

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

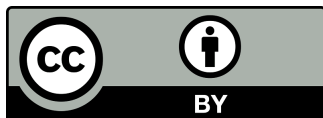
Diseño de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo

Javier Fredy Ayala Lima
Jorge Enrique Chihuan Paredes

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Armando Felipe Calcina Sotelo
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 2 de Junio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PELADORA PARA OBTENER DIENTES DE AJOS PELADOS EN HUANCAYO

Autores:

1. JAVIER FREDY AYALA LIMA – EAP. Ingeniería Mecánica
2. JORGE ENRIQUE CHIHUAN PAREDES – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 8 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|--|--|-----------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: <15 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Dedicatoria

A Dios, por permitirnos emprender este camino y por brindarnos la dicha de cruzar nuestras vidas con personas excepcionales, cuyas enseñanzas, respaldo y experiencias enriquecieron profundamente esta investigación.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres, hermanos y hermanas, por su amor incondicional, esfuerzo constante y ejemplo de perseverancia. Su presencia ha sido una fuente invaluable de inspiración y motivación en cada etapa de este trabajo académico.

Agradecimientos

Al Divino Señor por permitirnos formar parte de esta increíble carrera, por guiarnos e iluminarnos para enfrentar y superar los desafíos.

A nuestros padres y hermanos, por su amor incondicional, constante respaldo y sacrificios a lo largo de nuestra formación profesional.

A nuestros docentes, por su orientación técnica, sus valiosos aportes y por guiarnos con profesionalismo en cada fase del desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Continental y a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron con sus conocimientos, apoyo moral o colaboración técnica, nuestro más sincero agradecimiento.

Índice General

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice General	iv
Índice De Figuras	ix
Índice De Tablas	x
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	xiii
CAPÍTULO I	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Problema General.....	17
1.1.2. Problemas Específicos	17
1.2. Objetivos de la investigación	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	18
1.3.1. Justificación práctica.....	18
1.3.2. Justificación teórica – científica.....	18
1.3.3. Justificación metodológica.....	19
1.4. Delimitación.....	20
1.5. Hipótesis	20
1.5.1. Hipótesis general.....	20
1.5.2. Hipótesis específicas	20

1.6. Variables	21
1.6.1. Variable independiente: Máquina peladora	21
1.6.2. Variable dependiente: Dientes de ajo pelado	22
1.6.3. Matriz de operacionalización de variables	23
CAPÍTULO II	25
MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes del problema	25
2.2. Bases teóricas	29
2.2.1. Máquina peladora	29
2.2.1.1. Definición	29
2.2.1.2. Métodos aplicados para las peladoras	30
2.2.1.2.1. Peladoras de cuchillas fijas	30
2.2.1.2.2. Peladoras de cuchillas rotativas	30
2.2.1.2.3. Peladoras por abrasión	31
2.2.1.2.4. Peladoras por chorro de agua	31
2.2.1.2.5. Peladoras láser	32
2.2.2. Diseño mecánico	33
2.2.2.1. Definición	33
2.2.2.2. Teorías de diseño	34
2.2.2.2.1. Teoría de diseño del sistema de pelado	34
2.2.2.2.2. Teoría de diseño para el sistema de transmisión	34
2.2.2.2.3. Teoría de diseño para el sistema de soporte	35
2.2.2.3. Diseño asistido por computadora	35
2.2.3. Norma VDI 2221	36
2.2.3.1. Fruto	37
2.2.3.1.1. Definición	37
2.2.3.1.2. Partes de un fruto	37

2.2.3.2. Ajo.....	38
2.2.3.2.1. Definición	38
2.2.3.2.2. Propiedades de ajo	39
CAPÍTULO III.....	41
METODOLOGÍA.....	41
3.1. Método, tipo o alcance de la investigación.....	41
3.1.1. Método de investigación.....	41
3.1.2. Tipo de investigación.....	41
3.1.3. Alcance de investigación	43
3.1.4. Diseño de la investigación	43
3.2. Población y muestra.....	45
3.2.1. Población.....	45
3.2.1.1. Criterios de inclusión	45
3.2.1.2. Criterios de exclusión	46
3.2.2. Muestra	46
3.2.3. Tipo de muestreo.....	47
3.3. Técnica de recolección de datos	48
3.3.1. Instrumentos de recolección de datos	49
3.4. Técnicas de análisis de datos	50
CAPÍTULO IV.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1. Presentación de resultados	51
4.1.1. Diseño de una peladora de ajos.....	51
4.1.1.1. Comprensión de la solución.....	51
4.1.1.1.1. Estado de la tecnología	51
4.1.1.1.2. Lista de exigencias.....	52
4.1.1.2. Concepto de solución.....	54

4.1.1.2.1. Abstracción de la solución	54
4.1.1.2.2. Estructura de funciones.....	55
4.1.1.2.3. Concepto de la solución	57
4.1.1.2.4. Matriz morfológica	57
4.1.1.2.5. Descripción de soluciones.....	61
4.1.1.2.6. Selección de la solución óptima.....	64
4.1.1.3. Elaboración del proyecto	67
4.1.1.3.1. Diseño preliminar.....	67
4.1.1.3.2. Diseño definitivo.....	68
4.1.2. Elaboración detalles	69
4.1.2.1. Diseño del sistema de pelado	69
4.1.2.1.1. Diseño del elemento de fricción	69
4.1.2.1.2. Selección de los componentes del sistema de limpieza	77
4.1.2.2. Diseño del sistema de transmisión de potencia.....	81
4.1.2.2.1. Cálculo de potencia.....	81
4.1.2.2.2. Selección de los componentes de transmisión	83
4.1.2.2.3. Diseño del eje.....	92
4.1.2.2.4. Selección de los rodamientos	99
4.1.2.3. Diseño del sistema estructural	101
4.1.2.3.1. Selección de componentes para la viga	101
4.1.2.3.2. Simulación del sistema estructural.....	105
4.2. Presupuesto del proyecto	108
4.3. Fórmula Polinómica de Actualización de Costos	111
4.4. Discusión de resultados.....	112
Conclusiones	117
Recomendaciones	119
Referencias Bibliográficas	121

Anexos	125
--------------	-----

Índice De Figuras

Figura 1. Caja Negra del proyecto.	55
Figura 2. Diagrama de funciones del proyecto.	56
Figura 3. Diagramas de la solución 1.	62
Figura 4. Diagramas de la solución 2.....	63
Figura 5. Diagramas de la solución 3.....	64
Figura 6. Gráfico de dispersión de las evaluaciones sobre las alternativas.	67
Figura 7. Distribución de carga para el elemento de fricción.	72
Figura 8. Diagramas del sistema de limpieza..	78
Figura 9. Diagrama de distribución del eje.	93
Figura 10. Distribución de las cargas para la selección de la viga.	101
Figura 11. Diagrama de esfuerzos de tensión en la estructura.	106
Figura 12. Diagrama de deformaciones en la estructura.....	107
Figura 13. Factor de seguridad de la estructura	108
Figura 14. Formula polinómica para actualización de precios.	112

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	23
Tabla 2. Lista de exigencias.....	52
Tabla 3. Matriz morfológica del proyecto	58
Tabla 4. Evaluación técnica para las soluciones de la máquina	65
Tabla 5. Evaluación económica para las soluciones de la máquina	66
Tabla 6. Costo de materiales	108
Tabla 7. Costo de manufactura	109
Tabla 8. Costo de instalación	109
Tabla 9. Costo de mantenimiento	110
Tabla 10. Resumen de costos.....	110
Tabla 11. Actualización de precios con la aplicación de reajuste formula polinómica.....	111

Resumen

El ajo, un producto de gran demanda a nivel nacional e internacional, presenta una oportunidad de mejora en sus procesos de postcosecha. El pelado manual, actualmente predominante, limita la eficiencia y calidad del producto final. Este estudio evaluará diferentes tecnologías de pelado, considerando aspectos técnicos, económicos y de mercado. El objetivo es determinar la tecnología más adecuada para las condiciones peruanas, con el fin de aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto y fortalecer la competitividad de los productores de ajo en el mercado global. Los resultados de esta investigación servirán como una guía para la toma de decisiones en la adopción de tecnologías de pelado de ajo en el sector agroindustrial peruano. Esto conlleva a evaluar la viabilidad de implementar mejores tecnologías para el pelado de ajo, orientado al diseño de soluciones. El desarrollo de la investigación partió de la selección y trabajo de diseño conceptual por medio de la norma VDI 2221. A partir de las necesidades del cliente, se tomó la decisión de diseñar la peladora de ajos para un nivel de producción de 50 kilogramos de ajo por hora. La peladora de ajos se dividió en tres sistemas: el sistema de pelado, el sistema de transmisión de potencia y el sistema estructural. El sistema de pelado usa un método de centrifugado, apoyada por una placa de acero inoxidable AISI 304, además se incorpora un chorro de agua para la limpieza. El sistema de transmisión de potencia usa un motor de 0,75 HP, el cual entrega su potencia por medio de una faja síncrona 800 5M 15 Optibelt, obteniendo un total de 327 rpm. El sistema estructural se compone de un bastidor y una estructura, ambos contruidos a partir de AISI 304, con perfiles y planchas.

Palabras clave: peladora, ajos, fricción, centrífugo, limpieza.

Abstract

Garlic, a product in high demand nationally and internationally, presents an opportunity to improve its post-harvest processes. Manual peeling, currently predominant, limits the efficiency and quality of the final product. This study will evaluate different peeling technologies, considering technical, economic and market aspects. The objective is to determine the most appropriate technology for Peruvian conditions, in order to increase productivity, improve product quality and strengthen the competitiveness of garlic producers in the global market. The results of this research will serve as a guide for decision-making in the adoption of garlic peeling technologies in the Peruvian agroindustrial sector. This leads to evaluating the feasibility of implementing better technologies for garlic peeling, oriented to the design of solutions. The development of the research started from the selection and conceptual design work through the VDI 2221 standard. Based on the client's needs, the decision was made to design the garlic peeler for a production level of 50 kilograms of garlic. per hour. The garlic peeler was divided into three systems: peeling system, power transmission system and structural system. The peeling system uses a centrifugation method, supported by an AISI 304 stainless steel plate, and a water jet is also incorporated for cleaning. The power transmission system uses a 0.75 HP motor, which delivers its power through an 800 5M 15 Optibelt synchronous belt, obtaining a total of 327 rpm. The structural system is made up of a frame and a structure, both built from AISI 304, with profiles and plates.

Keywords: peeler, garlic, friction, centrifugal, cleaning.

Introducción

El ajo, es un cultivo con un valor nutricional y culinario innegable, ha experimentado un auge significativo en el mercado global con respecto a su cosecha. Su demanda constante, impulsada por sus propiedades culinarias y medicinales, ha posicionado al Perú como un actor relevante en la exportación de este producto. Sin embargo, la cadena de valor del ajo peruano aún presenta oportunidades de mejora, especialmente en lo que respecta a los procesos de postcosecha, donde el pelado del ajo representa un cuello de botella en términos de eficiencia y calidad.

La creciente demanda de ajo pelado, tanto a nivel nacional como internacional, ha generado una necesidad imperante de desarrollar procesos más eficientes y tecnificados para la extracción de la cáscara. Si bien la extracción manual es una práctica común, esta presenta limitaciones en términos de productividad, calidad y costos laborales. Por otro lado, la implementación de tecnologías automatizadas ofrece la posibilidad de optimizar los procesos, mejorar la calidad del producto final y aumentar la competitividad de los productores peruanos.

El presente estudio tiene como objetivo principal analizar la viabilidad económica y técnica de la implementación de tecnologías de pelado de ajo en la industria agroalimentaria peruana. Para ello, se realizará una revisión exhaustiva de las diferentes tecnologías disponibles en el mercado, evaluando sus características técnicas, costos de inversión, capacidad de producción y calidad del producto final. Asimismo, se llevará a cabo un análisis de la situación actual de la producción de ajo en el Perú, identificando las principales limitaciones y oportunidades de mejora.

A través de un enfoque multidisciplinario, que combina aspectos técnicos, económicos y de mercado, se buscará determinar cuál es la tecnología más adecuada para las condiciones particulares de la producción de ajo en el Perú. Los resultados de esta investigación permitirán a los productores, empresas procesadoras y tomadores de decisiones contar con información

valiosa para tomar decisiones informadas sobre la inversión en tecnologías de pelado de ajo, contribuyendo así al desarrollo de una industria agroalimentaria más competitiva y sostenible.

El primer capítulo, presenta el planteamiento de la investigación acorde a la redacción de tesis, concentrando los problema, objetivos y justificación de la investigación.

El segundo capítulo, se compone del marco teórico, donde se presentan los antecedentes, bases teóricas e información relevante al tema.

El tercer capítulo se forma a partir de la exposición de las hipótesis e información concerniente a las variables, concluyendo en la operacionalización de variables.

El cuarto capítulo desarrolla la metodología de la investigación usada para partir y envolver la información que dispone el investigador para el conocimiento de los primeros capítulos, estableciendo, además, la población y las herramientas y técnicas de recolección y análisis de datos.

El quinto capítulo se forma de las páginas que representan el desarrollo de la investigación, donde se expone el proceso de diseño del equipo. Aquí, el lector podrá encontrar información relevante a la metodología de diseño y el diseño per se.

Finalmente, se concluye con las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El ajo es una planta muy comercial alrededor del mundo, debido a su sabor fuerte, es posible utilizarse como una especia en la gastronomía. Según FRESHFRUIT, si bien su origen proviene de Asia, hoy en día muchos países siembran y cosechan grandes áreas de terreno para poder exportar este elemento; es el caso, por ejemplo, del Perú, cuyos principales destinos de exportación son México, Estados Unidos y Ecuador. Los márgenes de ganancia para la exportación del ajo son bastante altos, ya que el kilogramo de ajo alcanza un valor de exportación de aproximadamente 2,5 dólares. (1)

La exportación del ajo puede alcanzar valores bastante altos, como es el caso del primer semestre del año 2023, cuyos volúmenes de exportación sobrepasan las cinco mil toneladas. Esta magnitud representa un incremento con respecto a los valores del año 2022, que alcanzan un aumento de aproximadamente del 24%, con lo que su valor se incrementó en 15%. Si bien el valor de compra suele variar, se llegó a un total de importación de casi 2 millones de dólares, solamente en México, cuyo crecimiento alcanzó más del 289%. (2)

En el contexto nacional los precios de compra y venta de muchas frutas y verduras se encuentran en un proceso de recuperación debido al efecto del niño, así como de la pandemia.

Para el MINAGRI, el precio del ajo criollo ha ido recuperándose con regularidad, lo que llegó a que el kilogramo de ajo alcance valores aproximados de 1,33 soles por kilogramo, que representa un valor similar al año 2018. Con respecto al ajo pelado, es decir, al costo de los dientes de ajo criollo sin cáscara, su valor depende del área de venta, cuyo precio suele variar desde 15 y 30 soles por kilogramo. (3)

Hoy en día se ve que se realizan procedimientos de pelado para darle un valor agregado a la venta de ciertas verduras, como es el caso del ajo. Para conseguir esto, y la razón principal

de que su costo varíe tanto, es la tecnología utilizada para extraer la cáscara de los racimos de ajos, y de los dientes de estos vegetales. En el caso de los dientes de ajo, el valor agregado que reciben los dientes de ajos puede llegar a tener un 1000% con respecto a su valor inicial, lo que lo convierte en un elemento importante de inversión.

Para conseguir un diente de ajo pelado, se requieren diferentes etapas, donde se eliminan los tallos de las plantas, la cáscara que envuelve el racimo, y la cáscara que protege los dientes de ajo. Estos procedimientos, se pueden realizar manualmente, sin embargo, debido a la cantidad de dientes, la mano de obra utilizada suele ser cara, elevando así, el costo de este producto. En contraparte, es posible hacer uso de máquinas que realicen este trabajo, de este modo se puede estandarizar un margen de producción, así como un precio más competitivo.

La diferencia principal entre las diferentes tecnologías utilizadas para pelar frutos y verduras, considerando la mano de obra humana como una, es la velocidad y la calidad del procedimiento. Estos parámetros, sin duda, influyen sobre el precio final del producto, por lo que es necesario contar con la tecnología adecuada para conseguir que el productor pueda ser competitivo con el mercado. Regularmente se considera que la mano de obra humana suele ser cara, además de que la calidad de los procedimientos frecuentemente varía de un elemento a otro.

Un proceso tecnificado, por otro lado, tiene una mejor calidad del producto, además de que es posible conocer su nivel de producción y de desgaste. Al entender mejor un proceso de producción, se tiene la posibilidad de predecir márgenes de producción conociendo los gastos de inversión, consiguiendo así, un valor final controlado. Es recomendable, entonces, hacer uso de procedimientos que apliquen estándares de producción, de tal modo que su control permita al productor contar con un pronóstico de ganancias posibles.

El uso de la correcta tecnología suele ser un inconveniente en la producción de cualquier producto, siendo recomendable utilizar la tecnología adecuada para un nivel de

producción y un estándar de calidad establecido. En este punto, es posible considerar la compra de una máquina en el mercado, sin embargo, es posible también, conseguir una proforma para el diseño puntual de una máquina. Esto con la finalidad de que se pueda contar con una máquina destinada a cumplir con los requerimientos de producción.

1.1.1. Problema General

¿Se puede diseñar una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo?

1.1.2. Problemas Específicos

¿Cómo elaborar un sistema de pelado de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo?

¿Cómo diseñar el sistema de transmisión de potencia de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo?

¿Cómo realizar el sistema de soporte de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo.

1.2.2. Objetivos específicos

Elaborar el sistema de pelado de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo.

Diseñar el sistema de transmisión de potencia de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo.

Realizar el sistema de soporte de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

La automatización de diversos procedimientos agrícolas o de producción tienen como principal objetivo el permitir que sea una máquina la que cumpla con actividades repetitivas. Tal como señala Cortez, et al.; esto permite que los procedimientos realizados sean regulares, haciendo que la calidad sea a misma en casi todo el lote producido. Además, permite conocer previamente el nivel de producción que se espera con respecto a una actividad, así, uno puede prever y disponer la cantidad de recursos necesarios para este proceso. (4)

El utilizar peladoras de alimentos donde anteriormente se actuaba por mano de obra humana, permite disminuir el coste del recurso humano al hacer uso solamente de un operador. También, se puede conseguir un producto de calidad “cero defectos”, el cual depende del nivel de precisión con el que cuente la máquina para cumplir con el trabajo. La disponibilidad total de una máquina permite hacer uso de ella durante el tiempo necesario, por lo que se podría realizar márgenes de producción mucho más altos que con la mano de obra humana.

Aunque la inversión para la adquisición de una máquina representa una inversión alta, los ingresos debido a la misma suelen permitirse una autoinversión a largo plazo. Además, es importante considerar la capacitación y el conocimiento que el operario posee, ya que es necesario evitar accidentes y paradas de producción que puedan influenciar negativamente. Sin embargo, la automatización de procedimientos de producción es una mejora en muchos de los casos donde se espera y se requiere de un avance en el nivel y calidad de producción.

1.3.2. Justificación teórica – científica

El diseño mecánico se realiza con el propósito de conseguir que un conjunto de elementos y piezas mecánicas consigan funcionar eficientemente para realizar un trabajo y cumplir una función. Este tipo de diseño está orientado a el aprovechamiento de una energía mecánica para efectuar un trabajo, por lo que es necesario entender su procedimiento bajo

parámetros de ingeniería. Así, se requiere que el diseñador compruebe que los elementos y las piezas no habrán de sufrir deformación o esfuerzos que puedan comprometerlos. (5) El contraste de esfuerzos y resistencias, con respecto a fenómenos físicos, se realiza por medio del uso de funciones matemáticas que son una representación del comportamiento de estos fenómenos. En base a estas pruebas matemáticas, es posible observar que se requieren conocer información con respecto a la geometría de los elementos, así como al acabado superficial de los mismos. En realidad, existen muchas variables a tomar en cuenta para cada situación y para cada elemento, lo que es tarea del diseñador comprobar estas piezas bajo estándares comprobados.

Existen elementos que no serán obligatorios a diseñar, como es el caso de piezas que se adquieren bajo un catálogo y un estándar pre establecido por las normas internacionales. Este es el caso de elementos como fajas, engranajes, entre otros; donde los pasos o las secciones de las piezas, se han estudiado con anterioridad por un fabricante para realizar un trabajo definido. El diseñador puede hacer uso de estos estándares para seleccionar las piezas, aunque ciertamente, los fabricantes consideran aplicar ciertos contrastes similares para su selección.

1.3.3. Justificación metodológica

Cuando se habla de una metodología de diseño, se pueden considerar diversas perspectivas bajo las cuales se diseña un producto. Dentro de estos múltiples puntos de vista, se pueden plantear innumerables filosofías que pueden hacer hincapié en el consumo, la cultura del usuario, entre otras disciplinas. Algunos autores consideran que una metodología de diseño no es más que una rama de la estética, sin embargo, al hacer referencia de este parámetro en el diseño de ingeniería también se considera la funcionalidad del elemento diseñado.

Para el diseño de productos, existen escuelas de pensamiento, que plantean la conexión del usuario con el producto o inclusive con el entorno. En general, las metodologías pueden hacer uso de un pensamiento distinto, enfocándose a las necesidades del consumidor, aplicando

políticas en favor del medio ambiente, entre otros. Sin embargo, casi la totalidad de las metodologías proponen un camino para el diseño de un producto, por lo que se les puede considerar como un camino a seguir para suplir las necesidades que el diseñador crea oportunas.

Las diferentes metodologías de diseño pueden aplicar procedimientos diferentes, uno de otros, sin embargo, la mayoría coincide en utilizar procesos de investigación, organización, diseño y prueba. Esto propone fases de análisis para entender las tecnologías existentes, así como las necesidades que se esperan satisfacer, finalizando con la construcción de un prototipo, en algunas ocasiones. Existen también, metodologías que se orientan a la innovación, en la que el diseño finaliza con la mejora del prototipo propuesto.

1.4. Delimitación

Espacial. El estudio se realizará en la ciudad de Huancayo, asimismo se debe considerar el lugar de ubicación de la maquina peladora debe ser amplio y despejado, abierto para que se cuente con un ambiente fresco sin olores.

Temporal

El tiempo de ejecución del equipo se realizará por el tiempo estimado a 6 meses, de enero a julio 2024.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El diseño de una máquina peladora de ajos permitirá optimizar el proceso de obtención de dientes de ajo pelados en Huancayo.

1.5.2. Hipótesis específicas

El diseño adecuado del sistema de pelado de una máquina peladora permitirá obtener dientes de ajos pelados de manera eficiente en Huancayo.

El diseño eficiente del sistema de transmisión de potencia en una máquina peladora permitirá obtener dientes de ajo pelados de manera continua y efectiva en Huancayo.

El diseño adecuado del sistema de soporte de una máquina peladora permitirá garantizar la estabilidad, seguridad y operatividad eficiente del equipo para obtener dientes de ajo pelados en Huancayo.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente: Máquina peladora

Es una máquina que tiene como objetivo el extraer la cáscara de un fruto, sin que la pulpa se vea comprometida. Para conseguir esto, se puede utilizar diversas tecnologías, como cuchillas, superficies abrasivas, entre otros. Se compone de sistemas que generan la potencia para suministrar la fuerza, para transmitir dicha energía y uno para soportar los demás sistemas.

Dimensiones:

Sistema de pelado: Se compone de una serie de piezas que concentran los frutos para extraer su cáscara sin que la pulpa se desperdicie. Se pueden aplicar herramientas de corte, superficies abrasivas, u otra herramienta adecuada, evitando que la pulpa sea extraída en el mismo proceso.

Sistema de transmisión de potencia: Se compone de una serie de piezas que permiten transmitir la potencia generada por un motor eléctrico o de combustión interna hasta la herramienta de trabajo. Estas piezas deben de funcionar sincronizadamente para evitar desgastes excesivos.

Sistema de soporte: Se compone de una serie de piezas que tienen como objetivo de mantener a los otros sistemas en la posición adecuada para evitar que se causen desbalances en la orientación de los demás componentes. También considera el bastidor, guardas de seguridad y demás accesorios.

1.6.2. Variable dependiente: Dientes de ajo pelado

Son los gajos o dientes que se observan en los frutos del ajo cuya cáscara ha sido eliminada, el cual es una planta perenne similar a las cebollas, de la familia amarilidáceas. Se obtienen luego de que el fruto del ajo ha sido extraído de la planta, separado en sus gajos y por último, quitando mediante trabajos manuales o máquinas la segunda cáscara que posee.

Dimensiones:

Volumen de producción: Representa al margen de producción con la que se cuenta luego de ingresar los dientes de ajo con cáscara dentro de la máquina y midiendo la calidad y el número de los dientes de ajo cuya cáscara ha sido eliminada con efectividad.

1.6.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Ítem	Instrumento	Escala de medición
Máquina peladora	Huaroto (6) Las peladoras son utilizadas en muchos campos de procesamiento, para obtener conservas u otros subproductos de fruto de las plantas.	La máquina peladora esta conformado por el sistema de pelado, sistema de transmisión de potencia y el sistema estructural de la máquina.	Sistema de pelado	• Dimensiones del tambor (mm) • Dimensiones de la superficie abrasiva (mm) • Parámetros del chorro de agua ($\frac{m^3}{s}$; m, etc).	Milímetros Caudal Posición Potencia		Cuantitativa discreta
			Sistema de transmisión de potencia	• Potencia (HP). • Posición de piezas (mm) • Tipo de transmisión (Por poleas, por engranes, etc)	HP Milímetros Tipo de transmisión	Catálogos Fórmulas para el diseño y dimensiones	Cuantitativa discreta
			Sistema estructural	• Perfiles usados: largo, ancho, sección del perfil (mm) • Tipo de unión y dimensiones de la unión: unión empernada, unión soldada; largo del cordón de soldadura, etc.	Milímetros		Cuantitativa discreta

Diente de ajo pelado	Según García y Mendoza (7) Un diente de ajo pelado es la unidad individual del bulbo del ajo (<i>Allium sativum</i>) que ha sido separada de su envoltura natural o cutícula externa mediante procesos manuales o mecánicos, manteniendo su integridad física, apto para uso culinario o industrial.	Volumen producción	de	Cantidad de dientes de ajo pelados.	Variable cuantitativa	Datos teóricos de cálculo mediante diseño.
----------------------	--	--------------------	----	-------------------------------------	-----------------------	--

Fuente: Elaboración propia, 2023.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Betancourt y Figueroa son los autores de la investigación titulada como: “Diseño y construcción de un prototipo de máquina peladora, deshidratadora y pulverizadora de ajo en San Juan de Pasto” la cual es presentada en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño en San Juan de Pasto, Colombia. En el estudio se plantea que exista una máquina, o denominada también como “etapa”, donde se introduzcan los dientes de ajo dentro de un cilindro donde se efectuará el tratamiento de pelado. Dentro de este sistema existe un disco que gira, y mediante una velocidad de 280 revoluciones, consigue que el ajo friccioné contra una lámina por medio de la cual los dientes de ajo se limpian eliminando la cáscara por un agujero en el cilindro. Esta máquina de pelado posee una capacidad de 5 kilogramos de dientes de ajo por uso, para lo cual hace uso de un motor eléctrico con una potencia de medio caballo de fuerza. Un conjunto de poleas consigue disminuir la velocidad del motor hasta conseguir las revoluciones por minuto requeridas para el trabajo, las cuales se encuentran en el margen de 280 rpm para evitar que los dientes de ajo se eleven por el tambor debido a la fuerza centrífuga. Este sistema utiliza un chorro de agua para conseguir que las cáscaras sean expulsadas por un orificio en el tambor estacionario. La máquina puede trabajar con 5 kilogramos de ajo, los cuales son pelados en un periodo de tiempo de 10 minutos. (8)

Belmontes y Delgado, presentan la tesis que lleva por nombre: “Diseño y construcción de una máquina peladora de ajos automatizada”, expuesta en el Instituto Politécnico Nacional de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas. La máquina utiliza un sistema de abrasión para que la cáscara de los ajos sea eliminada, mientras que para que

estos no atraviesen el sistema de extracción, se conecta un sistema de vacío para extraer estas cáscaras. La máquina recibe dientes de ajos secos por medio de una tolva, la cual está construida en acero inoxidable, ya que entra en contacto con el fruto. Así, esta tolva alimenta una sección de distribución donde se encuentra un conjunto de cepillos con cerdas de polímero. Estos cepillos giran por medio de un conjunto de catarinas y cadenas, las cuales, a su vez, reciben la potencia desde un sistema de poleas que conecta con un motor eléctrico. El sistema utiliza un motor de 1 HP para que debe de suministrar la potencia a los sendos cepillos, los cuales se ubican a la salida del alimentador, así como a lo largo de del área de aspiración. El sistema de aspiración, por otro lado, consigue extraer la cáscara del sistema por medio de un área de vacío a partir de un chorro de aire comprimido, el cual ingresa en el punto de conexión entre el final de la tolva de alimentación y el área de pelado. Este sistema también utiliza sensores para controlar el trabajo que realiza la máquina. (9)

Mosquera, realizó la investigación para su tesis que lleva por título: “Diseño y simulación de una máquina peladora de ajo para el pequeño agricultor del Ecuador” sustentada en la Escuela Politécnica Nacional de la Facultad de Ingeniería Mecánica en Quito, Ecuador. Dentro de las páginas del documento, se observa un cálculo empírico para conseguir entender el comportamiento de un conjunto de cepillos sobre los dientes de ajos. De este modo se pudo calcular que para una producción de 100 kilogramos por hora era necesaria una potencia de 0,5 HP, con lo que también se estimó un valor de las revoluciones por minuto requeridas, con pruebas bajo parámetros iguales a 375, 280 y 255, siendo estos últimos los valores más recomendados por el autor. Los ejes donde se habrán de sujetar los cepillos se calcularon a partir de un procedimiento normado por el estándar ANSI B106-1-1985; donde, se consideró construir los ejes a partir del acero SAE 1035 maquinado en frío. El sistema de selección, es decir, para conseguir que la cáscara no salga en conjunto con los dientes de ajos pelados, se consideró utilizar una malla metálica por la cual se pueda tamizar los desperdicios. La selección

de la maya tuvo valores de ángulo de inclinación, así como un calibre, de tal modo que se pudiera observar los parámetros más adecuados para su inclusión. Los valores óptimos requieren una inclinación de 45° a 50° para conseguir un movimiento abundante. (10)

