

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una máquina rebanadora para obtener  
cortes de plátano para chifles en Huancayo**

Edwin Javier Berrospi Chuquiyauri  
Carlos Roberto Gallardo Leyva

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2024

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** : NILTON JAVIER ARZAPALO MARCELO  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 29 de Noviembre de 2024

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 rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo.

**Autores:**

1. Edwin Javier Berrospi Chuquiyauri – EAP, Ingeniería Mecánica
2. Carlos Roberto Gallardo Leyva – 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 10 % 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 (en caso de elegir "SI"): 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,

Ing. Nilton Javier Arzapalo Marcelo  
Asesor de trabajo de investigación

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas las personas que han sido fundamentales en nuestro camino hacia la culminación de esta tesis.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y comprensión durante todo este tiempo de esfuerzo. Gracias por estar siempre ahí presente, brindándonos palabras de aliento y motivación para seguir adelante.

A nuestro asesor, por su paciencia, apoyo y tiempo brindado en la culminación de esta tesis.

## **DEDICATORIA**

A mi madre, que se encuentra en el cielo, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio incansable.

A mis amigos y compañeros de estudio, por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables.

A todos aquellos que creyeron en mí y me alentaron a seguir adelante, ¡gracias!

***Edwin Berrospi***

A mi familia, por el apoyo constante en este nuevo desafío.

A mis compañeros de trabajo, por todo el soporte brindado y que siempre me alentaron a seguir adelante.

A mi asesor de tesis, por brindarnos su tiempo en cumplir con este nuevo reto, ¡gracias!

***Carlos Gallardo***

## ÍNDICE GENERAL

<b>Agradecimientos</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Índice general</b> .....	vi
<b>Lista de figuras</b> .....	ix
<b>Lista de tablas</b> .....	x
<b>Resumen</b> .....	xi
<b>Abstract</b> .....	xii
<b>Introducción</b> .....	xiii
<b>Capítulo I</b> .....	15
<b>Planteamiento del estudio</b> .....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	15
1.1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.1.2. Formulación del problema de investigación .....	17
1.1.2.1. Problema general .....	17
1.1.2.2. 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 de la investigación.....	18
1.3.1. Justificación práctica.....	18
1.3.2. Justificación teórico – científica .....	18
1.3.3. Justificación metodológica.....	19
<b>Capítulo II</b> .....	20
<b>Marco teórico</b> .....	20
2.1. Antecedentes del problema .....	20
2.2. Bases teóricas .....	23
2.2.1. Chifle .....	23
2.2.1.1. Plátano .....	23
2.2.1.2. Pulpa del plátano .....	23
2.2.1.3. Usos de la pulpa del plátano .....	24
2.2.1.4. Snacks de plátano .....	24
2.2.1.5. Métodos de producción .....	25
2.2.1.6. Comercio de los chifles .....	26
2.2.2. Máquina rebanadora.....	26

2.2.2.1. Definición.....	26
2.2.2.2. Tipos de máquinas.....	27
2.2.2.3. Metodología de diseño .....	28
2.2.2.4. Teoría de diseño .....	29
2.2.2.5. Diseño asistido por computadora .....	32
2.2.2.6. Norma VDI 2221 .....	33
2.2.3. Definición de términos básicos.....	33
<b>Capítulo III.....</b>	<b>35</b>
<b>Hipótesis y variables .....</b>	<b>35</b>
3.1. Hipótesis.....	35
3.1.1. Hipótesis general.....	35
3.1.2. Hipótesis específicas.....	35
3.2. Variables .....	35
3.2.1. Variable independiente .....	35
3.2.2. Variable dependiente .....	36
3.3. Matriz de operacionalización de variables .....	37
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>38</b>
<b>Metodología de la investigación.....</b>	<b>38</b>
4.1. Enfoque de la investigación .....	38
4.2. Tipo de investigación .....	38
4.3. Nivel de investigación.....	39
4.4. Método de investigación .....	40
4.5. Diseño de la investigación .....	40
4.6. Población y muestra .....	41
4.6.1. Población .....	41
4.6.2. Muestra .....	42
4.6.2.1. Tipo de muestreo .....	43
4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44
4.7.1. Técnicas de recolección de datos.....	44
4.7.2. Instrumentos de recolección de datos .....	44
4.8. Técnicas de análisis de datos.....	45
<b>Capítulo V.....</b>	<b>47</b>
<b>Diseño de una rebanadora de plátanos .....</b>	<b>47</b>
5.1. Diseño metodológico .....	47
5.1.1. Comprensión de la solución.....	47
5.1.1.1. Estado de la tecnología.....	47
5.1.1.2. Lista de exigencias .....	48

5.1.2. Concepto de solución.....	50
5.1.2.1. Abstracción de la solución.....	50
5.1.2.2. Estructura de funciones .....	50
5.1.2.3. Concepto de la solución.....	51
5.1.2.4. Matriz morfológica.....	52
5.1.2.5. Descripción de soluciones .....	54
5.1.2.6. Selección de la solución óptima .....	57
5.1.3. Elaboración del proyecto .....	59
5.1.3.1. Diseño preliminar .....	59
5.1.3.2. Diseño definitivo .....	60
5.2. Elaboración de detalles .....	61
5.2.1. Diseño del sistema de corte.....	61
5.2.1.1. Diseño de la cuchilla de corte.....	61
5.2.1.2. Selección de los pernos de ajuste .....	64
5.2.1.3. Diseño del sistema de avance .....	67
5.2.2. Diseño del sistema de transmisión de potencia.....	71
5.2.2.1. Cálculo de potencia .....	71
5.2.2.2. Selección de componentes de la transmisión.....	74
5.2.2.3. Diseño del eje .....	79
5.2.2.4. Selección de rodamientos .....	86
5.2.3. Diseño del sistema estructural .....	88
5.2.3.1. Selección de componentes del sistema estructural .....	88
5.2.3.2. Simulación del sistema estructural .....	93
5.2.4. Presupuesto del proyecto .....	94
5.2.5. Actualización de los precios con la aplicación de reajuste de la fórmula polinómica .....	96
5.3. Discusión de resultados.....	98
<b>Conclusiones</b> .....	101
<b>Recomendaciones</b> .....	102
<b>Referencias</b> .....	103
<b>Anexos</b> .....	106

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Caja negra de la solución.....	50
Figura 2. Estructura de funciones de la máquina .....	51
Figura 3. Representación de la solución 1 .....	55
Figura 4. Representación de la solución 2 .....	56
Figura 5. Representación de la solución 3 .....	57
Figura 6. Gráfico de dispersión de las alternativas estudiadas.....	59
Figura 7. Distribución de las cuchillas de acero .....	61
Figura 8. Disposición de la fuerza para la selección de pernos .....	64
Figura 9. Diagrama del sistema de avance.....	67
Figura 10. Simulación del disco para casos de carga desorientada.....	70
Figura 11. Diagrama de distribución de fuerzas .....	80
Figura 12. Distribución de cargas sobre la viga estructural .....	88
Figura 13. Simulación de cargas (tensiones) .....	93
Figura 14. Simulación de cargas (deformaciones).....	94

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de exigencias .....	48
Tabla 2. Matriz morfológica de la máquina rebanadora de plátano .....	52
Tabla 3. Evaluación técnica de las soluciones.....	57
Tabla 4. Evaluación económica de las soluciones.....	58
Tabla 5. Presupuesto del proyecto.....	95

## RESUMEN

El comercio de chifles en Perú ha ido en incremento desde los últimos 10 años, lo que dio origen a nuevos productores de dicho producto. Para su producción, se utilizan diversos métodos, dependiendo del tamaño de corte del plátano verde. Si bien, todavía es posible aplicar el proceso de corte manual, es necesario mejorar este proceso que da como resultado chifles de espesores constantes adecuados para ingresar al proceso de cocción. Esto implica la necesidad de una máquina; sin embargo, estas suelen ser caras y en la mayoría de los casos, su margen de producción no se adapta a todas las realidades. Por lo tanto, se realiza la investigación de diseñar una máquina rebanadora de plátano para un nivel específico de producción, que dio como resultado una opción para la adquisición de máquinas como estas.

Al lograr el diseño a partir de la norma VDI 2221, se pudo trabajar en el cálculo y selección de los elementos mecánicos. Para el sistema de corte dispone de una cuchilla, en acero AISI 304. Para el elemento de soporte de la cuchilla, se utilizó un disco que permite anclar a las cuchillas por medio de pernos de  $\frac{1}{4}$  de pulgada fabricados en acero AISI 304. Para el sistema de transmisión de potencia, se usa un motor monofásico de 3 HP a 1450 revoluciones por minuto con un par de poleas, una de 80 milímetros montada sobre el eje del motor, y la otra, de 355 milímetros, sobre el eje del disco de las cuchillas. Estos elementos, se sientan, a su vez, sobre un eje de acero AISI 304. Para el sistema estructural se utilizaron vigas en acero inoxidable AISI 304 de sección cuadrada con 40 mm x 20 mm x 2 milímetros de espesor.

**Palabras claves:** cuchillas, diseño, plátano, rebanadora

## ABSTRACT

The chifle trade in Peru has been increasing since the last 10 years, which gave rise to new producers of said product. For the production of chifles, various methods are used, depending on the cut size of the green banana. Although it is still possible to apply the manual cutting process, it is necessary to improve this process that results in chifles of constant thicknesses suitable for entering the cooking process. This implies the need for a machine; however, these are usually expensive and, in most cases, their production margin does not adapt to all realities. Therefore, the design research of a banana slicing machine for a specific level of production is carried out, it will result in an option for the acquisition of machines like these.

By achieving the design based on the VDI 2221 standard, it was possible to work on the calculation and selection of the mechanical elements. For the cutting system, it has a blade, made of AISI 304 steel. For the blade support element, a disc was used that allows it to be anchored to the blades by means of ¼ inch bolts made of AISI 304 steel. power transmission system, a 3 HP single-phase motor at 1450 revolutions per minute is used with a pair of pulleys, one 80 millimeters mounted on the motor shaft, and the other, 355 millimeters, on the disc axis. the blades. These elements sit, in turn, on an AISI 304 steel axis. For the structural system, AISI 304 stainless steel beams with a square section 40 mm x 20 mm x 2 millimeters thick were used.

**Keywords:** banana, blades, design, slicer

## INTRODUCCIÓN

La producción de chifles ha ido en aumento en los últimos años, generando un gran movimiento económico en el Perú. Los productores, han ido percibiendo un incremento, tanto en la demanda como en el coste por kilogramo debido a la exportación del producto. Para el proceso de obtención de chifles, intervienen diversos elementos como el proceso de corte, de freído, entre muchos otros; uno de estos procesos más importantes, es el de corte, ya que depende de este la calidad final de los chifles al freírse. Una rebanada muy grande podría causar que la fritura no quede pareja, mientras que una muy corta, generaría que se cosa en exceso.

Debido a que el proceso de corte para obtener chifles representa una parte importante del conjunto general, es recomendable ofrecer este trabajo a una máquina, que permita obtener cortes parejos. En el mercado pueden encontrarse rebanadoras de diferentes tipos; sin embargo, la mayoría están diseñadas para procesos generales de corte, mas no enfocadas exactamente al corte de chifles. Aquellas máquinas que sí lo hacen suelen tener un coste excesivo, y en algunos casos, ofrecer un margen de producción por encima de lo esperado.

En el presente documento, se encuentra información referente a la investigación de diseño de una rebanadora de plátano para obtener cortes de chifles. Existe información relacionada al diseño de los componentes de la máquina, también a las razones que dieron origen al desarrollo de la investigación. Estas secciones se dividen en cinco capítulos, cada uno orientado a desmenuzar la teoría y los procedimientos que dan como resultado, cada uno de los pasos para finalizar el presente estudio.

El capítulo I presenta el conjunto de observaciones que se describen como el planteamiento de la investigación, formulando los problemas desde los cuales parte el estudio. En consecuencia, se redactan los objetivos; y finalmente, se discierne la justificación de la investigación mediante un conjunto de párrafos.

El capítulo II engloba el marco teórico y los antecedentes del problema. Se enumeran diferentes antecedentes relacionados a problemas similares, acotando el resultado de los estudios. La teoría se relaciona a las necesidades de información del autor para proseguir con el resultado final del estudio.

El capítulo III corresponde a la hipótesis y a una breve descripción de las variables estudiadas. Las hipótesis presentadas entre dichas páginas se dan en forma de respuesta a los

problemas redactados previamente. Mientras que las variables se describen a partir de la teoría hallada en el capítulo anterior.

El capítulo IV permite encapsular la información relevante hacia la metodología de la investigación. Así, se observa el método, el tipo y el alcance de la investigación. Además, se cuenta con el método de estudio aplicado, acotando el tipo de población y la aplicación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El capítulo V desarrolla el procedimiento de diseño predicho anteriormente, ejecutando un diseño metodológico para hallar la solución más adecuada para el cliente. Luego, se dispone la elaboración de detalles, calculando cada uno de los sistemas que componen la máquina, finalmente, se presenta la discusión de resultados.

Se complementa la presente tesis al incluir conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos utilizados.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1. Planteamiento del problema**

El Perú ha llegado a exportar casi seis millones de toneladas para el 2021, con un valor de aproximadamente, 20 millones de dólares americanos. Si bien este valor se vio disminuido debido al efecto de la pandemia, el incremento con respecto a los años anteriores se veía en aumento. Durante estos últimos años, se ha visto un ligero incremento de importación de los chifles, con un valor de 4,83 dólares americanos por kilogramo. Dentro del Perú, la venta de chifles se ve incluida en el consumo de *snacks*, siendo, los chifles, uno de los principales en este territorio [1].

El incremento de consumo de *snacks* en el Perú se ve influenciado por diversos factores, como podría ser la industria turística, la industria de servicio de alimentos, o la industria de los eventos. Por ejemplo, se vio que, durante los eventos deportivos del 2022, el consumo de *snacks*, como los chifles, se vio incrementado durante los tres meses que rodearon el evento. Esto se vio reflejado en el porcentaje de familias, que en el nivel socioeconómico A/B y C, podían llegar a consumir *snacks* en un 60 % y 48 %, respectivamente [2].

Ante el aumento del consumo de *snacks*, la industria agrícola se vio en la necesidad de incrementar, también, la producción de plátano. Para ello, se consiguieron inversiones de hasta 2 millones de soles para promover esta industria a partir de la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin drogas. A partir de las investigaciones de esta comisión, las exportaciones

de chifles podrían aumentar hasta un 500 % en los próximos cinco años, obtenidos de plátano verde, plátano maduro y pituca [3].

Los *chips* de plátano son un aperitivo popular en todo el mundo. Se pueden hacer con una variedad de ingredientes, pero los más comunes son los plátanos, el azúcar y la mantequilla. Los *chips* de plátano se pueden hornear o freír, y se pueden servir con una variedad de salsas, como chocolate, caramelo o vainilla. Para conseguir un *snack* como el chile, es necesario que la fruta pase por diferentes procedimientos, como, por ejemplo, pelado, corte, freído, embolsado, etiquetado, entre otros. Una planta suele utilizar una máquina que se encarga de realizar cada una de estas actividades [3].

Para conseguir que los cortes del plátano tengan la forma que se conoce, es posible utilizar una máquina que se alimenta de frutos pelados para realizar el corte y conseguir una lonja de plátano. La forma de estas máquinas depende del tipo de distribución que cuente una productora, además de la magnitud de producción para la cual está orientada. Cuando se trata de una línea compacta, por ejemplo, es posible utilizar rebanadoras montadas sobre la línea de frituras, donde se consigue que los cortes vayan directamente al aceite caliente [1].

Una rebanadora de plátanos es una máquina que se utiliza para cortar los plátanos en rodajas finas. Las rebanadoras de plátanos son importantes en la producción de *chips* porque permiten a los fabricantes cortar los plátanos de manera rápida y uniforme. Esto es importante porque las rodajas de plátano deben ser del mismo tamaño y grosor para que los *chips* se cocinen de manera uniforme. Si las rodajas de plátano no son del mismo tamaño y grosor, algunos *chips* se cocinarán más que otros y no tendrán el mismo sabor ni la misma textura.

El proceso de rebanado depende directamente de la máquina que se usa, así como, de la calidad de esta última. Por lo que el uso de una máquina diseñada puntualmente es importante, además del costo de la misma. Dentro de la industria se ven máquinas con magnitudes de producción reconocidas por el fabricante, mas no orientadas a la industria de producción de *snacks*, por lo que resulta conveniente diseñar una máquina bajo los requerimientos directos de dicha industria productora para así conseguir un modelo adecuado con un costo más accesible.

Para diseñar una máquina rebanadora de plátanos para *chips*, se considera el grosor de las rebanadas, tipo de cuchillas (acero inoxidable), velocidad de corte, capacidad de producción, facilidad de limpieza, seguridad del operador, tamaño del plátano, consistencia del corte y materiales duraderos y seguros para alimentos. Esto supone analizar el requerimiento del

cliente, para conocer así, cada uno de los parámetros de diseño descritos previamente. De manera que, el producto final, es decir, que la máquina logre conseguir los objetivos esperados de calidad del producto.

### **1.1.2. Formulación del problema de investigación**

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuáles serían las características de diseño de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles serían las características del sistema de corte de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo?

¿Cuáles serían las características del sistema de transmisión de potencia de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo?

¿Cuáles serían las características del sistema estructural de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Diseñar el sistema de corte de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo.

Diseñar el sistema de transmisión de potencia de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo.

Diseñar el sistema estructural de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo.

### **1.3. Justificación de la investigación**

#### **1.3.1. Justificación práctica**

Al utilizar máquinas de producción, una empresa debe de considerar como la línea de producción se verá afectada. Si bien muchas veces, el usar una máquina permite homogenizar ciertos parámetros de los productos que pasan por dicha máquina, la misma inclusión de la máquina puede traer ciertos inconvenientes. Principalmente, esto se debe a que automatizar un procedimiento dentro de una fábrica obliga a que los volúmenes de producción también se vean homogenizados y sean proporcionales al estándar propuesto [4].

Las rebanadoras de plátanos pueden ayudar a mejorar la eficiencia de la producción. Las rebanadoras de plátanos pueden cortar los plátanos en rodajas finas y uniformes rápida y fácilmente. Esto puede liberar a los empleados para que se ocupen de otras tareas, como hornear los *chips* o empaquetarlos. Además, las rebanadoras de plátanos pueden ayudar a mejorar su calidad. Las rebanadoras de plátanos pueden cortar los plátanos en rodajas finas y uniformes, lo que ayuda a garantizar que los *chips* se cocinen de manera uniforme.

El poseer un proceso estandarizado por el uso de una máquina puede dar como resultado *chips* con un mejor sabor y una mejor textura. Así también como ayudar a reducir los costos de producción. Las rebanadoras de plátanos pueden ayudar a reducir el tiempo y la mano de obra necesarios para cortar los plátanos, reduciendo los costos de producción. Esto significa que el uso de este tipo de máquinas no solo reduce el costo de la mano de obra, sino que también permite conseguir un producto con mejores características de marca.

#### **1.3.2. Justificación teórico – científica**

Para diseñar una máquina por medio de cálculos de dimensionamiento y comprobación de resistencia, es importante considerar normas y estándares de diseño, selección de componentes, entre otros. Los parámetros bajo los cuales se comprueba un elemento suelen estar vinculados a la resistencia del elemento con respecto a esfuerzos de fatiga, flexión, y más. Existen estándares internacionales que permiten conocer las características de resistencia de muchos elementos e incluso dimensiones recomendadas para ciertos casos [5].

Asimismo, cuando se trata de dimensionar o comprobar la resistencia de un elemento, es importante hacer uso de la regla o norma, muchas veces seguida por una fórmula matemática. Estas funciones que representan los esfuerzos de corte, o flexión, por ejemplo, son modelos representativos de los fenómenos físicos que llevan su nombre, resueltos a partir de mediciones empíricas. Su validez recae en la precisión de estas funciones para expresar el comportamiento en el mundo real que ejercen los esfuerzos sobre un material o elemento.

Ya que cada elemento posee una caracterización diferente, es importante ajustar el cálculo de diseño a la norma considerada. Esto también ocurre cuando se comprueba un material, por lo que es importante considerar las unidades correctas, así como, las magnitudes adecuadas. Es común que los fabricantes se rijan por estos estándares internacionales, aunque siempre recae sobre el diseñador la responsabilidad de aplicar adecuadamente las normas a su disposición, así como, la lectura de los manuales o catálogos para seleccionar un componente.

### **1.3.3. Justificación metodológica**

La metodología VDI 2221 es esencial para el diseño de una rebanadora de plátanos, ya que proporciona un enfoque sistemático para resolver problemas complejos. Al desglosar el proceso en etapas claras, desde la definición del problema hasta la conceptualización y selección de soluciones, se asegura un diseño optimizado que cumple con todos los requisitos funcionales y de seguridad. Este enfoque estructurado minimiza errores y mejora la eficiencia del proceso de diseño, permitiendo una integración precisa de componentes y materiales.

Aplicar VDI 2221 garantiza que todos los aspectos del diseño de la rebanadora se aborden de manera exhaustiva, incluyendo la ergonomía, la durabilidad y la facilidad de mantenimiento. Al evaluar múltiples soluciones y criterios, se asegura que el producto final sea tanto funcional como rentable. Esta metodología promueve la innovación al obligar a los diseñadores por considerar y comparar diversas alternativas antes de tomar decisiones cruciales, lo que resulta en un diseño más robusto y adaptable.

Finalmente, la metodología seleccionada fomenta la documentación detallada en cada etapa del diseño, lo que facilita la comunicación entre los diferentes equipos de trabajo y asegura que todos los aspectos técnicos y de seguridad sean considerados. Esta trazabilidad es crucial para cumplir con las normativas industriales y permite realizar mejoras futuras en el diseño. En el caso de la rebanadora de plátanos, esto se traduce en una máquina más eficiente, segura y alineada con las necesidades del mercado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

Rodríguez [6] presenta la tesis «Diseño de prototipo de cortadora de plátano verde en hojuelas para la industria del chifle en Piura» donde se diseña una máquina que pudiera mejorar la producción de piqueos como chifles en la ciudad donde se realiza el estudio. Con base en la producción establecida se consideró usar un motor asíncrono monofásico con una potencia de 0,5 HP. Este motor debería hacer girar un disco portador de cuchillas que a partir de dicho movimiento corta las frutas hasta conseguir los cortes esperados. La alimentación de la máquina se realiza de manera manual por medio de unos tubos donde se ingresan los plátanos, que, a su vez, son encajados en un disco que permite soportar tres de estos tubos. La transmisión de potencia se da por medio de un conjunto de poleas que disminuye la velocidad desde 1740 rpm hasta 875 rpm.

La investigación no da un acercamiento para la disposición de los plátanos rebanados; sin embargo, aplica materiales de acero AISI 304 para todos los elementos que entran en contacto con la fruta. El diseño se realizó respetando la norma ISO 22000, la cual hace referencia a la fabricación de máquinas. Para comprobar el esfuerzo de corte utilizado, se realizaron pruebas experimentales por medio de una guillotina realizado en el laboratorio de la universidad [6].

Nina [7] en su investigación «Diseño y construcción de un prototipo de máquina rebanadora automatizada para plátanos», menciona que la potencia de la máquina parte del cálculo de esfuerzo de corte por medio de un análisis físico de este procedimiento, primero, considerando diferentes ángulos d corte, desde 10° hasta 35°, a su vez, se analizaron los valores

de contrapeso para conseguir un corte completo por medio de una prueba de guillotina, estos valores partieron desde 100 hasta 1300 gramos, que fueron comprobados por medio de una evaluación empírica. Por medio de esta información se pudo conseguir el esfuerzo de corte para vencer la resistencia del corte del plátano, que equivale a 8,7 kPa.

El modelo de la máquina utiliza un disco sobre el cual se montan dos cuchillas, estas cuchillas tienen como consideración que trabajen realizando un corte por cada giro, lo que significa que el esfuerzo por giro deberá ser el triple. El cálculo de potencia plantea un rpm teórico de 340, valor con el cual se calcula la potencia necesaria para la máquina, por lo que la potencia requerida equivale a 0,261 HP. Para conseguir la transmisión de potencia, se utilizan un par de engranajes y un par de poleas, es decir una transmisión de potencia de dos tiempos. La alimentación de la máquina ocurre por medio de una faja transportadora que lleva el material a una tolva pequeña de alimentación [7].

Rosado y Ponce [8] en la tesis «Diseño de una máquina rebanadora de plátano para la fabricación de chifles con capacidad de producción de 200 kg/h», se parte de la premisa de producción requerida, que equivale a 200 kilogramos de fruta por hora, significando esto una producción de 800 plátanos por hora. Se estima que la fuerza de corte necesaria para conseguir que el corte del plátano equivale a 40,18 N; además, se plantea utilizar un disco portacuchillas fabricado en acero AISI 304 con un diámetro externo de manzana de 60 milímetros. Partiendo de estos datos, se calcula la potencia necesaria para el motor, que equivale a 1,19 HP; a su vez, se considera utilizar una transmisión de potencia por medio de poleas para reducir la velocidad del motor hasta 1000 rpm.

El cálculo del eje utiliza una longitud de 600 milímetros con cargas provenientes de la polea, y del disco portacuchillas. Las chumaceras utilizadas se comprueban para un tiempo de trabajo de  $18 \times 10^3$  horas, con las mismas cargas estimadas para el árbol de transmisión, así como, de las cargas radiales y axiales consideradas. La estructura se calcula por medio de una simulación para observar los esfuerzos de Von Mises actuantes en los perfiles, así como, de las deformaciones, de tal modo que estas últimas no sobrepasen los límites propuestos [8].

Contreras [9] en su investigación «Diseño de una máquina peladora y rebanadora de plátano para frituras», plantea un sistema de pelado que pueda eliminar la cáscara del plátano para que luego se rebane y se consigan cortes para chifles. Un motor inicial se encarga de hacer girar diversos ejes que otorgan potencia a las cuchillas para quitar la cáscara. Este motor tiene una potencia de 2 HP, y transmite su potencia por medio de un sistema de cadenas y catarinas

a un eje, este último, transmite la potencia por medio de uniones de engranajes cónicos hasta los otros cuatro ejes.

Existen unos muelles que consiguen controlar el movimiento cuando el plátano ingresa empujándolo hacia las paletas, estos resortes fueron diseñados para un esfuerzo de 202,87 N; por lo que sus dimensiones son 10,5 de diámetro del alambre de la espira del resorte en acero ASTM 228 y un calibre de 0,004 pulgadas. Un brazo tiene como función el soportar el peso de los componentes unidos a las paletas que interactúan para conseguir que la cáscara se desprenda del plátano. Al final, el plátano pelado llega hasta una faja transportadora que lleva la fruta hasta una guillotina que se encarga de rebanar la fruta. Todos los elementos que interactúan con el alimento tienen un grado para su contacto con materiales orgánicos [9].

Álava [10] desarrolló la tesis «Desarrollo de un módulo de abastecimiento para la fritura de plátano en la empresa «El Campeón» del Cantón Chone», donde menciona que el sistema plantea el uso de un módulo para conseguir que el rebanado, que en primera instancia se realizaba manualmente, pase a ser un proceso más automatizado. Para cumplir con este objetivo, se considera una máquina que transmite la potencia desde un motor hacia un disco de corte, el motor encargado de este trabajo se controla por un módulo G110. El motor de control de la rebanadora posee una potencia de 1 HP trifásico, con una velocidad de 1440 rpm. Este módulo permite utilizar dos velocidades, así como, dos fuerzas, dependiendo de la alimentación que se le dé a la máquina, de tal forma que la producción pueda aumentar según lo requiera el cliente.

