Sacar semillas	Manual	Vaciado	Mediante vertedor		

La consolidación de las principales variantes de solución permite tomar una decisión segura sobre la solución principal más adecuada, las estructuras de trabajo seleccionadas deben desarrollarse hasta un estado que permite la evaluación (Pahl, Beitz, Feldhusen J, & Grote K, 2007). a continuación, se tiene la combinación de los principios de solución con el establecimiento de las diferentes variantes.

Variante 1. 1. A - 2.B - 3.B - 4.C-5. A - 6.A - 7.C

Variante 2. 1.B – 2.B – 3.B – 4.B – 5.B – 6.B – 7.C

Variante 3 1.B – 2.A – 3.C – 4.C – 5.D -6. A – 7.B

Al obtener las variantes esto requiere de los dibujos conceptuales adecuados, los bocetos a menudo no proporcionan suficiente detalle para evaluar qué tan bien las propuestas cumplen sus funciones, es por ello por lo que se requiere de la selección de una variante y realizar la evaluación de todos los parámetros para llegar al diseño a detalle de esta, para este trabajo se seleccionó la variante 1, misma que se somete una evaluación.

2.6 Diseño a detalle

La máquina se compone de tres sistemas, sistema de pulverizado líquido y sólido, sistema de peletización y el sistema de tamizado de las semillas peletizadas, para ello se diseñó un chasis para adaptar los tres sistemas, (Figura 4) se muestra el chasis diseñado en el CAD, usando perfil PTR y perfiles este es un tubo utilizado para armar estructuras que no requieren gran tamaño y peso, tiene una excelente resistencia a la compresión y a la torsión y puede tener forma rectangular o cuadrada.

Para este trabajo se seleccionó PTR cuadrado de 1X1 in, calibre 14, que tiene un espesor de 0.075mm. en los anexos se encuentra el formato A4 donde se especifican todas las dimensiones de largo, ancho y altura. Y de acuerdo con los datos proporcionados por solidworks se tienen las siguientes propiedades del

ASTM A36, modulo elástico de 2039420 kgf/cm², relación de Poisson de 0.26 N/A y limite elástico de 2549.275 kgf/cm².



Figura 10. Chasis de PTR diseñado en SolidWorks

2.6.1 Análisis, calculo y validación del chasis

El software de cálculo y validación Solidworks simulación, somete los diseños a condiciones idénticas que se experimentaría en la realidad, aumentando la calidad de los productos al tiempo que reduce el costo de sus prototipos con las pruebas virtuales en las fases iniciales del desarrollo de producto integradas en CAD ayudan a comercializar los productos más rápido reduciendo un tiempo considerable gracias a que se utiliza un menor número de prototipos físicos (Solidworks, 2023). El Método de Elemento finito (FEM) es una técnica numérica para analizar diseños de ingeniería complejos y robustos y está aprobado como el método de análisis estándar debido a su generalidad y compatibilidad para ser implementado en computadoras (Budynas-G & Nisbett-Keith, 2012). El Método de elementos finitos predice el comportamiento del modelo mediante la combinación de la información obtenida a partir de todos los elementos que conforman el modelo.

Se realizó el análisis de simulación de esfuerzos estáticos bajo una carga (CAE), estos estudios estáticos denominados también como estudios de tensión,

calculan desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad. La importancia de este análisis estático es que puede dar los valores mínimos y máximos donde puede fallar el diseño y el material que se ha escogido, mostrando de esta manera los resultados de tensiones que exceden el límite elástico del material y las tensiones que se generan.

Para ello se le aplicaron las sujeciones y cargas en el sólido virtual, las sujeciones se aplican en la parte de la pieza donde no requiere ningún movimiento, (Figura 5) muestra las sujeciones que se requiere en un ambiente real para la máquina. Para definir la carga se tiene un total de 150N, resultado del peso de cada uno de los componentes que conforman la máquina, tolvas, semillas, aditamentos, chumaceras, tolva tambor rotativo, motor, caja de componentes, rejilla.

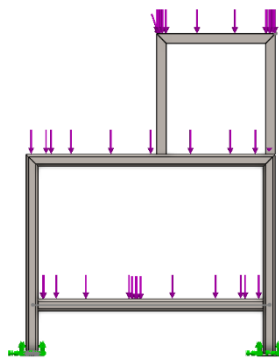


Figura 11. Cargas y sujeciones para el análisis del chasis

El análisis de elementos finitos (FEM) proporciona una técnica numérica fiable para analizar los diseños de ingeniería. El proceso empieza con la creación de un modelo geométrico. A continuación, el programa subdivide el modelo en pequeñas porciones de formas (elementos) simples conectadas en puntos comunes (nodos). Los programas de análisis de elementos finitos consideran el modelo como una red de elementos discretos interconectados.

El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El mallado automático en el software genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla. El control de malla le permite especificar diferentes tamaños de elementos de componentes, caras, aristas y vértices, en la (Figura 6), se muestra una malla de tipo combinada basada en curvatura, con 16 puntos jacobianos de alta calidad y un total de 475116 nodos.

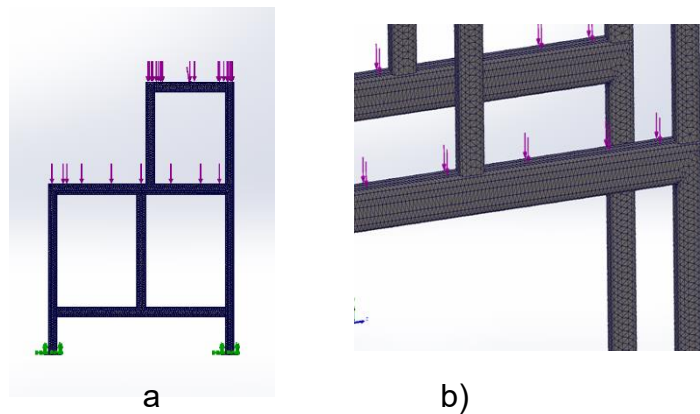


Figura 12. a) Malla generada para el chasis, b) malla combinada basada en curvatura

2.6.2 El factor de seguridad

Es la máxima carga que puede tolerar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales, su uso es considerablemente pequeño que la última carga. Esa carga más pequeña se conoce como carga permisible y/o carga de trabajo de diseño. Así solo una fracción de la última capacidad de carga del elemento se utiliza cuando es aplicada la carga permisible (Rios-Q & Rocancio, 2007).

$$FOS = \frac{\text{límite elástico del material. (LE)}}{\text{Esfuerzo máximo de von Mises. (\sigma)}} \quad (1)$$

Donde:

LE- límite elástico del material, MPa

σ - esfuerzo de máximo de von mises, MPa

Calculo y análisis de la soldadura del chasis

Para la unión de los PTR la soldadura por arco con electrodo metálico recubierto (SMAW) para el proceso SMAW de acuerdo con la norma NMX-H-86 deben emplearse electrodos con bajo hidrogeno, estos deben seleccionarse previendo que la soldadura depositada sea compatible con las propiedades mínimas del metal base, para el acero ASTM A36 se eligió un electro de E6011. De la tabla 9-3 del libro (Budynas-G & Nisbett-Keith, 2012) menciona que la resistencia a la tensión es 427 MPa, resistencia a la fluencia de 345 Mpa con una elongación porcentual de 17-25.