Temistocles, es el autor de la tesis que lleva por título: “Diseño y construcción de una máquina desgranadora de ajo en la parroquia Pilahuin-Ambato” sustentado en la Universidad Tecnológica Indoamérica de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación en Ambato, Ecuador. El sistema utiliza un conjunto de rodillos para permitir que las cabezas de ajos se fracturen por medio de esfuerzos de compresión, dejando pasar a los dientes de ajo para un posterior procedimiento de pelado. Esta máquina utiliza un motor eléctrico para entregar la potencia necesaria con un valor de 0,5 caballos de fuerza a 1720 revoluciones por minuto. La transmisión de la máquina utiliza un escalonamiento de tres conjuntos de poleas, y un cuarto conjunto que transmite la potencia utilizando cadenas. Así, fue necesario diseñar tres ejes, los cuales utilizan los rodillos, ya antes nombrados, fabricados en acero AISI 1020 con sendos diámetros de 19 centímetros. Las dimensiones finales de la máquina son de 1500 milímetros de largo, 500 milímetros de ancho y 1100 milímetros de altura. Entre los diversos accesorios que se utilizan, existen 10 rodillos de presión, 3 guardas protectoras para los sistemas de transmisión y 20 rodamientos que se distribuyen para las piezas utilizadas. Los elementos que habrán de entrar en contacto con las cabezas de ajos poseen un nivel de uso alimenticio, mientras que la estructura utiliza acero AISI SAE 4130. (11)

Ucharima, desarrolló la investigación que lleva por nombre: “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de elaboración de ajo *Allium Sativum* en polvo en Ayacucho” la cual fue presentada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga en la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. El estudio considera un sistema complejo que incluye diversos procedimientos como: recepción del material, selección del material, un procedimiento de desgranado, un proceso de remojado para facilitar el pelado de los frutos, un

procedimiento de pelado que debería procesar en total 170 kilogramos de ajos aproximadamente. También se consideran otros procedimientos que permitan lavar, escaldar, rebanar, deshidratar, enfriar, moler, envasar y almacenar el producto final. El proceso de pelado, se espera, se efectúe aplicando una máquina de pelado con una potencia de 2 HP, y un margen de producción de 250 kilogramos por hora. La construcción de esta máquina, cuanto menos de los materiales que entrarán en contacto con la pulpa de los ajos, será por medio de acero inoxidable AISI 304, o por algún polímero de grado alimenticio. Además, las dimensiones máximas permitidas poseen: 1200 milímetros de largo, 1100 milímetros de ancho y 1300 milímetros de alto. Las horas de trabajo se deben de limitar a la hora y media, mientras que el consumo límite es de 1,5 kW-H; o 2,24 kW-h al día. (12)

Zalaya, es el estudioso que presenta la tesis que lleva por nombre: “Diseño de una máquina peladora de ajo *Allium Sativum*” sustentada en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en Zamorano, Honduras. Dentro e la investigación se propusieron dos prototipos de producción de dientes pelados de ajos, de tal modo que estos se pudieran observar y determinar aquel que tenía un mejor comportamiento para conseguir el producto final. El primer prototipo utiliza un motor eléctrico con una potencia de 1 HP a 1725 rpm, el cual hace girar a un conjunto de rodillos por medio de un sistema de transmisión de potencia a base de engranes, o en su defecto, poleas, hasta alcanzar unas revoluciones por minuto de 190. A este equipo se le adjunta un soplador a la salida de la serie de rodillos para conseguir que la cáscara se dirija hacia otro compartimiento de salida. El segundo prototipo utiliza un tambor en cuyo interior se encuentra un eje, el cual soporta una serie de cepillos que se montan sobre él para conseguir que, por medio de la fricción de las cercas, se quite la cáscara de los dientes de ajo. Este sistema utiliza un motor igual que en el anterior prototipo, aunque como contraparte, resulta más barato de fabricar ya que se requieren una menor cantidad de componentes para transmitir la potencia necesaria. Luego de la comparación mediante procesos empíricos, se llegó a la conclusión de

que el primer prototipo ofrecía una producción constante, siendo más eficiente que el segundo, sin embargo, resultaba más caro de construir. (13)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Máquina peladora

2.2.1.1. Definición

Las máquinas peladoras se utilizan en la industria alimentaria para extraer la cáscara de los frutos y vegetales, dejando así, solamente la pulpa, aunque algunas veces también se permite el paso de la pepa. Para extraer las pepas o semillas, se puede hacer uso de otra máquina, que en algunos casos puede ser una despulpadora o incluso una máquina para extraer la semilla y mantener la pulpa intacta. Las peladoras son utilizadas en muchos campos de procesamiento, para obtener conservas u otros subproductos de fruto de las plantas. Huaroto (6) el tipo de tecnología y el nivel de producción de este tipo de máquinas varía dependiendo del enfoque que una empresa requiera, por lo que existen diversas posibilidades. La principal diferencia en la construcción de estas máquinas recae sobre la magnitud de producción necesaria y el tipo de fruto que se ha de procesar, aunque a veces influye el tipo de energía con la que se cuenta. En base a esto, es posible utilizar cuchillas, sistemas de fricción o abrasión; entre otras tecnologías que permiten separar la cáscara del fruto.

La fuente de energía que se utiliza en la construcción de estas máquinas, cuando se trata de sistemas industrializados, es la energía eléctrica. Aunque ciertamente existen máquinas que funcionan por medio de potencias hidráulicas, no son muy comunes ya que dependen de sistemas de bombeo o de esfuerzo humano. En algunas líneas de producción de mayor tamaño, se pueden acoplar sistemas de pelado como una estación dentro de una faja transportadora que conecta la línea de producción para obtener un producto.

Debido a que las máquinas de pelado utilizan herramientas de trabajo, es importante considerar las medidas de seguridad pertinentes para que el operador trabaje. Cada fabricante entrega un manual de operación haciendo referencia a los componentes que la máquina posee, así como de las medidas de seguridad que habrán de tomarse en cuenta. Además, es importante, considerar el tipo de tecnología que se utiliza en estas máquinas, ya que suelen funcionar bajo advertencias de no intervención cuando se encuentran en funcionamiento.

2.2.1.2. Métodos aplicados para las peladoras

2.2.1.2.1. Peladoras de cuchillas fijas

Interempresas (14), las máquinas peladoras que utilizan como tecnología una cuchilla fija posee configuraciones simples en las que esta herramienta se encarga de extraer la cáscara. Es posible observar algunas máquinas domésticas que usan estos elementos, ya que suelen ser muy baratas, aunque también existen modelos industriales que aplican este método. Debido a su facilidad de construcción, su uso es bastante común en diversos campos, en especial en líneas de producción donde es necesario controlar la merma de la pulpa.

Los modelos más sencillos utilizan como fuente de energía la potencia humana, esto al ser máquinas domésticas u orientadas a micro empresas. Mientras que las máquinas más grandes, aquellas destinadas a industrias mayores utilizan energía eléctrica para suministrar de potencia a las cuchillas, también pueden funcionar por medio de sistemas hidráulicos. Cuando se trabaja con líneas industriales que requieren una gran cantidad de cuchillas trabajando sincronizadamente, se aplican elementos neumáticos para realizar el trabajo.

2.2.1.2.2. Peladoras de cuchillas rotativas

Interempresas (14), las máquinas peladoras que aplican esta tecnología usan una serie de cuchillas que giran sobre un eje para conseguir extraer la cáscara de la fruta, también es posible hacer que sea el fruto que rote. Es común ver este tipo de configuración para trabajar sobre frutos de gran tamaño o sobre aquellos cuya cáscara es difícil de extraer, ya que requiere

una fuerza mayor a la que una máquina de cuchillas suministraría. El trabajo de estas máquinas depende de la velocidad de alimentación que posee el sistema, que suele depender del operador.

Al entrar en funcionamiento, la merma que la máquina produce depende del esfuerzo que la máquina aplica sobre la herramienta de corte. Esto se puede modular diseñando un sistema de presión adecuado para las cuchillas rotativas, aunque suele ser caro, esto permite estimar el desperdicio de pulpa. Es recomendable adquirir este tipo de máquinas conociendo el tipo de fruto que se pelará, ya que modificar su sistema para otros frutos puede conllevar a una inversión alta.

2.2.1.2.3. Peladoras por abrasión

Interempresas (14), las máquinas peladoras que utilizan sistemas de abrasión o de fricción exponen a los frutos a una superficie en la que queda impregnada la cáscara a partir de un esfuerzo axial sobre la misma. Aunque estos sistemas permiten controlar de mejor manera la cantidad de merma de pulpa que se habrá de desperdiciar, su calidad depende de la forma del fruto. En su construcción utiliza tambores giratorios en la que se ingresan los frutos para conseguir que entre estos se ejerza una fuerza suficiente como para pelarlos.

Para el correcto funcionamiento, además de controlar la forma de los frutos que ingresan, es necesario considerar sistemas de lavado para no comprometer la pulpa debido a la fricción. Las configuraciones más simples, aquellas que utilizan un tambor, requieren que un operador ingrese y extraiga los frutos pelados, por lo que esto puede influir en el tiempo de producción. Aunque suelen ser muy eficientes, debido a la baja cantidad de pulpa desperdiciada, su costo de funcionamiento suele elevarse debido al operador que se debe de incluir.

2.2.1.2.4. Peladoras por chorro de agua

Interempresas (14), las máquinas peladoras que usan un chorro de agua a presión como tecnología para quitar la cáscara de los frutos son un tipo de máquina abrasiva, aunque se

exponen como un tipo diferente debido a su configuración. Este tipo de máquinas consiguen que unorro de agua efectúe una fuerza que es lo suficientemente fuerte para quitar la cáscara. Su uso suele tener un consumo de energía bastante alto, sin embargo, la calidad final del fruto pelado suele ser fino, además de que puede trabajar sobre geometrías con imperfecciones.

Si bien la inversión para adquirir y para trabajar con estas máquinas suele ser alto, también lo es la calidad final del producto. Cabe señalar que es posible conseguir configuraciones que utilicen automatizados para evitar el contacto humano, aunque también es posible que un operario se encargue del trayecto del chorro abrasivo cuando la geometría del fruto es accidentada. Debido a que el chorro abrasivo también limpia la zona, es posible obviar pasos de lavado, además de que también se puede recircular el agua con la que se trabaja.

2.2.1.2.5. Peladoras láser

Interempresas (14), las máquinas cuya tecnología de pelado es un haz de luz con la suficiente fuerza para eliminar la cáscara de un fruto es un modelo relativamente moderno. Su diseño se ha extrapolado de otros campos, como en la industria metalmecánica que puede ser incluso usada para eliminar el óxido. Su configuración suele utilizar sistemas de lectura de superficies, con lo que logran eliminar aquellas imperfecciones sobre frutos que poseen geometrías complicadas, aunque ciertamente, esto conlleva a que su precio sea muy elevado.

Su principal enfoque está destinado a trabajar sobre frutos que puedan soportar el haz de luz sin comprometer la pulpa al evaporar el agua que ésta lleva, o su contenido vitamínico. Así, su adquisición está destinada a trabajar sobre frutos con cáscaras finas. Su efectividad es bastante alta, siendo incluso mejor que el de las máquinas de corro de agua. Además, si bien no hacen uso de operadores ya que se incluyen dentro de líneas de producción, es importante considerar los costos de funcionamiento y de mantenimiento que estas tecnologías condicionan.

2.2.2. Diseño mecánico

2.2.2.1. Definición

Mott (15) el diseño mecánico es una actividad mediante la cual una persona puede crear una pieza o sistema bajo una perspectiva de resistencia mecánica y funcionalidad puntual. Similarmente como muchos procesos de diseño, su objetivo es el de suplir una necesidad, por ende, requiere de información con respecto a dicha necesidad y al entorno donde ocurre. Durante el proceso, además de la contribución de la matemática para comprobar la resistencia del material y su geometría, se consideran aspectos de ergonomía y seguridad para el usuario.

Hoy en día, además de la funcionalidad que ha de cumplir el elemento mecánico a diseñar, es también importante considerar parámetros de sostenibilidad y producción. Por ello, es que un diseñador debe de conocer diversos aspectos del producto que propone, ya que este proceso suele requerir creatividad y la paciencia suficiente para resolver problemas. Para los sistemas que utilizan diversos elementos mecánicos, también es importante considerar el comportamiento dinámico de las piezas para que éstas actúen de manera sincronizada. (8)

La metodología de diseño propone un recurso principal para cada elemento, el cual se representa por un estándar internacional que ofrece límites de resistencia y modelos acotados por la comunidad internacional. Dentro de estos estándares, es común encontrarse con la necesidad de contrastar ciertas resistencias del elemento diseñado, de tal modo que la pieza sea segura al cumplir con las normas especificadas. Luego, al comprobar que la pieza no habrá de fallar bajo un esfuerzo específico, es posible retratarla en planos para su producción.

Norton (5), para facilitar el procedimiento de diseño, o incluso el de selección de componentes mecánicos, se puede encontrar herramientas de computación para estos objetivos. Así, es posible aplicar herramientas para el dibujo de planos de fabricación, o incluso, para simular ciertos eventos a través de programas informáticos. El diseñador debe de considerar

estos medios para comprobar que los elementos pueden trabajar en ambientes simulados, comprobar la dinámica de las piezas, o incluso mejorar su geometría.

2.2.2.2. Teorías de diseño

2.2.2.2.1. Teoría de diseño del sistema de pelado

Aguirre (16), los sistemas de pelado de las máquinas industriales pueden aplicar diferentes tecnologías para su objetivo, como herramientas de corte, superficies abrasivas, o incluso chorros a presión de agua. La selección de la herramienta de trabajo adecuado obedece al tipo de fruto que se habrá de pelar, y con mayor precisión, al tipo de cáscara que ésta posea. Así, cuando se trata de frutos pequeños con cáscaras suaves y delgadas, se posible considerar hacer uso de superficies de abrasión o de fricción, donde las fuerzas de trabajo, suelen ser mínimas.

El proceso de diseño de estos elementos requiere conocer el volumen de frutos que se habrán de procesar, es decir, los requerimientos de producción que la máquina necesita proveer. Luego, haciendo uso de los modelos matemáticos, se puede determinar el área de la superficie de abrasión necesaria para cumplir con el objetivo. Es posible que se requiere de sistemas adicionales, por lo que en algunas ocasiones se suelen realizar cálculos para determinar la potencia de un motor adicional para otro sistema que se proponga adicionar.

2.2.2.2.2. Teoría de diseño para el sistema de transmisión

Norton (5), los sistemas de transmisión de potencia pueden utilizar diversos componentes, así como diversas escalas de transmisión, por lo que su diseño depende de cómo se habrá de transmitir la potencia desde la fuente. Los fabricantes, así como diversos autores sugieren el uso de ciertas piezas bajo condiciones puntuales, donde la eficiencia del elemento suele ser mejor. La selección de estos elementos depende de la velocidad a la que gire el elemento sobre el que irán montados, así como de la potencia a transmitir.

Se necesita conocer los requerimientos de transmisión de potencia que la máquina requiere, es decir, además de la velocidad de transmisión, la potencia total y la cantidad de herramientas de trabajo que se habrán de usar. En algunos casos, se necesita convertir un movimiento rotativo en uno lineal, por lo que es importante considerar las piezas adecuadas. Luego de seleccionar cada uno de los elementos, se puede comprobar que estos no vayan a fallar por esfuerzos de fatiga, cuyos modelos matemáticos, regularmente se encuentran especificados por el fabricante.

2.2.2.2.3. Teoría de diseño para el sistema de soporte

Schavab (17), los sistemas de soporte o sistemas estructurales se fundamentan en el análisis estructural, por lo que su diseño depende de una armadura, así como de las uniones que ésta habrá de requerir. Es habitual que cuando se habla de un soporte, también se considere el bastidor y los guardas de seguridad de una máquina; aunque estos elementos no soportan cargas, suelen requerir de pruebas contra vibraciones o impactos. Depende de la máquina, también es posible realizar un cálculo de cimentación.

El cálculo de este tipo de sistemas puede incluir diversas pruebas de resistencia, cuando se trata de armaduras, las piezas pueden soportar esfuerzos de tracción, deflexión, torsión, entre otros. El bastidor, por otro lado, no suele soportar este tipo de cargas, sin embargo, una máquina posee una frecuencia de trabajo, por lo que es necesario determinar su comportamiento vibracional. Es factible que se realicen cálculos o pruebas para verificar parámetros de seguridad acústica, ergonomía, corrosión galvánica, entre muchos otros.

2.2.2.3.Diseño asistido por computadora

Mazanares (18), el diseño asistido por computadora aplica los conocimientos de diseño mecánico, que incluyen estándares y técnicas, para resolverse mediante herramientas de software para facilitar o mejorar su proceso. Al valerse de una computadora, es posible realizar procesos basados en métodos numéricos para conseguir que se efectúen simulaciones. Este

medio también permite modificar la geometría del prototipo generado mediante computadora, de tal modo que se pueda mejorar los espacios y dimensiones excedentes.

Hoy en día, un software intenta aplicar un entorno sencillo para conseguir que los operadores puedan trabajar de manera fácil, a este método se le denomina como permitir que el operador consiga trabajar en un ambiente intuitivo. Existen diversas herramientas a favor de conseguir el modelamiento de sólidos, herramientas para ensamblar los sólidos construidos, y herramientas para generar planos de fabricación. Estos programas informáticos son bastante eficientes en el diseño mecánico, aunque cabe considerar otras herramientas para facilitar los cálculos.

Existen otros softwares para facilitar los cálculos, como Excel, o incluso MatLab, donde sería posible automatizar ciertos cálculos para obtener resultados numéricos más eficientes. Aplicar programas de diseño en tercera dimensión permitirá disminuir el tiempo para obtener planos de fabricación, e inclusive, mejorar el proceso de automatización de dimensiones. Mientras que automatizar cálculos, permitirá al diseñador visualizar gráficos para observar el comportamiento de las funciones matemáticas que representan la física.

2.2.3. Norma VDI 2221

Como una metodología de diseño, este método ordena una serie de procesos mediante los cuales, exista un lineamiento para que el diseño considere diversos factores. Los parámetros que la norma VDI 2221 incluye corresponden a las necesidades del cliente, una consideración de diversas alternativas, y una etapa para detallar las dimensiones de la pieza final. Existen también otras perspectivas, sin embargo, ésta hace incidencia en la satisfacción de las necesidades del cliente, que, en sí, representa la industria. (VDI, 1986).

2.2.3.1.Fruto

2.2.3.1.1. Definición

Se entiende por fruto, al ovario maduro que las plantas que pueden tener una flor, luego de fecundarse, se desarrolla hasta conseguir la madurez indicada. Para la formación del fruto se ven involucrados diversas partes de la flor, en la mayoría de casos, el pericarpio se forma a partir del engrosamiento de las paredes de la flor. Este elemento, contienen, entre otras partes, la semilla, que resulta ser el medio mediante el cual una planta puede diseminarse a lo largo del medio ambiente, por lo que la mayoría de las partes del fruto tiene el objetivo de protegerlo. (19)

El éxito evolutivo de las angiospermas se debe gracias a la facilidad con la que los frutos pueden diseminar las semillas de la planta. Además, las flores que contienen polen pueden atraer insectos, lo que, a su vez, generan una cadena en la que se atraen animales insectívoros y otros que conforman una cadena alimenticia. De este modo, cuando el fruto alcanza la madurez, es posible que animales que consuman estos frutos, faciliten a la diseminación de la planta, consiguiendo así su persistencia en el medio que los envuelve.

Cabe señalar que no todos los frutos son comestibles, también, cada animal suele tener un gusto especial por ciertos frutos. Para el caso en el que los frutos no sean comestibles, estos pueden tener ciertos apéndices por medio de los cuales pueden aferrarse al pelaje de ciertos animales para favorecer su dispersión. Además, pueden existir apéndices que faciliten el transporte por el viento, como sucede con los arces. La gran variedad de frutos ha desarrollado múltiples apéndices que gracias a la evolución permiten conquistar diversos hábitats.

2.2.3.1.2. Partes de un fruto

Invernón et al. (20), los frutos poseen dos partes principales, que son: la semilla y el pericarpio. La semilla, a su vez, se divide en endospermo, embrión y tegumento; mientras que el pericarpio, posee el endocarpio, mesocarpio y epicarpio. La semilla tiene como objetivo ser

el medio mediante el cual una planta puede propagarse a través del medio donde sobrevive. El pericarpio cumple la función de envolver y proteger a la semilla facilitando su dispersión o inclusive, en algunas especies, conteniendo sustancias de reserva para permitir la supervivencia de la planta.

Con respecto al pericarpio, el endocarpio representa la capa interna más cercana a la semilla, cuya función es la de proteger a las semillas que lleva en su interior, por lo que su textura puede ser dura y leñosa. El mesocarpio, posee una textura que varía de fruto en fruto, pero suele ser grueso y carnoso, a la cual se le conoce como pulpa, cuya función es la de proteger al endocarpio. El epicarpio es el elemento que protege al fruto del medio donde madura, podría decirse que es la piel de un fruto, conteniendo algunos pigmentos que le dan color.

2.2.3.2. Ajo

2.2.3.2.1. Definición

Salunkle et al. (21), aunque esta distinción es muy controvertida, la especie de ajo (*Allium sativum*) históricamente se ha agrupado dentro de la familia Liliaceae, pero actualmente se encuentra en la familia Amaryllidaceae. De la misma manera que la cebolla (*Allium cepa*), el puerro (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*) y la cebolla de invierno o cebollino (*Allium fistulosum*) son especies económicas importantes que se cultivan ampliamente pero que no se encuentran en la naturaleza, ésta también se conocida como el cebollino.

Es una especie estéril de amplia variabilidad morfológica y fisiológica y, a la luz de los estudios moleculares, es altamente probable que sea originaria de Asia occidental y media a través de su progenitor *Allium longiscapus*, y que fue introducida desde allí en el Mediterráneo y luego a otras zonas donde se cultiva desde hace más de siete mil años. Es una planta perenne

con hojas delgadas, planas y de hasta 3 cm de largo. Las raíces pueden penetrar fácilmente 5 cm o más.

Cada cabeza puede contener de seis a doce dientes, cada uno de los cuales está envuelto en una fina capa de color blanco o rojizo, aunque la cáscara puede tener una especie de segunda cáscara. Cada uno de los dientes puede dar lugar a una nueva planta de ajo, ya que tienen en su base una yema terminal que es capaz de germinar. Este cogollo comienza a aparecer a los tres meses de la recolección, dependiendo de la variedad y las condiciones de almacenamiento.

2.2.3.2.2. Propiedades de ajo

Koch y Lawson (19), el ajo es bajo en calorías y rico en varios minerales, como manganeso, vitamina B6, vitamina C y selenio. Cuando el ajo blanco se transforma en ajo negro a una temperatura y humedad constantes, aumenta la cantidad de polifenoles y otros compuestos antioxidantes. El aminoácido azufrado aliina, que está presente en los bulbos de ajo en cantidades de aproximadamente el 1%, se tritura para producir alicina (también conocida como disulfuro de dialilo). El olor distintivo lo producen la alicina y los ajoenos que son sus productos derivados.

También contiene aminoácidos proteinógenos, diversos compuestos de azufre, principalmente disulfuro de alilo, quercetina, fructanos, principalmente inulina, elementos minerales como potasio, calcio, manganeso y selenio, así como otras vitaminas del grupo B. La abundancia de ciertos compuestos antioxidantes en el ajo le otorga la mayoría de sus ventajas para la salud. Tiene una larga historia de ser un tratamiento popular para muchas enfermedades.

Actualmente existe evidencia científica a favor de su uso. Las personas con hipertensión arterial, hipercolesterolemia y diabetes mellitus tipo 2 han demostrado beneficiarse de algunas medidas de control. Debido a sus cualidades hipotensoras y reductoras de lípidos, el ajo ayuda a las personas con problemas de colesterol al estimular la circulación sanguínea. Debido a que

también es un fármaco antiplaquetario, tomarlo en exceso o en forma concentrada puede hacer que los tratamientos anticoagulantes sean menos efectivos.

En el contexto de este patrón dietético, se afirma que la inclusión de ajo y especias no sólo ayuda a minimizar el consumo de sal sino que también aporta nutrición y protección al organismo. Son ingredientes que predominan especialmente en la cocina mediterránea. La abundancia del ajo en compuestos antioxidantes es lo que le otorga la mayoría de sus ventajas para la salud. Tiene una larga historia de ser un tratamiento popular para muchas enfermedades. Actualmente existe evidencia científica a favor de su uso.

Las personas con infección por VIH han demostrado algunos beneficios de control. Las siguientes recomendaciones para conseguir estas ventajas: una dosis diaria de 2 a 5 g de ajo fresco (cuyo peso aproximado representa un diente de ajo), 0,4 a 1,2 g de ajo seco, 2 a 5 mg de aceite de ajo, 300 a 1000 mg de extracto de ajo, u otras formulaciones que contengan de 2 a 5 mg de alicina que sean similares. Si en el contexto de una dieta de estilo mediterráneo y prácticas de vida saludables, la presencia del ajo se ve resaltada.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

Hernández (22) explica que existen dos corrientes principales de las cuales seleccionar, siendo estas el método inductivo y deductivo. En el campo del diseño, este autor no considera la capacidad de que ambos puntos de vista puedan ser aplicados. Sin embargo, existen otros, como Espinoza (23) quienes postulan que un método sistémico puede aplicarse desde una perspectiva igual de efectiva, para contrastar la búsqueda y aplicación de información dentro del diseño y la investigación. Aunque, todavía es posible aplicar los métodos iniciales ya nombrados.

De este modo, hablar de la aplicación de un método conjunto resulta la mejor opción, considerando la posibilidad de estructurar la investigación y diseño en base a un método. Mientras que, se utilizan un método diferente para aplicar la teoría general del diseño y selección de componentes para complementar el trabajo. Si bien, el método inductivo no permite establecer predicciones precisas, el método deductivo permitirá tratar los datos teóricos definidos para determinar qué componentes serían los más adecuados en la configuración de la máquina.

3.1.2. Tipo de investigación

Hernández et al. (22) proponen que tomar una orientación con respecto al nivel de una investigación dispone su alcance intrínseco para obtener conclusiones a partir de las hipótesis. Esto indica que una investigación que se plantee como básica podrá evaluar un conjunto de información para observar el comportamiento de la problemática que ocurre a su alrededor. En

base a ello, se puede considerar que una investigación básica tiene como objetivo el analizar el entorno que rodea a un problema, e incluso los efectos que esta causa.

Todos los estudios requieren de información, ya sea para plantear una hipótesis o para entender los eventos previos a el problema a estudiar. En el caso de la investigación básica, es posible utilizar estos conocimientos previos, o una base científica, para responder a una hipótesis, e incluso para estimar ciertos comportamientos. La propuesta de realizar este tipo de estudios se concentra en entender los efectos y el actuar de un problema o fenómeno, de tal modo que las respuestas inferenciales puedan ser efectuadas posteriormente. (22) escribe acerca de este nivel de investigación:

“...producir conocimiento y teorías (investigación básica) ...” (22)

Hernández et al. (22) expone que efectuar un planteamiento descriptivo para una investigación ofrece un límite a la trascendencia que un estudio puede ejercer. Esto, ciertamente, condiciona al investigador a limitar el alcance del estudio, sin embargo, también permite obtener una serie de parámetros con los que la investigación podrá ser desarrollada. Un enfoque descriptivo no tiene como objetivo el resolver el problema, sino determinar sus características para entender el comportamiento de la problemática que existe.

Los pasos para realizar una investigación descriptiva se basan, generalmente hablando, en el método científico, se puede decir, es la base de la investigación a nivel mundial. Dentro de este enfoque se considera la necesidad de caracterizar a las variables con respecto a sus características y comportamientos dentro del ambiente donde se desarrolla. Es decir, analizar a la o las variables por medio de la observación acotando la información correspondiente a los parámetros considerados previamente en la hipótesis.

Hernández et al. (22) detalla este tipo de investigación:

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p. 92).

Este estudio de diseño se planteó en entornos de una investigación básica y descriptiva para analizar una alternativa de solución. A partir de esta premisa, se propone el estudio de esta posible solución para comprender su comportamiento por medio de modelos matemáticos y planos.

3.1.3. Alcance de investigación

Para Hernández (22), esta investigación se clasifica como descriptiva. Esto se debe a que se llevó a cabo el diseño detallado y la especificación de las propiedades y características del secador solar utilizado en el proceso de deshidratación del ajo. Siguiendo la definición del autor, esta modalidad de investigación busca detallar y esclarecer las propiedades, 49 características y perfiles de elementos como individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos u otros fenómenos que se someta a un análisis crítico.

3.1.4. Diseño de la investigación

Hernández et al. (22) propone una independencia entre los modelos de diseños de investigación basándose en la aplicación de procesos experimentales de manipulación de variables. Se deduce que los procesos experimentales tienen como propuesta el obtener información a partir de la manipulación de variables para responder las hipótesis de manera inferencial. Por otro lado, los diseños no experimentales, si bien también hacen uso de la observación, argumentan una respuesta por medio de la descripción de eventos.

Se considera que los diseños experimentales basan sus posibilidades para responder a las preguntas por medio de la inferencia de los conjuntos de datos obtenidos. Mientras que, un

modelo no experimental puede aplicar otro método, como la deducción, por ejemplo, para llegar a una conclusión considerando cierta información. Si bien se puede decir que suponer, como se hace en ambos casos al proponer una hipótesis es fase inicial, los enfoques se diferencian en el tratamiento que los datos reciben subsecuentemente.

Los modelos de diseño de investigación basados en la manipulación de variables se desdoblan en muchos otros enfoques, que dependen, esta vez, del alcance del estudio. Espinoza (23) clasifica estos modelos, a partir de los enfoques, y el uso de experimentos, como es el caso del enfoque descriptivo cuyo alcance recae en la medición de los parámetros de un fenómeno. Si una investigación se aborda desde esta perspectiva, no se considera obligatorio el uso de experimentos, puesto que los eventos se estudian de manera natural.

El modelo descriptivo propone que el investigador reúna información por medio de la observación para que luego de ordenarla y comprenderla, se puedan deducir ciertas conclusiones. Espinoza (23) limita el comportamiento del investigador eximiéndolo de otra intervención que no sea la observación del sujeto o fenómeno. Este modelo se puede utilizar para comprender ciertos comportamientos o fenómenos para luego poder prever sus conductas y respuestas, y de este modo, prevenir ciertos efectos.

El modelo que Espinoza (23) considera pertinente es el siguiente, el mismo que fue empleado por los autores:

$$X \rightarrow O$$

Donde:

X: Diseño de una máquina peladora para obtener dientes de ajos pelados en Huancayo.