Además, se construyó un interruptor para el variador de velocidad, así como, un interruptor general para la máquina. Este módulo entrega los plátanos cortados hasta una faja transportadora que lleva el material hasta el área de fritura. La máquina rebanadora utiliza un módulo de abastecimiento para que la producción de chifles se maximice, se puede visualizar que el desperdicio de material se vio disminuido en un 66,7 %, mientras que la producción aumentó en 28 % en la línea de rebanado de plátano verde [10].

Vegas [11] desarrolló el estudio «Fabricación de un prototipo de máquina rebanadora de plátano verde para mejorar la productividad del proceso de rebanado», donde menciona que la fuerza de corte para poder dividir el plátano es de 4,2 kilogramos fuerza; valor con el cual se calculó la potencia de la máquina, por lo que se seleccionó un motor eléctrico de 1 HP. La velocidad angular del motor se redujo hasta obtener 650 rpm, valor con el que un disco de 10 milímetros de espesor trabaja. Este disco es un portacuchillas donde se montan las herramientas de trabajo para obtener los cortes de los chifles. Todos los elementos que entran en contacto

con la fruta, se construyeron en acero inoxidable AISI 304, mientras que la parte estructural de la máquina se construyó en acero estructural ASTM A36.

El sistema de alimentación se construyó por medio de una tolva, para llegar hasta el sistema de rebanado, que está envuelto por una cámara para evitar desperdicios. Se diseñó una cámara para los dos tipos de chifles que se espera se puedan conseguir, para cortes redondos donde el plátano ingresa por un conducto de alimentación que evita que la fruta se incline, mientras que los cortes de chifle largo se obtienen por medio de la incidencia del corte sobre la vista lateral de la fruta. Los cortes para ambos tipos de corte se efectúan por las mismas cuchillas, por lo que se puede conseguir ambos al mismo tiempo [11].

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Chifle**

#### **2.2.1.1. Plátano**

El fruto de la banana, lleva nombres muy variados dependiendo del lugar de donde se siembre y coseche, como, por ejemplo: guineo maduro, o cambur, entre otros. Proviene de una planta herbácea del género *Musa*, con origen del área de Indomalasia. Dentro de este género, algunas tienen la forma de arbolillo, por lo que se les denomina plataneras, bananeras o incluso plátanos. Centrados en los frutos, estos poseen cualidades muy variadas con respecto a su tamaño, forma, color, textura de la pulpa, entre otros parámetros variados [12].

Cuando la planta está lista para cosechar, los frutos se ubican unos a lado de otros formando una especie de piña en la parte superior de la planta. En la actualidad, la mayoría de estos frutos son estériles, por lo que sus semillas no son fructificantes, provenientes de dos especies silvestres denominadas como: *Musa acuminata* y *Musa balsiana*. Hoy en día se conocen más de mil variedades de esta planta, varios con un uso comestible, por lo que es común que se use en la gastronomía del ser humano, en algunos lugares, incluso, posee una representación cultural [13].

#### **2.2.1.2. Pulpa del plátano**

El fruto posee una forma alargada de entre siete y treinta centímetros de largo, con un diámetro variado, pero que puede alcanzar hasta cinco centímetros en algunas especies. La pulpa se encuentra recubierta por un pericarpio coriáceo de color verde, que, en su etapa de madurez, puede adoptar diferentes colores dependiendo de su especie. La forma del fruto puede variar ampliamente, aunque su forma cilíndrica y alargada se repite en todas las especies, mientras que su estrechamiento o esfericidad en los extremos suele ser una calidad representativa de cada fruto además del color [14].

Es común que hoy en día, la mayoría de las variedades comerciales no produzcan semillas, por lo que el fruto posee un mayor espacio para permitir el crecimiento de la pulpa. La pulpa posee un color blanco con algunas tonalidades amarillas, esta pulpa contiene elementos que lo hacen dulce, además del almidón, que es su principal componente, también posee látex y farinosa. Los racimos de los frutos que crecen en las plantas pueden llegar a pesar hasta 50 kilogramos, por lo que un solo racimo puede llegar a dar hasta 20 frutos, cada fruto tiene peso aproximado de 125 gramos.

### **2.2.1.3. Usos de la pulpa del plátano**

Casi todas las frutas poseen un uso comestible para el ser humano o para algún animal, por lo que se puede decir que su uso principal es el de servir de alimento. Sin embargo, si se habla desde un punto de vista biológico con respecto a la planta, se puede considerar que la pulpa sirve como protección para las semillas que son el medio por el cual una planta puede esparcirse. Esto conlleva a la posibilidad de que la pulpa de las frutas haya evolucionado de tal forma que, al ser devorado por un animal, este permita a las semillas viajar por tramos más largos.

Para el ser humano, el plátano es un alimento que se puede usar de diferentes maneras, esto debido inicialmente a la cantidad de almidón que posee, y del sabor dulce de la pulpa. Además, debido a que la pulpa también varía de sabor dependiendo de su grado de madurez, es posible utilizarla en comidas saladas o dulces, como un agregado para dotar de textura al plato. El olor del plátano es un efecto del acetato de isoamilo, el acetato butilo y el acetato isobutilo, que en conjunto también ofrecen el sabor que conocemos [14].

### **2.2.1.4. Snacks de plátano**

Un *snack* es aquel alimento que sirve para saciar por un corto periodo de tiempo el hambre de una persona. En diferentes lugares puede poseer un nombre diferente, aunque con algunas variaciones dependiendo de la consistencia o ingredientes, también puede ser llamado como una botana o un aperitivo. Es común que estos *snacks* o botanas no posean un alto contenido nutritivo, ya que su objetivo es ofrecer una sensación de llenura temporal. Se diferencian principalmente por el tipo de sabor que poseen, aunque esto no es una representación científica.

Los *snacks* que provienen del plátano son variados, como frutos cortados cuando se consumen de la pulpa, o incluso delgadas láminas fritas que se consiguen en bolsas de *chips*. Estos *snacks* de plátano, considerando de ahora en adelante, aquellos que provienen del procesamiento de la pulpa de la fruta, pueden tener nombres diferentes dependiendo del lugar

donde se consuman. Poseen una forma alargada con el perfil del plátano, o una forma redonda, como la de un disco; su largo varía dependiendo del tipo de la especie utilizada [15].

En el Perú, su nombre común es platanitos o chifles, y su consumo es común en casi todo el territorio, sirviéndose como acompañamiento de platos de la costa del país. En el norte del Perú, específicamente en Piura, existe una organización que se conforma por catorce productores locales, quienes iniciaron un proceso para declarar a los chifles como un «producto bandera». Así, esto se logró conseguir en el 2007, mediante la Ordenanza Regional 138 - 2007/GRP-C.4344. Su producción se ha dispersado a lo largo del país durante los años [15].

Para su producción, así como, para la mejora en su calidad, se realizaron diversos estudios, a partir de ellos se llegó a la conclusión de los parámetros que el fruto debía poseer, así como, del tiempo de horneado o freído. Se considera que utilizar el plátano verde es la mejor opción, dicho fruto debe de poseer un nivel de azúcar de entre 6,5 y 7,7 %; además, la humedad debería encontrarse entre 57 y 58 %. Estos porcentajes pueden variar dependiendo del tipo de proceso que siga el fruto, pero son los más representativos si son fritos.

Al freír los chifles, es posible utilizar cortes de 2,5 milímetros para obtener una freído parejo a 180 °C. Estas rodajas no deben en demasía para que la calidad del proceso se mantenga con respecto a las demás, existe un límite inferior y superior de 0,2 milímetros en el espesor. Es recomendable no utilizar ningún otro proceso al fruto, además del rebanado, por lo que es importante controlar la humedad y el azúcar de las cosechas. Existen procesos donde es posible utilizar cortes más delgados, de aproximadamente 1,2 milímetros [15].

#### **2.2.1.5. Métodos de producción**

- Horneado

El proceso de horneado para obtener chifles utiliza una plancha, algunas veces de varios pisos para cocinar a temperaturas relativamente bajas, un conjunto de cortes de plátano. Para esto, es necesario utilizar un horno precalentado a 205 °C, donde los plátanos se hornean durante 15 hasta 20 minutos, dependiendo del espesor del corte. Después de este tiempo, se utilizan otros 10 minutos para completar el cocido luego de voltear los cortes [16].

Al cocer los discos de plátanos por medio de esta técnica es necesario utilizar aceite rociado sobre los mismos, aunque también se permite mezclarlos previamente en aceite. Es recomendable utilizar la primera técnica, ya que la segunda puede conseguir cortes doblados que no cocerán a la par de los otros. Alargando este proceso es posible conseguir una menor

humedad en el producto final. Luego del proceso, es común utilizar diferentes sazonadores para estos chifles.

- Fritura

El proceso de freído, se consigue a partir del calentamiento de un recipiente con aceite, que luego de alcanzar y mantener cierta temperatura recibe los cortes de plátano. Dependiendo del grado de cocción que se desee obtener, es posible utilizar cortes más delgados que 2,5 milímetros y aceite a mayor temperatura, lo que conlleva a un tiempo de freído muy corto. Este proceso consigue un producto crocante, pero cuyo porcentaje de humedad depende también, del tiempo de freído [16].

Si se desea aplicar este proceso para obtener chifles, los parámetros de cocción son variados, por lo que cada empresa suele utilizar características diferentes para sus productos. Si bien, es regular hacer uso del aceite a 180 °C, también es posible que esta temperatura varíe con respecto al espesor y a la especie del plátano. Algunas personas consideran que el proceso de freído consigue mantener el sabor del plátano además de mejorar su sabor.

#### **2.2.1.6. Comercio de los chifles**

El comercio de chifles en el Perú, ha ido en crecimiento en las últimas dos décadas, pasando de ser un alimento que se procesaba en los hogares, hasta alcanzar, hoy en día, una producción industrial. Para el primer semestre del 2011, el valor de la producción de chifles era de 1,2 millones de dólares, valor que ha sobrepasado los 20 millones de dólares en exportación para el 2019. Esto representa más de cinco mil toneladas que se producen al año, lo que contrasta con el incremento de empresas que fabrican chifles, y en conjunto, se han ido comercializando otros elementos, como la arracacha, o la yuca bajo el mismo principio [17].

#### **2.2.2. Máquina rebanadora**

##### **2.2.2.1. Definición**

Las máquinas rebanadoras se utilizan en diferentes industrias, hay aquellas que se les denominan como máquinas cortadoras; sin embargo, se entiende rebanar como dividir una porción de un volumen mayor. Es posible considerar que una rebanadora es una máquina de corte, ya que esencialmente ambas máquinas tienen como objetivo realizar un corte sobre un cuerpo, no obstante, se propone considerar para el estudio, el rebanar, como obtener un corte a partir de un molde o de un espesor previamente dispuesto por el operador de la máquina [18].

En la industria de la carne, se utilizan máquinas rebanadoras para obtener cortes sobre un trozo de carne con medidas específicas. Esto se puede ver reflejado en la industria de los

embutidos, e incluso en el comercio de comida, donde es común hacer uso de cortes delgados, de entre 1 y 4 milímetros. Estos cortes se obtienen al hacer que la carne atraviese una superficie que utiliza un desnivel, donde se ancla una herramienta de corte, para conseguir la lonja de carne requerida, aunque muchas veces también se usa una serie de cuchillas que hacen presión sobre la misma.

Una rebanadora tiene múltiples usos, ya que su objetivo es el de dividir un volumen mayor con respecto a un corte cuyas dimensiones ya han sido estimadas y calculadas. Es utilizada para hacer cortes en vegetales, frutas, e incluso en la carne; permitiendo en muchos casos que su hoja de corte se pueda regular para obtener lonjas de mayor o menor espesor. Su construcción utiliza una estructura de apoyo donde se montan las demás herramientas, usa una o más cuchillas que permite rebanar el material que ingresa. Puede ser manual o utilizar un sistema automatizado [19].

#### **2.2.2.2. Tipos de máquinas**

- Rebanadores de mano

Una rebanadora de mano utiliza la fuerza de un operador para conseguir el corte esperado en la cuchilla de la máquina. Su construcción suele ser bastante sencilla, y utilizar muchos menos componentes que los demás tipos de rebanadoras, por lo que su costo de fabricación también es bastante barato. Su configuración utiliza planchas de acero o cerámica sobre la cual se ensambla una cuchilla, dejando un agujero para que el material rebanado salga por él [19].

Si bien, utilizar una cuchilla de mano para trabajos donde no se requieren de un gran volumen de producción resulta ser una gran inversión. La desventaja principal es que esta máquina requiere de un operador para el trabajo, lo que puede significar una variación con respecto a los cortes. Además, la producción se verá reflejada en la capacidad del operador, lo que puede significar un coste incrementado para el producto final debido al costo de mano de obra.

- Rebanadoras de pie

Estas máquinas utilizan un sistema de transmisión de potencia conectado a un motor para permitir que el trabajo se realice de manera constante. Su construcción requiere de una mayor cantidad de componentes, por lo que su costo de compra suele ser mayor, aunque, por otro lado, permite regular la cantidad de producción. Su configuración hace uso de un motor eléctrico, un sistema de transmisión de potencia para reducir la velocidad del sistema y un conjunto de cuchillas [19].

Entre las desventajas que este tipo de máquinas puede presentar es que representa un consumo energético constante, por lo que es necesario establecer parámetros industriales para mejorar su eficiencia. Esto quiere decir que la alimentación de la máquina también necesita ser constante. Si bien logran reducir la merma que causaría un sistema manual, esto contrasta con el mantenimiento requerido, principalmente orientado hacia las cuchillas.

- Rebanadoras industriales

Las rebanadoras industriales son un claro ejemplo de sistemas automatizados y cuya producción puede alcanzar valores muy altos en cualquier industria. Para su construcción se utilizan muchos más sistemas, ya que también es necesario considerar el sistema de alimentación y recepción del material. En su configuración, además de los sistemas de corte, de potencia y de soporte, también utilizan elementos para mantener la alimentación continua de la máquina [19].

Entre las desventajas principales que uno podría encontrar con esta máquina suele ser su elevado costo, ya que están orientadas a volúmenes de producción altos. Además, debido a la cantidad de sistemas que se encuentran involucrados, y debido a la alta producción, el mantenimiento requiere de un equipo especializado, así como, de detener la producción. Por otro lado, suelen ser las más eficientes, aunque ciertamente también consumen energía en la misma proporción.

### **2.2.2.3. Metodología de diseño**

El diseño mecánico se describe como una actividad por medio de la cual se logra satisfacer la necesidad de un elemento, pieza mecánica o proyecto. La resolución de esta necesidad se da por medio de una serie de procedimientos que, por medio de funciones matemáticas y caracterizaciones de fenómenos físicos, se puede comprobar que un elemento y sus características habrán de satisfacer los parámetros establecidos. Se concibe el diseño mecánico como un conjunto de técnicas, estándares y normas que permiten resolver el problema [20].

Desde el punto de vista de la ingeniería, el diseño mecánico permite dimensionar una pieza, componente mecánico o un sistema, por medio de su contraste con normas y estándares para que el producto pueda cumplir una función específica. Para conseguir que las dimensiones sean las correctas, regularmente se hace uso de funciones matemáticas que representan ciertos efectos físicos. Por medio de estos cálculos es posible que el diseñador consiga un modelo que pueda soportar las mismas cargas físicas en la vida real [21].

El análisis de componentes se resuelve de diferentes maneras, principalmente utilizando una metodología de diseño, pero todas comparten el mismo fin: el representar una solución. Basándose en este principio es que se puede ver cómo herramientas antiguas se han ido modernizando e innovando, no debido a la falta de creatividad, sino a su facilidad de aplicación. Con respecto a ciertas situaciones donde se requiere una herramienta o máquina más precisa, es donde las innovaciones tecnológicas se combinan con el diseño mecánico.

Se concluye que el diseño mecánico utiliza estándares de calidad para diseñar un elemento cuya función recaiga sobre su funcionalidad. Hoy en día, además de este objetivo principal, también se considera que una herramienta debe de responder a parámetros de seguridad, costo de fabricación, entre otros. Esto se orienta más hacia un diseño sostenible, ya que se han normalizado ciertas características a favor del medio ambiente que un nuevo producto debe de poseer, además, de permitir que la fabricación y comercialización de este elemento sea factible [5].

#### **2.2.2.4. Teoría de diseño**

- Teoría de diseño para el sistema de corte

El esfuerzo cortante es un evento que sucede al momento en que dos fuerzas, cuya dirección es paralela, aunque con orientaciones opuestas, se ejercen con la suficiente fuerza sobre un cuerpo. Este efecto se ve reflejado cuando se usa una tijera para dividir una hoja, que podría ser el ejemplo más común en la vida diaria. En mecánica, se comprueba este esfuerzo para elementos sometidos a cargas cuya descripción permite su interpretación bajo este planteamiento, por lo que es común comprobar pernos de sujeción a partir de esfuerzos cortantes, por ejemplo [22]:

Si se realiza un corte transversal sobre un cuerpo que es sometido a un esfuerzo cortante se podría visualizar cómo es que el sólido contrarresta este efecto por medio de una serie de esfuerzos en sentido contrario. Se puede decir que este sistema se mantiene en equilibrio estático, por lo que las tensiones que resultan de la fuerza cortante se dirigen, de manera tangencial hacia la cara transversal del punto donde incide el esfuerzo cortante, que, alcanza a ser nula en los extremos de la misma cara. Para facilitar los cálculos es posible considerar una tensión media.

Se expresa este comportamiento para la tensión media de corte por medio de una función que se define como:

$$\tau_{promedio} = \frac{F}{A} \rightarrow F = \tau_{promedio} \times A \quad (1)$$

Si se observa, la función de esfuerzo cortante es parecida a la ecuación de tensión normal, no obstante, al graficar el esfuerzo normal se puede ver que estos vectores son perpendiculares a la superficie del material. Si se deseara imaginar un cuerpo que es sometido a esfuerzos normales y esfuerzos cortantes, se podría ver que el sólido contrarresta las cargas con tensiones cuyos vectores generan un ángulo de  $90^\circ$ . Para modelos más precisos de cálculo, es posible analizar un corte transversal de un cuerpo sometido a esfuerzos cortantes.

Los esfuerzos cortantes también generan una deformación en el material, que inicialmente es el comportamiento del sólido antes de sucumbir ante el esfuerzo cortante. Esta deformación posee una inclinación que puede medirse mediante un ángulo, denominado como gamma en diversos textos que explican este tema. Este ángulo está formado por el lado tangente al esfuerzo de corte antes y después de la aplicación de la carga, por lo que se puede presentar dos pares de esfuerzos que inciden sobre los puntos que se consideran fijos.

- Teoría de diseño para el sistema de transmisión de potencia

Cuando se trata de sistemas de transmisión de potencia, se considera el cálculo y selección de diversos componentes que habrán de funcionar correctamente en conjunto. Un sistema de transmisión correcto consigue transmitir la potencia desde una fuente hasta una herramienta con la menor pérdida de potencia posible, usando un sistema sencillo que requiera el menor mantenimiento. Los modelos de selección suelen variar dependiendo del tipo de elemento que se pretenda seleccionar, por lo que se sugiere ubicar la norma adecuada [23].

Se inicia por determinar las necesidades de la máquina para transmitir su potencia, por lo que también se deben entender las especificaciones del sistema y la potencia necesaria. Entre los parámetros necesarios, se consideran a las velocidades de rotación adecuadas, tipos de carga sobre los elementos, el tipo de trabajo, entre otros. Al analizar estos parámetros se puede proponer un tipo de transmisión, lo que dará pie a ubicar la norma correspondiente y así realizar una correcta selección, aunque es posible comprobar esto mediante la selección de un correcto catálogo de piezas.

Para calcular la potencia existen diversos métodos, aunque todos se basan en la función que combina la velocidad de rpm y el par torsor que aplica la máquina. El par torsor puede ser calculado aplicando un diagrama del fenómeno físico correcto sobre la herramienta de trabajo, para estimar la fuerza necesaria sobre este. Las rpm corresponden a un dato recomendado, que puede recogerse de investigaciones con análisis de datos empíricos para conocer el punto de máxima eficiencia.

Luego de conocer la potencia que se requiere transmitir, es necesario determinar el tipo de transmisión que se habrá de usar. Existen transmisiones por poleas, por engranajes, por cadenas, entre otros; cada una con ramas subsecuentes que poseen un mejor comportamiento en diferentes situaciones. Existen libros de diseño que ofrecen sugerencias para estos tipos de transmisión, investigaciones empíricas contrastan esta información. Luego de seleccionar el tipo de transmisión, se deben estimar sus parámetros de trabajo, como la vida útil, por ejemplo.

Conocido el tipo de transmisión es necesario realizar el cálculo correspondiente para conocer los elementos mecánicos sobre los que se habrán de montar. Este elemento suele ser un eje, cuanto menos cuando se trata de elementos rotativos, aunque ciertamente se pueden utilizar otros de movimiento lineal. El diseño del eje debe de responder a un análisis de rigidez y fatiga con respecto a las cargas aplicadas a los elementos que se habrán de montar. Además, se debe de comprobar la resistencia de los elementos de anclaje para asegurar los componentes.

- Teoría de diseño para el sistema de soporte

Para comprobar un bastidor y una estructura se aplican conocimientos de análisis estructural, que fácilmente podrían resumir la gran cantidad de pruebas que este sistema debe de soportar. Para esto es importante haber determinado los demás sistemas que se incluirán en la máquina, ya que es necesario contar con el valor de las cargas muertas y su posible frecuencia natural de trabajo. Además, es posible considerar algún parámetro de seguridad, en el caso de que la máquina esté destinada a ser usada por un operador [24].

Como primera etapa de este diseño, es importante analizar qué tipo de bastidor y qué tipo de estructura se desea diseñar. Ya que es posible que el bastidor o la estructura no vayan a soportar cargas grandes, o vibraciones, sino simplemente representen un aspecto estético de la máquina. Cuanto mayor sean los parámetros analizados y concluidos para la máquina, mejor será el resultado, ya que se podrá comprobar a los elementos con respecto a las necesidades de diseño. Para cálculos complejos, es posible utilizar un simulador por computadora.

Es importante tener un diseño preliminar para analizar la distribución de las cargas, y como los componentes de la máquina se irán ensamblando en la estructura o bastidor. Así se podrá conseguir un gráfico de distribución de fuerzas, además de conocer los tipos de apoyo que se plantean utilizar, de tal modo que se tenga información para resolver el sistema como un modelo isostático o hiperestático. En el caso de que puedan existir cargas dinámicas, es importante tomarlas en cuenta, lo que podría llevar a requerir de un análisis de fatiga.

Se comprueba entonces mediante fórmulas matemáticas, el sistema simplificado de la estructura presentada, aplicando las cargas y los apoyos en cuestión. Esto se puede realizar de varias formas, si se desea, es posible comprobar la estructura a partir de un análisis de elementos finitos destinado a medir esfuerzos o deformaciones, por ejemplo. Es importante considerar cualquier otro parámetro que pudiera ser de interés para el diseñador, de tal modo que se estimen y comprueben todos los tipos posibles de falla en estos elementos.

Luego de conseguir los resultados, es necesario dirigirse a las normas internacionales y estándares de calidad, para comprobar que los límites se respetan y verifican. Los requisitos que se plasman en las normas y estándares de diseño deben de ser seguidas al pie de la letra, ya que representan estudios empíricos realizados a lo largo de muchos años. Al finalizar se contará con el dimensionamiento de un cuerpo geométrico que puede estar constituido de diversos elementos, por lo que solo restaría realizar una optimización del resultado y repetir el proceso.

#### **2.2.2.5. Diseño asistido por computadora**

El diseño asistido por computadora se aplica en muchos ámbitos de la era moderna, conceptos de diseño que pueden ir desde el diseño gráfico hasta una construcción y simulación en entornos en tercera dimensión. Para ello, se pueden utilizar uno o diversos programas informáticos, puesto que cada uno posee ventajas y desventajas. Por ejemplo, es común hacer uso de SolidWorks para graficar y construir sólidos, donde resalta sin lugar a dudas; sin embargo, se necesita hacer uso de herramientas externas para conseguir un manual de usuario.

En ingeniería mecánica, el diseño asistido por computadora no es más que la aplicación de sistemas informáticos para lograr que la construcción de planos de fabricación, y su visualización sean más sencillas. Para esto existen muchos *softwares*, como SolidWorks, Autodesk Inventor, entre otros, cuyos entornos de trabajo son similares. La mayoría de estos programas permiten simular ciertos eventos por medio de la aplicación del método de elementos finitos para calcular el comportamiento de los cuerpos graficados [25].

Cuando se realiza un diseño en conjunto por medio de un *software*, se puede observar la facilidad del cambio de dimensiones, lo que facilita conseguir un diseño más eficiente con respecto al espacio utilizado. También, por medio de simulaciones se puede comprometer a los sólidos, y luego de considerar un material, a cargas para comprobar que el diseño plasmado en papel es el correcto. El uso de esta tecnología tiene muchas ventajas, aunque una desventaja es que es necesario adquirir el programa, que suele tener un costo elevado.

### **2.2.2.6. Norma VDI 2221**

Este modelo se considera como una filosofía en el ámbito del diseño, desarrollado por la Asociación de Ingenieros Alemanes. Su planteamiento considera una serie de procedimientos que corresponden haciendo énfasis en ciertos objetivos para cumplir en cada paso, de tal modo que se pueda controlar el proceso en cada etapa. Dependiendo de la norma que se desee aplicar, es posible conseguir una cantidad de procesos entre cuatro y siete. Con respecto a la norma 2221, donde existen cuatro, estas consideran analizar la concepción del proyecto hasta conseguir detallar los parámetros de dimensionamiento y de fabricación del nuevo producto [26].

### **2.2.3. Definición de términos básicos**

**Máquina rebanadora:** Mecanismos combinados que se combinan para aprovechar la energía suministrada y aplicar un esfuerzo de corte sobre los elementos ingresados en ella, ofreciendo como producto una serie de cortes de un espesor similar.

**Plátano:** Fruto de una planta tropical con el mismo nombre que posee un peso entre 100 y 200 gramos, de forma curva y con una cáscara que puede tener colores de tonalidades verdosas antes de madurar, donde su color puede ser desde amarillo hasta rojizo.

**Chifles:** *Snack* fabricado a partir del plátano verde cuya producción puede realizarse de manera industrial, o doméstica. Su producción industrial requiere de cortes de dimensiones similares para obtener un producto de calidad.

**Norma VDI 2221:** Modelo de diseño que presenta actividades orientadas a la búsqueda de soluciones con el fin de obtener información relacionada con las necesidades del cliente, y ofrecer en respuesta, un diseño orientado a suplir dichas necesidades.

**Diseño mecánico:** Diseño orientado a conjuntos de naturaleza mecánica, que combinan componentes, sistemas, aprovechamiento de energía; con el fin de hacer uso de instrumentos para transformar mecanismos en instrumentos o máquinas que permitan facilitar o realizar una tarea.

**Sistema de corte:** Conjunto de elementos cuya finalidad es realizar el proceso de corte dentro de una máquina.

Sistema de transmisión de potencia: Conjunto de elementos cuya finalidad es transmitir la potencia desde una fuente de energía, hasta un conjunto de mecanismos que permitan transformarla.

Sistema estructural: Conjunto de elementos cuya finalidad es la de soportar la carga de una máquina, evitando su deformación y resistencia mecánica.

Herramienta de corte: Elemento cuya función es realizar el corte de un elemento, asegurando un espesor constante.

