




# Alberca Cieza Joselito Román Condezo Robert Lee

## DISEÑO DE UNA DESPULPADORA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL CACAO EN EL DISTRITO DE BELLA VIS...

-  Prueba 1
-  Proyectos
-  Universidad Nacional de Jaen

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3511566585

111 páginas

Fecha de entrega

19 mar 2026, 12:24 p.m. GMT-5

18.873 palabras

Fecha de descarga

19 mar 2026, 12:29 p.m. GMT-5

98.493 caracteres

Nombre del archivo

DISEÑO\_DE\_UNA\_DESPULPADORA\_PARA\_MEJORAR\_LA\_PRODUCTIVIDAD\_DEL\_CACAO\_EN\_EL\_DIST....pdf

Tamaño del archivo

6.6 MB

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
Dr. Christian David Apaza Panca  
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA




## 2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


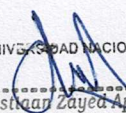
### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**  
8 caracteres sospechosos en N.º de página  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
  
Dr. Christian Zayed Apaza Panca  
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

## Fuentes principales

- 2% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
2	Internet	repositorioinstitucional.ufpso.edu.co	<1%
3	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
4	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
5	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru	<1%
7	Internet	www.ingemek.es	<1%
8	Publicación	Sissy, Heidy   Dionicio, Alvaríño. "Modelo Prolab: Sukha Thani, Caramelo Funcional..."	<1%
9	Internet	hdl.handle.net	<1%
10	Internet	repositorio.esan.edu.pe	<1%
11	Trabajos del estudiante	Dumfries and Galloway College	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Estatal Amazonica-	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Jaen	<1%
14	Internet	dspace.istvidanueva.edu.ec	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y**  
**ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UNA DESPULPADORA PARA MEJORAR**  
**LA PRODUCTIVIDAD DEL CACAO EN EL**  
**DISTRITO DE BELLAVISTA JAÉN-2023.**

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO**  
**PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**  
**ELECTRICISTA**

**Autores:** Bach. Alberca Cieza Joselito  
Bach. Román Condezo Robert Lee

**Asesores:** Mg. Ing. Juan Antonio Labrin Romero  
Dr. Edwin Carlos Lenin Félix Poicón

**Línea de investigación:** Eficiencia Energética

**JAÉN – PERÚ, MARZO, 2026**

## Índice

Carátula.....	1
Índice .....	2
Índice de Tablas .....	3
Índice de Figuras .....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema. ....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos .....	4
1.4. Antecedentes de la investigación.....	4
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
2.1. Población, muestra y muestreo.....	7
2.2. Materiales .....	7
2.3. Método.....	7
2.4. Procedimientos .....	8
III. RESULTADOS.....	10
IV. DISCUSIÓN.....	49
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones .....	53
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
AGRADECIMIENTO .....	58
DEDICATORIA .....	59
ANEXOS.....	60

5

1

1

## Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Resumen general de la producción de cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023</i> .....	11
Tabla 2. <i>Clasificación de productores de cacao según el tamaño de área cultivada en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023</i> .....	11
Tabla 3. <i>Clasificación de productores de cacao según nivel de rendimiento en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023</i> .....	12
Tabla 4. <i>Estimación de la demanda diaria de despulpado de cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023</i> .....	12
Tabla 5. <i>Volumen requerido por la tolva para almacenar el cacao en cáscara</i> ... 15	
Tabla 6. <i>Dimensiones que satisfacen la ecuación de volumen</i> .....	17
Tabla 7. <i>Cálculo de número de dientes</i> .....	22
Tabla 8. <i>Diámetro teórico de la zaranda</i> .....	24
Tabla 9. <i>Parámetros definidos para el diseño de la zaranda circular</i> .....	26
Tabla 10. <i>Velocidades de operación para el diseño del sistema de transmisión</i> ....	26
Tabla 11. <i>Volumen interno de la zaranda</i> .....	27
Tabla 12. <i>Masa para el cálculo de inercia</i> .....	28
Tabla 13. <i>Momento de inercia del tambor</i> .....	28
Tabla 14. <i>Aceleración angular para cálculo de torque</i> .....	29
Tabla 15. <i>Torque requerido para la zaranda</i> .....	29
Tabla 16. <i>Cálculo de potencia</i> .....	30
Tabla 17. <i>Eficiencia eléctrica del motor</i> .....	30
Tabla 18. <i>Datos base y relaciones objetivo para el tren de cadena</i> .....	32
Tabla 19. <i>Número de dientes, diámetros primitivos y velocidad de la cadena</i> .....	32
Tabla 20. <i>Verificación de envolvente con centro inicial</i> .....	33
Tabla 21. <i>Parámetros del conjunto piñón-catalina -cadena</i> .....	34
Tabla 22. <i>Características técnicas del motorreductor según manual</i> .....	35
Tabla 23. <i>Parámetros para el cálculo de presión en la tolva</i> .....	38
Tabla 24. <i>Fuerza tangencial en el rodillo</i> .....	40
Tabla 25. <i>Factores de seguridad</i> .....	41
Tabla 26. <i>Síntesis cuantitativa del diseño</i> .....	42
Tabla 27. <i>Costos de elementos diseñados y cotizados</i> .....	42
Tabla 28. <i>Costo de elementos cotizados disponibles en el mercado</i> .....	43

Tabla 29. <i>Estimación del costo total de la máquina</i> .....	44
Tabla 30. <i>Supuestos de operación y horas de trabajo</i> .....	44
Tabla 31. <i>Costo de operación de la maquina</i> .....	45
Tabla 32. <i>Costo anual de mantenimiento</i> .....	45
Tabla 33. <i>Costos de fabricación, operación y mantenimiento por campaña</i> .....	46
Tabla 34. <i>Costo de personal (peones) para despulpado artesanal</i> .....	46
Tabla 35. <i>Balance de caja</i> .....	47
Tabla 36. <i>Resultados de la evaluación económica (2 años)</i> .....	47
Tabla 37. <i>Análisis de sensibilidad</i> .....	48

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Flujograma del diseño de máquina despulpadora de cacao</i> .....	9
Figura 2. <i>Producción anual de cacao por productor en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023</i> .....	10
Figura 3. <i>Diagrama de flujo que seguir el diseño de la máquina</i> .....	13
Figura 4. <i>Representación esquemática de la tolva de alimentación con sus dimensiones geométricas</i> .....	15
Figura 5. <i>Medidas de la tolva de alimentación</i> .....	18
Figura 6. <i>Bosquejo de tambores de despulpado</i> .....	18
Figura 7. <i>Diámetro exterior de los rodillos</i> .....	19
Figura 8. <i>Esquema de longitud de contacto del cilindro</i> .....	20
Figura 9. <i>Medidas máximas del cacao producido en Bellavista</i> .....	20
Figura 10. <i>Distribución geométrica de los tambores de despulpado y separación mínima para preservar la integridad de la semilla de cacao</i> .....	21
Figura 11. <i>Diseño final de los tambores despulpadores</i> .....	22
Figura 12. <i>Esquema inicial de la zaranda circular</i> .....	25
Figura 13. <i>Camino de la potencia considerando eficiencias de transmisión</i> .....	30
Figura 14. <i>Planteamiento de la transmisión de potencia</i> .....	31
Figura 15. <i>Sujeciones y fuerzas para análisis de la zaranda</i> .....	36
Figura 16. <i>Factor de seguridad mínimo del eje</i> .....	36
Figura 17. <i>Sujeciones y aplicación de presión en el interior de caras de la tolva</i> ...	38
Figura 18. <i>Factor de seguridad de la tolva</i> .....	39
Figura 19. <i>Sujeciones y fuerzas en el rodillo</i> .....	40
Figura 20. <i>Factor de seguridad del rodillo</i> .....	41

## RESUMEN

El objetivo fue diseñar, dimensionar, simular y evaluar económicamente un sistema de despulpado y separación mediante zaranda cilíndrica para cacao en baba, adaptado a las condiciones productivas de Bellavista–Jaén. El diseño se estableció para una demanda de 293.08 kg/día en dos campañas anuales de 60 días. La zaranda propuesta presenta un diámetro de 0.65 m, velocidad de rotación de 34 rpm (factor de llenado  $f=0.65$ ) y velocidad tangencial de 1.16 m/s. El módulo de despulpado incorpora un rodillo de 8 dientes, diámetro de 0.216 m y separación eje–a–eje de 0.266 m; la transmisión mecánica es mediante cadena 08B y un motorreductor de 0.55 kW a ~34 rpm. Las simulaciones CAE evidenciaron factores de seguridad adecuados:  $FS \approx 2.23 \times 10^3$  en el eje,  $FS \approx 27$  en la tolva y  $FS \approx 9.4$  en el rodillo, además de un par operativo de  $16.1 \text{ N} \cdot \text{m}$ , confirmando la integridad estructural del sistema. La evaluación económica, es de S/ 17,835, con un ahorro anual por sustitución de mano de obra de S/ 30,720. El saldo operativo es de S/ 13,454.80/año, obteniéndose un VAN de S/ 4,904.30 y una TIR de 32.41% para una tasa de descuento de 12%.

Palabras clave: Diseño de elementos, despulpadora, cacao

## ABSTRACT

The objective was to design, size, simulate, and economically evaluate a pulping and separation system using a cylindrical screen for wet cocoa beans, adapted to the production conditions of Bellavista–Jaén. The design was established for a demand of 293.08 kg/day over two 60-day harvest seasons per year. The proposed screen has a diameter of 0.65 m, a rotation speed of 34 rpm (filling factor  $f=0.65$ ), and a tangential speed of 1.16 m/s. The pulping module incorporates an 8-tooth roller with a diameter of 0.216 m and a center-to-center spacing of 0.266 m; the mechanical transmission is via an 08B chain and a 0.55 kW geared motor at approximately 34 rpm. The CAE simulations showed adequate safety factors:  $FS \approx 2.23 \times 10^3$  on the shaft,  $FS \approx 27$  on the hopper, and  $FS \approx 9.4$  on the roller, in addition to an operating torque of 16.1 N·m, confirming the structural integrity of the system. The economic evaluation is S/ 17,835, with annual savings of S/ 30,720 due to labor substitution. The operating balance is S/ 13,454.80/year, yielding an NPV of S/ 4,904.30 and an IRR of 32.41% for a discount rate of 12%.

**Keywords:** Element design, pulper, cocoa.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema.

La producción de cacao a pequeña escala representa el 95% de la producción total mundial. En promedio, los agricultores cultivan hasta 3 hectáreas. Según el Centro de Investigación de Economía y Negocio (2022) el mercado mundial del cacao en grano experimentó cambios significativos en el año 2020; El monto total alcanzó US\$ 9688,9 millones, mostrando un pequeño aumento; la tasa de crecimiento del 2020 es aproximadamente 1,0% en comparación con el año 2019.

Asimismo, es importante conocer cuáles son los países con excelente producción de cacao ya que de este modo podemos analizar la efectividad del uso de sus tecnologías empleadas por estos países y cómo influye en su producción, para Cañada (2022) en 2020 Costa de Marfil es el principal productor mundial de cacao con 2200000 toneladas (38,2%), seguido de Ghana con 800000 toneladas (13,9%) e Indonesia con 739483 toneladas (12,8%), de esta manera los tres países representan el 65,0% de la producción mundial.

Sin embargo, los países con los rendimientos promedios más altos son Tailandia, Guatemala y Santa Lucía: 3,1; 2,7 y 2,6 toneladas/ha de manera similar sobrepasando el rendimiento medio mundial en un 567,7%, 480,8% y 450,1%, que fue de 0,5 toneladas por hectárea (OIC; 2020)

A escala de todo el país según el MINAGRI (2019), San Martín fue la región más importante productora de cacao en Perú, con un 43%, seguido de Junín con un 18%, Cusco con un 9%, Ucayali con un 8% y Huánuco con un 6%. Estas cinco regiones produjeron el 84% del cacao del país. No obstante, en regiones como Ayacucho, Amazonas, Cajamarca, Tumbes, Loreto, Puno y Madre de Dios también se registró una producción notable, aunque en menor escala.

En el distrito de Bellavista el costo de producción por hectárea de cacao puede variar según diferentes factores como las prácticas agrícolas utilizadas por cada productor. En términos generales, se estima que se puede gastar entre 5000 y 6000 soles por hectárea antes de que un cultivo de cacao comience a producir frutos de manera comercial, este costo incluye la preparación del terreno, la compra de semillas o plantas, los insumos agrícolas ( abonos) necesarios destacar la importancia del trabajo manual en la producción

de cacao es un cultivo que puede tardar varios años en alcanzar su máxima producción, por lo que los costos de producción seguirán siendo necesarios durante ese período. La cantidad de cacao que se cosechan por hectárea se estima que se pueden cosechar entre 235 y 300 kg por cosecha y se tiene hasta 2 cosechas por año.

Los productores de cacao realizan la quiebra y separación de las almendras de forma manual, en la recolección de datos este trabajo emplea aproximadamente 2 días con dos ayudantes para 300 kg, con este tiempo afecta directamente a las almendras produciendo fermentación y obteniendo un producto final de mala calidad. Además, utilizan herramientas tradicionales (machetes) que resultan en lesiones graves para los agricultores como cortes en los dedos o partes de las manos incluso a veces comprometiendo golpes en parte del rostro. Por lo tanto, se decide diseñar esta máquina, para despulpar cacao en Bellavista-Jaén donde se reducirá el tiempo de esta etapa y así aprovechar en otras actividades. Es por ello por lo que la investigación a desarrollar plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo diseñar una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén- 2023?

## **1.2. Justificación**

### **1.2.1. Justificación social**

Este diseño mecánico permitirá mejorar la cadena productiva de muchos agricultores de cacao del distrito, mejorar la eficiencia en el procesamiento del cacao y ayuda aumentar los ingresos económicos. Además de obtener una mejor calidad del producto final, nos facilitará la posibilidad para acceder a mercados internacionales de mayor prestigio y precio, incrementando de esta manera los beneficios de los cultivadores de cacao.

Con este diseño los agricultores de cacao del distrito de Bellavista se verán beneficiados debido a que utilizan herramientas ambiguas como machetes para el quiebre de mazorcas de cacao, por lo que terminan haciéndose heridas en los dedos o parte de las manos, sin embargo, con el diseño de esta máquina permitirá la mejorar la calidad de vida y calidad en las condiciones de trabajo de los agricultores.

### **1.2.2. Justificación práctica**

Debido a que es difícil encontrar máquinas disponibles en el mercado nacional y las pocas existentes que hay no cuentan con un desarrollo técnico adecuado, cabe mencionar que importar equipos con características similares requiere una elevada inversión. Es por ello el diseño de este proyecto, se justifica en que agiliza el proceso de extracción de pulpa, reduciendo la mano de obra y el tiempo requerido en la producción, lo que mejora la productividad y eficiencia de los agricultores cacaoteros. Además, porque permite obtener un producto de mayor calidad al asegurar un despulpado más uniforme, clave para que se realice una fermentación óptima. Esta tecnología está dirigida principalmente a pequeños y medianos productores, quienes se verán beneficiados al reducir costos operativos, asegurar la protección y condición física de los trabajadores, aumentar sus ingresos, minimizar pérdidas postcosecha y mejorar su competitividad en el mercado, contribuyendo al desarrollo económico de sus comunidades y la adquisición de nuevas habilidades técnicas, conocimientos en el uso y mantenimiento de maquinaria.

### **1.2.3. Justificación teórica**

En mayo de 2024, las exportaciones de cacao del Perú alcanzaron 11.515 toneladas por un valor de \$90,79 millones de dólares, un aumento del 67% en volumen y del 339% en valor respecto al mismo mes del año pasado (Agro Perú Informa, 2024).

Según nuestro Registro de Productores Agropecuarios, más de 120.000 agricultores familiares producen este cultivo (cacao) en más de 16 regiones del Perú. Este año pretendemos seguir superando la producción de cacao registrada en 2023, alcanzando las 177.000 toneladas”, agregó el viceministro (Garay Guía del Agroexportador, 2024)

Como el mercado cacaotero está creciendo a significativa escala, la propuesta del diseño es novedosa porque esta investigación se fundamenta en la aplicación de conocimiento de ingeniería y tecnologías que permitan mecanizar la extracción de pulpa, esto nos ayudara para obtener una mejora en la eficiencia del sistema productivo, optimizando tiempos, reduciendo la demanda de personal y minimizando errores humanos que demandan los métodos tradicionales, aspectos que influyen directamente en la productividad.

#### **1.2.4. Justificación metodológica**

Este proyecto se fundamenta en la aplicación de una metodología de diseño analítica que permita el desarrollo de una máquina eficiente, para que esté adaptada a las necesidades locales y que cumpla con criterios técnicos de funcionalidad, costo y sostenibilidad, se utilizara enfoque metodológico cuantitativo que responde a la necesidad de optimizar el proceso de despulpado, porque actualmente se está realizado de manera manual, lo que limita la productividad de los agricultores. Se implementarán estudios de campo y análisis técnicos para que se pueda cumplir el objetivo de diseñar una despulpadora que mejore la productividad en los agricultores del distrito de bellavista, de esta manera optimizar la eficiencia en la extracción de pulpa, reducir tiempos de trabajo y aumentar la calidad del producto final.

#### **1.3. Objetivos**

##### **1.3.1. Objetivo general.**

- Diseñar una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén- 2023.

##### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la producción anual y demanda diaria de cacao en el distrito de Bellavista Jaén con el fin de establecer la capacidad de procesamiento necesaria para el diseño.
- Dimensionar los componentes de la despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.
- Simular los componentes de la despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.
- Evaluar la rentabilidad económica del diseño propuesto de la despulpadora, considerando su eficiencia energética y su impacto en la mejora de la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.

#### **1.4. Antecedentes de la investigación**

En los antecedente internacionales tenemos a Torres & Quevedo (2019) en su estudio “Diseño y construcción de una máquina trituradora de cacao con capacidad de 2400 mazorcas por hora para incrementar la productividad de los agricultores”, su estudio tuvo como objetivo diseñar y fabricar una máquina trituradora de cacao con capacidad de 2.400

mazorcas por hora para incrementar la productividad de los agricultores; se utilizó una metodología perceptual e integrativa. Los resultados del proceso de despulpado del cacao evidenciaron una tasa de extracción de granos del 95% en relación con la cantidad de mazorcas procesadas. En las pruebas de control de calidad de las materias primas, se determinó que, al utilizar 350 mazorcas de cacao, se producía una pérdida aproximada del 1,5% de la cantidad total de granos obtenidos. Se concluyó que la capacidad unitaria final de la máquina es de 3,648 mazorcas por hora, superando el objetivo principal planteado al iniciar el proyecto, lo que permitió realizar entonces. posible para los agricultores. reducir el tiempo de procesamiento del producto y al mismo tiempo reducir costos y así aumentar la productividad.

Ames (2019), En su tesis titulada prototipo de diseño de máquina descascaradora de cacao. Plantea como objetivo diseñar un prototipo de una máquina descascaradora de cacao. Siguiendo la metodología aplicada. Como resultados se determinó que los materiales elegidos para la fabricación cumplen con todos los requisitos y especificaciones necesarias, cada uno con distintas tolerancias según su función. Además, se verificó que el ensamblaje se realice de manera adecuada. Se llegó a la conclusión que gracias a un proceso de compresión de la materia prima mediante rodillos y su velocidad de procesamiento, es posible incrementar la producción previamente establecida. De este modo, se evidencia el logro del objetivo principal del prototipo de diseño presentado.

14 Bautista (2021) En su tesis sobre “implementación de una línea de producción para el despulpado de cacao en la empresa Electroclima”. Tuvo como objetivo establecer una línea de producción de pulpa de cacao para la empresa Electroclima, mediante el desarrollo de una interfaz que permita al usuario controlar la máquina de forma sencilla. siguiendo una metodología bajo una investigación aplicada. Por lo tanto, la inversión en la construcción de la máquina fue de \$1,682.47, lo cual fue más justo para la organización al reducir la mano de obra en el proceso, y la máquina logró un rendimiento del 98% con un pequeño margen de error. Se concluyó que el proceso de producción del cacao consiste en cortar la vaina por la mitad con un cuchillo y colocarla en un cilindro giratorio, donde la pulpa se separa de la vaina y se transporta por separado.

2 Jaimes (2021) en su tesis “Diseño una máquina cortadora y despulpadora de cacao para la finca Esmeralda del municipio de San Martín, Colombia”, el objetivo del diseño fue a través de la metodología QFD. siguiendo la metodología basado en un enfoque cuantitativo. Como resultado para el diseño en esta investigación se utilizaron programas

como ANSYS y SolidWorks, además la construcción de la máquina en la finca Esmeralda tiene un costo de 8 020 500.00 pesos colombianos. Se concluyó que el diseño de una máquina tiene una capacidad de 4.700 mazorcas/hora. También en este estudio también se observaron variables que afectan al grano como longitud promedio 23,39 cm, diámetro 9,23 cm, diámetro. masa 6,4 N y fuerza máxima de corte 667,08 N, Información valiosa para el diseño de ciertos elementos de la máquina.

3 Mogro & Vera (2022) En su tesis titulada “implementación de un sistema automatizado para el corte y despulpado de mazorcas de cacao, para mejorar la producción, en la asociación de campesinos lamanenses Ascala” se desarrolló con el objetivo de implementar una máquina para cortar y despulpar mazorcas de cacao en la Asociación de Campesinos Lamanenses “ASCALA” del cantón La Maná, con el fin de optimizar su producción, esta investigación sigue una metodología mixta, es decir cuantitativa y cualitativa. Como resultado de la investigación arrojo un tiempo promedio de incubación del cacao de 15,3 minutos por 100 unidades de mazorcas, con un consumo de energía promedio por 100 unidades producidas de 1,6 kWh a un costo de aproximadamente USD 0,04.. Se concluyó que la máquina está diseñada para reducir el tiempo de producción, reducir el riesgo del operador y satisfacer las necesidades del cliente, teniendo siempre en cuenta los requisitos de producción. Se aplicó el método de diseño de chancado y cribado centrífugo con sistema de cuchillas giratorias y trituradora cilíndrica.

4 En los antecedentes nacionales, Campos (2019) en su tesis titulada “Diseño de un despulpador para recuperar el mucílago del cacao e influenciar su utilización en la empresa “CORPOCACAO SAC”, Satipo-Junín 2018”. Se plantea como objetivo diseñar un despulpador para salvaguardar el mucílago del cacao para la compañía “CORPOCACAO SAC”. Siguiendo la metodología investigación cuantitativa-descriptiva. Como resultados, la máquina está diseñada para reducir el tiempo de producción, reducir el riesgo del operador y satisfacer las necesidades del cliente, teniendo siempre en cuenta los requisitos de producción. Se aplicó el método de diseño de chancado y cribado centrífugo con sistema de cuchillas rotatorias y trituradora cilíndrica. El diseño del molino de cacao se completó realizando cálculos físicos de cada componente utilizando la norma de acero AISI 304 y determinando las dimensiones y estructura de la estructura en proyecciones.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Población, muestra y muestreo

#### 2.1.1. Población de la investigación

La población de estudio para este proyecto se centra en la comunidad cacaotera del distrito de Bellavista que son 40 personas que actualmente no cuenta con una máquina para despulpar las mazorcas de cacao.

#### 2.1.2. Muestra de la investigación

Castro (2003) señala que cuando la población es menor a 50 individuos, se emplea una muestra censal, dado que se estudia a todos los elementos.

La muestra son los 40 productores de cacao del distrito de Bellavista.

#### 2.1.3. Muestreo de la investigación

Dado que la población total está conformada por 40 productores de cacao y se tuvo acceso directo a todos ellos, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Según Arias (2020) este tipo de muestreo permite seleccionar a los participantes en función de su disponibilidad y pertinencia para el estudio, asegurando la recolección completa de la información necesaria para el análisis.

### 2.2. Materiales

- Cinta métrica para medir las distancias de los materiales.
- Pie de rey para medir el fruto del cacao
- Cámara fotográfica.
- El software de diseño mecánico SolidWorks se utiliza para diseñar y simular la máquina.

### 2.3. Método

Método analítico: en este proyecto de investigación se ha empleado este método, lo cual para Arias (2020) se caracteriza por estudiar un fenómeno a través de sus partes para obtener un resultado completo. Este método es útil para nuestra investigación porque revisa todos los materiales necesarios para el estudio de forma individual”.

## 2.4. Procedimientos

Para el correcto diseño de la máquina de cacao, nos planteamos dos soluciones, a partir de la revisión bibliográfica se determinará la solución adecuada.

### 2.4.1. **Determinar la producción anual y demanda diaria de cacao en el distrito de Bellavista Jaén con el fin de establecer la capacidad de procesamiento necesaria para el diseño.**

- Recolección de datos de los 40 productores de cacao
- Registra la información en Excel
- Analizar la información registrada
- Procesar los datos recolectados para determinar la producción anual y la demanda diaria de cacao

### 2.4.2. **Dimensionar los componentes de la despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.**

- Realizar la revisión bibliográfica.
- Determinar los esfuerzos mecánicos de los componentes a través de fórmulas.
- Plantear un boceto del diseño.

### 2.4.3. **Simular los componentes de la despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.**

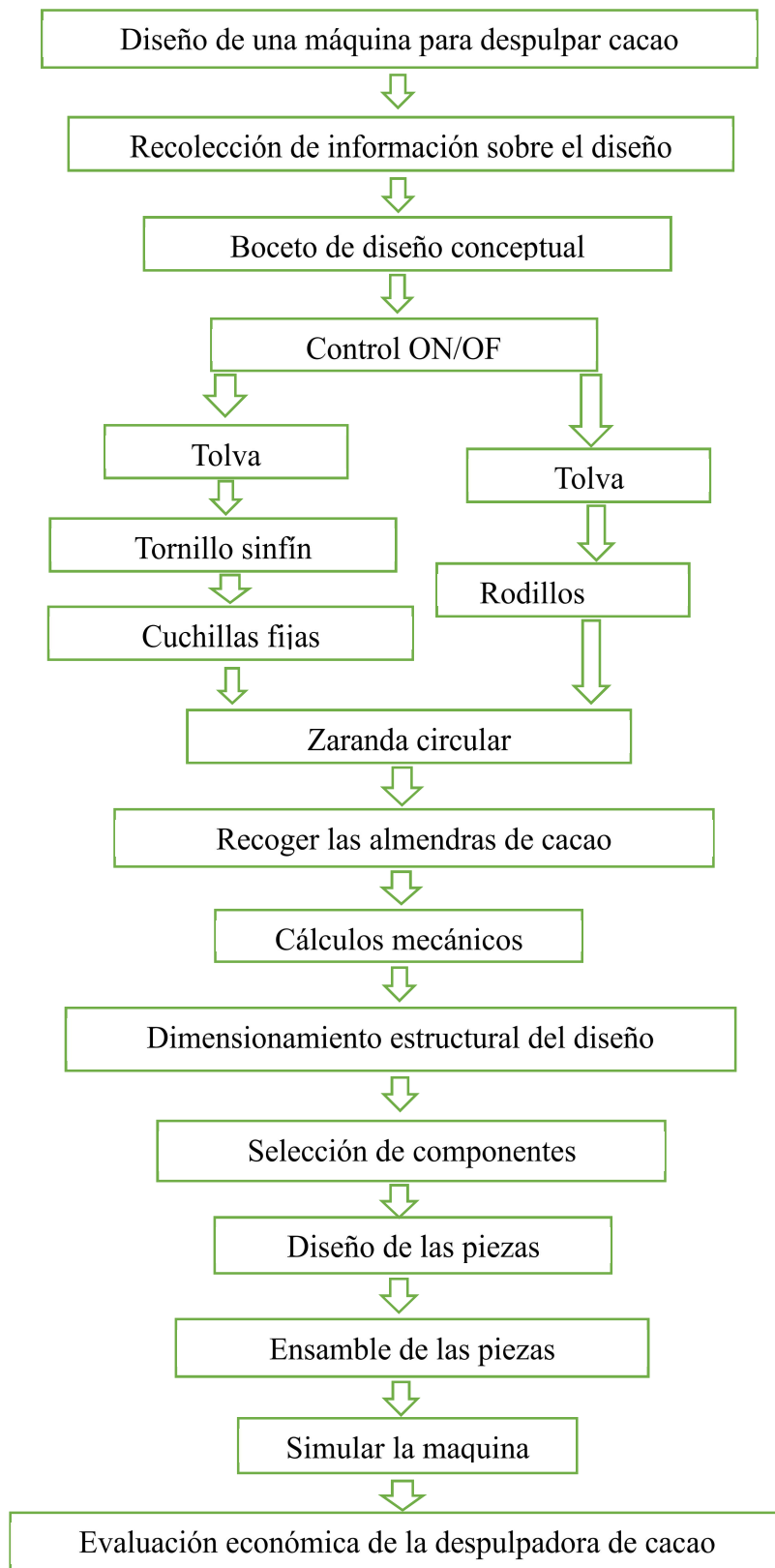
- Diseñar las piezas de la despulpadora de cacao en SolidWorks
- Ensamblar y simular las piezas en el programa.
- Comprobar el funcionamiento del diseño de la máquina.
- Comparar los resultados del Excel y del software.

### 2.4.4. **Evaluar la rentabilidad económica del diseño propuesto de la despulpadora, considerando su eficiencia energética y su impacto en la mejora de la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023**

- Calcular el costo total de la máquina.
- Determinar la tasa interna de retorno (TIR)
- Determinar el valor neto actual (VAN)

**Figura 1.**

*Flujograma del diseño de máquina despulpadora de cacao*



*Nota.* Flujograma del procedimiento de la máquina despulpadora de cacao.