O: Observación.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Hernández et al. (22) explica que una población de estudio es el grupo de sujetos o fenómenos que comparte una característica de interés para un investigador, la cual puede ser observada. Las poblaciones de estudio pueden incluir diferentes tipos de sujetos, siempre y cuando estas diferencias no influyan en el parámetro que se pretenda estudiar. Por ende, se puede incluir en una población a conjuntos de grupos que se delimitan a partir de características compartidas, cuyos parámetros observables no presenten un nivel alto de influencia externa.

La selección correcta de una población es un término inapropiado, si no, que se estiman ciertas condiciones para estudiar una población, o, mejor dicho, para estudiar una variable de una población. Es posible realizar un análisis con respecto a una variable entorno a una población grande, que pueda provenir de diversos puntos geográficos, o temporales. Es importante comprobar que los datos recogidos, con respecto a estas poblaciones, puedan ser contrastables y comparables a partir de métodos estadísticos o cualitativos.

Es posible que un investigador se proponga realizar un estudio sobre un tamaño de población de su preferencia, la cual puede orientarse bajo la posibilidad de sus recursos. Entonces, si es que uno poseyera una cantidad de recursos grandes, podría plantearse una investigación que englobe a una cantidad enorme de sujetos. Siendo esta una opción, se estiman métodos que permiten realizar investigaciones sobre conjuntos grandes de datos todavía sosteniendo una alta confiabilidad, a esto se le denomina como: métodos de muestreo.

3.2.1.1. Criterios de inclusión

Función principal: Debe corresponder a la extracción de la cáscara de los dientes de ajos, sin que la pulpa de estos dientes sea dañada y la merma de pulpa no exceda al 5% del volumen de la pulpa.

Configuración de componentes: Los componentes utilizados para el diseño deben de aplicar la fuerza de trabajo de manera eficiente y al mismo tiempo aprovechar el espacio con el que cuenta la máquina para funcionar de manera correcta. Debe de existir el espacio pertinente para efectuar el mantenimiento sobre los componentes que lo requieran.

Materiales y procesos aplicados: Los materiales y procesos de fabricación propuestos en el diseño de la máquina se accedieron en el periodo 2023 dentro del mercado regional del centro del Perú. Estos materiales y procesos contaron con garantía de intercambio por equipos similares.

3.2.1.2. Criterios de exclusión

Función principal: No se tomó en consideración aquellas posibles soluciones que podrían comprometer la pulpa de los dientes de años, o aquellas alternativas cuya merma pueda exceder más del límite considerado.

Configuración de componentes: Los componentes que no se tomaron en cuenta fueron aquellos cuyo tamaño, o método de construcción conllevarían a que el precio de la máquina exceda los valores comerciales de una máquina similar para el año 2023.

Materiales y procesos aplicados: Los materiales y procesos no considerados corresponden a aquellos cuya tecnología de aplicación o costo de adquisición sobrepase los presupuestos de diseño y construcción propuestos por el cliente al año 2023.

3.2.2. Muestra

Hernández et al. (22) explica que el procedimiento de muestreo toma lugar cuando el acceso para medir una variable de una población posee dificultades o presente ciertos inconvenientes. Dentro de estos inconvenientes puede estar la dificultad para evaluar a todos los sujetos, quizás debido a la falta de recursos, por lo que es posible considerar una muestra estadísticamente representativa. Para aplicar el muestreo de una población es necesario determinar las características que este nuevo conjunto habrá de requerir.

La necesidad de contar con una muestra que sea representativa y confiable estadísticamente a partir de la población inicial, suele ser el principal condicionante en muchas investigaciones. También es posible no darle relevancia al valor estadístico de la muestra, en tal caso, es posible hacer uso de eventos puntuales sobre los cuales tomar la data. En tal caso, se habla de un muestreo no estadístico, en el que la selección de los sujetos o fenómenos ocurre por medio de la experiencia y habilidad del investigador.

Salinas (24) describe que las técnicas de muestreo con una respuesta ante la dificultad de ejercer una medición sobre una población o para facilitar este procedimiento. Por ello, en muchos casos, es posible ejecutar considerar un grupo más pequeño, denominado como muestra, que represente estadísticamente los parámetros que se proponen medir. Hablar de una confiabilidad estadística considera que el nuevo grupo a estudiar permite validar al conjunto de datos para que este sea analizado de manera inferencial por medio de funciones matemáticas.

Sin embargo, también existen investigaciones donde la estadística no represente una cualidad inherente de las conclusiones ni necesarias para conseguir responder a las hipótesis. En estos casos, es posible considerar un estudio metódico enfocado a el análisis de ciertos eventos o situaciones consideradas por el autor. Para estas situaciones es posible hacer uso de un muestreo por conveniencia, que ocurre cuando el investigador selecciona los sujetos o fenómenos que plantea analizar, en base al criterio del investigador.

3.2.3. Tipo de muestreo

La diferencia principal que se puede considerar al seleccionar un tipo de muestreo es aquel probabilístico del no probabilístico, asumiendo que la selección es aleatoria. Esto supone que también existe un muestreo de tipo no aleatorio, que también podría ser denominado como un muestreo por conveniencia. Hernández et al. (22) los muestreos probabilísticos requieren que el investigador haga uso de la estadística para concretar la inferencia de resultados, es

recomendable hacer uso de un muestreo aleatorio también; mientras que los demás no lo requieren.

Para el presente caso, se puede considerar que la amplia posibilidad de alternativas de solución supone una población infinita, lo que conlleva a la necesidad de seleccionar una muestra. Haciendo uso del muestreo por conveniencia o intencional, habrá de considerarse aquellas alternativas que se acomoden a los criterios propuestos tomando como base la metodología de diseño. Cabe recordar que estos métodos no proponen hacer uso de estadística inferencial, sin embargo, permiten analizar de manera escrupulosa a las soluciones seleccionadas.

3.3. Técnica de recolección de datos

Espinoza (23) difiere de dos métodos para la recolección de información, cada una con herramientas diferentes para validar y consignar dicha data. Se describe el método empírico como un procedimiento en el que un investigador observa una variable o (23) conviene en que existen dos métodos de recolección de datos, la empírica y la documental, que se diferencia en la fuente de los datos. Estas técnicas pueden ser combinadas para contrastar cierta información empírica de la cual se puede tener cierta desconfianza. Aunque ciertamente, es común que estas técnicas se vean incluidas en la mayoría de investigaciones ya que, en muchas ocasiones, además de la observación, se suele requerir de una base teórica que se consigue por medio del análisis documental.

La técnica documental recoge la información a utilizar desde documentos, libros, revistas y similares, de donde la información fue recopilada por otro autor. Si bien, es cierto que uno puede hacer uso de una cita a un trabajo propio anterior, la técnica documental recoge data histórica que previamente ha sido comprobada. El valor de confianza de los datos recae sobre la capacidad del investigador para medir y redactar los datos dentro de una investigación, por lo que es necesario contrastar la información documental tomada en cuenta.

La técnica empírica resuelve que un autor necesita observar un evento y describir su comportamiento para considerar los datos recopilados de dicho evento. Ya que la observación es la principal herramienta aplicada para la recopilación de datos empíricos, es importante que los instrumentos de medición se encuentren en buen estado para efectuar la evaluación. Esto implica que un investigador necesita conocer los posibles sesgos de medición que podrían ocurrir en el momento de la observación, de tal modo que estos puedan disminuirse al máximo.

3.3.1. Instrumentos de recolección de datos

Espinoza (23) describe a los instrumentos de recolección de datos como aquellos objetos que facilitan o que permiten conocer las dimensiones de cierto evento. Un instrumento puede medir magnitudes físicas, como la temperatura o la masa, por ejemplo; sin embargo, es posible que se usen para medir escalas diferentes, como el nivel de satisfacción, por ejemplo. Esto quiere decir que un instrumento puede calibrarse o diseñarse a partir de modelos estandarizados, o modelos anteriormente diseñados para fenómenos similares.

Si se utiliza la técnica documental para recopilar los datos, los instrumentos de recolección están orientados al análisis textual de información. Por lo que es posible utilizar fichas de análisis documental, textual o de valor; que pueden encontrarse calificadas como herramientas de análisis cualitativo bajo otros autores. El proceso que cierta data textual requiere recopila información con respecto al autor, así como a la aplicación que anteriormente se le haya dado a la misma, ya que es posible comprobar mediante este método, la validez de los datos.

Los instrumentos empíricos de recolección de datos son objetos de medición que utilizan escalas para medir fenómenos físicos o características del ser humano. Si se desea medir fenómenos físicos, como el tiempo o la temperatura, por ejemplo, es seguro que se utilizará una escala validada por la comunidad científica. Mientras que, para el caso de la medición de niveles de características humanas, es posible utilizar instrumentos que fueron

diseñados a partir de ciencias que analizan estos comportamientos, las cuales se comprueba por medio de la comunidad científica.

3.4. Técnicas de análisis de datos

Las técnicas de análisis de datos dependen principalmente del tipo de datos que se proponen estudiar, considerando que existen datos cualitativos y cuantitativos en el análisis. Cada tipo de dato utiliza una técnica diferente, aunque es posible hacer uso de algunas técnicas en ambos casos. Las técnicas de análisis de datos cumplen con la función de ordenar la información para que ésta se pueda observar y entender de manera más sencilla, mientras que también permiten responder las hipótesis propuestas por el investigador.

En el caso de los datos cualitativos, es posible hacer uso de los múltiples métodos de análisis destinados para este tipo de datos, que podrían ser textuales, de contenido, entre otros. Estos métodos plantean analizar la información que el conjunto de datos propone, que muchas veces suele encontrarse como una oración que afirma o niega cierta propuesta. El análisis de esta información requiere que existan otros discursos contra los cuales se pueda contrastar la información que combina la experiencia de las personas encuestadas y el investigador.

Con respecto a los datos cuantitativos, es común hacer uso de técnicas que utilicen métodos matemáticos para ordenarse y dar información adicional, como es el caso de la estadística, por ejemplo. La estadística descriptiva, se usa con regularidad para clasificar y sistematizar un conjunto de datos con respecto a ciertos parámetros de las variables. Mientras que la estadística inferencial aplica funciones matemáticas para responder hipótesis de manera inferencial, es decir, por medio de pruebas estadísticas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Diseño de una peladora de ajos

4.1.1.1. Comprensión de la solución

4.1.1.1.1. Estado de la tecnología

Siendo los ajos uno de los frutos consumidos a lo largo de la historia del ser humano, el hombre ha cumplido con el proceso de desgranado y pelado de manera manual. Conforme se fueron utilizando nuevas herramientas, se incluyeron nuevos elementos en estos procesos manuales, utilizando cuchillos esencialmente para separar los dientes y luego quitar la cáscara. Hoy en día todavía se realiza el pelado de los ajos de forma manual, aunque también existen procesos automatizados que logran pelar los ajos con márgenes de producción más altos.

Una de las alternativas más utilizadas para pelar ajos de manera industrial es el uso de tambores que consigan friccionar los ajos unos entre otros extraer la cáscara entre sí. También es posible encontrar máquinas que utilizan la misma base, es decir, aplican un proceso de fricción por medio de cepillos. Luego, se instala un sistema de lavado, que consigue separar los frutos pelados de los desechos que se generaron. Este método último de limpieza puede utilizar agua o aire para complementar el proceso inicial, por lo que se puede decir que el pelado de ajos combina dos procedimientos.

Los procesos industriales para lograr esto también suponen diferentes formas de aplicar estos métodos de pelado. Cuando se tienen márgenes de producción más altos, es necesario que las máquinas cumplan con esto, por lo que, en algunos casos, se puede preferir los cepillos en líneas de producción. Mientras que, al utilizar tambores, se tiene como obstáculo, que la producción se encuentra limitada al tamaño de este elemento. El sistema de limpieza puede

incluirse dentro del tambor de pelado, o incluso a la salida de los cepillos, dependiendo del proceso destinado para ello.

4.1.1.1.2. Lista de exigencias

La norma VDI 2221, que es la metodología seleccionada para desarrollar el diseño de la máquina del presente proyecto, dispone un camino orientado hacia la satisfacción del cliente. Para ello, se delimitan y describen las características que la máquina requiere, donde el diseñador cumple el trabajo de traductor, para lograr entender los requerimientos que el cliente podría necesitar. Estas características se encuentran sugeridas por la metodología en cuestión, por lo que es el diseñador quien determina el significado de cada una de ellas correspondientes al proyecto actual.

Tabla 2. *Lista de exigencias*

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 1 de 1
PROYECTO:		DISEÑO DE UNA MÁQUINA PELADORA PARA OBTENER DIENTES DE AJOS PELADOS EN HUANCAYO	Edición: Rev. 1 Fecha: 28/12/2023 Revisado por: A.F.C.S.
CLIENTE		COMERCIO DE VEGETALES PELADOS EN HUANCAYO	Elaborado por: J.F.A.L. J.E.C.P.
Prioridad	Deseo o exigencia	Descripción	Responsable
1	E	FUNCIÓN PRINCIPAL: La máquina tiene como función principal el extraer la cáscara que recubre los bulbillos de una cabeza de ajo. El nivel de producción de la máquina tiene un total de 50 kilogramos por hora evitando que la pulpa de los bulbillos sea dañada en el procedimiento.	J. Ayala
2	E	GEOMETRÍA: La máquina debe de tener un tamaño adecuado en el sistema de pelado para responder al nivel de producción esperado. Además, el punto de alimentación de la máquina debe de encontrarse a una altura que no comprometa la salud del operador.	J. Ayala
3	E	FUERZA: La máquina debe de tener la fuerza necesaria para responder al nivel de producción esperado, considerando además la fuerza del sistema de limpieza sea la suficiente para quitar todos los desechos.	J. Chihuan
4	E	ENERGÍA:	J. Chihuan

		La máquina debe de suministrarse a partir del servicio de distribución eléctrica doméstica. Tanto el sistema de pelado, como el sistema de limpieza, deben de utilizar esta fuente de energía.	
5	E	SEGURIDAD: La máquina debe de utilizar bastidores y elementos de seguridad similares para todos los puntos donde se encuentre un elemento rotativo. Además, el punto de alimentación debe de encontrarse en un punto alejado de los mismos. ERGONOMÍA: La máquina debe de tener el tamaño adecuado para evitar que el operador tenga que causarse dolores musculares al ubicar la materia prima dentro de la máquina, se debe respetar la misma condición para el punto de salida. FABRICACIÓN: La máquina debe de tener la posibilidad de fabricarse con métodos encontrados en la región, ofreciendo alternativas para aquellos elementos que podrían adquirirse de importación. MATERIALES: La máquina debe de encontrarse fabricada en su totalidad por elementos y piezas mecánicas que puedan encontrarse en el mercado regional del centro del Perú con respecto al año 2023. MONTAJE: La máquina debe utilizar procedimientos de montaje que complementen al proceso de fabricación para facilitar otras características, como el transporte de la máquina o los procesos de mantenimiento. USO: La máquina debe minimizar el uso de elementos adicionales para lograr el pelado de los dientes de ajo. Esta idea se orienta con respecto al sistema de pelado, que utiliza energía eléctrica, así como del sistema de limpieza, que podría incluir otro elemento, como agua, por ejemplo. COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Ayala
6	E	ERGONOMÍA: La máquina debe de tener el tamaño adecuado para evitar que el operador tenga que causarse dolores musculares al ubicar la materia prima dentro de la máquina, se debe respetar la misma condición para el punto de salida. FABRICACIÓN: La máquina debe de tener la posibilidad de fabricarse con métodos encontrados en la región, ofreciendo alternativas para aquellos elementos que podrían adquirirse de importación. MATERIALES: La máquina debe de encontrarse fabricada en su totalidad por elementos y piezas mecánicas que puedan encontrarse en el mercado regional del centro del Perú con respecto al año 2023. MONTAJE: La máquina debe utilizar procedimientos de montaje que complementen al proceso de fabricación para facilitar otras características, como el transporte de la máquina o los procesos de mantenimiento. USO: La máquina debe minimizar el uso de elementos adicionales para lograr el pelado de los dientes de ajo. Esta idea se orienta con respecto al sistema de pelado, que utiliza energía eléctrica, así como del sistema de limpieza, que podría incluir otro elemento, como agua, por ejemplo. COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Ayala
7	E	FABRICACIÓN: La máquina debe de tener la posibilidad de fabricarse con métodos encontrados en la región, ofreciendo alternativas para aquellos elementos que podrían adquirirse de importación. MATERIALES: La máquina debe de encontrarse fabricada en su totalidad por elementos y piezas mecánicas que puedan encontrarse en el mercado regional del centro del Perú con respecto al año 2023. MONTAJE: La máquina debe utilizar procedimientos de montaje que complementen al proceso de fabricación para facilitar otras características, como el transporte de la máquina o los procesos de mantenimiento. USO: La máquina debe minimizar el uso de elementos adicionales para lograr el pelado de los dientes de ajo. Esta idea se orienta con respecto al sistema de pelado, que utiliza energía eléctrica, así como del sistema de limpieza, que podría incluir otro elemento, como agua, por ejemplo. COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Ayala
8	E	MATERIALES: La máquina debe de encontrarse fabricada en su totalidad por elementos y piezas mecánicas que puedan encontrarse en el mercado regional del centro del Perú con respecto al año 2023. MONTAJE: La máquina debe utilizar procedimientos de montaje que complementen al proceso de fabricación para facilitar otras características, como el transporte de la máquina o los procesos de mantenimiento. USO: La máquina debe minimizar el uso de elementos adicionales para lograr el pelado de los dientes de ajo. Esta idea se orienta con respecto al sistema de pelado, que utiliza energía eléctrica, así como del sistema de limpieza, que podría incluir otro elemento, como agua, por ejemplo. COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Chihuan
9	E	MONTAJE: La máquina debe utilizar procedimientos de montaje que complementen al proceso de fabricación para facilitar otras características, como el transporte de la máquina o los procesos de mantenimiento. USO: La máquina debe minimizar el uso de elementos adicionales para lograr el pelado de los dientes de ajo. Esta idea se orienta con respecto al sistema de pelado, que utiliza energía eléctrica, así como del sistema de limpieza, que podría incluir otro elemento, como agua, por ejemplo. COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Chihuan
10	E	USO: La máquina debe minimizar el uso de elementos adicionales para lograr el pelado de los dientes de ajo. Esta idea se orienta con respecto al sistema de pelado, que utiliza energía eléctrica, así como del sistema de limpieza, que podría incluir otro elemento, como agua, por ejemplo. COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Chihuan
11	E	COSTOS: La máquina debe de construirse utilizando procedimientos y materiales de valor económico competitivo con respecto al mercado regional del centro del Perú. Además, se deben de considerar actividades posteriores a la fabricación, como el uso o los procesos de mantenimiento. TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Ayala
12	D	TRANSPORTE: La máquina debe de poder desensamblarse para que el transporte de la máquina ocupe un espacio más compacto. Considerando a su vez el transporte de los repuestos para los procesos de mantenimiento, por lo que podrían preferirse piezas de menor tamaño. MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Ayala
13	D	MANTENIMIENTO: La máquina debe permitir las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que deben de existir espacios para la inspección de	J. Chihuan

		elementos. Así como el espacio suficiente para que los encargados puedan realizar las acciones correctivas necesarias cuando sea oportuno.	
14	D	RECICLAJE: La máquina debe de preferir el uso de elementos de fácil reciclaje, evitando el uso de aquellos que podrían representar un peligro para el medio ambiente. Además, los insumos utilizados deberían tener la capacidad de reciclarse, antes de contaminarse dentro de la máquina por el uso de la misma.	J. Chihuan

Nota: Elaboración propia

4.1.1.2. Concepto de solución

4.1.1.2.1. Abstracción de la solución

Como consecuencia del uso de la norma VDI 2221 es importante seguir los lineamientos establecidos por dicha metodología, que considera diseñar una descripción de cómo se relacionan los elementos al entrar y salir de la máquina. En este apartado se describe los insumos que ingresan a la máquina, entendiéndola como si de una función se tratase, para observar en qué otros elementos se transformación. Así, se realiza un listado de la materia prima, la energía y la señal de inicio; para luego, analizar la transformación de la mismas luego de atravesar todo su recorrido.

Para el presente proyecto, se tiene como unidad de observación, el diseño de una máquina peladora de ajos, sin embargo, se estudia los elementos que la conforman, más que el proceso de diseño en sí. La materia prima ingresada a la máquina son dientes de ajos, que previamente deberían separarse unos de otros para evitar que desechos excesivos dificulten el proceso de limpieza. Como producto final, es decir, la materia prima, deberá convertirse en dientes de ajo pelados, dando como un efecto negativo, las cáscaras y demás fibras que todavía se encuentren unidas a los bulbillos.



Figura 1. *Caja Negra del proyecto. Tomado de Pérez (25) recuperado en: <https://sinergiaprostudio.com/2022/02/21/caja-negra-la-estrategia-para-salir-de-un-proyecto-atascado/>*

Con respecto a la energía, se prevé que sea la energía eléctrica la fuente de suministro para hacer funcionar la máquina, sin embargo, es posible que el sistema de limpieza todavía requiera de otro ingreso adicional. Ya que los sistemas de limpieza utilizan agua o aire, podríamos considerar que son estas las opciones de ingreso para este sistema en concreto. Como efecto negativo, se tendrían las vibraciones debido al uso de la máquina, además del insumo en cuestión que ha sido contaminado por los desechos provenientes del sistema de pelado.

4.1.1.2.2. Estructura de funciones

Gracias al apartado anterior donde se realizó una descripción de los elementos que se encuentran al inicio y salida de la máquina, se puede pasar a determinar el camino que cada uno debe seguir para complementarse en conjunto con la máquina. La norma VDI 2221 explica que, por medio de este método, se puede entender qué funciones deben de diseñarse, seleccionando piezas o dimensionándolas. Para el caso del presente proyecto se utiliza el camino que sigue la materia prima y la energía suministrada como elementos principales para el diseño de la máquina.

La materia prima ingresa a la máquina desde un punto de alimentación desde el cual la máquina dispone de su contenido para trabajar. Ya que la alimentación de la máquina puede ser tanto continua como tomar turnos para procesar la materia prima, se recomienda tomar en consideración ambas opciones. Luego, los dientes de ajo pasan hasta el sistema de pelado, el cual utiliza la energía mecánica del sistema de transmisión de potencia para extraer la cáscara de los bulbillos. Es posible que, para conseguir un diseño más compacto, se pueda implementar el sistema de limpieza en este punto.

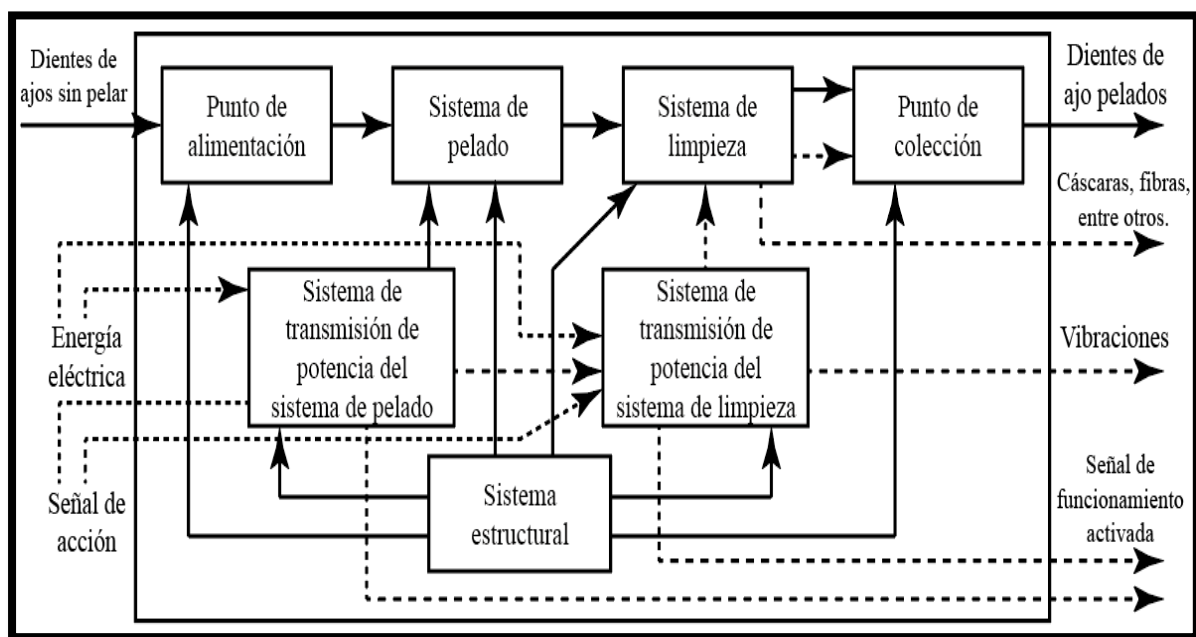


Figura 2. Diagrama de funciones del proyecto. (26) recuperado en: <https://www.pepp.gob.pe/descargas/mof.pdf>

Al considerar que existe un sistema adicional, es necesario especificar qué tipo de ingreso y salida tiene este último, por lo que se determina que ingresa un insumo como el agua o el aire. A la salida de este nuevo sistema, se tiene el mismo elemento, pero contaminado por los desechos extraídos por el sistema de pelado. Este sistema debería utilizar un sistema único de transmisión de potencia, por lo que para este caso se tendrían dos sistemas a los cuales suministrar energía. Finalmente, el sistema estructural permite soportar la carga de los elementos incluidos en la máquina.

4.1.1.2.3. Concepto de la solución

Al iniciar el diseño a partir de los ingresos y salidas que posee, se pudieron determinar qué sistemas se diseñan. Para este diseño, se tiene que el proceso de pelado representa el sistema principal a diseñar. Este podría utilizar tambores o rodillos, aplicando un método de fricción para quitar la cáscara de los bulbillos. En cualquier situación, este sistema debe de conseguir la extracción de la cáscara sin dañar la pulpa del bulbillo; además, debería ser importante considerar que utilizar revoluciones demasiado altas podría causar el daño de la pulpa o el movimiento incontrolable de la materia prima.

Como siguiente punto de mayor relevancia, es el diseño del sistema de limpieza, que en ciertas máquinas se considera dentro del diseño del sistema de desgranado. Sin embargo, debido a que este proceso suele requerir un sistema adicional de transmisión de potencia, e incluso una entrada diferente, se puede diseñar de manera independiente. Este sistema tiene como objetivo eliminar los desechos, cuyo método suele ser el generar un medio de conducción por medio de un fluido, que podría ser agua o aire, ya que la cáscara de estos frutos suele ser mucho más ligera que la pulpa.

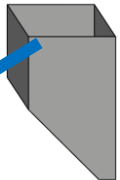
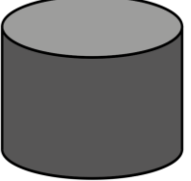
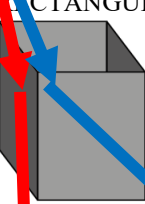
Al requerir dos sistemas de transmisión de potencia, es necesario seleccionar el doble de elementos de transmisión. Aunque también existe la posibilidad de utilizar agua, el cual supone hacer uso de una bomba, cuya compra suele requerir solo la instalación de la misma. Mientras que un sistema que ingresa aire requiere utilizar un impulsor, como un ventilador, que incremente la velocidad de cierto tramo donde los desechos sean conducidos hasta un punto de extracción.

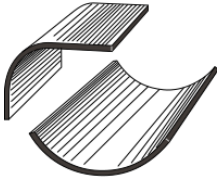
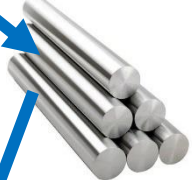
4.1.1.2.4. Matriz morfológica

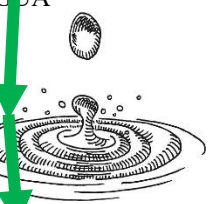
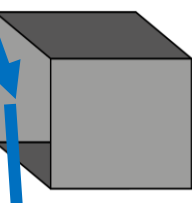
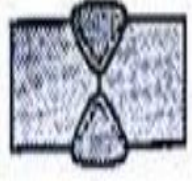
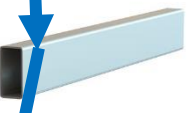
Habiendo determinado las funciones que se requieren para lograr convertir los elementos de entrada en los elementos de salida deseados, la metodología seleccionada considera postular una alternativa para cada función o elemento. De este modo, se podrá tomar

en consideración el concepto de solución para determinar las posibles alternativas para la máquina. El diseñador podrá realizar una combinación de estas alternativas, combinando las que crea convenientes y de mayor eficiencia, hasta obtener una máquina que cumpla con las especificaciones del cliente.