Simulación: Procedimiento mediante el cual se utiliza un *software* para representar una actividad o elemento, y someterlo a cargas de diferente índole para comprobar su resistencia.

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

Si se diseña una máquina rebanadora basándose en la norma VDI 2221 para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo se pueden obtener los parámetros de dimensionamiento y fabricación.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

Si se diseña el sistema de corte una máquina rebanadora basándose en la norma VDI 2221 para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo se pueden obtener los parámetros de dimensionamiento y fabricación.

Si se diseña el sistema de transmisión de una máquina rebanadora basándose en la norma VDI 2221 para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo se pueden obtener los parámetros de dimensionamiento y fabricación.

Si se diseña el sistema de soporte de una máquina rebanadora basándose en la norma VDI 2221 para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo se pueden obtener los parámetros de dimensionamiento y fabricación.

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Variable independiente**

Máquina rebanadora de plátanos

Se explica cómo una máquina que tiene como objetivo obtener lonjas de la fruta del plátano por medio del corte de una hoja. A la máquina ingresa la fruta pelada donde la máquina aprovecha un motor o el esfuerzo de un operador, para que una herramienta de corte pueda rebanar la pulpa de la fruta.

Dimensiones:

- Sistema de corte: este sistema se compone de elementos y piezas mecánicas cuyo propósito es el de realizar el corte con la fuerza necesaria para obtener la lonja de la pulpa de la fruta. Como objetivo secundario, está el de conseguir que exista la menor cantidad de merma.
- Sistema de transmisión de potencia: este sistema se compone de elementos y piezas mecánicas que ofrecen la potencia y la fuerza necesaria para que el sistema de corte trabaje sin interrupciones. Para ello se sirve de un conjunto de piezas que trabajan en conjunto para que la potencia llegue desde el motor hasta la herramienta de trabajo.
- Sistema estructural: este sistema se compone de elementos y piezas mecánicas que tienen como propósito el mantener en su lugar, cada uno de los demás sistemas sin que estos se desbalancen. Para ello, se vale de un bastidor que puede soportar las vibraciones de la máquina y una estructura que controla la deflexión causada por las cargas muertas.

### **3.2.2. Variable dependiente**

Cortes para chifles

Se explica como una parte de la pulpa del fruto del plátano que ha sido obtenida a partir de un proceso de corte con las dimensiones esperadas para cumplir con un proceso de cocido que la transformará en un *snack*. Posee nutrientes, aunque este parámetro no representa su característica principal, son sus dimensiones las características más importantes.

Dimensiones:

- Dimensiones métricas: Representa cada una de las dimensiones que se pueden medir por medio del sistema de unidades métricas en el espacio. Esto incluye el largo, ancho y la profundidad del sólido que se forma luego del corte que se obtiene al rebanar la pulpa de la fruta del plátano.

### **3.3. Matriz de operacionalización de variables**

La tabla correspondiente a la matriz operacional del proyecto se encuentra entre los anexos de la tesis para facilitar su observación en una página horizontal.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Enfoque de la investigación**

Para el método planteado en la investigación, existen diferentes formas de seleccionar esta tipología, considerando el tiempo en que ocurre la investigación, el tipo de análisis aplicados, entre otros. Al tratarse de diseño, es común que se trate de un diseño longitudinal, puesto que suele ser casi imposible retroceder a la recolección de datos cuando el cliente los sugiere. Dicho esto, se toma como énfasis, seleccionar un método de análisis para la investigación, considerando el enfoque que se le dará al tratamiento de datos aplicados.

Esto supone aplicar un enfoque cuantitativo, donde se utilizará una naturaleza de datos que pueden ser cuantificados, y evaluados mediante herramientas matemáticas para su análisis. Este tipo de variables, son comúnmente, evaluadas por la estadística, pero también es posible que su análisis parta de la convención de herramientas de análisis de resultados numéricos. Con base en esto, se puede analizar una variable numérica, como un conjunto, o también, de manera puntual, analizando particularmente su valor como un dato matemático [27].

#### **4.2. Tipo de investigación**

Hernández et al. [27] dan su opinión con respecto a las investigaciones de corte básico, considerándolos como aquellos estudios donde se pretende analizar un problema por medio de la observación desde una perspectiva descriptiva. Se considera una investigación básica como un estudio que propicia nuevas investigaciones al sentar una base teórica y posiblemente insinuar soluciones para la problemática que se desea estudiar. El autor de una investigación básica no busca una solución, sino un entendimiento adecuado y propicio para su realidad.

El estudio básico de una investigación utiliza una propuesta teórica basada en estudios previos, así como, de la observación que puede ser medida empíricamente. Es decir, determinar una descripción de los eventos que acontecen dentro de un ambiente a partir del uso del método científico. Si bien, es cierto que, para observar un problema, desde un punto de vista descriptivo, no requiere necesariamente de una hipótesis, esto no implica una prohibición. Por lo tanto, el investigador puede plantearse preguntas que podrán ser respondidas bajo hipótesis propuestas.

Hernández et al. [27] escriben acerca de este nivel de investigación: «producir conocimiento y teorías (investigación básica)».

#### **4.3. Nivel de investigación**

Hernández et al. [27] expone acerca del planteamiento descriptivo como un análisis basado en la observación para parametrar la conducta de una población o incluso de un problema que uno pudiera hallar. Esto significa que un investigador puede recopilar información para entender el qué de la problemática que observa, mientras que el cómo, el cuándo o incluso el porqué del problema se estudian por medio de una perspectiva diferente. Se puede decir que este enfoque analiza un fenómeno sin concentrarse en las relaciones que podría tener.

Una de las características principales de la investigación descriptiva, a diferencia de la investigación exploratoria, es que se puede llegar a una conclusión, por lo que sus datos pueden utilizar métodos de procesamiento para responder a una hipótesis. Cabe resaltar que estas hipótesis provienen de preguntas cerradas, lo que implica que el análisis de los datos no puede llevar a que el investigador proponga percepciones excepcionales a los datos analizados. Entre uno de los objetivos de esta investigación, está el establecerse como un punto de referencia para otros estudios.

Hernández et al. [27] 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).

Con base en la información redactada en los párrafos anteriores, se determina que la presente investigación sigue un enfoque básico y descriptivo para concretar el estudio planteado en el capítulo donde se explica el planteamiento del problema.

#### **4.4. Método de investigación**

Hernández et al. [27] ofrece la alternativa de escoger entre un método deductivo, inductivo, uno combinado, entre otros. De manera precisa, se puede aplicar el método deductivo para diseñar este elemento, ya que ocurre que su análisis depende de teorías generales aplicadas para el diseño puntual de la máquina. Así, se podrá generar una conexión desde este evento particular tomando como base la teoría general seleccionada posteriormente. Cabe señalar, que dichas teorías, pueden encontrarse en el marco teórico, donde, además, se definen estos datos [27].

Se considera al método cuantitativo para desarrollar la investigación, el cual se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para obtener conclusiones objetivas y precisas. En el diseño de máquinas se aplica para evaluar el rendimiento de materiales, la eficiencia de mecanismos y la durabilidad de componentes mediante pruebas estandarizadas y modelos matemáticos. Además, cabe resaltar que este método es la base de los estudios de pruebas de resistencia, desgaste y fatiga, permitiendo optimizar diseños y prever fallos en el diseño.

#### **4.5. Diseño de la investigación**

Hernández et al. [27] considera que existen dos modelos de diseño de investigación, que dependen, principalmente, del uso de procesos experimentales para comprobar la hipótesis. Un procedimiento experimental se resume como la acción en el que un investigador manipula una variable para obtener un resultado dentro de un ambiente controlado. Estos experimentos suelen concentrar sus variaciones sobre una característica de la variable principal, aunque ciertamente es posible modificar más de un parámetro.

También es posible utilizar un modelo que no considere la aplicación de una manipulación en la variable independiente; sin embargo, este modelo está orientado a ser usado sobre investigaciones descriptivas. Para aplicar un procedimiento experimental, es necesario acompañar los resultados de una interpretación, así como, de un orden adecuado, para ello es común utilizar alguna herramienta estadística. En el caso de los procedimientos no experimentales, es posible aplicar estadística descriptiva para ordenar los datos, mas no para inferir resultados.

Los diseños de investigación propuestos por cada autor engloban diferentes conjuntos de procesos para llegar a una conclusión a partir de una hipótesis; sin embargo, estos diseños suelen tener algunas similitudes. Un modelo descriptivo que proporciona al investigador la capacidad de aplicar técnica de observación sobre la problemática encontrada. Al ser, el

investigador, testigo de un evento, este puede recopilar información para posteriormente analizarla y responder a la hipótesis propuesta [28].

El presente estudio propone utilizar un modelo de diseño descriptivo que acompañe a la propuesta de resolver la tesis mediante un enfoque básico y descriptivo. Con base en estos tratamientos para el estudio, se hizo uso, principalmente, de la observación para determinar el comportamiento de la problemática estudiada y proponer una respuesta ante ello. Este modelo se vale de la herramienta nombrada anteriormente para recopilar y analizar un conjunto de datos y, así, facilitar una respuesta de interés [28].

$$X \rightarrow O$$

Donde:

X: Diseño de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo

O: Observación

## **4.6. Población y muestra**

### **4.6.1. Población**

Hernández et al. [27] establecen que la población de un estudio puede estar representada por todos aquellos sujetos que compartan una característica dentro de una frontera sugerida por el investigador. Dependiendo del tipo de investigación que se desarrolle, es posible concebir diferentes sujetos de estudio, como seres vivos, objetos o incluso, entes abstractos como sucede en la matemática. Las fronteras que delimitan el tamaño de una población, si bien están sugeridas por el investigador, estas se sirven de las propiedades del objeto de estudio.

Al enunciar el tamaño de una población, es importante considerar el alcance de la investigación, ya que es posible que algunos recursos sean imposibles de implementar en el caso de que la población posea numerosos sujetos. Si bien es posible aplicar algún tipo de procedimiento de muestreo para conseguir que una población demasiado grande permita un estudio, nuevamente, es necesario considerar los recursos con los que se cuenta. Por ello, es posible delimitar una población con propiedades geográficas o temporales, por ejemplo.

Delimitar una población por medio de parámetros medibles y comprobables, puede ofrecer al investigador un resultado que englobe datos más precisos con respecto a un tiempo y lugar. Cuando se trata de un estudio con respecto a un nuevo producto o una alternativa de solución, es favorable considerar la población objetivo del producto, así como, de alternativas

de solución y fabricación. Así, el investigador puede apuntar a un resultado enfocado a los potenciales clientes, al mismo tiempo que prevé la construcción de un prototipo.

- Criterios de inclusión

Función principal: Las alternativas de solución necesitan cumplir con la función de rebanar una fruta entera de plátano por medio de una herramienta de corte sin deformarse excesivamente ni causar obstrucciones.

Configuración de componentes: Las alternativas de solución deben aplicar componentes en su construcción que permitan transmitir la potencia necesaria, realizar el proceso de corte y soportar los sistemas y piezas de la máquina sin deformarse ni causar un desbalanceo en las piezas.

Materiales y procesos aplicados: Las alternativas de solución deben de utilizar elementos y piezas cuyos procedimientos de fabricación y transporte no sobrepasen un coste de venta de las máquinas que se encuentran en catálogo comercial al 2023. Este criterio debe aplicarse también para el mantenimiento de la máquina.

- Criterios de exclusión

Función principal: Las alternativas de solución deben de cumplir la función principal sin pérdidas excesivas que no traspasen un límite de 5 % del material que ingresa a la máquina. Además, la función principal debe de suplirse bajo tecnologías sencillas y de fácil mantenimiento.

Configuración de componentes: Las alternativas de solución que permitan componentes cuya adquisición exceda el costo promedio de una máquina comercial al 2023 no deben de considerarse. Esto también aplica para elementos con desgaste excesivo.

Materiales y procesos aplicados: Las alternativas de solución no podrán aplicar materiales cuyos costos de adquisición sean elevados. Además, no se permite el uso de materiales tóxicos o que contaminen el material de trabajo. Los procedimientos de fabricación deben seguir estos lineamientos.

#### **4.6.2. Muestra**

Hernández et al. [27] desarrolla una definición para la muestra, considerando que corresponde a ser un conjunto de sujetos representativos de la población estudiada. Su selección puede realizarse por medio de alguna técnica de muestreo, que, aunque varían en su descripción,

todas proponen una preferencia que corresponde al alcance del investigador. Esto quiere decir que, la muestra, si bien representa el total poblacional, también revela el tipo de investigación que el autor toma en cuenta [27].

Regularmente, se aplica un muestreo cuando las poblaciones corresponden a grupos muy grandes, lo que conlleva a que el investigador no tenga acceso a todos ellos. Es recomendable para grupos pequeños, donde el autor posee los recursos necesarios, que toda la población sea evaluada para evitar márgenes de error. Es importante analizar el objeto de estudio de una investigación, puesto que en muchos casos la población puede reducirse a un número muy pequeño, y en casos extremos, los recursos podrían permitir un único estudio; en estas situaciones, es factible realizar un estudio de casos.

El muestreo aplicado puede tomar un modelo estadístico, estratificado, aleatorio, entre otras características, que dependen de si uno espera un muestreo probabilístico o no. Los muestreos probabilísticos corresponden, en la mayoría de los casos, a grupos grandes de sujetos, de los que se requieren recolectar información válida con base en características compartidas. Mientras que un estudio no probabilístico puede recaer sobre momentos donde se analizan casos particulares [29].

Cuando se diseña un nuevo elemento, pieza o producto, es posible considerar un muestreo por conveniencia, que corresponde a un muestreo no probabilístico. Esto implica que el objeto de estudio se observa a partir de un estudio de casos seleccionados por el investigador. Esto implica que la experiencia, y la propuesta del estudioso influirá sobre las conclusiones y el estudio en sí. Por otro lado, también es posible considerar que la experiencia del diseñador, podrá dar un mejor enfoque a la investigación, por lo que los resultados pueden apuntar a necesidades puntuales.

#### **4.6.2.1. Tipo de muestreo**

Como se explicó en el apartado anterior, si bien existen diversos parámetros que se pueden incluir a una técnica de muestreo, existen inicialmente dos consideraciones, «probabilístico» y «no probabilístico». Al considerar un análisis probabilístico de los datos, se propone un estudio basado en un estudio de observación sobre parámetros compartidos por los sujetos. Mientras que una propuesta no probabilística, considera un estudio orientado a contraste o examen de situaciones o eventos puntuales.

Dentro de los diferentes tipos de muestreo que se pueden usar, para un análisis de diseño de un producto o servicio, es posible considerar un modelo no probabilístico por

conveniencia. Esta técnica, que también se llama muestreo intencional, promueve el análisis de un número de eventos o sujetos, para determinar su comportamiento, o seleccionar el que refleje el comportamiento esperado. Se sugiere, entonces, que el tipo de muestreo sea realizado a partir de las preferencias del investigador con respecto a ciertos sistemas.

#### **4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.7.1. Técnicas de recolección de datos**

Espinoza [28] determina dos técnicas principales para el análisis de datos observados en un estudio, la técnica documental y la técnica empírica. La diferencia principal que este autor plasma contra sus homólogos, es que otros autores consideran como técnicas lo que Espinoza [28] considera como herramientas. Se puede decir que, el autor no considera a la entrevista, o la observación como técnicas de recolección de datos, sino como herramientas de recolección de datos, ya que estas herramientas requieren de una construcción previa y confiable.

La técnica documental proporciona al investigador la capacidad de reunir una cantidad de datos por medio de la lectura y el análisis de información histórica, teorías, entre otros. Cabe señalar que la técnica documental depende de la validez de los datos obtenidos, ya que esta data depende de la confiabilidad del autor, que en muchas ocasiones, no suele ser el mismo del estudio. Si bien es posible, utilizarse a uno mismo como una fuente de datos, posiblemente observados en un estudio anterior, siempre es importante considerar el lugar y la fecha de observación de estos conjuntos de datos.

La técnica empírica hace uso de la observación como herramienta principal, por lo que esto representa la medición de un parámetro de las variables por medio de un elemento calibrado. El valor de esta información corresponde al observador, quien aplica su conocimiento y su habilidad para mejorar características de una variable. Esto quiere decir que la confiabilidad de los datos puede ser contrastada y puesta a prueba en otras investigaciones, por lo que se recomienda enfocar una cierta cantidad de recursos en la capacitación del observador y la calibración de los instrumentos.

##### **4.7.2. Instrumentos de recolección de datos**

Espinoza [28] proporciona una lista de diferentes instrumentos que se pueden utilizar para sus dos técnicas. Cuando se trata de la técnica documental, se puede hacer uso de libros, revistas, catálogos, y demás elementos que recopilen información. Mientras que la técnica empírica, hace énfasis en el uso de la observación como herramienta principal para la recolección de información. Es perfectamente viable aplicar ambas técnicas, así como,

diferentes instrumentos, que dependen principalmente de la capacidad y de los recursos del investigador [28].

Los instrumentos de la técnica documental requieren poseer una validez científica, que muchas veces es otorgada por la misma comunidad al tener una teoría que ha sido comprobada. Basándose en este principio, cuando se trata de productos puntuales, como en el caso de catálogos de elementos, su validez se encuentra comprendida en la confianza que el fabricante otorga. Para datos puntuales, como historiales o datos históricos, la confianza de esta información recae sobre la institución o el autor que recabó la data.

El instrumento de recopilación de datos correspondiente a la técnica empírica engloba, principalmente, a la observación, que a su vez, se encuentra conectada a la capacidad del investigador para efectuarla. Esta observación puede aplicarse por medio de diferentes medios, realizando una encuesta o midiendo un parámetro de los sujetos de estudio. La observación, entonces, se apoya sobre un elemento adicional, por lo que es necesario que esta pieza de recolección de datos recabe la información oportuna bajo un nivel de confianza adecuado.

#### **4.8. Técnicas de análisis de datos**

Las técnicas de análisis de datos son muy variadas, que dependen de varias condicionantes como la naturaleza de los datos, además del tipo de investigación que se pretenda realizar. Es posible aplicar técnicas de análisis para datos cuantitativos, así como, para datos cualitativos, aunque es muy complicado aplicar técnicas conjuntas sobre estos. En muchos casos, si es que uno se encuentra con ambos tipos de datos en una investigación, es necesario aplicar un estudio particular sobre cada uno de estos conjuntos de datos para luego inferir una conexión.

Entre las técnicas más comunes para los datos cuantitativos está la aplicación de la estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva es una disciplina que tiene como finalidad ordenar los datos cuantificables por medio de tablas o gráficos, permitiendo que su entendimiento sea más sencillo. Por otro lado, la estadística inferencial tiene como objetivo el conseguir que el autor de un estudio responda a las hipótesis propuestas por medio del uso de funciones matemáticas que ofrezcan valores interpretables como resultado.

En el caso de los elementos cualitativos, se requiere de un estudio enfocado a ciertas características filosóficas de los datos estudiados. Esto quiere decir que cuando se analiza un discurso, o una data de declaración, es posible enfocar el análisis por medio de tratamientos narrativos, textuales, o incluso de patrones. Si bien es posible aplicar estadística sobre estos

datos, su uso se concentra en el orden de los datos, para mostrar cómo los análisis textuales proveen de interpretaciones que pueden ser similares una de la otra.

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO DE UNA REBANADORA DE PLÁTANOS**

#### **5.1. Diseño metodológico**

##### **5.1.1. Comprensión de la solución**

###### **5.1.1.1. Estado de la tecnología**

Los plátanos han sido un alimento que ha convivido con el ser humano desde hace siglos, siendo él quien los ha tratado hasta conseguir el fruto que se conoce hoy en día. La manera de comercializarlos, en la actualidad, dispone del fruto, arrancado de la planta en racimos, aunque también es posible conseguir *chips* de plátano. Estos *chips* de plátano se consiguen al cocer la pulpa del plátano, luego de cortarlo en lonjas grandes o cortas. El espesor del corte influye en el tiempo de cocción necesario para estos *snacks*.

Los comercios que utilizan el plátano para estos *snacks*, realizaban el corte por medio del uso de un cuchillo o navaja, ayudándose de las manos de un trabajador. Ya que el espesor del corte influye en la cocción del fruto, el tener cortes de un espesor similar mejoraba la calidad del producto final. El proceso ha ido mejorando, utilizando cuchillas rotatorias, o un conjunto de hojas para realizar un solo movimiento y cortando el fruto en varias piezas. En ambos casos, el proceso permite obtener un espesor regular entre cortes.

Las máquinas que se utilizan actualmente utilizan un sistema que combina un proceso de alimentación del fruto, y otro que consigue el corte. Para las cuchillas rotatorias, el sistema puede ser alimentado manualmente, aunque esto podría influir negativamente en el espesor de las lonjas de plátano. Por otro lado, cuando se utilizan cuchillas de movimiento lineal, el inconveniente surge al generar el proceso de automatización de la alimentación. Aunque este proceso puede intercambiarse por un proceso manual, que no influye sobre el espesor del corte.

### 5.1.1.2. Lista de exigencias

Acorde con la metodología seleccionada, en este caso, es la norma VDI 2221; se sugiere la designación de las funciones que la máquina debe de cumplir, obteniéndolas a partir de la necesidad del cliente. Este proceso permite que las exigencias, con respecto al producto final, esperado por el cliente, se satisfagan de la manera más eficiente. Correspondiente a ello, se deben describir las necesidades puntuales para el diseño, por lo que un especialista es requerido para traducir las demandas y requisitos para la máquina por diseñar.

**Tabla 1. Lista de exigencias**

		<b>Lista de exigencias</b>	<b>Pág. 1 de 1</b>
<b>Proyecto:</b>		<b>Diseño de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo</b>	<b>Edición: Rev. 1</b>
<b>Cliente</b>		<b>Comercio de frutos en Huancayo</b>	<b>Fecha: 22/12/2023</b>
			<b>Revisado por: XXX</b>
			<b>Elaborado por: XXX</b>
<b>Prioridad</b>	<b>Deseo o exigencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
1	E	<p>Función principal: La máquina debe realizar cortes de plátano con un espesor de 2,5 milímetros para un margen de producción de por lo menos 200 kilogramos por hora para lonjas obtenidas de cortes transversales y longitudinales con respecto a la dimensión más larga del fruto.</p>	XXX
2	E	<p>Geometría: La máquina debe ser compacta, aun permitiendo espacio suficiente para alimentar a la máquina desde tres puntos ubicando los frutos desde tres puntos diferentes, considerando dos de ellos para obtener cortes pequeños y uno, para cortes largos.</p>	XXX
3	E	<p>Fuerza: La máquina debe realizar el proceso de corte de manera constante considerando tres puntos de alimentación. Es decir, debe tener fuerza suficiente para cortar tres frutos al mismo tiempo, de manera constante y sin que se presenten esfuerzos que ralenticen la producción.</p>	XXX
4	E	<p>Energía: La máquina debe ser impulsada por energía eléctrica para que la máquina pueda trabajar de manera constante durante, por lo menos, 6 horas diarias al máximo de su producción.</p>	XXX
5	E	<p>Seguridad: La máquina debe adecuarse para evitar que el operador entre en contacto con cualquier elemento del sistema de transmisión de potencia o el elemento de corte. Además de contar con elemento de accionamiento para la alimentación de la máquina.</p>	XXX

		Ergonomía:	
6	E	La máquina debe diseñarse considerando tamaños para la altura del punto de alimentación, para evitar que el operador sufra molestias debido a movimientos repetitivos al alimentar la máquina.	XXX
		Fabricación:	
7	E	La fabricación de la máquina debe utilizar procesos que puedan ser encontrados en el mercado regional, incluyendo la fabricación de repuestos en caso se requiera de alguno.	XXX
		Materiales:	
8	E	Los materiales utilizados para la construcción de la máquina deben encontrarse en el mercado regional, considerando como materiales recomendados, aquellos de menor coste y mayor accesibilidad.	XXX
		Montaje:	
9	E	El montaje de la máquina debe incluir elementos removibles para aplicar los procesos de mantenimiento. A su vez, combinar una estructura que disminuya las vibraciones al ser compacta.	XXX
		Uso:	
10	E	Se diseña la máquina para tener un uso constante, considerando el contacto de un operador para ingresar el fruto. Además, la máquina deberá poder usarse continuamente durante el tiempo establecido en la producción con un máximo de 6 horas por día.	XXX
		Costos:	
11	E	El costo de los procesos de construcción de la máquina, considerando a su vez, los materiales para ello, deberán ser competitivos con respecto a los procesos y materiales similares correspondientes al mercado del 2023.	XXX
		Transporte:	
12	D	Luego de la construcción de la máquina, su transporte, así como, de los repuestos, deberá requerir un espacio compacto. Por lo que se recomienda que la máquina pueda ser desmontada para facilitar este proceso.	XXX
		Mantenimiento:	
13	D	El mantenimiento de la máquina debe considerar las piezas que serán intercambiadas, así como, el mantenimiento preventivo de la máquina, por lo que su diseño debe facilitar espacios para la ejecución de estas actividades.	XXX
		Reciclaje:	
14	D	La construcción de la máquina debe facilitar el reciclaje de las piezas utilizadas en ella. Considerando los materiales recomendados, aquellos que tengan un menor grado de contaminación con el medio ambiente.	XXX

## 5.1.2. Concepto de solución

### 5.1.2.1. Abstracción de la solución

Con base en una descripción de los requerimientos, se pueden establecer los ingresos y salidas de la máquina, es decir, una predicción de los elementos con los que trabaja la máquina. Para ello, se considera no solamente el material que ingresa en la máquina, sino también la fuente de energía que utiliza, así como, la acción necesaria para iniciar la producción. A su vez, se consideran los elementos obtenidos luego de que la máquina cumple sus funciones, considerando aquellos elementos obtenidos como un efecto secundario del proceso.

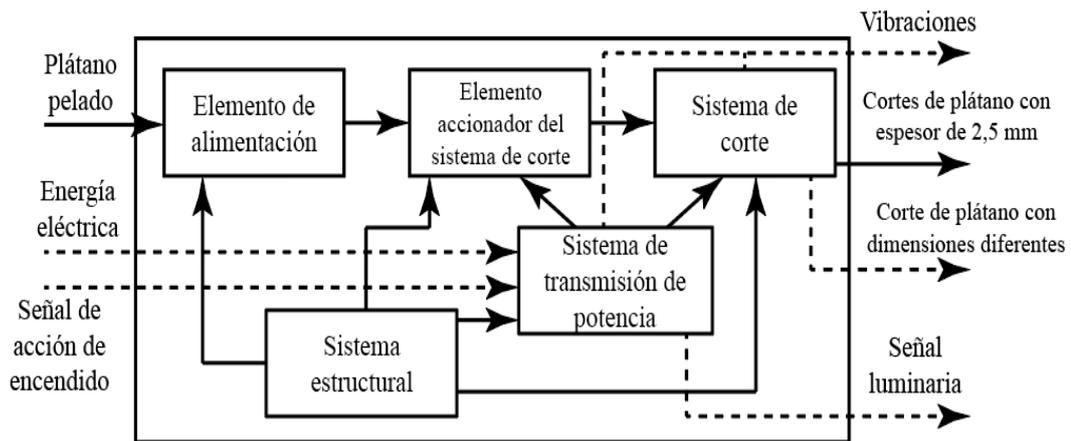


*Figura 1. Caja negra de la solución*

Para el diseño se utiliza, como materia prima, frutos de plátano, cuya variedad es denominada como Antón. Este fruto atraviesa la máquina para convertirse en lonjas de plátano, mediante un proceso de corte para obtener espesores de aproximadamente 2,5 milímetros. Es posible que exista una merma, es decir, cortes cuyo espesor se encuentre por encima o por debajo de este valor, por lo que se establece un valor variable de 0,25 milímetros. La máquina utiliza energía eléctrica, que convierte en energía mecánica, además de obtener vibraciones como efecto secundario.