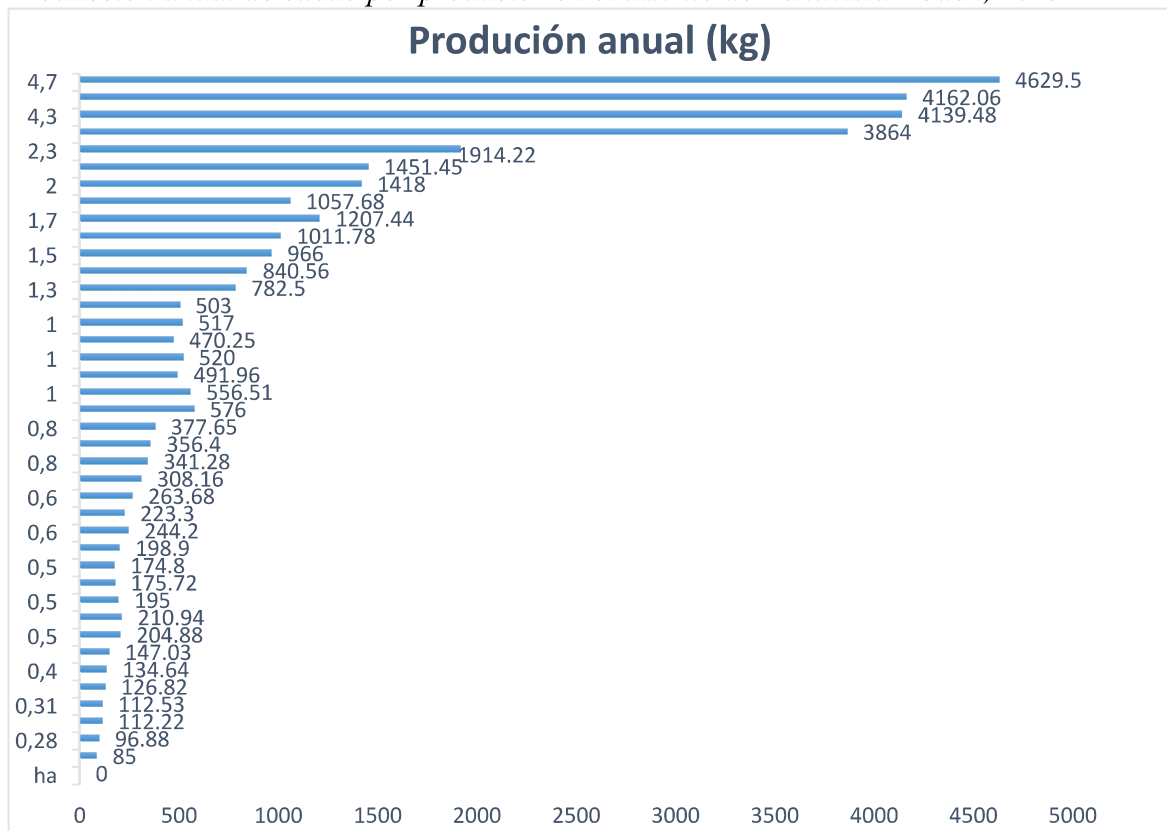
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinar la producción anual y demanda diaria de cacao en el distrito de Bellavista Jaén con el fin de establecer la capacidad de procesamiento necesaria para el diseño.

Para determinar la demanda de la producción de cacao, se identificó y organizó la información correspondiente a los productores de cacao del distrito de Bellavista, ubicado en la provincia de Jaén, región Cajamarca. En este proceso se recolectaron datos clave como la superficie cultivada, el rendimiento por hectárea y la producción anual de cada productor, los cuales se encuentran detallados en el Anexo 3. A partir de esta base, se elaboró la Figura 2, donde se muestra gráficamente la distribución de la producción anual de cacao por productor. Esta representación permite visualizar la variabilidad entre los agricultores de la zona y sirve como punto de partida para los análisis agregados presentados a continuación.

**Figura 2.**

*Producción anual de cacao por productor en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023*



Como se observa en la Figura 2, existe una marcada dispersión en los volúmenes de producción anual entre los productores de cacao del distrito de Bellavista. Si bien una parte considerable de los agricultores registra volúmenes bajos, también se identifican casos con producciones significativamente superiores, lo que refleja la heterogeneidad en el manejo técnico, extensión de cultivo y niveles de productividad. A partir de esta caracterización individual, se presenta a continuación la Tabla 1, que resume los principales indicadores agregados del conjunto de productores evaluados.

**Tabla 1.**

*Resumen general de la producción de cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023*

Indicador	Valor	Unidad
Número total de productores	40	Productores
Superficie total cultivada	49.86	ha
Producción total anual	35169.42	kg
Promedio de rendimiento	705.36	kg/ha/año
Promedio de producción por productor	538.58	kg

En la Tabla 1 se observa que los 40 productores de cacao del distrito de Bellavista cultivan un total de 49.86 hectáreas, logrando una producción anual conjunta de 35169.42 kilogramos. El rendimiento promedio alcanza los 705.36 kg/ha/año, lo cual se encuentra dentro del rango técnicamente aceptable para zonas con manejo intermedio. Asimismo, se registra una producción promedio de 538.58 kilogramos por productor, lo que permite dimensionar el nivel de productividad individual en el contexto local. Para establecer la estructura productiva del distrito, se muestra en la Tabla 2, una clasificación de los productores según el tamaño de su unidad productiva en tres categorías: pequeños, medianos y grandes. Esta clasificación permite evidenciar la distribución de la producción y la participación relativa de cada grupo dentro del total.

**Tabla 2.**

*Clasificación de productores de cacao según el tamaño de área cultivada en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023*

Tipo de productor	Rango de hectáreas	Nº de productores	% del total	Producción total (kg)
Pequeño	≤ 1	26	65%	7168.24
Mediano	1 – 2	8	20%	7840.47
Grande	> 2	6	15%	20160.71
Total		40	100%	35169.42

En la Tabla 2 se clasifican los productores de cacao de Bellavista según el tamaño de la superficie cultivada. Se observa que el 65.% de los productores son considerados pequeños (con hasta 1 hectárea), quienes concentran una producción de 7,168.24 kilogramos, equivalente al 20.% del total. Por otro lado, los medianos productores (entre 1 y 2 hectáreas) representan el 20.% del total y generan 7,840.47 kilogramos. Finalmente, aunque solo el 15.% de los productores califica como grande (más de 2 hectáreas), este grupo aporta el 57.% de la producción total, lo que revela una alta concentración productiva en pocas unidades. De forma complementaria se elaboró la Tabla 3, donde se agrupa a los productores según su nivel de rendimiento técnico, expresado en kilogramos por hectárea al año. Esta clasificación permite identificar brechas en la eficiencia productiva y detectar oportunidades de mejora en el manejo agronómico de las parcelas.

**Tabla 3.**

*Clasificación de productores de cacao según nivel de rendimiento en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023*

Tipo de rendimiento	Rango (kg/ha/año)	Nº de productores	% del total
Bajo rendimiento	< 600	27	68%
Medio rendimiento	600 – 900	9	23%
Alto rendimiento	> 900	4	10%

En la Tabla 3 se agrupa a los productores según su rendimiento técnico. Se observa que el 68.% de los agricultores presentan un rendimiento menor a 600 kg/ha/año, lo cual evidencia limitaciones en el manejo agronómico y técnico del cultivo. Solo el 10.% de los productores alcanza un rendimiento superior a 900 kg/ha/año, correspondiente a un nivel productivo alto y posiblemente asociado a mayores prácticas de tecnificación y asistencia técnica. A partir de los valores consolidados, se realizó el cálculo de la demanda diaria de despulpado, considerando que en promedio se desarrollan dos campañas anuales y que cada campaña tiene una duración efectiva de 60 días. La Tabla 4 presenta el resultado de este cálculo, el cual es fundamental para determinar los parámetros de capacidad operativa de la despulpadora a diseñar.

**Tabla 4.**

*Estimación de la demanda diaria de despulpado de cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023*

Parámetro	Cálculo	Valor estimado
Producción anual total	35169.42	kg
Nº de campañas al año	2	campañas
Producción por campaña	17584.71	kg
Días efectivos por campaña	60	días
Demanda diaria de despulpado	293.08	kg/día

La Tabla 4 muestra el cálculo de la demanda diaria de despulpado a partir de los valores consolidados de producción anual. Considerando un total de 35,169.42 kilogramos distribuidos en dos campañas por año, se estima una producción promedio por campaña de 17,584.71 kilogramos. Si se asume que cada campaña cuenta con 60 días efectivos de cosecha y procesamiento, se obtiene una demanda diaria de despulpado de 293.08 kilogramos por día.

### 3.2. Dimensionar los componentes de la despulpadora de cacao para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.

Para dimensionar los componentes de la despulpadora de cacao, primero se definió el tipo de configuración más adecuada considerando experiencias de diseño previas enfocadas en sistemas para el procesamiento primario del cacao. Becerra y Siadén (2018), en su estudio de diseño y fabricación de un prototipo de despulpadora de cacao, establecen mediante la aplicación del método de diseño VDI 2221 que el diseño óptimo para una máquina despulpadora es aquel que integra un sistema de cilindro horizontal con elementos de separación tipo zaranda. Este diseño ha sido seleccionado como referencia para el presente estudio, adaptándolo a la demanda técnica estimada en el distrito de Bellavista – Jaén. En la Figura 3 se presenta un diagrama esquemático que representa las partes principales del sistema, el cual guiará el proceso de dimensionamiento de cada componente.

#### Figura 3.

*Diagrama de flujo que seguir el diseño de la máquina*



### 3.2.1. Alimentación del cacao

El sistema de alimentación es el encargado de recibir el cacao en cáscara y dirigirlo de forma controlada hacia el cilindro despulpador. Su diseño debe permitir una carga continua o por lotes, evitando atascos o reboses, y garantizar que el flujo de fruta hacia el sistema de despulpado sea uniforme y sin interrupciones. Para ello, se considera el uso de una tolva de alimentación y una alimentación por gravedad. Se establece el volumen útil que debe tener la tolva para almacenar la cantidad de cacao en cáscara correspondiente a una jornada diaria de trabajo. Este volumen se calculará en función de la masa total de cacao a procesar y la densidad aparente del fruto en su estado natural, empleando según Ling et al. (2016) la ecuación 1 que es una ecuación general del volumen.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad 1$$

En esta ecuación  $V$  representa el volumen requerido de la tolva expresado en metros cúbicos ( $m^3$ ),  $m$  corresponde a la masa total del cacao que se debe almacenar, medida en kilogramos (kg), y  $\rho$  hace referencia a la densidad del cacao en cáscara, expresada en kilogramos por metro cúbico ( $kg/m^3$ ). Según datos reportados por la FAO y el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), la densidad promedio del cacao en cáscara es de  $400 kg/m^3$ . Asimismo, con base en el análisis de demanda realizado en el capítulo anterior, se determinó que la masa diaria de cacao a procesar asciende a 293 kg. Por lo tanto, el volumen mínimo que debe tener la tolva de alimentación se calcula utilizando estos valores, garantizando así la capacidad necesaria para una carga completa durante cada jornada de operación, en la tabla 5 se muestra el volumen requerido.

**Tabla 5.**

*Volumen requerido por la tolva para almacenar el cacao en cáscara*

Parámetro	Valor	Unidad
V	0.7325	m <sup>3</sup>
M	293	kg
ρ	400	kg/m <sup>3</sup>

Considerando la facilidad constructiva, se ha considerado que la tolva estará conformada por dos secciones geométricas: una parte superior de forma prismática y una parte inferior de forma tronco piramidal invertida. La combinación de ambas permite optimizar tanto el almacenamiento y la descarga del cacao hacia el sistema despulpador. La expresión matemática utilizada para calcular el volumen de la sección prisma según Hibbeler (2013) se muestra en la ecuación 2 y para calcular el volumen del tronco según Beer et al. (2015) se muestra en la ecuación 3.

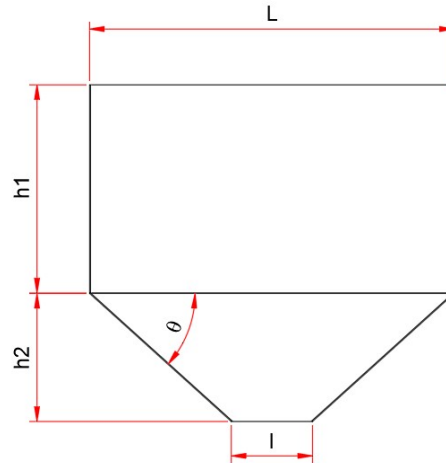
$$V_{prisma} = L^2 h_1 \tag{2}$$

$$V_{tronco} = \frac{h_2}{3} (L^2 + Ll + l^2) \tag{3}$$

En la Figura 4 se muestran las dimensiones consideradas para el diseño de la tolva de alimentación. La variable  $L$  representa el lado de la base cuadrada superior de la tolva, correspondiente a la sección prismática. La altura de esta sección se denota como  $h_1$ . En la parte inferior se ubica la sección tronco piramidal invertida, donde  $l$  indica el lado de la base menor, ubicada en la salida de la tolva, y  $h_2$  corresponde a la altura de dicha sección.

**Figura 4.**

*Representación esquemática de la tolva de alimentación con sus dimensiones geométricas*



El ángulo  $\theta$  representa la inclinación de las paredes internas en la sección tronco piramidal de la tolva, siendo un parámetro determinante en el comportamiento del flujo del cacao hacia la salida. Una inclinación adecuada evita la formación de zonas muertas y facilita el deslizamiento continuo del producto por gravedad. Dado su papel como condicionante del flujo, se ha considerado su relación directa con la altura  $h_2$ , la cual puede expresarse en función de las dimensiones geométricas del tronco según Hibbeler (2013) mediante la ecuación 4, que vincula este ángulo con la diferencia entre los lados superior e inferior de la tolva.

$$h_2 = \frac{L - l}{2 \tan(\theta)} \tag{4}$$

Si se reemplaza la expresión de la altura  $h_2$ , obtenida en función del ángulo de inclinación  $\theta$ , dentro de la fórmula del volumen del tronco piramidal invertido, se obtiene una nueva ecuación que permite calcular directamente el volumen en función de los lados  $L$ ,  $l$  y el ángulo  $\theta$ . Esta formulación basándose en Beer et al. (2015) se presenta en la ecuación (5), la cual resulta especialmente útil cuando el ángulo de descarga es un parámetro fijo en el diseño de la tolva.

$$V_{tronco} = \frac{1}{3} \left( \frac{L - l}{2 \tan(\theta)} \right) (L^2 + Ll + l^2) = \frac{L^3 - l^3}{6 \tan(\theta)} \tag{5}$$

El volumen total de la tolva se determina como la suma de los volúmenes de sus dos componentes geométricos: la parte prismática superior y la parte troncopiramidal inferior. Para ello, se emplean las fórmulas individuales previamente establecidas para cada componente, considerando tanto las dimensiones lineales como el ángulo de inclinación.

Según Hibbeler (2013) esta formulación combinada que se muestra en la ecuación 6 proporciona una herramienta integral para el cálculo del volumen total de almacenamiento de la tolva, la cual es esencial para dimensionar adecuadamente su capacidad en función de la demanda operativa del sistema.

$$V_{total} = L^2 h_1 + \frac{L^3 - l^3}{6 \tan(\theta)} \quad 6$$

Para establecer las dimensiones finales de la tolva, se deben definir ciertos parámetros iniciales en función de criterios técnicos y del comportamiento del material. En primer lugar, el lado menor de la base del tronco piramidal invertido, representado por  $l$ , debe tener el suficiente espacio para que el cacao en cáscara ingrese este tiene una longitud entre 15 cm a 20 cm por lo que se consideró 22 cm para el dimensionamiento. Por otro lado, el ángulo de inclinación  $\theta$  de las paredes internas debe encontrarse dentro del rango recomendado para garantizar un flujo libre de materiales granulares como el cacao, el cual, de acuerdo con literatura técnica (FAO y manuales de diseño de silos), se sitúa entre 45 y 60 grados. En este caso, se ha adoptado un valor de 55° como promedio. Finalmente, se toma como volumen total de diseño el mínimo requerido para una carga diaria completa, que corresponde a 0.7325 m<sup>3</sup>. Con estos parámetros definidos, se procederá a determinar combinaciones adecuadas de  $L$  y  $h_1$  que satisfagan la ecuación general del volumen total de la tolva.

**Tabla 6.**

*Dimensiones que satisfacen la ecuación de volumen*

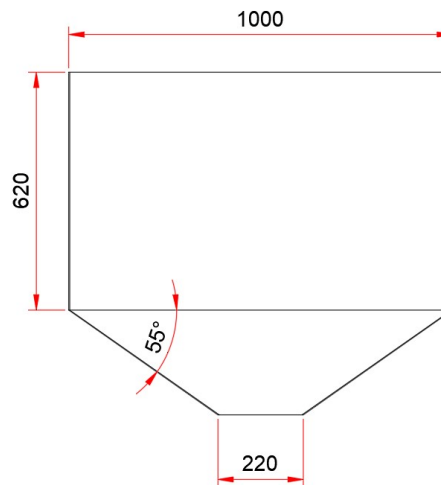
<b>h1</b>	<b>L</b>	<b>h2</b>
0.68	0.5	0.098
0.62	1	0.273
0.56	1.5	0.448

Las tres combinaciones evaluadas para las dimensiones de la tolva se han calculado considerando un ángulo de inclinación constante de 55°, lo cual garantiza condiciones uniformes de descarga del cacao en todos los casos. Por tanto, las variaciones observadas en la relación entre  $h_2$  y  $h_1$  responden únicamente a ajustes geométricos necesarios para mantener el volumen total constante a medida que varía la longitud  $L$  de la base superior. Entre las opciones analizadas, se selecciona la segunda combinación de  $L$  de 1 m y  $h_1$  de 0.62 m, ya que esta dimensión de boca resulta adecuada para facilitar el proceso de

llenado por medios manuales, permitiendo que los trabajadores viertan el cacao sin dificultad ni riesgo, lo que mejora la ergonomía y eficiencia operativa del sistema de alimentación.

### Figura 5.

*Medidas de la tolva de alimentación*

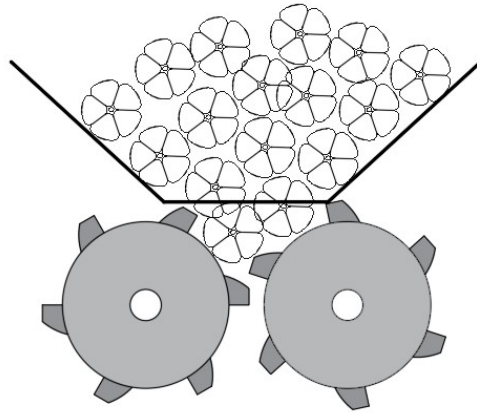


### 3.2.2. Sistema de despulpado

Para el proceso de despulpado del cacao se ha optado por el diseño de un sistema de rodillos compresores, mecanismo consiste en dos cilindros que giran en sentidos opuestos y ejercen una presión controlada sobre las mazorcas, permitiendo la ruptura de la cáscara y la liberación de las almendras sin ocasionar daño estructural al grano. Su principio de funcionamiento se basa en la compresión progresiva, lo que lo convierte en una solución eficaz, compacta y de bajo consumo energético. Además, este sistema ofrece facilidad de construcción y mantenimiento, lo que lo hace adecuado para entornos rurales donde se requiere robustez y sencillez operativa. En la figura 6 se muestra un bosquejo del diseño.

### Figura 6.

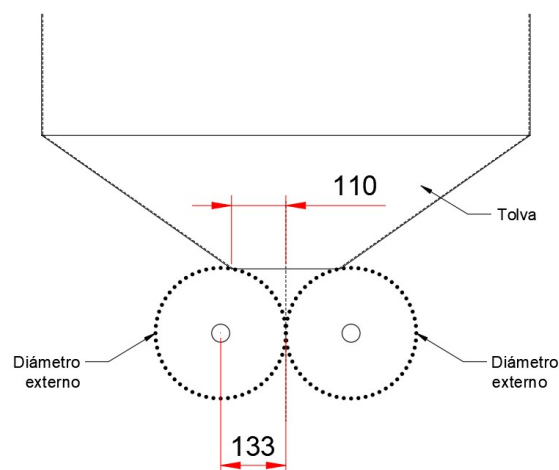
*Bosquejo de tambores de despulpado*



Para garantizar un flujo controlado del cacao desde la tolva hacia el sistema de despulpado, se ha establecido como criterio de diseño que el diámetro externo de los rodillos debe cubrir completamente la abertura inferior de la tolva. Este enfoque asegura que no existan espacios libres por donde el cacao pueda desviarse antes de pasar por la zona de compresión entre los cilindros. Además, permite que el flujo de material se concentre exclusivamente en el punto de contacto de los rodillos, optimizando así la eficiencia del proceso. En base a este principio, el valor del diámetro externo se ha igualado al ancho de la salida de la tolva, asegurando un cierre geométrico adecuado y evitando fugas laterales o inclinaciones indeseadas en la trayectoria del cacao. Esta decisión técnica constituye el punto de partida para el cálculo dimensional del sistema de rodillos como se muestra en la figura 7.

### Figura 7.

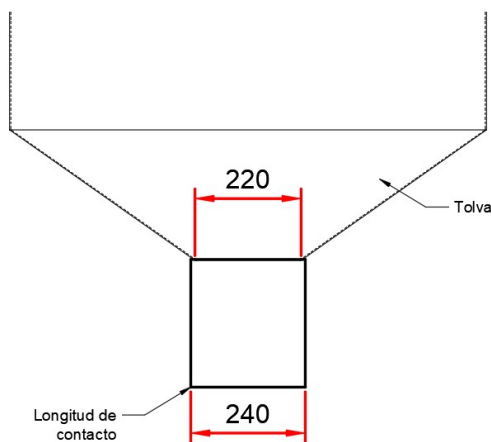
#### *Diámetro exterior de los rodillos*



Una vez definido el diámetro externo de los rodillos en función de la geometría de la tolva, el siguiente parámetro a establecer es la longitud efectiva del rodillo. Esta longitud corresponde al ancho útil por el cual pasará el cacao en el proceso de despulpado. Para garantizar un adecuado contacto con el flujo de material y evitar pérdidas laterales, se considera como base el ancho de salida de la tolva (220 mm), al cual se le añaden márgenes de seguridad de aproximadamente 10 mm a cada lado. De este modo, se determina una longitud efectiva de trabajo de 240 mm, lo cual asegura que el cacao sea correctamente procesado a lo largo de toda la sección de salida, en la figura 8 se muestra el esquema.

### Figura 8.

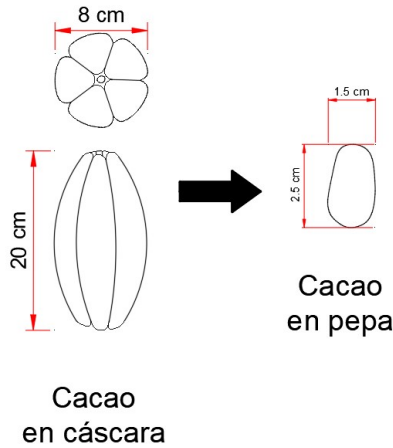
*Esquema de longitud de contacto del cilindro*



Según Becerra y Siadén (2018), en el diseño de máquinas despulpadoras de cacao es fundamental preservar la integridad de la semilla, por lo que se recomienda que la altura de los dientes de los rodillos sea ligeramente inferior al tamaño de la semilla para evitar su daño durante el proceso de separación. Con el fin de garantizar dicha condición, se ha tomado como referencia las dimensiones del fruto de cacao cultivado por los productores de Bellavista (Jaén, Cajamarca), determinándose que las máximas dimensiones de la semilla en pepa alcanzan 2.5 cm de largo y 1.5 cm de ancho, tal como se muestra en la Figura 9.

### Figura 9.

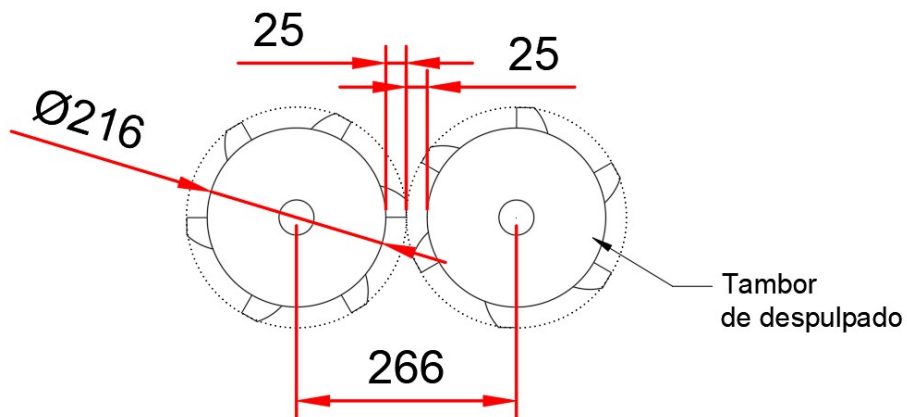
*Medidas máximas del cacao producido en Bellavista*



Es por ello por lo que, para cumplir con lo establecido, se ha definido que la altura del diente sea de 2.5 cm y que la distancia mínima entre la punta del diente de un rodillo y la superficie del rodillo opuesto también sea de 2.5 cm, asegurando así que el mecanismo no aplaste las semillas durante el despulpado. Esta condición geométrica se muestra gráficamente en la Figura 10, donde se puede apreciar el espacio de seguridad entre dientes y rodillos, así como la separación total entre centros de los tambores de despulpado.

**Figura 10.**

*Distribución geométrica de los tambores de despulpado y separación mínima para preservar la integridad de la semilla de cacao*



Para determinar la cantidad de dientes en el rodillo de despulpado, se ha considerado un criterio geométrico basado en el tamaño del fruto de cacao en cáscara. Por ello, se ha definido que entre cada par de dientes debe existir un espacio angular suficiente para alojar un fruto completo sin que este sea comprimido por dientes consecutivos. Esta condición permite que el fruto sea empujado de forma individual hacia el punto de

contacto entre rodillos, favoreciendo la separación de la cáscara sin comprometer la integridad de la semilla. De este modo, la cantidad total de dientes se establece en función del perímetro del rodillo y del diámetro promedio del fruto y se calculará según Becerra y Siadén (2018) mediante la ecuación 7.

$$Z = \frac{\pi D_r}{d_f} \quad 7$$

La ecuación 7 permite estimar la cantidad de dientes  $Z$  que debe tener el rodillo de despulpado, dividiendo su perímetro entre el espacio requerido por cada diente, el cual corresponde al diámetro promedio del fruto de cacao. En esta relación,  $Z$  representa el número de dientes y se redondea al valor entero inferior para evitar interferencias entre dientes;  $D_r$  es el diámetro del rodillo, expresado en centímetros; y  $d_f$  es el diámetro del fruto de cacao también en centímetros considerando un valor de  $d_f$  de 8 cm correspondiente al cacao en cáscara producido en Bellavista (Jaén, Cajamarca), en la tabla 7 se muestra el cálculo de la cantidad de dientes

**Tabla 7.**

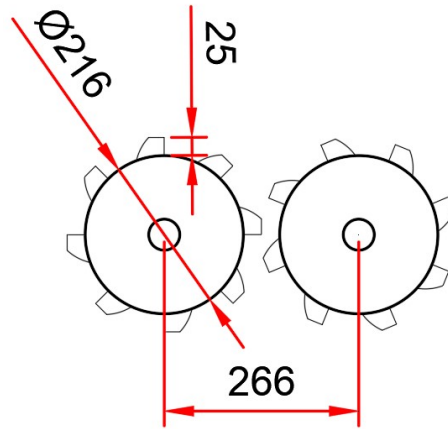
*Cálculo de número de dientes*

Parámetro	Cantidad	Unidad
$Z$	8	dientes
$D_r$	21.6	cm
$d_f$	8	cm

Finalmente, considerando los criterios de altura de diente, separación mínima entre rodillos y la distribución de los dientes basada en el tamaño del fruto de cacao, se ha definido el diseño definitivo de los tambores despulpadores. Tal como se muestra en la Figura 11, cada rodillo cuenta con 8 dientes distribuidos uniformemente sobre un diámetro de 21.6 cm, y están dispuestos con un eje a eje de 26.6 cm. Esta configuración garantiza que las semillas no sean dañadas durante el proceso de despulpado, cumpliendo así con los lineamientos establecidos para la protección de la integridad del grano.

**Figura 11.**

*Diseño final de los tambores despulpadores.*



### 3.2.3. Sistema de separación

Para dimensionar el sistema de separación (zaranda circular o trommel) que divide el cacao en baba (pasante) de la cáscara (rechazo), se parte del balance de masa en régimen continuo: la demanda diaria de materia prima debe expresarse como caudal másico de alimentación  $\dot{m}$  para que los cálculos de tiempo de residencia, longitud efectiva del tambor, área abierta y régimen de giro se vinculen coherentemente. Dado que la operación deberá ser entre 6 a 8 horas diarias y la demanda es 293 kg al día, el primer paso consiste en convertir esta demanda a  $\dot{m}$ , obteniendo los valores horarios y en SI (kg/s) que servirán como entrada única para todo el desarrollo posterior del diseño de la zaranda, según Çengel & Cimbala (2014) en la ecuación 8 se muestra el cálculo.

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \left\{ \begin{array}{l} t = 6h; m = 293kg; \dot{m} = 48.83 \frac{kg}{h} = 0.013565 \frac{kg}{s} \\ t = 8h; m = 293kg; \dot{m} = 36.62 \frac{kg}{h} = 0.010174 \frac{kg}{s} \end{array} \right\} \quad 8$$

Según Torres & Quevedo (2019), la velocidad de operación adoptada para el cilindro despulpador (zaranda tipo tambor) es de 34 rpm, valor seleccionado a partir de antecedentes de equipos similares y corroborado en pruebas de funcionamiento del prototipo. Este valor será la referencia para el dimensionamiento subsecuente. Estos mismos autores mencionan que la velocidad crítica del cilindro se estima con la ecuación 9 (expresada en rev/s como función del radio), que se emplea para evitar el régimen de centrifugado durante la selección de la velocidad de trabajo

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{D}} \quad 9$$

Según Doll y Tischler (2015), en la práctica de ingeniería de procesos la velocidad de giro de tambores/molinos se expresa como “porcentaje de velocidad crítica”, definida como la fracción de crítica  $f$ , definida como la relación entre la velocidad de operación y la velocidad crítica como se muestra la ecuación 10. Esta notación en “% de criticidad” permite fijar un régimen de rodadura/cascada evitando el centrifugado y, a partir de  $f$ , calcular el diámetro compatible con la velocidad seleccionada.

$$f = \frac{N}{N_c} \tag{10}$$

Teniendo en cuenta la ecuación 9, que relaciona la velocidad crítica con el diámetro, y la ecuación 10, que define la fracción de criticidad, se despeja el diámetro interior  $D$  en función de la velocidad de operación  $N$  y de  $f$ , sustituyendo en la ecuación 9 y reordenando algebraicamente, se obtiene la expresión mostrada en la ecuación 11, con  $D$  en metros y  $N$  en rpm, que se utilizará para fijar el diámetro compatible con el porcentaje de criticidad adoptado.

$$D = \left(\frac{42.3 f}{N}\right)^2 \tag{11}$$

Según Sullivan, Hill y Sullivan (1992), en trommeles la eficiencia de cribado aumenta con la velocidad hasta aprox. 50–60 % de  $N_c$  y luego cae bruscamente; a ~75 % del material tiende a permanecer en el aire o adherirse, reduciendo el cribado De forma consistente, Edge Innovate (2025) señala que el máximo de eficiencia suele alcanzarse alrededor de 50–60 % de  $N_c$ , disminuyendo más allá de ese rango. A su vez, Shyamal et al. (2024) reportan que, cuando existen barras levantadoras, el trommel puede operar hasta ~80 % de  $N_c$ , mientras que sin levantadores conviene permanecer en torno a ~50 % de  $N_c$ . Con base en estas referencias, se acota un intervalo operativo práctico de 60–70 % de  $N_c$  para balancear capacidad y evitar centrifugado; en este trabajo se adopta el valor central de 0.65 para mantener un régimen conservador en la tabla 8 se muestra el cálculo del diámetro.