Tabla 3. *Matriz morfológica del proyecto*

MATRIZ MORFOLÓGICA		Pág. 1 de 1	
PROYECTO	DISEÑO DE UNA MÁQUINA PELADORA PARA OBTENER DIENTES DE AJOS PELADOS EN HUANCAYO	Edición: Rev. 1	
		FECHA: 28/12/2023	
		REVISADO POR: XXX	
CLIENTA	COMERCIO DE VEGETALES PELADOS EN HUANCAYO	ELABORADO POR: XXX	
FUNCIÓN	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3
PUNTO DE ALIMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	TAPA CIRCULAR 	COMPUERTA DE INGRESO 	TOLVA ASIMÉTRICA 
UNIÓN DEL PUNTO DE ALIMENTACIÓN CON EL BASTIDOR	UNIÓN SOLDADA 	UNIÓN EMPERNADA 	
BASTIDOR GENERAL DE LA MÁQUINA	BASTIDOR CILÍNDRICO 	BASTIDOR RECTANGULAR 	
CONTENEDOR DE LA MATERIA PRIMA	TAMBOR DE MALLAS 	TAMBOR 	SIN CONTENEDOR (PRODUCCIÓN CONTINUA) 
ELEMENTO CONDUCTOR HACIA EL PUNTO DE FRICCIÓN	GRAVEDAD (CONDUCCIÓN) 	ROTACIÓN (CONDUCCIÓN POR ACUMULACIÓN) 	Faja TRANSPORTADORA 

	POR ACUMULACIÓN) 		
ELEMENTO DE FRICCIÓN	PLANCHA ROLADA DE ACERO 	CEPILLO ROTATORIO 	MALLA DEL CONTENEDOR 
ELEMENTO CONDUCTOR DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN AL SISTEMA DE PELADO	EJE 	EJE CON DISCO 	EJES MÚLTIPLES 
TIPO DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA DE PELADO	FAJAS 	CADENAS 	CONTACTO DE ENGRANAJES
ELEMENTO VARIADOR DE VELOCIDAD DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	POLEAS 	CATARINA 	ENGRANAJES
GENERADOR DE POTENCIA	MOTOR ELÉCTRICO 		
ELEMENTO DE SALIDA DEL SISTEMA DE LIMPIEZA	COMPUERTA DE INGRESO 	TUBO REDONDO 	

INSUMO DEL SISTEMA DE LIMPIEZA	AIRE 	AGUA 	
ELEMENTO GENERADOR DE POTENCIA DEL SISTEMA DE LIMPIEZA	VENTILADOR 	BOMBA DE AGUA 	SUMINISTRO DOMÉSTICO 
BASTIDOR DEL SISTEMA DE LIMPIEZA	BASTIDOR DEL SISTEMA DE PELADO (COMPARTIDO)	BASTIDOR CUADRADO 	
UNIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA CON EL BASTIDOR	UNIÓN SOLDADA 	UNIÓN EMPERNADA 	
ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA LA MÁQUINA	VIGA CUADRADA 	VIGA RECTANGULAR 	VIGA EN ÁNGULO 
UNIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA LA MÁQUINA	UNIÓN SOLDADA 	UNIÓN EMPERNADA 	
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3

Fuente: Elaboración propia. Tomado de Rodríguez (27) disponible en: <https://mprende.es/2014/06/18/tecnica-para-generar-ideas-analisis-morfologico/>

4.1.1.2.5. Descripción de soluciones

Las soluciones se conforman a partir de la respuesta seleccionada por el diseñador, logrando una configuración única que pueda cumplir con los objetivos esperados. Ya que se trata de sistemas mecánicos, es posible demostrar una imagen gráfica de como se distribuyen los elementos, así como un diagrama cinemático desde la fuente de energía. Al tener en cuenta que cada alternativa es diferente, o cuanto menos, utiliza los suficientes elementos para diferenciarse de otra alternativa, se permite comparar cada una de las soluciones para seleccionar la más adecuada.

a. Solución 1

Esta solución considera un tambor de pared maciza, donde se instala una plancha de acero rolado, el cual cumple la función de generar un tope de fricción para que la cáscara de los bulbillos se extraiga. Ya que el sistema utiliza un eje al cual se le monta un disco en uno de los extremos, este elemento cumple con el objetivo de rotar los bulbillos hasta concentrarlos en la plancha rolada. Es importante tomar en consideración que este sistema utiliza un método de limpieza por agua, que ingresa desde una tubería para limpiar el tambor mientras éste gira.

Para transmitir la potencia desde el motor, se utiliza un sistema de poleas, que se unen por una faja para reducir la velocidad del sistema. Al requerir velocidades bajas para la máquina, es posible escoger un motor de más de dos polos, aunque también es posible utilizar diferentes escalonamientos, o un reductor de velocidad. Para extraer el fruto pelado, el operador deberá extraer los frutos manualmente, de tal modo que se pueda disminuir el costo excesivo de la adquisición y fabricación de la máquina, sacrificando el coste de uso final.

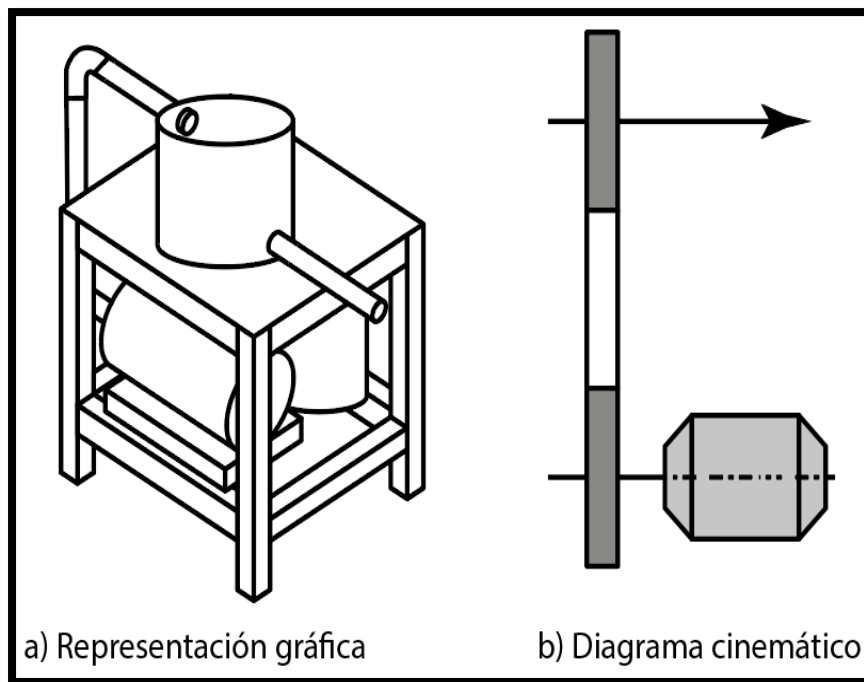


Figura 3. *Diagramas de la solución 1. Nota. Elaboración propia.*

b. Solución 2

Esta solución utiliza una tolva para permitir la alimentación continua de la máquina, es decir, la misma podrá ser utilizada constantemente con tiempos de trabajo de hasta ocho horas. El sistema utiliza cepillos para quitar la cáscara de los bulbillos de ajo, aunque este método tiene como consecuencia que resulta ser menos eficiente debido a la imposibilidad de friccionar todas las superficies del fruto. Al requerir una serie de cepillos, se podría adecuar diversos motores, aunque es menos costoso utilizar catarinas unidas por cadenas, que transportan la potencia desde un único motor.

Una faja transportadora conduce los desechos y los bulbillos pelados, hasta llegar a un punto de limpieza, donde un ventilador conduce las cáscaras peladas hasta un ducto de salida. Finalmente, la colección del fruto pelado se obtiene por medio de un elemento externo, donde se pueda juntar la producción de la máquina. La configuración de esta solución utiliza muchos

más elementos, por lo que el coste de fabricación y de materiales, resulta ser muy alto. Además, hay que considerar la adquisición de la faja transportadora, que incrementa aún más su precio.

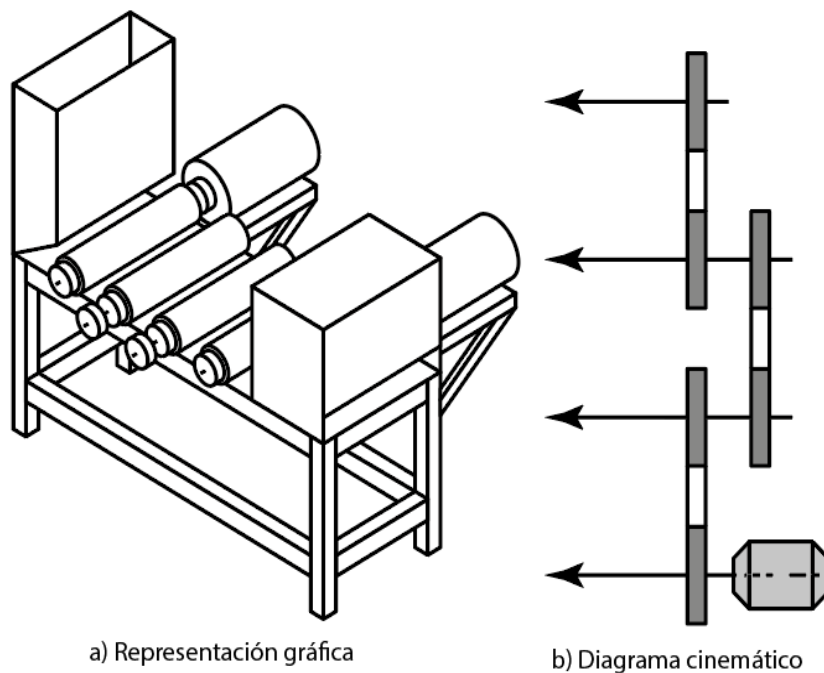


Figura 4. *Diagramas de la solución 2. Nota. Elaboración propia*

c. Solución 3

Esta solución utiliza un tambor de malla, dentro de bastidor cilíndrico, que sirve como un contendedor del tambor donde se juntan los bulbillos sin pelar. El tambor de malla gira, aprovechando los agujeros que posee este elemento para permitir que los bulbillos puedan friccionar unos con otros, quitando la cáscara de los mismos. El sistema de limpieza utiliza una tubería que ingresa agua desde una bomba, permitiendo que el tambor cilíndrico sirva de contenedor, y al combinar la rotación del tambor de malla, permitir la limpieza de los desechos indeseados.

El tambor mallado utiliza un eje que lo atraviesa, a uno de los extremos se encuentra una polea, con la cual se consigue la transmisión de la máquina. El sistema de limpieza se alimenta desde una bomba de agua, la extracción de los desechos se efectúa desde una tubería anclada al bastidor cilíndrico hasta un punto externo de la máquina. La extensión del tambor

permite utilizar un mayor volumen, permitiendo incluso solo realizar un proceso de alimentación por hora a costa de la inclusión de una estructura más grande, que permita sentar el bastidor cilíndrico, el motor y la bomba.

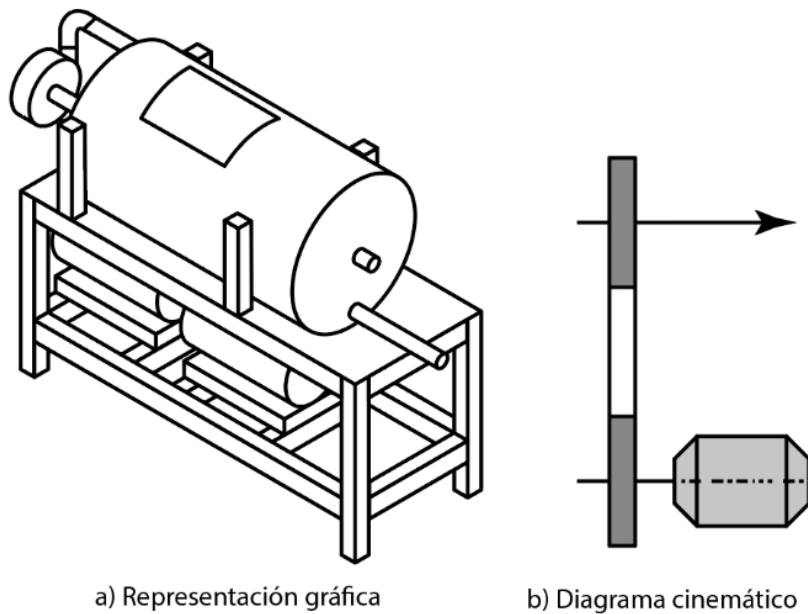


Figura 5. *Diagramas de la solución 3. Nota. Elaboración propia*

4.1.1.2.6. Selección de la solución óptima

La norma VDI 2221 permite que el diseñador pueda seleccionar la alternativa más adecuada para progresar con el diseño final, consiguiendo finalmente un diseño optimizado para el cliente. Al permitirse comparar, incluso, la norma sugiere que sería posible estimar qué elementos y configuraciones pueden mejorarse, asegurando que el diseño sea el mejor posible. A partir de un contraste técnico y otro, económico, se logra calificar cada una de las alternativas, comparando las configuraciones de los sistemas, dándole preferencia a aquellos que cumplan de manera eficiente el objetivo esperado.

La evaluación técnica permite comparar el cómo la máquina cumple con el pelado de los bulbillos de ajo, a su vez que estudia el sistema de limpieza y la eficacia de transmisión de potencia. La primera solución utiliza un tambor, el cual requiere de un método más fácil de

fabricación, además de servir como contenedor para el material. Mientras que, la tercera solución, todavía requiere de un doble bastidor para conseguir el mismo trabajo. La segunda solución, por otro lado, es un método de producción continua, que requiere una mayor cantidad de elementos.

La capacidad para ejecutar el proceso de pelado del segundo sistema se relaciona a un proceso continuo, que podría ser muy adecuado para líneas de producción mayores. Debido a que el margen de producción esperado para el proyecto es menor, se debería utilizar un método acorde al mismo, ya que esto podría comprometer el costo de la máquina. Los sistemas de limpieza en este tipo de diseños, para procesos continuos, aprovecha el aire para extraer los desechos, cuyo costo de uso es mucho menor que el del agua, aunque para producciones menores, usar agua resulta más conveniente.

Tabla 4. *Evaluación técnica para las soluciones de la máquina*

PROYECTO: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA PARA OBTENER LOS BULBILLOS DE LA CABEZA DE AJO EN HUANCAYO											
Evaluación técnica											
Variantes de concepto			Solución 1			Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
Nº	Función	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p	
1	Función principal	10	4	40	4	40	4	40	4	40	
2	Geometría	9	3	27	2	18	3	27	4	36	
3	Fuerza	9	3	27	3	27	3	27	4	36	
4	Energía	9	3	27	3	27	3	27	4	36	
5	Seguridad	9	4	36	2	18	2	18	4	36	
6	Ergonomía	9	4	36	3	27	2	18	4	36	
7	Fabricación	9	3	27	3	27	2	18	4	36	
8	Materiales	9	2	18	2	18	2	18	4	36	
9	Montaje	9	3	27	3	27	2	18	4	36	
10	Transporte	8	3	24	3	24	3	24	4	32	
11	Uso	8	2	16	4	32	2	16	4	32	
12	Mantenimiento	8	3	24	2	16	3	24	4	32	
13	Costos	8	3	24	3	24	3	24	4	32	
14	Reciclaje	7	3	21	3	21	3	21	4	28	
Puntaje			43	374	40	346	37	320	56	484	
Valor técnico			0.773		0.715		0.661		1		

Nota. Elaboración propia

El análisis económico considera la inversión que podría requerir los procesos para adquirir o fabricar un componente o algún sistema en general. En este caso, se podría considerar que aquella configuración de mayor coste, es aquella con el mayor número de piezas. En el primer caso, los elementos son de menor tamaño, aunque todavía se utiliza un motor y una bomba, este es un coste comparable con la configuración de los otros sistemas. Mientras que la configuración de un doble bastidor, conlleva a la inversión de dos elementos de gran magnitud.

El sistema de limpieza utiliza un insumo para lograr que la máquina extraiga los desechos, por lo que aquí se encuentra un coste de uso que podría conllevar en una preferencia sobre cierta solución. Al utilizar aire, es posible ver que este insumo es gratuito, por lo que la inversión ocurre en la energía eléctrica que requiere el ventilador. Por otro lado, al utilizar agua, este insumo tiene un valor mayor que el aire, lo que significa que con respecto al coste de uso, sería más costoso; aunque también podríamos considerar que los frutos se limpian de manera más eficiente que solamente usando aire.

Tabla 5. *Evaluación económica para las soluciones de la máquina*

PROYECTO: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA PARA OBTENER LOS BULBILLOS DE LA CABEZA DE AJO EN HUANCAYO										
Evaluación económica										
Variantes de concepto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
Nº	Función	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Costo de materiales	10	4	40	3	30	3	30	4	40
2	Costo de fabricación	9	3	27	2	18	3	27	4	36
3	Costo de mantenimiento	9	3	27	3	27	3	27	4	36
4	Costo de mano de obra	9	3	27	2	18	3	27	4	36
5	Costo de transporte	9	3	27	3	27	3	27	5	45
6	Costo de uso	8	2	16	3	24	2	16	5	40
Puntaje			18	164	16	144	17	154	26	233
Valor técnico			0.704		0.618		0.661		1	

Nota. *Elaboración propia*

Utilizar un diseño que utilice un sistema compacto, resulta más adecuado, al considerar que la estructura será de menor tamaño, y por lo tanto más rígida. Cabe señalar que el margen de producción jugó un papel importante, ya que el método de producción continuo, que resultaría más productivo, para este caso, era demasiado excesivo. Es por esto que se selecciona la solución 1 para proseguir con el diseño. Bajo esta directiva, se desarrolla los sistemas que lo componen, seleccionando los elementos para conseguir el diseño final de la máquina.

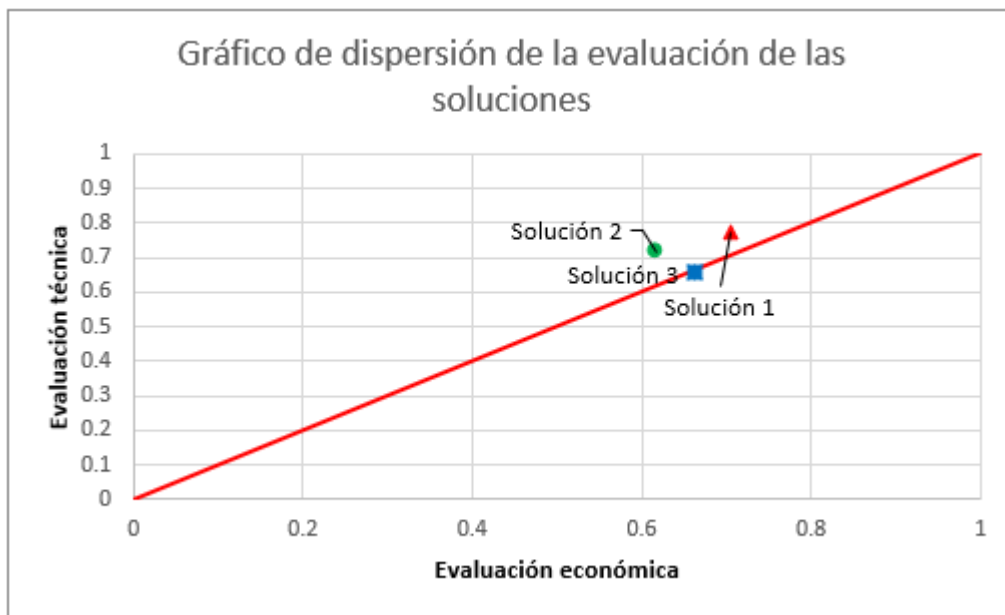


Figura 6. Gráfico de dispersión de las evaluaciones sobre las alternativas. Nota. Elaboración propia

4.1.1.3. Elaboración del proyecto

4.1.1.3.1. Diseño preliminar

Al tener en cuenta el primer diseño, el elemento de mayor importancia es el sistema de pelado, donde se utiliza un tambor, un disco y una plancha rolada para lograr el trabajo. Para conseguir una mayor producción en este tipo de máquinas, el tambor debe de incrementarse de tamaño, lo que podría comprometer al elemento estructuralmente. Si bien, es el disco montado sobre el eje el encargado de girar, para no comprometer la estabilidad del tambor, este se podría adecuar con una base de brida, anclada a el bastidor, lo que permitiría incrementarla de tamaño.

La plancha rolada que se incluye dentro del tambor, utiliza un área suficiente para conseguir que los ajos se concentren en la misma, y al funcionar como un tope, conseguir que los bulbillos friccionen entre sí. Este método de producción supone utilizar revoluciones bajas, lo que haría conveniente utilizar un reductor de velocidad de gusano, o un conjunto escalonado de cadenas. De usarse un tambor con base de brida, conllevaría a utilizar un bastidor similar, ya que sería el bastidor el encargado de funcionar como un embudo para permitir que los desechos salgan por la tubería diseñada.

Esto supone que el tambor se conforme de dos piezas, una anclada al bastidor, y la otra, anclada a esta pieza, considerando que la inicial permite el acceso de un eje para lograr el movimiento del disco de pelado. La estructura de la máquina sirve de asiento para las piezas del tambor antes descrito, mientras que la parte inferior asienta la bomba y el motor generador de potencia. No se considera un contenedor de agua para la máquina, ya que el sistema, durante un día de trabajo, podría utilizar un contenedor que excedería el tamaño, por lo que este elemento debe ser externo.

4.1.1.3.2. Diseño definitivo

El diseño del sistema de pelado se compone del tambor, el disco de pelado y la plancha de rolado. Este tambor se encuentra en contacto con los bulbillos de ajos y el agua del sistema de limpieza, por lo que para su construcción debería utilizarse un material de grado alimenticio. El disco de pelado, de manera semejante, cumple la función de promover la fricción entre los dientes de ajos, encontrándose en contacto directo con los materiales, por lo que su material debería ser de grado alimenticio. Esto también aplica para el disco de pelado.

El sistema de transmisión de potencia se compone del motor, los elementos de reducción, y el asiento de los mismos. El motor se selecciona considerando la potencia necesaria para lograr el esfuerzo de fricción, considerando la carga incluida en cada uno de los turnos de limpieza que se pide debido a la producción. La bomba de agua deberá considerar las

pérdidas debido a las tuberías, además de considerar la forma del tambor de pelado para conducir los desechos. Esto también se podría considerar para el disco de pelado, que se encuentra en contacto directo con el fruto.

El material destinado para el eje deberá utilizar uno de grado alimenticio, posiblemente de acero inoxidable, para evitar que el elemento pueda contaminar la producción de la máquina. La estructura, que sólo sirve de soporte, debe de utilizar acero ASTM A36, el cual es de menor coste y ofrece la rigidez requerida por la máquina. Para el bastidor, se podría utilizar el mismo material, considerando que la misma sólo sirve para evitar que el operador entre en contacto con los elementos rotatorios, por lo que, al no funcionar estructuralmente, su espesor debería ser menor.

4.1.2. Elaboración detalles

4.1.2.1. Diseño del sistema de pelado

4.1.2.1.1. Diseño del elemento de fricción

Para el caso del sistema de pelado, se evalúa el volumen de ajos que serán pelados cuando la máquina inicie su funcionamiento. Ya que se trata de una peladora de tipo centrífuga con sistema de limpieza por agua, existen turnos para cada carga que la máquina requiere. Luego, al iniciar el funcionamiento de la máquina, se toma un tiempo para trabajar, que regularmente se tiende a seleccionar 1,5 minutos para una carga. Aunque dependiendo del fruto, la velocidad angular y el volumen ingresado, esto suele variar, por lo que es necesario determinar estos parámetros con anterioridad.

Para el volumen que ingresa, se puede considerar que existe un volumen que no entra en fricción, ni entre sí, ni la superficie de fricción, ni con el disco. Esto debido al giro y la velocidad, consiguiendo solamente un arrastre de los frutos, razón por la cual se incluye un elemento de fricción, para promover el pelado. En referencia se toma el sector circular que representaría el volumen una vez que, luego de apilarse, terminará siendo el volumen que será

pelado. Debido a la capacidad de pelado, que no completa el giro alrededor del perímetro del tambor, se toma como referencia 12 centímetros.

Entonces, podemos calcular el volumen donde se encontrarán los dientes de ajos asumiendo la forma de un prisma truncado, que facilitará el cálculo a diferencia, de un volumen con una forma de sector circular tridimensional con un corte superior. De este modo calculamos el volumen (V):

$$V = A \times h$$

Donde:

A : Área de la base (mm^2). Debido a que este sistema presenta una cara trapezoidal, con respecto a la vista frontal de, se calcula con la fórmula acostumbrada para ello. Con una base menor de 30 milímetros, para permitir el giro continuo y una base mayor de 90 milímetros para la acumulación de dientes de ajos y una altura de 120 milímetros para el largo destinado a la acumulación. El área es igual a $7200 mm^2$.

h : Altura (mm). En este caso, se representa la altura con la profundidad que posee el sólido imaginario hasta alcanzar la pared del tambor. Se toma 120 milímetros para este tamaño.

Por lo tanto:

$$V_t = 7200 \times 120 = 864000 mm^3$$

Por otro lado, el volumen que genera cada uno de los dientes de ajos, se representa mediante el cálculo de un prisma de base triangular, ya que se asemeja a la forma que poseen. En base a dimensiones del tamaño de dientes que regularmente se incluyen, tomados de manera experimental, el autor del presente estudio pudo estimar el tamaño promedio de los ajos. Además, tomando una balanza de gramos, se pudo considerar la masa promedio, utilizando un valor aproximado para facilitar el cálculo, siendo este 10 gramo por cada diente de ajo.

$$V = A \times h$$

Donde:

A: Área de la base (mm^2). En forma de triángulo, la altura es 15,6 milímetros, y la base es 16,6 milímetros. Lo que representa $149,48 mm^2$

h : Altura (mm). Se toma un valor de 27,4 milímetros.

Finalmente:

$$V_d = 149,48 mm^2 \times 27,4 mm = 3547,752 mm^3$$

Entonces, para determinar el número de dientes de ajos que se incluyen en el sistema, podemos dividir el volumen total (V_t) entre el volumen unitario por diente de ajo (V_d). Así, tenemos:

$$\frac{V_t}{V_d} = \frac{864000 mm^3}{3547,752 mm^3} = 243,54 \text{ dientes}$$

Al multiplicar esta cantidad por la masa unitaria por diente de ajo, podemos determinar la masa total de frutos que serán pelados por cada turno:

$$243,54 \text{ dientes} \times \frac{10 g}{1 \text{ diente}} = 2435,4 g$$

En base al diseño, se puede considerar que por lo menos, un cuarto del volumen del tambor tendrá una carga de 2,43 kilogramos con un movimiento rotatorio. Para promover la fricción entre los elementos, se propone utilizar una superficie, la misma que se describió inicialmente en este apartado, de la cual parte del cálculo del volumen total de trabajo. Si bien, el cálculo del tambor permite la inclusión de aproximadamente 6 kilogramos (el valor real es 5,98 kg), se recomienda partir del volumen y la masa que sí entra en fricción para trabajar, ya que esta carga es efectiva.

Así, para diseñar el elemento de fricción, se dispone la fuerza con la misma dirección que la velocidad tangencial del disco giratorio. Además, para el cálculo, ya que se parte de una comprensión conservadora del diseño, se toma en cuenta la máxima carga posible, a pesar de que esta no debería incluirse en la máquina. Entonces:

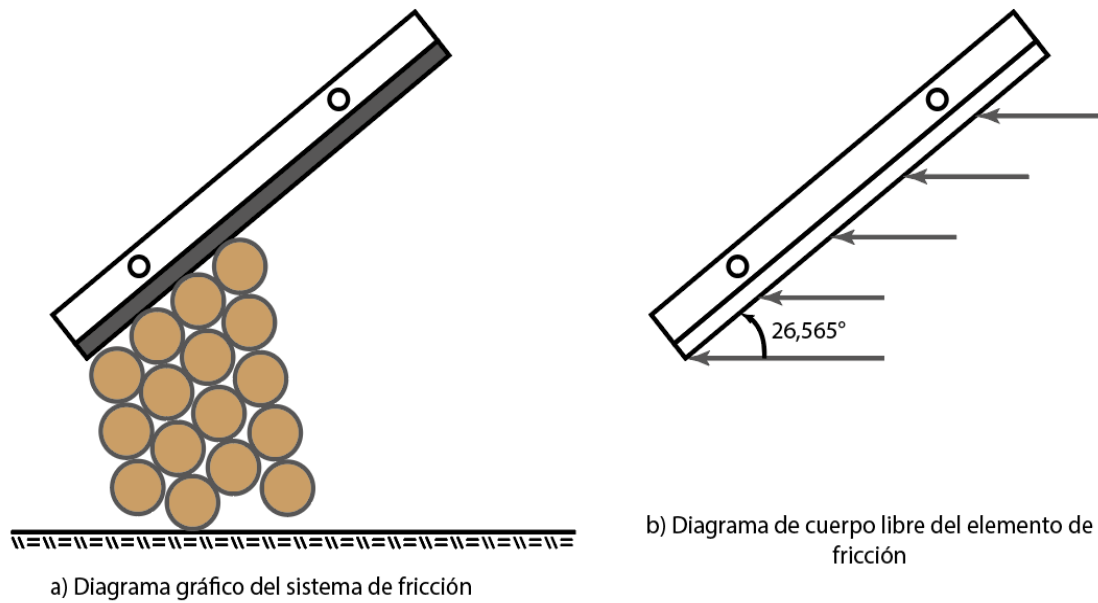


Figura 7. Distribución de carga para el elemento de fricción. Nota. Elaboración propia

Se puede observar que existe una carga distribuida a lo largo del elemento, el cual, para el cálculo, se dispone como de una viga se tratase, para comprobar la carga máxima que posee. Además, podemos calcular el esfuerzo máximo que posee la carga distribuida y considerar a que el elemento se encuentra empotrado en la pared del tambor. Por lo que se obtiene la carga distribuida que actúa de manera angular sobre el elemento:

$$F = W \times \text{sen}\theta$$

Donde:

W : Fuerza ejercida los frutos al ejercer entrar en contacto con la pared de fricción $\left(\frac{kg}{mm}\right)$. Se considera una carga de $0,045 \frac{kg}{mm}$.

θ : Ángulo de inclinación de la carga. Debido a la geometría del elemento, esta pieza posee un valor igual a $26,565^\circ$.

Entonces:

$$F = 0,045 \frac{kg}{mm} \times \text{sen}(26,565^\circ) = 0,02 \frac{kg}{mm}$$

Para determinar el punto donde la carga es máxima, podemos considerar el punto medio, ya que la carga distribuida incide por completo a lo largo de la viga. Esto supone que la carga máxima ocurre cuando la distancia, desde el punto extremo izquierdo, toma un valor igual a 60 milímetros. Simplificamos el cálculo, tomando como punto de análisis en el plano alzado del objeto. Por lo que el momento máximo es igual a:

$$M = 864 \text{ kg} - \text{mm}$$

Para la fórmula de esfuerzos debido a flexión tenemos:

$$\sigma = \frac{M \times c}{I}$$

Donde:

M : Momento flector en la sección de interés.

c : Momento de inercia del área transversal con respecto al eje neutro.

I : Distancia del eje neutro a la fibra más alejada en la sección transversal de la viga.

En algunos libros se tiene el término “Módulo de sección” (S), el cual se calcula mediante $S = \frac{I}{c}$.

Mientras que, para la resistencia máxima del material, el cual es acero inoxidable AISI 304, se tiene:

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n}$$

Donde:

σ_{max} : Resistencia a la tensión (MPa)

S_y : Punto de fluencia (MPa). Regularmente, para este cálculo, se utiliza el valor de la resistencia a la tensión, sin embargo, ya que se espera que el diseño evite una deformación elástica, se procede con el cálculo, tomando el valor de la resistencia al punto de fluencia, lo que dará como resultado un diseño más conservador. Finalmente, esta magnitud es igual a 235 MPa.