### 5.1.2.2. Estructura de funciones

Al considerar los elementos que ingresan a la máquina, con los cuales se obtendrá el producto final, que son los cortes de plátano, se puede comprender el camino que sigue cada uno de ellos. Con base en la experiencia del diseñador, se pueden listar los elementos, o desmenuzar los sistemas que la máquina requiere para trabajar adecuadamente y conseguir la producción esperada. Se describen cada uno de los elementos, haciendo énfasis en el uso que se le dará dentro de la máquina, conociendo así la función que cumplen dentro del diseño.



*Figura 2. Estructura de funciones de la máquina*

Al analizar el camino que la materia prima recorre hasta convertirse en lonjas de plátano, se observa que este ingresa por una pieza alimentadora, llegando al sistema de corte donde se ejecuta dicho proceso. Esto implica el diseño de un elemento que permita al operador ingresar el fruto garantizando su seguridad. Para el sistema de corte, recibe energía del sistema de transmisión de potencia, que recoge energía eléctrica desde una fuente externa para convertirla en energía mecánica aprovechable por el sistema.

Luego de que la materia prima atraviese los sistemas de la máquina con los que se relaciona, se obtienen dos productos, los cortes con las dimensiones esperadas y una merma que no cumple con las especificaciones. La energía suministrada se aprovecha dentro de la máquina, aunque posee también una merma que se expresa mediante vibraciones en la máquina. Finalmente, una acción de encendido de la máquina se traduce como la señal de accionamiento para iniciar el proceso, mientras que una luminaria activa representa este efecto.

### **5.1.2.3. Concepto de la solución**

Para el presente diseño se espera que una máquina cumpla con el proceso repetitivo de cortar plátanos para obtener lonjas cuyo espesor se encuentre en un promedio de 2,5 milímetros. Esto supone ingresar frutos pelados, ya que la máquina no requiere de un sistema de pelado; que, aunque implementable, incrementaría excesivamente el costo de fabricación. Entonces, se determina que la máquina solo disponga del proceso de corte, excluyendo a su vez, el proceso de selección entre el producto esperado y la merma.

El sistema de corte en la máquina puede ejecutarse mediante un movimiento rotativo o lineal, que son las alternativas más comunes para este tipo de máquinas. Para obtener cortes similares con la mayor precisión, es recomendable utilizar movimientos lineales, es decir, realizar el corte del fruto con un solo movimiento. Sin embargo, esto requiere utilizar una mayor

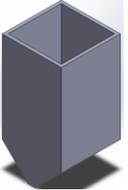
cantidad de piezas, y en muchos casos, hacer énfasis en el uso de elementos neumáticos, que permiten abaratar costos cuando se requiere la transformación de un movimiento rotativo en uno lineal.

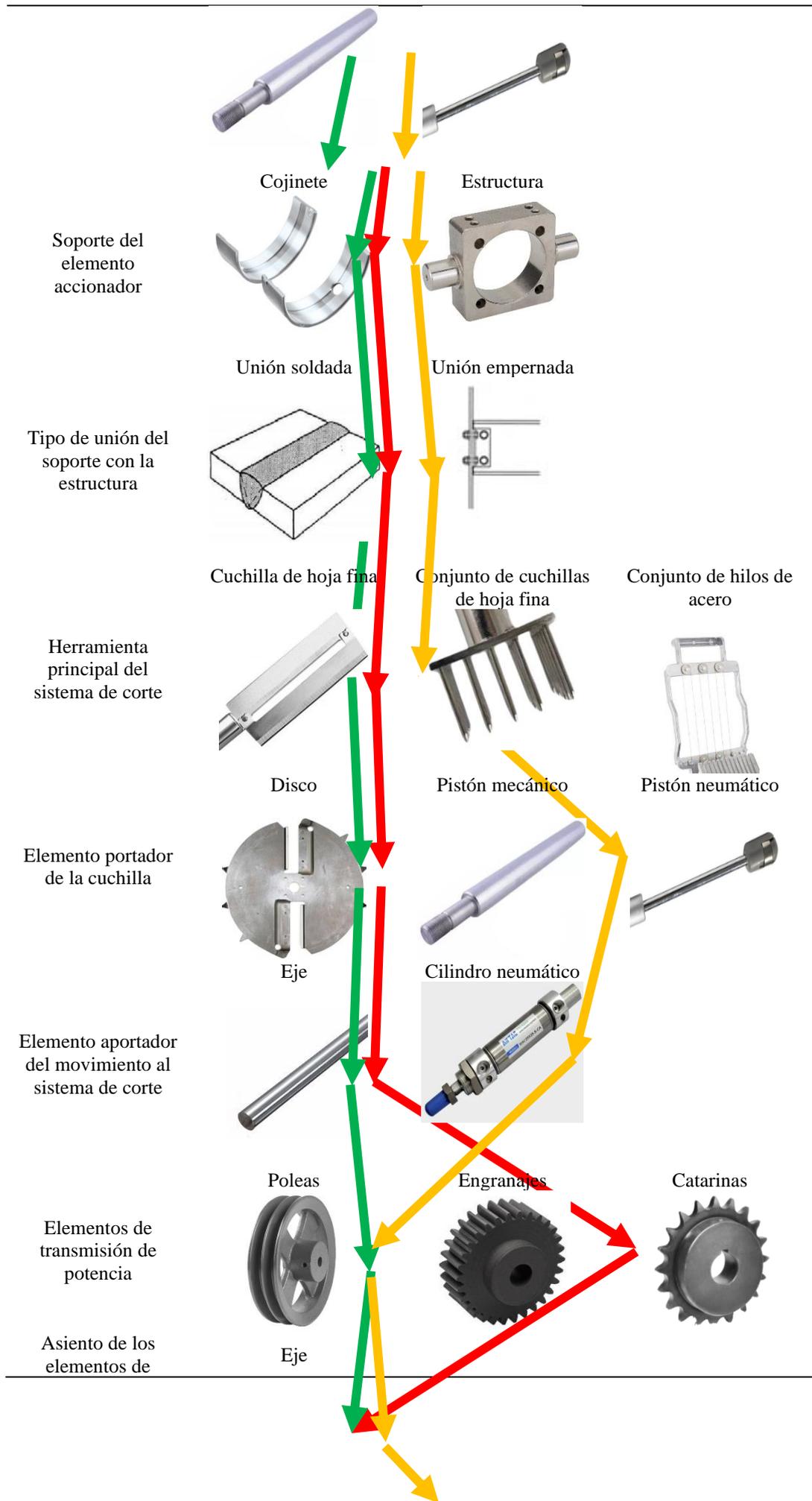
De considerar cuchillas giratorias, es importante considerar que la velocidad de alimentación juega un papel importante, por lo que este proceso puede automatizarse. Aunque también existe la posibilidad de permitir que un operador se encargue de este trabajo, no es recomendable, ya que la acción humana podría causar variaciones relevantes en el espesor de los cortes. Sin embargo, ya que el cliente considera de mayor importancia el coste de la máquina, para la automatización de este proceso, se considera tomar como enfoque primordial el diseño del sistema de corte.

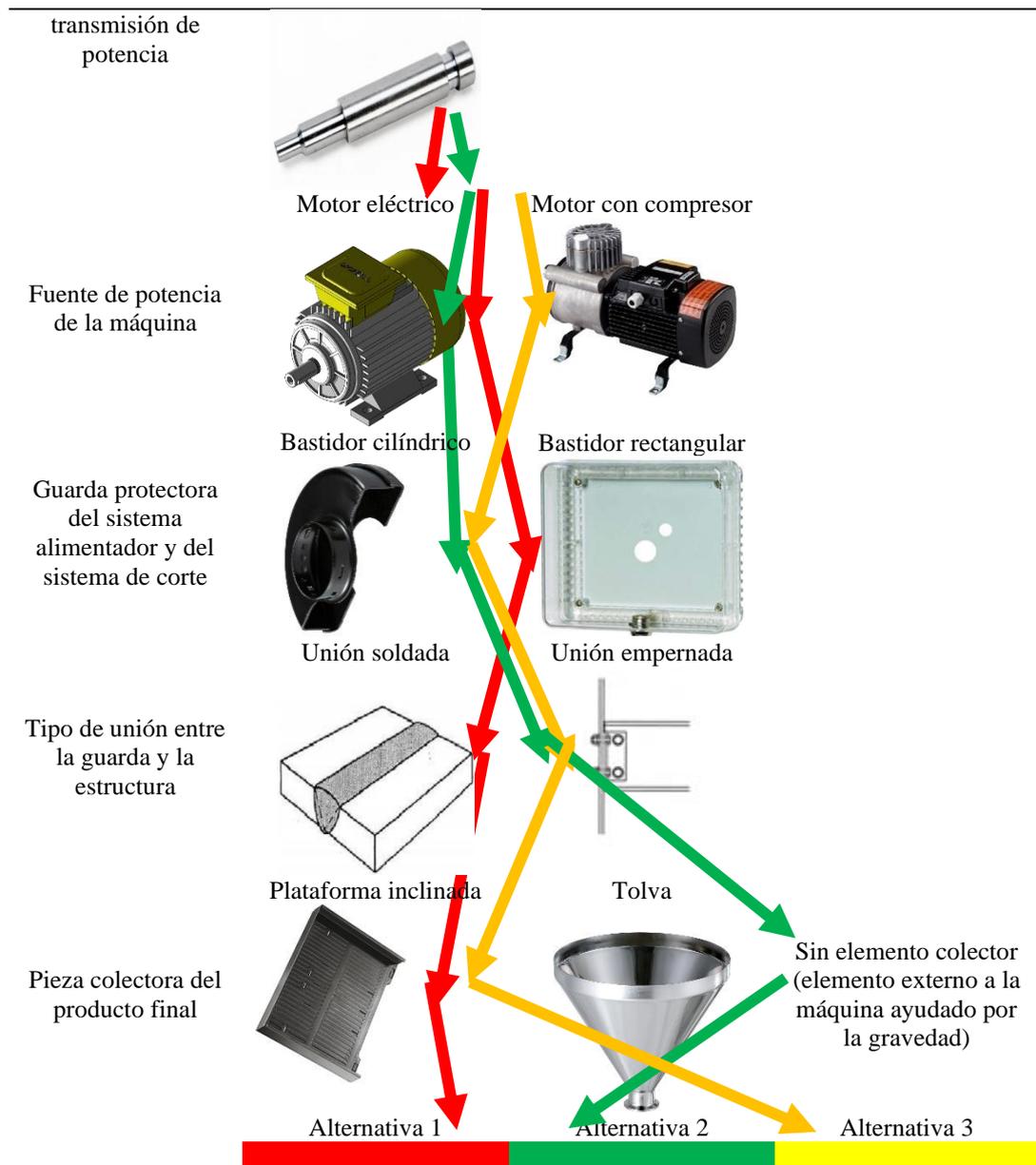
#### 5.1.2.4. Matriz morfológica

Habiendo establecido los requerimientos del cliente, así como, sus prioridades para entender el tipo de máquina que espera, se procede a obtener alternativas. Cada función, que podría cumplirse por un sistema o un solo elemento, se desmenuza con respecto al uso requerido por una pieza o sistema. Esto supone que, para determinar las alternativas, se enumeran las funciones que la máquina necesita para cumplir con su objetivo, sin importar que dicha función pueda obtenerse a partir de una sola pieza, o un conjunto de ellas.

**Tabla 2. Matriz morfológica de la máquina rebanadora de plátano**

Matriz morfológica			Pág. 1 de 1
Proyecto	Diseño de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo		Edición: Rev. 1
			Fecha: 22/12/2023
Cliente	Comercio de frutos en Huancayo		Revisado por: XXX
			Elaborado por: XXX
Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Elemento de alimentación	Tolva colectora 	Bandeja de alimentación 	Alimentación manual 
Elemento accionador hacia el sistema de corte	Pistón de presión mecánico	Pistón de presión neumático	





### 5.1.2.5. Descripción de soluciones

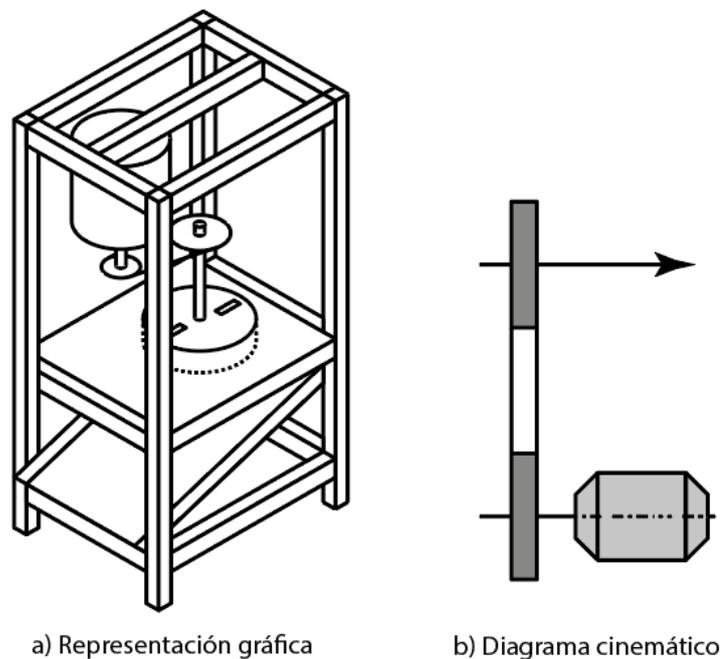
La metodología aplicada para el diseño de la máquina permite realizar una serie de soluciones que permiten combinar las alternativas propuestas para, finalmente, obtener un diseño adecuado. Esto es posible gracias a la matriz morfológica, donde se establecen las posibles piezas que puedan realizar las funciones necesarias. Luego, se puede configurar una máquina con las piezas estudiadas, de tal modo, que la máquina produzca de la manera esperada. Así, se obtienen tres opciones las cuales se describen.

- Solución 1

Es importante considerar que el principal objetivo de la máquina es rebanar el plátano, por lo que los elementos utilizados para ello deben ser eficientes y de bajo costo. Así, se

determina utilizar cuchillas, que podrían encontrarse en diferentes configuraciones, de uno o hasta dos juegos de dos pares. Este sistema se impulsa por un motor, que permite la transmisión de potencia a partir de un juego de catarinas y una cadena. Esta distribución de piezas podría utilizar un motor de cuatro polos para requerir una relación menor en el juego de las catarinas.

Ya que el sistema acondiciona una estructura que se orienta de manera vertical, el motor se ancla a la parte más alta del soporte, lo que eleva el punto del centro de gravedad de la máquina. Esto podría conllevar a que la máquina tenga que utilizar un punto de anclaje superior, de tal modo que se eviten accidentes. Sin embargo, gracias a que el sistema se ubica aprovechando el espacio, posibilita la capacidad de la máquina para instalar en líneas de poco espacio, o incluso para incluirla por encima de los recipientes del proceso de cocción.

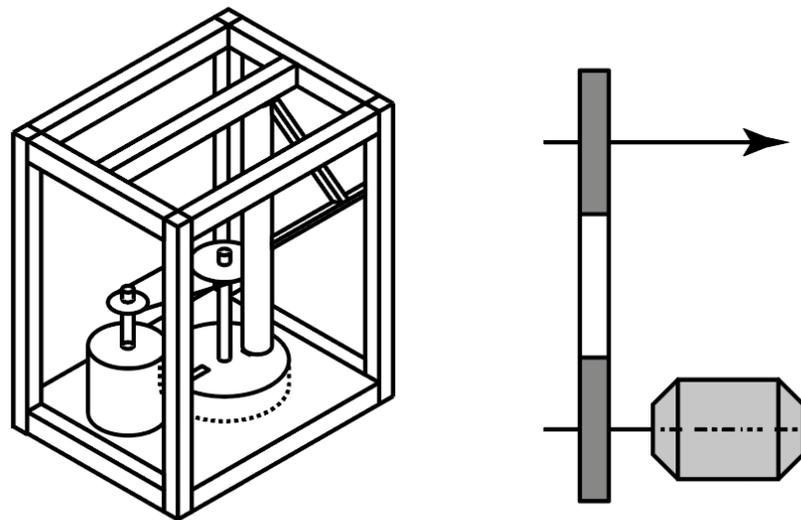


*Figura 3. Representación de la solución 1*

- Solución 2

La segunda opción utiliza un sistema más compacto para ubicar los elementos del sistema de transmisión de potencia y del sistema de corte. Ya que la máquina se orienta de manera horizontal, la transmisión, que ocurre por medio de poleas, requiere de un menor espacio. Esto obliga a que la máquina requiera elevar el elemento de alimentación, aunque también permite adecuar tres puntos para que la alimentación permita el corte de tres frutos. El sistema de corte utiliza un par de cuchillas, acorde a la alimentación manual a la que se predispone.

La estructura de soporte sirve de asiento para todos los elementos de la máquina. Ya que en ella se monta, desde el motor, los rodamientos, hasta los elementos de alimentación y accionadores. Este diseño no puede adecuarse a una línea compacta, lo que supone convertirse en una sección de rebanado dentro de una industria. El panel de mando para la máquina es sencillo, puesto que la alimentación es realizada por el operador, el mando solo requiere de los botones necesarios y luminarias para indicar el estado de trabajo de la máquina.



a) Representación gráfica

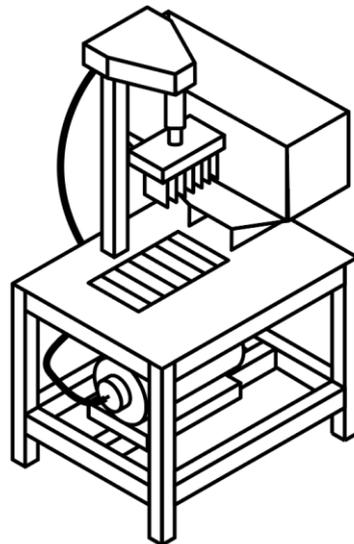
b) Diagrama cinemático

*Figura 4. Representación de la solución 2*

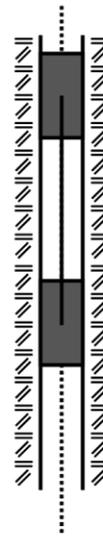
c. Solución 3

El sistema de la solución tres utiliza elementos neumáticos para realizar el proceso de corte. El sistema de alimentación ocurre a partir de la gravedad, donde una tolva concentra el volumen de frutos por trabajar. Esto facilita el trabajo del operador; sin embargo, este todavía debe estar al tanto de la producción, ya que al trabajar con elementos orgánicos, es posible que la fricción evite el camino de esta. El elemento de corte debe encontrarse por encima del punto en que se ejecuta el corte, aprovechando esto para adecuar el tamaño de la tolva.

Ya que la máquina ejerce el movimiento de acción de corte verticalmente, los frutos pueden caer hacia un nuevo elemento; que, siendo extraíble, permitiría una producción continua y un envío continuo de los productos. En contraparte, los elementos neumáticos suelen ser más caros, requerir de mayor atención con respecto a los procesos de mantenimiento, así como, de una cantidad mayor de piezas. Un motor eléctrico entrega la potencia a un compresor, para lograr que los elementos neumáticos de corte trabajen adecuadamente.



a) Representación gráfica



b) Diagrama cinemático

Figura 5. Representación de la solución 3

### 5.1.2.6. Selección de la solución óptima

La selección de la solución más adecuada combina un estudio analítico, ofrecido por el diseñador, con base en las referencias que se tomó en la lista de exigencias. Este proceso se encuentra detallado en la norma VDI 2221, que ejecuta una calificación de las alternativas con base en su capacidad para ejecutar los requerimientos y cumplir con las especificaciones. Finalmente, cuando se obtengan los valores técnicos y económicos de cada solución, estos puedan compararse y contrastarse unos a otros para seleccionar aquella que supone una mejor configuración.

El análisis técnico supone conceptualizar cada de las funciones, y entender cómo la máquina puede desarrollarlas de acuerdo con los requerimientos que se describen. El análisis económico, de manera parecida, entiende los costos de operación y fabricación para analizar el posible coste de cada una de las soluciones. Al comparar las alternativas de este modo, el diseñador ofrece su experiencia para determinar qué elementos son los más adecuados, por lo que es él quien, finalmente, toma la decisión de qué alternativa se habrá de diseñar.

Tabla 3. Evaluación técnica de las soluciones

Proyecto: Diseño de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo										
Evaluación técnica										
Variantes de concepto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
N.º	Función	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Función principal	10	3	30	4	40	3	30	4	40
2	Geometría	9	3	27	3	27	3	27	4	36
3	Fuerza	9	3	27	3	27	2	18	4	36

4	Energía	9	3	27	3	27	3	27	4	36
5	Seguridad	9	3	27	3	27	3	27	4	36
6	Ergonomía	9	3	27	3	27	3	27	4	36
7	Fabricación	9	2	18	3	27	3	27	4	36
8	Materiales	9	4	36	3	27	3	27	4	36
9	Montaje	9	3	27	3	27	3	27	4	36
10	Transporte	9	3	27	3	27	2	18	4	36
11	Uso	9	2	18	3	27	3	27	4	36
12	Mantenimiento	9	2	18	4	36	3	27	4	36
13	Costos	8	3	24	3	24	3	24	4	32
14	Reciclaje	8	3	24	3	24	3	24	4	32
	Puntaje		40	357	44	394	40	357	56	500
	Valor técnico		0.714		0.788		0.714		1	

La solución uno posee cualidades significativamente positivas, como la posibilidad de incluirse dentro de un sistema compacto al que también se le podría sumar el proceso de cocción. La solución tres, aunque sus elementos cumplen de manera eficiente el proceso de corte, todavía requiere que un operador se encuentre en constante observación de la máquina para evitar interrupciones. Mientras que la solución dos, dispone que la alimentación la realice un operador, aunque permitiendo que la máquina no requiera de un esfuerzo mayor.

**Tabla 4. Evaluación económica de las soluciones**

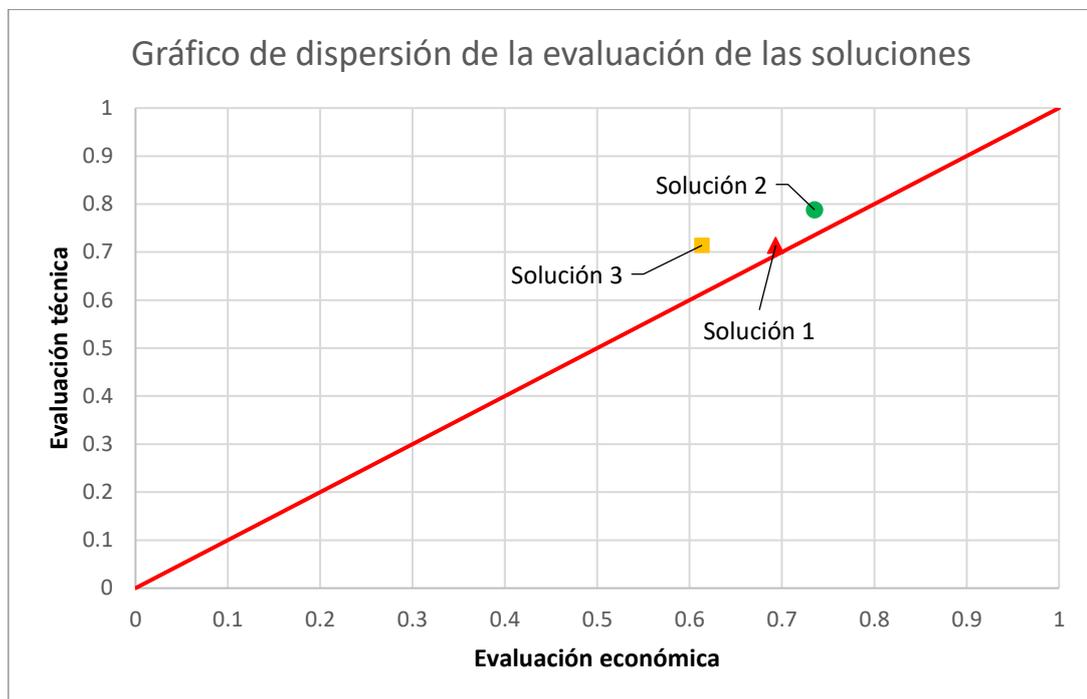
**Proyecto: Diseño de una máquina rebanadora para obtener cortes de plátano para chifles en Huancayo**

Evaluación económica										
Variantes de concepto		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
N.º	Función	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Costo de materiales	10	3	30	4	40	2	20	4	40
2	Costo de fabricación	9	3	27	3	27	3	27	4	36
3	Costo de mantenimiento	9	3	27	3	27	2	18	4	36
4	Costo de mano de obra	9	3	27	3	27	3	27	4	36
5	Costo de transporte	9	3	27	3	27	3	27	5	45
6	Costo de uso	9	3	27	3	27	3	27	5	45
	Puntaje		18	165	19	175	16	146	26	238
	Valor técnico		0.693		0.735		0.613		1	

Las soluciones que se componen de elementos mecánicos requieren una menor inversión en la adquisición de materiales. Si bien, es posible que sus costos se eleven al requerir de ciertos procesos adicionales, como soldadura o cortes de acero, todavía siguen siendo menores a los de los sistemas neumáticos. Es por lo que la solución uno y dos poseen mejores calificaciones. Con respecto al coste por uso de las alternativas, la solución tres todavía

incrementa aún más su coste, sumado a ello, el mantenimiento suele ser más costoso con respecto a sistemas neumáticos.

Así, luego de estudiar las alternativas se establece que la solución dos es la más adecuada para progresar en su diseño. Este sistema utiliza elementos compactos, que se ubican y configuran consumiendo un menor volumen en la máquina, lo que podría permitir realizar una menor inversión de la construcción de la estructura. Ya que la máquina requiere elementos estructurales de acero inoxidable, aprovechar esto conlleva a que el coste de fabricación de la máquina también disminuya, haciendo la solución dos más viable que sus similares.



*Figura 6. Gráfico de dispersión de las alternativas estudiadas*

### **5.1.3. Elaboración del proyecto**

#### **5.1.3.1. Diseño preliminar**

La máquina propuesta considera como elemento principal un sistema de corte rotativo, donde se debe adecuar una serie de cuchillas por medio de un disco. Esta idea permite que la máquina se haga compacta, consiguiendo que el sistema de transmisión de potencia utilice elementos de menor tamaño y así, más baratos. Este sistema, al ser compacto, permite el espacio para que el sistema de alimentación permita la ubicación de tres puntos. Así, se puede adecuar la máquina para que existan bocas de alimentación, aunque por seguridad, se recomienda utilizar dos.

Ya que el accionamiento de la alimentación de la máquina utiliza una pieza, de manera manual, se adecua la máquina para que solamente dos de ellas se encuentren activas al mismo tiempo. Si bien, cada uno de estos elementos de acción son independientes, cabe señalar que tres operadores no podrían trabajar consecutivamente en favor de la seguridad. Así, se aprovecha el espacio para utilizar una guarda de seguridad que evite que el operador entre en contacto con los elementos en movimiento.

Las cuchillas, montadas sobre un disco, que a su vez, se monta sobre un eje, rota a partir de la potencia que recibe desde el motor y el juego de poleas. Este juego de poleas, deberá reducir la velocidad hasta que la máquina permita un nivel de producción acorde con lo establecido. Finalmente, anclado al sistema estructural, un elemento colector se ubica correspondientemente al disco de las cuchillas, evitando que los frutos salgan disparados. Además, es importante señalar que los elementos que entran en contacto con la materia prima no la contaminen.