De la tabla 9-6 del libro de (Budynas-G & Nisbett-Keith, 2012) menciona que para los elementos con espesores de hasta un ¼ de pulgada se recomiendan un espesor de filete de 1/8 pulgada, por lo que el área se calcula con la siguiente ecuación 2.

$$A = 1.414 * h * d \quad (2)$$

$$A = 1.414 * \frac{1}{8} * 1.59 = 0.28 \text{ in}^2$$

$$I_u = \frac{d^3}{6} = \frac{1.59^3}{6} = 0.66 \quad (3)$$

$$I = 0.707h * I_u$$

$$I = 0.707 * \frac{1}{8} * 0.66 = 0.05 \text{ in}^4 \quad (4)$$

Donde:

A= Área del cordón de soldadura (in²)

I_u =Segundo momento de área unitaria (in^3)

h = garganta de la soldadura (in)

d = Longitud de cordón de soldadura (in)

I = segundo momento de área (in^4)

El esfuerzo cortante primario en el cordón de soldadura esta dado por

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (4)$$

Donde:

τ' =Esfuerzo cortante primario en la soldadura (psi)

V = Fuerza cortante (lb)

A = área de la soldadura (in^2)

$$\tau' = \frac{22.04\text{lb}}{0.28\text{in}^2} = 78.7\text{psi}$$

El esfuerzo cortante secundario en la garganta se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad (5)$$

Donde:

M = Momento flector sobre la soldadura (lb in)

c = distancia media entre los cordones de soldadura (in^4)

$$\tau'' = \frac{22.04lb * 20in * \frac{1}{16}in}{0.05in} = 551psi \quad (5)$$

Por lo que el esfuerzo máximo al que está sometido la soldadura está definido por la ecuación 6.

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \quad (6)$$

$$\tau_{max} = \sqrt{78.7^2 + 551^2} \quad (6)$$

$$\tau_{max} = 556.59psi \quad (6)$$

Con lo anterior el esfuerzo permisible para el material de aporte del código AISC y sometido a carga de flexión con la información que se presenta en la tabla 9-4. Se tiene $\tau_{per} = 0,60S$ por lo que $\tau_{per} = 0,60(50ksi)$ $\tau_{per} = 30 ksi$

Comparando el esfuerzo que soportara la soldadura con el esfuerzo permisible se puede concluir que esta no fallara. $\tau_{per} = 30 ksi$, $\tau_{max} = 556.59 ksi$

En la (Figura 7) se muestra el análisis de soldadura de una sección del chasis....

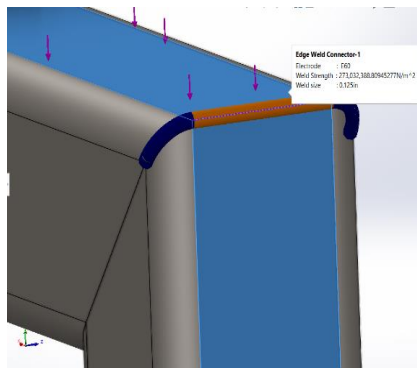


Figura 13. análisis de soldadura realizado en SolidWorks

2.7 Tolvas de almacenamiento

Como parte de los componentes de la máquina se tiene las tolvas para almacenar los granos de semilla de lechuga y las sustancias líquidas, la estructura está diseñada para canalizar y dosificar estos materiales (Figura 8), la parte inferior está compuesta por una compuerta donde se va vertiendo el material esto con ayuda de sus paredes inclinadas, donde al final sale por una pequeña abertura para ser manipulado en la tolva de peletizado. En los anexos se encuentran los planos a detalle de la tolva con todas sus dimensiones.

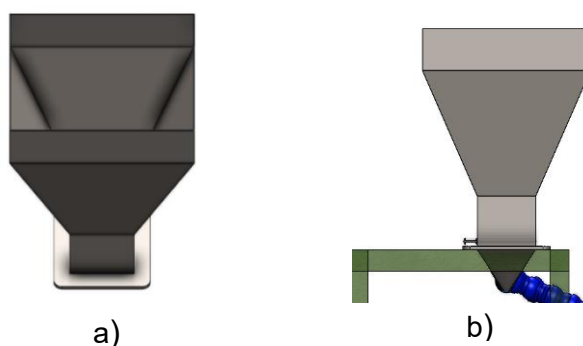


Figura 14. a) Tolva para sólidos, b) tolva para líquidos

2.8 Tolva para peletizar las semillas

También se tiene la tolva para llevar a cabo la granulación de semillas, en la (Figura 9) se muestra la tolva, donde se tiene un material de acero inoxidable grado alimenticio, con una altura de 26 cm y un diámetro de 22cm con capacidad para 8 litros, en la sección de los anexos se encuentra su formato A4.



Figura 15. Tolva para la peletización de semillas

2.9 Soporte de la tolva

Es un componente que va a estar sujetando a la tolva con el objetivo de que pueda realizar el vaciado y también permite la rotación de la tolva, la placa es de acero inoxidable ASM A36 con un espesor 3/16 in (4.75mm) en la (Figura 10) se muestra el diseño. En los anexos se encuentra el formato A4, con todas sus especificaciones.



Figura 16. Soporte de la tolva, diseñado den SolidWorks

2.10 Diseño de la tamizadora para los pellets

Las características significativas de las partículas que establecen el rendimiento de la mayoría de los equipos de clasificación de sólidos son el contenido de humedad, con las partículas completamente secas son fáciles de clasificar; el Índice de esfericidad de Waddell (ϕ), donde se menciona que un $\phi \sim 1$ son fáciles de clasificar; coeficiente de rugosidad de las partículas (n), este valor afecta el movimiento de las partículas y el bloqueo entre las mismas; y el segundo momento de inercia (I), las partículas con momentos de inercia bajos requieren de poca fuerza para cambiar su velocidad y rotación. (Rotich, Tuunila, & Louhi-Kultanen, 2015) y la fluidez, que es la capacidad de fluir de sólidos y granulares de la manera deseada dentro/sobre una pieza específica de equipo” Xiaowei et al., 2012 citado por (Rotich, Tuunila, & Louhi-Kultanen, 2015) El tamaño y forma (esfericidad) de la semilla de lechuga son necesarios para el diseño de mecanismos de clasificación y control de calidad (Rojas- Barahona & Aristizábal-Torres, 2011).

Determinación de la esfericidad, para ello se aplicó la ecuación 1 (Mohsenin, 1980).

$$\phi = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L} \quad (7)$$

Donde: L; longitud, W; Ancho y T; Espesor

De acuerdo con los datos obtenidos en el capítulo dos se tiene en promedio las siguientes dimensiones de la semilla, L=4.66mm, W=1.41mm y T=0.57, sustituyendo en la ecuación 1, se tiene el siguiente resultado.

$$\phi = \frac{(5.4mm * 1.8mm * 0.74mm)^{\frac{1}{3}}}{5.4mm} = 0.36 \quad (8)$$

Se eligió material un acero inoxidable AISI 304 por lo que se tomaron los siguientes datos de los catálogos, una lámina perforada de calibre 28 con un espesor de 0.4mm y un diámetro de perforación que va desde 0.8mm a 25.4 mm. Por lo que se eligió un diámetro de perforación de los 0.8 mm de diámetro y la placa en forma rectangular. En la (Figura 11) se presenta el diseño realizado en SolidWorks y en el anexo se encuentran los farmatos A4 generados para el CAD SolidWorks.