Se evalúa el diseño para una placa con 2,5 milímetros de espesor, lo que da como resultado:

$$\sigma = \frac{0,864 \text{ kg} - m \times 1,25 \times 10^{-3} \text{ m}}{3,77 \times 10^{-11} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 6,182 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 60,65 \text{ MPa}$$

Entonces, podemos despejar para el elemento de interés:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

Finalmente:

$$n = \frac{235 \text{ MPa}}{60,65 \text{ MPa}} = 3,875$$

Se complementa el cálculo determinando el diámetro de pernos que serán necesarios para anclar la plancha a la pared del tambor. Para ello, consideramos la carga que incide sobre el total de la placa, es decir: 5,9 kilogramos. Además, para el arreglo, se toma un conjunto de dos pernos, los cuales soportarán la carga en cuestión. Para el cálculo, determinamos las fuerzas que inciden sobre uno de los pernos. Entonces, debido a la carga inicial:

$$F_{1x} = \frac{5,9 \text{ kg}}{2} \times \cos(25,656^\circ) = 2,639 \text{ kg}$$

$$F_{1y} = \frac{5,9 \text{ kg}}{2} \times \sin(25,656^\circ) = 1,324 \text{ kg}$$

Debido al momento que la fuerza en el eje Y efectúa sobre el sistema, se obtiene una fuerza en el arreglo. Para obtener este valor se puede aplicar la fórmula:

$$F_i = \frac{M \times r_i}{\sum r^2}$$

Donde:

M : Momento generado por la fuerza en referencia al punto del centroide del arreglo ($\text{kg} - \text{mm}$).

r_i : Distancia radial marcada desde el centroide del arreglo hasta el perno en referencia del cálculo (mm).

Entonces:

$$F_2 = \frac{(2,547 \text{ kg} \times 10 \text{ mm}) \times 50 \text{ mm}}{[(50 \text{ mm})^2 + (50 \text{ mm})^2]} = 0,2547 \text{ kg}$$

Se calcula la fuerza resultante, considerando que, debido a la orientación de las fuerzas, la fuerza debido al momento (F_2) incide sobre el eje X. Por lo que se pueden determinar las nuevas fuerzas de interés:

$$F_x = 2,639 \text{ kg} + 0,2547 \text{ kg} = 2,8937 \text{ kg} = 6,38 \text{ lb}$$

$$F_y = 1,324 \text{ kg} = 2,92 \text{ lb}$$

Por lo que la fuerza resultante es:

$$F_R = \sqrt{(6,38 \text{ lb})^2 + (2,92 \text{ lb})^2}$$

$$F_R = 7,02 \text{ lb}$$

Se determina el área de sección para resistir el esfuerzo cortante, por medio de la ecuación:

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

Donde:

F : Fuerza de corte (lb). Determinado de la ecuación superior.

A : Área de sección que soporta el elemento al aplicar el esfuerzo cortante ($pulg^2$).

τ : Esfuerzo cortante máximo (MPa). Recordemos, que el valor de esfuerzo cortante, posee una magnitud que depende de una ecuación:

$$\tau_{max} = \frac{S'_n}{n}$$

Donde:

S'_n : Resistencia a la fluencia en cortante (MPa). Este valor depende del valor de punto de fluencia (S_y), considerando que para el acero inoxidable AISI este valor toma 235 MPa, se puede obtener la magnitud requerida por medio de:

$$S'_n = 0,5 \times S_y = 0,5 \times 235 \text{ MPa} = 117,5 \text{ MPa}$$

n : Factor de seguridad. Al tratarse de una máquina que trabajará con elementos que serán introducidos al contacto humano, se espera que el factor de seguridad sea elevado. Por esto, el diseñador propone un diseño conservador, elevando el valor hasta un total de 8.

Así, se determina posteriormente:

$$\tau_{max} = \frac{117,5 \text{ MPa}}{8} = 14,6875 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = 2130,24 \frac{lb}{pulg^2}$$

Con respecto al esfuerzo cortante generado:

$$A = \frac{F}{\tau} = \frac{7,02 \text{ lb}}{2130,24 \frac{lb}{pulg^2}} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ pulg}^2$$

Finalmente, se despeja el cálculo del área de una sección circular para determinar el diámetro que requiere el perno analizado. De este modo podemos aplicar:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}}$$

Donde:

D : Diámetro de la sección circular que soporta el esfuerzo cortante en el perno ($pulg^2$).

A_s : Área requerida por la sección circular ($pulg^2$).

Calculamos:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3,3 \times 10^{-3} \text{ pulg}^2}{\pi}} = 0,065 \text{ pulg}$$

$$D = 1,65 \text{ mm}$$

Dado el valor final del perno de sujeción, es posible considerar que sería suficiente usar un perno de 1/8 de pulgada en acero inoxidable AISI 304. Sin embargo, es difícil conseguir estos elementos, por lo que se recomienda, utilizar un perno de ¼ de pulgada. Finalmente podemos redactar las dimensiones de la placa con adecuadas para comprobar que el elemento no presente deformaciones debido a la fuerza que podría suponer una carga al máximo de su capacidad.

Para las dimensiones del elemento seleccionado, se dispuso utilizar acero inoxidable AISI 304, para una placa con 131,16 milímetros por 12 milímetros por 2,5 milímetros de espesor. Este elemento se encuentra sujeto por dos pernos, distanciados por 100 milímetros uno del otro, tomando como referencia, el punto medio que se genera entre ambos para coincidir por el plano simétrico de la placa de fricción. Estos pernos son de acero inoxidable AISI 304 con un diámetro de ¼ de pulgada. Por lo que podemos proceder con el diseño a continuación.

4.1.2.1.2. Selección de los componentes del sistema de limpieza

La selección del sistema de limpieza corresponde a una serie de elementos encargados de quitar las cáscaras del sistema de pelado. Es común que algunas máquinas reemplacen el agua por aire, sin embargo, para el presente diseño se plantea utilizar una bomba de agua para rociar el sistema antes mencionado. Luego, gracias al chorro de agua, los desechos son conducidos hasta un elemento colector que permite extraerlos antes de extraer los frutos pelados. Es posible, incluso, aprovechar este elemento para servir como colector de ajos, reduciendo la altura entre el bastidor y el disco de pelado.

Las máquinas centrífugas que usan agua en el sistema de limpieza suelen depender del tipo de fruto ingresado, la velocidad de rotación, entre otros parámetros para definir el caudal. No existen parámetros exactos para definir estas condiciones, sino que, dependen de

características ofrecidas por el fabricante para sus cualidades de funcionamiento. Sin embargo, existen rangos para estos parámetros. Para el caudal, es posible encontrar máquinas que usan desde 0,4 litros de agua por kilogramo hasta 0,6 litros de agua; además, la velocidad puede variar desde 2 metros por segundo, hasta 4 metros por segundo.

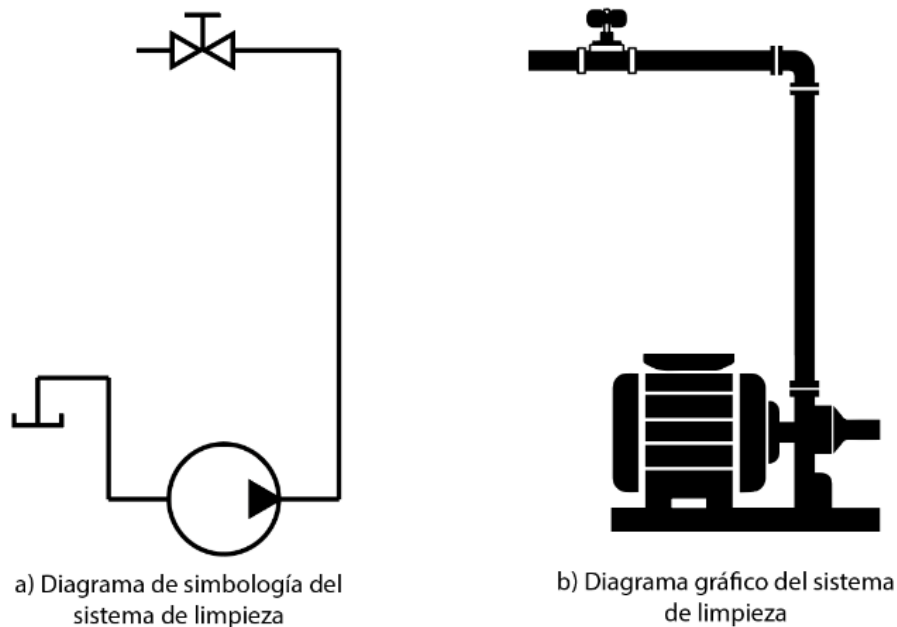


Figura 8. *Diagramas del sistema de limpieza. Nota. Elaboración propia.*

En el mercado es posible encontrar máquinas que ingresan el agua a menor velocidad, pues tal como se comentó, estos parámetros dependen del fabricante. Sin embargo, se plantea un diseño bajo dichas especificaciones para el presente cálculo. Estimando los datos recolectados.

Dados los datos bibliográficos obtenidos para los parámetros de la máquina, se propone seleccionar una bomba de agua para mover un caudal de 20 litros por minuto, utilizando a la salida del arreglo, una tobera. Además, se considera la altura de elevación del agua, que, dado el diseño de la máquina, no será mayor a 0,8 metros. Estas condiciones permiten aplicar ecuaciones simplificadas para la selección de la bomba, puesto que los parámetros de diseño

utilizan elementos sencillos y no requieren de un diseño minucioso como lo haría el de una instalación industrial.

Así, aplicamos:

$$NPSH_{disp} = H_S - H_a - H_{vp} - H_f$$

Donde:

$NPSH_{disp}$: Net positive suction head (*mca*). También denominado como ANPA, debido a sus siglas en el español, que significa, Altura Neta Positiva de Aspiración.

H_S : Presión estática del fluido o presión atmosférica (*mca*). Obtenido de tablas, depende de la presión atmosférica a la que se encuentre el fluido.

H_a : Altura de aspiración (*mca*). Obtenido del diseño planteado, cuyo valor se toma desde la línea de succión de la bomba hasta el punto de referencia de llenado del tanque de suministro. Si es que el nivel de agua de este elemento está por encima de la bomba, su signo se hace positivo.

H_{vp} : Presión de vapor (*mca*). Obtenido de la temperatura del líquido que se desea conducir.

H_f : Pérdidas de fricción debido a las tuberías, accesorios, entre otros.

Así, podemos aplicar la información que ofrece (15) con su libro: Mecánica de fluidos. Consideramos que para la presión en columna de agua para la altura de sobre el nivel del mar de 3250 metros, dicha presión es igual a 6,83. Además, para la presión de vapor, ya que utilizaremos agua a temperatura ambiente, consideramos, 0,2388 metros de columna de agua. Finalmente, las pérdidas primarias y secundarias, se obtienen a partir de la suma de estas, por lo que, para el cálculo, tomaremos como punto de partida la posibilidad de encontrarnos con accesorios comunes para este tipo de sistemas.

$$H_f = H_{fp} + H_{fs}$$

Donde:

H_{fp} : Pérdidas primarias (*mca*). Depende de las pérdidas causadas por la fricción en las tuberías a lo largo de su longitud. Para el presente ejemplo, consideramos una serie de tuberías con un largo total de 2 metros; valor que excede el propuesto inicialmente.

H_{fs} : Pérdidas secundarias (*mca*). Depende de las pérdidas causadas por la fricción en los accesorios del sistema. Es común que estos sistemas utilicen codos de 90°, válvulas de pie, válvulas antirretornos, entre otros.

Entonces, considerando para el cálculo tuberías de 1 pulgada y un caudal de 1,2 metros cúbicos por hora, utilizando tuberías de pvc:

$$H_f = 0,0312 + 2 \times 0,0081 + 0,1285 + 0,0381 = 0,214 \text{ mca}$$

Logramos obtener, asumiendo que es posible que la altura de succión sea negativa, para 2 metros de succión:

$$NPSH_{disp} = 6,83 - 2 - 0,2388 - 0,214 = 4,3772 \text{ mca}$$

En base al resultado podemos seleccionar una bomba de agua, considerando a su vez, los parámetros de selección recomendados. Para el autor antes mencionado, este parámetro se representa como:

$$NPSH_{disp} > 1,1 \times NPSH_{req}$$

Lo que significa:

$$3,9793 \text{ mca} > NPSH_{req}$$

En base a esta información podemos seleccionar una bomba adecuada para ello a partir de los gráficos de curva de una bomba propuesta. Se utiliza una bomba Pedrollo PKm 60 monofásica de 0,5 HP. Aunque esta bomba está listada como una bomba de doméstico por el fabricante, las características de diseño presentadas permiten el uso de esta bomba debido a las condiciones de trabajo establecidas. Si bien, es posible utilizar bombas más pequeñas, se podría

comprometer el caudal en el sistema de limpieza, por lo que finalizamos este apartado con la selección de este elemento.

4.1.2.2. Diseño del sistema de transmisión de potencia

4.1.2.2.1. Cálculo de potencia

Para el cálculo de potencia, se considera solamente la carga con la que nos encontraremos en el sistema de pelado, mas no en el sistema de limpieza. Esto se debe a que la bomba posee su propia fuente de energía. Entonces, el diseño responde netamente a la parte mecánica, correspondiendo al esfuerzo mínimo necesario para lograr mover el volumen que se encuentra dentro del tambor de limpieza. Señalemos que el momento de inercia necesario para mover la carga inicial, y el disco será calculado determinando el 10% de la potencia final, a pesar de que su valor es bastante pequeño.

Entonces, para determinar la potencia, aplicamos:

$$P = F \times r \times \omega$$

Donde:

P : Potencia (W)

F : Fuerza requerida para lograr el trabajo de la máquina (N). Obtenida del cálculo de diseño del sistema de fricción, por lo que se toma un valor de 5,9 kilogramos. Para utilizar las unidades definidas, este valor sería: 57,879 N .

r : Radio de incidencia de la fuerza (m). El valor estimado para utilizar depende del tamaño del tambor, por lo que se selecciona 0,15 metros para esto.

ω : Velocidad angular ($\frac{rad}{s}$). Para este tipo de máquinas, peladoras centrífugas con sistema de limpieza de agua, la velocidad estimada se entra entre un rango de 280 rpm y 330 rpm; Para 330 rpm = 34,56 rad/s; aunque estos valores no son exactos, ya que cada fabricante posee su propio rango de parámetros de trabajo.

En conjunto con la fuerza, este valor da como producto el valor de torque del sistema, que usualmente es la condición bajo la que se describe la ecuación. Sin embargo, se explica la ecuación aplicando los parámetros que conocemos. Entonces:

$$P = 57,879 \text{ N} \times 0,15 \text{ m} \times 34,56 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 300,05 \text{ W}$$

Cabe señalar que existe una carga, al inicio de las acciones, donde la potencia debe incrementarse. Es decir, la máquina requiere vencer el momento de inercia del conjunto y de la masa de dientes de ajo que se le ingresa para poder girar adecuadamente. Matemáticamente, estos cálculos suelen ser relativamente pequeños, a comparación del valor de potencia de acción, pudiendo representar un valor por debajo del 1% de la potencia calculada. Sin embargo, para adecuar el cálculo al sistema, que utiliza un disco de giro con múltiples agujeros, y la masa de ajos, se propone usar un valor de 5%.

Entonces, el aumento de la potencia o la potencia final (P_f) se daría como:

$$P_f = P \times F_p$$

Donde:

P : Potencia de diseño inicial (HP). Obtenida en el cálculo previo, por lo que su valor es igual a 300,05 W .

F_p : Factor de incremento porcentual. Tal como se comentó previamente, este valor, es usualmente, muy pequeño, pero para el presente diseño se incrementa en un margen de 5%, es decir la potencia requerida equivale al 105% del valor inicial; dado que la potencia calculada también es relativamente pequeña.

Recordemos que esta ecuación no está definida por autores de diseño, sino, es una manera acelerada para calcular la potencia, implicando el cálculo del momento de inercia que representaría el disco y el volumen de ajos. Por lo tanto:

$$P_f = 300,05 \text{ W} \times 105\% = 315,05 \text{ W}$$

Finalmente, aplicamos un factor de eficiencia mecánica, el cual representa la capacidad de transmisión que existe entre los diversos componentes. A esto se le incluye la posible pérdida de potencia debido a la transmisión, ineficiencias del sistema de pelado, entre otras posibles condiciones con las que podríamos encontrarnos.

Dicha ecuación se representa mediante:

$$P_D = \frac{P_f}{\eta}$$

Donde:

P_f : Potencia calculada final (HP). Determinada de los cálculos previos hasta este punto. Equivale a 315,05 W.

η : Eficiencia mecánica del sistema. Determinada a partir de la consideración del diseñador. Es común utilizar un valor igual a 0,8.

Finalmente:

$$P_D = \frac{315,05 \text{ W}}{0,8} = 393,81 \text{ W}$$

$$P_D = 393,81 \text{ W} = 0,528 \text{ HP}$$

Con el cálculo realizado, podemos seleccionar un motor eléctrico, por lo que se llega a la conclusión de usar un catálogo WEG (2021) para este apartado. Si el motor posee una velocidad angular muy elevada, la transmisión será más difícil de efectuar, por lo que se llega a la conclusión de elegir un motor Monofásico con condensador permanente de 0,75 HP (0,55 kW) de VI polos; con 1090 rpm con carcasa 80; cuya masa es de 16,7 kilogramos. Aprovecharemos la velocidad reducida del motor para utilizar un tipo de transmisión que requiera menos espacio.

4.1.2.2.2. Selección de los componentes de transmisión

El sistema de transmisión corresponde a los elementos con los cuales se permite transmitir la fuerza del motor hasta el sistema de acción, donde se aprovecha dicha energía para

actuar bajo el objetivo de la máquina. Existen ciertas restricciones para cada tipo de sistema de transmisión, que dependen principalmente de las recomendaciones para ser usadas en entornos diferentes. Es el caso de las transmisiones por fajas, cuyas revoluciones por minuto suelen ser más altas que en las cadenas, más silenciosas y no requerir de un sistema de lubricación constante.

Para el presente diseño se dispone del uso de unas fajas, ya que su tipo de transmisión se adecúa a la velocidad angular actual y el esperado poco ruido del sistema. Para el diseño se considera diseñar el eje, de manera que el ángulo de la fuerza generada por la faja corresponda al plano compartido entre el eje del motor y el eje diseñado. Además, para facilitar la transmisión, se ubican, tanto el motor, como el eje diseñado, de manera vertical, por lo que se propone seleccionar la faja para requerir el menor espacio posible en el ensamblaje.

Finalmente, aprovechamos las ecuaciones de selección de fajas síncronas del catálogo Optibelt (2021) Technical Manual Rubber timing Belt Drives:

$$c_2 = c_0 + c_3 + c_6$$

Donde:

c_0 : Factor de carga básica. Valor seleccionado del manual de Optibelt descrito anteriormente, se puede ver la tabla de la cual proviene en el anexo iii, por lo que adquiere un valor de 1,6.

c_3 : Factor de corrección por velocidad. Valor seleccionado del manual de Optibelt descrito anteriormente, en caso de que se tenga una relación de incremento, y ya que para el presente proyecto se desea reducir la velocidad angular, el factor es igual a 0.

c_6 : Factor de corrección de fatiga. Valor seleccionado del manual de Optibelt descrito anteriormente. Su valor proviene del tipo de fatiga que vaya a soportar la faja. Ya que el diseño sugiere que la operación de la máquina será ocasional, este factor posee un valor negativo igual a -0,2.

Entonces:

$$c_2 = 1,6 + 0 - 0,2 = 1,4$$

Así, determinamos la potencia de diseño bajo la cual se selecciona el tipo de faja síncrona para la transmisión:

$$P_B = P \times c_2 = 0,55 \text{ kW} \times 1,4 = 0,77 \text{ kW}$$

$$P_B = 0,77 \text{ kW} = 1,03 \text{ HP}$$

Si observamos el anexo ii, podemos observar el diagrama de selección para la faja síncrona con respecto al manual Optibelt. A partir de este gráfico, señalando la velocidad de la polea pequeña, es decir, la polea que va montada sobre el motor, cuya velocidad es de 1090 rpm y la potencia de diseño calculada anteriormente, llegamos a la conclusión de utilizar una faja Optibelt OMEGA 5M. Se calcula la relación que existe entre las velocidades:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde:

ω_1 : Velocidad angular de la polea menor (*rpm*).

ω_2 : Velocidad angular de la polea mayor (*rpm*).

n_1 : Cantidad de dientes de la polea menor.

n_2 : Cantidad de dientes de la polea mayor.

Entonces:

$$i = \frac{1090}{330} = 3,303$$

Para comprobar la relación de transmisión, se sugiere utilizar una polea mayor de 100 dientes. Se procede seleccionando la polea más grande; ya que, para el tipo de faja seleccionado, las poleas suelen tener un tamaño bastante reducido. Además, es posible que, debido a un ángulo de contacto tan pequeño, la capacidad de transmisión de la faja se vea reducida. Por lo tanto:

$$i = \frac{100 \text{ dientes}}{3,303} = 30,28 \text{ dientes}$$

Seleccionamos una polea cuya adquisición sea fácil de obtener, por lo que se selecciona una polea de 30 dientes. Se toma en consideración una polea de 30 dientes, ya que, aquellas poleas de menor cantidad de dientes sólo permiten un agujero con diámetro permisible de 18 milímetros o menos. Por lo que, al utilizar el motor en cuestión, se determina usar esta cantidad de dientes para evitar usar un escalonamiento adicional de reducción. De este modo, la nueva relación es igual a:

$$i = \frac{100 \text{ dientes}}{30 \text{ dientes}} = 3,333$$

Entonces, la velocidad angular será:

$$\omega_2 = \frac{1090}{3,333} = 327 \text{ rpm}$$

Es así como utilizaremos una polea de 100 dientes, cuyo diámetro de paso es igual a 159,15 mm; mientras que la otra, la polea de 30 dientes, posee un diámetro de paso igual a 47,75 milímetros. Se hace esto ya que el diámetro del eje del motor seleccionado utiliza un diámetro de 19j6, lo que finalmente condiciona a la selección de este elemento. Entonces, prosiguiendo, se determina la distancia entre centros, aplicando las ecuaciones de valor recomendado para el diseño:

$$a > 0,5 \times (d_1 + d_2) + 15$$

$$a < 2 \times (d_1 + d_2)$$

Donde:

a : Distancia entre centros (mm).

d_1 : Diámetro de paso de la polea menor (mm). Tal como se comentó en el párrafo anterior, el diámetro de paso de la polea menor es iguala 47,75 milímetros.

d_2 : Diámetro de paso de la polea mayor (mm). Tal como se comentó en el párrafo anterior, el diámetro de paso de la polea menor es iguala 159,15 milímetros.

Calculamos:

$$a > 0,5 \times (159,15 + 47,75) + 15 \rightarrow a > 118,45 \text{ mm}$$

$$a < 2 \times (159,15 + 47,75) \rightarrow a < 413,8 \text{ mm}$$

Esto significa:

$$118,45 \text{ mm} < a < 413,8 \text{ mm}$$

Dado que para obtener un diseño compacto se debe de seleccionar una distancia entre centros que acerque los ejes, se considera dimensionar para 250 milímetros. Este valor será luego comprobado luego de seleccionar una faja de catálogo, por lo que es posible disminuir un poco la distancia. Cabe señalar que la selección de la faja también depende de la disponibilidad de la misma para su compra. Entonces:

$$L_{wth} = 2a + \frac{\pi}{2} \times (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \times a}$$

Donde:

L_{wth} : Desarrollo de la faja (mm).

Se obtiene al aplicar los datos:

$$L_{wth} = 2(250) + \frac{\pi}{2} \times (159,15 + 47,75) + \frac{(159,15 - 47,75)^2}{4 \times 250}$$

$$L_{wth} = 837,41 \text{ mm}$$

Dada la distancia de desarrollo de la faja, se puede proceder a seleccionar una faja del catálogo Optibelt (2021) Technical Manual Rubber timing Belt Drives. Se toma una faja 800 5M 15. Para la lectura de este tipo de elementos, el primer número “800”, representa la longitud de desarrollo en milímetros; el segundo, representa el perfil o tipo de faja, es decir, 5M; y finalmente, el último número, “15”, representa el ancho de la faja dada en milímetros. Aunque, ciertamente, existen otros anchos, se toma un valor normalizado para el diseño, que para este caso existían anchos de 9; 15 y 25 milímetros.

Se determina el valor real de la distancia entre centros mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$a_r = K + \sqrt{K^2 - \frac{(d_2 - d_1)^2}{8}}$$

Donde:

K: Factor de simplificación de ecuación. Ese factor simplemente permite resumir la ecuación para que no sea extensa. Para determinarse se aplican los diámetros primitivos de ambas poleas, así como el valor real de la distancia de desarrollo de la faja (L_{wSt}). Este valor equivale a: $K = \frac{L_{wSt}}{4} - \frac{\pi}{8} \times (d_1 + d_2)$

Aplicando los nombrados, se tiene:

$$K = \frac{800}{4} - \frac{\pi}{8} \times (159,15 + 47,75) = 118,751 \text{ mm}$$

Lo que permite obtener el valor real de la distancia entre centros:

$$a_r = 118,751 + \sqrt{118,751^2 - \frac{(159,15 - 47,75)^2}{8}} = 230,78 \text{ mm}$$

Continuamos con el cálculo, determinando la cantidad de dientes en contacto que posee la polea de menor tamaño, la cual es la polea representativa del diseño y selección de componentes:

$$z_o = \frac{z_k}{6} \times \left(3 - \frac{d_2 - d_1}{a_r} \right)$$

Donde:

z_o : Cantidad de dientes en contacto.

z_k : Número de dientes de la polea menor. Seleccionado del catálogo, posee 30 dientes para 47,75 milímetros.

Determinamos el valor:

$$z_o = \frac{30}{6} \times \left(3 - \frac{159,15 - 47,75}{230,78} \right) = 7,52 \cong 7 \text{ dientes}$$

Comprobamos que la faja posea una potencia transmisión nominal por encima del requerimiento matemático del cálculo previo. Esto requiere calcular la potencia transmisible nominal, la cual depende del ancho de la faja aplicando una serie de factores adicionales. Así, aplicamos:

$$P_U \geq P_B$$

$$P_U = P_N \times c_1 \times c_7$$

Donde:

P_B : Potencia de diseño (kW). Determinado previamente para la selección de la faja, por lo que toma un valor igual a

P_U : Potencia nominal transmisible del ancho estándar de una faja corregida (kW).

c_1 : Factor de corrección por la cantidad de dientes en contacto. Para una cantidad de dientes igual a 7, se tiene que este valor es igual a 1.

c_7 : Factor de corrección por el largo de desarrollo de la faja. Para un largo de desarrollo igual a 800 milímetros, se tiene que este valor es igual a 1,1.

P_N : Potencia nominal de catálogo por ancho de faja (kW). Se calcula mediante la aplicación de la fórmula:

$$P_N = P_n \times c_w$$

Donde:

P_n : Potencia nominal del ancho de faja (kW). Obtenido del catálogo en referencia, ya que, en el catálogo existen valores para números de dientes y otras velocidades angulares de la polea menor, se procede con un cálculo de interpolación, lo cual da como resultado una magnitud de 408,75 W .

c_w : Factor de corrección del ancho de faja. Obtenido del catálogo en referencia, para un ancho estándar de 15 milímetros, este factor equivale a 1,87.

Por esto:

$$P_N = 408,75 \text{ W} \times 1,87 = 764,363 \text{ W}$$

Se obtiene el valor requerido:

$$P_U = 764,363 \text{ W} \times 1 \times 1,1 = 0,841 \text{ kW}$$

Por último:

$$0,841 \text{ kW} > 0,77 \text{ kW (Correcto)}$$

Habiendo comprobado que la faja tendrá la potencia nominal suficiente para transmitir la potencia propuesta desde el motor, sólo resta comprobar que la faja no falle debido a los efectos físicos a los que se le somete en el sistema. Para esto, aplicamos las siguientes fórmulas:

La fuerza de prueba (F) es un valor que se obtiene de:

$$F = \frac{S_{n3}}{20}$$

Donde:

S_{n3} : Fuerza circunferencial a ser transmitida efectivamente (N). Determinado desde una fórmula, la cual se expresa como:

$$S_{n3} = \frac{P \times 1000}{v}$$

Acotamos que para obtener esto, interviene ciertos valores como:

P: Potencia a transmitir sin corrección (kW). Dato propuesto por el diseñador al seleccionar la potencia del eje conductor, que en este caso es igual a 0,55 kw.

v: Velocidad lineal de la faja $\left(\frac{m}{s}\right)$. Se ha de calcular este valor desde una ecuación previa, la cual se describe aplicando: $v = \frac{d_1 \times n}{19100}$. Donde: d_1 : Diámetro de la polea menor (mm). Obtenido del registro previo, 47,75 milímetros. Y; n : Velocidad angular de la polea menor (rpm). Obtenido del registro previo, es igual a 1090 rpm.

Entonces, esto permite obtener los siguientes datos:

$$v = \frac{47,75 \times 1090}{19100} = 2,725 \frac{m}{s}$$

Además, se obtiene el otro valor:

$$S_{n3} = \frac{0,55 \text{ kW} \times 1000}{2,725 \frac{m}{s}} = 201,83 \text{ N}$$

Finalmente, obtenemos la fuerza de prueba:

$$F = \frac{201,83 \text{ N}}{20} = 10,09 \text{ N}$$

También es posible determinar la deflexión en la correa (E_a) para el tramo donde la faja se encuentra floja (L). Esto se obtiene mediante:

$$E_a = \frac{L}{50}$$

Donde:

E_a : Deflexión de correa en el tramo sin contacto y se mantiene floja (mm).

L : Tramo de la faja sin contacto donde se mantiene floja (mm). Calculado mediante el uso de la ecuación:

$$L = \sqrt{a_r^2 - \left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)^2}$$

Es posible reconocer las variables que actúan para la ecuación previa, es decir, la distancia real entre centros (a_r); así como los diámetros primitivos de la polea mayor y menor (*respectivamente*, d_2 y d_1). Por lo que se puede obtener:

$$L = \sqrt{230,78^2 - \left(\frac{159,15 - 47,75}{2}\right)^2} = 223,96 \text{ mm}$$

Así, obtenemos:

$$E_a = \frac{223,96 \text{ mm}}{50} = 4,479 \text{ mm}$$

Finalmente, la carga estática mínima a la que se somete el eje (S_a) es un valor que se obtiene a partir del cálculo:

$$S_a = S_{n3} \times 1,1$$

Esto representa:

$$S_a = 201,83 \text{ N} \times 1,1 = 222,02 \text{ N}$$

Finalmente, concluimos este apartado describiendo los elementos a utilizar. Serán dos poleas de aluminio, una de ellas con 100 dientes, cuyo diámetro de paso es igual a 159,15 mm; mientras que la otra, la polea de 30 dientes, posee un diámetro de paso igual a 47,75 milímetros. Además, para mover estas poleas se toma una faja síncrona del catálogo Optibelt (2021) Technical Manual Rubber timing Belt Drives bajo la denominación de 800 5M 15. Bajo estos elementos se dimensiona el eje, donde se sientan los elementos del sistema de pelado y del sistema de transmisión de potencia.