#### **5.1.3.2. Diseño definitivo**

El diseño del sistema de corte depende de las cuchillas, cuyo espesor se determina para resistir el esfuerzo de corte al que se le somete en cada giro. El disco, por otro lado, sufre esfuerzos de deformación debido a las fuerzas ejercidas en el eje conectado que rota. El eje de este sistema, será largo, ya que requiere conectar con la polea a la que se le suministra energía, generando el suficiente espacio para que el operador pueda alimentar a la máquina. Los apoyos para el eje deben de encontrar la ubicación adecuada para lograr sentarse.

El sistema de transmisión de potencia utiliza dos ejes, dos poleas y una faja. Ya que el eje de corte, se describe en el párrafo anterior, y el eje transmisor es el mismo que el del motor, solamente se requiere seleccionar la faja y las poleas. En este caso, las poleas dependen de la reducción de velocidad esperada para la máquina. Una velocidad excesivamente alta conllevaría a que la máquina requiera una velocidad de alimentación alta, por lo que debe regularse para que el operador pueda trabajar sin ejercer demasiada fuerza.

El sistema estructural combina el bastidor, las guardas de seguridad, así como, la estructura de soporte. Los bastidores, cuya función solamente es la de servir como protectores para el operador, utilizan materiales de grado alimenticio si es que entran en contacto con la fruta. Mientras que aquellos elementos que no lo hacen, pueden utilizar acero estructural, cuyo costo es más accesible. Se deben tomar las prevenciones oportunas para evitar que la máquina sufra de corrosión entre los puntos de contacto de elementos unidos no permanentemente.

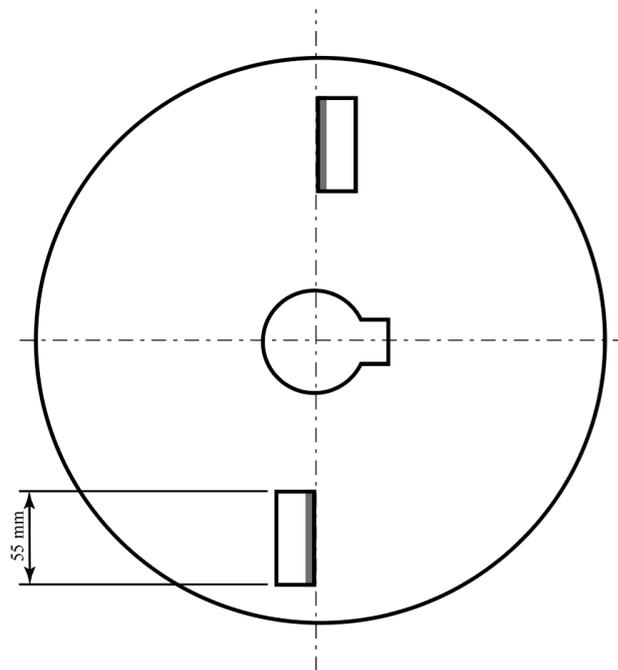
## 5.2. Elaboración de detalles

### 5.2.1. Diseño del sistema de corte

#### 5.2.1.1. Diseño de la cuchilla de corte

El diseño de la cuchilla de corte supone determinar el espesor que requiere el elemento que se encarga de realizar el esfuerzo de corte sobre el fruto. En el Perú se cuenta con plátanos de variedad bellacos que pueden alcanzar longitudes de 40 centímetros con diámetros de hasta 5 centímetros. Con base en la decisión de cliente, se propone que estos frutos, los más largos, sean alimentados por unas boquillas de corte frontal, mientras que los plátanos de menor tamaño puedan alimentarse por una boquilla de corte transversal.

Se cuenta con información experimental, donde se establecen los valores de fuerza de corte requeridos con base en el promedio de diámetro del fruto. Para un fruto pelado de 23 milímetros de diámetro, el esfuerzo de corte aproximado es de 2,47 kgf; mientras que la fuerza de corte para un fruto de 42 milímetros de diámetro es de 3,89 kgf. Estos valores dependen del diámetro, por lo que se puede obtener un esfuerzo de corte basados en la resistencia al corte que ofrecería el plátano con respecto a un corte transversal.



*Figura 7. Distribución de las cuchillas de acero*

De este modo, se puede determinar que el esfuerzo de corte contra el plano frontal, para frutos con diámetro de 23 y 42 milímetros, es de 2,85 kgf y 3,72 kgf respectivamente. Estos valores son considerados desde una perspectiva matemática, es decir, sin considerar el orden de las fibras del fruto, que claramente darían como respuesta una reducción o aumento en la

resistencia al corte. Sin embargo, ya que no se cuenta con esta información experimental, se procede a utilizar la información obtenida para realizar los cálculos pertinentes.

Al analizar la cuchilla de corte, esta debería incidir con un ángulo sobre el fruto para realizar el corte; incrementando el área de corte final. Sin embargo, para facilitar el cálculo, se propone incrementar ligeramente la resistencia final, así como, tomar en cuenta los valores más altos. Esto en favor del cliente que desea utilizar el mayor calibre posible en los frutos ingresados a la máquina. Así, se determina el espesor mínimo de la cuchilla para cortar el fruto. En este caso, solo se toma una carga de corte, aunque para el cálculo de potencia se utilizarán los tres cortes por revolución.

Se determina el esfuerzo máximo cortante que soporta tanto el material como el fruto:

$$\tau_{max} = \frac{S'_n}{n} \quad (2)$$

Nota: Obtenido de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [21]

Donde:

$\tau_{max}$ : esfuerzo cortante máximo (MPa)

$S'_n$ : resistencia a la fluencia en cortante (MPa). Como se comentó anteriormente, se utiliza acero inoxidable AISI 304 para la construcción de este elemento. Por tanto, esta resistencia depende del valor del punto de fluencia, que en este caso se representa mediante la ecuación:  $S'_n = 0,5 \times S_y$ . Esto da como resultado que el valor de la resistencia a la fluencia en cortante es igual a 102,97 MPa.

$n$ : factor de seguridad. Cuando se trata de elementos delgados o finos, se desea que el factor de seguridad sea alto, ya que es posible encontrarse con otros esfuerzos indeseados debido a la flexión y la fatiga. Por ello, se dispone utilizar un factor de 5.

Resolviendo:

$$\tau_{max} = \frac{102,97 \text{ MPa}}{5} = 20,6 \text{ MPa}$$

Ya que este esfuerzo incide totalmente sobre la superficie de la cuchilla, se puede determinar el espesor de la cuchilla en el extremo del corte. Con dicha dimensión, se pueden

determinar un valor mayor para el cuerpo de la cuchilla. Así, se considera que el esfuerzo cortante se distribuye por la superficie cortante de la herramienta:

$$\tau_{max} = \frac{F}{A} \tau_{max} = \frac{S'_n}{n} \quad (3)$$

Nota: Obtenido de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [21]

Donde:

$F$ : fuerza experimental para cortar el fruto ( $N$ ). Acotado en el principio de este apartado, determinando que la fuerza necesaria depende del área de corte. Al considerar los elementos de mayor resistencia se dispone a utilizar 4 kgf; lo que equivale a 39,24 N.

$A$ : área de contacto de la cuchilla al momento de realizar el corte ( $m^2$ ). Ya que el agujero de alimentación se diseña para los frutos de mayor tamaño, la altura de la cuchilla se estima con 55 milímetros.

Para el espesor desconocido, la ecuación puede transformarse a:

$$e = \frac{F}{\tau_{max} \times h} \quad (4)$$

Finalmente, se puede incluir la información propuesta para el cálculo:

$$e = \frac{39,24 \text{ N}}{20,6 \text{ MPa} \times 0,055 \text{ m}} = 1,385 \times 10^{-4} \text{ m}$$

El valor obtenido sugiere que la distancia afilada para la cuchilla requiere un cierto ángulo de inclinación. Para evitar que la cuchilla se extienda al poseer este ángulo pronunciado, se propone utilizar un espesor ancho, lo que permitirá, a su vez, disminuir el ángulo de inclinación de la cuchilla cuando se instale. Así, se determina que el espesor de este elemento sea de 2 milímetros, con un alto de 54 milímetros, y de 30 milímetros de ancho. Esto podrá variar, siempre y cuando los pernos de anclaje requieran que las cuchillas sean más anchas.

Selección del material AISI 304: Es importante señalar que la selección del material de un elemento depende de diversos factores, los cuales dependen de las propiedades mecánicas, la resistencia a la corrosión, las facilidades de producción, entre muchas otras. En el caso del

material usado como asiento de otros elementos, es recomendable que este material sea el mismo que el de la cuchilla, en especial en ambientes corrosivos. El acero inoxidable 304 predispone sus propiedades para evitar un desgaste excesivo, además, su costo también es accesible para este tipo de diseño de máquinas.

### 5.2.1.2. Selección de los pernos de ajuste

Se dispone el arreglo de dos pernos para que el centroide se encuentre en el mismo eje que el punto de incidencia de corte. De este modo, se reduce la posibilidad de generación de momentos debido a la variación de tamaño en el fruto del plátano. Sin embargo, para la selección de pernos de ajuste, es necesario considerar el peor de los casos, es decir, cuando la carga es máxima y la geometría del fruto evita la suposición inicial. En este punto, la fuerza ocurre en un punto superior o inferior por debajo del conjunto de pernos.

Se propone utilizar como referencia la dimensión del agujero de alimentación, además del tamaño mínimo permisible para el fruto que ingresa. Esto se visualiza en el arreglo mostrado, en que se genera un momento debido a la separación que existen entre el centroide del arreglo y la fuerza de corte. Ya que los pernos podrán entrar en contacto con el fruto, se dispone utilizar acero AISI 304 para estos, por lo que posteriormente, los cálculos de resistencia aplican la información de dicho material para complementar este apartado.

La carga estática ( $F_s$ ) considerada para cada perno se obtiene de:

$$F_s = \frac{P}{n} \quad (5)$$

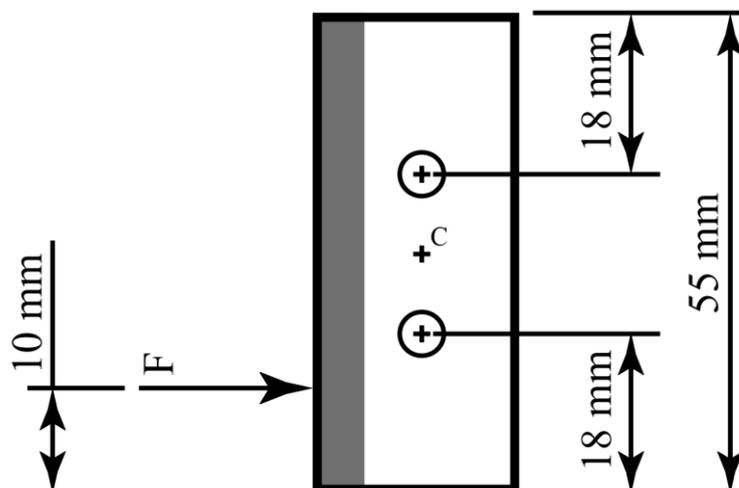


Figura 8. Disposición de la fuerza para la selección de pernos

Donde:

$P$ : carga total a la que se somete el arreglo de pernos ( $N$ ). En este caso se considera la carga máxima de corte que será aplicada, es decir,  $39,24 N$

$n$ : número de pernos en el arreglo. En este caso se utilizan dos.

Entonces:

$$F_s = \frac{39,24 N}{2} = 19,62 N$$

La carga generada por el momento en el perno donde se desea calcular su resistencia se calcula a partir de una ecuación. Esta fórmula se estudia como:

$$F_i = \frac{M \times r_i}{\sum r^2} \quad (6)$$

Nota: Obtenido de Diseño de elementos de máquinas [20]

Donde:

$F_i$ : fuerza sobre el  $i$ -ésimo perno generada por el momento. Cabe señalar que esta fuerza actúa perpendicular al radio del arreglo ( $N$ ).

$M$ : momento generado por la carga con respecto al centroide del arreglo de pernos. ( $N - m$ ). Ya que el momento equivale a  $F \times d$ . Se considera que este valor resulta:  $39,24 N \times 0,0175 m = 0,6867 N - m$ .

$r_i$ : distancia radial desde el centroide del arreglo hasta el  $i$ -ésimo perno ( $m$ ). Para el radio donde se desea calcular, esta distancia equivale a  $0,01 m$ .

Ya que el centroide se encuentra de manera simétrica con respecto a los dos pernos, se puede calcular la sumatoria de distancias radiales de manera sencilla. Así, se tiene:

$$\sum r^2 = (0,01)^2 + (0,01)^2 = 0,0002 m^2$$

Así, se puede determinar la carga debido al momento:

$$F_1 = \frac{0,6867 N - m \times 0,01 m}{0,0002 m^2} = 34,335 N$$

Ya que esta carga depende del radio dibujado desde el centroide del arreglo hasta el centro del perno, la resultante de ambas fuerzas se obtiene por adición. Esto significa que la fuerza de corte para el perno es de:

$$F_c = 19,62 N + 34,335 N = 53,955 N$$

Finalmente, se puede aplicar la ecuación del esfuerzo cortante para obtener el área mínima que debería tener el perno en cuestión. Ya que se considera anteriormente un factor alto de seguridad para la cuchilla, en este elemento se aplica un factor de seguridad similar. Así, se puede analizar y despejar:

$$\tau_{max} = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Luego, para  $\tau_{max} = 20,6 MPa$ :

$$A = \frac{F}{\tau_{max}}$$

Se aplica la información recolectada y se resuelve:

$$A = \frac{53,955 N}{20,6 \times \frac{N}{m^2}} = 2,473543 \times 10^{-6} m^2$$

$$A = 3833,999 \times 10^{-6} pulg^2 = 0,003834 pulg^2$$

Se puede despegar la ecuación de área para sectores circulares, de tal modo que a partir de la información obtenida, se puede llegar a una conclusión. De este modo, se tiene:

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

Nota: Obtenido de Diseño de elementos de máquinas [20]

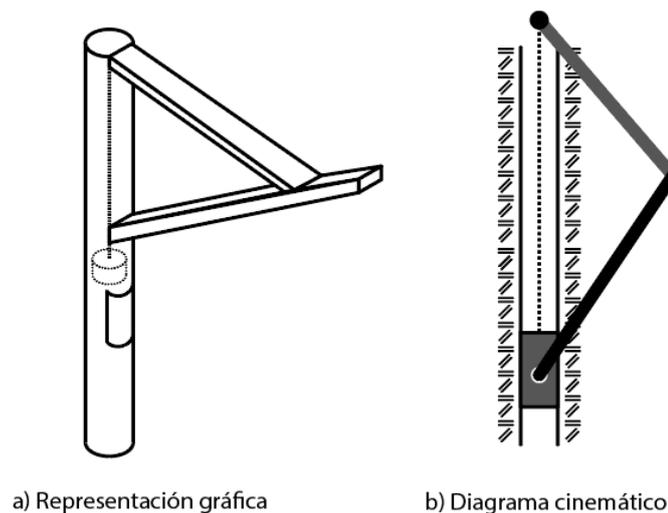
Finalmente, se resuelve:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3833,999 \times 10^{-6} \text{ pulg}^2}{\pi}} = 0,0699 \text{ in}$$

Ya que el diámetro mínimo esperado es pequeño, se puede decir que es suficiente con el uso de un perno de 1/8 de pulgada; aunque en el caso de no encontrar este elemento, también es posible utilizar pernos de ¼ de pulgada. En cualquier caso, ya que el diseño supone una superficie plana para permitir que los cortes de plátano continúen su camino, se recomienda hacer uso de pernos avellanados. Esto condicionará finalmente el agujero de instalación de las cuchillas; sin embargo, todavía pueden ser reemplazados por pernos de cabeza hexagonal.

### 5.2.1.3. Diseño del sistema de avance

El diseño del sistema de avance depende de tres elementos similares, encargados de adelantar la posición del fruto hasta entrar en contacto con las cuchillas. Así, adelantando al fruto en cada corte, se consigue una producción continua de las lonjas de plátano. Para obtener un sistema compacto, y sencillo, el cliente pidió que este proceso, el de alimentación y el de avance; sean realizados de manera manual por parte de un operador. Esto quiere decir que estos componentes no se encontrarán anclados a ningún sistema de transmisión de la máquina.



*Figura 9. Diagrama del sistema de avance*

El diseño está orientado para un sistema de avance por gravedad, que permite acelerar el proceso de alimentación de la máquina de acuerdo con la velocidad deseada, a partir de un modelo biela-manivela. El usuario de la máquina puede utilizar el sistema de una herramienta

de avance para acelerar este proceso. En este caso, se observa una alimentación sin ángulo de inclinación, lo que permite aprovechar la masa de cada uno de los plátanos para alimentar a la máquina, gracias a un punto de alimentación más ancho, y con un mango en pro de la seguridad del usuario.

Para diseñar cada una de estas piezas se propone hacer uso de un eje de movimiento lineal, que recibe el movimiento desde un mango que el operador empuja. Al otro extremo, se encuentra un disco que perfila el fruto en cada giro que realiza la máquina. Se propone hacer uso de acero inoxidable AISI 304 para estos elementos, ya que entrarán en contacto con el fruto y el operador. El diseño se diseña para evitar deformaciones que podrían desorientar el fruto y evitar el corte, mientras que el mango se diseña para soportar el empuje de diseño.

Los cálculos siguientes se ejecutan para una inclinación de carga, aunque es posible usar un ángulo para el cilindro de alimentación, es mejor realizar los cálculos con la totalidad de la carga, a manera de conseguir un diseño eficiencia de la máquina. Entonces, la resistencia del material es:

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n} \quad (8)$$

Nota: Obtenido de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [21]

Donde:

$\sigma_{max}$ : resistencia a la tensión (*MPa*)

$S_y$ : punto de fluencia (*MPa*). Si bien, la norma dicta que se utilice la resistencia a la tensión del elemento, para este cálculo se toma en consideración el punto de fluencia, ya que se desea evitar una deformación permanente en el sistema para evitar que el sistema de avance pueda generar una fuerza de fricción más grande de lo esperado. Se toma un valor de 205,94 *MPa*.

$n$ : factor de seguridad. De igual modo que en los apartados anteriores, se toma un valor igual a 5.

Entonces:

$$\sigma_{max} = \frac{205,94 \text{ MPa}}{5} = 41,188 \text{ MPa}$$

Para la fuerza de compresión en el mango:

$$\sigma_{max} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$F$ : carga de tracción a la que se somete el elemento ( $N$ )

$A$ : área de la sección del elemento ( $m^2$ ). Se propone utilizar un diámetro exterior inicial, de tal modo que se pueda establecer la dimensión del espesor como resultado final. Esto significa despejar la ecuación regular para el área de una sección circular hueca:

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

Se obtiene:

$$A = \frac{F}{\sigma_{max}}$$

Así, se puede determinar el valor del área:

$$A = \frac{39,24 N}{41,188 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} = 9,527 \times 10^{-7} m^2$$

Despejando la ecuación del área para el espesor:

$$t = D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \times A}{\pi}}$$

Se reemplaza para calcular, sugiriendo el uso de un tubo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro exterior:

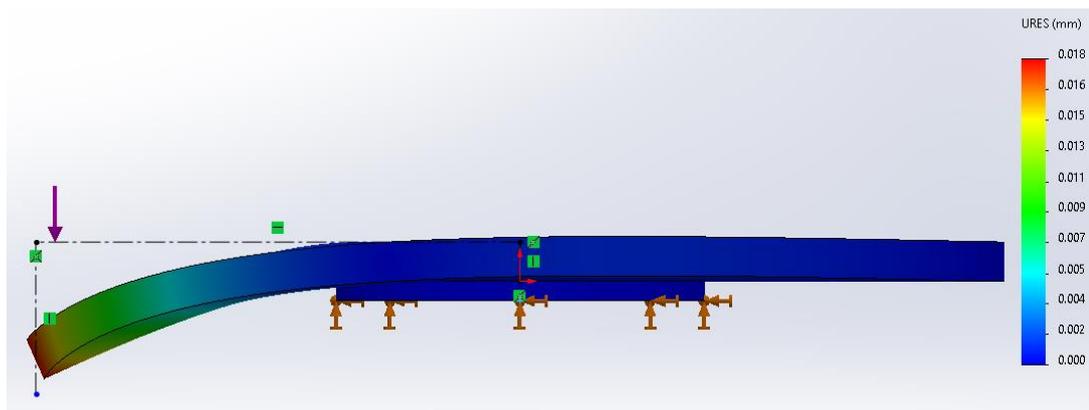
$$t = 0,01905 - \sqrt{0,01905^2 - \frac{4 \times 9,527 \times 10^{-7} m^2}{\pi}}$$

Esto es igual a:

$$t = 3,186 \times 10^{-5} m$$

Este espesor es bastante pequeño, lo que supondría una deformación debido al mismo peso del mango y del disco en el extremo de este. Por esto, se dispone utilizar un calibre normalizado para el tubo. En este caso, los tubos calibre 40 encajarían perfectamente. También es posible utilizar tubos de menor calibre; sin embargo, estos suelen ser más difíciles de adquirir en acero inoxidable AISI 304, por lo que se recomienda hacer uso de estos últimos. Para el presente cálculo no se tomaron en cuenta la existencia de costuras en los tubos.

El mango soporta una fuerza de compresión, por lo que establece el cálculo de diseño para esto. Ya que la carga será pequeña, se propone hacer uso de un tubo hueco en lugar de un perfil macizo. Así, se tiene que determinar el espesor mínimo que requiere el tubo. Para mantener la dirección de estos componentes, se utilizarán cojinetes, y debido a la baja fricción, es posible construir estos cojinetes de acero inoxidable AISI 304 uniéndolos al bastidor. Al otro extremo, es posible utilizar un polímetro para conseguir el punto de soporte de la mano del operador.



*Figura 10. Simulación del disco para casos de carga desorientada*

El diseño del disco responde a la capacidad de su material para soportar la carga estática que representa su propia geometría. Para validar los datos y considerar que la carga se encuentra en un extremo del disco, se tomó como referencia la simulación de carga en uno de los bordes del disco. Si bien, esto es imposible en la vida real, debido a la disposición de los componentes; evaluar esta referencia permite analizar el disco en una situación extrema donde las deformaciones y tensión alcanzan el valor virtual máximo.

Se puede ver que la deformación máxima es de 0,018 milímetros; excediendo al borde descrito que se tenía inicialmente. Esto supone que, si la máquina estuviera a punto de obstruirse, un disco de 2 milímetros de espesor generaría una deformación mínima que no entraría en contacto con la pared del canal de alimentación. Por lo que se puede concluir con el

diseño de esta sección postulando las dimensiones del disco de empuje; que se construye en acero inoxidable AISI 304 con 50 milímetros de diámetro y 2 milímetros de espesor.

## **5.2.2. Diseño del sistema de transmisión de potencia**

### **5.2.2.1. Cálculo de potencia**

La potencia de la máquina parte de la fuerza necesaria para conseguir realizar un corte, aunque en este caso; son tres. Se considera que, para el corte de mayor tamaño requiere 4 kgf para obtener cortes circulares, mientras que se quieren 3,8 kgf para los cortes alargados. La máquina dispone de tres boquillas de alimentación, dispuestas a los lados, derecho e izquierdo, del eje, y uno en la parte superior, donde se realizan los cortes más largos. Además, al utilizar dos cuchillas, cada revolución de la máquina cumple con dos ciclos de trabajo.

Así, se puede estimar la carga de cada cuchilla por revolución:

$$F = 2 \times F_i$$

Donde:

$F_i$ : fuerza de corte por revolución. Ya que cada cuchilla cumple con un corte sobre el par de boquillas circulares o la boquilla cuadrada; se puede obtener esta fuerza a partir de la suma de las cargas para cada corte  $F_i = 4 \text{ kgf} + 4 \text{ kgf} = 8 \text{ kg}$  (que representa la carga mayor, en el otro caso, se alimenta solamente usando la carga de 3,8 kgf).

Entonces:

$$F = 2 \times 8 \text{ kg} = 16 \text{ kg}$$

El torque se obtiene a partir del radio, considerando que la cuchilla se ubica a 28 centímetros en el punto más lejano, se puede obtener el torque del sistema aplicando la ecuación:

$$T = F \times d \tag{8}$$

Esto es:

$$T = 156,96 \text{ N} \times 0,28 \text{ m} = 43,9488 \text{ N} - \text{m}$$

Finalmente, la ecuación de potencia para el torque de un sistema se representa por medio de:

$$P = T \times \omega \quad (9)$$

Nota: Obtenido de Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos [5]

Donde:

$P$ : potencia ( $W$ )

$T$ : torque requerido por el sistema ( $N - m$ ). Calculado anteriormente, por lo que se toma en cuenta:  $43,9488 N - m$

$\omega$ : Velocidad angular ( $\frac{rad}{s}$ ). Para máquinas de este tipo, rebanadoras de frutos, que dependen del nivel de producción, la velocidad puede regularse para obtener mayores o menores márgenes de producción. Para la máquina que se diseña en este proyecto, se considera trabajar con una velocidad de 300 rpm. Convirtiendo esto equivale a:

$$300 \frac{rev}{min} \times \frac{1 min}{60 s} \times \frac{2\pi rad}{1 rev} = 31,416 \frac{rad}{s}$$

Se calcula utilizando los datos:

$$P = 43,9488 N - m \times 31,416 \frac{rad}{s} = 1380,696 W$$

$$P = 1380,696 W = 1,85 HP$$

Se estudia el caso del disco portacuchillas, ya que este elemento se comporta como un volante de inercia. Así, es posible determinar la potencia que este elemento requiere para moverse cada vez que el sistema disminuye su velocidad debido a los cortes ejecutados. Se dispone de un disco de 15 milímetros de espesor, que servirá para ubicar las cuchillas, asegurándolas por medio de dos pernos. Para este cálculo no se toma el valor de los pernos, ni de las cuchillas, ya que al ser del mismo material, solo se evalúa el disco.

Se calcula la energía cinética rotacional ( $E_c$ ) del disco por medio de:

$$E_c = \frac{1}{2} \times I \times \omega^2 \quad (10)$$

Nota: Obtenido de Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos [5]

Donde:

$I$ : momento de inercia con respecto al eje de rotación ( $kg - m^2$ ). Este dato depende del diámetro del disco, y se calcula a partir de:  $I = \frac{1}{2} \times m \times r^2$ . Donde, la masa ( $m$ ) y el radio ( $r$ ) del sólido intervienen. La masa se obtiene del volumen de la pieza y su densidad, siendo el acero AISI 304 el material, la masa equivale a 8,323 kg. Mientras que el radio es 0,15 metros.