**Tabla 8.**

*Diámetro teórico de la zaranda*

Parámetro	Cantidad	Unidad
$N$	34	rpm
$f$	0.65	—

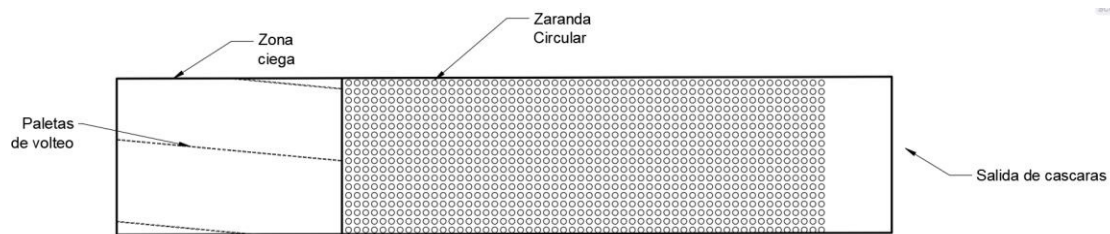
D	0.654	m
$V_t$	1.16	m/s

Como se menciona se tomó una velocidad de operación de 34 rpm, tomada de la tesis de Torres & Quevedo (2019). Con base en la literatura de trómeles, y para la eficiencia del cribado un valor de 65 % para equilibrar capacidad y evitar condiciones cercanas al centrifugado. Con esa decisión y la velocidad indicada, el diámetro calculado es 0.654 m; por criterios de fabricación se adopta un diámetro de 0.65 m. La velocidad tangencial resultante es 1.16 m/s, adecuada para un manejo suave del grano.

Con el diámetro adoptado de 0.65 m y los parámetros operativos resumidos en la Tabla 8 (34 rpm, 65 % de velocidad crítica y una velocidad tangencial de 1.16 m/s), se establece la base geométrica y cinemática de la zaranda. A partir de este resultado se define la configuración constructiva y funcional mostrada en la Figura 12: una zona ciega de alimentación para estabilizar el lecho y proteger el grano, una sección perforada para la clasificación efectiva, paletas internas que promueven la rodadura y la renovación del frente de cribado, y la descarga de cáscaras.

**Figura 12.**

*Esquema inicial de la zaranda circular*



En el diseño de la zaranda circular para el sistema de separación del equipo despulpador, se han considerado diversos parámetros funcionales que garantizan la eficiencia del transporte, agitación y clasificación del cacao en sus diferentes fases. Estos parámetros han sido definidos tomando como base el estudio desarrollado por Escobar (2023), quien presenta una propuesta de configuración mecánica adecuada para el tratamiento del cacao post despulpado. Los parámetros seleccionados incluyen la longitud de la zona ciega, la longitud total de la zaranda circular, la cantidad de paletas, la inclinación de las paletas internas y la inclinación general de la zaranda. Las cantidades adoptadas para cada uno de estos aspectos se presentan a continuación en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Parámetros definidos para el diseño de la zaranda circular*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Longitud de la zona ciega	0.25	m
Longitud de la zaranda circular	0.7	m
Cantidad de paletas	4	unidades
Inclinación de las paletas	30	grados
Altura de paletas	50	mm
Inclinación de la zaranda	10	grados

**3.2.4. Selección de motor**

Las velocidades de operación tanto para el sistema de despulpado como para el de separación mediante zaranda se definen considerando parámetros técnicos de referencia que aseguran una operación eficiente y cuidadosa con el grano de cacao. Según Escobar (2023), la velocidad de rotación recomendada para los rodillos despulpadores es de aproximadamente 60 revoluciones por minuto (rpm), valor que permite separar la pulpa sin dañar la almendra. La velocidad de rotación de la zaranda se estableció en 34 rpm garantizando una separación efectiva del residuo sin afectar la integridad del grano según la experiencia del antecedente. Ambos valores constituyen la base para el diseño del sistema de transmisión de potencia y se presentan a continuación en la Tabla 10.

**Tabla 10.**

*Velocidades de operación para el diseño del sistema de transmisión*

Componente	Velocidad de operación (rpm)
Rodillos de despulpado	60
Zaranda circular	34

El torque necesario para el sistema de despulpado ha sido documentado por Escobar (2023), quien establece un valor aproximado de 4.5 Nm, resultado del análisis de la resistencia al corte de la pulpa de cacao y la fricción generada en el contacto entre los rodillos y el fruto. En cambio, el torque requerido para accionar la zaranda no se encuentra especificado en dicha literatura, por lo que se determina mediante criterios de dinámica rotacional considerando el momento de inercia del sistema y su aceleración angular. Este cálculo se realiza según Ling et al. (2016) con base en la ecuación 12, que corresponde a la expresión general del torque en sistemas rotativos.

$$T = I\alpha$$

Como se aprecia en la ecuación 12 el torque consiste en el producto del momento de inercia  $I$  el cual es una magnitud fundamental para el cálculo del torque requerido en sistemas rotacionales, ya que describe la resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de rotación. En este caso, el cálculo del momento de inercia de la zaranda se realiza según Ling et al. (2016) con base en la ecuación 13, que corresponde al modelo simplificado de una masa puntual ubicada a una distancia del eje de giro.

$$I = mr^2 \tag{13}$$

Hlosta et all (2020) reportan a partir de simulaciones DEM validadas experimentalmente que el grado de llenado óptimo en tambores rotativos es 40–50 % para partículas esféricas y 30–40 % para partículas angulosas, rangos que aseguran el régimen de cascada/rodadura y evitan la compactación del lecho; aunque el estudio se centra en mezcladores, la física del lecho granular en tambor es equivalente a la de una zaranda cilíndrica: se requiere espacio libre suficiente para generar movimiento relativo y las paletas faciliten la separación, por lo tanto se determina el volumen de la zaranda mediante la ecuación 14.

$$V_{zar} = \frac{\pi D^2}{4} L \tag{14}$$

En la Ecuación 14,  $D$  corresponde al diámetro interno de la zaranda cilíndrica adoptado en el dimensionamiento realizado, cuyo valor es  $D$  es de 0.65 m; mientras que  $L$  es la longitud interna de la zaranda (longitud total del cilindro considerada para el volumen geométrico), es de 0.95. Con estos parámetros, el volumen interno de la zaranda se calcula directamente y el resultado se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** *Volumen interno de la zaranda*

Parámetro	Cantidad	Unidad
$V_{zar}$	0.3152	m <sup>3</sup>
D	0.65	m
L	0.95	m

Tomando  $V_{zar}$  igual a 0.3152 m<sup>3</sup>, el volumen ocupado por cacao y cáscara se define con el grado de llenado recomendado para partículas no esféricas, en un rango de ocupación de 30-40% de porcentaje de ocupación para granos angulosos. Para diseño se adopta una ocupación de 35% por representar un punto medio conservador, por lo que el volumen ocupado ( $V_{oc}$ ) es 0.1103 m<sup>3</sup> y el volumen libre remanente es 0.2049 m<sup>3</sup>,

suficiente para sostener el régimen de cascada y favorecer la separación de cáscara. En esta fase se adopta una densidad del cacao en baba de 980 kg/m<sup>3</sup> sustentada en Villarroel et al. (2022), quienes reportan densidades entre 0.978 y 0.998 g/cm<sup>3</sup> en bebidas fermentadas elaboradas con mucílago de cacao. Con el volumen ocupado se determina una masa de 108.09 kg para el cacao.

Para calcular el momento de inercia se considera la masa efectiva a mover compuesta por la masa estructural de la zaranda y la masa del cacao contenido en su interior durante la separación. Del modelado se adopta una masa estructural de 20 kg. Con el volumen ocupado  $V_{oc}$  igual a 0.1103 m<sup>3</sup> y la densidad del cacao en baba de 980 kg/m<sup>3</sup>, la masa del cacao resulta 108.09 kg. En consecuencia, la masa total efectiva que interviene en la rotación es 128.09 kg, valor que se empleará para el cálculo del momento de inercia y para determinar el torque de accionamiento. Estos datos se resumen en la Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Masa para el cálculo de inercia*

Concepto	Valor	Unidad
Masa de la zaranda	20	kg
Masa del cacao en la zaranda	108.09	kg
Masa total efectiva	128.09	kg

Para el cálculo del momento de inercia del tambor se considera la masa total efectiva mostrada en la Tabla 12 de 128.09 kg, compuesta por 20 kg de la estructura de la zaranda y 108.09 kg del cacao contenido. Con el diámetro adoptado de 0.65 m, el radio geométrico correspondiente es 0.325 m. Con estos parámetros de masa y radio se determina el momento de inercia del conjunto, cuyo valor se presenta en la Tabla 13.

**Tabla 13.**

*Momento de inercia del tambor*

Símbolo	Cantidad	Unidad
I	13.52	kg·m <sup>2</sup>
R	0.325	m
M	128.09	kg

Antes de calcular el par se determina la aceleración angular requerida para el arranque. Se parte de la velocidad de operación  $N$  igual a 34 rpm que equivale a una velocidad angular de 3.56 rad/s ( $\omega$ ) y del tiempo de arranque igual a 3 s asumido ( $t_{acc}$ ). Según Ling et al. (2016) la relación que vincula la aceleración angular con la velocidad

angular y el tiempo de arranque se muestra en la ecuación 15. Con este valor se procederá a calcular el par de aceleración y se muestra en la tabla 14.

$$\alpha = \frac{\omega}{t_{acc}} \tag{15}$$

**Tabla 14.**

*Aceleración angular para cálculo de torque*

Símbolo	Valor	Unidad
$\Omega$	3.56	rad/s
$t_{acc}$	3	s
$\alpha$	1.19	rad/s <sup>2</sup>

Con la aceleración angular obtenida en la Tabla 14 y el momento de inercia  $I$  verificado en la Tabla 13 se calcula el torque de aceleración aplicando la Ecuación 12. Este cálculo representa el par mínimo requerido en el eje para llevar la zaranda desde reposo hasta la velocidad de operación en el tiempo de arranque adoptado. El resultado del torque se presenta en la Tabla 15.

**Tabla 15.**

*Torque requerido para la zaranda*

Símbolo	Valor	Unidad
$I$	13.53	kg·m <sup>2</sup>
$\alpha$	1.19	rad/s <sup>2</sup>
$T$	16.1	N·m

Con el torque obtenido en el eje de la zaranda y el torque disponible en los rodillos, la potencia se determina según Budynas & Nisbett (2008) a partir de la velocidad de operación mediante la ecuación 16. Esta expresión aplica de igual forma para el eje de la zaranda y para cada rodillo usando su propia velocidad.

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \tag{16}$$

Queda establecido el torque de la zaranda de 16.10 N m, determinado a partir del momento de inercia y la aceleración angular según la ecuación 12. Para los rodillos se dispone de un torque de 4.5 N m por rodillo conforme a Escobar (2023). La zaranda opera a 34 rpm y para los rodillos se adopta 60 rpm. Con estos datos, el cálculo de potencia tanto para rodillos como para la zaranda se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16.**

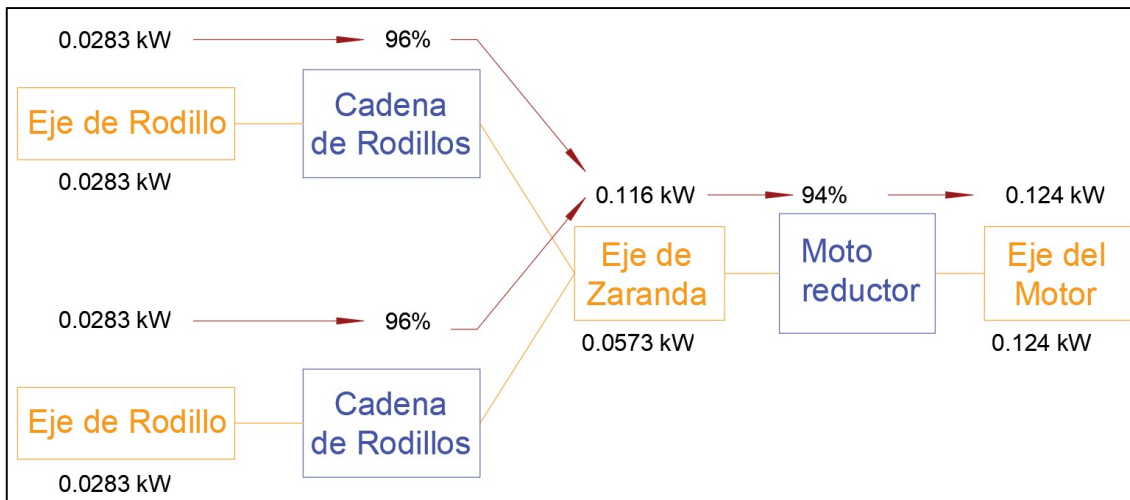
*Cálculo de potencia*

Elemento	N (rpm)	T (N m)	P (kW)
Zaranda	34	16.1	<b>0.0573</b>
Rodillo 1	60	4.5	0.0283
Rodillo 2	60	4.5	0.0283
<b>Total</b>			<b>0.1139</b>

Teniendo en cuenta que la transmisión del eje de la zaranda al eje de los rodillos se hará por cadenas con una eficiencia del 96% y que la potencia del motor al eje de la zaranda se hará por medio de un motorreductor con eficiencia del 94% se muestra el camino de la potencia en la figura 13

**Figura 13.**

*Camino de la potencia considerando eficiencias de transmisión*



En la figura se aprecia en la parte baja de los bloques la potencia requerida por cada elemento, y en la parte superior el recorrido que deberá tener esta potencia teniendo en cuenta las eficiencias en el eje del motor se requiere una potencia de 0.124 kW, según Chasiotis y Karnavas (2022), en motores monofásicos comerciales “la eficiencia apenas excede el 78 % (incluso para 1 HP), por lo tanto se tomó esta referencia para determinar cuál sería la potencia eléctrica del motor en la tabla 17 se muestra el cálculo.

**Tabla 17.**

*Eficiencia eléctrica del motor*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Potencia en eje del motor	0.124	kW
Eficiencia del motor	78	%
Potencia eléctrica del motor	0.159	kW

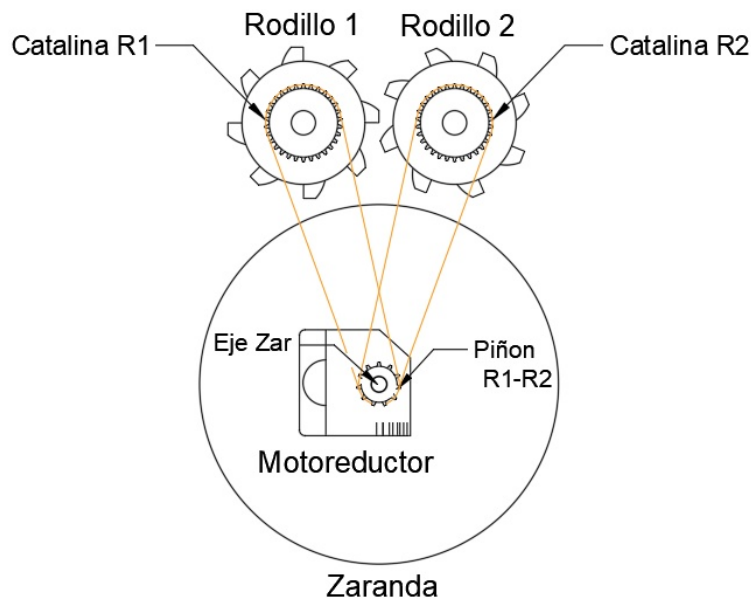
Teniendo en cuenta la potencia eléctrica calculada de 0.159 kW y que, según Sumitomo (2025), en la selección de motorreductores el factor de servicio debe incrementarse cuando existen arranques frecuentes, choques de carga y condiciones ambientales especiales (operación a la intemperie), se adopta  $FS = 3.0$  para esta máquina; por tanto, la potencia de selección sería de 0.477 kW ( $\approx 0.64$  HP) pero por disponibilidad comercial y coherencia con el dimensionamiento previo, se selecciona un motor de 0.5 HP.

### 3.2.4. Conjunto piñón–catalina–cadena: selección y dimensionamiento

Se selecciona y dimensiona el conjunto piñón–catalina–cadena para transmitir con un solo motorreductor, el motorreductor se acopla al eje de la zaranda y en ese mismo eje se instalan dos piñones que, mediante cadenas independientes, accionan el rodillo 1 y el rodillo 2, en la figura 14 se muestra un esquema de cómo se diseñó la transmisión.

**Figura 14.**

*Planteamiento de la transmisión de potencia*



Se parte de los requerimientos cinemáticos y de carga definidos en título 3.2.4. con  $N$  de la zaranda igual a 34 rpm y  $N$  de cada rodillo igual a 60 rpm, y con los torques establecidos para cada eje. Primero se fija la relación de transmisión objetivo y luego se

verifica la velocidad lineal de cadena, envolvente, y selección de serie de cadena, según Mott (2006) en las ecuaciones 17, 18 y 19 se muestran las relaciones requeridas.

$$i = \frac{N_{salida}}{N_{entrada}} = \frac{Z_{entrada}}{Z_{salida}} \tag{17}$$

$$v = \frac{\pi d_{p,entrada} N_{entrada}}{60} \tag{18}$$

$$d_p = \frac{z p}{\pi} \tag{19}$$

Donde  $i$  es la relación de transmisión;  $N_{entrada}$  es la velocidad del eje que impulsa la cadena y  $N_{salida}$  es la velocidad del eje accionado;  $Z_{entrada}$  y  $Z_{salida}$  son el número de dientes del piñón de entrada y de la catalina de salida, respectivamente, de modo que la relación también se obtiene con el cociente entre los dientes de ambos;  $v$  es la velocidad lineal de la cadena,  $d_p$  es el diámetro primitivo de ese piñón y  $p$  es el paso de la cadena. En la tabla 18 se consolidan los datos base de cada eje con sus velocidades  $N$  y torques  $T$ , y se fija la relación objetivo  $i$  para las etapas de cadena entre la zaranda y los dos rodillos.

**Tabla 18.**

*Datos base y relaciones objetivo para el tren de cadena*

Eje / Etapa	N (rpm)	T (N·m)	Relación objetivo $i$
Zaranda	34	16.1	—
Rodillo 1	60	4.5	1.765
Rodillo 2	60	4.5	1.765

Con los datos de  $i$  se fijan las combinaciones de dientes para cada etapa de la cadena. El objetivo es que desde la zaranda se alcance en los rodillos la relación de transmisión requerida de 1.765, equivalente a sesenta rpm en cada rodillo. Se adopta una configuración estándar con cadena 08B: piñón de 30 dientes en el eje de la zaranda y catalina de 17 dientes en cada rodillo, logrando la velocidad objetivo con un margen menor a 1%. La misma combinación se aplica al rodillo 1 y al rodillo 2 para asegurar sincronía y simplificar repuestos. Se calcularon los diámetros primitivos, la velocidad lineal de cadena y se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19.**

*Número de dientes, diámetros primitivos y velocidad de la cadena*

Etapa	z entrada	z salida	dp entrada (m)	dp salida (m)	N entrada (rpm)	v (m/s)
Zaranda → Rodillo 1	30	17	0.1213	0.0687	34	0.216
Zaranda → Rodillo 2	30	17	0.1213	0.0687	34	0.216

Se procede a determinar la envolvente mínima y la distancia entre centros para cada etapa. Según Mott (2006) con la ecuación 20 se calcula el parámetro  $x$  en número de pasos a partir del centro  $C$  y del paso de cadena  $p$ , lo que permite fijar un centro inicial. Con la ecuación 21 se calcula el ángulo de envolvente en el piñón a partir de la diferencia de dientes entre  $z_{entrada}$  y  $z_{salida}$  y del valor de  $x$ , verificando que el ángulo cumpla el criterio mínimo de ciento veinte grados; si no se cumple, se ajusta  $C$  y se repite el cálculo.

$$x = \frac{C}{p} \quad 20$$

$$\beta_{piñon} = 180 - 57 \frac{|z_{entrada} - z_{salida}|}{x} \quad 21$$

Para aplicar la ecuación 20 se utiliza  $p$  igual a 12.7 mm porque se adoptó la cadena 08B según la Tabla 18, y se fija un centro inicial  $C$  igual a 0.25 m definido por el trazado del conjunto y para asegurar espacio de tensión y guardas. Con estos valores se obtiene  $x$  igual a 19.7 pasos. Luego, con la ecuación 21 y los dientes  $z_{entrada}$  igual a 30 y  $z_{salida}$  igual a 17 se calcula el ángulo de envolvente en el piñón, cuyo resultado es 142 grados y supera el mínimo de 120 grados. El cálculo detallado se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20.**

*Verificación de envolvente con centro inicial*

Etapa	C inicial (m)	x (pasos)	$\beta$ en piñón (°)
Zaranda → Rodillo 1	0.25	19.7	142
Zaranda → Rodillo 2	0.25	19.7	142

Se acepta porque el ángulo de envolvente en el piñón resulta 142 grados, valor superior al mínimo de 120 grados establecido para el diseño. Este margen asegura suficiente número de dientes en contacto, transmisión estable sin salto bajo la carga prevista y no requiere incrementar el centro ni añadir rodillos guía. Además, ambos tramos presentan el mismo resultado, lo que mantiene simetría y facilita repuestos. Ahora

se calculó la longitud de cadena  $L$  en pasos según Mott (2006) utilizando la ecuación 22, a partir del parámetro  $x$  obtenido en el centro inicial y de los dientes  $z_1$  y  $z_2$  de cada par piñón–catalina. Con la longitud resultante se seleccionará la longitud comercial más cercana y, en función de esa adopción, se ajustará el centro  $C$  para dejar definido el valor final de montaje.

$$L(\text{pasos}) = 2x + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{(z_1 - z_2)^2}{4\pi^2 x} \quad 22$$

Para cada etapa Zaranda a Rodillo se calcula la longitud de cadena con  $x$  de 19.7 pasos,  $z_1$  de 30 dientes y  $z_2$  de 17 dientes, usando cadena 08B con paso  $p$  de 12.7 mm y centro inicial  $C$  de 0.25 m. El resultado es  $L$  de 63.1 pasos para ambas ramas. Con el paso indicado, la longitud de cadena requerida es de 0.801 m. Para efecto de compra se adopta una longitud comercial de 64 pasos, que corresponde a 0.813 m, y en el siguiente paso se ajusta el centro en función de esta adopción, en la tabla 21 se muestran los parámetros del sistema de transmisión.

**Tabla 21.**

*Parámetros del conjunto piñón-catalina -cadena*

Parámetro	Zaranda	Rodillo 1	Rodillo 2	Unidad
Serie de cadena			08B	
Paso $p$		12.7		mm
Dientes adoptados	30	17	17	
Relación $i$	—	1.765	1.765	
Velocidad $N$	34	60	60	rpm
Diámetro primitivo $d_p$	0.1213	0.0687	0.0687	mm
Velocidad lineal de cadena $v$	0.216	0.216	0.216	m/s
Longitud de cadena $L$	—	0.813	0.813	m
Distancia entre centros $C$	—	0.256	0.256	m
Ángulo de envolvente en piñón	142	142	142	grados

Por último, se selecciona un motorreductor helicoidal de eje hueco montado sobre el eje de la zaranda mediante disco de contracción y brazo de reacción, con salida de 34 rpm. Esta configuración permite ubicar el equipo en la zona central del eje inclinado y

dejar un tramo libre del propio eje para instalar un engranaje helicoidal que engrane con un eje auxiliar. El criterio de selección considera la velocidad requerida de la zaranda, el torque calculado en el eje, el régimen de servicio continuo, la eficiencia del reductor, las cargas radiales generadas por los dos piñones de cadena y por el engranaje helicoidal, el espacio de montaje, la alineación con cadenas 08B y la disponibilidad de repuestos. Se adopta esta solución porque entrega alto par a baja velocidad en un conjunto compacto, reduce vibraciones frente a múltiples etapas de cadena, y simplifica el montaje y el mantenimiento manteniendo la sincronización de los rodillos. Con el balance de potencias y la aplicación del factor de servicio se adopta una potencia de placa de 0.55 kW con relación aproximada 44:1 y eje hueco de 30 mm, dejando como verificación final la carga radial admisible del eje y la orientación de montaje. Las características principales se presentan en la Tabla 22.

**Tabla 22.**

*Características técnicas del motorreductor según manual*

Parámetro	Especificación propuesta
Tipo / configuración	Motorreductor helicoidal de eje hueco (shaft-mounted) con disco de contracción y brazo de reacción
Potencia del motor	0.55 kW
Velocidad de salida $n_2$	34 rpm
Relación $i$ (aprox.)	44:1
Salida	30 mm
Par nominal disponible (estimado)	155 Nm
Eficiencia asumida para balance	0.94
Forma constructiva	Montaje pendular con brazo de reacción
Accesorios/Opciones	Freno integrado opcional; sello y lubricación según posición de montaje

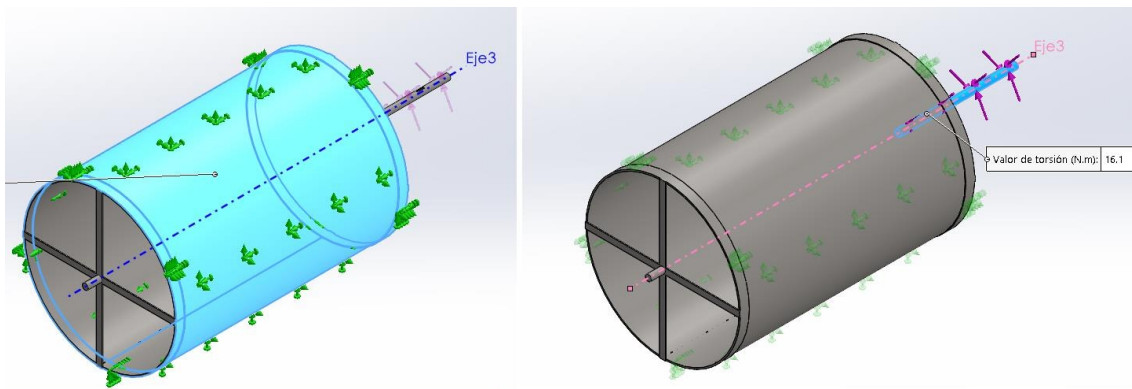
### 3.3. Simular los componentes de la despulpadora de cacao para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.

Se modelo la máquina en el software SolidWorks para validar la resistencia estructural y funcional de los principales elementos por medio de la simulación de elementos finitos, se inicia con el análisis de la zaranda circular, dado que constituye el componente encargado de la separación del grano en baba respecto a la cáscara. El énfasis de la simulación se centra en el eje de la zaranda, ya que este elemento transmite directamente el torque de accionamiento calculado en el diseño (16.1 N·m) y debe garantizar un

desempeño seguro frente a las solicitaciones de torsión y flexión generadas durante la operación. El material seleccionado es el acero comercial AISI 304 debido a su resistencia a la corrosión ya que la zaranda tendrá contacto directo con el fruto húmedo, para el análisis se ingresa el torque al eje en un extremo y se fija la zaranda para evitar el movimiento en la figura 15 se muestra las sujeciones y fuerzas.

### Figura 15.

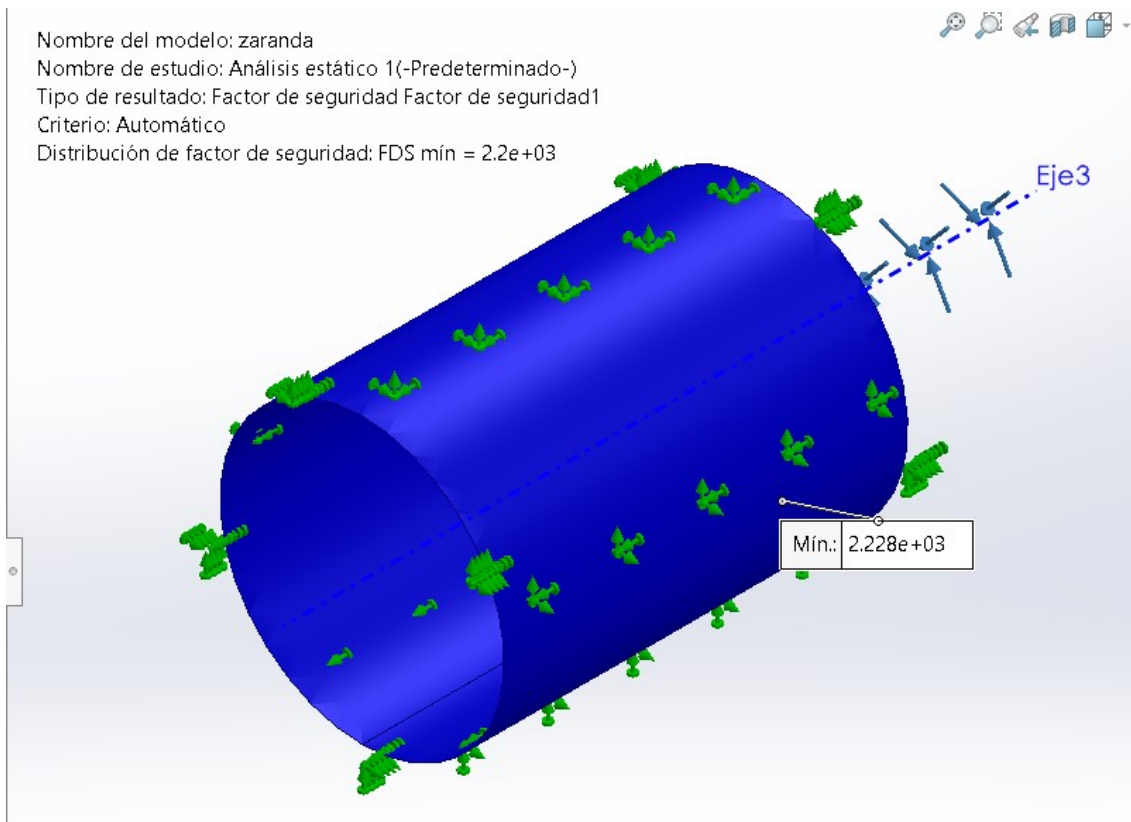
*Sujeciones y fuerzas para análisis de la zaranda*



Los resultados de la simulación evidencian que el eje de la zaranda trabaja con tensiones muy reducidas respecto al límite de fluencia del material seleccionado (acero inoxidable AISI 304). La distribución de esfuerzos muestra un comportamiento estable frente al par de operación de 16.1 N·m, sin concentraciones críticas que comprometan su desempeño. Como consecuencia, el análisis arrojó un factor de seguridad de  $2.23 \times 10^3$ , valor que confirma que el eje cuenta con un amplio margen de resistencia para las condiciones de servicio previstas, garantizando su confiabilidad en operación, en la figura 16 se muestra el factor mínimo dentro del eje.