4.1.2.2.3. Diseño del eje

El diseño del eje concierne al cálculo en que se dimensiona cada uno de los escalonamientos de los ejes. Además, debido a que este cálculo supone escoger el diámetro del elemento, también se seleccionan los largos que cada uno de los escalonamientos posee. Entonces, para partir, el diseñador propone un largo, que depende, en la mayoría de los casos, del tamaño supuesto de los otros elementos podrían incluirse. Por lo que se toma la siguiente forma para el eje; considerando, además, los tipos de elementos de sujeción que se incluirán.

Para el material seleccionado, se toma en cuenta el acero inoxidable AISI 304, ya que el eje se encontrará en constante contacto con un ambiente húmedo debido al sistema de limpieza. Gracias a la capacidad de este material para evitar la corrosión, el diseño permite ubicar el eje, compartiendo cierto tramo hasta el sector donde se limpian los dientes de ajos y donde se conduce las cáscaras hasta el punto de salida. Cabe acotar que luego, los rodamientos serán escogidos bajo esta misma premisa, permitiendo el uso de elementos que eviten la corrosión de sus partes.

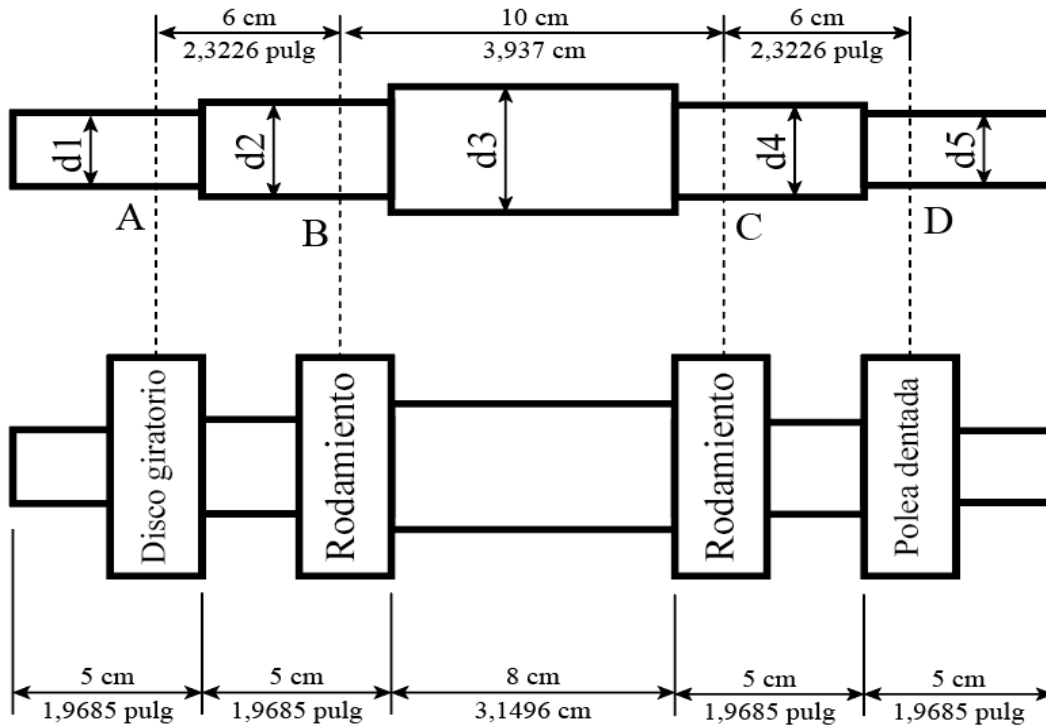


Figura 9. Diagrama de distribución del eje. Nota. Elaboración propia.

Los diámetros de los escalonamientos en el eje se calculan mediante la aplicación de una fórmula de cálculo. En los libros de diseño, es común encontrarse fórmulas que parten de la Teoría de energía de distorsión. Se procede con las fórmulas presentadas por (15) donde se demuestran mediante:

Para el dimensionamiento a partir del momento flector y par torsor:

$$D = \left[\frac{32 \times N}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{K_t \times M}{s'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Para el dimensionamiento a partir de esfuerzos cortantes:

$$D = \sqrt{\frac{2,94 \times K_t \times V \times N}{s'_n}}$$

En ambas fórmulas se muestran diversas variables, por lo que se deben denotar las referencias de cada una de ellas antes de ser aplicadas:

V : Esfuerzo cortante (lb). Se obtiene al tener como referencia un punto en el cálculo de esfuerzos cortante resultante en el diagrama de esfuerzos y momentos.

M : Momento flector ($lb - pulg$). Se obtiene al tener como referencia un punto en el cálculo de momento flector resultante en el diagrama de esfuerzos y momentos.

T : Par torsor ($lb - pulg$). Se obtiene al observar el diagrama de par torsor, que depende de la aplicación de carga en el eje. Aunque también es posible realizar el cálculo cuando la máquina no soporta carga alguna.

N : Factor de seguridad. Su valor es sugerido por el diseñador, valiéndose de diversos factores como la confiabilidad de los datos, el planteamiento conservador, entre otros; para su selección.

K_t : Factor de concentración de esfuerzos. Este valor depende de la geometría del elemento, pues los escalonamientos, ranuras para anillos de retén o cuñas, poseen un factor de concentración de esfuerzos.

s'_n : Resistencia a la fatiga modificada ($lb - pulg$). Calculado a partir de la resistencia a la fatiga de un material al cual se le aplica una serie de factores de concentración de esfuerzos. Se obtiene por medio de la ecuación: $s'_n = s_n \times k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f$.

s_y : Punto de fluencia ($lb - pulg$). Obtenido de catálogos o tablas de materiales tomando como valor 34080 psi.

Entonces, podemos determinar cada uno de los valores que se habrán de requerir par el dimensionamiento de los diámetros del eje:

Las cargas del eje, como esfuerzos cortantes, momento flector y par torsor, se obtiene de los componentes que se incluyen en el diseño. Ya que se cuenta con poleas dentadas, y un disco giratorio en el otro extremo, podemos obtener los valores que se aplican, además de, obtener el par torsor:

$$T = 63000 \times \frac{P}{n}$$

Donde:

P : Potencia transmitida (HP). Magnitud proporcionada por el motor, es decir, por el elemento generador de potencia elegido por el diseñador, que para el presente proyecto es igual a $0,75 HP$.

n : Velocidad angular (rpm). Magnitud proporcionada por el tipo de transmisión diseñada en el desarrollo del punto anterior, por lo que se aplica $327 rpm$.

De este modo, obtenemos:

$$T = 63000 \times \frac{0,75}{327} = 144,495 \text{ lb} - \text{pulg}$$

De este mismo valor, se puede obtener la fuerza que genera la polea. Además, podemos notar que la polea genera esta carga en dirección al eje Y; mientras que, debido a la posición del elemento de fricción, genera que toda la fuerza, de manera teórica, sea aplicada sobre el eje X. Entonces determinamos las cargas que inciden en los puntos de interés.

Para la fuerza de la polea, aplicando el diámetro primitivo (D) de la polea:

$$F_{Dy} = \frac{T}{D} = \frac{144,495 \text{ lb} - \text{pulg}}{\frac{159,15 \text{ mm}}{2} \times \frac{1 \text{ pulg}}{25,4 \text{ mm}}} = 46,12 \text{ lb}$$

Para la fuerza generada por el disco se aplican los datos previamente utilizados:

$$F_{Ax} = 13,01 \text{ lb}$$

El punto de fluencia para el acero inoxidable AISI 304 es $34\ 075 \text{ psi}$.

Finalmente, para la resistencia a la fatiga modificada, aplicamos la ecuación:

$$s'_n = s_n \times k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f$$

Donde:

s_n : Resistencia a la fatiga ($lb - \text{pulg}$). Al tratarse del acero inoxidable AISI 304, este valor es igual a 41700 psi .

k_a : Factor de corrección por la condición superficial. Este factor se calcula a partir de la evaluación de la ecuación definida por $k_a = aS_{ut}^b$. El valor de la resistencia a la tensión (S_{ut}) ingresa a la ecuación, determinando los coeficientes a & b a partir del tipo de acabado superficial que posee el material. Debido que el acero inoxidable AISI 304 tiene una resistencia de 84847 *psi*; y se utiliza un acabado superficial maquinado, este factor es igual a: 0,853.

k_b : Factor de corrección por el tamaño. Depende, de similar modo al factor anterior, a una fórmula que utiliza el tamaño del eje, al no contar con el diámetro de este elemento, se reduce el cálculo a tomar un valor por encima del posible resultad, de tal modo que se tenga un cálculo conservador. Entonces, considerando que como máximo, tendremos un diámetro de 2 pulgadas, aplicamos $0,879 \times d^{-0,107}$. Obteniendo: 0,816.

k_c : Factor de corrección de carga. Seleccionado a partir de la propuesta de diseño, al considerar qué tipo de carga es la más predominante para el cálculo. En este caso, se toma 1.

k_d : Factor de corrección por la modificación de temperatura. Este factor se consigue al estimar la temperatura de trabajo del eje, que para este caso, será imposible que exceda los 100° C. Así, tomamos 1; aunque existen valores ligeramente mayores, elegimos la unidad para realizar un cálculo conservador.

k_e : Factor de corrección por confiabilidad. Este factor se obtiene al asumir la posibilidad de que algún factor de fabricación pueda fallar, por lo que se toma un valor de confiabilidad estadístico. Consideramos un 95% para el diseño, por lo que se usa 0,868.

k_f : Factor de corrección por efectos varios. Aquí existen diferentes posibilidades de acción, considerando la posible corrosión galvánica del material, la velocidad crítica, entre otros. Es recomendable utilizar un valor conservador, entre 0,8 y 0,85. Por esto, aplicamos 0,8.

Entonces, obtenemos la resistencia a la fatiga modificada:

$$s'_n = 41\,700\,psi \times 0,853 \times 0,816 \times 1 \times 1 \times 0,868 \times 0,8 = 20155,1\,psi$$

Para observar las reacciones, esfuerzos y momentos, observar en los anexos, el diagrama de distribución. Finalmente, podemos determinar los cálculos planteados:

Para el diámetro 1, donde se encuentra el asiento para el disco giratorio, existe un escalonamiento en dirección hacia el lado derecho, mientras que el lado izquierdo, es posible considerar un agujero de cuña de trineo. En cualquier caso, el factor de concentración de esfuerzos se toma de manera teórica, evaluando un valor superior. Además, se toma un valor del factor de seguridad igual a 3. Se procede evaluando para el cálculo de esfuerzos cortantes:

$$D_1 = \sqrt{\frac{2,94 \times 2,5 \times 13,01 \text{ lb} \times 3}{20155,1 \text{ psi}}} = 0,119 \text{ pulg}$$

$$D_1 = 0,119 \text{ pulg} = 3,03 \text{ mm}$$

Evaluando solamente para el valor de torsión ya que el momento flector es nulo:

$$D_1 = \left[\frac{32 \times 3}{\pi} \times \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{144,495 \text{ lb} - \text{pulg}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,482 \text{ pulg}$$

$$D_1 = 0,482 \text{ pulg} = 12,251 \text{ mm}$$

Para el diámetro 2, el asiento es un rodamiento, que deberá funcionar como sello, que será seleccionado luego. Para el factor de concentración de esfuerzos, es recomendado que este tipo de chaflanes sean agudos, por lo que dicho factor toma como valor el escalonamiento de la derecha y no el de la izquierda. Finalmente, el factor de seguridad planteado es el mismo que en el cálculo anterior, lo que permite aplicar la fórmula con el momento flector y par torsor:

$$D_2 = \left[\frac{32 \times 3}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{2,5 \times 30,7036 \text{ lb} - \text{pulg}}{20\,155,1 \text{ psi}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{144,495 \text{ lb} - \text{pulg}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_2 = 0,545 \text{ pulg} = 13,837 \text{ mm}$$

Para el diámetro 3 se toma como referencia el diámetro 4 y el diámetro 2, pues este escalonamiento sólo sirve como tope para evitar el movimiento axial de los elementos del punto B y C.

El diámetro 4, es el asiento del rodamiento, que también sirve como sello, para evitar que el líquido fluya hacia el punto inferior de la máquina. Aunque ciertamente este elemento solo es una medida de seguridad. Debido a que se usa un rodamiento en este punto el factor de concentración de esfuerzos también depende del chaflan agudo que existe en el escalonamiento. El factor de seguridad es el mismo, y se toma como referencia la fórmula con el momento flector y el par torsor:

$$D_4 = \left[\frac{32 \times 3}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{2,5 \times 97,958 \text{ lb} - \text{pulg}}{20\,155,1 \text{ psi}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{144,495 \text{ lb} - \text{pulg}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_4 = 0,596 \text{ pulg} = 15,138 \text{ mm}$$

Finalmente, el diámetro 4, donde se monta la polea dentada, existe la posibilidad de que este elemento pueda moverse axialmente, por lo que se puede proponer el uso de un anillo de retén para prevenir esto. Entonces, el factor de concentración de esfuerzos depende de la ranura del anillo de retén, puesto que el cubo tendría un chaflán bien redondeado. El factor de seguridad para el cálculo se toma un valor igual al anterior, y la fórmula depende del esfuerzo cortante:

$$D_5 = \sqrt{\frac{2,94 \times 3 \times 46,12 \text{ lb} \times 3}{20155,1 \text{ psi}}} = 0,246 \text{ pulg}$$

$$D_5 = 0,246 \text{ pulg} = 6,25 \text{ mm}$$

Evaluando solamente para el valor de torsión ya que el momento flector es nulo:

$$D_5 = \left[\frac{32 \times 3}{\pi} \times \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{144,495 \text{ lb} - \text{pulg}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,482 \text{ pulg}$$

$$D_5 = 0,482 \text{ pulg} = 12,251 \text{ mm}$$

Ya que se usa un anillo de retén, se debe incrementar el tamaño del diámetro obtenido con un margen del 6%. De este modo, obtenemos:

$$D_5 = 0,511 \text{ pulg} = 12,977 \text{ mm}$$

Entonces, podemos determinar los diámetros para el eje, concluyendo la sección. Además, los chaflanes se obtendrán en referencia a los diámetros obtenidos, mientras que el anillo de retén es seleccionado bajo la misma condición:

$$D_1 = 18 \text{ mm} - D_2 = 25 \text{ mm} - D_3 = 32 \text{ mm} - D_4 = 25 \text{ mm} - D_5 = 18 \text{ mm}$$

4.1.2.2.4. Selección de los rodamientos

Para los rodamientos es importante considerar las cargas aplicadas sobre el eje, tanto como cargas radiales y axiales. Dependiendo del fabricante, la carga axial puede ser obviada, pues el fabricante sugiere diversos elementos para evitar el movimiento axial del eje. En otros casos, la carga final, se puede obtener a partir de una ecuación de la carga axial y radial aplicando una serie de coeficientes que complementan el cálculo dependiendo de la proporción de los mismos. Para este caso, se incrementó la sección del eje, por lo que sólo se coma como referencia el valor de la carga radial.

$$P = X \times F_r + Y \times F_a$$

Donde:

P : Carga de diseño (N).

X : Factor radial. Obtenido de la capacidad estática, la carga axial y el factor de carga estática.

F_r : Carga radial (N).

Y : Factor axial. Obtenido del contraste de proporción de la carga axial y la carga radial.

F_a : Carga axial (N).

Si bien la carga resultante para el punto de mayor magnitud solamente alcanza 46,77 libras, se puede considerar la importancia de la carga axial, que por medio de la propuesta de cálculo, se pueden extrapolar los valores de la ecuación. Obteniendo un resultado de 102,19 libras, lo que se traduce como 454,56 newtons.

El factor de velocidad (f_n) es un valor que se usa para acortar la ecuación, aplicando la velocidad angular del eje (n):

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{33,3}{327} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,467$$

El factor de vida (f_h) es una ecuación común para el cálculo de selección de rodamientos. Donde se aplica la carga dinámica (C) del rodamiento propuesto y la carga aplicada (P) sobre el elemento:

$$f_h = f_n \times \frac{C}{P} = 0,467 \times \frac{11900 \text{ N}}{454,56 \text{ N}} = 12,225$$

Por último, se determina la vida nominal básica (L_{10h}) en horas, que responde al tiempo de vida dado para el rodamiento. Se puede obtener de manera directa, aunque, gracias a los procesos realizamos previamente, se puede obtener del factor de vida:

$$L_{10h} = 500 \times f_h^3 = 500 \times 12,225^3 = 913\ 552,9 \text{ horas}$$

El rodamiento seleccionado fue un rodamiento SKF de designación 6005-2RSH/VA947 con un agujero de 25 milímetros. Dado que requerimos utilizar un elemento que funcione como sello, no existen elementos más pequeños, lo que se refleja en el alto tiempo de vida calculado. Ya que este valor está por encima de un valor teórico para este tipo de máquinas (20 000 horas), podemos concluir la selección del elemento, asegurando su uso, ya que el fabricante dispone que este rodamiento trabajará adecuadamente en ambientes corrosivos.

4.1.2.3. Diseño del sistema estructural

4.1.2.3.1. Selección de componentes para la viga

El diseño del sistema estructural corresponde a la elección de las vigas, columnas y placas que conformarán la estructural y el bastidor de la máquina. Dentro de este apartado se diseñan los elementos que se incluirán en el sistema cuya labor es la de soportar a los otros sistemas, reducir las vibraciones y disminuir el sonido que generan los demás elementos. Algunos autores sugieren que este sistema también tiene por obligación generar una barrera entre el operador y los elementos cuyo contacto al operar no sean necesarios, de tal forma que sirven de protección.

Para el bastidor se plantea utilizar un espesor por encima del espesor tomado para las vigas y columnas. Además, ya que el diseño utiliza un limpiador a base de agua, se propone que tanto el bastidor como las estructuras sean fabricadas en acero inoxidable AISI 304. Debido al uso de elementos rotativos y a una transmisión que depende de dos poleas dentadas, es importante evitar el desalineamiento debido a la masa de los componentes, por lo que el diseño parte de esta premisa. Además, se considera un tamaño aproximado para las vigas en el diseño.

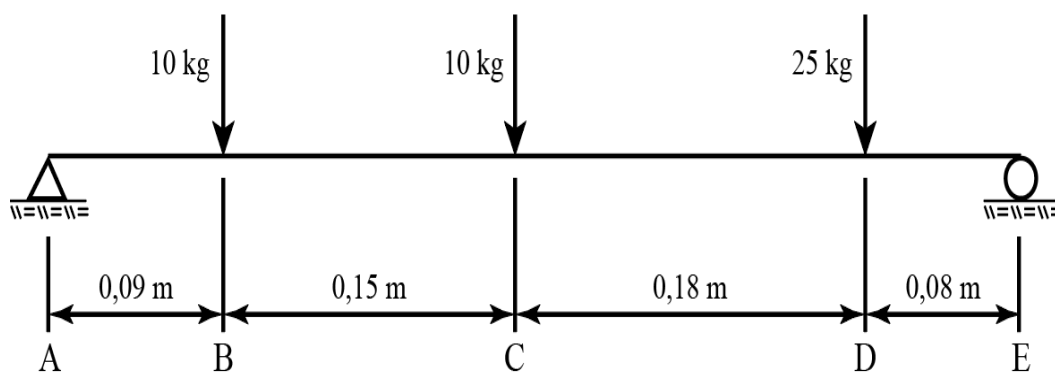


Figura 10. Distribución de las cargas para la selección de la viga. Nota. Elaboración propia

Entonces, ya que, el diseño depende del cálculo de deformación, se propone utilizar el método de doble integración para resolver esto. Por lo que se consiguen una serie de ecuaciones

para cada tramo. No se utilizan fuerzas distribuidas pues el motor posee dos anclas para instalarse en la viga, y el motor, se ordena para funcionar sobre un apoyo.

Las ecuaciones para el tramo AB son:

$$V = 17,4$$

$$M = 17,4(x)$$

$$\theta = \frac{17,4}{2}(x^2) + C_1$$

$$\delta = \frac{17,4}{2 \times 3}(x^3) + C_1(x) + C_2$$

Las ecuaciones para el tramo BC son:

$$V = 7,4$$

$$M = 7,4(x) + 0,9$$

$$\theta = \frac{7,4}{2}(x^2) + 0,9(x) + C_3$$

$$\delta = \frac{7,4}{2 \times 3}(x^3) + \frac{0,9}{2}(x^2) + C_3(x) + C_4$$

Las ecuaciones para el tramo CD son:

$$V = -2,6$$

$$M = -2,6(x) + 3,3$$

$$\theta = -\frac{2,6}{2}(x^2) + 3,3(x) + C_5$$

$$\delta = -\frac{2,6}{2 \times 3}(x^3) + \frac{3,3}{2}(x^2) + C_5(x) + C_6$$

Las ecuaciones para el tramo DE son:

$$V = -27,6$$

$$M = -27,6(x) + 13,8$$

$$\theta = -\frac{27,6}{2}(x^2) + 13,8(x) + C_7$$

$$\delta = -\frac{27,6}{2 \times 3}(x^3) + \frac{13,8}{2}(x^2) + C_7(x) + C_8$$

Debido al uso del método de doble integración, como se puede observar, existe una serie de coeficientes que requieren un valor numérico. Por eso, se trabaja mediante el principio de continuidad, que finalmente, permite calcular estos valores. Entonces, se reescriben las ecuaciones:

Las ecuaciones para el tramo AB son:

$$V = 17,4$$

$$M = 17,4(x)$$

$$\theta = \frac{17,4}{2}(x^2) - 0,4324$$

$$\delta = \frac{17,4}{2 \times 3}(x^3) - 0,4324(x)$$

Las ecuaciones para el tramo BC son:

$$V = 7,4$$

$$M = 7,4(x) + 0,9$$

$$\theta = \frac{7,4}{2}(x^2) + 0,9(x) - 0,4729$$

$$\delta = \frac{7,4}{2 \times 3}(x^3) + \frac{0,9}{2}(x^2) - 0,4729(x) - 0,0012$$

Las ecuaciones para el tramo CD son:

$$V = -2,6$$

$$M = -2,6(x) + 3,3$$

$$\theta = -\frac{2,6}{2}(x^2) + 3,3(x) - 0,7609$$

$$\delta = -\frac{2,6}{2 \times 3}(x^3) + \frac{3,3}{2}(x^2) - 0,7609(x) + 0,0242$$

Las ecuaciones para el tramo DE son:

$$V = -27,6$$

$$M = -27,6(x) + 13,8$$

$$\theta = -\frac{27,6}{2}(x^2) + 13,8(x) - 2,9659$$

$$\delta = -\frac{27,6}{2 \times 3}(x^3) + \frac{13,8}{2}(x^2) - 2,9659(x) + 0,333$$

Si bien aplicar este método nos permite caracterizar el fenómeno de deformación en cada uno de los tramos que forman la viga, todavía es necesario determine el punto en que dicha deformación es máxima. Para esto, en base a la teoría, se puede determinar el punto de máxima deformación como el punto en el que ángulo que forma la viga, es igual a cero. Por lo que se puede determinar cada una de las ecuaciones de ángulo e igualarlas a cero, determinando sus raíces, y finalmente, se seleccionar el punto cuyo valor numérico se encuentra entre los límites del tramo que se evalúa.

Esto dio como resultado que el punto de máxima deformación ocurre en el punto $x = 0,2565$. Además, también es necesario determinar el valor de máxima deflexión posible para la viga. Para elementos de precisión de ensamblaje moderada, la deformación por metro, debe de ser igual a $0,0005 \frac{m}{m}$. Ya que el largo total de la viga es igual a 0,5 metros, entonces la deformación permisible será igual a 0,00025 metros. Luego, determinamos el valor de deformación en el punto de interés.

$$\delta = -\frac{2,6}{2 \times 3}(0,2565^3) + \frac{3,3}{2}(0,2565^2) - 0,7609(0,2565) + 0,0242$$

$$\delta = -0,06967 \text{ kg} - m^3$$

El signo negativo en el valor de deformación representa que la deformación se da en el espacio inferior con respecto a la ubicación de la viga en un inicio. Finalmente, para determinar la sección de la viga, comprobamos la ecuación de deformación, que depende del módulo de elasticidad y del momento de inercia de la sección. Por lo tanto, se puede despejar para el momento de inercia, que es a la variable de interés. La ecuación se muestra de la siguiente manera:

$$I = \frac{\delta_{calc}}{E \times \delta_{max}}$$

Se calcula de la siguiente forma:

$$I = \frac{-0,06967 \text{ kg} - m^3 \times \frac{9,81 \text{ m}}{s^2}}{193 \times 10^9 \frac{N}{m^2} \times 2,5 \times 10^{-4} \text{ m}} = 1,4166 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I = 0,01417 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 0,034 \text{ pulg}^4$$

En base al cálculo, un perfil de acero inoxidable AISI 304 de 30 milímetros por 30 milímetros por 1 milímetros es suficiente, sin embargo, su delgado espesor podría comprometer algunos procesos de fabricación. El perfil más adecuado para la máquina, cuando es fabricada por procesos de manufactura manual debería ser este perfil, aunque utilizando un espesor de 2 milímetros. Además, esto permite también utilizar un bastidor de 2 milímetros de espesor, para facilitar los procesos de soldadura, aunque realmente utilizar planchas de 1 milímetro sería suficiente.

Esta idea también se aplica para el diseño del elemento colector, puesto que un espesor muy pequeño podría provocar algunos accidentes. Para los bastidores de seguridad, se considera utilizar ciertos puntos de ventilación para la máquina, además de utilizar una pared desmontable para intercambiar alguna pieza cuando ésta pueda fallar. Finalmente, el diseño se complementa mediante la aplicación de simulación, donde se podrá optimizar el tamaño y la ubicación de las cargas, gracias a la posibilidad de trabajar en un entorno tridimensional.

4.1.2.3.2. Simulación del sistema estructural

El diseño estructural dio como resultado una serie de componentes, que luego de unirse, conforman el sistema estructural. Este nuevo sistema, se selecciona para evitar que exista un desalineamiento entre los componentes rotatorios, puesto que, esto podría conllevar a una aceleración en el desgaste de piezas como los rodamientos. Así, se diseña la máquina para

evitar este problema, además, considerando la capacidad de la estructura para deformarse y absorber las vibraciones de otros sistemas como el de transmisión de potencia o el de pelado.

El caso de las tensiones que soporta la estructura es un caso especial, puesto que, reconfigurar el diseño estructural, se ubicó el motor sobre un panel compartido entre las columnas. Esto dio como resultado una disminución en la carga que soporta la viga inferior, por lo que se debe de comprobar las tensiones que soporta este elemento, ya que se convierte en el nuevo elemento de enfoque para este diseño. Cabe anunciar que la viga, al soportar menores cargas, también posee menores tensiones, por lo que su diseño fue comprobado y ahora está completo, complementándose de la simulación.

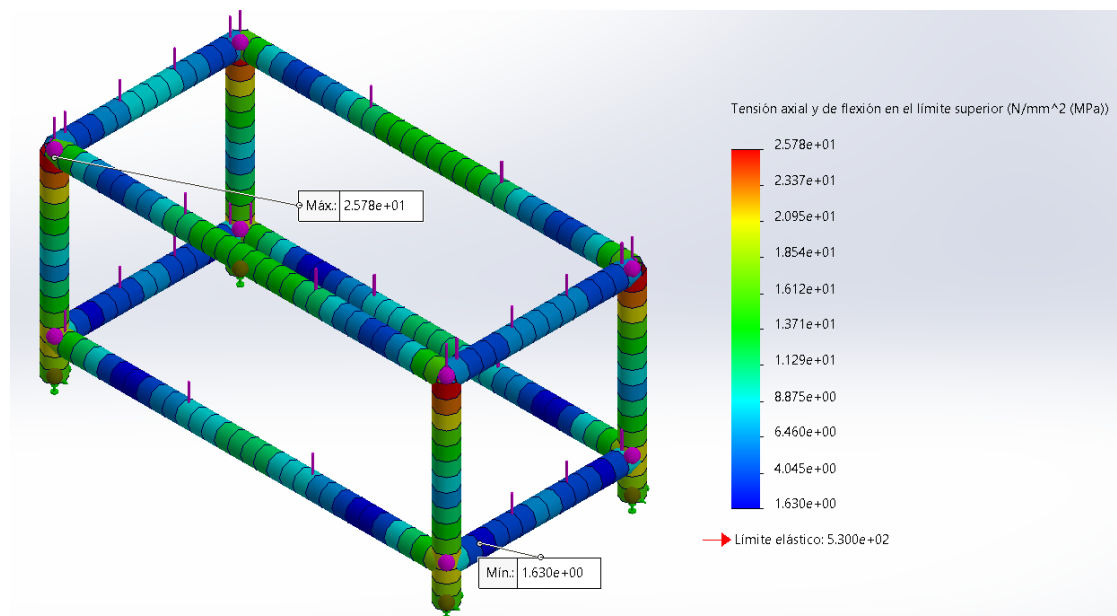


Figura 11. Diagrama de esfuerzos de tensión en la estructura. Nota. Elaboración propia

Entonces, este apartado se concentrará en analizar la parte del sistema estructural que soporta tanto el tambor superior como el motor. Gracias a la simulación, podemos observar las tensiones que se concentran sobre este elemento, cuyo valor, en su punto máximo alcanza: 530 MPa. Este valor es permisible, ya que la sección de las columnas es la misma que la sección propuesta para las vigas, además, se observa que la viga superior ayuda a la estructural, pues

funciona como un soporte de apoyo, trabajando a su vez, a compresión, pues evita la deformación de la columna estudiada.

Para el caso de las deformaciones, la observación dicta una deformación tridimensional, permitiendo evaluar los puntos de análisis a partir de las cargas establecidas del tambor, el motor y la bomba. Esta visualización consigue que el diseñador pueda responder hacia el enfoque anterior, donde se evita favorecer el desalineamiento entre componentes rotativos. Es así como se denota que existe una deformación máxima de 1.008×10^{-1} milímetros, por suerte, esta deformación es inferior al valor previamente establecido, por lo que se puede proseguir.