$\omega$ : velocidad angular ( $\frac{rad}{s}$ ). Se utiliza la misma velocidad determinada en el apartado anterior, lo que significa:  $31,416 \frac{rad}{s}$

Finalmente, se calcula:

$$E_c = \frac{1}{2} \times \left[ \frac{1}{2} \times 8,323 \text{ kg} \times (0,15 \text{ m})^2 \right] \times \left( 31,416 \frac{rad}{s} \right)^2$$

$$E_c = 46,207 \text{ J}$$

Dado que esta energía se dispone a lo largo de la velocidad dada, que toma un minuto; se puede obtener la potencia al utilizar este dato como referencia. Dado que la potencia se representa mediante:

$$P = \frac{E_c}{t} \quad (11)$$

Así, se resuelve:

$$P = \frac{46,207 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 0,77 \text{ W}$$

Este valor no resulta ser representativo; sin embargo, es importante tomarlo en cuenta para evitar fluctuaciones en la selección del motor. Entonces, la potencia de diseño para seleccionar un motor es igual a:

$$P = 1380,696 \text{ W} + 0,77 \text{ W} = 1381,466 \text{ W}$$
$$P = 1,85 \text{ HP}$$

Para determinar la potencia final, es recomendable considerar una eficiencia ( $\eta$ ) del sistema; que, siendo conservadores, se estima en un 0,8. Así, se puede determinar la potencia para seleccionar el motor de un catálogo:

$$P_f = \frac{P}{\eta} \quad (12)$$

Nota: Obtenido de Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos [5]

Entonces:

$$P_f = \frac{1,85 \text{ HP}}{0,8} = 2,31 \text{ HP}$$

Habiendo calculado la potencia de diseño, se escoge el catálogo WEG (2021) de motores monofásicos para seleccionar un motor WEG W22 con carcasa 100L de IV polos que posee una velocidad angular de 1450 rpm. Este elemento se podrá montar en la máquina para ofrecer la potencia necesaria para el trabajo de los componentes diseñados en el apartado inicial. Por ello, se puede concluir la selección de componentes de este apartado, considerando que los siguientes cálculos tomarán en consideración los datos de este motor.

#### **5.2.2.2. Selección de componentes de la transmisión**

Es común utilizar un sistema o un par de elementos que sirvan para la transmisión de potencia, consiguiendo al mismo tiempo, reducir la velocidad. La máquina, en este caso, requiere de una velocidad angular de 300 rpm; por lo se espera reducir la velocidad del motor. Para ello, es posible el uso de cadenas, fajas o engranajes; cada uno ofreciendo ciertos beneficios al instalarse. Para el diseño de la máquina en cuestión, se ha decidido hacer uso de fajas y poleas, ya que su uso es permisible bajo las condiciones del proyecto.

A continuación, se hace uso del catálogo de fajas en V de Optibelt para la selección de los componentes. A partir de dicho manual se tiene la potencia de diseño ( $P_B$ ):

$$P_B = P \times c_2 \quad (13)$$

Nota: Obtenido de Catálogo de fajas en V de Optibelt. Los subsecuentes cálculos se desarrollan con la misma fuente.

Donde:

$P$ : potencia seleccionada ( $kW$ ). Se selecciona la potencia por transmitir, que proviene del motor seleccionado. Para este caso, es un motor de 2,24 kW.

$c_2$ : factor de carga. Seleccionado del catálogo en cuestión, dependiendo del tipo de carga al que se encuentra sujeta la máquina. Para máquinas con tiempos de funcionamiento diario de hasta 10 horas y una transmisión ligera; se tiene un factor de 1,1.

Se aplican los datos:

$$P_B = 2,24 \times 1,1 = 2,464 \text{ kW}$$

La velocidad de la polea menor sería de 1450 rpm, con lo cual se puede seleccionar el tipo de faja en V. El catálogo ofrece una gráfica de selección (ver anexos); por lo que el elemento de transmisión será una faja trapecial clásica Z/10. En consideración a las rpm, se puede determinar la relación que existe entre las velocidades angulares, por ende, entre las poleas seleccionadas de catálogo.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (14)$$

Donde:

$i$ : relación de transmisión

$n_2$ : velocidad angular de la polea mayor ( $rpm$ ). La polea mayor posee una velocidad angular de 300 rpm.

$n_1$ : velocidad angular de la polea menor ( $rpm$ ). La polea menor posee una velocidad angular de 1450 rpm.

$d_2$ : diámetro primitivo de la polea mayor ( $mm$ )

$d_1$ ; diámetro primitivo de la polea menor ( $mm$ )

Entonces, la relación esperada es:

$$i = \frac{1450}{300} = 4,83$$

Se selecciona un par de poleas, una de 80 milímetros, y otra de 355 milímetros, que consiguieren que la relación final sea de:

$$i = \frac{355}{80} = 4,4375 \rightarrow n_2 = 326,76 \text{ rpm}$$

Se calcula la distancia entre ejes ( $a$ ), que está dada por recomendación del fabricante, con un límite dado por las ecuaciones:

$$\begin{aligned} a &> 0,7 \times (d_2 + d_1) \\ a &> 2 \times (d_2 + d_1) \end{aligned} \quad (15)$$

Entonces:

$$a > 0,7 \times (355 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) \rightarrow a > 340,5 \text{ mm}$$

$$a > 2 \times (355 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) \rightarrow a < 870 \text{ mm}$$

Ya que el motor se instala en la parte inferior de la estructura de la máquina, se propone aprovechar el espacio para que sirva de asiento para el bastidor de la máquina y los canales de alimentación. Por ello, la distancia entre centros se incrementa, sirviendo para poder cubrir al asiento del motor por medio de un bastidor de seguridad; protegiendo finalmente al operador. Así, se toma como referencia 700 milímetros.

El desarrollo de referencia de la correa ( $L_{ath}$ ) se calcula por medio de la distancia entre centros provisional que fue seleccionada anteriormente. Se utiliza la fórmula:

$$L_{ath} = 2 \times a + 1,57 \times (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 + d_1)^2}{4 \times a} \quad (16)$$

Aplicando la información que se tiene:

$$L_{dth} = 2 \times 700 \text{ mm} + 1,57 \times (355 \text{ mm} + 80 \text{ mm}) + \frac{(355 \text{ mm} + 80 \text{ mm})^2}{4 \times 700 \text{ mm}}$$

$$L_{dth} = 2109,95 \text{ mm}$$

Del mismo catálogo, se selecciona la correa más próxima al desarrollo calculado. Por lo que se toma en consideración hacer uso de una faja con desarrollo de referencia de correa real ( $L_{dst}$ ) de 2142 milímetros de código Z 83½. Luego, se debe determinar la distancia real entre centros con la nueva información. Para ello, se aplica:

$$a_r = a + \frac{L_{dst} - L_{dth}}{2} \quad (17)$$

Así, se obtiene:

$$a_r = 700 \text{ mm} + \frac{2142 - 2109,95 \text{ mm}}{2} = 716,025 \text{ mm}$$

También es posible determinar los ángulos de contacto para cada una de las poleas, para esto se pueden aplicar dos fórmulas similares que permiten determinar este valor. Estas son:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 180^\circ - 2 \times \text{sen}^{-1} \left[ \frac{d_2 - d_1}{2 \times a_r} \right] \\ \theta_2 &= 180^\circ + 2 \times \text{sen}^{-1} \left[ \frac{d_2 - d_1}{2 \times a_r} \right] \end{aligned} \quad (18)$$

Donde:

$\theta_1$ : ángulo de contacto de la polea menor ( $^\circ$ )

$\theta_2$ : ángulo de contacto de la polea mayor ( $^\circ$ )

Se calcula con los datos que se tiene hasta ahora:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \times \text{sen}^{-1} \left[ \frac{355 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{2 \times 716,025 \text{ mm}} \right] = 157,86^\circ$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \times \text{sen}^{-1} \left[ \frac{355 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{2 \times 716,025 \text{ mm}} \right] = 202,14^\circ$$

Se comprueba que los elementos no vayan a fallar debido a su dinámica al momento de entrar en funcionamiento. Por lo que se calcula la velocidad lineal de la faja ( $v$ ), la cual debe encontrarse por debajo de  $55 \frac{m}{s}$ . Para ello se aplica:

$$v = \frac{d_1 \times n_1}{19100} \quad (19)$$

Esto es:

$$v = \frac{80 \times 1450}{19100} = 6,07 \frac{m}{s} \text{ (correcto)}$$

A su vez, se determina la frecuencia de flexión de la correa ( $f_b$ ); la cual debe encontrarse por debajo de una  $100 \text{ s}^{-1}$ . Se aplica la fórmula:

$$f_b = \frac{2 \times 1000 \times v}{L_{dst}} \quad (19)$$

Calculando:

$$f_b = \frac{2 \times 1000 \times 6,07 \frac{m}{s}}{716,025 \text{ mm}} = 16,94 \text{ s}^{-1}$$

Luego de haber comprobado que la faja no fallará en la transmisión, es necesario determinar la cantidad de fajas requeridas para la máquina. Esto se logra a partir de una ecuación donde intervienen ciertos factores adicionales:

$$z = \frac{P \times c_2}{P_N \times c_1 \times c_3} \quad (20)$$

Donde:

$P$ : potencia a transmitir ( $kW$ ). Determinada al inicio del cálculo de este apartado, seleccionado de la potencia del motor. Equivale a:  $2,24 \text{ kW}$ .

$c_2$ : factor de carga. Seleccionado al inicio del cálculo de este apartado, seleccionado de un diagrama del fabricante. Equivale a 1,1.

$P_N$ : potencia nominal transferible por correa trapezoidal ( $kW$ ). Esto se obtiene del catálogo, que depende del diámetro primitivo de la polea pequeña, la relación de transmisión y la velocidad angular de la polea pequeña. Para la selección de componentes del sistema, se transmite  $1,02 kW + 0,08 kW = 1,1 kW$  por correa (el valor adicional surge del incremento por relación de transmisión).

$c_1$ : factor de ángulo de contacto. Seleccionado a partir del ángulo de contacto de la polea pequeña; que en este caso es  $157,86^\circ$ . El catálogo indica que el valor de este factor es igual a 0,99.

$c_3$ : factor de desarrollo de correa. Seleccionado a partir de desarrollo de referencia de la correa considerando el tipo de faja seleccionada. Ya que la faja seleccionada es Z/10 de número Z  $83\frac{1}{2}$ ; el valor de este factor es igual a 1,202. (Valor obtenido a partir de una extrapolación de los datos consignados en el catálogo para fajas de perfil Z/10).

Entonces, se obtendría:

$$z = \frac{2,24 kW \times 1,1}{1,1 kW \times 0,99 \times 1,202} = 1,88 fajas \cong 2 fajas$$

Con esto se puede concluir que haremos uso de dos poleas con diámetros primitivos de 80 milímetros y 355 milímetros. Estas poleas transmitirán la potencia de un motor por medio de una faja de sección Z/10 con número Z  $83\frac{1}{2}$ . Para la instalación de la máquina, se considera la distancia entre centros. Se propone hacer uso de una orientación donde los ejes del motor y del eje de corte se encuentren sobre el mismo plano lateral. Esto permitirá ahorrar espacio en la máquina aprovechando la capacidad de volumen inferior y superior del bastidor.

### 5.2.2.3. Diseño del eje

Un eje funciona como un asiento para los elementos rotativos de una máquina, en ella, se aseguran dichos elementos, permitiendo que el movimiento de rotación se ejecute de manera ordenada. En este caso, el eje a diseñar permite el ensamblaje de dos rodamientos, los cuales sirven de soporte para el eje; así como, de una polea y un disco portacuchillas. Las cargas que soporta el eje corresponden a las cargas que la polea y el disco portaherramienta genera sobre el eje. Estas cargas estáticas y dinámicas se utilizan para el cálculo.



$n$ : velocidad angular (*rpm*). Seleccionado a partir de la velocidad angular con la que se mueve el eje estudiado. Así, este valor supone 326,76 rpm.

Se resuelve:

$$T = 63000 \times \frac{3}{326,76} = 578,41 \text{ lb} - \text{pulg}$$

Con el torque calculado ( $T$ ) se puede determinar la carga de transmisión que ofrece la polea contra el eje. Para ello se aplica:

$$F_{Dy} = 1,5 \times \frac{T}{\frac{D}{2}}$$

Para la polea de 355 milímetros (13,9764 in) que se monta sobre el eje, esta fuerza representa:

$$F_{Dy} = 1,5 \times \frac{578,41 \text{ lb} - \text{in}}{\frac{13,9764 \text{ in}}{2}} = 12377 \text{ lb}$$

Estos valores se pueden incluir en un gráfico de distribución de fuerzas, que permitirán conocer los esfuerzos cortantes y momentos flexionantes a los que el eje se encuentra sometido. Finalmente, resta calcular el diámetro para cada uno de los cinco escalonamientos descritos en dicho diagrama (ver anexo). Para ello, se puede definir una ecuación que aplica el momento flexionante y par torsor para estimar un diámetro a partir de las resistencias del material. También es posible determinar el diámetro de un eje cuando solo existen esfuerzos cortantes. Estas ecuaciones son:

Cuando existe momentos flexionantes y par torsor:

$$D = \left[ \frac{32 \times N}{\pi} \times \sqrt{\left( \frac{K_t \times M}{s'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{s_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} T = 63000 \times \frac{P}{n} \quad (2)$$

Nota: Obtenido de Diseño de elementos de máquinas [20]

Cuando existe solamente esfuerzo cortante sobre el eje:

$$D = \sqrt{\frac{2,94 \times K_t \times V \times N}{s'_n}} \quad (23)$$

Nota: Obtenido de Diseño de elementos de máquinas [20]

Donde:

$N$ : factor de seguridad. Seleccionado por el diseñador, se propone un valor de 2 para el presente proyecto, permitiendo obtener datos conservadores para la construcción del eje.

$K_t$ : factor de concentración de esfuerzos. Obtenido de la geometría del eje sobre el punto evaluado.

$M$ : momento flector resultante ( $lb - in$ ). Obtenido de los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

$T$ : par torsor ( $lb - in$ ). Obtenido anteriormente en este apartado, se calcula que este valor es  $578,41 lb - in$ .

$s_y$ : punto de fluencia ( $psi$ ). Obtenido de catálogos de material, para este caso se utiliza acero inoxidable AISI 304.

$s'_n$ : resistencia a la fatiga modificada ( $psi$ ). Obtenido de catálogos de material, para este caso se utiliza acero inoxidable AISI 304. Sin embargo, la resistencia a la fatiga modificada depende de una ecuación. Esta es:

$$s'_n = s_n \times k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \quad (24)$$

Nota: Obtenido de Diseño de elementos de máquinas [20]

Donde:

$s'_n$ : resistencia a la fatiga modificada ( $psi$ )

$s_n$ : resistencia a la fatiga (*psi*). Seleccionado a partir de la información que poseen los catálogos de materiales. En el caso del material seleccionado, es decir, el acero AISI 304; este valor es igual a 41 700 *psi*.

$k_a$ : factor de corrección por la condición superficial. Seleccionado a partir de una ecuación, cuya elección de variables depende del tipo de acabado superficial que recibe el material. Dentro de la ecuación de la que resulta este factor, influye también, la resistencia a la tensión. Para el acero inoxidable AISI 304, con una resistencia última a la tensión de 90 *kips*; y un acabado superficial de maquinado; se tiene que este factor toma el valor de 0,819.

$k_b$ : factor de corrección por el tamaño. Seleccionado a partir de una ecuación, donde, dicha ecuación depende del valor esperado final para el dimensionamiento del diámetro en el eje. Ya que para el presente diseño se esperan valores máximos de dos pulgadas, el valor de este factor equivale a 0,816.

$k_c$ : factor de corrección por la carga. Seleccionado a partir del tipo de carga referencial bajo que se diseña el eje. Ya que el diseño del eje parte de la premisa principal, que es, resistir una carga flexionante cíclica, se toma como factor un valor igual a 1.

$k_d$ : factor de corrección por la temperatura. Seleccionado a partir de la temperatura esperada de trabajo, considerando una ecuación para dicho cálculo. Aunque también es posible seleccionarse de tablas, con el valor de la temperatura esperada ya determinada. En cualquier caso, para este proyecto, se espera que la temperatura de trabajo pueda llegar hasta 100°; por lo que este factor posee un valor de 1,02.

$k_e$ : factor de corrección por la confiabilidad. Seleccionado a partir de tablas de variación de transformación con base en la estadística de los elementos que han fallado para un nivel de confiabilidad. Esto quiere decir que la selección de este factor depende del nivel de confiabilidad esperado para la pieza. Considerando un valor de 95 %; este factor equivale a 0,868.

$k_f$ : factor de corrección por efectos variados. Seleccionado debido a la influencia de factores adicionales no considerados que podrían reducir la resistencia a la fatiga del material. Es recomendable hacer uso de un valor igual a 0,85 para cálculos ligeramente conservadores.

Finalmente, se calcula el valor de resistencia a la fatiga del material que será tomando en cuenta en el dimensionamiento del eje:

$$s'_n = 41\,700 \text{ psi} \times 0,819 \times 0,816 \times 1 \times 1,02 \times 0,868 \times 0,85$$

$$s'_n = 20972,44 \text{ psi}$$

Habiendo calculado los valores que intervienen en las ecuaciones de dimensionamiento, solo resta aplicar dicha información en las ecuaciones. Como se observa, hay algunas variables que dependen de la geometría del elemento, por lo que han de describir estos puntos. Con respecto a los demás valores, estos toman en consideración la sección que se pretende evaluar, por lo que, a pesar de tener cinco escalonamientos, solo se evalúan cuatro puntos.

Para el diámetro 1, se toma en cuenta el punto A; evaluando el punto hacia la izquierda se encuentra un cuñero; sin embargo, es posible evaluar el lado derecho, ya que podría representar un factor de esfuerzos mayor. Además, en este punto se observa que existe un valor de momento flector igual a cero en ambos planos, por lo que se puede estudiar su dimensionamiento solo considerando el par torsor, o el esfuerzo cortante. Entonces, para dimensionar este diámetro:

$$D_1 = \left[ \frac{32 \times 2}{\pi} \times \sqrt{\frac{3}{4} \left( \frac{578,41 \text{ lb} \cdot \text{in}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,669 \text{ in}$$

$$D_1 = 16,993 \text{ mm}$$

En el caso de evaluar el diámetro uno con respecto al esfuerzo cortante:

$$D_1 = \sqrt{\frac{2,94 \times 2,5 \times 20,171 \text{ lb} \times 2}{20972,44 \text{ psi}}} = 0,119 \text{ in}$$

$$D_1 = 3,02 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se toma en consideración el valor mayor obtenido:

$$D_1 > 16,993 \text{ mm}$$

Para el diámetro 2, donde se sienta el rodamiento de la izquierda, se puede evaluar de manera similar al diámetro anterior. Al lado izquierdo posee una superficie lisa del eje, mientras que, hacia el lado derecho, se encuentra un escalonamiento, que representa un factor considerable de concentración de esfuerzos. Ya que en este punto existe un momento flector y torsor, se aprovecha de estos datos para dimensionar el eje. Por lo que se aplica:

$$D_2 = \left[ \frac{32 \times 2}{\pi} \times \sqrt{\left( \frac{2,5 \times 39,71 \text{ lb} - \text{in}}{20972,44 \text{ psi}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{578,41 \text{ in} - \text{lb}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_2 = 0,68 \text{ in} = 17,275 \text{ mm}$$

Se espera, entonces que el diámetro 2, sea mayor que este valor.

Con respecto al diámetro 3, este valor se encuentra delimitado por los diámetros con los que colinda. Lo que quiere decir, que este diámetro debe ser mayor que aquellos con los que posee una frontera. Lo que se puede expresar mediante:

$$D_3 > D_2 \wedge D_3 > D_4$$

Para el diámetro 4, se aplica la misma estrategia. Hacia el lado izquierdo del punto C se encuentra un chaflán, que representa el factor de concentración de esfuerzos. Por otro lado, hacia el lado derecho, existe una superficie lisa. Con respecto a las cargas a las que está sujeto, existe tanto un momento flector como un par torsor. Por lo que su cálculo se expresa mediante:

$$D_4 = \left[ \frac{32 \times 2}{\pi} \times \sqrt{\left( \frac{2,5 \times 550,64 \text{ lb} - \text{in}}{20972,44 \text{ psi}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{578,41 \text{ lb} - \text{in}}{34\,080 \text{ psi}} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_4 = 1,111 \text{ in} = 28,212 \text{ mm}$$

Por último, con respecto al diámetro 5, este se puede evaluar considerando los puntos izquierdo y derecho; aunque el tramo izquierdo representa el valor mayor del factor de concentración de esfuerzos. Por esto, se analiza los esfuerzos a los que se encuentra sujeto. El momento flector es nulo en este punto, por lo que se toma en cuenta el par torsor; sin embargo, el resultado sería el mismo calculado para el diámetro 1. Por ello, se determina utilizar la ecuación que dimensiona el diámetro a partir del esfuerzo cortante. Por lo que se obtiene:

$$D_5 = \sqrt{\frac{2,94 \times 2.5 \times 20,171 \text{ lb} \times 2}{20972,44 \text{ psi}}} = 0,313 \text{ in}$$

$$D_5 = 7,953 \text{ mm}$$

Finalmente, se pueden definir los valores para los escalonamientos del diseño del eje. Que serán planteados a partir del diámetro 4, puesto que es el diámetro que supone la selección de los chaflanes de redondeo en cada escalonamiento del eje. Además, se determina utilizar escalonamientos que permitan aprovechar el factor de concentración de esfuerzos con el que se realiza el cálculo; que, oportunamente, permite a su vez, ahorrar material en el maquinado. Se observan los diámetros para cada uno de los escalonamientos.

$$\text{Asiento del disco porta cuchillas} \rightarrow D_1 = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Asiento del rodamiento del punto B} \rightarrow D_2 = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Espaciador entre los rodamientos} \rightarrow D_3 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Asiento del rodamiento del punto C} \rightarrow D_4 = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Asiento de la polea de transmisión} \rightarrow D_5 = 20 \text{ mm}$$

#### 5.2.2.4. Selección de rodamientos

Para la selección de rodamientos se toma en consideración las cargas de esfuerzo cortante que inciden sobre cada uno de los rodamientos que puedan instalarse en los puntos previamente descritos. Para considerar un rodamiento adecuado, se toma en cuenta el material de los elementos e incluso la existencia de un sello. Para esto, se toma el catálogo SKF para rodamientos de grado alimenticio. Se comprueba que los rodamientos tengan, por lo menos un tiempo de vida de 20 000 horas al ser ensamblados en la máquina.

Para el punto B, se propone utilizar el rodamiento SKF 6005-2RSH/VA947; para un eje de 25 milímetros de diámetro, se calcula el factor de velocidad ( $f_n$ ); donde depende la velocidad angular en el eje:

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33,3}{327,76}} = 0,4666$$

Nota: Obtenido del catálogo de rodamientos SKF. Los cálculos subsecuentes para la selección de rodamientos se efectúan con la misma fuente.

Se procede calculando el factor de vida ( $f_h$ ); que se calcula a partir de la carga que se recarga sobre el punto por calcular; también se utiliza la carga dinámica del rodamiento y el factor de velocidad:

$$f_h = 0,4666 \times \frac{11900 N}{150,034 N} = 37,009$$

Se determina, finalmente, el tiempo de vida que posee el rodamiento con respecto al factor de vida previamente analizado. De este modo se puede obtener:

$$L_{10h} = 500 \times (37,009)^3 = 25,3 \times 10^6 \text{ horas}$$

Para el punto C, se realiza un proceso similar para comprobar que el rodamiento SKF 6206-2RSH/VA947 que se sienta sobre el eje de 30 milímetros. Se obtiene un valor para el factor de velocidad ( $f_n$ ):

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33,3}{327,76}} = 0,4666$$

Luego, se determina el resultado para el factor de vida ( $f_h$ ):

$$f_h = 0,4666 \times \frac{20300 N}{622,181 N} = 15,224$$

Finalmente, se calcula el tiempo de vida del rodamiento:

$$L_{10h} = 500 \times (15,224)^3 = 1,76 \times 10^6 \text{ horas}$$

Se comprueba que los rodamientos más pequeños para cada uno de los diámetros evaluados poseen tiempos de vida bastante altos. Por esto, cualquier rodamiento con el mismo tamaño en el diámetro del agujero podrá encajar con las condiciones de trabajo descritas. Con lo que se puede finalizar, que se utilizarán dos rodamientos, de grado alimenticio, para los puntos B, donde se hace uso de un rodamiento de código SKF 6005-2RSH/VA947; y el punto C; un rodamiento de código SKF 6206-2RSH/VA947.

### 5.2.3. Diseño del sistema estructural

#### 5.2.3.1. Selección de componentes del sistema estructural

Los elementos de un sistema estructural son escogidos para cumplir un solo objetivo, que es brindar de rigidez a la máquina para evitar que vibraciones y deformaciones indeseadas surjan. En la estructura que se diseña para la máquina existe una zona superior, revestida principalmente por un bastidor que forma los soportes para el eje. Se puede decir que la zona superior, donde se encuentra la zona de alimentación, se construye por medio de planchas de acero inoxidable, formando las zonas necesarias para ello.

Entonces, se diseña a partir de los cálculos necesarios el soporte estructural inferior de la máquina, donde se sientan el bastidor superior, el motor y los parantes para el bastidor de seguridad. Cabe señalar que el diseño se plantea desde una perspectiva de límite de deformación evitando que un desalineamiento pronunciado incremente el desgaste del equipo. Para este proyecto se analiza el punto de máxima deformación, aunque se podría reconocer que el punto de mayor importancia es el punto donde se sienta el motor, ya que sobre él se ubica el eje.