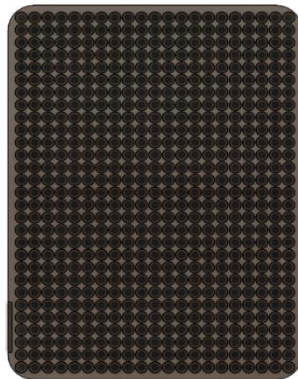


Figura 17. Tamizadora diseñada en solidworks

Así mismo se realizó el ensamble de las tolvas para la salida de los pellets en los anexos se encuentran los formatos A4 con todas sus especificaciones. La (Figura 12), muestra el diseño final de este componente.

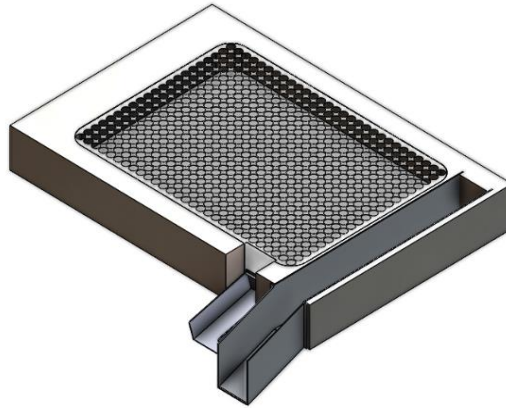


Figura 18. Tamizadora completa

2.11 Las chumaceras

La chumacera es una combinación de un rodamiento radial de bolas, sello, y un alojamiento de hierro fundido de alto grado o de acero prensado, suministrado de varias formas, la superficie exterior del rodamiento y la superficie interior del alojamiento son esféricas, para que la unidad sea auto-alineable (SKF, 2023).

Para la selección de las chumaceras se utilizó el catálogo SKF, como dato importante es el diámetro de los rodillos, que es de 3/8 in, por lo que se eligió una chumacera P2B 010-FM, con un diámetro en el eje de 15.875mm, altura del centro 30.16mm, ancho total del soporte 32.2 mm, distancia del centro entre los orificios para tornillos 92.08mm, ancho del rodamiento total 28.6 mm, con una capacidad de carga dinámica básica de 9.56N, capacidad de carga estática 4.75 kN y con una velocidad límite de 9500 r/min. (SKF, 2023) en la (Figura 13)se muestra la chumacera y en los anexos se encuentra el formato A4, donde se presentan todas sus dimensiones indicadas anteriormente.



Figura 19. Chumacera P2B0110-FM de 3/8 in

3. Resultados y discusiones

3.1 Resultados y discusiones del chasis

La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Sin embargo, el software le permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer su propio límite de tensión, en la (Figura 14) se muestran las tensiones von Mises con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 3.58 N m^2 (MPa) en el nodo 385946, al comparar el límite elástico del acero se tiene 250 MPa, lo cual está dentro de los valores permitidos.

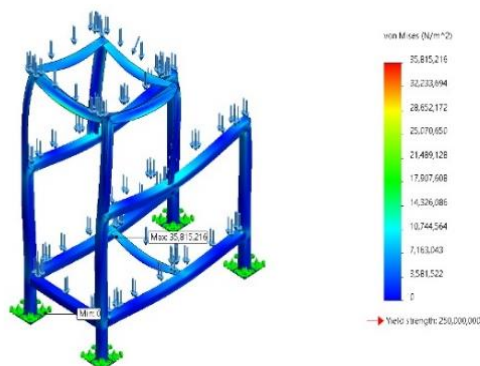


Figura 20. Tensiones presentadas en el chasis

Al realizar una prueba de desviación, la superficie de los objetos se muestra como un gradiente de colores, con cada tonalidad representando un grado específico de desviación, de acuerdo con una escala en pantalla etiquetada “URES”. Esto es llamado una trama de desplazamiento estático, en la (Figura 15) se muestran los resultados del desplazamiento teniendo como máximo 1.49 mm en el nodo 469272 y un mínimo de 1.00mm en el nodo 40885.

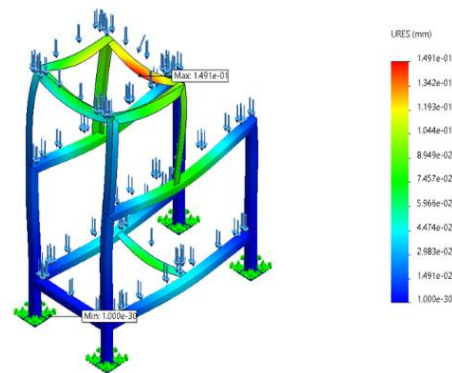


Figura 21. Desplazamiento presentado el chasis

En la (Figura 16) se presenta se observan la deformación unitaria estática con un mínimo de 0 en el nodo 92306 y un máximo de 9.039×10^{-05}

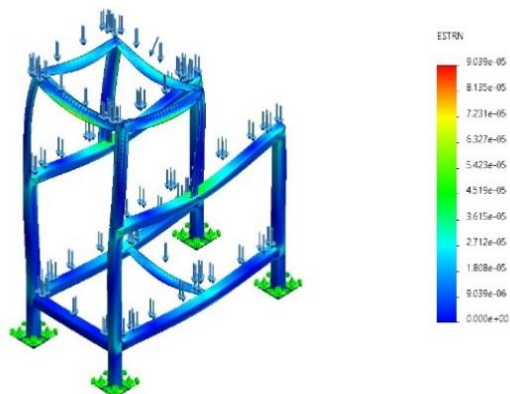


Figura 22. Deformación unitaria estatica

Se debe de asegurar que en el diseño tenga un factor de seguridad (FOS) ≥ 1 es muy importante señalar que hay dos tipos de cargas, carga de diseño y una carga de operación. La carga de diseño es la que se debe considerar para que el diseño sea óptimo. Por tanto, se tiene que el material ASTM A36 tiene un límite elástico de 250 MPa y un límite de tensión máximo de von Mises que presentó el estudio de Solidworks de 35.40 Mpa, aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado.

$$FOS = \frac{250}{35.40} = 7.0 \quad (1)$$

En la (Figura 17) se presenta el factor de seguridad es 7 lo que sugiere que la estructura no va a fallar sometido a estas cargas.

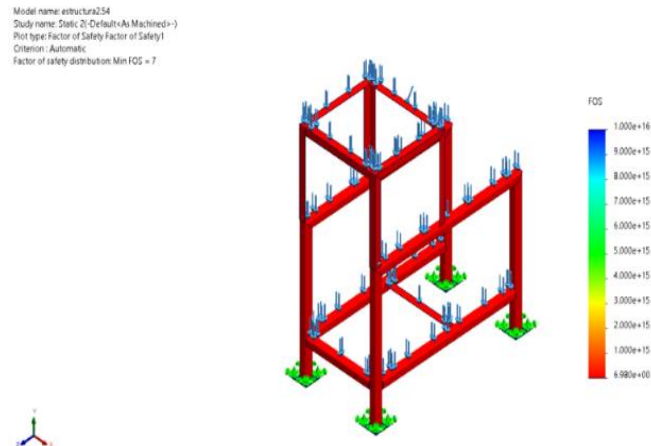


Figura 23. Factor de seguridad calculado por SolidWorks

3.2 Resultados y análisis de la tolva

Se realizó un análisis de movimiento en el software SolidWorks para encontrar los RPM adecuados para la elección del motor, como se observa en la (Figura 18) se comenzó el análisis con 100 RPM lo cual, de acuerdo con los resultados del comportamiento en tiempo real, antes del cumplimiento de los cuatro minutos, más de la mitad de semilla sale de la hormigonera.