### Figura 16.

*Factor de seguridad mínimo del eje*



El siguiente elemento analizado corresponde a la tolva de alimentación, dado que es la encargada de recibir la carga diaria de cacao en cáscara y conducirla hacia el sistema de despulpado. En este caso se buscó verificar la resistencia de sus paredes frente a la presión ejercida por el material almacenado, considerando tanto el peso propio del fruto como la altura de la columna de producto en el interior. Para el análisis se emplea la presión que actúa sobre las paredes internas, la cual se calcula en función de la densidad aparente del cacao en cáscara, la altura de la columna de material y la aceleración de la gravedad, según Çengel & Cimbala (2014) de acuerdo con la ecuación 23.

$$p = \rho gh \quad 23$$

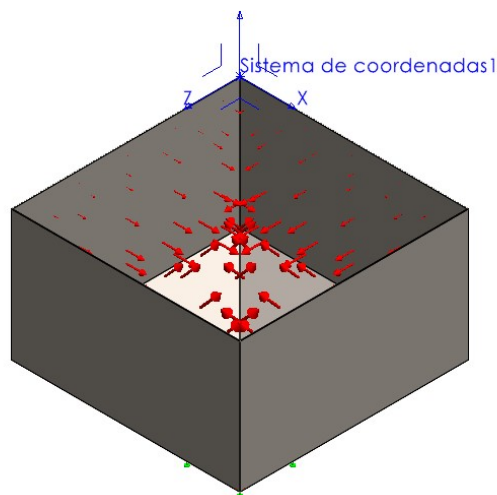
Donde  $p$  es la presión ejercida sobre la pared en Pa,  $\rho$  la densidad del cacao en cáscara en  $\text{kg/m}^3$ ,  $g$  la aceleración de la gravedad en  $\text{m/s}^2$  y  $h$  la altura de la columna de material en m. Para el análisis de la tolva se tomó como la densidad  $400 \text{ kg/m}^3$ , la gravedad como  $9.81 \text{ m/s}^2$  y la altura de  $0.89 \text{ m}$ , obteniéndose la presión de cálculo sobre las paredes de la tolva como se muestra en la Tabla 23.

**Tabla 23.***Parámetros para el cálculo de presión en la tolva*

Parámetros	Cantidad	Unidad
$\rho$	400	$kg/m^3$
$g$	9.81	$m/s^2$
$h$	0.89	$m$

Nota: Elaboración propia

Reemplazando los parámetros en la ecuación 23, obtenemos como resultado que la presión aproximada es de  $3,492.36 Pa$  en el fondo de la tolva. Esta presión se aplicó como carga distribuida sobre las paredes internas, con un valor creciente desde cero en la parte superior hasta alcanzar el máximo en la base, mientras que en el fondo se aplicó directamente la presión máxima. De esta forma se reprodujo el efecto del peso propio del material almacenado, garantizando una simulación representativa de las condiciones reales de operación. En la Figura 17 se muestra la aplicación de las sujeciones y de la presión considerada en el modelo.

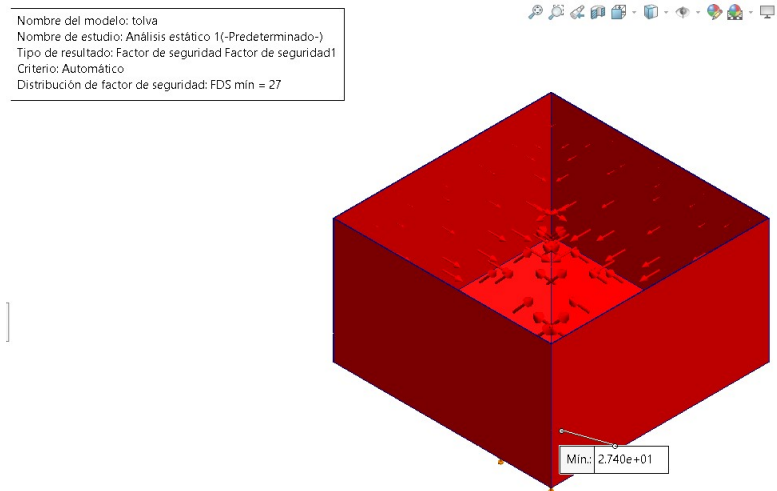
**Figura 17.***Sujeciones y aplicación de presión en el interior de caras de la tolva*

Los resultados obtenidos en la simulación de la tolva muestran que, frente a la presión ejercida por la columna de cacao en cáscara, la estructura presenta tensiones muy por debajo del límite de fluencia del material seleccionado. El análisis arrojó un factor de seguridad mínimo de 27, lo que indica que la tolva posee un amplio margen de resistencia para soportar las condiciones de carga establecidas en el diseño. Este resultado confirma que la geometría, el espesor y el material que en este caso fue el Acero A36, son adecuados

para garantizar la estabilidad estructural y la confiabilidad del componente durante la operación, en la figura 18 se muestra el factor obtenido.

### Figura 18.

#### *Factor de seguridad de la tolva*



El siguiente elemento es el rodillo de compresión que es un elemento crítico del sistema de despulpado, responsable de aplicar la presión necesaria para romper la cáscara y liberar la almendra; por su contacto directo con el fruto, sollicitación repetitiva y ambiente húmedo, se selecciona AISI 304 por su resistencia mecánica, comportamiento anticorrosivo e inocuidad en procesos agroindustriales. Para la simulación se considera la fuerza tangencial equivalente al torque de trabajo transmitido por el eje que según el diseño es de 4.5 Nm, aplicada sobre la superficie activa del rodillo en la zona de contacto con el cacao, a fin de reproducir el esfuerzo real durante la compresión. En consecuencia, la fuerza requerida para el análisis será la determinada según Budynas & Nisbett (2008) por la Ecuación 24.

$$F = \frac{2T}{D} \quad 24$$

Aquí, F corresponde a la fuerza tangencial que actúa en la periferia del rodillo; T es el torque que transmite el eje al rodillo según el diseño; y D el diámetro exterior primitivo del rodillo. Se adopta el diámetro exterior primitivo porque la fuerza se aplica sobre la superficie activa (crestas/canales en contacto con el grano) y ese es el brazo de palanca real con el que el par produce la acción de compresión; usar este diámetro evita subestimar o sobreestimar la carga al no considerar zonas no participantes del contacto. Con estos

parámetros, la fuerza requerida se calcula con la Ecuación 24 y su resultado se presenta en la Tabla 24.

**Tabla 24.**

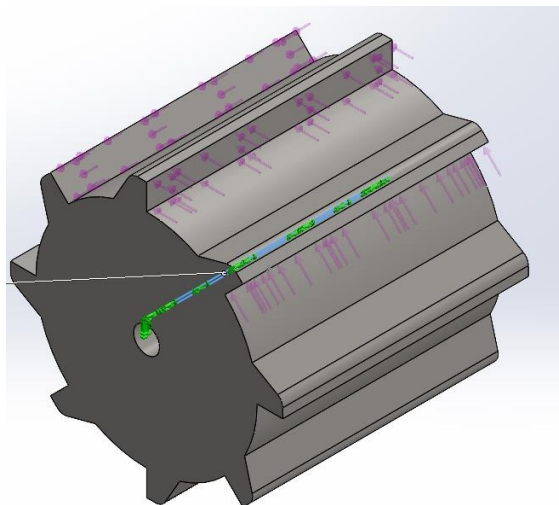
*Fuerza tangencial en el rodillo*

Parámetros	Cantidad	Unidad
T	4.5	N·m
D	100	mm
F	90	N

Se aplicó la fuerza calculada sobre la cara de las crestas del rodillo, distribuyéndola en la zona activa de contacto a lo largo de su longitud, con el fin de verificar si las crestas y el núcleo del rodillo soportan adecuadamente la sollicitación durante la compresión del grano. Para representar el montaje real, se definieron las sujeciones del análisis en el canal chavetero, evitando grados de libertad que generen movimiento rígido. De este modo se evaluaron tensiones y deformaciones máximas en la cresta y en la raíz del diente, comprobando la integridad del componente bajo el par de trabajo. En la Figura 19 se muestran la aplicación de la fuerza y las sujeciones empleadas en el modelo.

**Figura 19.**

*Sujeciones y fuerzas en el rodillo*

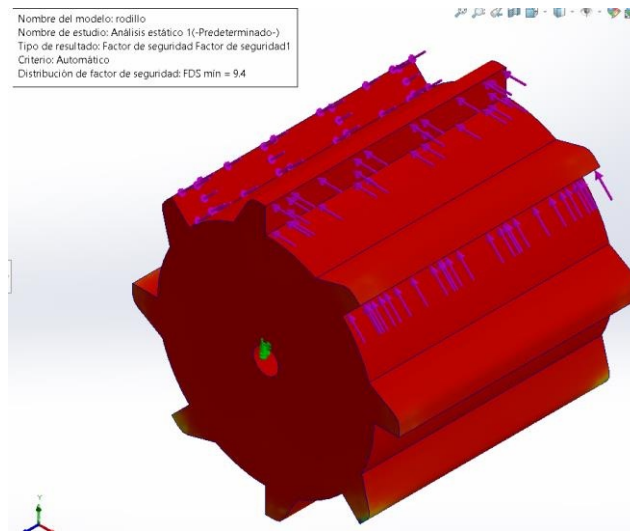


Para evaluar el caso más desfavorable, se aplicó la fuerza obtenida directamente sobre tres caras de las crestas del rodillo, asignando 90 N a cada una y distribuyéndola a lo largo de su longitud efectiva. Esta configuración busca someter simultáneamente varias crestas al estado crítico de carga, garantizando que el análisis capte las máximas tensiones en las

zonas de contacto y en la raíz del diente, bajo las mismas condiciones de sujeción del eje previamente definidas. Como resultado, la simulación arrojó un factor de seguridad (FS) de 9.4, confirmando que el rodillo mantiene un margen adecuado de resistencia frente a la sollicitación de diseño; este resultado se aprecia en la Figura 20.

**Figura 20.**

*Factor de seguridad del rodillo*



En los tres componentes simulados (eje de la zaranda, tolva y rodillo) se obtuvo un factor de seguridad superior a 2, cumpliendo el criterio de diseño adoptado para equipos agroindustriales sometidos a cargas cuasi estáticas. Este umbral se exige para cubrir incertidumbres de material, tolerancias de fabricación, variabilidad de carga, posibles desalineaciones y simplificaciones del modelo numérico, garantizando así un margen adecuado de confiabilidad en servicio continuo. Los valores alcanzados que son muy por encima del mínimo requerido se resumen en la Tabla 25.

**Tabla 25.**

*Factores de seguridad*

Componente analizado	FS mínimo obtenido
Eje de la zaranda	2.23×10 <sup>3</sup>
Tolva	27
Rodillo	9.4

Se desarrolló el cálculo de fatiga (Anexo 5) para validar los factores de seguridad obtenidos de los cuales el FS por fatiga da como resultado 7, en la tabla 26 se muestra los valores referidos al diseño en la cadena diseño-desempeño-valor.

**Tabla 26.**

*Síntesis cuantitativa del diseño*

Bloque	Indicador	Valor base	Unidad / Nota
Diseño	Diámetro de zaranda (D)	0.65	m
Diseño	Velocidad de zaranda (N)	34	rpm
Diseño	Fracción de crítica (f)	0.65	—
Diseño	Velocidad tangencial (Vt)	1.16	m/s
Diseño	Par de zaranda (Tz)	16.1	N·m
Diseño	Par por rodillo (Tr)	4.5	N·m
Diseño	Potencia de zaranda (Pz)	0.0573	kW
Diseño	Potencia por rodillo (Pr)	0.0283	kW
Diseño	Motor seleccionado	0.50	HP
Desempeño	FS eje (zaranda)	2.23×10 <sup>3</sup>	—
Desempeño	FS tolva	27	—
Desempeño	FS rodillo	9.4	—
Desempeño	Demanda atendida	293.08	kg/día
Valor	VAN	S/ 4,904.30	—
Valor	TIR	32.41 %	%
Valor	Inversión	según CAPEX del proyecto	S/
Valor	Ahorro anual (mano de obra)	S/ 30,720	S/ año

**3.4. Evaluar la rentabilidad económica del diseño propuesto de la despulpadora, considerando su eficiencia energética y su impacto en la mejora de la productividad del cacao en el distrito de Bellavista Jaén-2023.**

Para determinar la rentabilidad económica primero se determinó el costo de fabricación de la máquina, entendiendo este rubro como el que incluye materiales y mano de obra (corte, rolado, plegado, soldadura y acabado) de las partes que se fabrican en el taller. A continuación, en la tabla 27 se listan los elementos fabricados, sus cantidades y un precio unitario promedio referencial que han sido cotizados en factoría. Estos valores sirven como base y luego se ajustan con cotizaciones.

**Tabla 27.**

*Costos de elementos diseñados y cotizados*

Descripción (según plano)	Cantidad	Precio unitario (S/)	Total
ZARANDA Ø660 con paletas a 30° y eje 1"	1	4,500	4500
RODILLO (unidad)	2	1,100	2200
CAJA DE RODILLOS (conjunto de soportes)	1	1,250	1250
TOLVA (planta y elevación)	1	1,850	1850
ESTRUCTURA / BASTIDOR	1	2,300	2300

Total	12100
-------	-------

Los elementos cotizados se seleccionan por disponibilidad comercial y desempeño en ambiente húmedo, dichos elementos son un motor trifásico con protección IP55 y eficiencia IE2, un motorreductor helicoidal cuya relación entregue ~34 rpm y un par de salida superior al de diseño ( $\geq 16.1 \text{ N}\cdot\text{m}$  con  $\text{FS} \geq 1.5-2$ ), un par de engranajes cónicos rectos de 30 dientes (cruce de ejes  $11^\circ$ , material acero templado, chavetero DIN 6885) y rodamientos sellados (2RS) o unidades con soporte UCP para ejes de 1", con sellos para polvo/humedad y capacidad acorde a la carga radial, en la tabla 28 se muestra el costo de estos elementos.

**Tabla 28.**

*Costo de elementos cotizados disponibles en el mercado.*

Descripción específica	Unidad	Precio unitario (S/)	Cant.	Total (S/)
Motor eléctrico monofásico 0.55 kW (0.75 HP), 220V, IP55, IE2	Und	650	1	650
Motorreductor helicoidal 0.55 kW, salida $\approx 34$ rpm, par $\geq 60 \text{ N}\cdot\text{m}$ , $\text{FS} \geq 1.5$	Und	2,400	1	2,400
Par de engranajes cónicos rectos 30T, cruce de ejes $11^\circ$ , acero templado	Glb	950	1	950
Rodamientos con soporte UCP205 (1"), sellados (2RS)	Und	120	4	480
Piñón cadena 08B-1, 30 dientes, chavetero	Und	180	2	360
Corona (catalina) 08B-1, 60 dientes	Und	320	2	640
Cadena 08B-1, paso $\frac{1}{2}$ "	m	120	2	240
Eslabón de unión (máster enlace) 08B-1	Und	15	1	15
Total				5,735

Para efectos de la evaluación económica del proyecto, el costo total de la máquina se desagrega en dos partes principales: el diseño y cotización de elementos en taller, por otro lado, los elementos con disponibilidad comercial. Lo primero comprende el diseño de la zaranda, tolva, bastidor, rodillos, caja de rodillos y ejes, con sus operaciones de corte, rolado, plegado, perforado, soldadura y mecanizado; arrojando un monto que asciende a S/ 12,100. Lo segundo reúne los componentes comerciales estandarizados —motor eléctrico, motor reductor, engranajes cónicos, rodamientos— además de la transmisión por cadena 08B-1 (dos piñones, dos coronas, cadena y eslabón de unión), por un total de S/ 5,735. La suma global y el desglose se presentan en la Tabla 29, que servirá como base para el CAPEX y los flujos de caja del proyecto.

**Tabla 29.**

*Estimación del costo total de la máquina*

Concepto	Monto (S/)
Elementos fabricados	12,100
Elementos comprados	5,735
<b>Total</b>	<b>17,835</b>

Para estimar el gasto de operación, se parte de la producción que sirvió de base para el diseño de la máquina, equivalente a 293.08 kg/día (demanda diaria calculada a partir de 35,169.42 kg anuales, 2 campañas y 60 días efectivos por campaña). Considerando un régimen de 8 horas diarias de trabajo durante 60 días, se proyecta un total de horas máquina y horas-hombre para la campaña. Para el cálculo de horas-hombre se adopta una dotación mínima de 2 operarios (operador y asistente) por turno, práctica usual para las tareas de alimentación, control y retiro del producto. La Tabla 30 resume los supuestos y las horas resultantes que se utilizarán en el costo operativo.

**Tabla 30.**

*Supuestos de operación y horas de trabajo*

Concepto	Máquina	Operarios	unidad
Producción diaria de diseño		293.08	kg/día
Jornada de operación		8	h/día
Días efectivos por campaña		60	días
Dotación	1	2	unid
Horas totales por campaña	480	960	h

Para estimar el gasto de operación de la despulpadora se utilizarán los supuestos de la Tabla 30 de 480 horas máquina y 960 horas hombre y se calcularán, para una campaña, los costos de energía eléctrica y mano de obra. El procedimiento consiste en parametrizar cada partida con las tarifas vigentes (tarifa eléctrica y jornal por hora) y con la potencia del motor y factor de carga adoptados. La suma de estas partidas define el costo total de operación por campaña, según Blank & Tarquin (2012) con la ecuación 25.

$$C_{OP} = P_m f_c H M t_e + H H t_{mo} \tag{25}$$

En la expresión anterior,  $P_m$  es la potencia nominal del motor; se toma 0.55 kW por corresponder al equipo adquirido. El factor de carga  $f_c$  representa el porcentaje medio de utilización del motor y se adopta 0.75 debido a trabajo con carga parcial y pausas de alimentación.  $HM$  son las horas máquina de la campaña; según la Tabla 31 corresponden a 480 h (8 h diarias durante 60 días),  $t_e$  es la tarifa eléctrica; se emplea 0.70 S// kWh como

referencia local, *HH* son las horas-hombre; con dos operarios durante todo el turno resultan 960 h. *tmo* es la tarifa de mano de obra; se considera 8.00 S// h como jornal base. Con estos supuestos, el consumo energético de la campaña resulta 198 kWh.

**Tabla 31.**

*Costo de operación de la maquina*

Concepto	Máquina	Personal	Unidad
Horas por campaña	480	960	h
Costo por hora	0.29	8	S/ /h
Total, por campaña	139.2	7680	S/.

En el caso de este tipo de máquinas el mantenimiento se plantea como preventivo para asegurar higiene, disponibilidad y vida útil de la despulpadora. Se priorizan tareas de limpieza y sanitización después de cada jornada (por contacto con alimento), lubricación de rodamientos y tensión/alineación de la cadena para evitar desgaste prematuro; además, se programa el cambio de aceite del motor reductor, reapriete estructural y retoque de pintura, y revisiones eléctricas periódicas. Se incluyen reemplazos programados de camisas de rodillos, cadena y rodamientos con una frecuencia que balancea costo y confiabilidad. Los montos son referenciales y pueden ajustarse a precios locales y régimen real de uso, estos se muestran en la tabla 32.

**Tabla 32.**

*Costo anual de mantenimiento*

Actividad de mantenimiento	Periodo	Cantidad (vez/año)	Precio unitario (S/)	Costo anual (S/)
Limpieza y sanitización de tolva/zaranda	Diario	120	4	480
Lubricación de rodamientos UCP (grasa)	Semanal	20	10	200
Tensado/alineación de cadena 08B-1 y revisión de piñones/coronas	Mensual	6	30	180
Revisión eléctrica (bornes, aislamiento, limpieza de motor)	Semestral	2	75	150
Reapriete de pernos, inspección de soldaduras y retoque de pintura	Anual	1	250	250
Reemplazo de cadena 08B-1 + máster enlace ( <i>anualizado</i> )	Bianual	0.5	256	128
Reemplazo de rodamientos UCP ( <i>anualizado</i> )	Bianual	0.5	480	240
<b>Total</b>				<b>1,628</b>

Para determinar los gastos económicos del proyecto los agrupamos en tres rubros: fabricación, operación y mantenimiento. El costo de fabricación integra todo lo

construido en taller y lo comprado (motor, motorreductor, engranajes cónicos, rodamientos y transmisión por cadena), pues ambos conforman el capital necesario para poner la máquina en servicio. El gasto de operación corresponde a la energía y a la mano de obra de una campaña (8 h/día por 60 días), mientras que el mantenimiento recoge las actividades preventivas programadas y sus repuestos anualizados por campaña. La tabla 33 resume estos montos para su uso en la evaluación.

**Tabla 33.**

*Costos de fabricación, operación y mantenimiento por campaña*

Concepto	Monto (S/)
Fabricación (fabricado + comprado)	17,835
Operación por campaña	7,818.60
Mantenimiento por campaña	814

El valor de mantenimiento presentado en la tabla de gastos económicos está referenciado por campaña: dado que el plan contempla dos campañas al año, se tomó solo la mitad del gasto anual como gasto por campaña. Con esta base, en el escenario sin máquina (teniendo el despulpado artesanal) y manteniendo la producción usada para el diseño (293.08 kg/día en jornadas de 8 h), se requiere una capacidad de 36.6 kg/h; considerando un rendimiento artesanal típico de aproximadamente 12 kg/h por peón, se necesitan 4 peones para cubrir la demanda diaria con holgura en la tabla 34 se muestra el costo por campaña utilizando peones.

**Tabla 34.**

*Costo de personal (peones) para despulpado artesanal*

Concepto	Valor	Unidad
Producción diaria	293.08	kg/día
Peones requeridos	4	personas
Horas por peón al día	8	h/peónx día
Tarifa por hora	8	S/ / h
Costo diario	256	S/
Días por campaña	60	días
Costo por campaña	15,360.00	S/

Por el esquema artesanal, el gasto de personal por campaña asciende a S/ 15 360.00. Como el plan contempla dos campañas al año, el gasto anual equivalente es S/ 30 720.00. En la evaluación económica, este desembolso que hoy se realiza sin máquina se considera como ingreso (ahorro) atribuible a la implementación de la despulpadora, al tratarse de

un costo evitado. Con estos datos de gastos y utilidad por ahorro, se realizará un balance de caja para la comparación incremental, cuyo resumen se presenta en la Tabla 35.

**Tabla 35.**

*Balance de caja*

<b>Año</b>	<b>Inversión (S/)</b>	<b>Operación (S/)</b>	<b>Mantenimiento (S/)</b>	<b>Utilidad (S/)</b>	<b>Balance (S/)</b>
0	17,835.00	—	—	—	<b>-17,835.00</b>
1	—	15,637.20	1,628.00	30,720.00	<b>13,454.80</b>
2	—	15,637.20	1,628.00	30,720.00	<b>13,454.80</b>

Para la evaluación económica se emplearán los indicadores VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) sobre el flujo incremental del proyecto. Como tasa de descuento se adopta  $i=12\%$  anual, un valor conservador y ampliamente usado en proyectos agroindustriales de pequeña escala: refleja el costo de oportunidad del capital para MIPYME (usualmente en el rango 10–15 %) y un margen razonable por riesgo operativo y entorno inflacionario. Con esta tasa y el horizonte de 2 años, se calcularon los indicadores cuyos resultados se resumen en la Tabla 36.

**Tabla 36.**

*Resultados de la evaluación económica (2 años)*

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
VAN (S/)	4,904.30
TIR (%)	32.41%

Los resultados de la evaluación muestran un VAN = S/ 4,904.30 y una TIR = 32.41 % frente a una tasa de descuento del 12 %. Un VAN positivo indica que, descontados todos los costos de inversión, operación y mantenimiento, el proyecto crea valor por S/ 4,904.30 en el horizonte analizado (2 años); es decir, aumenta la riqueza del inversionista por encima de su costo de oportunidad. La TIR superior a la tasa de descuento confirma que el rendimiento esperado del proyecto excede holgadamente el rendimiento mínimo exigido, proporcionando margen ante variaciones de costos o producción.

El análisis de sensibilidad muestra que el proyecto es robusto frente a variaciones razonables en el precio de la energía y en el costo de mantenimiento, pues el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) se mantienen positivos en todos esos escenarios. El único caso en que el VAN se vuelve ligeramente negativo (–S/ 193.84) y la TIR cae por debajo de la tasa de descuento es cuando los días efectivos de campaña se

reducen en 20 %, evidenciando que la rentabilidad depende principalmente del nivel de utilización de la máquina

**Tabla 37.**

*Análisis de sensibilidad*

Escenario	Supuesto variado	Escenario	CF anual (S/)	VAN (S/)	TIR (%)	
Variación de energía	Precio kWh	0.56	-20%	13,510.24	4,997.99	32.8
	Precio kWh	0.63	-10%	13,482.52	4,951.15	32.6
	Precio kWh	0.77	10%	13,427.08	4,857.45	32.22
	Precio kWh	0.84	20%	13,399.36	4,810.60	32.03
Días de campaña	Días	48	-20%	10,438.24	-193.84	11.17
	Días	54	-10%	11,946.52	2,355.23	21.92
	Días	66	10%	14,963.08	7,453.37	42.69
	Días	72	20%	16,471.36	10,002.44	52.8
Costo de mantenimiento por campaña	Por campaña	652.2	-20%	13,780.40	5,454.58	34.65
	Por campaña	732.6	-10%	13,617.60	5,179.44	33.53
	Por campaña	895.4	10%	13,292.00	4,629.16	31.29
	Por campaña	976.8	20%	13,129.20	4,354.02	30.17

## IV. DISCUSIÓN

### Objetivo 1

La caracterización de 40 productores de Bellavista–Jaén confirma una base productiva heterogénea: 49.86 ha cultivadas, 35 169.42 kg/año y un rendimiento promedio de 705.36 kg/ha/año, con amplia dispersión entre productores. La tipificación por tamaño muestra predominio de unidades pequeñas ( $\leq 1$  ha: 65 %), mientras que solo el 15 % (grandes) concentra el 57 % de la producción; además, el 68 % registra  $< 600$  kg/ha/año y solo el 10 % supera 900 kg/ha/año. A partir de estos agregados se fija una demanda operativa de 293.08 kg/día (dos campañas/año, 60 días efectivos/campaña), que ancla el dimensionamiento de la máquina al contexto local.

Frente a los antecedentes, la escala propuesta es menor a líneas intensivas como Torres Quevedo (2019) (capacidad miles de mazorcas/h), pero converge con su lógica de elevar productividad y reducir tiempos; asimismo, dialoga con la automatización reportada por Mogro y Vera (2022), que evidencia disminución de tiempos y energía por unidad procesada. En el ámbito nacional, Campos (2019) respalda la separación higiénica baba-cáscara mediante equipos de chancado/cribado, enfoque compatible con la ruta tecnológica adoptada para Bellavista.

La heterogeneidad de rendimientos y el calendario de dos campañas (60 días efectivos por campaña) sugieren dimensionar la capacidad con un margen operativo que absorba picos de cosecha y variaciones de humedad sin generar colas, manteniendo continuidad del proceso; esta línea es coherente con los antecedentes que recomiendan diseñar para el régimen más frecuente, incorporando buffers de estacionalidad y logística en sistemas mecanizados orientados a reducir tiempos y costos frente al manejo artesanal (Torres & Quevedo, 2019; Mogro & Vera, 2022).

### Objetivo 2

El esquema de despulpado y separación (rodillos/elementos activos + zaranda cilíndrica) traduce la demanda local en especificaciones de capacidad y operación, priorizando suavidad de manejo para no dañar el grano. Esta orientación es coherente con Ames (2019), quien sustenta el aumento de producción vía compresión controlada con rodillos, y con Jaimes (2021), que emplea herramientas CAE (SolidWorks/ANSYS) para verificar decisiones geométricas y de material.

En términos metodológicos, los criterios de resistencia y rigidez adoptados se apoyan en textos de referencia (Mott, 2006; Budynas & Keathley, 2008), asegurando factores de seguridad adecuados para servicio agroindustrial continuo. En conjunto, el dimensionamiento se alinea con la literatura—desde soluciones de mayor escala (Torres y Quevedo, 2019) hasta implementaciones automatizadas (Mogro y Vera, 2022) pero calibrado a las restricciones y volúmenes reales del distrito.

La fijación de  $f = 0.65$  y 34 rpm sitúa el régimen de la zaranda en cascada controlada, lejos del centrifugado, favoreciendo el tránsito suave del grano; junto con el L/D adoptado, prioriza tiempo de residencia y eficiencia de separación. La transmisión por cadena 08B y el motorreductor helicoidal responden al compromiso entre compacidad, par disponible y mantenimiento en ambiente húmedo, en línea con recomendaciones de diseño y prácticas reportadas en prototipos de cacao (Torres & Quevedo, 2019; Jaimes, 2021).

### **Objetivo 3**

La validación numérica de los principales subconjuntos (ejes, elementos estructurales y superficies de contacto) sigue la práctica reportada por Jaimes (2021) de verificar por CAE los estados de carga críticos y compatibilizar geometría-material, lo que respalda la suficiencia de los márgenes de seguridad para operación continua. La selección de materiales y espesores se fundamenta en criterios de esfuerzos admisibles y deformaciones límites, conforme a Mott (2006) y Budynas & Keathley (2008), reduciendo el riesgo de falla por fatiga y facilitando mantenimiento preventivo. En comparación con Mogro y Vera (2022)—quienes presentan mejoras de tiempo y seguridad operativa—nuestros resultados de simulación sustentan un diseño que prioriza integridad estructural sin sacrificar productividad.

Como limitación, los casos evaluados son predominantemente cuasi estáticos; para robustecer la validación se recomienda ensayar fatiga rotacional, vibración operativa y escenarios de corrosión/adherencias por baba, además de verificar radios de transición y concentradores conforme a criterios de resistencia a la fatiga (Mott, 2006; Budynas & Keathley, 2008). La continuidad con experiencias CAE en equipos de cacao (Jaimes, 2021) respalda el enfoque, pero conviene cerrar el ciclo con pruebas de campo y retro-cálculo de esfuerzos a partir de mediciones de par y consumo energético.