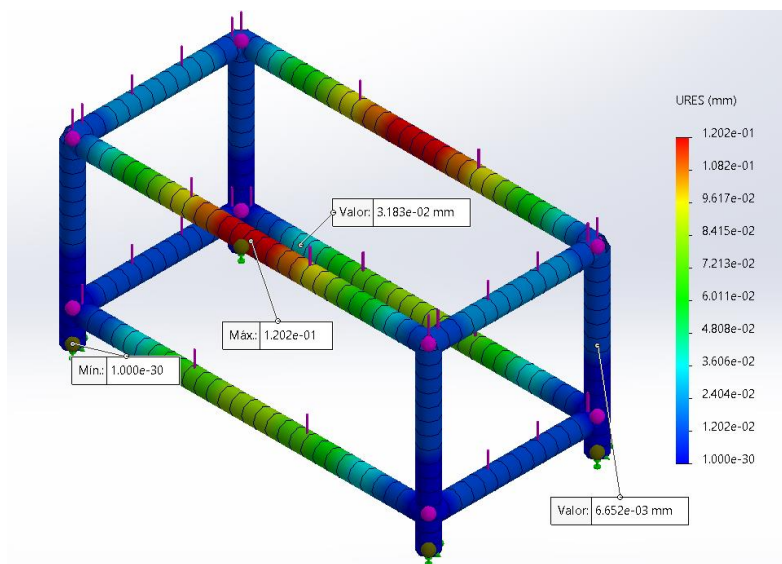


Figura 12. Diagrama de deformaciones en la estructura. Nota. Elaboración propia

Concluimos, entonces, el apartado de diseño por simulación, al comparar las deformaciones en los elementos de mayor importancia: la viga de soporte de la bomba y la columna de soporte del motor. Estas deformaciones se expresan como 3.183×10^{-2} y 6.652×10^{-3} milímetros, respectivamente. El valor de los puntos de interés sugiere que el diseño facilitará la instalación de los elementos del motor y el eje del sistema de pelado, puesto que sus deformaciones son mínimas. Esto mismo ocurre para el asiento del tambor del sistema de pelado.

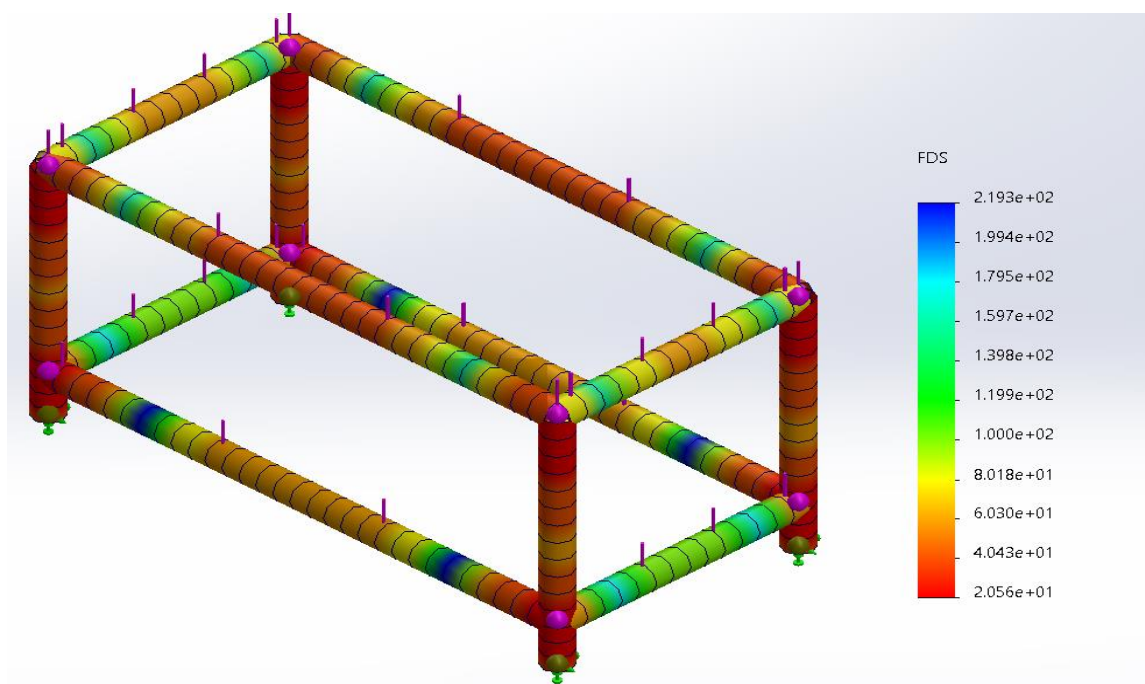


Figura 13. *Factor de seguridad de la estructura. Nota elaboración propia.*

El factor de seguridad mínimo es de 20.5 lo que indica que la estructura está bien diseñada y puede soportar el peso en dicho cálculo se aplica la teoría de Von Misess. por lo que damos por concluido el diseño estructural.

4.2. Presupuesto del proyecto

El proyecto considera los componentes mencionados previamente.

Tabla 6. *Costo de materiales*

Nº	MATERIALES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO SUBTOTAL
1	Motor eléctrico monofásico 0.75 hp	1	370.00	370.00
2	Perfil tubular 300 longitud	1	15.00	15.00
3	Perfil tubular 600 longitud	1	30.00	30.00
4	Perfil tubular 240 longitud	1	12.00	12.00
5	Perfil tubular 540 longitud	1	25.00	25.00
6	Tolva de alimentación diámetro 200.00 x 180.00	1	50.00	50.00
7	Plancha lisa superior 600.00 x 240.00	1	25.00	25.00
8	Plancha lisa inferior 600.00x 240.00	1	25.00	25.00
9	Cuchilla	1	80.00	80.00
10	Tubería 1	1	15.00	15.00

11	Tubería 2	1	20.00	20.00
12	Perno 1/4"	2	3.00	3.00
13	Tuerca 1/4"	2	2.00	2.00
14	Polea grande diámetro 9.00 x 79.58 x 9.00	1	80.00	80.00
15	Polea pequeña 9.00 x 23.88 x 9.00	1	52.00	52.00
16	Correa trapezoidal	1	70.00	70.00
17	Bomba	1	450.00	450.00
18	Plancha lisa frontal 600.00x300.00	1	25.00	25.00
19	Eje principal longitud 280.00	1	220.00	220.00
20	Rodamiento diámetro 25.00 x 47.00 x 8.00	2	32.00	64.00
Subtotal por materiales				1633.00
Imprevistos				60.00
Subtotal total por materiales				1693.00

Nota. Elaboración propia.

B)

Tabla 7. Costo de manufactura

Nº	MANUFACTURA	DÍAS	COSTO POR DÍA	COSTO SUBTOTAL
1	TRABAJADORES	12	70.00	840.00
2	ELECTRICIDAD	12	8.00	96.00
3	COSTO DE TALLER	12	10.00	120.00
SUB TOTAL DE MANUFACTURA				1056.00
IMPREVISTO				40.00
SUBTOTAL TOTAL				1096.00

Nota. Elaboración propia.

C)

Tabla 8. Costo de instalación

Nº	INSTALACIÓN	DÍAS	COSTO POR DÍA	COSTO SUBTOTAL
1	PERSONAL TÉCNICO	3.00	40.00	120.00
2	INSUMOS	1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL INSTALACIÓN				140.00
IMPREVISTO				50.00
SUBTOTAL TOTAL INSTALACIÓN				190.00

Nota. Elaboración propia.

D)

Tabla 9. Costo de mantenimiento

Nº	MANTENIMIENTO	CANTIDAD POR AÑO (L)	COSTO POR DÍA O LITRO	COSTO SUBTOTAL
1	REVISIÓN DEL SISTEMA	0.1	200.00	40.00
2	ACEITE	0.1	30.00	6.00
	SUBTOTAL POR MANTENIMIENTO			46.00
	IMPREVISTO			40.00
	SUBTOTAL TOTAL			
	MANTENIMIENTO			86.00

Nota. Elaboración propia.

E)

Tabla 10. Resumen de costos

Nº	SUBTOTALES	CANTIDAD - AÑO	COSTO	COSTO TOTAL
	SUBTOTALES			
A	MATERIALES	1	1633.00	1693.00
	SUBTOTAL			
B	MANUFACTURA	1	1056.00	1096.00
	SUBTOTAL			
C	INSTALACIÓN	1	140.00	170.00
	SUBTOTAL			
	MANTENIMIENTO	1	46.00	66.00
	SUBTOTAL DE			
	MAQUINA			3025.00
	IMPREVISTOS			190.00
F)	TOTAL			3215.00

Nota. Elaboración propia.

4.3. Fórmula Polinómica de Actualización de Costos

Tabla 11. Actualización de precios con la aplicación de reajuste formula polinómica

5.25 ACTUALIZACIÓN DE PRECIOS CON LA APLICACIÓN DE REAJUSTE FORMULA POLINÓMICA	
CALCULANDO COEFICIENTES	
Materiales	$1633/3025 = 0.54$
Manufactura	$1056/3025 = 0.35$
INSTALACIÓN	$140/3025 = 0.05$
Mantenimiento	$46 / 3025 = 0.02$
Precio original	(p. o.): 3025
COEFICIENTES	
Materiales	(p_1) :054
Manufactura	(p_2) :035
Instalación	(p_3) :0.05
Mantenimiento	(p_1) :0.02
INDICE DE PRECIOS	
Materiales en fecha base (B_0):	1633
Materiales en fecha reajuste (B_1):	1693
Manufactura en fecha base (C_0):	1056
Manufactura en fecha reajuste (C_1):	1096
Instalación en fecha base (D_0):	140
Instalación en fecha reajuste (D_1):	190
Mantenimiento en fecha base (E_0):	46
Mantenimiento en fecha reajuste (E_1):	86

Nota. Elaboración propia.

$$P_r = P_o \left(\frac{p_1 B_1}{B_0} + \frac{p_2 C_1}{C_0} + \frac{p_3 D_1}{D_0} + \dots + \frac{p_n Z_1}{Z_0} \right)$$

Leyenda:

- ✓ P0, precio original
- ✓ P1, P2, P3, P4... Pn, los coeficientes que se calculan por proporcionalidad de precios
- ✓ B1, C1, D1, E1...Z1, precios a la fecha de reajuste
- ✓ B0, C0, D0, E0,Z0, precios a la fecha de base
- ✓ Pr, precio reajustado

Figura 14. Formula polinómica para actualización de precios. Nota. Tomado de MEF (28). Disponible en: https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100382&view=article&id=6301&lang=es-ES

Calculando el precio reajustado

$$Pr = 3052 \left(0.54 \frac{1693}{1633} + 0.35 \frac{1096}{1056} + 0.05 \frac{190}{140} + 0.02 \frac{86}{46} \right)$$

$$Pr = 3110.75$$

El precio reajustado es 3110.75 se entiende debido a cambios en el índice de precio de manufactura, material, instalación el costo actual del proyecto se incrementa en 85.75 desde fecha base este incremento refleja la inflación y diversos factores económicos.

4.4. Discusión de resultados

El trabajo de diseño es extenso, pudiendo abarcar diferentes filosofías para obtener un producto similar, aunque nunca el mismo, pues cada diseñador posee su propia visión de su método. En el caso de la ingeniería mecánica, el diseño se orienta hacia un sistema o conjunto de sistemas que permiten lograr un objetivo, como lo son las máquinas herramientas o las herramientas. Al tratarse de la norma VDI 2221, el pensamiento que comprende es el de ofrecer

un diseño personalizado, enfocado a las necesidades del cliente, abarcando diferentes parámetros para lograr esto.

Esta misma norma permite, e incluso, podríamos decir que nos obliga a exponer una serie de soluciones, que podrían bien, ser todas diseñadas para diferentes tipos de clientes. Esta bondad, característica de esta metodología, no es innata, pues existen otras filosofías que también la aplican, sin embargo, aquí, se exponen razones y soluciones que una vez mezcladas, ofrecen una potencial solución. El analizar las otras soluciones se convierte en un posible próximo tema de investigación, ya que su desarrollo no es cubierto por este tema, a pesar de que se exponen los componentes que los conforman.

Un tema que la norma VDI 2221 puede tocar, de manera superficial, es la posibilidad de fabricación de un prototipo, procedimiento que otras normas sí efectúan. Esto no significa que sea imposible desarrollar un prototipo, sino, mas bien, que el diseñador no está obligado a hacerlo, lo que, como contraparte, sugiere que el análisis de producción no es estudiado. Esto podría tener consecuencias negativas a posteriori, pues el diseño, muchas veces requiere de un análisis de producción, que parte de un prototipo, hasta la puesta en marcha de una producción a mayor escala.

El diseño del sistema de pelado propuso el estudio del esfuerzo de fricción que ocurre entre los dientes de ajo. Este cálculo no es preciso, puesto que los fabricantes no especifican su método de cálculo para obtener esta fuerza. Lo que supuso, que el diseñador tuviera que aislar el esfuerzo a partir de un supuesto que nace de los parámetros de potencia que existen en máquinas similares. Betancourt y Figueroa (8) explican que esto da como resultado una serie de variaciones en la potencia de fabricante a fabricante, como ejemplo, máquina, que usa cepillos, requiere el uso de un motor de 1 HP.

Para lograr el pelado de ajos, existen diferentes métodos, siendo los más conocidos, el uso de sistemas de fricción a base de un movimiento centrífugo, o también, existe la posibilidad

de usar cepillos que extraen la cáscara a base de un esfuerzo de fricción. Para cada caso, existe un margen diferente de eficiencia, por encima del 95% en la mayoría de los modelos, aunque es curioso que los fabricantes no expongan este valor en los catálogos de venta de máquinas similares. Es común que estas máquinas hagan uso de un limpiador o extractor de desechos, que también posee un valor de eficiencia independiente.

Para el diseño del sistema de transmisión de potencia, se parte del supuesto que el diseño del sistema, dependiente de la potencia suministrada, ya ha sido diseñado. Por lo tanto, sólo resta seleccionar el motor y los elementos que servirán para transportar la energía, desde la fuente de poder, hasta la herramienta que la aprovechará en un trabajo. Para el presente diseño, se estableció utilizar fajas sincronas, las cuales transmiten la potencia desde un motor de 0,75 HP; conduciendo la potencia hasta un disco de acero inoxidable AISI 304 que se encarga de girar los dientes de ajo.

En sí, el sistema de transmisión depende de factores como la potencia a transmitir, la relación de velocidades estimada y el tipo de máquina a construir. Sin embargo, en el caso de diseño puntual de esta investigación, existió dificultad para estimar la velocidad angular del disco de giro, ya que es un dato poco estudiado. Mosquera(25) demuestra que, todavía es importante estimar una velocidad angular para el sistema de pelado centrífugo, puesto que estas máquinas suelen proceder bajo parámetros iguales a 375, 280 y 255 usando un motor de 0,5 HP.

Por otro lado, el diseño del sistema estructural parte de premisa de evitar que los elementos rotativos puedan desalinearse al ser instalados en la máquina, lo que supone un diseño a partir de la deformación de las piezas críticas. Al utilizar acero inoxidable AISI 304, este material posee un módulo de elasticidad por debajo del acero estructural ASTM A36, aunque con magnitudes que no generan gran diferencia. Aunque el acero inoxidable AISI 304

es mucho más caro, por lo que el diseño también propone un modelo compacto, en favor de requerir un menor costo de producción.

Para el diseño de estructuras de máquinas también debe considerar el dimensionamiento de bastidores. Estos elementos permiten evitar el contacto entre el operador y los elementos en movimiento, permitiendo disminuir radicalmente las posibilidades de un accidente o un mal uso de la máquina. Betancourt & Figueroa (8) resalta la importancia de diseñar bastidores adecuados para el tipo de producción esperada, es decir, la cantidad de material que ingresará, ya sea por una tolva, o directamente hacia el bastidor de acción de la máquina.

El diseño complementario mediante CAD es un apoyo que resalta gracias a las cualidades de un software para permitir que un diseñador optimice la instalación de los componentes. Además, casi la totalidad de software CAD poseen herramientas para la obtención de planos de fabricación, por lo que uso, también permite ahorrar tiempo en este proceso. La presente investigación utiliza un modelado mediante SolidWorks, que dio como resultado la posibilidad de simular el sistema estructural, analizando a su vez, las tensiones y deformaciones que poseen los elementos del cual se compone.

Existen diferentes métodos de extracción de desechos, que en su mayoría, para las máquinas centrífugas, es el uso de un chorro de agua a alta presión. Suele ser más accesible la compra de una bomba de agua, a diferencia de un compresor de aire, aunque realmente los gastos de adquisición de compra y de uso los asemejan bastante. En el caso del uso de agua, es posible aumentar la presión de salida para permitir que los desechos se limpien a mayor velocidad, aunque no es recomendable orientar el chorro hacia la misma dirección de giro de los dientes de ajo.

Temistocles (11) expone que muchas máquinas formarán parte de un área de producción mayor, por lo que el diseñador debe de considerar la posibilidad de esto al momento de seleccionar elementos de alimentación y recolección. En el caso de las peladoras, es común

encontrarse con cortadoras, pulverizadoras, secadoras y similares; por lo que, en muchos casos, es mejor diseñar una máquina para que pueda anclarse a líneas de producción mayor. Si bien, esto no es obligatorio, facilitar la entrada y salida del producto de una máquina suele condicionar a la compra de las mismas.

Conclusiones

1. Se diseñó la máquina peladora de ajos por medio de la norma VDI 2221 determinó que existen tres sistemas principales para su diseño: El sistema de pelado, el sistema de transmisión de potencia y el sistema estructural. Cada uno de estos sistemas fue diseñado a partir de la filosofía seleccionada, determinando sus dimensiones, potencias, elementos de transmisión de potencia, espesores, entre otros. Como resultado, se obtuvo una máquina con dimensiones de 600 mm, 482 mm y 300 mm; que permiten una producción de pelado de 50 kilogramos por hora de ajo.
2. Se elaboró un sistema de pelado, que utiliza un elemento de fricción, favorecido por la fuerza centrífuga a la que se gira el fruto. Este elemento es de acero inoxidable AISI 304 con dimensiones 131,16 milímetros por 12 milímetros por 2,5 milímetros de espesor mientras que el fruto se centrifuga por medio de un disco del mismo material con 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Además, el sistema de limpieza, supone el uso de bomba Pedrollo PKm 60 monofásica de 0,5 HP que transporta el agua por medio de tuberías de PVC de 1" de diámetro hasta el tambor del sistema.
3. Se diseñó un sistema de pelado, el cual recibe una potencia desde un motor WEG monofásico con condensador permanente de 0,75 HP (0,55 kW) de VI polos; con 1090 rpm con carcasa 80. Este motor consigue reducir su velocidad hasta 327 rpm por medio de una faja síncrona 800 5M 15 Optibelt. Dicha faja mueve un par de poleas, una de 100 dientes, con diámetro de paso es igual a 159,15 mm; la otra, la polea de 30 dientes, posee un diámetro de paso igual a 47,75 milímetros. Estos elementos se sientan sobre un eje de acero inoxidable AISI 304 con 5 escalonamientos para asegurar cada pieza en su lugar.
4. Se realizó el sistema estructural, que parte de un límite de deformación, el cual se establece a 0,00025 milímetros para el punto de máxima deflexión. En base a esto, se

concluyó utilizar perfiles de acero inoxidable AISI 304 para la construcción de la estructura con dimensiones de 30 milímetros por 30 milímetros por 2 milímetros de espesor. El bastidor, para las paredes sin función, utiliza acero inoxidable AISI 304 de 1 milímetro de espesor. Mientras que, para los elementos con función, como el bastidor del tambor y de la tapa, dicho material con un espesor de 2 milímetros.

Recomendaciones

1. Se sugiere realizar una validación funcional y pruebas de desempeño continuo de la máquina peladora de ajos, a fin de verificar que los tres sistemas principales (pelado, transmisión de potencia y estructura) trabajen de forma coordinada y eficiente bajo condiciones reales de operación. Asimismo, se recomienda documentar posibles ajustes en los parámetros de diseño (como potencias, espesores o dimensiones) que optimicen aún más la capacidad de producción y aseguren la durabilidad del equipo frente al uso prolongado.
2. Se recomienda realizar un análisis detallado del desgaste del elemento de fricción y del disco centrífugo de acero inoxidable AISI 304 durante el funcionamiento continuo del sistema de pelado, con el fin de establecer intervalos óptimos de mantenimiento preventivo. Asimismo, se sugiere verificar periódicamente la presión y caudal del sistema de limpieza accionado por la bomba Pedrollo PKm 60, para asegurar una limpieza eficiente del tambor y evitar obstrucciones en las tuberías de PVC, lo que podría afectar el rendimiento global de la máquina.
3. Se recomienda realizar un análisis de tensión y alineación periódica de la faja síncrona Optibelt 800 5M 15, con el fin de evitar deslizamientos, ruidos anómalos o fallos prematuros que puedan comprometer la eficiencia del sistema de transmisión. Además, se sugiere inspeccionar el eje escalonado de acero inoxidable AISI 304 para verificar el correcto acoplamiento y fijación de las poleas, asegurando así una transmisión de potencia estable y reduciendo el riesgo de desgaste irregular o desajuste de los componentes durante la operación continua del equipo.
4. Se recomienda realizar simulaciones estructurales adicionales bajo distintas condiciones de carga y vibración para verificar que la estructura fabricada con perfiles y láminas de

acero inoxidable AISI 304 mantenga su rigidez y estabilidad en condiciones operativas reales. Asimismo, se sugiere implementar un plan de inspección periódica en los puntos de máxima deflexión y un control dimensional de los perfiles y bastidores, con el objetivo de detectar posibles deformaciones que comprometan la alineación y el funcionamiento de los sistemas mecánicos asociados.

Referencias Bibliográficas

1. **FRESHFRUIT.** Freshfruit. *Aumentan los envíos de ajo peruano gracias a la desaceleración de la producción china.* [En línea] 13 de noviembre de 2022.
<https://freshfruit.pe/2022/11/13/aumentan-los-envios-de-ajo-peruano-gracias-a-la-desaceleracion-de-la-produccion-china/>.
2. **FRESHFRUIT.** *El ajo peruano avanza a paso firme.* [En línea] 02 de julio de 2023.
<https://freshfruit.pe/2023/07/02/el-ajo-peruano-avanza-a-paso-firme/>.
3. **MINAGRI.** *El ajo en el contexto Mundial y Nacional.* Ministerio de Agricultura y Riego. Lima : s.n., 2020.
4. **Cortez, Elkin, Alvarez, F. y Gonzales, H.** *La Mecanización agrícola: Gestion, selección y Administración de la Maquinaria para las operaciones de campo.* Medellín. : s.n., 2009. Vol. 4. 1900-9607.
5. **Norton, R.** *Diseño de Maquinaria Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos.* Cuarta. Ciudad de Mexico : Mc. Graw Hill, 2018. ISBN: 978-970-10-6884-7.
6. **Huaroto, R.** *Máquinas y líneas de producción versátil y eficiente para una mejor Calidad del producto.* Lima. : s.n., 2018.
7. **García, L. y Mendoza, R.** *Procesamiento postcosecha del ajo: técnicas y aplicaciones.* . s.l. : Editorial AgroTec., 2018.
8. **Betacourt, M. y Figueroa, S.** *Diseño y construcción de un prototipo de maquina peladora, deshidratadora y pulverizadora de ajo en san juan de pasto.* San Juan de Pasto : s.n., 2020.
9. **Belmontes, T. y Delgado, R.** *Diseño y construcción de una máquina peladora de ajos automatizada (Tesis de Ingeniería Mecatrónica).* Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Campus Zacatecas, México. 2022.

10. **Ligarreto, G.** *Clasificación morfológica de 14 cultivares de ajo (*Allium sativum* L.).* . s.l. : Instituto Colombiano Agropecuario. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/30357>, 1993.
11. **Temistocles, G.** Diseño y Construcción de una máquina desgranadora de ajo en la Parroquia Pilahuin - Ambato. Ambato, Ecuador., Ecuador : s.n., 2018.
12. **Ucharima, J.** *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de elaboración de ajo (*Allium sativum*) en polvo en Ayacucho (Tesis de licenciatura).* . s.l. : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga., 2013.
13. **Zalaya, F.** *Diseño de una máquina peladora de ajo (*Allium sativum*).* Honduras : s.n., 2009.
14. **INTEREMPRESAS.** Industria alimentaria. Maquinaria para la industria alimentaria FAC Tecnología, Innovación y Experiencia para su Industria. [En línea] 28 de diciembre de 2021. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/375490-empresas-tecnologia-alimentacion-hacen-balance-2021-debaten-aplicacion-innovacion.html>.
15. **Mott, R.** *Diseño de Elementos de máquina.* Cuarta. Ciudad de Mexico : Pearson Educación, 2006. págs. 144-147. Vol. Segundo. 1236567890-09080706.
16. **Aguirre, G.** *Diseño de Elemenos de Maquinas.* Ciudad de Mexico : Trillas, 1990.
17. **García, M. y Pérez, L.** *Propiedades terapéuticas del ajo (*Allium sativum*) y su aplicación en la medicina tradicional.* Buenos Aires : Revista de Fitoterapia y Salud Natural, 8(2), 45–52., 2012.
18. **Burba, J.** *Características de la materia prima para elaboración de ajo pelado.* . s.l. : Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, INTA. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/10739>, 2018. pág. 6.
19. **Koch, H. y Lawson, L.** *Garlic: The Science and Therapeutic Application of *Allium sativum* L. and Related Species.* s.l. : (2.^a ed.). Williams & Wilkins., 1996. pág. 10.

20. **Invernón, V., y otros.** *Manual de laboratorio de Botánica*. España : s.n., 2012. pág. 10.
ISSN: 1989-3620.
21. **Salunkle, D. y Kadam, S.** *Handbook of Vegetable Science and Technology*. New York : Taylor & Francis, 1998. págs. 60-75. SB320.9.H35.
22. **Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, P.** *Metodología de la Investigación*. Sexta. Mexico : Mc Graw Hill, 2014. pág. 92. 978-1-4562-2396-0.
23. **Espinoza, C.** *Metodología de Investigación Tecnológica*. [ed.] Ciro Espinoza Montes. Segunda . Huancayo : s.n., 2014. 978-612-00-1667-1.
24. **Salinas, A.** *Metodo de Muestreo*. [ed.] Universidad Autonomá de Nueva León. Monterrey : s.n., 2004. págs. 121-123.
25. **Pérez, L.** *Caja negra del proyecto*. . s.l. : Ediciones Técnicas. Recuperado en: <https://sinergiaprostudio.com/2022/02/21/caja-negra-la-estrategia-para-salir-de-un-proyecto-atascado/>, 2021.
26. **Ministerio de Obras Públicas.** *Diagrama de funciones del proyecto*. s.l. : Recuperado en: <https://www.pepp.gob.pe/descargas/mof.pdf>, 2020.
27. **Rodríguez, M.** *Matriz morfológica del proyecto*. s.l. : [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Nacional] recuperado en: <https://mprende.es/2014/06/18/tecnica-para-generar-ideas-analisis-morfologico/>, 2021.
28. **Ministerio de Economía y Finanzas.** *Fórmula polinómica para actualización de precio*. s.l. : [Normativa técnica]. disponible en: https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100382&view=article&id=6301&lang=es-ES, 2019.
29. **Mosquera, G.** *Diseño y Simulación de una máquina peladora de ajo para el pequeño agricultor del Educador*. Quito, Ecuador : s.n., 2013. Primero.
30. **Schavab, L.** *Maquinas y herramientas*. Buenos Aires. : s.n., 2011.

31. **Mazanares, J.** *Programas informáticos CAD/CAM/CAE usados en la realización de procesos de fabricación y proyectos de fin de estudios.* Madrid : s.n., 2019. pág. 6.
32. **Alonso, J.** *Tratado de fitomedicina: bases clínicas y farmacológicas.* España : Ediciones SIS., 1998. pág. 10.
33. **Chaupis, D., y otros.** *Efecto hipotensor del extracto de ajo (*Allium sativum*) macerado por 18 semanas en un modelo experimental in vivo.* s.l. : Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 31(3).
[https://doi.org/10.17843/rpmesp.2014.313.81​;contentReference\[oaicite:3\]{index=3}](https://doi.org/10.17843/rpmesp.2014.313.81​;contentReference[oaicite:3]{index=3}), 2014.

Anexos

Anexo i. Matriz de consistencia

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	ESCALA	INSTRUMENTO
Máquina peladora	Sistema de pelado Se compone de una serie de piezas que concentran los frutos para extraer su cáscara sin que la pulpa se desperdicie. Se pueden aplicar herramientas de corte, superficies abrasivas, u otra herramienta adecuada, evitando que la pulpa sea extraída en el mismo proceso.	Dimensiones del tambor (mm) Dimensiones de la superficie abrasiva (mm) Parámetros del chorro de agua ($\frac{m^3}{s}$; m, etc).	Milímetros Caudal Posición Potencia	Cuantitativa discreta	Catálogos Fórmulas para el diseño y dimensiones
	Sistema de transmisión de potencia Se compone de una serie de piezas que permiten transmitir la potencia generada por un motor eléctrico o de combustión interna hasta la herramienta de trabajo. Estas piezas deben de funcionar sincronizadamente para evitar desgastes excesivos.	Potencia (HP). Posición de piezas (mm) Tipo de transmisión (Por poleas, por engranes, etc)	HP Milímetros Tipo de transmisión		
	Sistema estructural Se compone de una serie de piezas que tienen como objetivo de mantener a los otros sistemas en la posición adecuada para evitar que se causen desbalances en la orientación de los demás componentes. También considera el bastidor, guardas de seguridad y demás accesorios.	Perfiles usados: largo, ancho, sección del perfil (mm) Tipo de unión y dimensiones de la unión: unión empernada, unión soldada; largo del cordón de soldadura, etc.	Milímetros		
Diente de ajo pelado	Volumen de producción Representa al margen de producción con la que se cuenta luego de ingresar los dientes de ajo con cáscara dentro de la máquina y midiendo la calidad y el número de los dientes de ajo cuya cáscara ha sido eliminada con efectividad.	Cantidad de dientes de ajo pelados.	Variable cuantitativa	Cuantitativa discreta	Datos teóricos de cálculo mediante diseño.