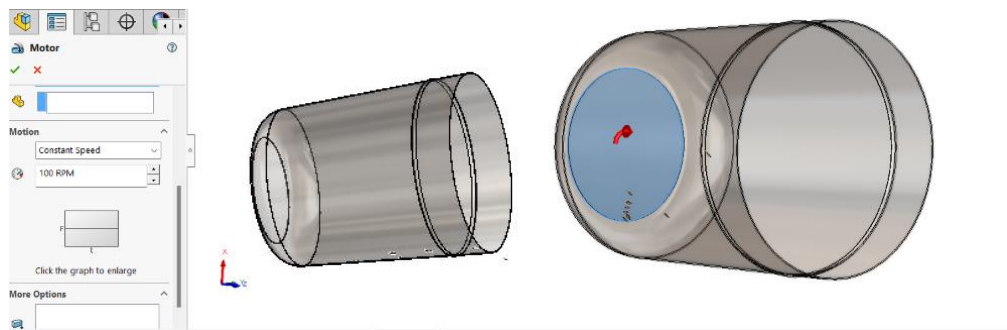


Figura 24. Análisis de movimiento de la semilla de lechuga en la tolva

En la (Figura 19) se muestra el análisis con 53 rpm, donde toda la semilla se mantiene dentro de la superficie de la hormigonera lo que nos indica los rpm aproximados para realizar el trabajo de granulación de semillas.

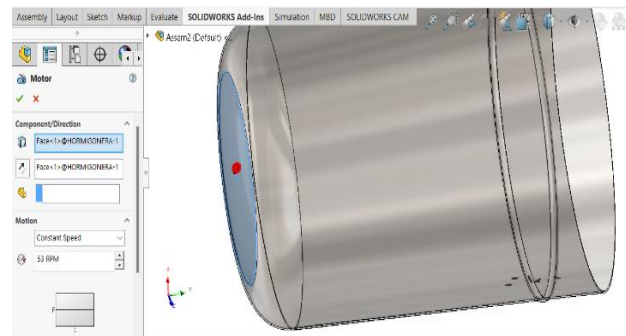


Figura 25. La Semilla de lechuga se mantiene dentro de la tolva hormigonera

3.3 Resultados y discusiones del soporte de la tolva

Se realizó el análisis estático teniendo como resultado un mallado sólido de alta calidad con 16 puntos jacobianos y un total de 64330 nodos, en la (Figura 20) se muestra las tensiones von Mises con un valor mínimo de 0.00080 Mpa en el nodo 1187 y un valor máximo de 1.43 Mpa, al comparar el límite elástico del acero se tiene 250 Mpa. Lo cual está dentro de los valores permitidos.

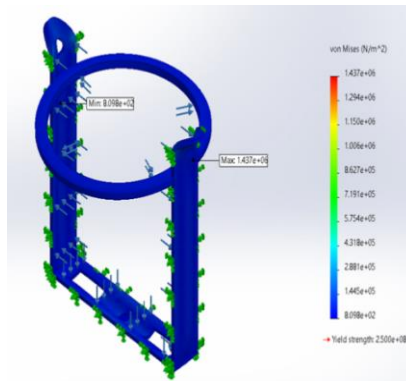


Figura 26. Tensiones generadas por el software SolidWorks

La (Figura 21) se muestran los resultados del desplazamiento, mínimo de 0 en el nodo 11 y un máximo de 1.2 mm en el nodo 1878.

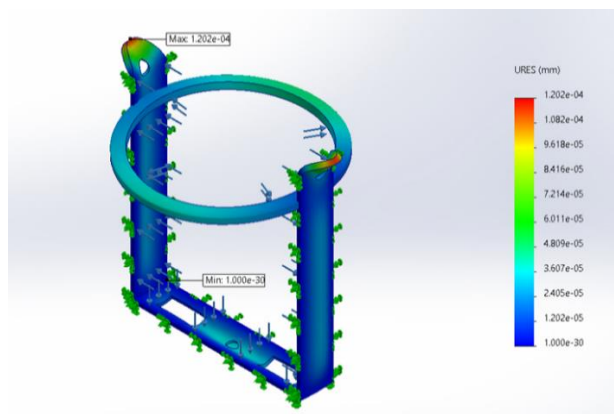


Figura 27. Desplazamiento en el soporte

El material ASTM A36 tiene 250 MPa como límite elástico, el límite de tensión máximo de von Mises que presentó el estudio de Solidworks de 1.43 Mpa, aplicando la ecuación 1 se obtiene el siguiente resultado.

$$FOS = \frac{250}{1.43} = 174 \quad (1)$$

En la (Figura 22) se muestra el resultado obtenido por la modelación de solidworks lo que indica que el factor de seguridad es óptimo para las condiciones a las que se someterá.

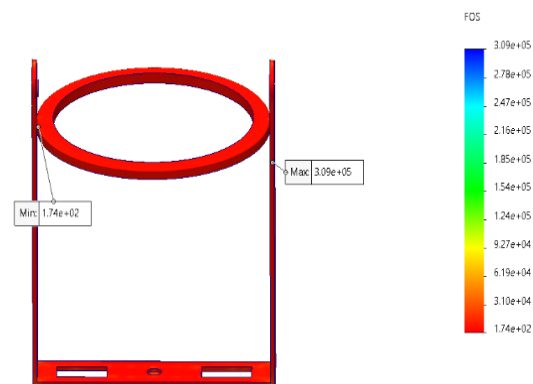


Figura 28. Factor de seguridad mayor a 1

3.4 Resultados de la placa de posicionamiento

El soporte de la tolva tiene como objetivo mantener el posicionamiento de la tolva cuando este en el momento giratorio o para vaciar las semillas granuladas, el diseño se realizó basándose en un modelo de brida con un diámetro de 22.86 cm (9in), el material seleccionado es AISI 304, se le realizó una simulación en estático, con una malla de 16 puntos jacobianos, calidad de la malla alta y un total de nodos de 117197, en la (Figura 23) se tiene el resultado de la simulación con una tensión de von Mises con un mínimo de $3.456 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ en el nodo 36594 y un máximo de $6.083 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

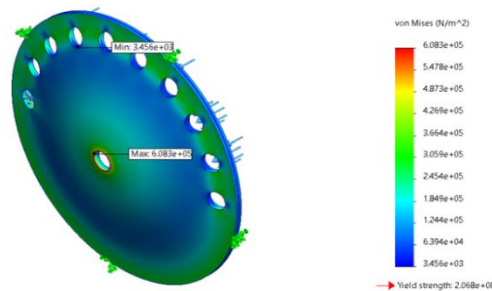


Figura 29. Tensión Von Mises generada por SolidWorks

En la (Figura 24), se tiene los resultados del desplazamiento, en el nodo 1 se tiene el mínimo de 0.00 y en el nodo 554416 se tiene un desplazamiento máximo de 1.25 mm, también se obtuvo una deformación en el nodo 51205 con un mínimo de 3.225×10^{-8} y un máximo de 2.170×10^{-6} en el elemento 56275.