### **Objetivo 4**

El flujo incremental trata el costo de mano de obra artesanal como ahorro/ingreso al migrar a operación mecanizada, estructurándose un balance de caja con inversión inicial de S/ 17 835 y saldos operativos positivos en los años 1–2. Con  $i = 12\%$ , el proyecto arroja  $VAN = S/ 4 904.30$  y  $TIR = 32.41\%$ , superando un costo de oportunidad típico de MIPYME ( $\approx 10\text{--}15\%$ ) y evidenciando creación de valor y holgura ante variaciones de costos o producción. Esta conclusión es consistente con Torres y Quevedo (2019) y Mogro y Vera (2022), cuyos desarrollos muestran que la mecanización reduce tiempos y riesgos, habilitando ahorros que explican la rentabilidad observada.

El spread entre  $TIR = 32.41\%$  e  $i = 12\%$  indica holgura para absorber shocks moderados (menor ahorro por sustitución de mano de obra o mayores costos de operación), criterio consistente con la evidencia de que la mecanización convierte gastos recurrentes en ahorros por productividad (Torres & Quevedo, 2019; Mogro & Vera, 2022). Para la toma de decisión, se sugiere incorporar escenarios de sensibilidad (precio de energía, días efectivos por campaña, reposiciones y mantenimiento programado) y valor residual del equipo al cierre del horizonte, manteniendo el enfoque incremental ya aplicado en tu balance de caja.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La base productiva local abarca 49.86 ha con una producción total de 35 169.42 kg/año, equivalente a un rendimiento promedio de 705.36 kg/ha/año, ya que el 65 % de las unidades agrícolas posee superficies menores o iguales a 1 ha, y el 68 % registra rendimientos inferiores a 600 kg/ha/año. En función de esta distribución y considerando dos campañas anuales, se establece una demanda de procesamiento de 293.08 kg/día, valor que justifica la implementación de una planta de escala intermedia con operación continua.
- El sistema de zaranda se optimiza con un diámetro  $D = 0.65$  m, una velocidad de rotación  $N = 34$  rpm (correspondiente a un factor de llenado  $f = 0.65$ ) y una velocidad tangencial  $V_t \approx 1.16$  m/s. El módulo de despulpado se configura con 8 dientes, un diámetro del rodillo  $D_r = 0.216$  m y una distancia entre ejes de 0.266 m. El tren motriz se compone de una cadena 08B y un motor reductor de 0.55 kW que entrega una velocidad de salida de  $\sim 34$  rpm. Estos parámetros aseguran la capacidad de procesamiento requerida y un tratamiento adecuado del grano, evitando daños mecánicos durante la operación.
- Los análisis mediante elementos finitos arrojan factores de seguridad (FS) de  $\approx 2.23 \times 10^3$  en el eje de la zaranda,  $\approx 27$  en la tolva y  $\approx 9.4$  en el rodillo, bajo un par operativo de 16.1 N·m. En todos los casos, las tensiones calculadas se mantienen por debajo del límite de fluencia de los materiales empleados, garantizando que la máquina puede operar de manera continua sin riesgo estructural.
- La implementación del equipo requiere una inversión inicial de S/ 17 835, con una reducción de costos laborales equivalente a S/ 15 360 por campaña (S/ 30 720 anuales). Bajo estas condiciones, el flujo de caja proyectado genera saldos operativos netos de S/13 454.80 por año, con un valor actual neto (VAN) de S/ 4 904.30 y una tasa interna de retorno (TIR) de 32.41 %, superior a la tasa de descuento considerada ( $i = 12$  %). Por tanto, el proyecto resulta económicamente viable y rentable en el horizonte evaluado.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda dimensionar y organizar la operación considerando un margen adicional del 20 % sobre la demanda de diseño (293.08 kg/día), lo que equivale a una capacidad operativa de aproximadamente 350 kg/día. Este margen permitirá absorber picos de cosecha, variaciones en la humedad del fruto y eventuales interrupciones operativas, evitando la generación de cuellos de botella durante el procesamiento.
- Se recomienda mantener una velocidad de rotación de 34 rpm ( $f \approx 0.65$ ), sin superar el 70 % de la velocidad crítica, para asegurar la estabilidad del sistema. Asimismo, se debe estandarizar la transmisión con cadena 08B y aplicar un mantenimiento preventivo cada 250 horas, verificando tensión y alineación para conservar la velocidad nominal y evitar daños en el grano.
- Se recomienda implementar un plan de monitoreo en campo que contemple el registro mensual del par en el eje principal (valor objetivo:  $\leq 16.1 \text{ N}\cdot\text{m} \pm 10 \%$ ) y el control de la temperatura en los cojinetes; en caso de que el par sostenido supere los 20 N·m o se observen incrementos anómalos de temperatura, se debe detener la operación inmediatamente y realizar una inspección técnica orientada a identificar posibles causas como desgaste de componentes, desalineaciones o adherencias de material.
- Se recomienda ejecutar la inversión propuesta y establecer un seguimiento trimestral de los ahorros generados, verificando que los ahorros anualizados se mantengan por encima de S/ 10 550, valor que corresponde al umbral de rentabilidad ( $\text{VAN} \approx 0$ ,  $i = 12 \%$ , horizonte de 2 años); si los ahorros reales se encuentran por debajo de este nivel, se deberán activar medidas correctivas orientadas a la optimización de turnos de trabajo, mejora del mantenimiento preventivo o reducción del consumo energético, asegurando la sostenibilidad económica del proyecto.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ames Porras, J. P. (2019). Prototipo de diseño de una máquina descascaradora de cacao [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio U.C <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6093>
- Arias Gonzales, J. L. (2020). Proyecto de tesis guía para elaboración. (1.<sup>a</sup> ed.) Arias Gonzales José Luis. Obtenido de [https://www.academia.edu/74069067/proyecto\\_de\\_tesis\\_gu%C3%ada\\_para\\_la\\_e\\_laboraci%C3%B3n\\_luis\\_arias](https://www.academia.edu/74069067/proyecto_de_tesis_gu%C3%ada_para_la_e_laboraci%C3%B3n_luis_arias)
- Bautista Álvarez, N. F. (2021). Implementación de una línea de producción. [Tesis de pregrado, Instituto Superior tecnológico Nueva Vida]. Repositorio I.ST.N.V. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/138>
- Becerra Solano, R., & Siadén Sialer, G. (2018). Diseño y fabricación de un prototipo de máquina despulpadora de cacao [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio U.N.P.R.G. <https://repositorio.unprg.edu.pe/>
- Blank, L. T., & Tarquin, A. J. (2012). Engineering economy (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.mheducation.com/>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). Shigley's mechanical engineering design (8.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.mheducation.com/>
- Campos Calixto, G. J. (2019). Diseño de un despulpador para recuperar el mucílago del cacao [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio U.A.P <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/9060>
- Cañada, O. A. (2022, 15 de noviembre). Blog Somos Agricultura. <https://blogagricultura.com/estadisticas-cacao-produccion/>

Centro de Investigación de Economía y Negocio. (2022). Panorama del sector agroindustrial: Cacao y derivados.

Chasiotis, I. D., Karnavas, Y. L., & Scuiller, F. (2022). Effect of rotor bars shape on the single-phase induction motors performance: An analysis toward their efficiency improvement. *Energies*. obtenido de <https://doi.org/10.3390/en15030717>

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid mechanics: Fundamentals and applications* (3.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.mheducation.com/>

Iwis antriebssysteme GmbH & Co. KG. (2010). *Handbook for chain engineering: Design and construction / Examples of calculation (Version 2010)*. iwis. Obtenido de <https://www.iwis.com/>

Jaimes González, W. (2021). *Diseño de una maquina cortadora y despulpadora de cacao para la finca esmeralda del municipio se san Martín, cesar Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. Repositorio U. F.P.S.O. <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.com>

Ling, S. J., Sanny, J., & Moebs, W. (2016). *University physics volume 1*. OpenStax, Rice University. Obtenido de <https://openstax.org/details/books/university-physics-volume-1>

MIDAGRI – Ministerio de Desarrollo Agricultura y Riego. (2019). *Estudio del cacao en el Perú y el mundo*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/71?mode=full>

Mogro Pinagorte, J. L., & Vera Molina, D. A. (2022, agosto). *Implementación de un sistema automatizado para el corte y despulpado de mazorcas de cacao, para mejorar la producción, en la asociación de campesinos lamanenses ascala*. [Tesis

de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Mana]. Repositorio U.T.C.E.M. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9169>

Mott, R. L. (2006). Machine elements in mechanical design (4.<sup>a</sup> ed.). Pearson. Obtenido de <https://www.pearson.com/>

Organización Internacional del Cacao (OIC). (2020). Commodities cacao: Oct–dic 2021. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1782245/commodities%20cacao:%20oct-dic%202021.pdf>

Sumitomo Drive Technologies. (2025). CYCLO® HBB gearmotor and reducer catalog (v11). Obtenido de [https://us.sumitomodrive.com/sites/default/files/2025-03/hbb\\_gearmotor\\_and\\_reducer\\_catalog\\_v11\\_web-2.pdf](https://us.sumitomodrive.com/sites/default/files/2025-03/hbb_gearmotor_and_reducer_catalog_v11_web-2.pdf)

Sullivan, J. W., Hill, R. M., & Sullivan, J. F. (1992). The place of the trommel in resource recovery. In Proceedings of the 15th Biennial National Waste Processing Conference. American Society of Mechanical Engineers (ASME). Obtenido de <https://wtert.org/wp-content/uploads/2020/10/1992-National-Waste-Processing-Conference-01.pdf>

Torres Guasgua, C. D., & Quevedo Salguero, G. A. (2019). Diseño y construcción de una máquina cortadora y despulpadora de cacao con una capacidad de 2400 mazorcas por hora para incrementar la productividad de los agricultores [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio E.S.P.C.<http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/11539>

Escobar Asparrin, R. E. (2023). Diseño de una máquina despulpadora de cacao para incrementar la producción de una empresa productora de cacao en la ciudad de Tocache [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio <https://hdl.handle.net/20.500.12867/884>

Wills, B. A., & Finch, J. A. (2016). *Wills mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery* (8.<sup>a</sup> ed.). Butterworth-Heinemann. Obtenido de <https://www.elsevier.com/books/wills-mineral-processing-technology/>

Hibbeler, R. C. (2013). *Engineering mechanics: Dynamics* (13.<sup>a</sup> ed.). Pearson. Obtenido de <http://www.ndl.ethernet.edu.et/handle/123456789/39427>

Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2015). *Mechanics of materials* (7ed.). McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://search.worldcat.org/title/86517975>

Castro Ruz, F. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración* (2<sup>a</sup> ed.) Episteme. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/redine/article/view/4293>

## **AGRADECIMIENTO**

- En primer lugar, agradecemos a Dios por concedernos la vida y salud para poder lograr nuestros objetivos, además de ser de guía y fortaleza y por su inmenso amor que nos acompañado todos los días de nuestra vida.
- Con profunda gratitud agradecer a nuestros padres por el sacrificio y su apoyo incondicional por depositar su confianza en nosotros para poder cumplir nuestras metas trazadas.
- Al Mg. Juan Antonio Labrin Romero por habernos orientado y asesorado durante este trabajo de investigación.
- A todas las personas que colaboraron en nuestra formación académica y nos apoyaron durante el proceso de investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios por concederme la vida y cumplir mis sueños, a mis padres Florentino Alberca Huamán y Leodovina Cieza Chávez a mis hermanas por ser la fuente de inspiración y motivación y apoyarme durante mi carrera profesional.

Joselito Alberca Cieza

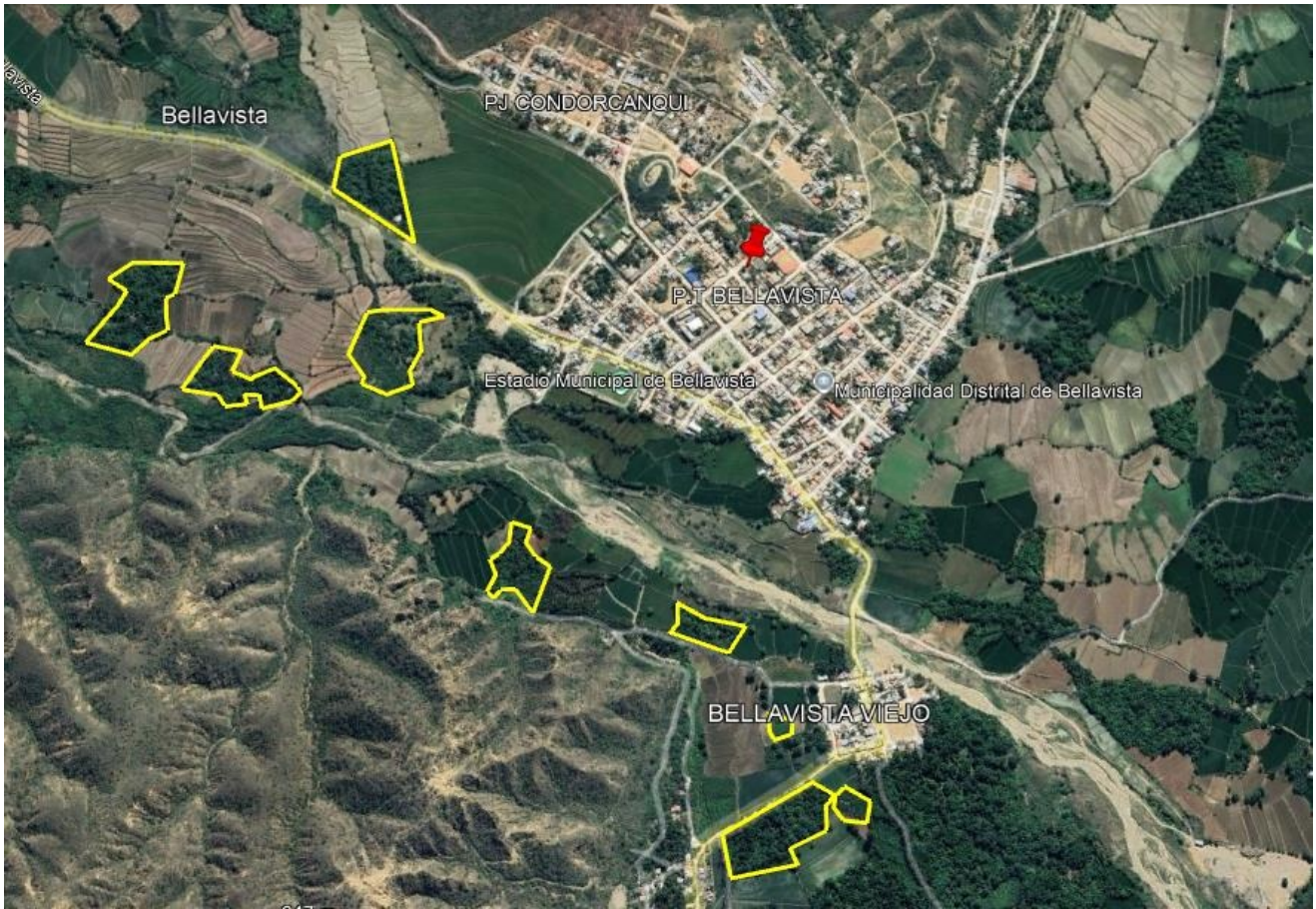
A mi familia por su apoyo, sacrificio, amor, trabajo y ser pilar fundamental en mi formación ética y profesional.

A mis profesores y asesores por su guía y sabiduría en el desarrollo de esta investigación, a la universidad Nacional de Jaén por brindarme la oportunidad de crecer y aprender.

Román Condezo Robert Lee

## ANEXOS

### Anexo 01: Mapa de ubicación



### Anexo 02: Cuadro de operacionalización de variables

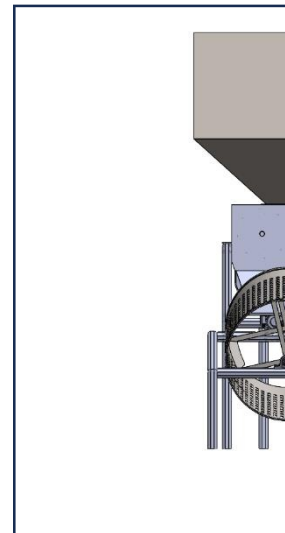
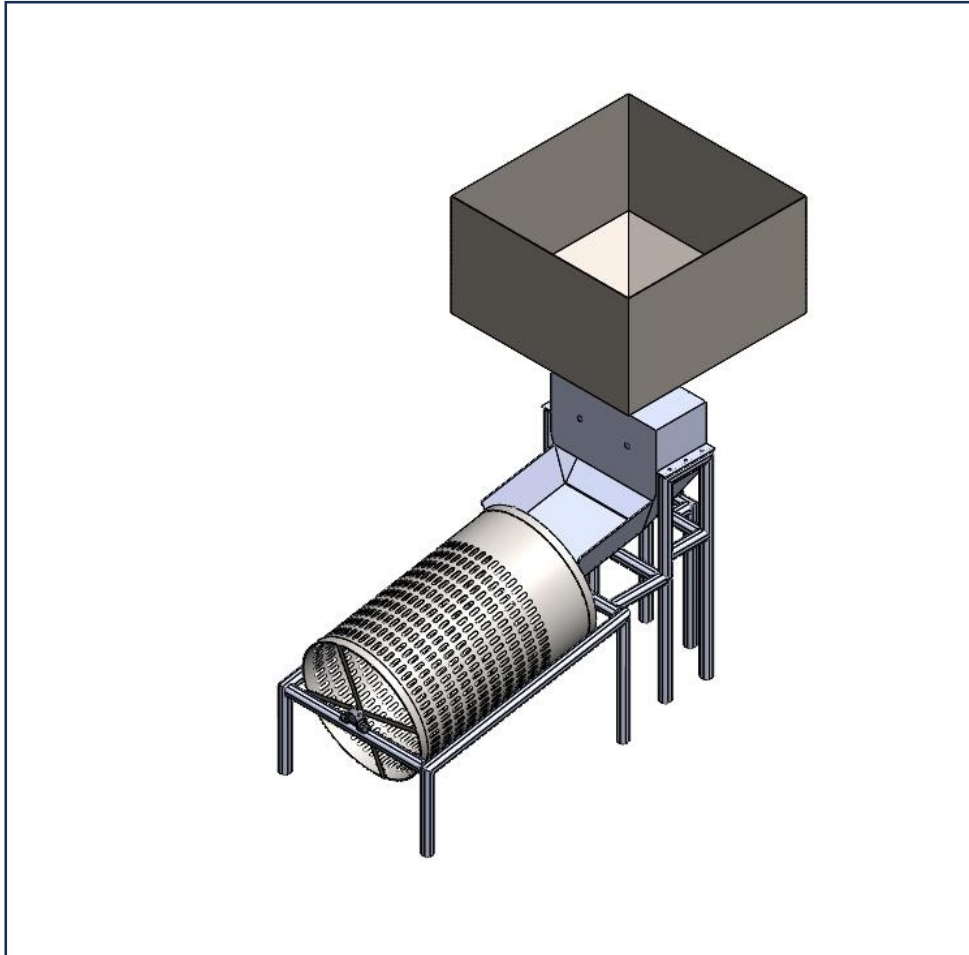
Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador
Independiente	Diseño de la despulpadora	Proceso de planificación, dimensionamiento, simulación y evaluación técnica de una máquina destinada a separar la pulpa del cacao en forma eficiente.	Se medirá a partir del cálculo de componentes, modelado, simulación estructural y evaluación económica del diseño.	Dimensionamiento de componente	Diámetro y longitud del tambor.
					Potencia del motor
					Capacidad de carga (kg)
				Simulación mecánica	Esfuerzos y deformaciones (MPa).
					Factor de seguridad
					Vibraciones y frecuencia natural (Hz)
				Rentabilidad económica	Costo total del diseño.
					Costo/beneficio
					Eficiencia energética (kWh)
Dependiente	Productividad del cacao	La productividad del cacao se define como la cantidad de cacao producido por unidad de superficie cultivada, generalmente expresada en kilogramos o toneladas por hectárea, durante un periodo determinado.	Se medirá considerando el rendimiento de la despulpadora, el tiempo de procesamiento y el aumento de la producción por hora.	Producción total de cacao	Rendimiento por hectárea kg/ha
					Producción kg/año
				Costos de despulpado	Tiempo de despulpado manual (kg/h)
					Tiempo de despulpado con la despulpadora (kg/h)
				Rentabilidad de la producción	Cálculo de rentabilidad

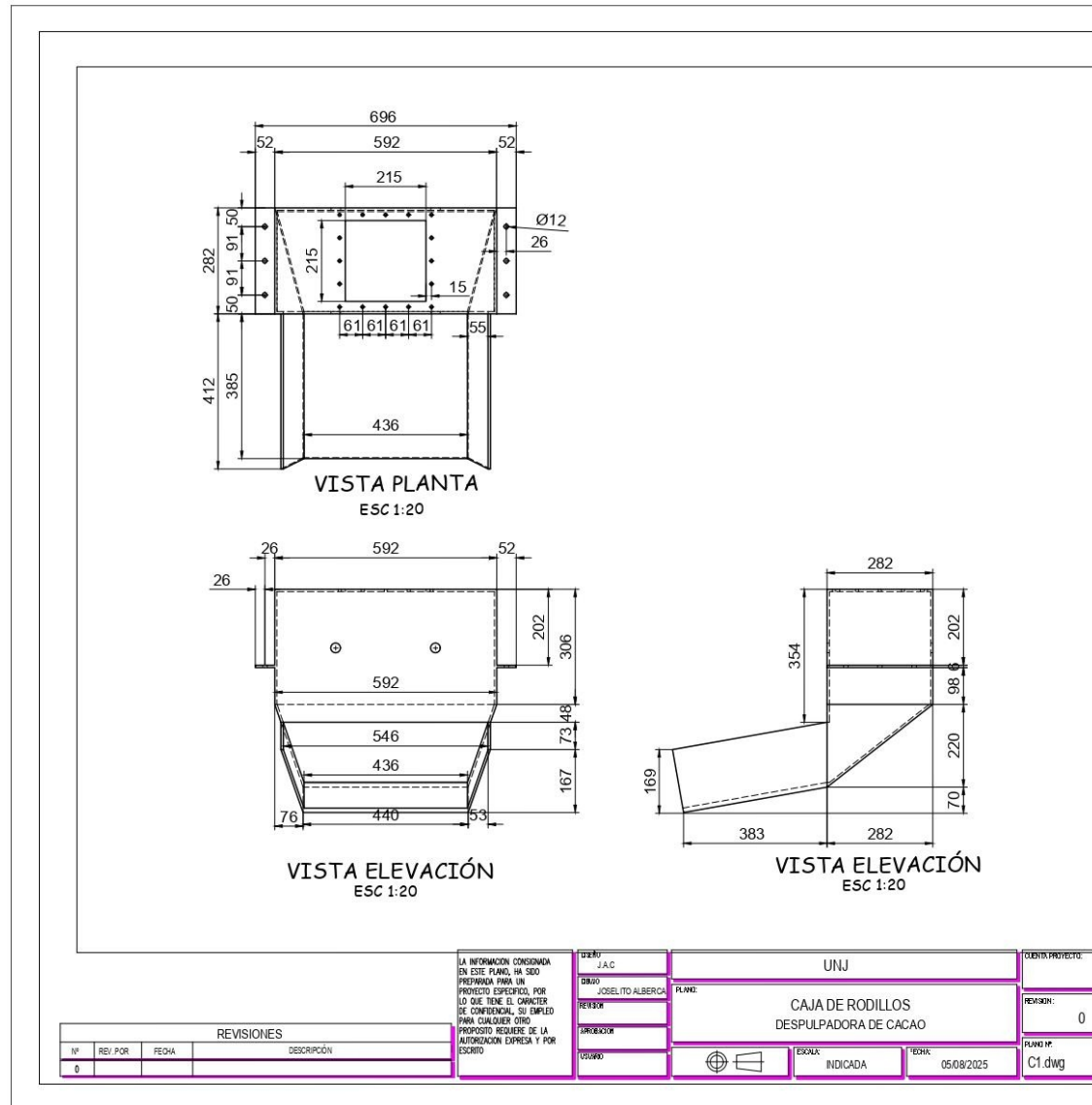
### Anexo 03: Recolección de datos por productor de cacao

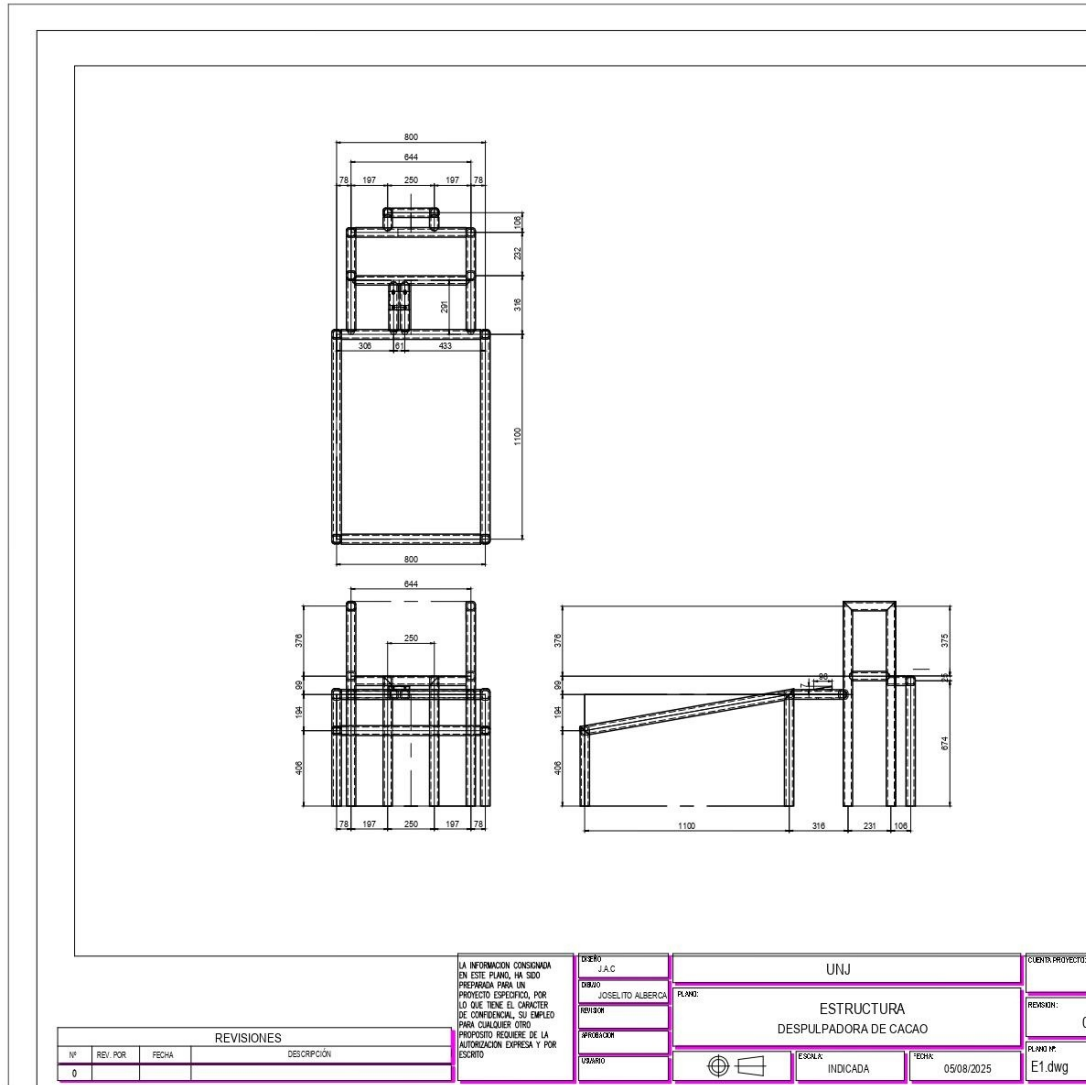
Productor	Área (ha)	Producción anual (kg)	Rendimiento (kg/ha)	Tiempo 100 kg (h)	Accidentes	Gasto /campaña	Merma calidad	Aumentaría producción	Rentabilidad actual	Preci máxi
1	0.50	210.94	398	8	Sí	1,000	No	No	Media	1700
2	0.70	308.16	428	10	No	1,500	Sí	Sí	Baja	1000
3	0.80	377.65	455	9	Sí	1,800	No	Sí	Baja	1500
4	1.00	520.00	520	8	Sí	2,600	Sí	Sí	Media	2000
5	1.30	782.50	626	9	No	3,900	Sí	Sí	Media	2000
6	1.00	470.25	495	8	Sí	2,300	Sí	Sí	Baja	8000
7	0.31	112.53	363	8	Sí	500	Sí	No	Baja	5000
8	0.60	244.20	407	10	No	1,200	Sí	Sí	Baja	1000
9	0.34	126.82	373	9	No	600	Sí	Sí	Baja	1500
10	0.50	195.00	390	5	No	900	No	Sí	Baja	1700
11	1.00	491.96	502	8	Sí	2,000	Sí	Sí	Media	1500
12	0.40	147.03	377	8	No	700	Sí	Sí	Baja	1000
13	0.60	223.30	406	4	No	1,000	Sí	Sí	Baja	8000
14	0.80	341.28	432	6	No	1,700	Sí	Sí	Baja	1700
15	0.80	356.40	440	9	Sí	1,700	Sí	Sí	Baja	1800
16	0.25	85.00	340	6	Sí	4200	Sí	Sí	Baja	1500
17	0.40	134.64	374	5	No	600	No	Sí	Baja	1400
18	1.00	556.51	551	10	Sí	2,700	Sí	Sí	Media	1800
19	1.70	1,207.44	702	4	No	6,000	Sí	Sí	Media	1700
20	1.30	840.56	632	8	Sí	4,200	No	No	Media	1400
21	1.00	517.00	517	8	Sí	2,500	Sí	Sí	Media	1500
22	0.50	175.72	382	10	Sí	800	Sí	Sí	Baja	2000
23	0.50	198.90	390	9	Sí	900	Sí	Sí	Baja	1200
24	2.30	1,914.22	847	5	Sí	9,500	Sí	Sí	Alta	1000
25	4.20	3,864.00	920	8	No	19,300	Sí	Sí	Alta	1500
26	1.00	503.00	503	8	Sí	2,500	Sí	Sí	Media	1000
27	4.30	4,162.06	959	4	No	20,800	Sí	Sí	Alta	2500