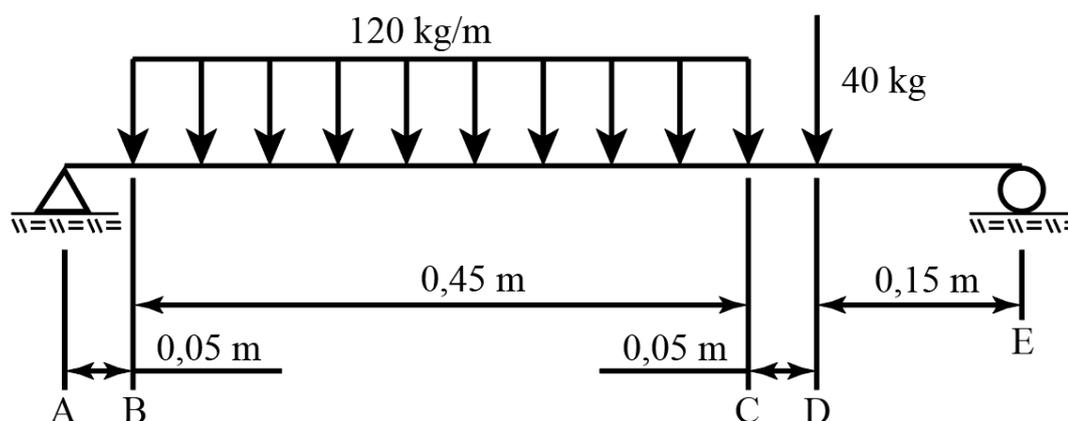


Figura 12. Distribución de cargas sobre la viga estructural

Las cargas mostradas en el gráfico representan las fuerzas que genera tanto el bastidor superior como el motor; que son las principales cargas bajo las que se diseña la máquina. Entonces, se pueden determinar las reacciones para los puntos de soporte del gráfico mostrado:

$$R_A = 41,36 \text{ kg} \quad \wedge \quad R_E = 52,64 \text{ kg}$$

Al plantear el uso del límite de deformación es necesario determinar el punto donde la máxima deformación se presenta. Para ello, es posible aplicar el método de doble integración para esto, donde se pueden determinar ecuaciones para cada uno de los tramos que se forman. Así se describe:

Del tramo AB, se definen las ecuaciones:

$$V = 41,36$$

$$M = 41,36(x)$$

$$\theta = \frac{41,36}{2}(x^2) + C_1$$

$$\delta = \frac{41,36}{2 \times 3}(x^3) + C_1(x) + C_2$$

Del tramo BC, se definen las ecuaciones:

$$V = -120(x) + 47,36$$

$$M = -\frac{120}{2}(x^2) + 47,36(x) - 0,15$$

$$\theta = -\frac{120}{2 \times 3}(x^3) + \frac{47,36}{2}(x^2) - 0,15(x) + C_3$$

$$\delta = -\frac{120}{2 \times 3 \times 4}(x^4) + \frac{47,36}{2 \times 3}(x^3) - \frac{0,15}{2}(x^2) + C_3(x) + C_4$$

Del tramo CD, se definen las ecuaciones:

$$V = -12,64$$

$$M = -12,64(x) + 14,85$$

$$\theta = -\frac{12,64}{2}(x^2) + 14,85(x) + C_5$$

$$\delta = -\frac{12,64}{2 \times 3}(x^3) + \frac{14,85}{2}(x^2) + C_5(x) + C_6$$

Del tramo DE, se definen las ecuaciones:

$$V = -52,64$$

$$M = -52,64(x) + 36,85$$

$$\theta = -\frac{52,64}{2}(x^2) + 36,85(x) + C_7$$

$$\delta = -\frac{52,64}{2 \times 3}(x^3) + \frac{36,85}{2}(x^2) + C_7(x) + C_8$$

Al utilizar el método de doble integración, se aprovecha el uso del principio de continuidad para calcular los coeficientes de las ecuaciones calculadas. Así, se pueden calcular estos valores y plasmarlos en las ecuaciones. Para facilitar la visualización de esto, se muestran los resultados directamente:

Del tramo AB, se definen las ecuaciones con los coeficientes:

$$V = 41,36$$

$$M = 41,36(x)$$

$$\theta = \frac{41,36}{2}(x^2) - 2,082$$

$$\delta = \frac{41,36}{2 \times 3}(x^3) - 2,082(x)$$

Del tramo BC, se definen las ecuaciones con los coeficientes:

$$V = -120(x) + 47,36$$

$$M = -\frac{120}{2}(x^2) + 47,36(x) - 0,15$$

$$\theta = -\frac{120}{2 \times 3}(x^3) + \frac{47,36}{2}(x^2) - 0,15(x) - 2,0795$$

$$\delta = -\frac{120}{2 \times 3 \times 4}(x^4) + \frac{47,36}{2 \times 3}(x^3) - \frac{0,15}{2}(x^2) - 2,0795(x) - 0,00003$$

Del tramo CD, se definen las ecuaciones con los coeficientes:

$$V = -12,64$$

$$M = -12,64(x) + 14,85$$

$$\theta = -\frac{12,64}{2}(x^2) + 14,85(x) - 4,5795$$

$$\delta = -\frac{12,64}{2 \times 3}(x^3) + \frac{14,85}{2}(x^2) - 4,5795(x) + 0,3125$$

Del tramo DE, se definen las ecuaciones con los coeficientes:

$$V = -52,64$$

$$M = -52,64(x) + 36,85$$

$$\theta = -\frac{52,64}{2}(x^2) + 36,85(x) - 10,6295$$

$$\delta = -\frac{52,64}{2 \times 3}(x^3) + \frac{36,85}{2}(x^2) - 10,6295(x) + 1,4216$$

Ya que se trabaja con el punto de máxima deflexión, antes de proceder a calcular la dimensión de dicha deformación, se debe determinar el punto longitudinal donde ocurre. Para ello es posible determinar el punto del ángulo 0, o también aplicar un método analítico o numérico para obtener el valor mínimo de la ecuación del tramo donde se encuentra. Para facilitar la comprensión del proyecto, esta distancia fue obtenida a partir del método de Newton-Raphson, dando un resultado de 0,3597 m; desde el punto más alejado a la izquierda del tramo.

Así, se calcula la deformación máxima que incide en el tramo BC, por lo que se utiliza la ecuación respectiva a la deformación:

$$\delta = -\frac{120}{2 \times 3 \times 4}(0,3597^4) + \frac{47,36}{2 \times 3}(0,3597^3) - \frac{0,15}{2}(0,3597^2) - 2,0795(0,3597) - 0,00003$$

$$\delta = -0.47407kg - m^3$$

La deformación máxima permisible para una viga que quiere una precisión moderada para el ensamblaje de sus componentes, bajo la condición de su largo, es decir, una viga de 700 milímetros es:

$$\delta_{max} = 700 \text{ mm} \times \frac{0,0005 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 0,35 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = 3,5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Habiendo reconocido la deformación máxima, es importante seleccionar el material. El cliente requiere que la máquina, en su totalidad, permita utilizarse dentro de una línea de producción, por lo que toda la máquina debe construirse utilizando materiales de grado alimenticio. Se escoge el acero AISI 304 para el presente proyecto. Así, se puede definir una ecuación para despejar el momento de inercia que requiere la sección de la viga:

$$EI\delta_{max} = -0.47407kg - m^3$$

$$I = \frac{-0.47407kg - m^3 \times \frac{9,81 \text{ m}}{s^2}}{193 \times 10^9 \frac{N}{m^2} \times 3,5 \times 10^{-4} \text{ m}} = 3,323 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I = 0,0798 \text{ pulg}^4 = 0,0332 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Luego de determinar el momento de inercia, se puede utilizar un catálogo de perfiles de acero inoxidable AISI 304. Ya que la variedad de los perfiles de acero inoxidable es más limitada, las opciones de selección son menores. Sin embargo, es posible seleccionar una viga de sección 40 mm x 40 mm x 1 mm de espesor, aunque es posible que este espesor dificulte la soldadura de los elementos. Por ello, es recomendable utilizar una viga con la misma sección, pero con un espesor de 2 milímetros.

Se podrá ver en los planos, que la estructura utiliza este tipo de viga, y en ciertos puntos, una viga de sección 40 mm x 20 mm x 2 mm de espesor. Esta viga también posee el momento de inercia mínimo calculado, aunque este elemento se utiliza como un travesaño para unir los lados más cortos de la máquina. Las uniones soldadas requeridas por el sistema requieren

procedimientos y materiales de trabajo acorde con el material seleccionado. Finalmente, las paredes del bastidor utilizan planchas de acero inoxidable AISI 304 de 2 milímetros de espesor.

### 5.2.3.2. Simulación del sistema estructural

Habiendo seleccionado las vigas para la construcción de la estructura, es posible incluirlas en un diseño tridimensional en un programa de computadora que permita observar su comportamiento sobre dicho ambiente. Se pueden utilizar, como pruebas, las fuerzas con las que se seleccionaron, observando que las deformaciones serán diferentes a las retratadas en los cálculos. Esto sucede, ya que el cálculo parte de un modelo en dos dimensiones, además, las vigas fueron sobredimensionadas ligeramente para el momento de inercia seleccionado.

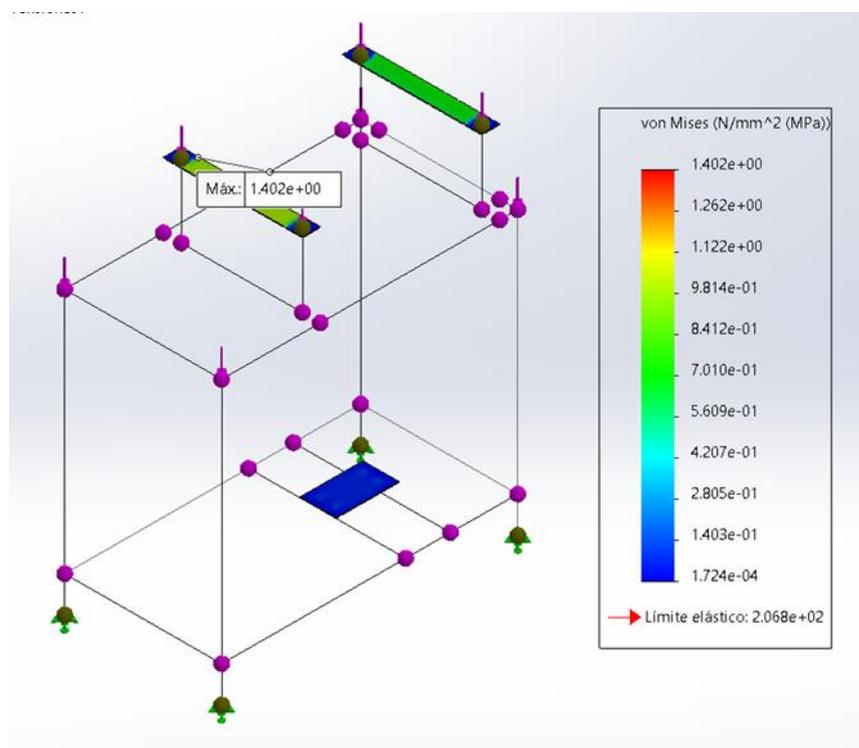
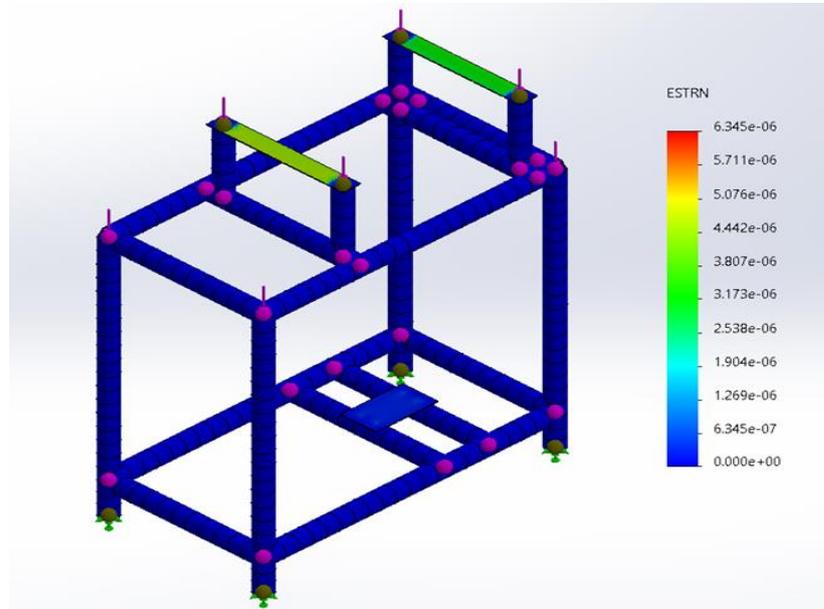


Figura 13. Simulación de cargas (tensiones)

Las tensiones generadas describen la distribución de esfuerzos que soporta el elemento estructural luego de ser ensamblado con respecto a las cargas señaladas en la sección anterior. Por medio de esta observación se puede considerar que deben de reforzarse los puntos donde las tensiones son más altas, como en el caso de XX, siendo esta la tensión más alta. Se puede decir que estas tensiones inciden en los puntos más cercanos a las cargas, haciéndose más débiles mientras se distribuyen a lo largo de los elementos de la estructura.

Si bien esta comprobación asume la forma de una mesa, que posee una forma rectangular tanto en la parte superior como inferior, el motor solamente se encuentra en la parte

inferior. Mientras que los elementos superiores se encargan de soportar el bastidor del sistema de corte y transmisión. Esto puede suponer que este bastidor representa una carga, y es justamente ello, la carga distribuida sugerida en la selección por cálculo matemático. Además, este bastidor, al poseer un espesor similar que el de la estructura, podrá soportar su propio peso.



*Figura 14. Simulación de cargas (deformaciones)*

La deformación de los elementos expresa el comportamiento del proceso de ensamblaje de la máquina, considerando la posibilidad de que ciertos elementos puedan encontrarse desalineados. Es por lo que se limitó la deformación de las piezas, si bien los valores de desalineamiento son relativamente más permisibles al utilizar fajas, estos son más estrictos en el sistema de corte. Gracias a que el bastidor superior también funciona de manera estructural, la deformación formada en esta zona se ve debilitada, permitiendo asegurar el ensamblaje.

Sin embargo, todavía existe una deflexión máxima, la cual se forma debido a las cargas establecidas, para bien del montaje de la máquina, no compromete los elementos montados. A pesar de esto, la misma deformación podría comprometer el eje de la máquina, por lo que se establece el límite de deformación para el valor máximo de simulación, que es  $2.068 \times 10^8$  N/mm<sup>2</sup> milímetros. Como se vio, el bastidor también logrará disminuir esta deflexión por lo que el diseño conservador fue el más adecuado para el presente proyecto.

#### **5.2.4. Presupuesto del proyecto**

El presupuesto del proyecto considera, no solamente los componentes descritos previamente, sino también, la inclusión de otros elementos que aportarán estabilidad, o movimiento. Algunos elementos, por ejemplo, como platinas AISI 304, solo sirven como

elemento de anclaje, cuyo esfuerzo estructural es mínimo, puesto que soportan cargas mínimas. En otro caso, por ejemplo, en el motor se considera el mismo motor seleccionado previamente, por lo que es posible, que de no conseguir un motor similar, ciertas medidas deban variar para permitir que este elemento encaje en el sistema.

**Tabla 5. Presupuesto del proyecto**

Máquina rebanadora de plátanos			Código	-	
A	N.º	Materiales	Cantidad	Costo por unidad	Costo subtotal
	1	Motor eléctrico monofásico 3HP	1	550.00	550.00
	2	Cuchillas AISI 304	2	110.00	220.00
	3	Polea de 80 mm – Al	1	25.00	25.00
	4	Polea de 355 mm – Al	1	75.00	75.00
	5	Perfil 100 x 50 x 3 mm AISI 304	3	120.00	360.00
	6	Perfil 150 x 50 x 3 mm AISI 304	2	100.00	200.00
	7	Perfil 100 x 100 x 3 mm AISI 304	1	135.00	135.00
	8	Perfil tubular 2” x 2 mm	1	30.00	30.00
	9	Eje AISI 304	1	62.00	62.00
	10	Plancha lisa 1000 x 3000 x 1mm AISI 304	1	80.00	80.00
	11	Platina 30 x 2 mm AISI 304	1	11.00	11.00
	12	Cable de acero 5 mm	1	12.00	12.00
	13	Cojinete	2	100.00	200.00
	14	Soldadura E308LSi x 1kg	2	15.00	30.00
	15	Perno M16	1	5.00	5.00
	16	Tuerca M16	1	2.50	2.50
	17	Perno M2 x 100	6	5.00	30.00
	18	Tuerca M12	6	8.00	48.00
	19	Perno M8 x 50	20	2.50	50.00
	20	Perno M10 x 60	8	5.00	40.00
	21	Correa trapezoidal	1	75.00	75.00
		Subtotal por materiales			2240.50
		Imprevistos			112.03
		<b>Subtotal total por materiales</b>			<b>2352.53</b>
B	N.º	Manufactura	Días	Costo por día	Costo subtotal
	1	Trabajadores (dos)	15	70.00	1050.00
	2	Fluido eléctrico	15	10.00	150.00
	3	Costo por taller	15	10.00	150.00
		Subtotal por manufactura			1350.00
		Imprevistos			67.50
		<b>Subtotal por manufactura</b>			<b>1417.50</b>
C	N.º	Instalación	Días	Costo por día	Costo subtotal

	1	Técnico	4	35.00	140.00
	2	Sumidero para limpieza	1	1000.00	1000.00
	3	Insumos	1	30.00	30.00
		Subtotal por instalación			1170.00
		Imprevistos			58.50
		<b>Subtotal por instalación</b>			<b>1228.50</b>
<b>D</b>	<b>N.º</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Cantidad por año (l)</b>	<b>Costo por litro o día</b>	<b>Costo subtotal</b>
	1	Aceite para bancada	0.1	30.00	6.00
	2	Aceite para cojinete	0.1	30.00	6.00
	3	Revisión del sistema eléctrico	0.1	200.00	40.00
	4	Trabajador	2	35.00	140.00
		Subtotal por mantenimiento			192.00
		Imprevistos			9.60
		<b>Subtotal por mantenimiento</b>			<b>201.60</b>
<b>E</b>	<b>N.º</b>	<b>Subtotales</b>	<b>Cantidad/años</b>	<b>Costo en soles</b>	<b>Costo total</b>
	<b>A</b>	Subtotal por materiales	1	2352.53	2352.53
	<b>B</b>	Subtotal por manufactura	1	1417.50	1417.50
	<b>C</b>	Subtotal por instalación	1	1228.50	1228.50
	<b>D</b>	Subtotal por mantenimiento	1	201.60	201.60
		Subtotal de la máquina			5200.13
		Imprevistos			260.01
<b>F</b>		<b>Total</b>			<b>5460.13</b>

### 5.2.5. Actualización de los precios con la aplicación de reajuste de la fórmula polinómica

#### Calculando los coeficientes

- Materiales:  $2240.5/5200.13 = 0.45$
- Manufactura:  $1350/5200.13 = 0.27$
- Instalación:  $1170/5200.13 = 0.24$
- Mantenimiento:  $192/5200.13 = 0.05$
- **Precio original (P\_o): 5200,13**

#### ➤ Coeficientes:

- Materiales (p\_1): 0.45
- Manufactura (p\_2): 0.27
- Instalación (p\_3): 0.24
- Mantenimiento (p\_4): 0.05

➤ **Índices de precios:**

- Materiales en la fecha base (B\_0): 2240.5
- Materiales en la fecha de reajuste (B\_1): 2352.53
- manufactura en la fecha base (C\_0): 1350
- manufactura en la fecha de reajuste (C\_1): 1417.5
- instalación en la fecha base (D\_0): 1170
- instalación en la fecha de reajuste (D\_1): 1228.5
- Mantenimiento en la fecha base (E\_0): 192
- Mantenimiento en la fecha de reajuste (E\_1): 201.60

➤ **Fórmula polinómica para actualización de precios**

➤

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

**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

**Reglamentos y normativas:** En muchos países, la fórmula polinómica se ha incorporado en los reglamentos de licitaciones y contratos de obras públicas.

Se calcula el precio reajustado en un tiempo del periodo de desarrollo de la investigación de la tesis.

$$P_r = 5200.13 \left( 0.45 \frac{2352.53}{2240.5} + 0.27 \frac{1417.5}{1350} + 0.24 \frac{1228.5}{1170} + 0.05 \frac{201.6}{192} \right)$$
$$P_r = 5514.74$$

El precio reajustado de S/ 5514.74 significa que, debido a los cambios en los índices de precios de los materiales, manufactura, instalación y mantenimiento, el costo actual del proyecto ha aumentado en S/ 314.61 desde la fecha base. Este aumento refleja la inflación y otros factores económicos que han afectado los precios de los componentes del proyecto.

### 5.3. Discusión de resultados

En la ingeniería industrial, que relaciona diferentes ramas de la ingeniería, existen diferentes ideas acerca de cómo el diseño debería ser ejecutado. Existen conceptos variados, orientando el planteamiento del diseño hacia el consumidor, el uso de operador, o incluso, destinando su eficacia a la capacidad del proceso para evitar contaminar el medio ambiente. Cuando se trata de la metodología VDI 2221, su enfoque resalta al permitir que el diseñador consiga un producto final que logre cumplir con las expectativas del cliente.

Para cumplir con este propósito, el diseñador puede aplicar las herramientas necesarias para que el diseño logre su objetivo. Una herramienta eficaz es el uso de alternativas de CAD para desarrollar la optimización de espacios y procesos de ensamblaje. Incluso hoy existen programas informáticos que permiten determinar la huella de carbono que la fabricación podría comprometer a un componente. Así, es posible considerar aspectos de diferentes metodologías para lograr que el producto, además de eficiente, respete el nivel de contaminación al que está sujeto.

Al tener en cuenta las herramientas de trabajo para la máquina, es posible concentrar los esfuerzos de diseño para orientarlos a conseguir el objetivo principal que sugiere la metodología. De este modo, con base en la propuesta seleccionada para el diseño, el proyecto se orienta a conseguir que cada uno de los requerimientos y funciones necesarias sean incluidas. Esto tiene como consecuencia que el diseñador invierta un mayor tiempo de trabajo, ya que el producto no solo debe cumplir con las necesidades establecidas, sino también, con un proceso de optimización.

Se parte por un cálculo de diseño, en el que se pueden dimensionar ciertos componentes, en especial, aquellos que permiten que la máquina cumpla su función principal. Para ello, es posible encontrar conocer el nivel de producción para el que se diseña la máquina, además de la carga a la que se encuentra sujeta. Rodríguez [6] expone que las variables para el nivel de producción pueden encontrarse directamente relacionados a estos valores, ya que matemáticamente, la función de potencia depende de ellos.

Sin embargo, todavía es importante diseñar las herramientas de trabajo; que, para cualquier máquina, suelen ser diferentes. El diseño de estos elementos depende enteramente de las cargas estáticas y dinámicas para lograr el efecto físico necesario para lograr cumplir la función principal. Para determinar dichas cargas, es posible aplicar una fase experimental para determinar las magnitudes de los esfuerzos necesarios. Nina [7] explica que cuando se trata de esfuerzos de corte, es posible, incluso, variar el ángulo de incidencia del corte.

El diseño de sistemas de transmisión de potencia requiere conocer la capacidad de transmisión de las alternativas para la instalación en una máquina. Conociendo, además, las condiciones de servicio de los elementos que serán incluidos en el sistema. En el caso de las fajas, es posible encontrar diversos elementos, como correas planas, trapeciales, estrechas, entre otros. De manera similar ocurre con los engranajes y cadenas, donde existen variaciones para cada uno de estos elementos que permiten conseguir una transmisión con diferentes beneficios.

El proceso de selección de los componentes de transmisión de potencia parte del conocimiento de la magnitud de potencia por transmitir, así como, la velocidad angular del motor y del eje final. Es factible hacer uso de diferentes ejes para obtener transmisiones grandes, o utilizar reductores de tornillo sin fin para esto. En todas las situaciones, el diseñador deberá comprobar que los elementos no fallen debido a la dinámica de la transmisión, en caso de las cadenas y las fajas; ni tampoco debido al desgaste en el caso de los engranajes.

Cuando se diseña estructuralmente un soporte para una máquina es importante considerar el ambiente en el que habrá de trabajar este componente. Ya que, a diferencia de estructuras de gran tamaño que soportan las inclemencias del medio ambiente, una estructura puede encontrarse en contacto con contaminantes de mayor grado, comprometiendo a los elementos. Rosado y Ponce [8] expone la importancia de utilizar aceros como el AISI 304 para la fabricación de elementos de corte, que incluso pueden aplicarse en la estructura de una máquina.

Al considerar un material, que podría ser un acero estructural, uno inoxidable, o uno bajo en carbono, recubierto por pintura, se deben analizar también las uniones de la máquina. En ciertos puntos, es posible que la máquina requiera uniones permanentes, mientras que, en otros, será más conveniente utilizar uniones soldadas. Estas uniones dependen principalmente de la necesidad de una pieza para desprenderse del sistema para lograr que una actividad diferente a la inherentemente designada para la pieza en un inicio.

El material utilizado para las uniones no permanentes y permanentes puede requerir el uso de un elemento de grado alimenticio. Existen diversos elementos que podrían encajar en esta descripción; sin embargo, también es relevante considerar el cómo se incluyen. Los procesos de soldadura para aceros inoxidables, por ejemplo, requieren de una estricta supervisión y control. Contreras [7] califica al acero ASTM 228 como un acero adecuado para la fabricación de resortes, que pueden aplicarse en máquinas que trabajen con materia prima orgánica.

En el caso del presente proyecto, el diseño requirió de diseñar una máquina que pueda encajarse dentro de una línea de producción. En estos casos, es posible encontrar máquinas que combinen el uso de alimentadores y extractores; que, podría tratarse de fajas transportadoras. La automatización de estos procesos permite que una industria regule de mejor manera sus niveles de producción, a coste de una mayor inversión que puede recuperarse.

Dentro de los planos del proyecto se pueden encontrar los materiales para la fabricación de las piezas, aunque los procedimientos para obtener cada elemento varían. Estos procedimientos, en casi todos los casos, dependen de la tecnología con la que se cuente en el lugar de fabricación. Hoy en día, aunque es más común ver plantas de mecanizado con máquinas de soporte por computador, todavía es más accesible el trabajo por parte de un operador. Estos procedimientos no deberían comprometer las tolerancias ni las dimensiones dadas en los planos.

## CONCLUSIONES

El diseño de la máquina parte del enfoque de satisfacción del cliente, determinado por la norma VDI 2221, con el que se obtiene el producto enfocado en rebanar frutos de plátano pelado. Dicha máquina dispone de los sistemas necesarios para cumplir con la función principal, permitiendo a su vez, que el operador solo requiera de cumplir una función de alimentación. Se utilizaron sistemas que, finalmente, se unen por medio de uniones soldadas y empernadas para dar como resultado un producto que posee 1051, 765 y 390 milímetros en sus dimensiones de la máquina que garantiza el más cómodo y accesible al cliente.

Para el sistema de corte se utilizaron fuerzas de corte recopiladas por medio de bibliografía, que permitió definir el espesor y el material de la cuchilla, siendo este acero AISI 304. Para el elemento de soporte de la cuchilla, se utilizó un disco que permite anclar a las cuchillas por medio de pernos de  $\frac{1}{4}$  de pulgada fabricados en acero AISI 304. El sistema de avance, controlado por el operador, acero AISI 304 con doble alimentador que aprovecha la gravedad y la fuerza del operador con forma de prensa, pistón de avance y un canal, es decir, un sistema biela-manivela con todas las características se obtienen cortes de plátano para chifles en Huancayo, con menor dimensión.

Para el sistema de transmisión de potencia se determinó la potencia que requiere el sistema de corte, en el que se prevé el uso de dos canales de alimentación en simultáneo. El cálculo dio como resultado la selección de una máquina con un motor monofásico de 3 HP a 1450 rpm. Para disminuir la velocidad del sistema, se utilizan un par de poleas, una de 80 mm montada sobre el eje del motor, y la otra, de 355 mm, sobre el eje del disco de las cuchillas. Estos elementos, se sientan, a su vez, sobre un eje de acero AISI 304 con todas las características se obtienen cortes de plátano para chifles en Huancayo, con menor dimensión.

Para el sistema estructural se determinaron inicialmente las cargas muertas que ejercen los elementos de los demás sistemas. Así, se pudo dividir este sistema en la estructura y los bastidores. A diferencia de los bastidores, la estructura cumple con la función de soportar las fuerzas que ejercen las masas de los elementos, con tolerancias que dependen de la permisibilidad para el desalineamiento de componentes rotativos. Tanto la estructura como los bastidores se construyen en acero inoxidable AISI 304 con todas las características se obtienen cortes de plátano para chifles en Huancayo, con menor dimensión.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda optimizar el diseño ergonómico y la facilidad de mantenimiento, el diseñador debe asegurarse que la máquina sea fácil de operar y que el operador no debe hacer movimientos innecesarios, ello puede incluir ajustes en la altura y la posición de los controles, así mismo, se recomienda que la máquina debe ser fácil de desmontar y limpiar, utiliza materiales resistentes a la corrosión y a la humedad para prolongar la vida útil de los componentes.

Para los cálculos de diseño, como la determinación de cargas de esfuerzo o potencias, es recomendable obtener los valores mediante experimentación. En el presente proyecto, se observó una variabilidad en los valores del esfuerzo de corte del plátano, por lo que se utilizó el valor más alto. Aunque seleccionar un valor elevado garantiza que el diseño soporte cualquier tipo de carga, esto también puede llevar a sobredimensionar la máquina.

Se recomienda en la optimización de la relación de poleas y selección de materiales, ajustar las dimensiones de las poleas para mejorar la eficiencia del sistema, una relación de poleas más adecuadas puede reducir la pérdida de energía y aumentar la precisión de corte, así mismo, el eje de acero AISI 304 esté adecuadamente tratado para resistir la fricción y desgaste. Puede ser beneficioso explorar otros materiales con mayor resistencia y durabilidad.