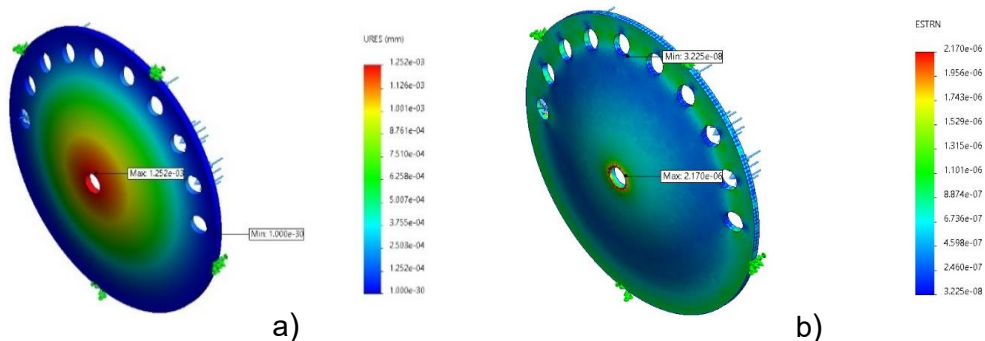


Figura 30. a) Desplazamiento y b) deformación en la placa

El factor de seguridad generado en el análisis está por encima del valor deseado cumpliendo con los requisitos de diseño, en la (Figura 25) se muestra el factor de seguridad con un valor mínimo de 3.39 en el nodo 117063 y un máximo en el nodo 36594 con un valor de 59.83. soportando una carga tres veces mayor a la que fue sometida. En los anexos se encuentran los formatos A4 de este diseño.

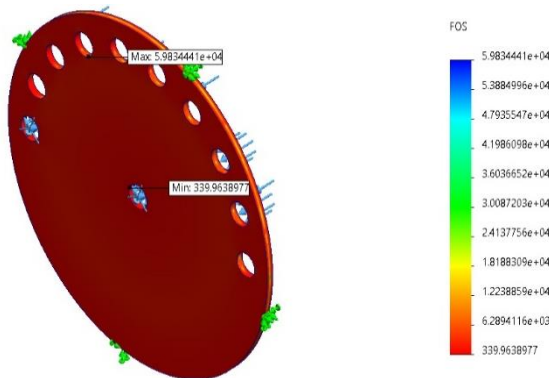


Figura 31. Factor de seguridad generado por SolidWorks

4. Resultados generales

En la (Figura 26) se tiene el diseño CAD de la máquina peletizadora de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L). Las dimensiones nominales de la máquina son 53 centímetros de largo, 25 centímetros de ancho y 66 centímetros de alto. Está constituida por una estructura soporte (1), dos tolvas (2), pulverizador (3) placa de posición (4), chumaceras (5), perno como tensor (6) tamizadora (7), tolvas de descargue (8), motor (9), caja de control (10), tolva marmita (11), soporte de la tolva (12) con el material seleccionado acero ASTM A36 en forma de perfiles rectangulares PTR, la tolva peletizadora de acero inoxidable grado alimenticio, barras de acero de acero ASTM A36 para el soporte de la máquina y una lámina perforada de calibre 28 acero inoxidable AISI 304 para la tamizadora.

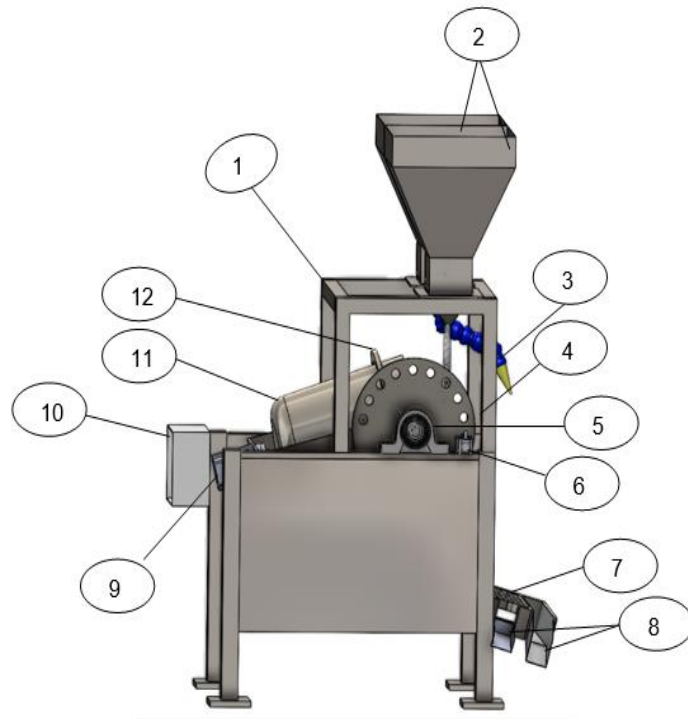


Figura 32. Esquema de la maquina peletizadora de semillas de lechuga

5.Conclusiones

Se desarrollo el diseño de la máquina peletizadora de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con el programa SolidWorks, este software fue una herramienta muy importante para la simulación y validación de los cálculos del factor de seguridad de los elementos que fueron analizados donde presentaron un valor mayor a 3, también se obtuvieron los formatos A4 de los diferentes componentes.

Agradecimientos

El equipo de trabajo agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnologías CONAHCYT por el apoyo económico durante el desarrollo de este trabajo, un sincero agradecimiento a la Universidad Autónoma Chapingo, al posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua por todo el apoyo en cuanto a los tramites y apoyo económico, así mismo al Departamento de

Ingeniería Mecánica Agrícola por el apoyo económico para la participación en un congreso.