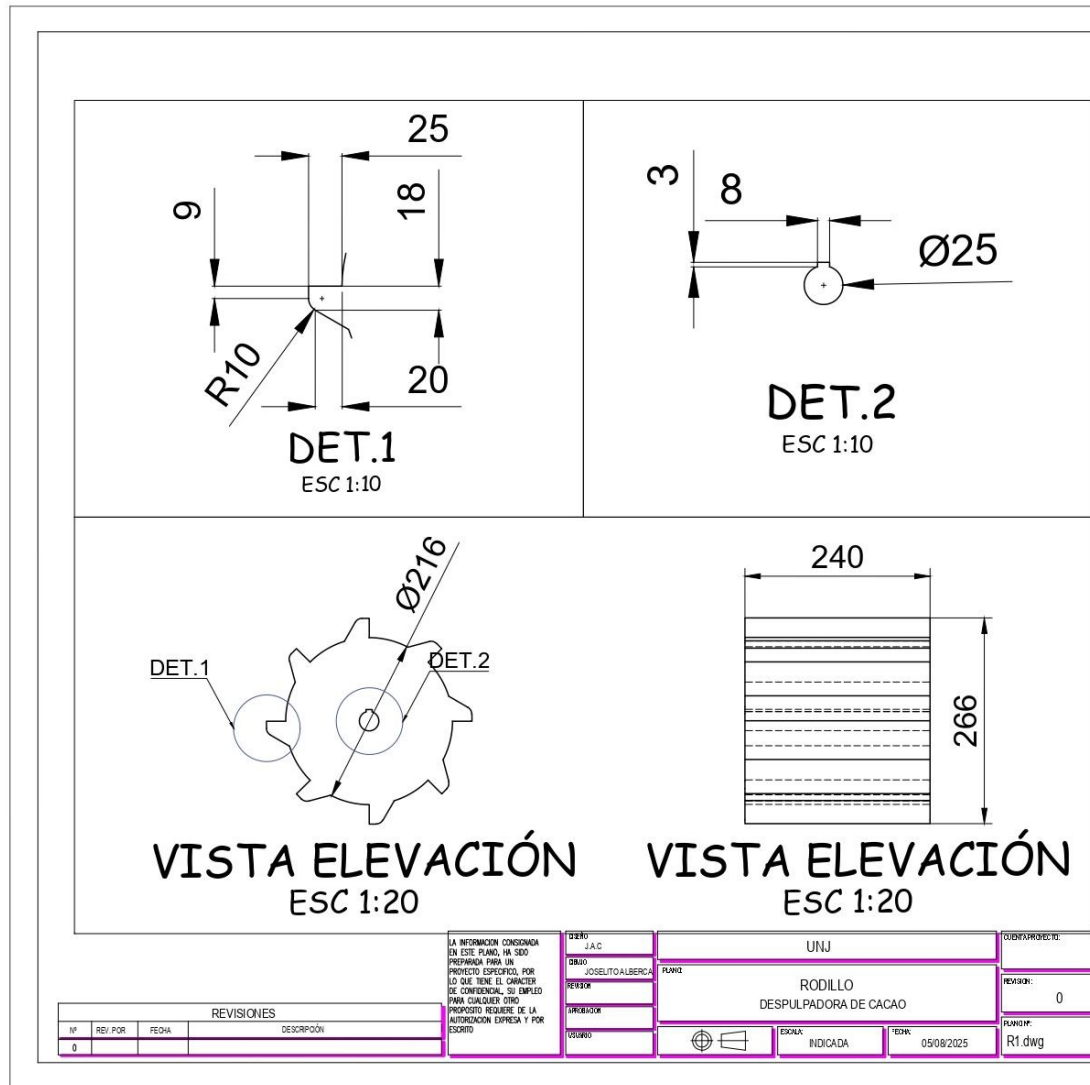
28	0.50	174.80	380	6	Sí	800	Sí	Sí	Baja	1700
29	0.50	204.88	394	9	Sí	1,000	Sí	Sí	Baja	1000
30	0.60	263.68	412	8	No	1,300	No	No	Baja	1800
31	1.00	576.00	576	9	Sí	2,800	Sí	Sí	Media	2000
32	2.00	1,451.45	715	8	No	7,200	Sí	Sí	Media	2000
33	4.70	4,629.50	985	5	No	23,100	No	Sí	Alta	1500
34	1.60	1,057.68	678	9	No	5,000	Sí	Sí	Media	1500
35	0.28	96.88	346	8	Sí	400	Sí	No	Baja	1000
36	0.31	112.22	362	8	Sí	500	Sí	Sí	Baja	2000
37	1.50	1,011.78	657	6	Sí	5,000	Sí	Sí	Media	1700
38	4.30	4,139.48	956	5	No	20,000	Sí	Sí	Alta	1000
39	1.50	966.00	644	8	No	4,000	Sí	Sí	Media	1000
40	2.00	1,418.00	709	7	No	7,000	Sí	No	Media	1500

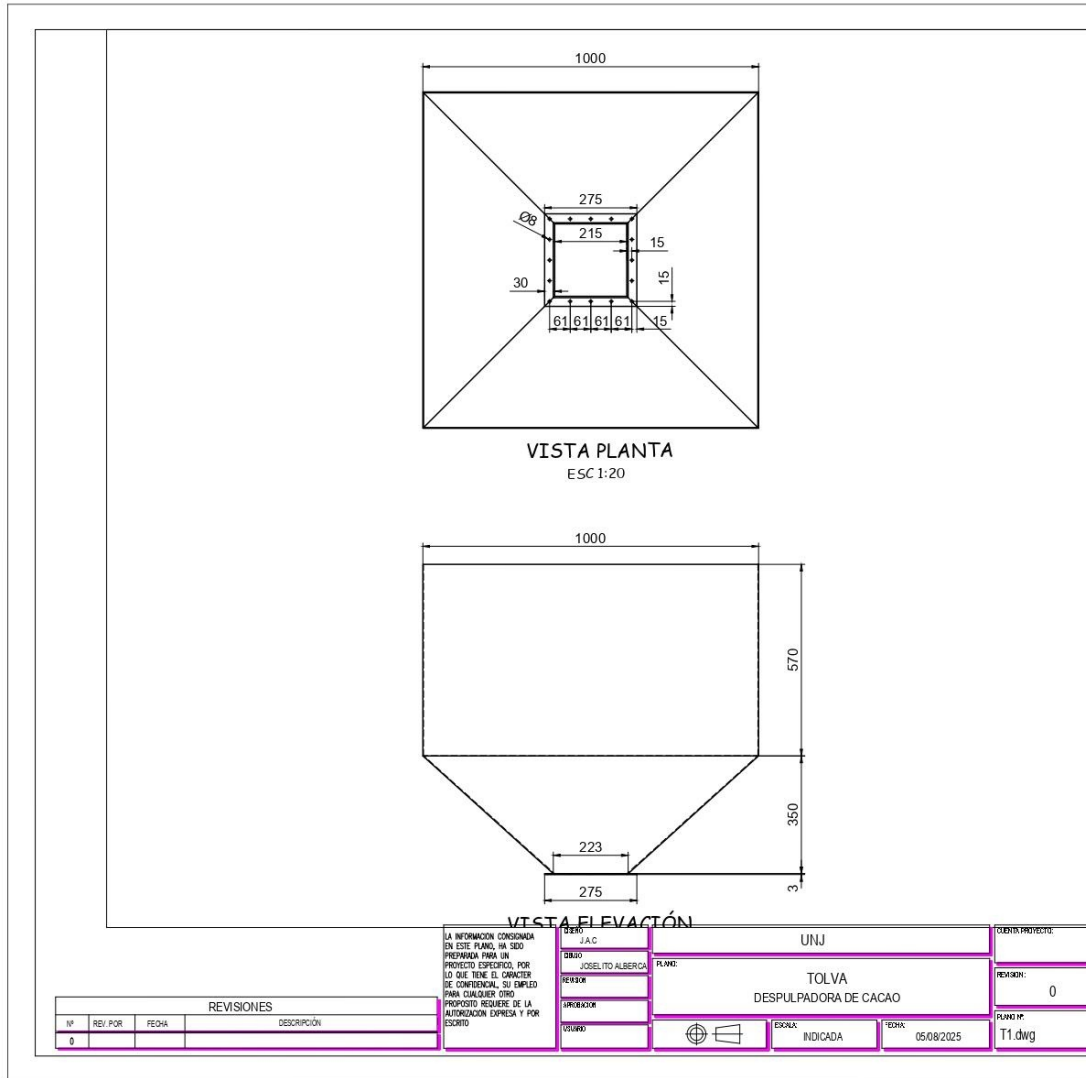
### Anexo 04: Planos

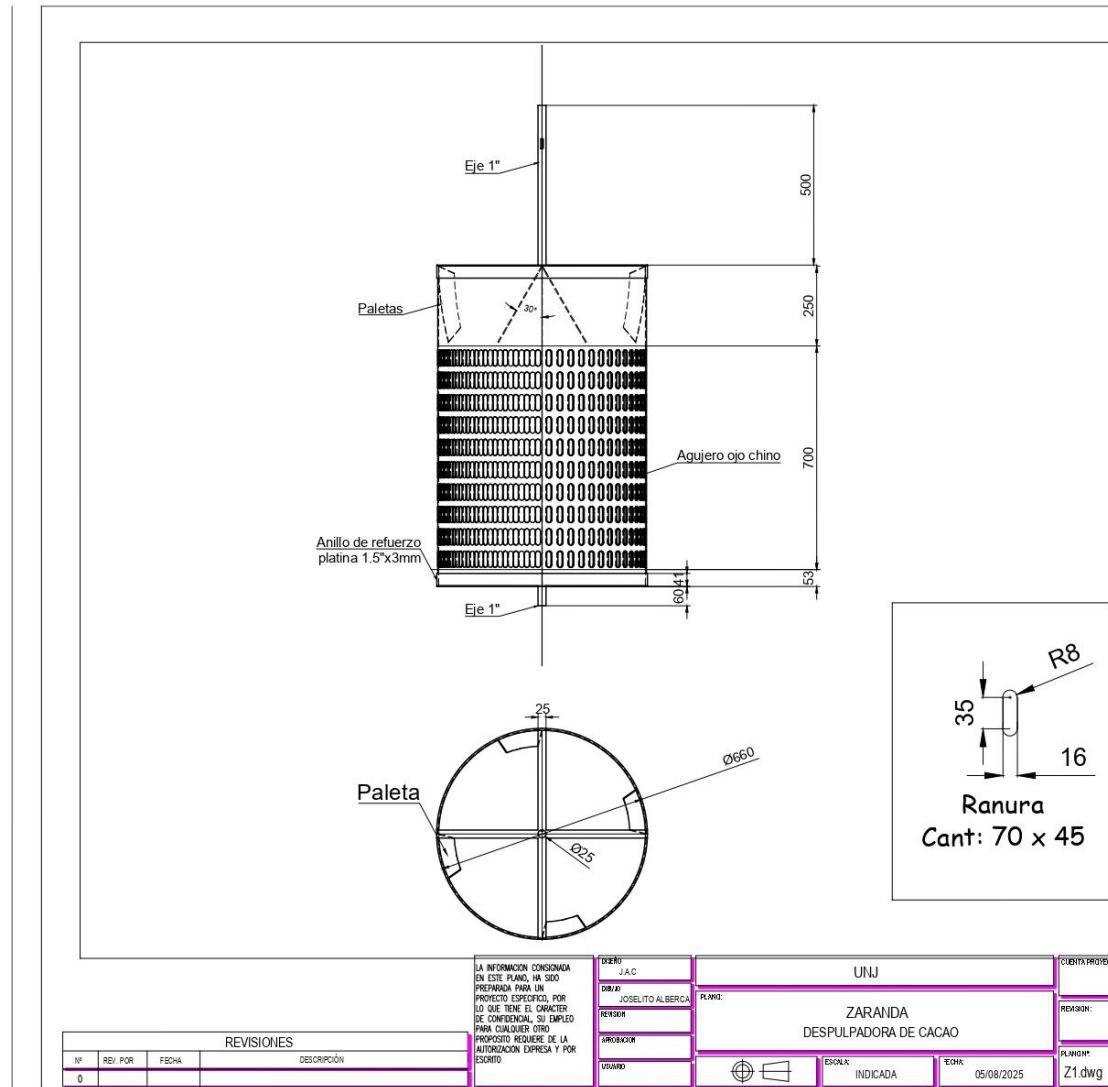












REVISIONES			
Nº	REVISOR	FECHA	DESCRIPCIÓN
0			

LA INFORMACION CONSIGNADA EN ESTE PLANO, HA SIDO PREPARADA PARA UN PROPOSITO ESPECIFICO, POR LO QUE TIENE EL CARACTER DE CONFIDENCIAL. SU EMPLEO PARA CUALQUIER OTRO PROPOSITO REQUIERE DE LA AUTORIZACION EXPRESA Y POR ESCRITO.

DISEÑO	JAC
DIBUJO	JOSE LITO ALBERCA
REVISOR	
APROBACION	
USUARIO	

UNJ	
ZARANDA DESPELUPADORA DE CACAO	
ESCALA	INDICADA
FECHA	05/08/2025

CONTADOR	
REVISION	
PLANO	Z1.dwg

## Anexo 05. Cálculo de fatiga

### Cálculo de fatiga – Anexo con ecuaciones (figuras) y condiciones en tablas

#### Condiciones asumidas para el cálculo

Dato/Condición	Valor asumido	Observación
Arranques por jornada	10 arranques/día	Jornada 8 h; operación intermitente
Régimen de operación	Duty $\approx 0.8$	Carga casi continua
Distancia piñón–apoyo (brazo)	120 mm	Para convertir Ft en momento flector
Chavetero (DIN 6885)	8×7×40 mm	Eje 25.4 mm; serie A (estimado)
Factores de concentración	$K_{t_b} = 1.6$ $K_{t_t} = 1.3$ $q=0.9$	Fatiga: $K_{f_b}$ y $K_{f_t}$ aplicados
Material del eje	AISI 304	Sut $\approx 515$ MPa (típico)
Endurance corregido	S'e $\approx 160$ MPa	Incluye factores de ambiente y acabado
Acabado superficial	Torneado ( $R_a \approx 3.2$ $\mu\text{m}$ )	Para factor de acabado
Ambiente	Intemperie (húmedo)	Reducción de S'e por corrosión
Confiabilidad objetivo	95 %	Ajuste de S'e

#### 1) Potencia por rama en el eje (antes de la cadena)

$$P_{eje} = \frac{P_{rodillo}}{\eta_{cadena}}$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad
Potencia en el rodillo (por rama)	$P_{rodillo}$	0.0283	kW
Eficiencia de la cadena	$\eta_{cadena}$	0.96	—
Resultado	$P_{eje}$	0.0295	kW

#### 2) Par en el piñón del eje (34 rpm)

$$T = \frac{9550 P}{N}$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad
Potencia en el eje por rama	P	0.0295	kW
Velocidad del eje	N	34	rpm
Resultado	T	8.28	N·m

#### 3) Fuerza tangencial de la cadena en el piñón

$$F_t = \frac{2T}{d_p}$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad	Variable
Par en el piñón	T	8.28	N·m	Calculado en fatiga
Diámetro primitivo del piñón	$d_p$	0.1213	m	Calculado en la tesis
Resultado	$F_t$	136.5	N	Calculado en fatiga

#### 4) Momento flector en el eje

$$M_f = F_t L$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad
Fuerza tangencial de cadena	$F_t$	137	N
Brazo piñón–apoyo	L	120	mm
Momento flector en el eje	$M_f$	16.44	N·m

#### 5) Esfuerzo de flexión alternante

$$\sigma_b = \frac{32M_f}{\pi d^3}$$

$$\sigma_a = K_{f,b} \sigma_b$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad
Momento flector	$M_f$	16.44	N·m
Diámetro del eje	D	25.4	mm
Factor de concentración a fatiga en flexión	$K_{f,b}$	1.54	
Esfuerzo de flexión alternante	$\sigma_a$	15.7	MPa

#### 6) Esfuerzo medio equivalente por torsión

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} K_{f,t} \tau$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad
Par en el eje	T	32.7	N·m
Diámetro del eje	D	25.4	mm
Factor de concentración a fatiga en torsión	$K_{f,b}$	1.27	
Esfuerzo medio equivalente por torsión	$\sigma_m$	22.3	MPa

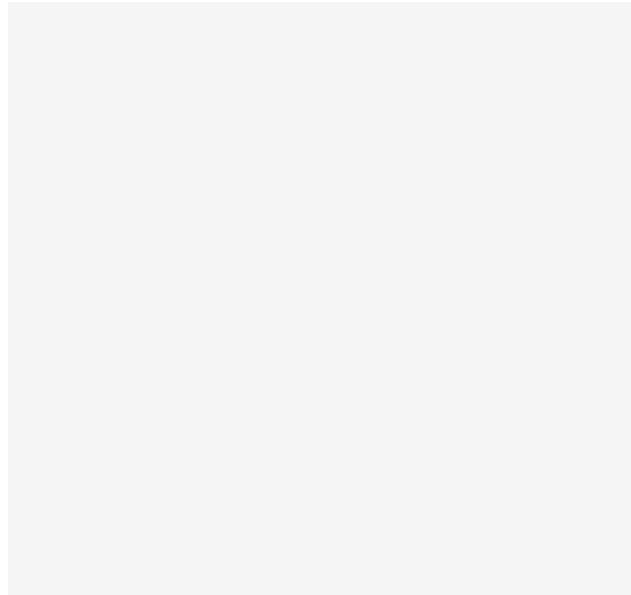
**7) Criterio de Goodman y factor de seguridad (FS)**

$$\psi = \frac{\sigma_a}{S'_e} + \frac{\sigma_m}{S_m}$$

$$FS = \frac{1}{\psi}$$

Variable	Nomenclatura	Valor	Unidad
Esfuerzo alternante	$\sigma_a$	15.7	MPa
Esfuerzo medio	$\sigma_m$	22.3	MPa
Resistencia a fatiga corregida	$S'_e$	160	MPa
Resistencia última	$S_m$	515	MPa
Suma de Goodman	$\psi$	0.14	—
Factor de seguridad logrado	FS	7.06	—

## Anexo 06. Fichas técnicas



## Kraftmann

### Productos de calidad para el mercado internacional

El objetivo de **Kraftmann** es brindar a sus clientes la mejor tecnología en motores eléctricos, bajo constante optimización y definiendo nuevos estándares en las aplicaciones ofrecidas para un mejor desempeño en el mercado industrial y en tu negocio.

**Kraftmann** ofrece un amplio portafolio de motores eléctrico los cuales se adaptan a las exigencias del mercado en general, bajo el compromiso de brindar lo mejor y con los mejores resultados en tu negocio (funcional, técnico y económico).

Los motores **Kraftmann** cuentan con un robusto diseño que les permite ser utilizados junto con equipos de protección y control, arrancadores directos, fusibles ultra rápidos, variadores de frecuencia, etc.

Los motores **Kraftmann** cumplen con los estándares de calidad, seguridad y desempeño requeridos a nivel global.

## NEMA Abierto

### Base Resilente

### Motor SLD - ODP



**Divide la Fase-Resistente al iniciar la inducción de eje.**  
**Condensador de arranque para inducción.**  
**Condensador de arranque para condensación.**

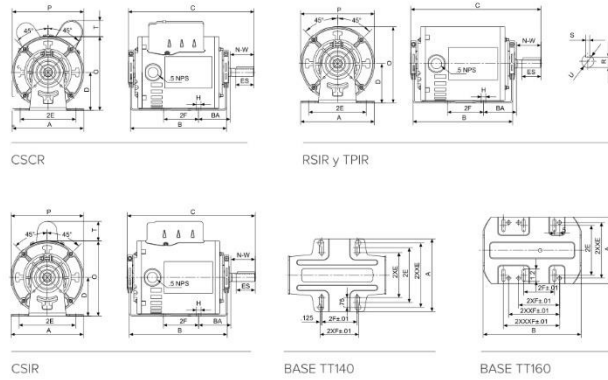
#### > Especificaciones estándar

- Disponible para ODP - TEFC.
- Base resilente de 3.3".
- Voltaje dual monofásico de 110/220V.
- 4 Polos de 1725 RPM - reversible.
- Aislamiento Clase F - 40°C Ambiente.
- **Protección térmica / reinicio automático monofásico - UL2111.**
- **Protección térmica / reinicio automático trifásico - UL1004.\***
- Inverter Duty disponible.\*

(\*) Disponible



> Dimensiones generales y formas constructivas



Hp	Modelo	SF	Fis (Arqs)	Us (Arqs)	Bot (On-Fl)	L1 (On-Fl)	A	B	C	D	H	O	P	R	S	U	2E	2XE	2F	2XF	BA	CE	ES	NW	W1 (LBS)	
1/6	48TT140-SP-125	1.35	4.06	24.16	14.81	16.28	5.63	7.60	9.92	3.0	0.35	5.82	5.63	0.453	Fis	0.5	4.24	4.24	4.99	2.75	3.00	2.50	2.56	1.62	1.88	12.76
1/4	48TT140-SP-185	1.35	4.84	30.10	24.15	24.26	5.63	7.60	9.92	3.0	0.35	5.82	5.63	0.453	Fis	0.5	4.24	4.24	4.99	2.75	3.00	2.50	2.56	1.62	1.88	14.08
1/3	48TT140-SP-245	1.35	5.48	38.36	31.83	32.47	5.63	8.11	10.43	3.0	0.35	5.82	5.63	0.453	Fis	0.5	4.24	3.49	4.99	2.75	3.00	2.50	2.56	1.62	1.88	16.50
1/2	48TT140-SP-375	1.35	7.14	46.82	48.20	49.75	5.63	8.50	10.82	3.0	0.35	5.82	5.63	0.453	Fis	0.5	4.24	3.49	4.99	2.75	3.00	2.50	2.56	1.62	1.88	19.36
1/6	56TT140-SP-125	1.35	4.06	24.16	14.81	16.28	6.40	7.60	9.92	3.5	0.35	6.32	5.63	0.515	0.1875	0.625	4.88	4.13	5.63	3.00	3.25	2.75	2.56	1.45	1.88	12.98
1/4	56TT140-SP-185	1.35	4.84	30.10	24.15	24.26	6.40	7.60	9.92	3.5	0.35	6.32	5.63	0.515	0.1875	0.625	4.88	4.13	5.63	3.00	3.25	2.75	2.56	1.45	1.88	14.30
1/3	56TT140-SP-245	1.35	5.48	38.36	31.83	32.47	6.40	8.11	10.43	3.5	0.35	6.32	5.63	0.515	0.1875	0.625	4.88	4.13	5.63	3.00	3.25	2.75	2.56	1.45	1.88	16.72
1/2	56TT140-SP-375	1.35	7.14	46.82	48.20	49.75	6.40	8.50	10.82	3.5	0.35	6.32	5.63	0.515	0.1875	0.625	4.88	4.13	5.63	3.00	3.25	2.75	2.56	1.45	1.88	19.58

**NEMA Abierto**  
**Motor ODP**  
**1/4HP - 10HP / 48 - 215T**



Capacitor de arranque.  
 Trabajo constante por inducción.  
 Doble Capacitor: Para arranque y trabajo constante.

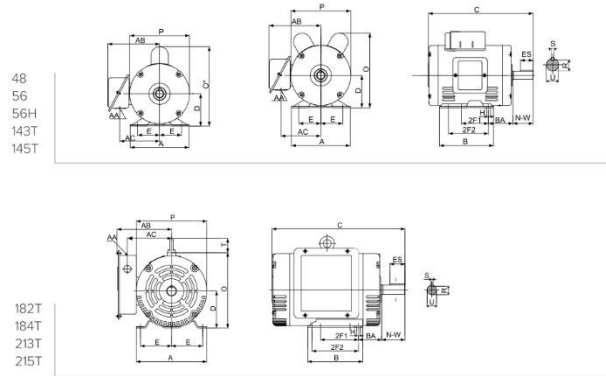
> Especificaciones estándar

- Factor de Servicio 115
- Trabajo continuo a 40 °C Ambiente.
- Motor NEMA diseño tipo L.
- Baja corriente y gran torque en el encendido.
- Construcción en acero laminado.
- Rodajes.
- Arranque por condensador de inducción (1/6 - 3HP)\*
- Arranque por condensador/durante trabajo (1/4 - 10HP)\*
- PSC /Permanent Split Capacitor Motor (1/12 - 2HP)\*

(\*) Disponible



> Dimensiones generales y formas constructivas



Frame	A	B	D	H	BA	E	2F1	2F2	AA	AB	AC	T	O	O'	P	N-W	U	S	R	ES
48	5.75	4.00	3.00	0.34 Slot	2.50	2.12	2.75	—	0.88	5.15	4.00	—	7.45	7.8	5.67	1.50	0.500	Flat	0.453	—
56	6.50	4.15	3.50	0.34 Slot	2.75	2.44	3.00	—	0.88	5.65	4.45	—	7.75	8.7	6.45	1.88	0.625	0.188	0.517	1.41
56H	6.50	6.00	3.50	0.34 Slot	2.75	2.44	3.00	5.00	0.88	5.65	4.45	—	7.75	8.7	6.45	1.88	0.625	0.188	0.517	1.41
143T	6.50	6.00	3.50	0.34	2.25	2.75	4.00	5.00	0.88	5.65	4.45	—	7.75	8.7	6.45	2.25	0.875	0.188	0.771	1.41
145T	6.50	6.00	3.50	0.34	2.25	2.75	4.00	5.00	0.88	5.65	4.45	—	7.75	8.7	6.45	2.25	0.875	0.188	0.771	1.41
182T	8.50	6.50	4.50	0.41	2.75	3.75	4.50	5.50	1.10	6.70	5.40	1.75	9.10	—	8.35	2.75	1.125	0.250	0.986	1.78
184T	8.50	6.50	4.50	0.41	2.75	3.75	4.50	5.50	1.10	6.70	5.40	1.75	9.10	—	8.35	2.75	1.125	0.250	0.986	1.78
213T	10.45	8.50	5.25	0.41	3.50	4.25	5.50	7.00	1.10	7.50	6.25	1.75	10.65	—	10.05	3.38	1.375	0.312	1.201	2.41
215T	10.45	8.50	5.25	0.41	3.50	4.25	5.50	7.00	1.10	7.50	6.25	1.75	10.65	—	10.05	3.38	1.375	0.312	1.201	2.41

> Ficha técnica NEMA Base resiliente

Modelo	Carcasa	Potencia HP	Potencia KW	RPM	A / Related current	Eficiencia 50%	Eficiencia 75%	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Factor potencia 75%	Factor potencia 100%
4 polos											
SCD48 1/324L	48	0.33	0.25	1735	3.6/1.8	0.61	0.69	0.73	0.73	0.79	0.86
SCD48 1/224L	48	0.50	0.37	1735	5.0/2.5	0.64	0.72	0.76	0.77	0.82	0.88
SCD56 3/424L	56	0.75	0.55	1735	7.4/3.7	0.67	0.74	0.77	0.77	0.83	0.88
SCD56 1/24L	56	1.00	0.75	1735	9.2/4.6	0.68	0.74	0.77	0.91	0.94	0.96
SCD56 1.5/24L	56	1.50	1.1	1720	13.2/6.6	0.68	0.75	0.78	0.95	0.96	0.97
2 polos											
SLD48/56 1/422L	48/56	0.25	0.18	3500	2.8/1.4	0.53	0.6	0.66	0.81	0.85	0.9
SLD48/56 1/322L	48/56	0.33	0.25	3500	3.8/1.9	0.55	0.62	0.68	0.83	0.86	0.9
SLD48/56 1/222L	48/56	0.50	0.37	3500	5.2/2.6	0.59	0.66	0.71	0.84	0.87	0.9
SLD48/56 3/422L	48/56	0.75	0.55	3500	7.4/3.7	0.61	0.67	0.73	0.87	0.89	0.92
SLD56H 1/22L	56H	1.00	0.75	3400	10.0/5.0	0.63	0.71	0.74	0.9	0.91	0.93
SLD56H 1.5/22L	56H	1.50	1.1	3400	13.0/6.5	0.69	0.77	0.80	0.96	0.97	0.97
SLD56H 2/22L	56H	2.00	1.5	3400	17.6/8.8	0.7	0.78	0.805	0.95	0.97	0.97
SLD56H 3/22L	56H	3.00	2.2	3480	12.2	0.77	0.82	0.84	0.97	0.98	0.98
SLD56H 5/22L	56H	5.00	3.7	3460	20.5	0.78	0.83	0.84	0.97	0.98	0.98
SLD182T 3/22L	182T	3.00	2.2	3480	12.7	0.75	0.79	0.815	0.96	0.97	0.97
SLD184T 5/22L	184T	5.00	3.7	3490	20.9	0.76	0.8	0.820	0.96	0.97	0.98
SLD213T 7.5/22L	213T	7.50	5.5	3510	30.2	0.79	0.82	0.845	0.96	0.97	0.98
SLD215T 10/22L	215T	10.00	7.5	3520	40.5	0.81	0.84	0.860	0.96	0.98	0.98
4 polos											
SLD48/56 1/424L	48/56	0.25	0.18	1725	3.2/1.6	0.56	0.61	0.650	0.64	0.75	0.81
SLD48/56 1/324L	48/56	0.33	0.25	1725	4.0/2.0	0.59	0.64	0.67	0.69	0.76	0.83
SLD48/56 1/224L	48/56	0.50	0.37	1740	5.8/2.9	0.63	0.7	0.73	0.68	0.75	0.83
SLD48/56 3/424L	48/56	0.75	0.55	1740	7.8/3.9	0.69	0.75	0.76	0.69	0.78	0.85
SLD56H 1/24L	56H	1.00	0.75	1740	9.8/4.9	0.65	0.73	0.77	0.75	0.83	0.9
SLD56H 1.5/24L	56H	1.50	1.1	1740	13.6/6.8	0.7	0.76	0.79	0.88	0.92	0.94
SLD56 2/24L	56	2.00	1.5	1740	18.0/9.0	0.7	0.78	0.80	0.9	0.93	0.95
SLD56 3/24L	56	3.00	2.2	1730	12.7	0.75	0.81	0.82	0.95	0.96	0.96
SLD182T 3/24L	182T	3.00	2.2	1740	13	0.76	0.81	0.84	0.88	0.91	0.92
SLD184T 5/24L	184T	5.00	3.7	1740	21.3	0.78	0.82	0.84	0.89	0.93	0.94
SLD213T 7.5/24L	213T	7.50	5.5	1750	32.4	0.78	0.8	0.82	0.9	0.93	0.94
SLD215T 10/24L	215T	10.00	7.5	1750	43.4	0.8	0.82	0.84	0.9	0.93	0.94