Anexo ii. Recorte de tabla de pérdidas de fricción en tuberías de acero

Pérdidas por fricción en caños rectos de hierro

Caudal (m ³ /h)	Pérdidas (en metros por cada 100 metros)							
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
1,14	7,7	2,4	0,6	0,3	0,1			
2,27	27,8	8,6	2,3	1,1	0,4			
3,40	58,6	18,5	4,8	2,2	0,8	0,3		
4,55	99,5	30,8	8,1	3,8	1,3	0,5		
5,68		46,9	12,1	5,7	2,0	0,7	0,3	
6,80		65,2	16,9	8,1	2,8	1,0	0,4	
7,95		87,0	23,9	10,8	3,8	1,3	0,5	
9,10		111,5	29,5	13,8	4,8	1,6	0,7	
10,2			35,0	17,0	6,0	2,0	0,8	
11,4	5"		44,0	20,8	7,3	2,5	1,0	0,2
13,6			62,3	29,0	10,2	3,4	1,4	0,3
15,9			82,8	38,2	13,6	4,5	1,9	0,4
17,0				44,0	15,4	5,1	2,1	0,5
18,2		0,2		49,8	17,4	5,8	2,4	0,6
20,4		6"		61,7	21,7	7,3	3,0	0,7
22,7	0,3			75,2	26,2	8,8	3,7	0,9
28,4	0,4		8"		39,3	13,1	5,4	1,3
34,1	0,5				55,4	18,3	8,0	1,8
39,8	0,8					24,3	10,1	2,5
42,0	0,9	0,3		10"		27,3	11,3	2,7
45,4	1,1	0,4	0,1			31,8	13,1	3,2
56,8	1,6	0,7					19,5	3,6
62,4	1,9	0,8	0,2				23,1	5,7
68,2	2,3	0,9			12"		27,7	6,8

Nota: Obtenido de (15) Mecánica de fluidos 6ta Ed.

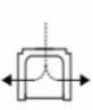
Anexo iii. Tabla de valores para convertir perdidas de tuberías de hierro en pérdidas de tuberías de otros materiales

Los valores de la tabla corresponden a agua limpia en cañería nueva de hierro. Para cañerías viejas de hierro, multiplicar los valores de tabla por 1,33. Para los distintos tipos de cañerías, dichos valores deben ser multiplicados por los factores detallados a continuación:

- Acero laminado nuevo : 0,8
- Acero arrugado : 1,25
- Fibrocemento : 1,25
- Aluminio : 0,7
- P.V.C. : 0,65
- Hidrobronz : 0,67

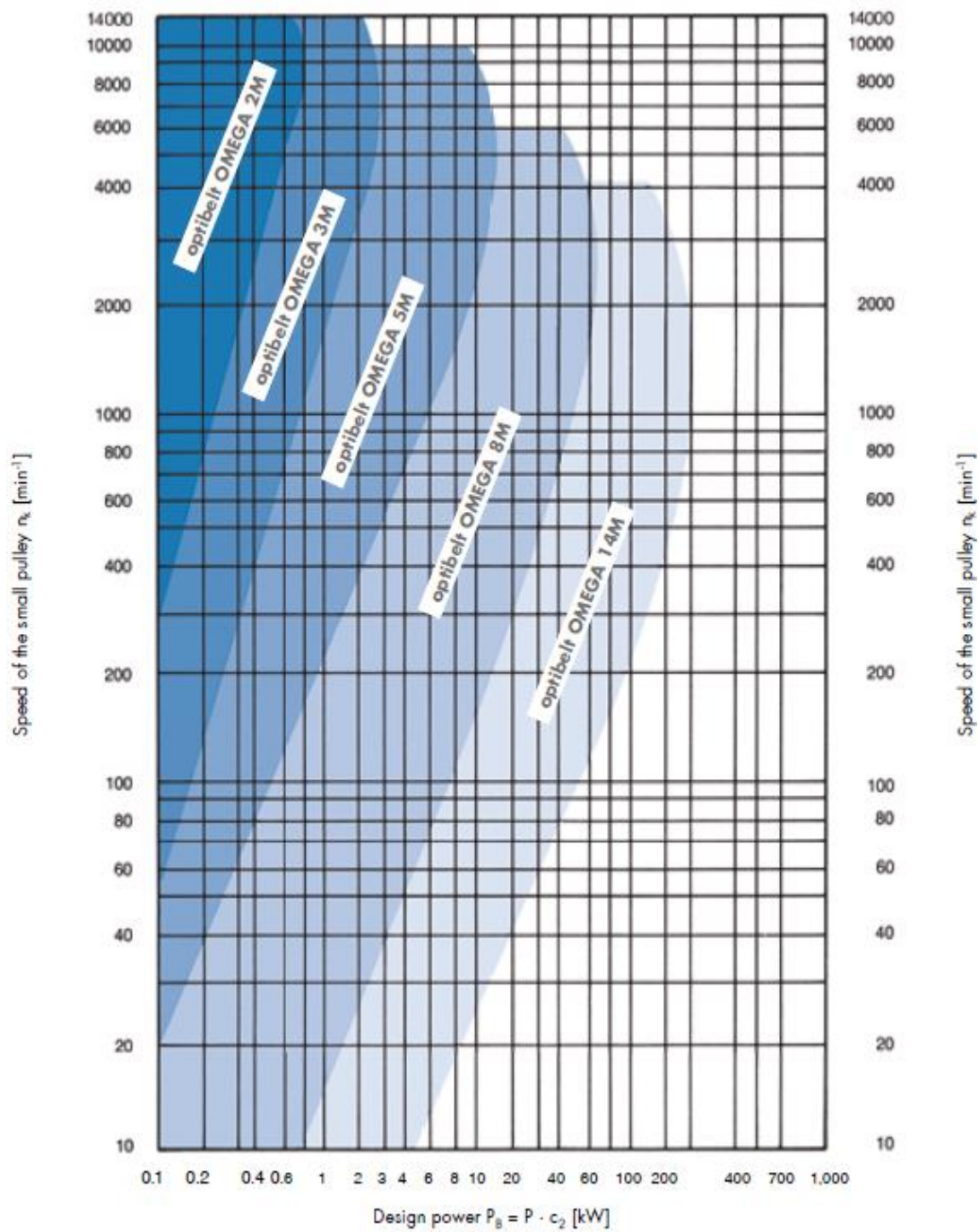
Nota: Obtenido de (15) Mecánica de fluidos 6ta Ed.

Anexo iv. Pérdidas por fricción en accesorios

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN ACCESORIOS (LONGITUD EQUIVALENTE DE CAÑO RECTO DEL MISMO DIAMETRO EN METROS)								
Diámetro nominal de los caños normales								
mm.	Pulg.	Válvula esclusa totalmente abierta	Válvula globo totalmente abierta	Válvula ángulo totalmente abierta	Válvula de retención	Codo normal o Te de 6 mm de reducción	Curva normal o Te normal	Te normal
12	1/2	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,30	1,00
19	3/4	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 1/4	0,24	11,00	5,49	3,66	1,07	0,70	2,32
38	1 1/2	0,30	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,80	1,68	1,07	3,66
63	2 1/2	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,50	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,70	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,70	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,40	20,74	4,88	3,36	10,00
203	8	1,37	68,02	36,60	—	6,10	4,27	13,12
254	10	1,77	85,40	42,70	—	7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,80	—	9,76	6,10	20,74
356	14	2,44	115,90	58,00	—	11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,20	67,10	—	12,81	8,24	26,84

Nota: Obtenido de (15)Mecánica de fluidos 6ta Ed.

Anexo v. Diagrama de selección de poleas sincronas



Nota: Obtenido de Optibelt (2016) Technical Manual Rubber Timing Belt Drives.

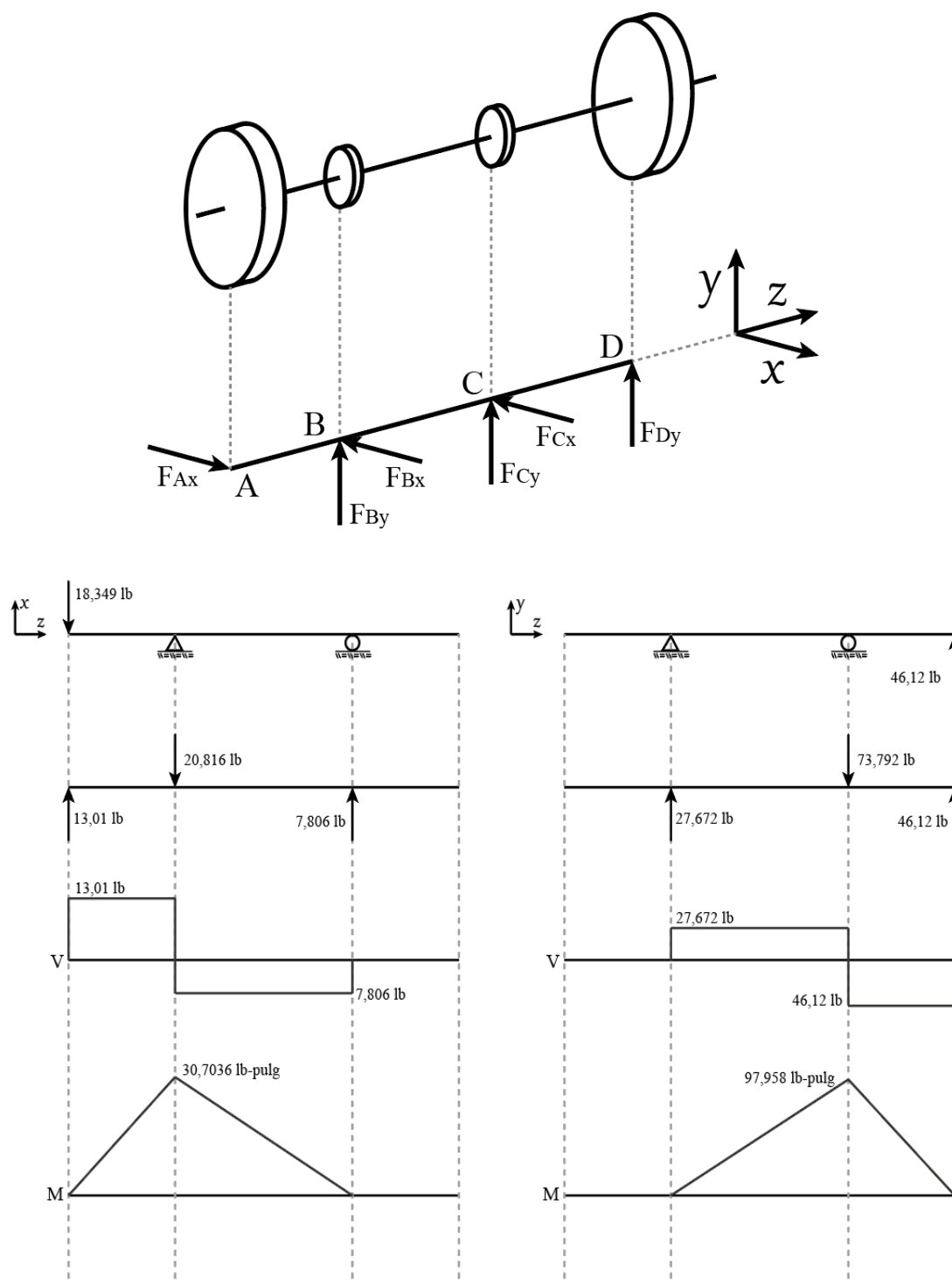
Anexo vi. Tabla de factor de carga básica

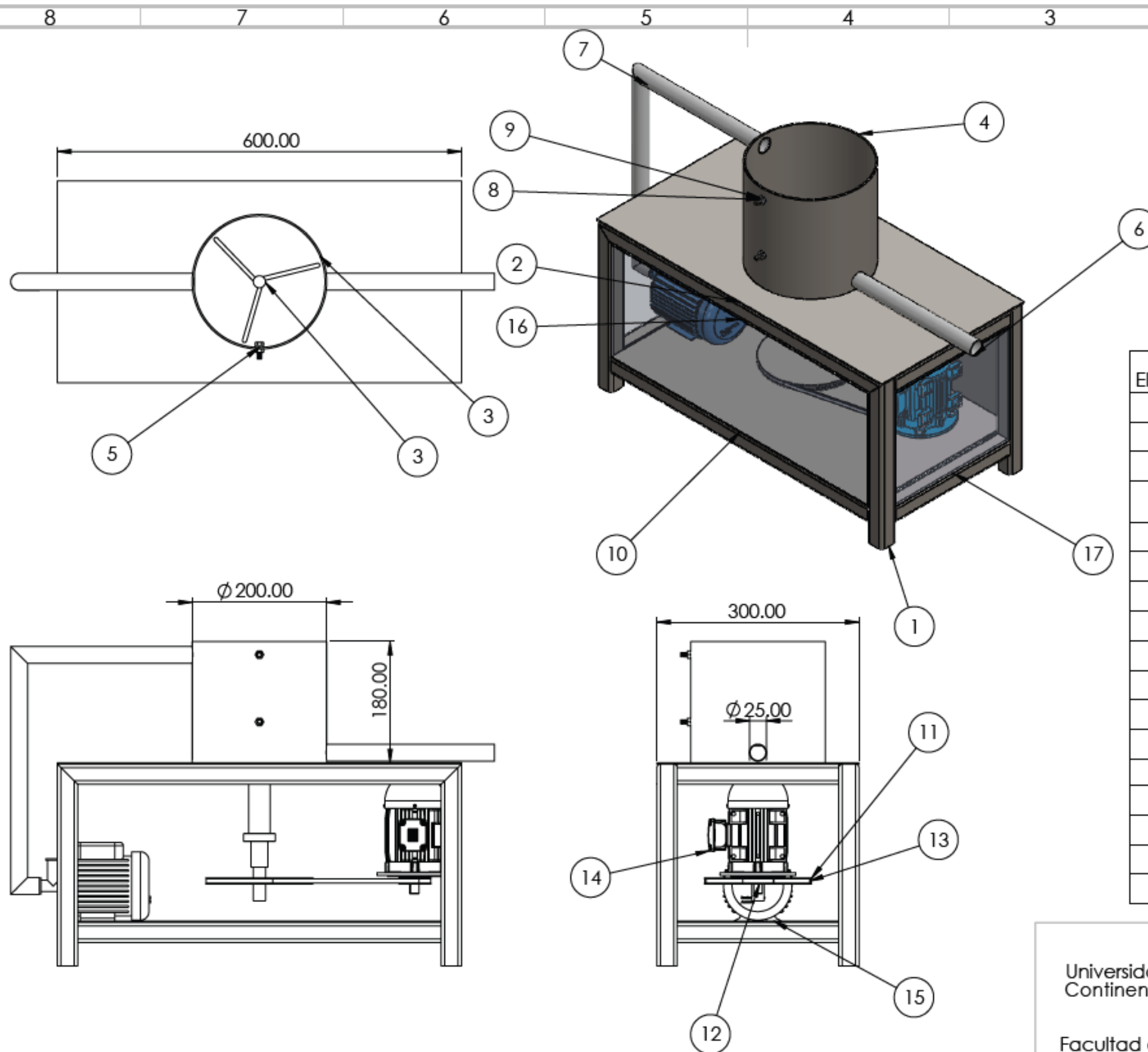
Basic load factor c_0

Load type and examples for work machines	Load type and examples for drive machines			
	Continuous running		Non-continuous running	
	Electric motor Turbine running at high speed Reciprocating engine with higher quantity of cylinders		Hydraulic motor Turbine running at low speed Reciprocating engine with lower quantity of cylinders	
	Basic load factor c_0 with daily operation times			
	up to 16 h	up to 16 h	up to 16 h	over 16 h
Light drives, shock-free with smooth running characteristics Measurement devices Film cameras Office machines Conveyor systems (light goods)	1.3	1.4	1.4	1.5
Medium drives, operation with smaller to medium intermittent shock strain Mixing machines Kitchen machines Printing shop machines Textile machines Packaging machines Conveyor systems (heavy goods)	1.6	1.7	1.8	1.9
Heavy drives, operation with medium to high intermittent shock strain Tool machines Wood processing machines Eccentric drives Conveyor systems (heavy goods)	1.8	1.9	2.0	2.1
Extremely heavy drives, operation with high constant shock strain Mills Calendars Extruders Piston pumps/compressors Lifting appliances	2.0	2.1	2.2	2.3

Nota: Obtenido de Optibelt (2016) Technical Manual Rubber Timing Belt Drives.

Anexo vii. Diagrama de esfuerzos cortantes y momento flector del eje





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	estructura	1
2	tapa superior	1
3	eje completo	1
4	tolva de alimentacion	1
5	Cuchilla	1
6	tuberia 1	1
7	tuberia 2	1
8	perno	2
9	tuerca	2
10	Tapa inferior	1
11	polea grande	1
12	Polea pequeña	1
13	Faja	1
14	Motor	1
15	Bomba	1
16	Tapa Costado	2
17	Tapa Frontal	1

Universidad
Continental

Facultad de
Ingeniería
Mecánica

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

TÍTULO:

Máquina
Peladora de ajos

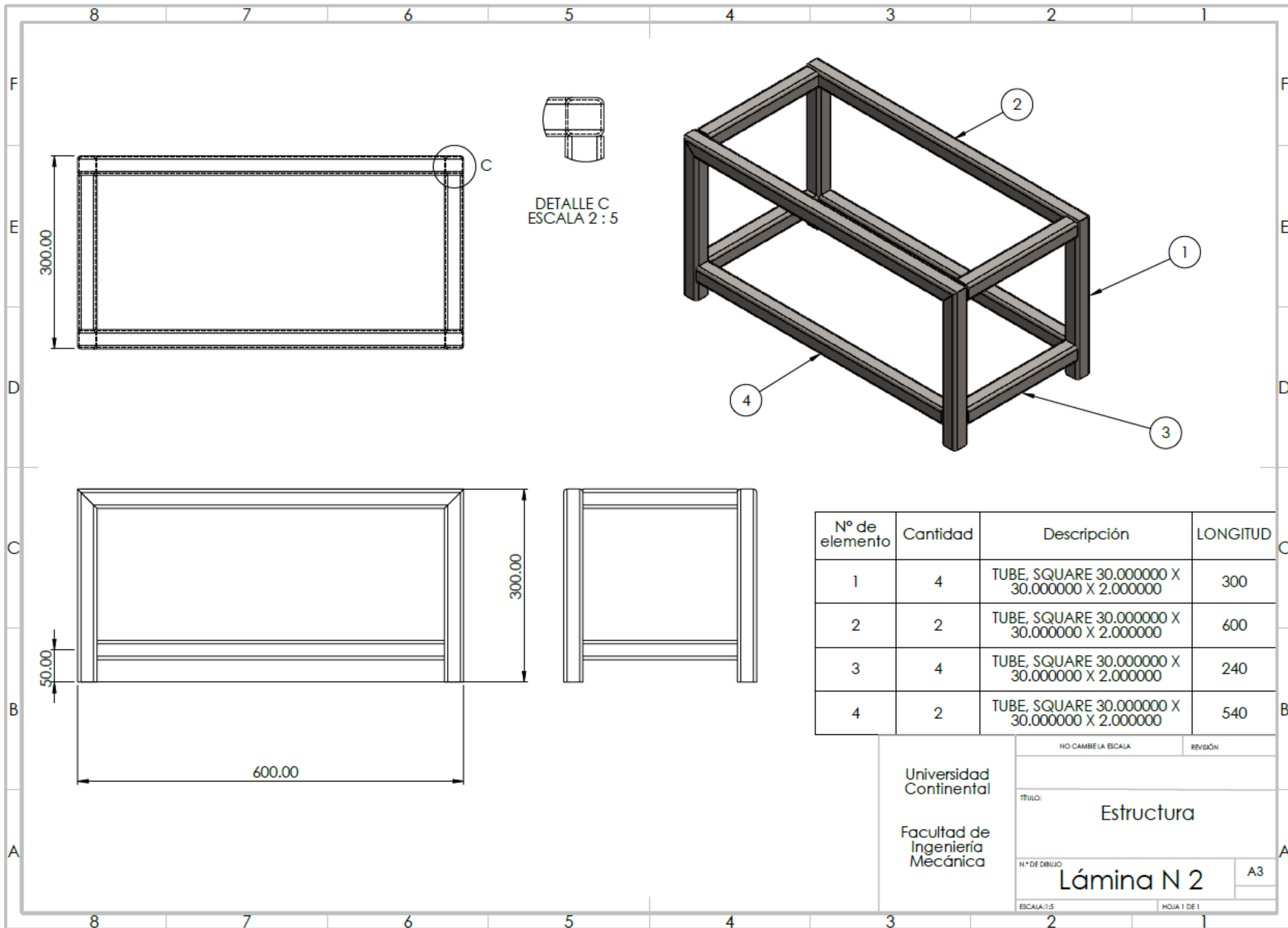
N.º DE DIBUJO

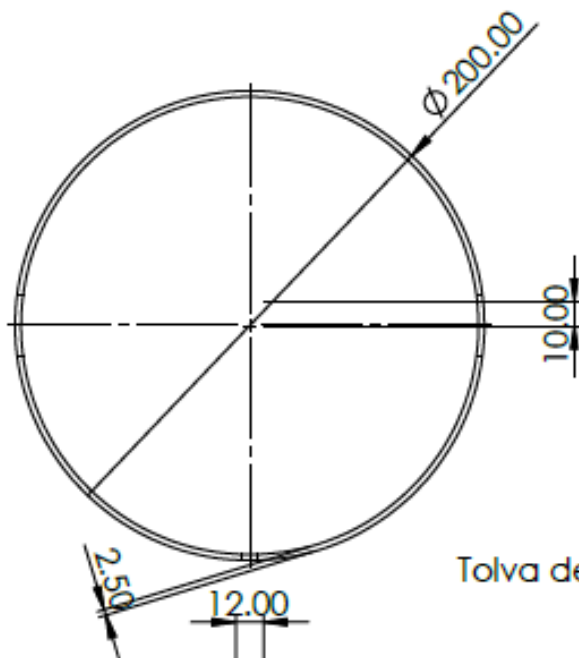
Lámina N 1

A3

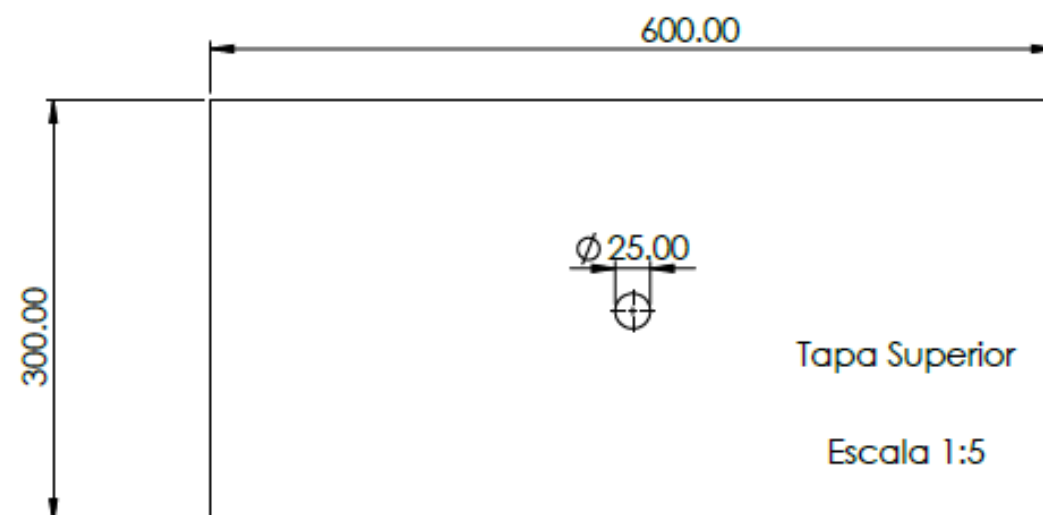
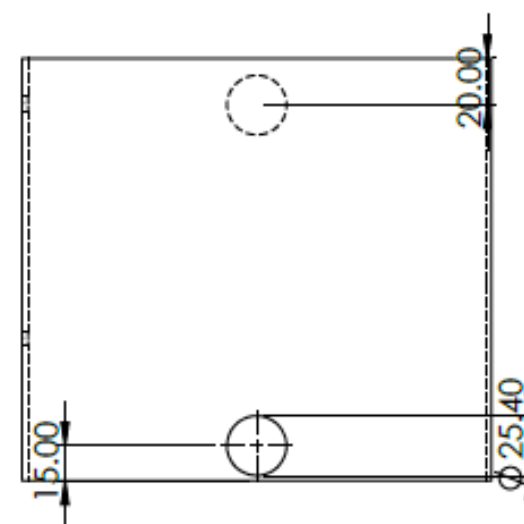
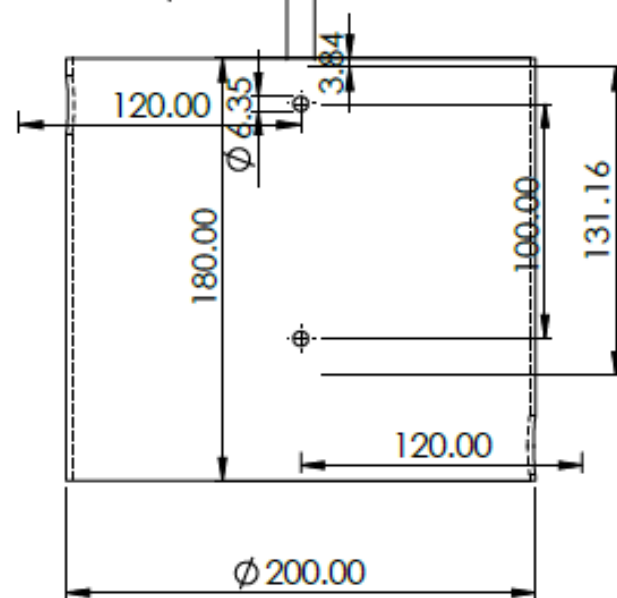
ESCALA:1:16

HOJA 1 DE 1



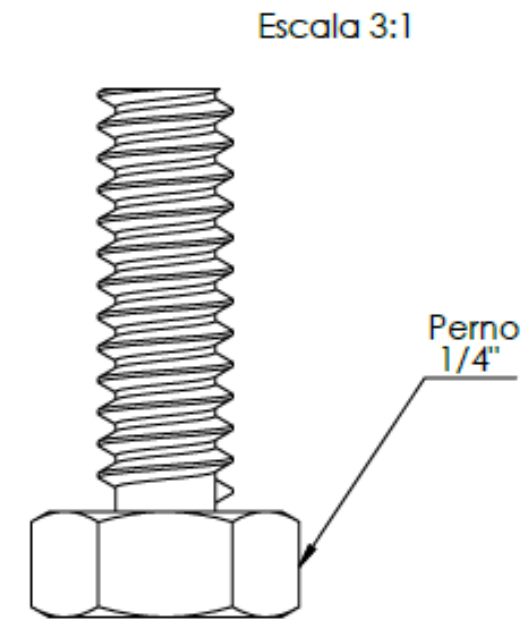
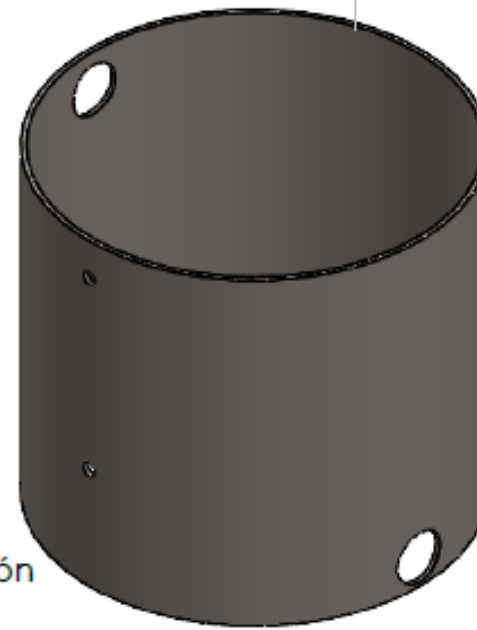


Tolva de Alimentación

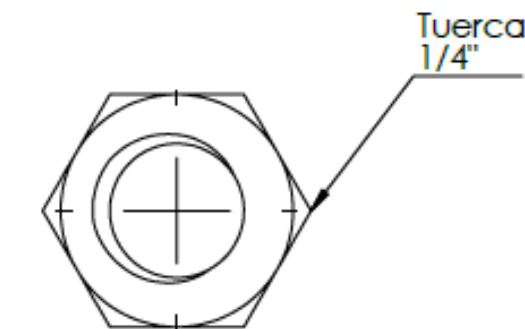


Tapa Superior

Escala 1:5

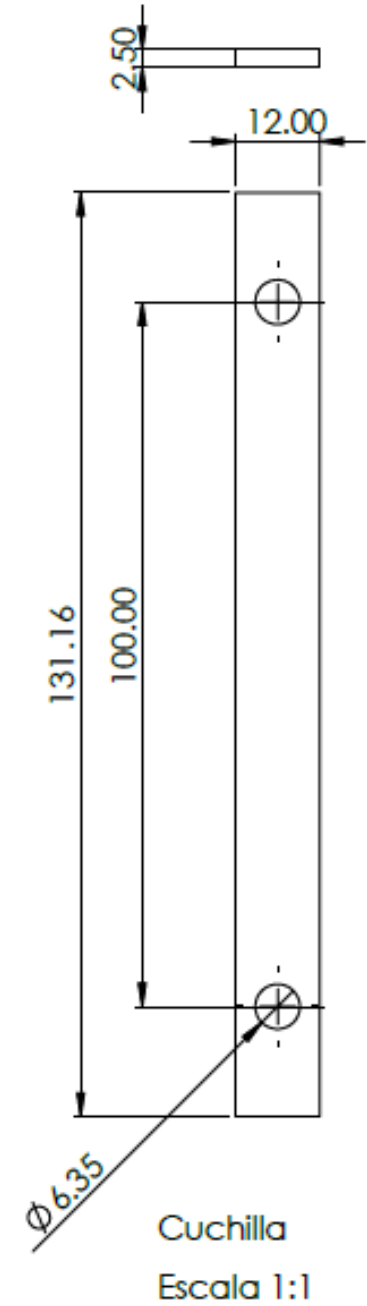


Escala 3:1



Tuerca 1/4"

Escala 3:1



Cuchilla

Escala 1:1

Universidad
Continental

Facultad de
Ingeniería
Mecánica

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

TÍTULO:

Estructura Superior

N.º DE DIBUJO

Lámina N 3

A3

ESCALA: 1:3

HOJA 1 DE 1