Literatura citada

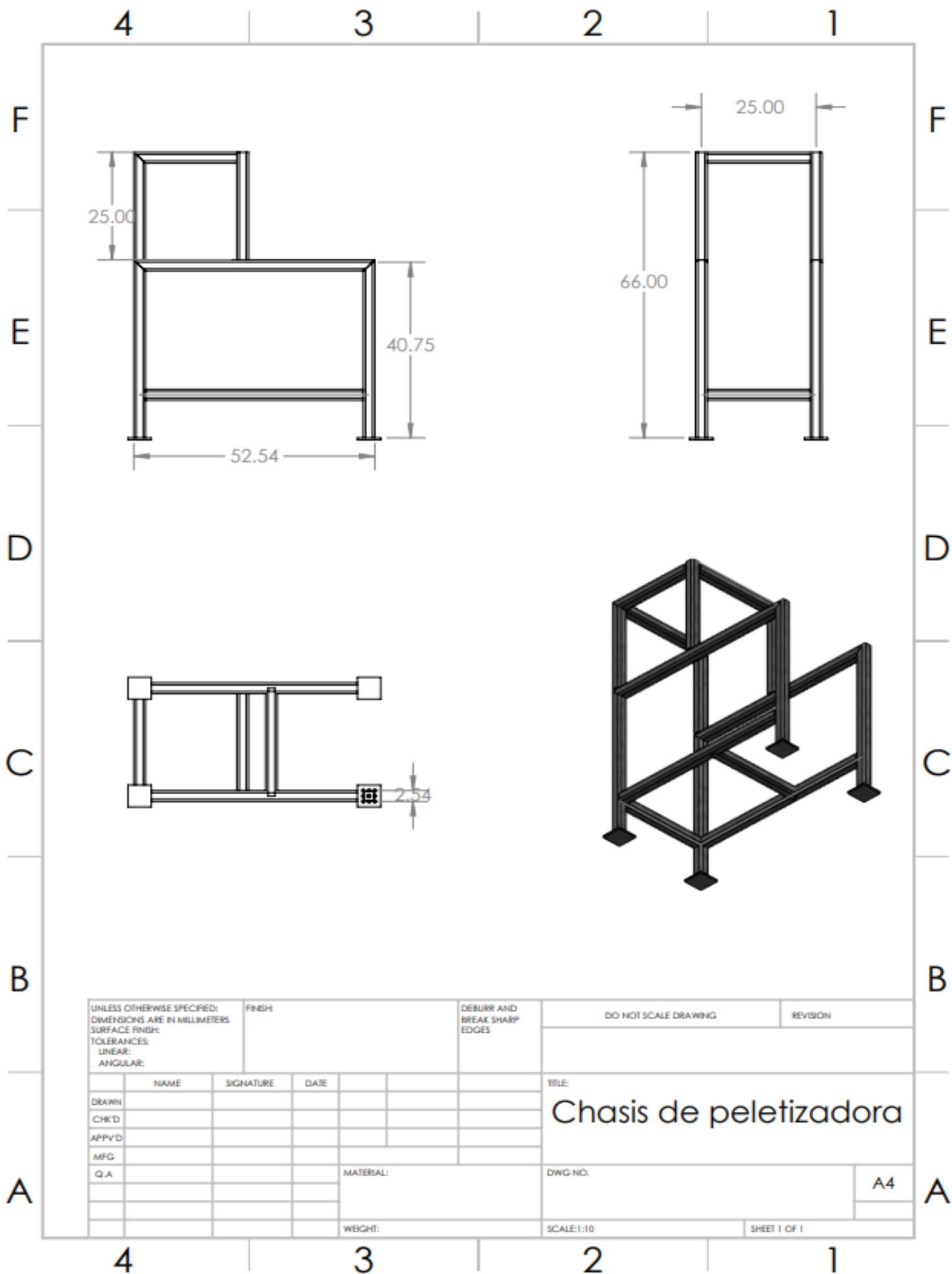
- Briede-Westermeyer, J. C., Cabello-Mora, M., & Hernandis-Ortuño, B. (2014). Concurrent sketching model for the industrial product conceptual design. *DYNA*, 81(187), 199-208. Retrieved Marzo 11, 2023, from <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n186.41068>
- Budynas-G, R., & Nisbett-Keith, J. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw Hill.
- Díaz -Álvarez, M. E. (2004). Influencia de las propiedades físicas de las semillas en los parámetros de trabajo del peletizador de tambor rotativo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 13(1), 9-14. Retrieved Marzo 11, 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/932/93213103.pdf>
- Gomez-Gonzalez, S. (2010). *Solidworks simulación*. México: Alfaomega. Retrieved from 978-607-538-628-7
- Guardado-Torres, Y., Ramírez-Segovia, D., & Rivas-Flores, A. (2019). Control biológico del añublo sureño (*Sclerotium rolfsii* L.) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con *Trichoderma harzianum* R. y tres biopreparados como enmienda al suelo y tratamiento a la semilla. *Agrociencia*, 11(9), 5-11. Retrieved Abril 16, 2023, from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63207609/diciembre-2018-enero-201920200505-63313-ujfjr6-libre.pdf?1588705420=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_Agrociencia_diciembre_2018_enero.pdf&Expires=1681695969&Signature=M47CQA00Rnd4iGq
- Mohsenin, N. N. (1980). Physical properties of plant and animal materials : structure, physical characteristics and mechanical properties. doi:38614061
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen J, & Grote K, -H. (2007). *Engineering Design a systematic approach* (3rd english ed.). London: Springer. Retrieved Noviembre 4, 2023
- Peña, H. B., & Reyes, I. (2007). Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción de crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Interciencia*, 32(8), 560-565. Retrieved Abril 17, 2023, from http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442007000800013&script=sci_arttext
- Rios-Q, L. C., & Rocancio, E. (2007). Analysis and development of a program of fase selection of factors of safety, for design of mechanical elements. *Scientia et technica*, 3(35), 255-260.
- Rojas- Barahona, Á. F., & Aristizábal- Torres, I. D. (2011). Efecto del Contenido de Humedad sobre Propiedades Físicas de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellin*, 64(1), 5961-5971. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922364019>
- Rotich, N., Tuunila, M. R., & Louhi-Kultanen. (2015). Empirical study on the effects of screen inclination and feed loading on size classification of solids by gravity,. *Minerals Engineering*, 70, 162-169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.09.012>.
- SKF. (2023). *Soportes de pie con rodamientos de bolas*. Retrieved from <https://www.skf.com/mx/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-P2B%20010-FM>

- Solidworks. (2023). *SOLIDWORKS. Qué es y para qué sirve*. Retrieved from <https://solid-bi.es/solidworks/#:~:text=SOLIDWORKS%20es%20un%20software%20de,proceso%20de%20desarrollo%20del%20producto>.
- Velázquez-Miranda, E. (2019). *Los sistemas de producción agrícola en México: una propuesta metodológica para el diseño de maquinaria agrícola basada en un enfoque sistemático*. México: Instituto Politécnico Nacional. Retrieved Mayo 14, 2023, from <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/28715>
- Vergani-Boza, I., & Zúñiga-Dávila, D. (2018). Efecto de la inoculación y peletización en la germinación y crecimiento de plantas de maca (*Lepidium meyenii* W.) a nivel in vitro e invernadero. *Revista Peruana de Biología*, 25(3), 329-334. Retrieved Noviembre 11, 2023, from <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i3.14035>

6. Conclusiones generales

Se desarrollo la máquina peletizadora de semillas de lechuga, aplicando las tareas mencionadas por el modelo de diseño de Pahl y Beitz, lo que implica sus tres fases: definición, diseño conceptual y diseño de detalle, para lo que en la etapa de la definición se obtuvieron los parámetros agrotecnicos de la semilla, en el diseño conceptual se definieron las necesidades a cumplir de la máquina, evaluando los posibles soluciones al problema y posteriormente mediante catálogos se obtuvieron los dibujó en 3D cada uno de sus elementos que componen la máquina, y a su vez todos los formatos A4 de cada una de ellos, estos se realizaron en el software SolidWorks 2022 y finalmente se realizó el análisis estático al chasis de la máquina, al soporte de la tolva, placa de posicionamiento, obteniendo resultados satisfactorios para el diseño propuesto.

1. Anexos

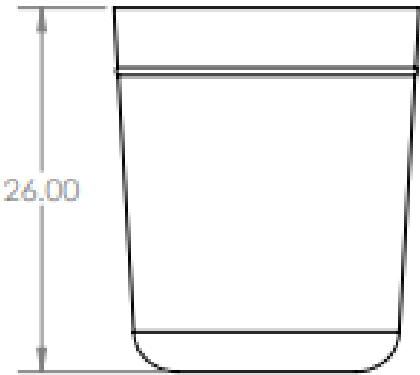
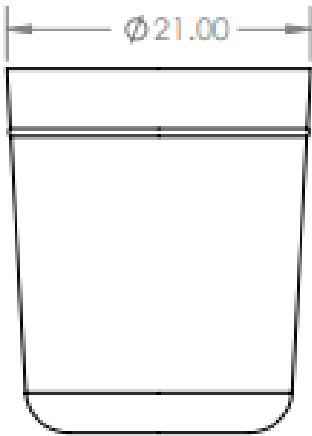