## NEMA Cerrado Motor SLF - TEFC 48 - 215T



### > Especificaciones estándar

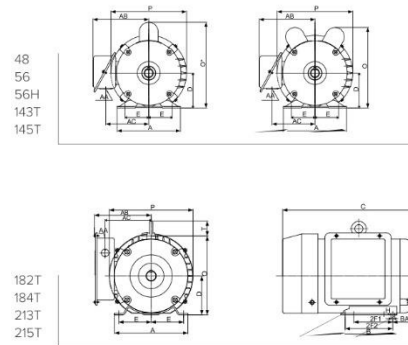
- Trabajo continuo a 40 °C Ambiente
- Motor cerrado con enfriadores internos (TEFC)
- Motor NEMA diseño tipo L
- Aislamiento clase F
- Baja corriente y gran torque en el encendido
- Construcción en acero laminado
- Usa Rodajes
- Arranque por condensador de inducción (1/6 - 3HP)\*
- Arranque por condensador/durante trabajo (1/4 - 10HP)\*
- PSC /Permanent Split Capacitor Motor (1/12 - 2HP)\*

(\*) Disponible

### > Aplicaciones

- Bombas comerciales
- Transportadoras
- Ventiladores
- Aire acondicionado AKA / HVAC
- Máquinas pequeñas
- Sopladores
- Sifines
- Electrodomésticos
- Equipos que requieren uidad direectiva y alto torque

### > Dimensiones generales y formas c



Frame	A	B	D	H	BA	E	2F1	2F2	AA	AB	AC	T
48	5.75	4.00	3.00	0.34	2.50	2.12	2.75	—	0.88	5.15	4.00	—
56	6.50	4.15	3.50	0.34	2.75	2.44	3.00	—	0.88	5.65	4.45	—
56H	6.50	6.00	3.50	0.34	2.25	2.75	4.00	5.00	0.88	5.65	4.45	—
143T	8.50	6.00	4.50	0.41	2.75	3.75	4.50	5.50	1.10	6.70	5.40	1.75
145T	8.50	6.50	4.50	0.41	3.50	4.25	5.50	7.00	1.10	7.50	6.25	1.75



> Ficha técnica NEMA SLF - TEFC

Modelo	Carcasa	Potencia HP	Potencia KW	RPM	A / Related current	Eficiencia 50%	Eficiencia 75%	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Factor potencia 75%	Factor potencia 100%	Factor Servicio	Torque (Nm)	Locked rotor torque	Locked rotor current	Peso Neto (Kg.)	Inercia (kg·m <sup>2</sup> )	Ruido (dB)
<b>2 polos</b>																		
SLF4856 1/4Z2L	4856	0.25	0.18	3500	2.8/1.4	0.53	0.6	0.66	0.81	0.85	0.9	1.15	0.49	1.5	20.6/10.3	9.3	0.0003	70
SLF4856 1/2Z2L	4856	0.33	0.25	3500	3.6/1.9	0.55	0.62	0.68	0.83	0.86	0.9	1.15	0.68	2.1	27.8/13.9	9.7	0.0003	70
SLF4856 1/2Z2L	4856	0.50	0.37	3500	5.2/2.6	0.59	0.66	0.71	0.84	0.87	0.9	1.15	1.01	3.4	37.6/18.8	11.3	0.0004	70
SLF4856 3/4Z2L	4856	0.75	0.55	3500	7.4/3.7	0.61	0.67	0.73	0.87	0.89	0.92	1.15	1.5	5.5	57.0/27.5	13.1	0.0004	70
SLF56H 1Z2L	56H	1.00	0.75	3460	9.8/4.9	0.64	0.71	0.74	0.9	0.91	0.93	1.15	2.07	7.9	64.4/32.2	16.1	0.0015	85
SLF56H 1.5Z2L	56H	1.50	1.1	3480	13.0/6.5	0.71	0.78	0.80	0.96	0.97	0.97	1.15	3.02	10.8	92.4/46.2	18.3	0.0019	85
SLF56H 2Z2L	56H	2.00	1.5	3480	17.6/8.8	0.72	0.79	0.805	0.95	0.97	0.97	1.15	4.12	12.8	114.4/57.2	19.7	0.0022	85
SLF182T3Z2L	182T	3.00	2.2	3480	12.7	0.75	0.79	0.815	0.96	0.97	0.97	1.15	6.04	26.8	96.9	37.6	0.0069	88
SLF184T 3Z2L	184T	5.00	3.7	3490	20.9	0.76	0.8	0.820	0.96	0.97	0.98	1.15	10.1	34.5	148.7	42.3	0.0085	88
SLF213T 7.5Z2L	213T	7.50	5.5	3510	30.2	0.79	0.82	0.845	0.96	0.97	0.98	1.15	14.9	63.7	221.7	62.8	0.019	91
SLF215T 10Z2L	215T	10.00	7.5	3520	40.5	0.81	0.84	0.860	0.96	0.98	0.98	1.15	20.3	73.5	320.5	76.5	0.026	91
<b>4 polos</b>																		
SLF4856 1/4Z4L	4856	0.25	0.18	1725	3.2/1.6	0.56	0.61	0.650	0.84	0.75	0.81	1.15	0.99	2.9	18.0/9.5	9.8	0.001	65
SLF4856 1/2Z4L	4856	0.33	0.25	1725	4.0/2.0	0.59	0.64	0.67	0.89	0.76	0.83	1.15	1.38	3.8	25.4/12.7	10.2	0.0011	65
SLF4856 1/2Z4L	4856	0.50	0.37	1740	5.6/2.9	0.63	0.7	0.73	0.88	0.75	0.83	1.15	2.03	6.6	37.8/18.9	12.1	0.0015	65
SLF4856 3/4Z4L	4856	0.75	0.55	1740	7.8/3.9	0.69	0.75	0.76	0.89	0.78	0.85	1.15	3.02	8.5	47.8/23.9	13.5	0.0019	65
SLF56H 1Z4L	56H	1.00	0.75	1740	9.8/4.9	0.65	0.73	0.77	0.75	0.83	0.9	1.15	4.12	12	69.2/34.6	17.8	0.0036	70
SLF56H 1.5Z4L	56H	1.50	1.1	1740	13.6/6.8	0.7	0.76	0.79	0.88	0.92	0.94	1.15	6.04	17	87.8/43.9	20.5	0.0046	70
SLF56H 2Z4L	56H	2.00	1.5	1740	18.0/9.0	0.7	0.78	0.80	0.9	0.93	0.95	1.15	8.23	21.5	114.2/57.1	23.4	0.0055	70
SLF182T 3Z4L	182T	3.00	2.2	1740	13	0.78	0.81	0.84	0.88	0.91	0.92	1.15	12.1	51.3	94.3	40.1	0.015	74
SLF184T 3Z4L	184T	5.00	3.7	1740	21.3	0.78	0.82	0.84	0.89	0.93	0.94	1.15	20.3	61	134.6	48.8	0.02	74
SLF213T 7.5Z4L	213T	7.50	5.5	1750	32.4	0.78	0.8	0.82	0.9	0.93	0.94	1.15	30	113	218.4	79.7	0.038	79
SLF215T 10Z4L	215T	10.00	7.5	1750	43.4	0.8	0.82	0.84	0.9	0.93	0.94	1.15	40.9	138	300.3	91.4	0.046	79

**IEC**  
Serie ML - TEFC

La flexibilidad de los motores Kraftmann en la serie ML debido a la versatilidad del montaje, hace que tenga un ajuste perfecto para utilizar con reductores de velocidad de aluminio, brindando una solución de bajo peso.

Motor ligero monofásico con carcasa de aluminio bajo las normas IEC, con doble capacitor para alto torque y trabajo constante. Características un acuerdo multi-montaje que incorpora el perno en los pies con brida de montaje de configuraciones disponibles, 2, 4 y 6 polos.

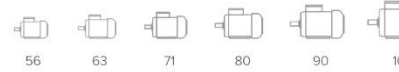


**Los valores de potencia de 0.25 Hp a 10 Hp Monofásico, 2, 4 y 6 polos, 60 Hz, 110 / 220V. Ventilador totalmente cerrado refrigerado (TEFC)**

> Especificaciones estándar

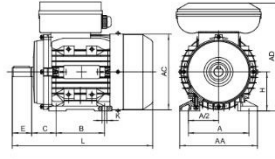
- Patas desmontables
- Factor 1.0 Servicio con la operación de 60Hz
- Construcción de aluminio fundido con aluminio, kit de bridas disponibles
- Diseño compacto de peso ligero
- Eje de acero
- Entrada de cable fijado a la caja de conexiones

> Aluminio

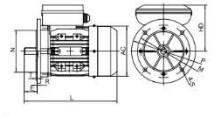




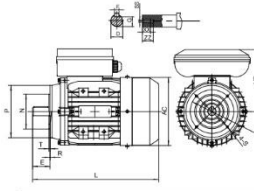
> Diagramas para instalación



IM B3



IM B5



IM B14

Carcasa	Base										General										Eje		
	H	A	B	C	D	E	F	G	K	AA	AD	HD	AC	L	SS	XX	ZZ						
ML 63	63	100	80	40	Φ11	23	4	8.5	7*10	120	179	116	Φ121	217	M4	10	14						
ML 71	71	112	90	45	Φ14	30	5	11	7*10	132	194	123	Φ139	255	M5	12	17						
ML 80	80	125	100	50	Φ19	40	6	15.5	10*13	160	223	143	Φ156	290	M6	16	21						
ML 90S	90	140	100	56	Φ24	50	8	20	10*13	175	240	150	Φ174	335	M8	19	25						
ML 90L	90	140	125	56	Φ24	50	8	20	10*13	175	240	150	Φ174	365	M8	19	25						
ML 100L	100	160	140	63	Φ28	60	8	24	12*15	198	271	171	Φ196	403(421)	M10	22	30						
ML 112M	112	190	140	70	Φ28	60	8	24	12*15	220	297	185	Φ221	431	M10	22	30						

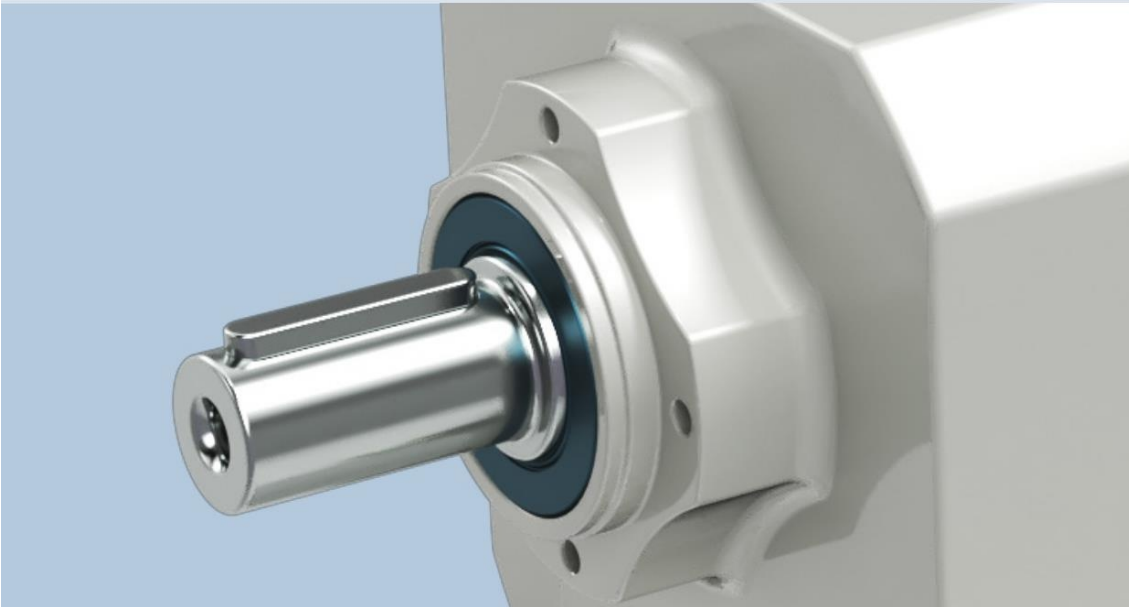
  

Carcasa	KK	B5					B14					BSR					B14B								
		N	M	P	S	T	N	M	P	S	T	N	M	P	S	T	N	M	P	S	T				
ML 63	1-M20*1.5	Φ95	Φ115	Φ140	Φ10	3	0	Φ60	Φ75	Φ90	M5	2.5	0												
ML 71	1-M20*1.5	Φ110	Φ130	Φ160	Φ10	3.5	0	Φ70	Φ85	Φ105	M5	2.5	0	Φ95	Φ115	Φ140	3	Φ10	0	Φ95	Φ115	Φ140	3	M8	0
ML 80	1-M20*1.5	Φ130	Φ165	Φ200	Φ12	3.5	0	Φ80	Φ100	Φ120	M6	3	0	Φ110	Φ130	Φ160	3.5	Φ10	0	Φ110	Φ130	Φ160	3.5	M8	0
ML 90	1-M20*1.5	Φ130	Φ165	Φ200	Φ12	3.5	0	Φ95	Φ115	Φ140	M8	3	0	Φ110	Φ130	Φ160	3.5	Φ10	0	Φ110	Φ130	Φ160	3.5	M8	0
ML 100	1-M20*1.5	Φ130	Φ215	Φ250	Φ15	4	0	Φ110	Φ130	Φ160	M8	3.5	0	Φ130	Φ165	Φ200	3.5	Φ12	0	Φ130	Φ165	Φ200	3.5	M10	0
ML 112	1-M20*1.5	Φ180	Φ215	Φ250	Φ15	4	0	Φ110	Φ130	Φ160	M8	3.5	0	Φ130	Φ165	Φ200	3.5	Φ12	0	Φ130	Φ165	Φ200	3.5	M10	0

> Ficha Técnica Motor IEC / ML - TEFC

Carcasa	Voltaje V	Frecuencia Hz	Potencia HP	Potencia KW	RPM	Corriente A	Eficiencia 100%	Factor de Potencia 100%	Factor de Servicio	Torque Nm	Par de Arranque
<b>2 polos</b>											
ML631-2	110	60	0.25	0.2	3420	2.27	65.3	0.94	1.0	0.50	2
	220	60			3420	1.33	65.3	0.94	1.0	0.50	2
ML632-2	110	60	0.33	0.3	3430	3.55	68.2	0.94	1.0	0.70	2.3
	220	60			3430	1.77	68.2	0.94	1.0	0.70	2.3
ML711-2	110	60	0.5	0.4	3400	5.22	70	0.92	1.0	1.03	2.5
	220	60			3400	2.61	70	0.92	1.0	1.03	2.5
ML712-2	110	60	0.75	0.6	3410	7.76	70	0.92	1.0	1.54	2.5
	220	60			3410	3.88	70	0.92	1.0	1.54	2.5
ML801-2	110	60	1	0.8	3410	10.1	72	0.94	1.0	2.1	2.5
	220	60			3410	5.06	72	0.94	1.0	2.1	2.5
ML802-2	110	60	1.5	1.1	3410	14.6	72	0.95	1.0	3.08	2.3
	220	60			3410	7.31	72	0.95	1.0	3.08	2.3
ML90S-2	110	60	2	1.5	3440	19.7	73	0.95	1.0	4.16	2.5
	220	60			3440	9.85	73	0.95	1.0	4.16	2.5
ML90L-2	110	60	3	2.2	3440	26.7	78	0.96	1.0	6.11	2.5
	220	60			3440	13.4	78	0.96	1.0	6.29	2.5
ML100L-2	220	60	4	3	3460	19	78	0.97	1.0	8.33	2.5
ML112M1-2	220	60	5	3.7	3520	21.4	79.5	0.99	1.0	10.04	2.4
<b>4 polos</b>											
ML711-4	110	60	0.33	0.3	1650	3.9	62	0.94	1.0	1.41	2.4
	220	60			1650	1.9	62	0.94	1.0	1.41	2.4
ML712-4	110	60	0.5	0.4	1680	5.3	67	0.94	1.0	2.1	2.3
	220	60			1680	2.7	67	0.94	1.0	2.1	2.3
ML801-4	110	60	0.75	0.6	1700	8.2	67	0.91	1.0	3.00	2.4
	220	60			1700	4.1	67	0.91	1.0	3.00	2.4
ML802-4	110	60	1	0.8	1700	11.1	67	0.92	1.0	4.21	2.4
	220	60			1700	5.5	67	0.92	1.0	4.21	2.4
ML90S-4	110	60	1.5	1.1	1700	14.6	72	0.95	1.0	6.18	2.4
	220	60			1700	7.3	72	0.95	1.0	6.18	2.4
ML90L-4	110	60	2	1.5	1710	19.9	73	0.94	1.0	8.38	2.4
	220	60			1710	9.9	73	0.94	1.0	8.38	2.4
ML100L-4	220	60	3	2.2	1740	13.6	78	0.94	1.0	12.07	2.5
ML100L-2-4	220	60	4	3	1740	18.6	79	0.93	1.0	15.5	2.5
ML112M1-4	220	60	5	3.7	1735	20.7	83	0.98	1.0	20.37	2.4
<b>6 polos</b>											
ML711-6	110	60	0.25	0.2	1140	3	56.7	0.93	1.0	1.51	2.2
	220	60			1140	1.5	56.7	0.93	1.0	1.51	2.2
ML712-6*	110	60	0.33	0.3	1140	3.96	61	0.94	1.0	1.66	2.2
	220	60			1140	1.98	61	0.94	1.0	1.66	2.2
ML801-6	110	60	0.5	0.37	1140	5.13	70.5	0.93	1.0	3.1	2.15
	220	60			1140	2.57	70.5	0.93	1.0	3.1	2.15
ML802-6	110	60	0.75	0.55	1130	7.39	69	0.98	1.0	4.65	2.05
	220	60			1130	3.7	69	0.98	1.0	4.65	2.05
ML90S-6	110	60	1	0.75	1145	10.6	68	0.95	1.0	6.26	2.2
	220	60			1145	5.28	68	0.95	1.0	6.26	2.2
ML90L-6	110	60	1.5	1.1	1145	13.8	75.7	0.96	1.0	9.17	2.3
	220	60			1145	6.9	75.7	0.96	1.0	9.17	2.3
ML100L-6	110	60	2	1.5	1160	17.1	81.5	0.96	1.0	12.3	2.3
	220	60			1160	8.54	81.5	0.98	1.0	12.3	2.3
ML112M-6	220	60	3	2.2	1170	12.9	80	0.97	1.0	17.9	2.5

# MOTORREDUCTOR Y REDUCTOR COAXIAL EVOX



## INTRODUCCIÓN AL PRODUCTO

**EVOX** es la nueva plataforma de motorreductores de Bonfiglioli. La familia EVOX comienza con el nuevo CP.

**EVOX CP** es un reductor de engranajes cilíndricos helicoidales diseñado con una carcasa lisa, que ofrece un excelente rendimiento y calidad.

La interfaz, en línea con los estándares del mercado, permite adaptar EVOX CP a la mayoría de las máquinas industriales existentes, sin tener que realizar operaciones específicas. Gracias a la amplia gama de versiones/ opciones y motores disponibles en el [catálogo de Bonfiglioli](#), este nuevo producto puede satisfacer un amplio conjunto de necesidades de aplicación.



Características	Ventajas
Dimensiones generales en línea con los estándares del mercado	Totalmente intercambiable con los estándares del mercado.
Superficie lisa	Forma fácil de limpiar
Cualquier posición de montaje posible con el producto estándar	Menos códigos en el almacén
Alta densidad de par para la tecnología en línea	Alto rendimiento y robustez
Opción rodamiento radial/axial reforzado	Producto preparado para la transmisión descentralizada
Pies y brida de salida y relaciones altas	Producto preparado para bombas y compresores

Tamaños EVOX CP	Par nominal [Nm]	Rango de la relación de reducción	Cargas radiales máximas [N] <sup>1</sup>	Potencia máxima del motorreductor compacto	
				[kW]	[hp]
07	55	2,8-81,2	1470	0,37	0,5
17	100	2,4-85,9	2460	0,75	1
37	200	2,3-133	4110	1,5	2
47	335	2,4-172	5240	4	5,5
57	500				
67	650				

(1) Prestaciones máximas a 1400 rpm de entrada, par nominal de salida y carga radial, aplicado en el centro del eje de salida.

Este valor puede variar en función de la relación de reducción






P' Ubarburu, 58. Pol.27 - 20014 San Sebastián (Spain)  
 Tel. 943 445 777 - Fax: 943 445 350  
 E-mail:gaes@gaessa.com  
 www.gaessa.com

Piñón- para cadena de rodillos según DIN 8187	Pag.	4
Piñón en fundición de rodillos según DIN 8187	Pag.	20
Piñón simple con dientes tratados por inducción	Pag.	22
Piñón- para cadena de rodillos según DIN 8188	Pag.	23
Piñón para moyú cónico	Pag.	34
Piñón simple en acero inoxidable AISI 304 L	Pag.	38
Cadena inoxidable AISI 304	Pag.	39
Cadena de rodillos ISO - ASA	Pag.	41
Guías de cadena de polietileno simple	Pag.	44
Piñón -Para transportadores	Pag.	50
Piñón tensor con rodamiento	Pag.	52
Moyú desmontable para disco dentado	Pag.	52
Piñón tensor de bolas con rueda libre	Pag.	53
Piñón para cadena de charnela	Pag.	53
Engranaje diente recto	Pag.	54
Cremallera	Pag.	56
Tensor para cadena	Pag.	58
Engranaje conico tipo A, B	Pag.	66
Poleas dentadas paso en pulgadas	Pag.	72
Poleas dentadas paso en pulgadas para buje cónico	Pag.	84
Barras dentadas para correa en pulgadas	Pag.	89
Grafico seleccion de correas dentadas	Pag.	90
Poleas dentadas HTD®	Pag.	94
Poleas dentadas HTD® para buje cónico	Pag.	102
Correas dentadas HTD®	Pag.	107
Polea dentada paso metrico "T"	Pag.	110
Polea dentada paso metrico "T"	Pag.	114
Correa dentada paso metrico "T"	Pag.	115
Correa dentada abierta	Pag.	118
Placa de bloqueo para correa	Pag.	119
Valonas para polea dentada	Pag.	120
Bujes cónicos de bloqueo	Pag.	122
Moyús para buje cónico soldado	Pag.	122
Anillos	Pag.	124

**EDICION**

**Corona**  
**1 1/2" x 5/16"**  
**12,7 x 7,75 mm**  
**08B - 1 - 2 - 3**

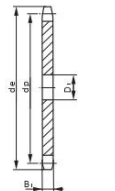
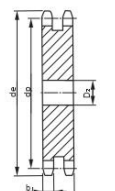
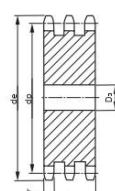
para cadena de rodillos según DIN 8187



Z	d <sub>e</sub>	d <sub>p</sub>	S			D			T		
			D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
8	38,0	33,18	8		10						
9	42,0	37,13	8	10	10						
10	45,9	41,10	8	10	10						
11	49,9	45,07	10	10	12						
12	53,9	49,07	10	10	12						
13	57,9	53,06	10	10	12						
14	61,9	57,07	10	10	12						
15	65,9	61,09	10	10	12						
16	69,9	65,10	10	12	16						
17	74,0	69,11	10	12	16						
18	78,0	73,14	10	12	16						
19	82,0	77,16	10	12	16						
20	86,0	81,19	10	12	16						
21	90,1	85,22	12	16	16						
22	94,1	89,24	12	16	16						
23	98,1	93,27	12	16	16						
24	102,1	97,29	12	16	16						
25	106,2	101,33	12	16	16						
26	110,2	105,36	16	16	16						
27	114,2	109,40	16	16	16						
28	118,3	113,42	16	16	16						
29	122,3	117,46	16	16	16						
30	126,3	121,50	16	16	16						
31	130,4	125,54	16	16	16						
32	134,4	129,56	16	16	16						
33	138,4	133,60	16	16	20						
34	142,5	137,64	16	16	20						
35	146,5	141,68	16	16	20						
36	150,6	145,72	16	20	20						
37	154,6	149,76	16	20	20						
38	158,6	153,80	16	20	20						
39	162,7	157,83	16	20	20						
40	166,7	161,87	16	20	20						
41	172,4	165,91	20	20	25						
42	176,5	169,95	20	20	25						
43	180,5	173,99	20	20	25						
44	184,6	178,03	20	20	25						
45	188,6	182,07	20	20	25						
46	192,6	186,10	20	20	25						
47	196,7	190,14	20	20	25						
48	200,7	194,18	20	20	25						
49	204,8	198,22	20	20	25						
50	208,8	202,26	20	20	25						
51	212,8	206,30	20	25	25						
52	216,9	210,34	20	25	25						
53	220,9	214,37	20	25	25						
54	225,0	218,43	20	25	25						
55	229,0	222,46	20	25	25						
56	233,0	226,50	20	25	25						
57	237,1	230,54	20	25	25						
58	241,1	234,58	20	25	25						
59	245,2	238,62	20	25	25						
60	249,2	242,66	20	25	25						
62	257,3	250,75	25	25	25						
64	265,4	258,82	25	25	25						
65	269,4	262,86	25	25	25						
66	273,4	266,90	25	25	25						
68	281,5	274,99	25	25	25						
70	289,6	283,07	25	25	25						
72	297,7	291,16	25	25	25						
75	309,8	303,27	25	25	25						
76	313,9	307,33	25	25	25						
78	321,9	315,40	25	25	25						
80	330,0	323,48	25	25	25						
85	350,2	343,69	25	25	25						
90	370,4	363,90	25	25	25						
95	390,7	384,11	25	25	25						
100	410,9	404,31	25	25	25						
110	451,3	444,74	25	25	25						
114	467,4	460,90	25	25	25						
120	491,7	485,16	25	25	25						
125	511,0	505,37	25	25	25						


**CORONA** mm  
r<sub>3</sub> 13  
C 1,3  
B<sub>1</sub> 7,2  
b<sub>1</sub> 7  
B<sub>2</sub> 21  
B<sub>3</sub> 34,9

**CADENA** mm  
Paso 12,7  
Ancho interno 7,75  
Rodillo 8,51


**Corona**  
**5/8" x 3/8"**  
**15,875 x 9,65 mm**  
**10B - 1 - 2 - 3**

para cadena de rodillos según DIN 8187




Del Z 114 h=10 mm

Z	d <sub>e</sub>	d <sub>p</sub>	S			D			T		
			D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
8	48,4	41,48	10	10	12						
9	53,3	46,42	10	10	12						
10	58,3	51,37	10	10	12						
11	63,2	56,34	10	10	12						
12	68,2	61,34	10	10	12						
13	73,2	66,32	10	10	12						
14	78,2	71,34	12	10	12						
15	83,2	76,36	12	12	12						
16	88,3	81,37	12	12	16						
17	93,3	86,39	12	12	16						
18	98,3	91,42	12	12	16						
19	103,3	96,45	12	12	16						
20	108,4	101,49	12	12	16						
21	113,4	106,52	12	16	16						
22	118,4	111,55	12	16	16						
23	123,5	116,58	12	16	16						
24	128,5	121,62	12	16	16						
25	133,6	126,66	12	16	16						
26	138,6	131,70	16	20	20						
27	143,6	136,75	16	20	20						
28	148,7	141,78	16	20	20						
29	153,7	146,83	16	20	20						
30	158,8	151,87	16	20	20						
31	163,8	156,92	16	20	20						
32	168,9	161,95	16	20	20						
33	173,9	167,00	16	20	20						
34	178,9	172,05	16	20	20						
35	184,0	177,10	16	20	20						
36	189,0	182,15	20	20	25						
37	194,1	187,20	20	20	25						
38	199,1	192,24	20	20	25						
39	204,2	197,29	20	20	25						
40	209,2	202,34	20	20	25						
41	215,8	207,39	20	20	25						
42	220,8	212,44	20	25	25						
43	225,9	217,49	20	25	25						
44	230,9	222,53	20	25	25						
45	236,0	227,58	20	25	25						
46	241,0	232,63	20	25	25						
47	246,1	237,68	20	25	25						
48	251,1	242,73	20	25	25						
49	256,2	247,78	20	25	25						
50	261,2	252,82	20	25	25						
51	266,3	257,87	20	25	25						
52	271,3	262,92	20	25	25						
53	276,4	267,97	20	25	25						
54	281,4	273,03	20	25	25						
55	286,5	278,08	20	25	25						
56	291,5	283,13	25	25	25						
57	296,6	288,18	25	25	25						
58	301,6	293,23	25	25	25						
59	306,7	298,27	25	25	25						
60	311,7	303,32	25	25	25						
62	321,8	313,43	25	25	25						
64	331,9	323,53	25	30	30						
65	337,0	328,58	25	25	30						
66	342,0	333,63	25	25	30						
68	352,1	343,74	25	25	30						
70	362,2	353,84	25	25	30						
72	372,3	363,95	25	25	30						
75	387,5	379,09	25	25	30						
76	392,5	384,16	25	25	30						
78	402,6	394,25	25	25	30						
80	412,7	404,35	25	25	30						
85	438,0	429,62	30	30	30						
90	463,3	454,88	30	30	30						
95	488,5	480,14	30	30	30						
100	513,8	505,40	30	30	30						
110	564,3	555,92	30	30	30						
114	584,5	576,13	30	30	30						
120	614,8	606,44	30	30	30						
125	640,1										

**Piñón para moyú cónico**

**3/8" x 7/32"**  
**9,525 x 5,72 mm**  
**06B - 1 - 2 - 3**

para cadena de rodillos según DIN 8187

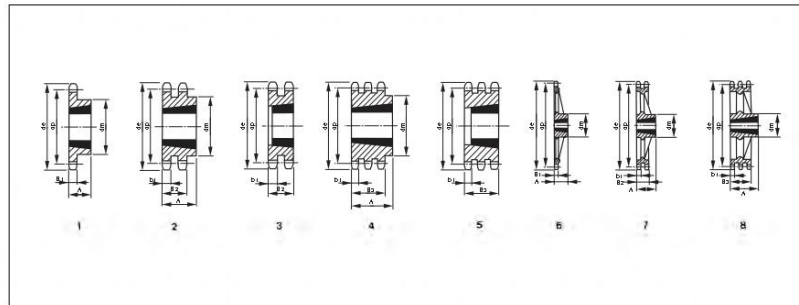


<b>PIÑÓN</b>	<b>mm</b>
r <sub>3</sub>	10
C	1
B <sub>1</sub>	5,3
b <sub>1</sub>	5,2
B <sub>2</sub>	15,4
B <sub>3</sub>	25,6