Se recomienda hacer un análisis más exhaustivo de las cargas muertas y vivas para asegurar que todos los elementos estructurales estén optimizados para las fuerzas que deben soportar e implementar técnicas avanzadas de montaje y alineación para minimizar el desalineamiento de los componentes rotativos, esto no solo mejorará la eficiencia, sino también reducirá el desgaste de los componentes.

## REFERENCIAS

1. **RAMOS, E.** Perú exportó chifles por más de 20 millones de dólares durante 2021. Agraria.pe *Agencia Agraria de Noticias*. 2022. Recuperado de: <https://agraria.pe/noticias/peru-exporto-chifles-por-mas-de-us-20-millones-durante-2021-26896>
2. **Infobae.** *Familias peruanas aumentarán consumo de snacks y bebidas por Mundial de Qatar 2022*. Recuperado de: <https://www.infobae.com/america/peru/2022/10/13/familias-peruanas-aumentaran-consumo-de-snacks-y-bebidas-por-mundial-de-qatar-2022/>
3. **RAMOS, E.** El chifle: boom de los paladares peruanos y extranjeros. *Andina Agencia Peruana de Noticias*. 2017. Recuperado de: <https://andina.pe/agencia/noticia-el-chifle-boom-de-paladares-peruanos-y-extranjeros-681711.aspx>
4. **PULIDO, C.** *Los beneficios de las máquinas*. 2019. Recuperado de: <https://www.mindomo.com/es/mindmap/los-beneficios-de-las-maquinas-6633126ccb394fc5b2377f5f0c762c55>
5. **NORTON, R.** *Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos* (5.<sup>a</sup> ed.). México D. F.: McGraw-Hill. 2013.
6. **RODRÍGUEZ, I.** *Diseño de prototipo de cortadora de plátano verde en hojuelas para la industria del chifle en Piura*. Universidad de Piura. Piura, Perú. 2018.
7. **NINA, L.** *Diseño y construcción de un prototipo de máquina rebanadora automatizada para plátanos*. Universidad de San Andrés. La Paz, Bolivia. 2018.
8. **ROSADO, B.; PONCE, E.** *Diseño de una máquina rebanadora de plátano para la fabricación de chifles con capacidad de producción de 200 kgh*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 2022.
9. **CONTRERAS, K.** *Diseño de una máquina peladora y rebanadora de plátano para frituras*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador. 2017.
10. **ÁLAVA, A.** *Desarrollo de un módulo de abastecimiento para la fritura de plátano en la empresa «El Campeón» del Cantón Chone*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito, Ecuador. 2016.
11. **VEGAS, F.** *Fabricación de un prototipo de máquina rebanadora de plátano verde para mejorar la productividad del proceso de rebanado*. Universidad César Vallejo. Piura, Perú. 2018.
12. **VALMAYOR, R.** *Banana cultivar names and synonyms in Southeast Asia*. Filipinas: International Network for Improvement of Banana and Plantain – Asia and the Pacific Office. 2000. ISBN 971-91751-2-5. OCLC 262712516.

13. **FAO.** *Capítulo 1 Panorama general de la producción y el comercio mundial del banano.* 2002. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s04.htm>
14. **FAHLBUSCH, K.; HAMMERSCHMIDT, F.; PANTEN, J.; PICKENHAGEN, W.; SCHATKOWSKI, D.; BAUER, K.; GARBE, D.; SURBURG, H.** *Flavors and Fragrances.* Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 15. Wiley-VCH Verlag GmbH y Co. KGaA. 2000. p. 82.  
ISBN 978-3-527-30673-2. doi:10.1002/14356007.a11\_141.
15. **VIERRA, J.** *Estabilidad del aceite de fritura de chifles.* Universidad de Piura. 2005.
16. **EDGAR, E.** *Elaboración de chips y chifles.* ERAM Ingeniería y Construcción. Sociedad Comercial de Responsabilidad Limitada. 2019.
17. **Mincetur.** *Piura: Reporte de comercio Primer Semestre 2019.* Dirección General de Investigación y Estudios sobre Comercio Exterior. 2019.
18. **LÓPEZ, L.; VINTILLA, B.** *Diseño y construcción de una máquina cortadora de manzanas, plátanos, piña y papaya con dimensiones de 40 cm x 40 cm x 150 cm para la empresa El Salinerito.* Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. 2019.
19. **Imarca.** *Cortador, rebanador, rallador manual de vegetales - Imarca.* 2019. Recuperado de: <https://imarca.com.ve/Cortadora-automatica-de-Vegetales.php>
20. **MOTT, Robert L.** *Diseño de Elementos de Máquinas.* (4.<sup>a</sup> ed.). México: Pearson Educación, 2006. págs. 494-497. 970-26-0812-0.
21. **BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* México D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V., 2008. ISBN 978-970-10-6404-7.
22. **IMAZ, R.** *Resistencia de materiales.* Universidad de Cantabria. Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos. 2013.
23. **FLORES, J.** *Sistemas de transmisión mecánica.* Universidad Mayor de San Andrés. 2005.
24. **ROJAS, O.; ROJAS, L.** Diseño asistido por computador. *Industrial Data*, 9(1), 2006, pp. 7-15 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
25. **SCHVAB, L.** Máquinas y herramientas. *Guía didáctica.* Instituto Nacional de Educación Tecnológica. 2011.
26. **VDI.** *Guideline 2221 - 2222. Systematic approach to the design of technical systems and products.* VDI-Verlag. 1986.
27. **HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, M.** *Metodología de la investigación.* (6.<sup>a</sup> ed.). 2014. ISBN: 978-607-15-0291-9
28. **ESPINOZA C.** *Metodología de la Investigación tecnológica. Pensando en sistemas.* Huancayo, Perú. 2014. ISBN: 978-612-00-0222-3

29. **ZAPATA, S.** *Diccionario de gastronomía peruana tradicional*. Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres. 2006. ISBN: 997254155
30. **MELO-SAGOBAL, D.; TORRES-GRISALES, Y.; SERNA-JIMÉNEZ, J.; TORRES-VALENZUELA, J.** Aprovechamiento de pulpa y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* SPP) para obtención de maltodextrina. *Rev.Bio.Agro* 13(2) Popayán July/Dec. 2015. DOI: [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(13\)76-85](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(13)76-85)

## **ANEXOS**

*Anexo 1. Matriz de consistencia*

Variable	Dimensión	Indicador	Ítem	Escala	Instrumento
Máquina rebanadora de plátanos	Sistema de corte	Dimensiones del eje del sistema (mm)	Milímetros	Cuantitativa discreta	Catálogos Fórmulas para el diseño y dimensiones
	Sistema de corte: Este conjunto de piezas tiene como objetivo quitar la cáscara de la fruta sin que la pulpa de la misma se vea comprometida. Esto implica utilizar alguna herramienta de corte, fricción u otra estrategia para extraer la cáscara sin mermar la pulpa de la fruta.	Dimensiones de las cuchillas (mm)			
	Sistema de transmisión de potencia	Dimensiones del área de triturado (mm)			
	Sistema de transmisión de potencia	Potencia (HP).	HP		
	Este conjunto de piezas recoge la potencia generada desde una fuente de energía transmitiéndola a través de unos componentes mecánicos hasta el sistema de corte y los demás sistemas que requieran de una fuente de energía.	Ubicación de las piezas de transmisión (mm)	Milímetros		
		Tipo de transmisión (Por poleas, por engranes, etc.)	Tipo de transmisión		
	Sistema estructural	Perfiles usados: largo, ancho, sección del perfil (mm)	Milímetros		
	Sistema estructural: Este conjunto de piezas cumple la función de servir de asiento y soporte para los demás sistemas. Se deben respetar límites de deformación. También utiliza un bastidor para evitar la contaminación de la pulpa	Tipo de unión y dimensiones de la unión: unión empernada, unión soldada; largo del cordón de soldadura, etc.			

---

Pulpa de fruta	<p>de la fruta, así como, una guarda de seguridad para el operador.</p> <p>Volumen, dimensiones métricas: Representa el espacio tridimensional que ocupa la pulpa de la fruta luego de que se le extraiga la cáscara y otros elementos no deseados. Es común utilizar el peso de la pulpa cuando se trabaja con máquinas procesadoras de alimento, además de la medida del ancho, alto y largo del producto final.</p>	Dimensiones de largo, ancho y profundidad de la fruta (mm).	Milímetros	Cuantitativa discreta	Datos teóricos de largo, ancho y profundidad.
----------------	--	---	------------	-----------------------	---

---

## Anexo 2. Tabla del factor de carga para la selección de la faja

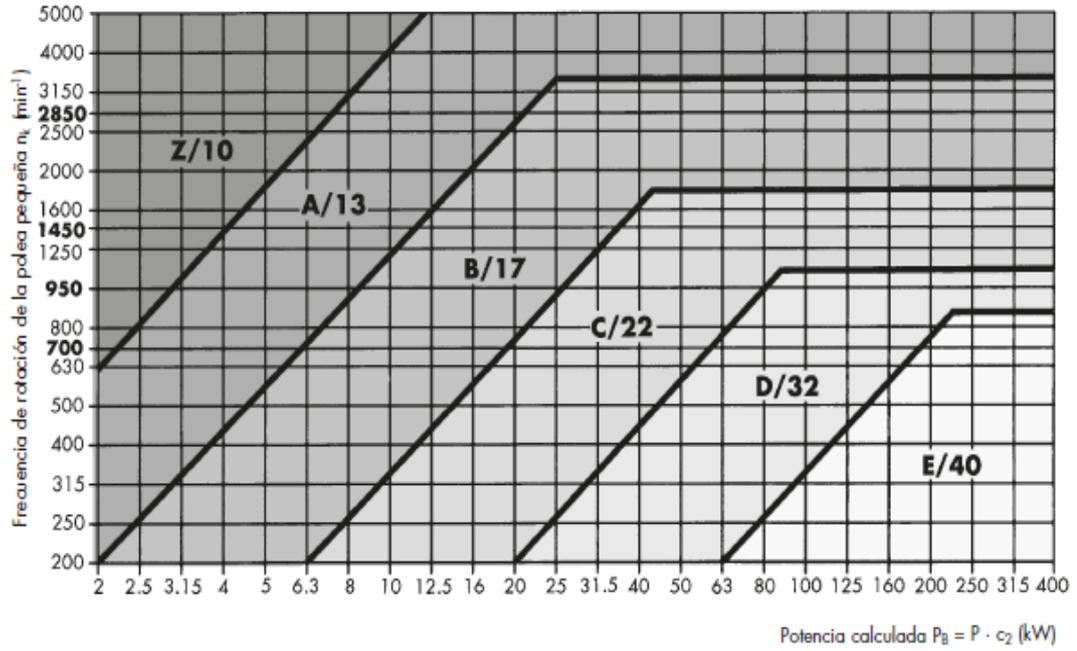
Tabla 18

Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Factor de carga $c_2$ para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga $c_2$ para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
<b>Transmisiones ligeras</b> Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<b>Transmisiones medias</b> Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<b>Transmisiones pesadas</b> Molinos, compresores de pistón, transportadoras de carga pesada, expulsores (transportadoras helicoidales, de placas, de cangilones, de palas), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria de elaboración de papel, bombas de pistones, bombas draga, sierras alternativas, molinos de martillos.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<b>Transmisiones muy pesadas</b> Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calandrias, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Nota: Recogido de Optibelt. Diseño y catálogo de correas. Transmisión.

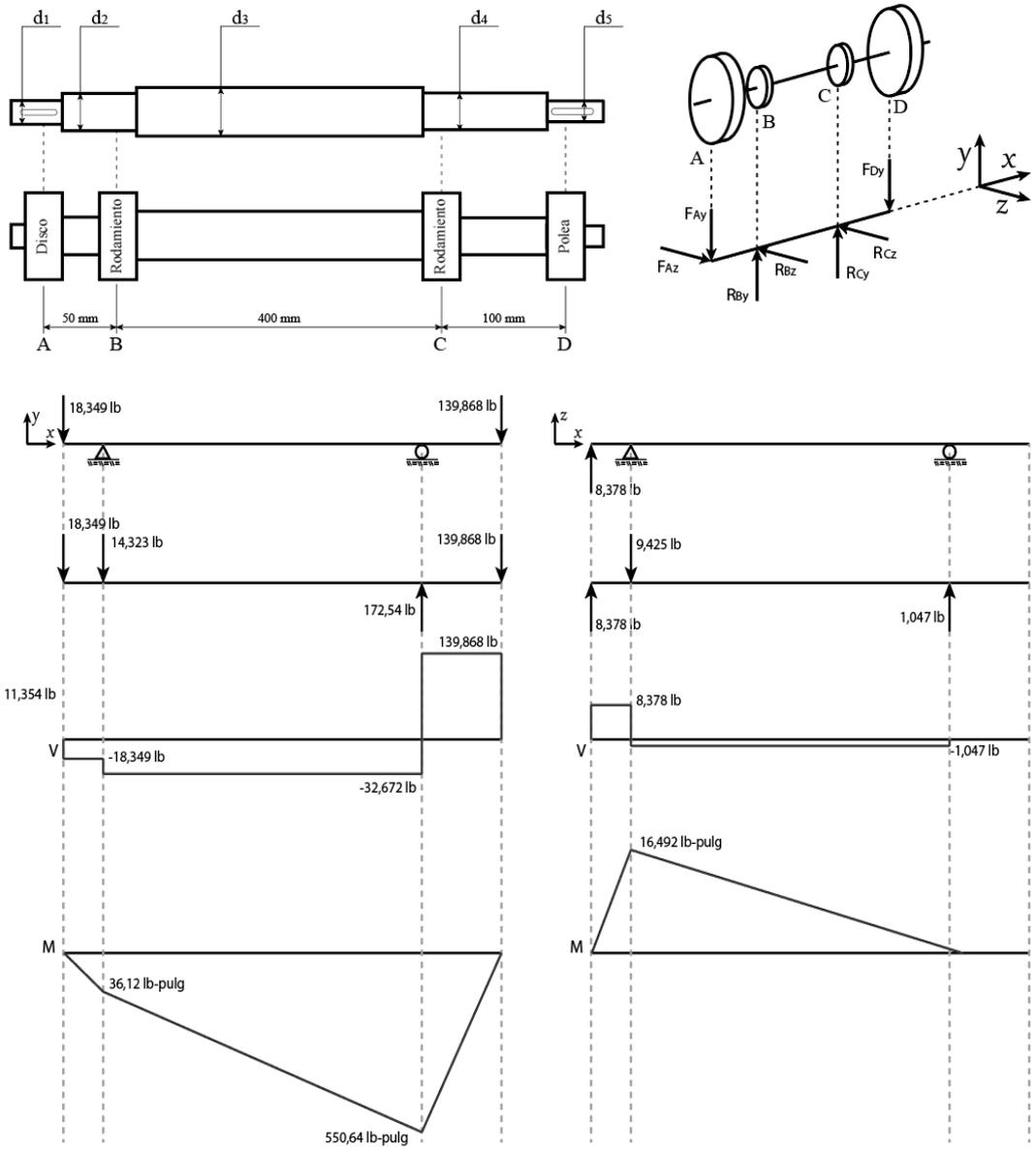
### Anexo 3. Diagrama de selección de fajas

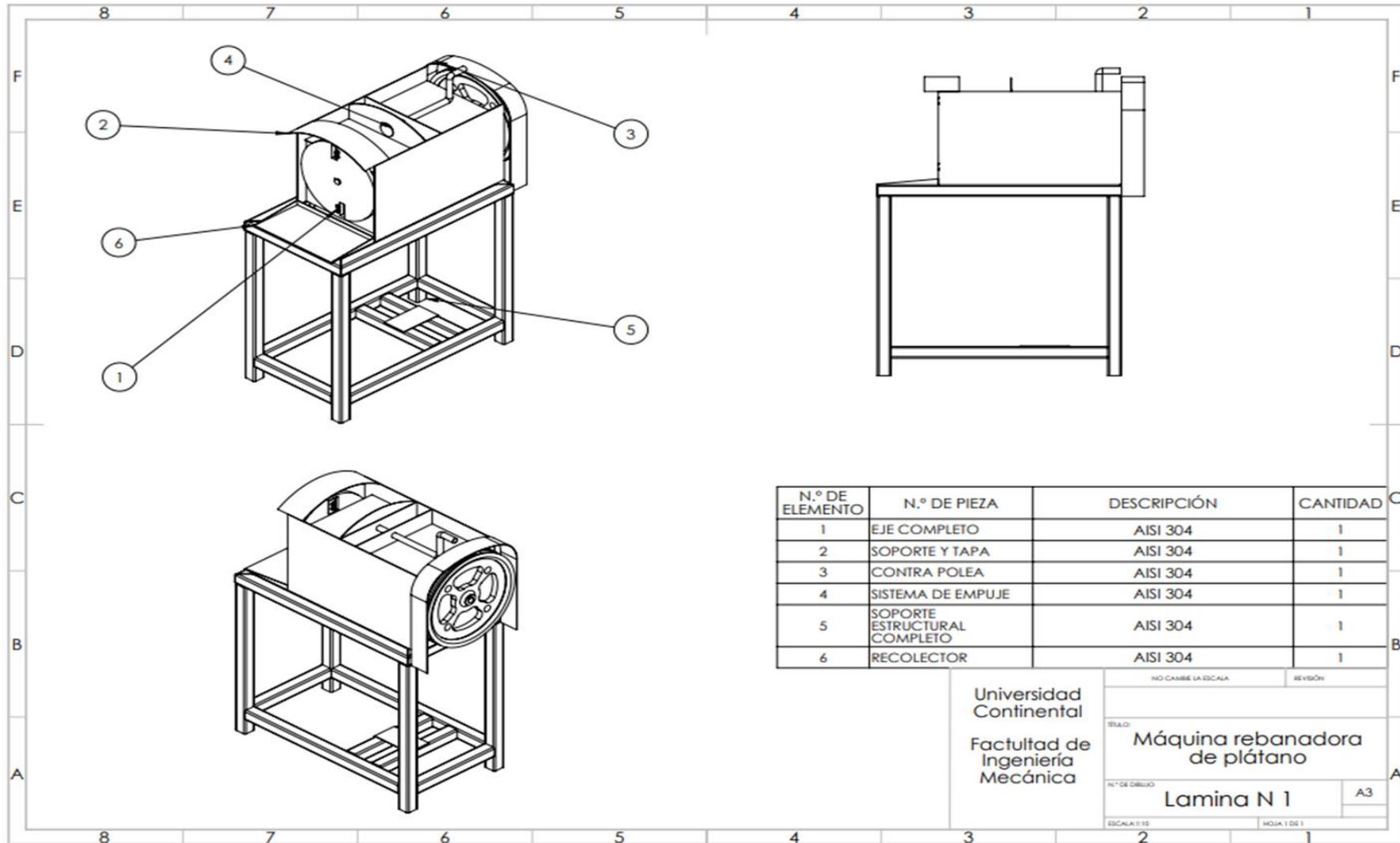
Diagrama 1: Correas trapeciales clásicas Optibelt VB DIN 2215



Nota: Recogido de Optibelt. Diseño y catálogo de correas. Transmisión.

**Anexo 4. Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores**



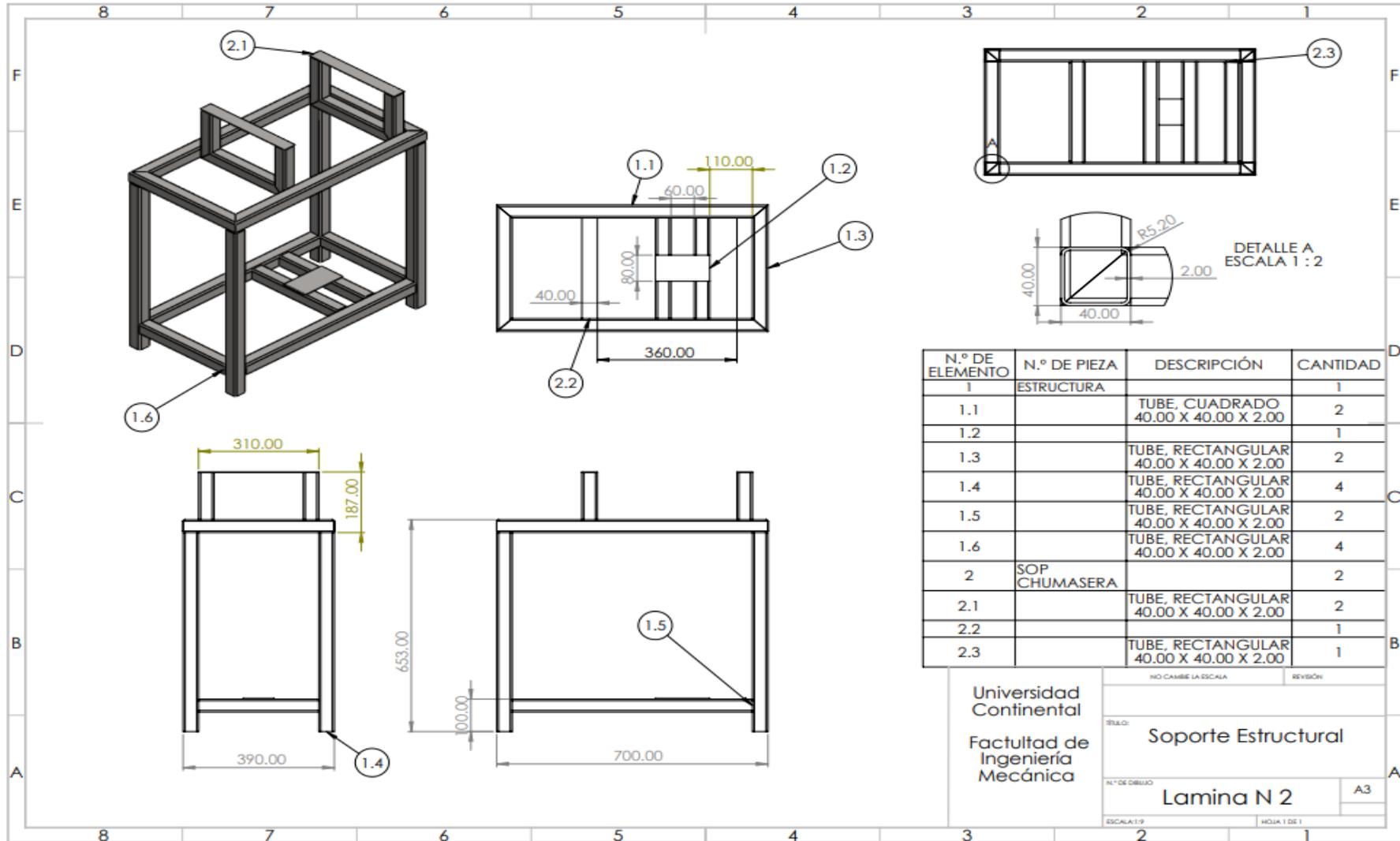


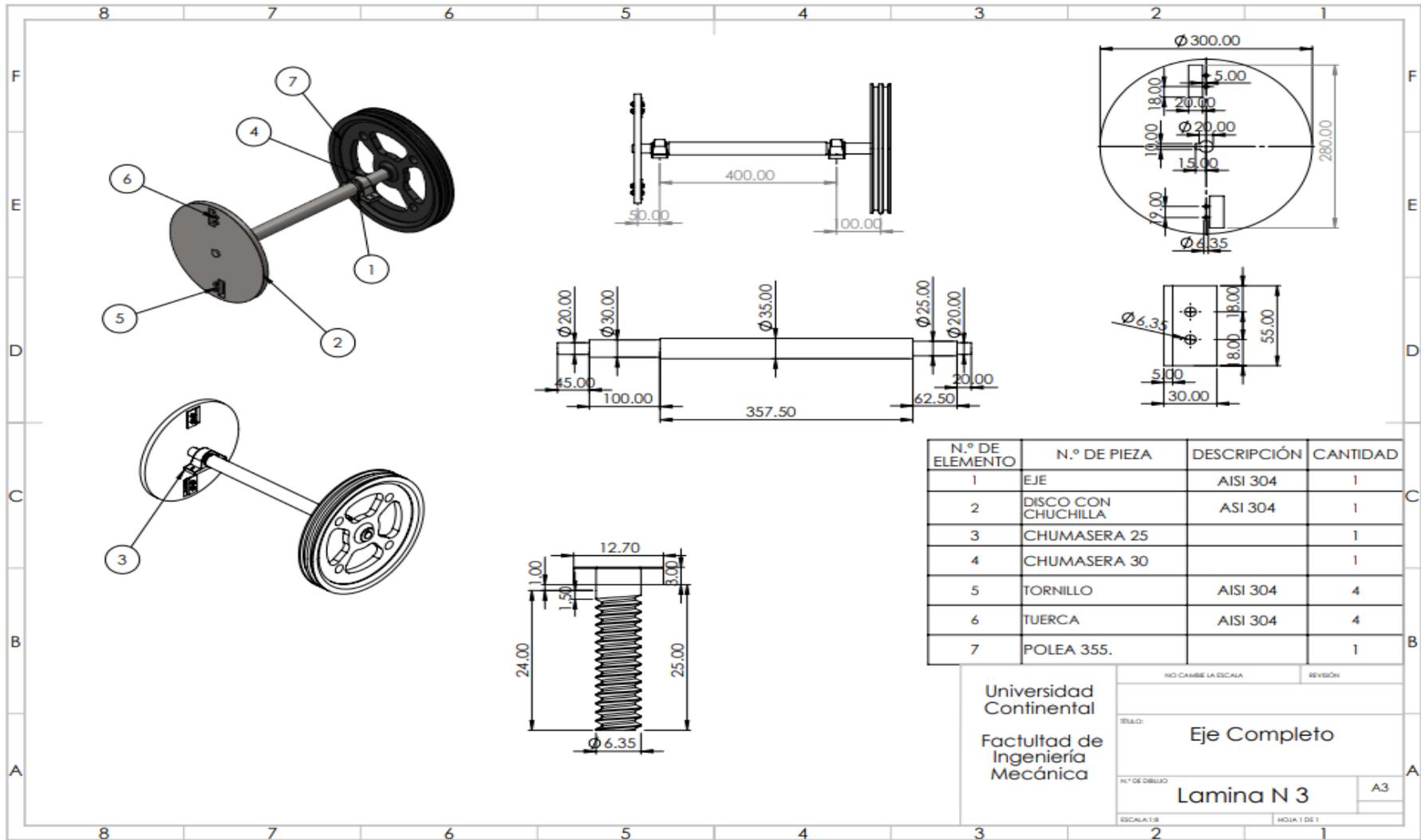
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	EJE COMPLETO	AISI 304	1
2	SOPORTE Y TAPA	AISI 304	1
3	CONTRA POLEA	AISI 304	1
4	SISTEMA DE EMPUJE	AISI 304	1
5	SOPORTE ESTRUCTURAL COMPLETO	AISI 304	1
6	RECOLECTOR	AISI 304	1

Universidad  
Continental

Facultad de  
Ingeniería  
Mecánica

NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
TÍTULO: Máquina rebanadora de plátano	
N.º DE DIBUJO: Lamina N 1	A3
ESCALA 1:15	HOJA 1 DE 1





Universidad Continental  
Facultad de Ingeniería Mecánica

NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
TÍTULO: <b>Eje Completo</b>	
N.º DE DIBUJO: <b>Lamina N 3</b>	
ESCALA: 1:3	HOJA: 1 DE 1

A3