2

1

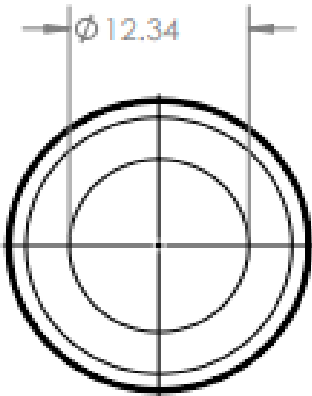
B

B



A

A



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		DIMENSIONS ARE IN INCHES		NAME	DATE	
		TOLERANCES:		DRAWN		
		FRACTIONAL		CHECKED		
		ANGULAR: MATCH	SEND	ENG. APPR.		
		TWO PLACE DECIMAL		MFG. APPR.		
		THREE PLACE DECIMAL		Q.A.		
		MATERIAL		COMMENTS		
		FINISH				
		USED ON				
		APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			
			HORMIGONERA			
			SCALE: 1:1		REV.	
			WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	

2

1

4

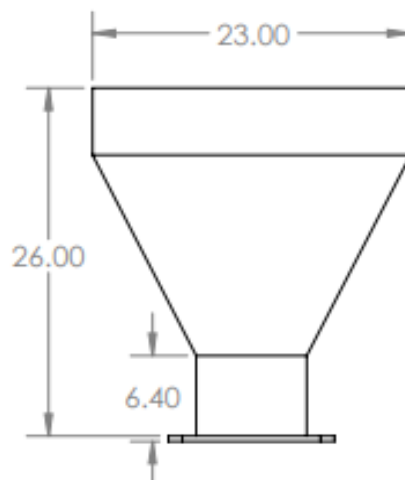
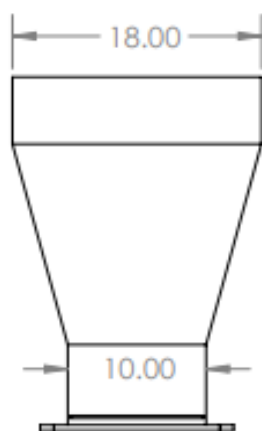
3

2

1

F

F

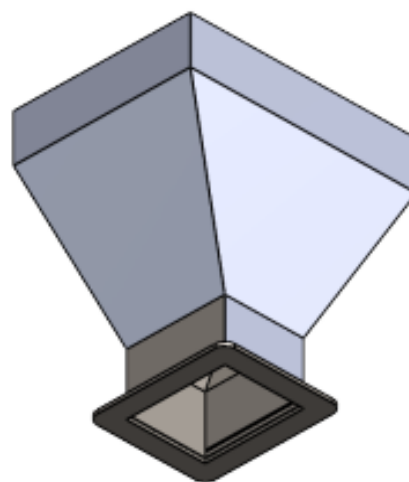
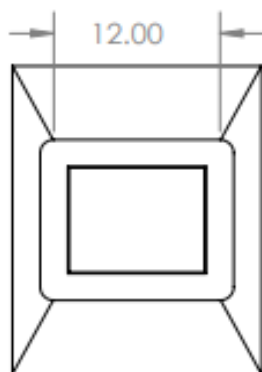


E

E

D

D



C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: Tolva			
DRAWN		Ing. Oneyda O									
CHK'D											
APP'VD											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										A4	
								WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	

A

A

4

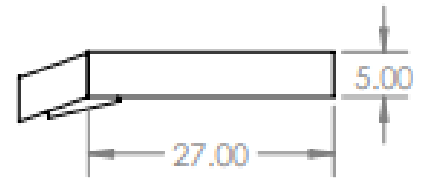
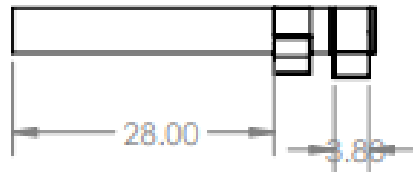
3

2

1

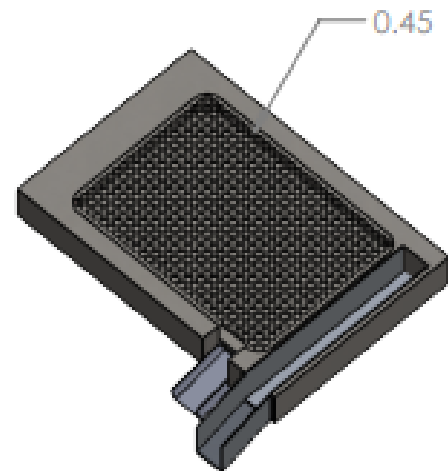
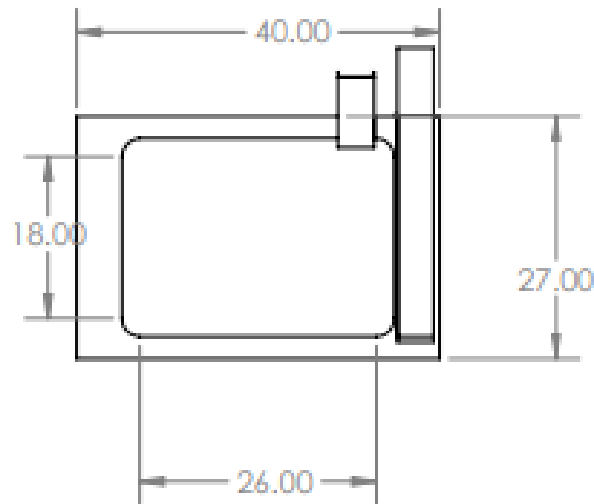
2

1



B

B



A

A

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

		DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: FRACTIONAL: ANGULAR: MACH: BEND: TWO PLACE DECIMAL: THREE PLACE DECIMAL:	NAME	DATE	Rejilla
			DRAWN		
			CHECKED		
			ENG APPR.		
			MFG APPR.		
		MATERIAL	Q.A.		
		FINISH	COMMENTS		
NEXT ASSY	USED ON				
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING			
			SCALE: 1:10		WEIGHT
			SHEET 1 OF 1		

2

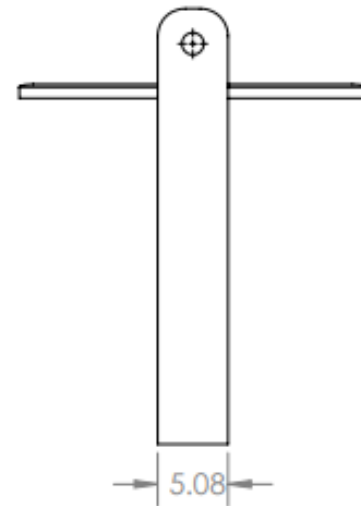
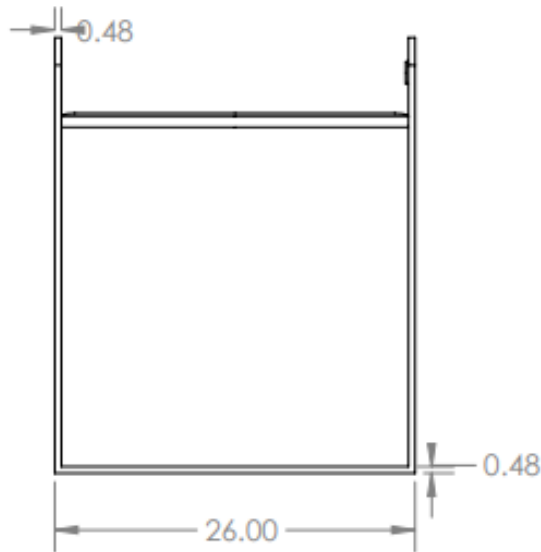
1