<b>CADENA</b>	<b>mm</b>
Paso	9,525
Ancho interno	5,72
∅ Rodillo	6,35

Material C 43  
 \* Piñón en fundición G 22


Z	d <sub>e</sub>	d <sub>p</sub>	S				D				T			
			d <sub>m</sub>	A	Bussola	Tipo	d <sub>m</sub>	A	Bussola	Tipo	d <sub>m</sub>	A	Bussola	Tipo
17	55,5	51,83	45	22	1008	1	41	22	1008	2	-	25,6	1008	5
18	58,6	54,85	45	22	1008	1	-	-	-	-	-	-	-	-
19	61,6	57,86	45	22	1008	1	46	22	1008	2	-	25,6	1008	5
20	64,6	60,89	46	22	1008	1	-	-	-	-	-	-	-	-
21	67,6	63,90	46	22	1008	1	49	22	1008	2	-	25,6	1008	5
22	70,6	66,93	55	25	1108	1	-	-	-	-	-	-	-	-
23	73,7	69,95	63	25	1210	1	59	25	1210	2	-	25,6	1210	5
24	76,7	72,97	63	25	1210	1	-	-	-	-	-	-	-	-
25	79,7	75,99	63	25	1210	1	64	25	1210	2	-	25,6	1210	5
27	85,7	82,04	63	25	1210	1	70	25	1210	2	-	25,6	1210	5
30	94,8	91,12	63	25	1210	1	75	25	1210	2	79	38	1615	4
38	119,0	115,34	70	25	1210	1	80	25	1610	2	90	38	1615	4
57*	177,5	172,91	83	25	1210	6	92	25	1610	7	-	-	-	-
76*	235,1	230,49	83	25	1210	6	92	25	1610	7	-	-	-	-



**Piñón para moyú cónico**

**1/2" x 5/16"**  
**12,7 x 7,75 mm**  
**08B - 1 - 2 - 3**

para cadena de rodillos según DIN 8187

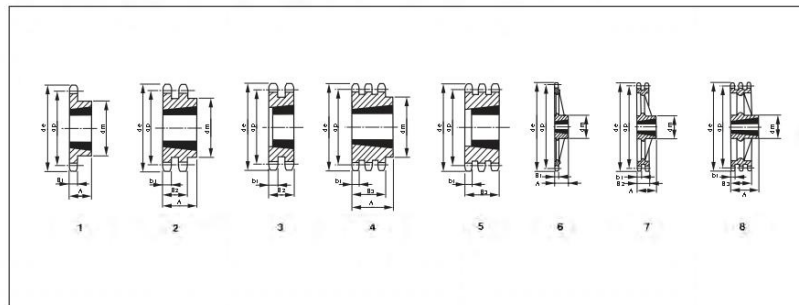


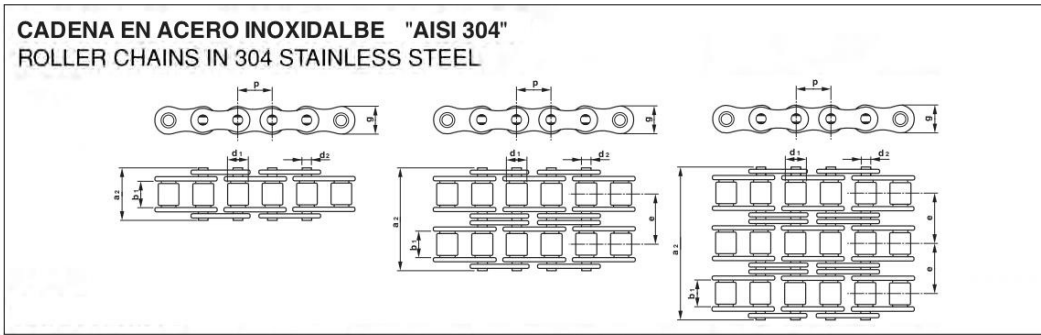
<b>PIÑÓN</b>	<b>mm</b>
r <sub>3</sub>	13
C	1,3
B <sub>1</sub>	7,2
b <sub>1</sub>	7
B <sub>2</sub>	21
B <sub>3</sub>	34,9

<b>CADENA</b>	<b>mm</b>
Paso	12,7
Ancho interno	7,75
∅ Rodillo	8,51

Material C 43  
 \* Piñón en fundición G 22

Z	d <sub>e</sub>	d <sub>p</sub>	S				D				T			
			d <sub>m</sub>	A	Bussola	Tipo	d <sub>m</sub>	A	Bussola	Tipo	d <sub>m</sub>	A	Bussola	Tipo
15	66,5	61,80	45	22	1008	1	46	22	1008	2	-	34,9	1008	5
16	69,9	65,10	50	22	1108	1	-	-	-	-	-	-	-	-
17	74,5	69,11	60	25	1210	1	56	25	1210	2	-	34,9	1210	5
18	78,0	73,14	60	25	1210	1	-	-	-	-	-	-	-	-
19	82,5	77,15	63	25	1210	1	62	25	1210	2	62	38	1215	4
20	86,0	81,19	67	25	1610	1	-	-	-	-	-	-	-	-
21	90,6	85,21	71	25	1610	1	70	25	1610	2	70	38	1615	4
22	94,1	89,24	71	25	1610	1	-	-	-	-	-	-	-	-
23	98,7	93,26	76	25	1610	1	79	25	1610	2	70	38	1615	4
24	102,1	97,29	76	25	1610	1	-	-	-	-	-	-	-	-
25	106,7	101,32	76	25	1610	1	87	32	2012	2	-	34,9	2012	5
27	114,8	109,39	76	25	1610	1	87	32	2012	2	-	34,9	2012	5
30	126,9	121,49	90	32	2012	1	87	32	2012	2	-	34,9	2012	5
38	159,2	153,79	90	32	2012	1	100	32	2012	2	-	34,9	2012	5
57*	237,1	230,54	111	32	2012	6	111	32	2012	7	-	-	-	-
76*	313,9	307,33	111	32	2012	6	111	32	2012	7	-	-	-	-





**CADENA DE RODILLOS SIMPLE**

ISO Nr.	p		b <sub>1</sub> mm min.	d <sub>2</sub> mm	d <sub>1</sub> mm max.	a <sub>2</sub> mm max.	g mm max.	F <sub>s</sub> min. N	q kg/m
	mm	inch							
05B-1	8	-	3,00	2,31	5,00	8,6	7,11	2.400	0,18
06B-1	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	13,5	8,26	6.000	0,41
08B-1	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	17,0	11,81	10.000	0,70
10B-1	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	19,6	14,73	13.000	0,95
12B-1	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	22,7	16,13	17.000	1,25
16B-1	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	36,1	21,08	37.000	2,70

**CADENA DE RODILLOS DOBLE**

ISO Nr.	p		b <sub>1</sub> mm min.	d <sub>2</sub> mm	d <sub>1</sub> mm max.	a <sub>2</sub> mm max.	g mm max.	e mm	F <sub>s</sub> min. N	q kg/m
	mm	inch								
06B-2	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	23,8	8,26	10,24	10.000	0,78
08B-2	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	31,0	11,81	13,92	20.000	1,35
10B-2	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	36,2	14,73	16,59	24.000	1,85
12B-2	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	42,2	16,13	19,46	31.000	2,50
16B-2	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	68,0	21,08	31,88	68.000	5,40

**CADENA RODILLOS TRIPLE**

ISO Nr.	p		b <sub>1</sub> mm min.	d <sub>2</sub> mm	d <sub>1</sub> mm max.	a <sub>2</sub> mm max.	g mm max.	e mm	F <sub>s</sub> min. N	q kg/m
	mm	inch								
06B-3	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	34,0	8,26	10,24	14.000	1,2
08B-3	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	44,9	11,81	13,92	30.000	2,0
10B-3	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	52,8	14,73	16,59	38.000	2,8
12B-3	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	61,7	16,13	19,46	52.000	3,8
16B-3	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	99,9	21,08	31,88	99.000	8,0

**CADENA DE RODILLOS SIMPLE**

ANSI Nr.	p		b <sub>1</sub> mm min.	d <sub>2</sub> mm	d <sub>1</sub> mm max.	a <sub>2</sub> mm max.	g mm max.	F <sub>s</sub> min. N	q kg/m
	mm	inch							
50-1	15,875	5/8"	9,53	5,08	10,16	21,8	15,09	14.000	1,01
60-1	19,05	3/4"	12,70	5,94	11,91	26,9	18,08	19.000	1,47
80-1	25,4	1"	15,88	7,92	15,88	33,5	24,13	37.000	2,57





Brand of NTN corporation

**Technical data**

**UCP205**

Bearing units

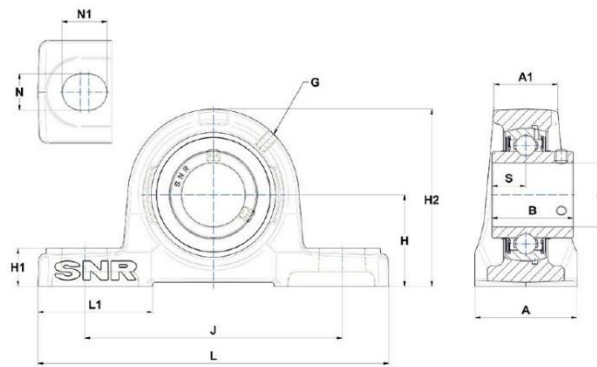


Grey cast housing, radial insert ball bearing with socket set screws, seal with slinger

**KIT CONTENT**

UC205G2, P205

**VISUAL (S)**



**PRODUCT DEFINITION**

<b>Brand</b>	SNR
<b>A - Housing width</b>	38 mm
<b>A1 - Housing top width</b>	26 mm
<b>B - Width of Inner Ring</b>	34 mm
<b>d - Shaft diameter</b>	25 mm
<b>G - Grease fitting</b>	M6x1



**NTN Europe**  
 1 rue des Usines · BP 2017 · 74010 Annecy Cedex · France · Tel. +33 (0)4 50 65 30 00  
 S.A. au capital de 322 639 919 € · RCS ANNECY B 325 821 072 · Id. Fiscale : FR 48 325 821 072  
 SIRET 325 821 072 00015 · Code APE 2815 Z · Code NACE 28.15

**UCP205**  
Bearing units

PRODUCT DEFINITION	
<b>H - Distance mounting base to centerline spheric seating diam.</b>	36,5 mm
<b>H1 - Housing foot height</b>	16 mm
<b>H2 - Housing height</b>	70 mm
<b>J - Mounting holes distance</b>	105 mm
<b>L - Housing length</b>	140 mm
<b>L1 - Housing foot length</b>	42 mm
<b>N - Mounting hole dimension</b>	13 mm
<b>N1 - Mounting hole length</b>	19 mm
<b>S - Distance front side/bearing centre</b>	14,3 mm

PRODUCT PERFORMANCE	
<b>C - Dynamic load rating</b>	14 kN
<b>C0 - Static load rating</b>	7,88 kN
<b>Operating temperature min.</b>	-20 °C
<b>Operating temperature max.</b>	100 °C

OTHER FEATURES	
<b>Mass</b>	0,81 kg
<b>Recommended tightening torque for set screw</b>	5.5 N-m



**NTN Europe**  
1 rue des Usines · BP 2017 · 74010 Annecy Cedex · France · Tel. +33 (0)4 50 65 30 00  
S.A. au capital de 322 639 919 € · RCS ANNECY B 325 821 072 · Id. Fiscale : FR 48 325 821 072  
SIRET 325 821 072 00015 · Code APE 2815 Z · Code NACE 28.15

## Anexo 07. Validación de la Encuesta

**FORMATO DE VALIDACIÓN DE ENCUESTA PARA TESIS**

Proyecto: "Diseño de una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023"

**I. DATOS GENERALES**

- **Título del proyecto:** Diseño de una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023
- **Investigador:** Robert Lee Roman Condoto, Josevito Alberca Cueva
- **Asesor:** Mg. Ing Juan Antonio Labrin Romero
- **Fecha de validación:** 29/11/2025
- **Validador/Experto:** Spidon Brevilla Arce
- **Área de especialidad:** Agronomía / Ingeniería Agrícola / Producción de Cacao / Investigación Social Administrador

**II. INSTRUCCIONES PARA EL VALIDADOR**

Evalúe cada pregunta según los siguientes criterios utilizando la escala indicada:

**ESCALA DE VALORACIÓN PARA PERTINENCIA:**

- **3 = ALTA PERTINENCIA** (La pregunta es esencial para lograr los objetivos del estudio)
- **2 = PERTINENCIA MEDIA** (La pregunta es útil pero no esencial)
- **1 = BAJA PERTINENCIA** (La pregunta no es relevante para el estudio)

**ESCALA DE VALORACIÓN PARA CLARIDAD:**

- **3 = ALTA CLARIDAD** (La pregunta es fácil de entender, sin ambigüedades, adecuada para productores)
- **2 = CLARIDAD MEDIA** (La pregunta es comprensible, pero podría mejorarse)
- **1 = BAJA CLARIDAD** (La pregunta es confusa o difícil de entender)

**III. EVALUACIÓN POR DIMENSIONES**

**DIMENSIÓN 1: CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS ACTUALES**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
1	Área total de cacao cultivada	3	3	
2	¿Cuál es su producción promedio anual de cacao (kg)?	3	3	
5	¿Qué rendimiento por hectárea (kg/ha) obtiene actualmente?	3	3	

Observaciones generales para Dimensión 1:

**DIMENSIÓN 2: PROCESO ACTUAL DE DESPULPADO**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
3	¿Cuánto tiempo le toma despulpar manualmente 100 kg de cacao?	3	3	
4	En el despulpado de cacao se han presentado accidentes de trabajo (cortes, golpes, etc.):	3	3	
6	Gasto aproximado en mano de obra SOLO para el despulpado de cacao por campaña:	3	3	
7	¿Ha notado merma en la calidad del grano por el despulpado manual?	3	2	

Observaciones generales para Dimensión 2:

**DIMENSIÓN 3: PERCEPCIÓN Y DISPOSICIÓN HACIA LA TECNOLOGÍA**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
8	¿Aumentaría su producción si tuviera una despulpadora eficiente?	3	3	
9	¿Cómo califica la rentabilidad actual de su producción de cacao?	3	3	
10	¿Cuál es el costo máximo que pagaría por una despulpadora eficiente?	3	3	
11	¿Estaría dispuesto a capacitarse para el uso de una despulpadora moderna?	3	3	
12	¿Qué tipo de energía prefiere para el funcionamiento de la despulpadora?	3	2	

Observaciones generales para Dimensión 3:

**IV. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA GENERAL**

Aspecto	Valoración (1-3)	Comentarios específicos
Secuencia lógica de preguntas		

Aspecto	Valoración (1-3)	Comentarios específicos
Lenguaje apropiado para productores rurales	3	
Claridad de las instrucciones iniciales	3	
Adecuación de las escalas de respuesta	3	
Tiempo estimado de aplicación (8-12 minutos)	2	
Cobertura de todos los objetivos del estudio	3	

PUNTUACIÓN TOTAL DE PERTINENCIA: 36 / 36 puntos  
PUNTUACIÓN TOTAL DE CLARIDAD: 34 / 36 puntos

¿Considera que faltan preguntas importantes? Si / ~~No~~  
Si es Sí, especifique: \_\_\_\_\_

---

**V. INDICADORES DE EVALUACIÓN ESPECÍFICOS**

**A. CRITERIOS DE PERTINENCIA (Considere al evaluar):**

- La pregunta aporta directamente a los objetivos del estudio
- La información solicitada es necesaria para el diseño de la despulpadora
- La pregunta ayuda a caracterizar la situación actual del productor
- Los datos obtenidos serán utilizables en el análisis

**B. CRITERIOS DE CLARIDAD (Considere al evaluar):**

- Vocabulario accesible para productores de cacao
- Pregunta directa y sin ambigüedades
- Opciones de respuesta exhaustivas y mutuamente excluyentes
- Formulación neutra y no sesgada

**VI. EVALUACIÓN GLOBAL**

**Fortalezas principales de la encuesta:**

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

**Aspectos críticos para mejorar:**

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

**Sugerencias concretas de modificación (especifique número de pregunta):**

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**VII. DICTAMEN FINAL**

- **APROBADO SIN MODIFICACIONES** (Pertinencia promedio  $\geq 2.5$  y Claridad promedio  $\geq 2.5$ )
- **APROBADO CON MODIFICACIONES MENORES** (Pertinencia promedio  $\geq 2.0$  y Claridad promedio  $\geq 2.0$ )
- **REQUIERE REVISIÓN SUSTANCIAL** (Pertinencia o Claridad promedio  $< 2.0$ )
- **NO APROBADO** (Pertinencia o Claridad promedio  $< 1.5$ )

Justificación del dictamen: 7,2,5

**VIII. DATOS DEL VALIDADOR**

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre completo: Zeiden Revilla Arce

Grado académico: Doctor

Institución: Universidad Nacional de Jaén

## FORMATO DE VALIDACIÓN DE ENCUESTA PARA TESIS

Proyecto: "Diseño de una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023"

### I. DATOS GENERALES

- **Título del proyecto:** Diseño de una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023
- **Investigador:** Robert Lee Roman Condezo  
Joselito Alberca Cieza
- **Asesor:** Mg. Ing. Juan Antonio Labrin Romero
- **Fecha de validación:** --03---/-03--/2026
- **Validador/Experto:** \_\_\_\_\_ Lupo Leonidas Varas Ponce \_\_\_\_\_
- **Área de especialidad:** Agronomía / Ingeniería Agrícola / Producción de Cacao / Investigación Social / Otro: Ciencias Ambientales

### II. INDICADORES DE EVALUACIÓN ESPECÍFICOS

#### A. CRITERIOS DE PERTINENCIA (Considere al evaluar):

- a) La pregunta aporta directamente a los objetivos del estudio
- b) La información solicitada es necesaria para el diseño de la despulpadora
- c) La pregunta ayuda a caracterizar la situación actual del productor
- d) Los datos obtenidos serán utilizables en el análisis

#### B. CRITERIOS DE CLARIDAD (Considere al evaluar):

- a) Vocabulario accesible para productores de cacao
- b) Pregunta directa y sin ambigüedades
- c) Opciones de respuesta exhaustivas y mutuamente excluyentes
- d) Formulación neutra y no sesgada

### III. INSTRUCCIONES PARA EL VALIDADOR

Evalúe cada pregunta según los siguientes criterios utilizando la escala indicada:

#### ESCALA DE VALORACIÓN PARA PERTINENCIA:

- **3 = ALTA PERTINENCIA** (La pregunta es esencial para lograr los objetivos del estudio)
- **2 = PERTINENCIA MEDIA** (La pregunta es útil pero no esencial)
- **1 = BAJA PERTINENCIA** (La pregunta no es relevante para el estudio)

#### ESCALA DE VALORACIÓN PARA CLARIDAD:

- **3 = ALTA CLARIDAD** (La pregunta es fácil de entender, sin ambigüedades, adecuada para productores)
- **2 = CLARIDAD MEDIA** (La pregunta es comprensible, pero podría mejorarse)
- **1 = BAJA CLARIDAD** (La pregunta es confusa o difícil de entender)

**IV. EVALUACIÓN POR DIMENSIONES**

**DIMENSIÓN 1: CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS ACTUALES**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
1	Área total de cacao cultivada	2	3	El área cultivada no influye en el diseño de la pulpeadora
2	¿Cuál es su producción promedio anual de cacao (kg)?	2	3	
3	¿Qué rendimiento por hectárea (kg/ha) obtiene actualmente?	2	2	

**Observaciones generales para Dimensión 1:**

El área cultivada no influye en el diseño de la pulpeadora, se puede considerar como covariable, si el productor decide procesar todo lo que siembra.

Falta claridad en el acápite 5, definir el indicador: Kg de cacao cosechado /Ha o Kg de cacao procesado/Ha.

**DIMENSIÓN 2: PROCESO ACTUAL DE DESPULPADO**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
4	¿Cuánto tiempo le toma despulpar manualmente 100 kg de cacao?	2	2	Indicar que es cacao sin procesar
5	En el despulpado de cacao se han presentado accidentes de trabajo (cortes, golpes, etc.):	2	2	Esta pregunta puede servir para justificar la necesidad de automatizar el pulpeo de cacao como materia prima
6	Gasto aproximado en mano de obra SOLO para el despulpado de cacao por campaña:	1	2	Falta especificar cantidad de trabajadores que realizan el proceso actual de despulpado
7	¿Ha notado merma en la calidad del grano por el despulpado manual?	1	2	Falta indicar en que genera la merma, la mano de obra, las herramientas utilizadas o las condiciones de almacenamiento

**Observaciones generales para Dimensión 2:**

Esta dimensión es clave para el diseño de la máquina pulpeadora, porque se pretende mejorar esta etapa, considere en su diseño qué tipos de cedazos de acero inoxidable a utilizar y cual es el diámetro de los agujeros de las mallas.

**DIMENSIÓN 3: PERCEPCIÓN Y DISPOSICIÓN HACIA LA TECNOLOGÍA**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
8	¿Aumentaría su producción si tuviera una despulpadora eficiente?	3	3	
9	¿Cómo califica la rentabilidad actual de su producción de cacao?	2	2	_Especificar el indicador de rentabilidad, tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) u otro. El área cultivada no influye en el diseño de la pulpeadora _
10	¿Cuál es el costo máximo que pagaría por una despulpadora eficiente?	1	3	_El costo no es pertinente con el objetivo del estudio. _
11	¿Estaría dispuesto a capacitarse para el uso de una despulpadora moderna?	3	3	
12	¿Qué tipo de energía prefiere para el funcionamiento de la despulpadora?	1	2	_Especificar si es monofásica o trifásica _

**Observaciones generales para Dimensión 3:**

La dimensión 3 falta precisar en los acápites observados.

**V. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA GENERAL**

Aspecto	Valoración (1-3)	Comentarios específicos
Secuencia lógica de preguntas	3	
Lenguaje apropiado para productores rurales	3	
Claridad de las instrucciones iniciales	2	
Adecuación de las escalas de respuesta	3	
Tiempo estimado de aplicación (8-12 minutos)	2	En presencia del encuestador
Cobertura de todos los objetivos del estudio	3	

PUNTUACIÓN TOTAL DE PERTINENCIA: 22 / 36 puntos

PUNTUACIÓN TOTAL DE CLARIDAD: 29 / 36 puntos

¿Considera que faltan preguntas importantes? Sí / No  
 Si es Sí, especifique: Considero mejorarlas \_\_\_\_\_

**VI. EVALUACIÓN GLOBAL**

**Fortalezas principales de la encuesta:**

1. El instrumento correctamente aplicado, brindará datos para mejorar la competitividad de los productores de Cacao.
2. Permite hacer ciencia.
3. La encuesta es viable.

**Aspectos críticos para mejorar:**

1. En la aplicación del instrumento debe ser explicado, a cada productor.
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

**Sugerencias concretas de modificación (especifique número de pregunta):**

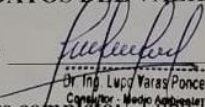
- Ninguna
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**VII. DICTAMEN FINAL**

- **APROBADO SIN MODIFICACIONES** (Pertinencia promedio  $\geq 2.5$  y Claridad promedio  $\geq 2.5$ )
- **APROBADO CON MODIFICACIONES MENORES** (Pertinencia promedio  $\geq 2.0$  y Claridad promedio  $\geq 2.0$ )
- **REQUIERE REVISIÓN SUSTANCIAL** (Pertinencia o Claridad promedio  $< 2.0$ )
- **NO APROBADO** (Pertinencia o Claridad promedio  $< 1.5$ )

**Justificación del dictamen:** REQUIERE REVISIÓN SUSTANCIAL en Pertinencia (22/12 = 1.83) referente a Claridad está APROBADO CON MODIFICACIONES MENORES (29/12 = 2.42)

**VIII. DATOS DEL VALIDADOR**

**Firma:**   
**Nombre completo:** Dr. Ing. Leonidas Varas Ponce  
Coordinador - Medio Ambiente

**Grado académico:** Dr. en Ciencias Ambientales

**Institución:** Universidad Nacional de Jaén.

## FORMATO DE VALIDACIÓN DE ENCUESTA PARA TESIS

**Proyecto:** "Diseño de una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023"

### I. DATOS GENERALES

- **Título del proyecto:** Diseño de una despulpadora para mejorar la productividad del cacao en el distrito de Bellavista – Jaén, 2023
- **Investigador:** Robert Lee Roman Condezo  
Joselito Alberca Cieza
- **Asesor:** Mg. Ing. Juan Antonio Labrin Romero
- **Fecha de validación:** 25-02/2026
- **Validador/Experto:** Alexander Huamán Mora
- **Área de especialidad:** Agronomía / Ingeniería Agrícola / Producción de Cacao / Investigación Social /  
Otro: Biología - Biotecnología

### II. INDICADORES DE EVALUACIÓN ESPECÍFICOS

#### A. CRITERIOS DE PERTINENCIA (Considere al evaluar):

- a) La pregunta aporta directamente a los objetivos del estudio
- b) La información solicitada es necesaria para el diseño de la despulpadora
- c) La pregunta ayuda a caracterizar la situación actual del productor
- d) Los datos obtenidos serán utilizables en el análisis

#### B. CRITERIOS DE CLARIDAD (Considere al evaluar):

- a) Vocabulario accesible para productores de cacao
- b) Pregunta directa y sin ambigüedades
- c) Opciones de respuesta exhaustivas y mutuamente excluyentes
- d) Formulación neutra y no sesgada

### III. INSTRUCCIONES PARA EL VALIDADOR

Evalúe cada pregunta según los siguientes criterios utilizando la escala indicada:

#### ESCALA DE VALORACIÓN PARA PERTINENCIA:

- **3 = ALTA PERTINENCIA** (La pregunta es esencial para lograr los objetivos del estudio)
- **2 = PERTINENCIA MEDIA** (La pregunta es útil pero no esencial)
- **1 = BAJA PERTINENCIA** (La pregunta no es relevante para el estudio)

**ESCALA DE VALORACIÓN PARA CLARIDAD:**

- 3 = **ALTA CLARIDAD** (La pregunta es fácil de entender, sin ambigüedades, adecuada para productores)
- 2 = **CLARIDAD MEDIA** (La pregunta es comprensible, pero podría mejorarse)
- 1 = **BAJA CLARIDAD** (La pregunta es confusa o difícil de entender)

**IV. EVALUACIÓN POR DIMENSIONES**

**DIMENSIÓN 1: CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS ACTUALES**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
1	Área total de cacao cultivada	<u>3</u>	<u>2</u>	Hacer en formato de Pregunta.
2	¿Cuál es su producción promedio anual de cacao (kg)?	<u>3</u>	<u>3</u>	
3	¿Qué rendimiento por hectárea (kg/ha) obtiene actualmente?	<u>3</u>	<u>2</u>	Modificar pregunta: ¿Cuál es el rendimiento por hectárea (kg/ha) que obtiene actualmente?

Observaciones generales para Dimensión 1:

**DIMENSIÓN 2: PROCESO ACTUAL DE DESPULPADO**

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
4	¿Cuánto tiempo le toma despulpar manualmente 100 kg de cacao?	<u>3</u>	<u>3</u>	
5	En el despulpado de cacao se han presentado	<u>3</u>	<u>3</u>	

	accidentes de trabajo (cortes, golpes, etc.):			
6	Gasto aproximado en mano de obra SOLO para el despulpado de cacao por campaña:	<u>3</u>	<u>2</u>	Formato de Preguntas
7	¿Ha notado merma en la calidad del grano por el despulpado manual?	<u>3</u>	<u>1</u>	Quisiera cambios por <u>resumen</u> de "merma"
<b>Observaciones generales para Dimensión 2:</b>				
<hr/>				
<b>DIMENSIÓN 3: PERCEPCIÓN Y DISPOSICIÓN HACIA LA TECNOLOGÍA</b>				
No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
8	¿Aumentaría su producción si tuviera una despulpadora eficiente?	<u>3</u>	<u>3</u>	Ver la terminología
9	¿Cómo califica la rentabilidad actual de su producción de cacao?	<u>2</u>	<u>4</u>	conoceran la terminología técnica económica "rentabilidad" ?
10	¿Cuál es el costo máximo que pagaría por una despulpadora eficiente?	<u>3</u>	<u>3</u>	
11	¿Estaría dispuesto a capacitarse para el uso de una despulpadora moderna?	<u>3</u>	<u>3</u>	
12	¿Qué tipo de energía prefiere para el	<u>3</u>	<u>3</u>	

No.	Pregunta	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Observaciones y Sugerencias
-----	----------	-------------------	----------------	-----------------------------

funcionamiento de la despulpadora?

**Observaciones generales para Dimensión 3:**

*Sugiero hacer primeros preguntas introductorias en esta dimensión, respecto a terminos técnicos económicos.*

**V. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA GENERAL**

Aspecto	Valoración (1-3)	Comentarios específicos
Secuencia lógica de preguntas	<u>3</u>	
Lenguaje apropiado para productores rurales	<u>2</u>	<i>Terminos claros</i>
Claridad de las instrucciones iniciales	<u>3</u>	
Adecuación de las escalas de respuesta	<u>3</u>	
Tiempo estimado de aplicación (8-12 minutos)	<u>2</u>	<i>Hay que tener terminos claros.</i>
Cobertura de todos los objetivos del estudio	<u>3</u>	

PUNTUACIÓN TOTAL DE PERTINENCIA: 35 / 36 puntos  
 PUNTUACIÓN TOTAL DE CLARIDAD: 29 / 36 puntos

¿Considera que faltan preguntas importantes?  Sí  No  
 Si es Sí, especifique: *Preguntas sobre la terminología técnica*

*quizas preguntas se sabe o no y si no sabe explicarlos o hacer un taller introductorio.*

**VI. EVALUACIÓN GLOBAL**

**Fortalezas principales de la encuesta:**

- 1. Claridad
- 2. Directo
- 3. Partimete

**Aspectos críticos para mejorar:**

- 1. solo los terminos tecnicos de conceptos e definiciones economicas.
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

**Sugerencias concretas de modificación (especifique número de pregunta):**


- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**VII. DICTAMEN FINAL**

- **APROBADO SIN MODIFICACIONES** (Pertinencia promedio  $\geq 2.5$  y Claridad promedio  $\geq 2.5$ )
- **APROBADO CON MODIFICACIONES MENORES** (Pertinencia promedio  $\geq 2.0$  y Claridad promedio  $\geq 2.0$ )
- **REQUIERE REVISIÓN SUSTANCIAL** (Pertinencia o Claridad promedio  $< 2.0$ )
- **NO APROBADO** (Pertinencia o Claridad promedio  $< 1.5$ )

Justificación del dictamen: Aprobada con modificaciones menores en el tema de la claridad

**VIII. DATOS DEL VALIDADOR**

Firma: 

Nombre completo: Alexander Huamán Mora

Grado académico: Doctor en Ciencias

Institución: Universidad Nacional de Jaén