2

1

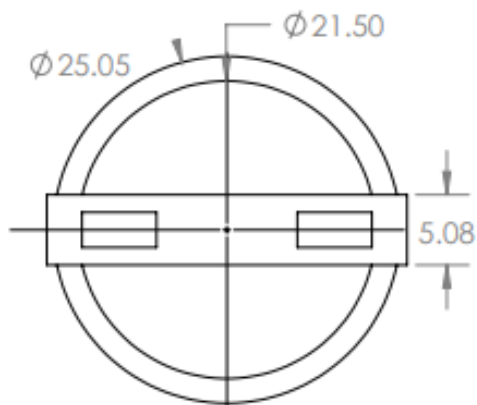
B

B



A

A



		DIMENSIONS ARE IN INCHES		NAME	DATE	soportedelatorva de la tolva
		TOLERANCES:		DRAWN	Ing. Oneyda O	
		FRACTIONAL ±		CHECKED		
		ANGULAR: MACH ± BEND ±		ENG APPR.		
		TWO PLACE DECIMAL ±		MFG APPR.		
		THREE PLACE DECIMAL ±				
		MATERIAL		Q.A.		
		FINISH		COMMENTS:		
NEXT ASSY	USED ON					
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				
				SCALE: 1:5		WEIGHT: SHEET 1 OF 1

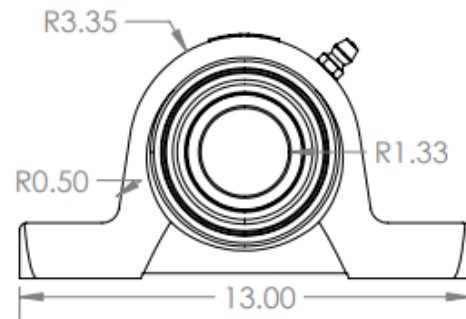
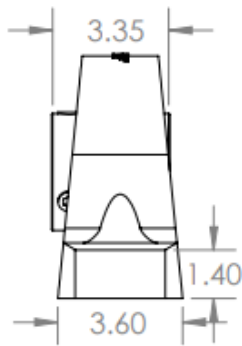
2

1

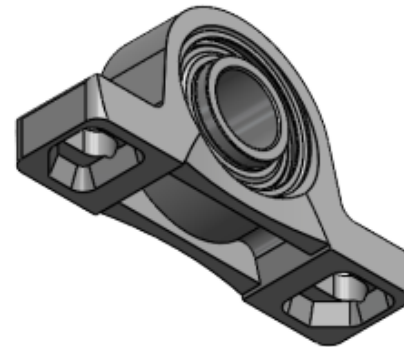
2

1

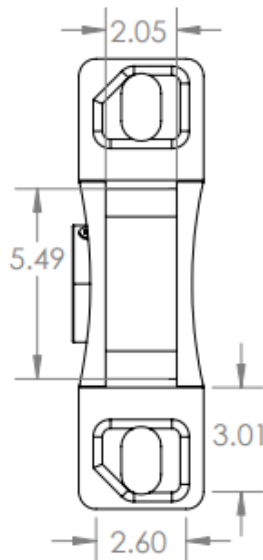
B



B



A



A

		DIMENSIONS ARE IN INCHES		NAME		DATE	
		TOLERANCES:		DRAWN			
		FRACTIONAL: $\pm$		CHECKED			
		ANGULAR: MACH: $\pm$ BEND: $\pm$		ENG APPR.			
		TWO PLACE DECIMAL: $\pm$		MFG APPR.			
		THREE PLACE DECIMAL: $\pm$		Q.A.			
		MATERIAL		COMMENTS:			
		FINISH					
		USED ON					
NEXT ASSY							
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					
				SCALE: 1:2		WEIGHT:	
				SHEET 1 OF 1		REV.	

Chumacera

SIZE DWG. NO.

A

SCALE: 1:2

WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

2

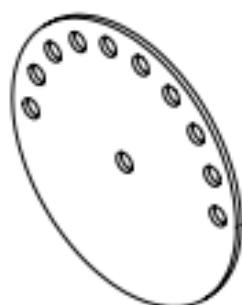
1

2

1

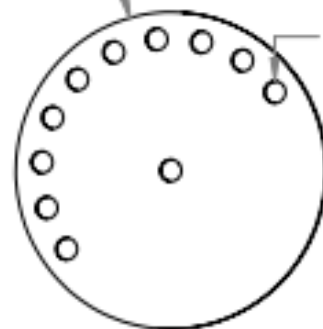
B

B



R11.43

R0.79



A

A



		DIMENSIONS ARE IN INCHES		NAME		DATE	
		TOLERANCES:		DRAWN		ING. Oneida	
		FRACTIONAL: $\frac{1}{16}$		CHECKED			
		ANGULAR: MATCH $\frac{1}{2}$		ENG. APPR.			
		TWO PLACE DECIMAL: $\pm .01$		INFO APPR.			
		THREE PLACE DECIMAL: $\pm .001$		Q.A.			
		MATERIAL		COMMENTS		Placa de posición	
		NEXT ASSY		USED ON			
		FINISH					
		APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		REV.	
						SCALE: 1:1	
						WEIGHT	
						SHEET 1 OF 1	

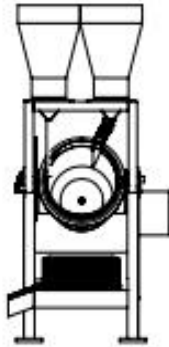
2

1

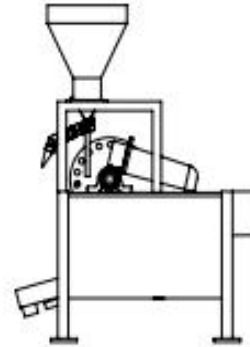
2

1

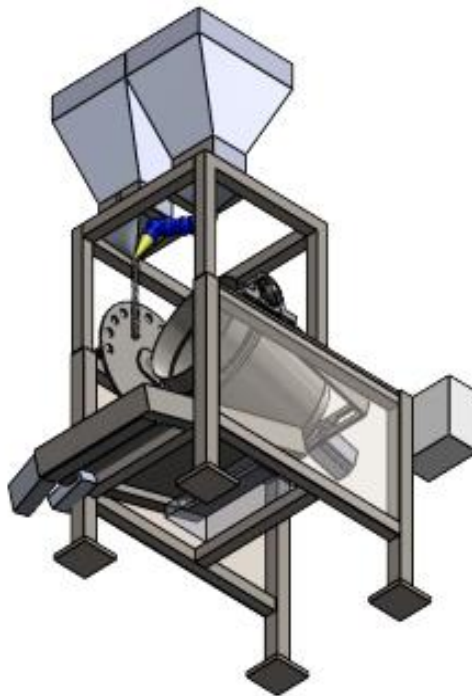
B



B



A



A

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <COMPANY NAME>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <COMPANY NAME> IS PROHIBITED.

		DIMENSIONS ARE IN INCHES
		TOLERANCES:
		FRACTIONAL: $\pm$
		ANGULAR: MACH $\pm$ BEND $\pm$
		TWO PLACE DECIMAL $\pm$
		THREE PLACE DECIMAL $\pm$
		MATERIAL
		FINISH
NEXT ASSY	USED ON	
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING

	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS:		

Máquina peletizadora de semillas

SIZE	DRWG. NO.	REV.
A		
SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1