

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UNA MÁQUINA CERNIDORA DE ARENA VERDE PARA  
EL PROCESO DE FABRICACIÓN ARTESANAL DE UTENSILIOS DE  
ALUMINIO EN EL CASERÍO DE CHACUPE - LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**ALEXIS MAURICIO CALDERON SALCEDO**

**ASESOR**

**JUAN CARLOS VIVES GARNIQUE**

**<https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>**

**Chiclayo, 2020**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA CERNIDORA DE ARENA  
VERDE PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN  
ARTESANAL DE UTENSILIOS DE ALUMINIO EN EL  
CASERÍO DE CHACUPE - LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR:

**ALEXIS MAURICIO CALDERON SALCEDO**

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santo Toribio de  
Mogrovejo para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR:

Elmer Rolando Polo Briceño

PRESIDENTE

Edwin Arturo Juarez Marchena

SECRETARIO

Juan Carlos Vives Garnique

VOCAL

## **DEDICATORIA**

Esta investigación es dedicada a mi papá, mamá y hermanos, por su apoyo en todo momento, por sus consejos y su perseverancia de cumplir las metas que hasta ahora he logrado.

A mi familia y todos aquellos que comparten mis logros, en especial a Fiorella Jazmín Campos de la Cruz por su apoyo incondicional en esta etapa académica.

A Dios, por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante y cumplir con mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por guiarme arduamente en esta etapa universitaria y haberme ayudado a culminar mis estudios de forma exitosa.

A mis padres, por el esfuerzo, ayuda y comprensión en esta etapa fundamental de mi vida, los cuales siempre estuvieron y estarán conmigo siempre.

A mi asesor de Tesis Ing. Juan Carlos Vives Garnique por el apoyo incondicional que me ha brindado constantemente. De igual manera, al Ing. Ivan Dante Sipion Muñoz, a la profesora Est. Sandra Loaiza Chumacero y a todos los docentes por las acotaciones realizadas.



# ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	15
II. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1. ESTADO DEL ARTE .....	16
2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS.....	18
III. MARCO METODOLÓGICO .....	30
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	30
3.4. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....	31
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	31
3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	33
3.8. VALIDACIÓN DEL DIAGNÓSTICO.....	33
3.9. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO.....	36
IV. DISEÑO.....	49
4.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	49
V. RESULTADOS .....	62
5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES .....	62
5.2. TAMICES ISO R-565 EMPLEADOS EN LA FUNDICIÓN .....	67
5.3. CERNIDORA ROTATIVA .....	71
5.4. MOTORREDUCTOR.....	84
5.5. EJE DE TRANSMISIÓN.....	87
5.6. CHUMACERAS (RODAMIENTOS Y SOPORTES) .....	95
5.7. ACOPLAMIENTO .....	102
5.8. SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL ELÈCTRICO .....	104
VI. SIMULACIÓN CAD – CAE.....	105

6.1. ANÁLISIS DEL EJE .....	105
6.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.....	113
VII. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	117
7.1. CERNIDORA.....	117
7.2. ESTRUCTURA.....	118
7.3. SISTEMA ELÉCTRICO.....	119
7.4. MANO DE OBRA .....	119
7.5. DISEÑO .....	119
7.6. ANÁLISIS DE COSTOS .....	120
7.7. EVALUACIÓN.....	121
VIII. CONCLUSIONES .....	122
IX. RECOMENDACIONES .....	124
X. REFERENCIAS.....	125
XI. ANEXOS.....	127
11.1. ANEXOS A – DIAGNÓSTICO Y JUICIO DE EXPERTOS .....	127
11.2. ANEXO B – PROTOCOLO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	143
11.3. ANEXO C – CATÁLOGOS .....	147
11.4. ANEXO D – COTIZACIONES .....	157
11.5. ANEXO E – CÁLCULOS .....	160
11.6. ANEXO F – PLANOS .....	165

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Comparación de los tipos de predicción de fallas en materiales dúctiles.....	21
Figura 2 Métodos de análisis de diseño .....	23
Figura 3 Configuración base de moldes de arena verde.....	26
Figura 4 Diagrama de flujo de las fábricas artesanales de utensilios de aluminio.....	36
Figura 5 Puntos de ubicación de las fábricas .....	37
Figura 6 Formalidad de las fábricas .....	38
Figura 7 Cargo de los trabajadores en las fábricas.....	38
Figura 8 Edades promedios de los trabajadores .....	39
Figura 9 Número de trabajadores en las fábricas .....	39
Figura 10 Número de trabajadores en el proceso de cernido .....	40
Figura 11 Cantidad de arena verde cernida en el proceso de cernido .....	40
Figura 12 Cantidad de ollas producidas a la semana .....	41
Figura 13 Fábricas que poseen una máquina cernidora .....	41
Figura 14 Fábricas que indica que una máquina cernidora provee el avance de la producción .....	42
Figura 15 Fábricas que están dispuestos adquirir una máquina cernidora.....	42
Figura 16 Fábricas que indica que la implementación de una máquina cernidora mejora las condiciones de trabajo.....	43
Figura 17 Fábricas que indica que es indispensable una máquina cernidora.....	43
Figura 18 Fábricas que conocen una máquina cernidora .....	44
Figura 19 Fábricas que indica que una máquina cernidora genera ventajas .....	44
Figura 20 Fábricas que indica que una máquina cernidora genera desventajas.....	45
Figura 21 Fábricas que están dispuestos a la adquisición de una máquina cernidora.....	45
Figura 22 Fábricas que indica que es factible una máquina cernidora de bajo costo .....	46
Figura 23 Fábricas que indica que una máquina cernidora evita esfuerzos físicos.....	46
Figura 24 Fábricas que indica que para manipular una máquina cernidora es necesario utilizar implementos de seguridad.....	47
Figura 25 Fábricas que están dispuestas a que se haga las pruebas necesarias en sus establecimientos .....	47
Figura 26 Metodología del proceso de diseño .....	49
Figura 27 Caja Negra .....	50
Figura 28 Funciones de la máquina cernidora .....	52
Figura 29 Evaluación final del concepto de solución óptimo .....	61
Figura 30 Nomenclatura de las medidas del balde.....	62
Figura 31 Tiempo total del abastecimiento de la arena verde.....	64
Figura 32 Masa total de la arena verde .....	65
Figura 33 Densidad total de la arena verde .....	66
Figura 34 Características de los tamices ISO R-565.....	67
Figura 35 Nomenclatura de la malla .....	69

Figura 36 Configuración de la unión de las dos mallas .....	71
Figura 37 Ángulos de inclinación para un flujo másico de 0,11 kg/s con respecto al factor de relleno.....	74
Figura 38 Movimiento de la materia prima dentro de un cernidor rotativo .....	76
Figura 39 Centro de gravedad y área de materia prima ocupada en el cernidor .....	77
Figura 40 Masa total de los componentes de la cernidora .....	82
Figura 41 Motorreductor_R47 DRS124 – CAD .....	86
Figura 42 Configuración general de la máquina cernidora .....	87
Figura 43 Diagrama de cuerpo libre del eje .....	88
Figura 44 Dimensiones del eje .....	89
Figura 45 Diagrama de fuerza cortante y momento flector .....	89
Figura 46 Inclinación en el soporte .....	96
Figura 47 Cargas radiales.....	97
Figura 48 Cargas en el eje de accionamiento en SolidWorks .....	105
Figura 49 Tensión de Von Mises – Eje .....	106
Figura 50 Desplazamientos – Eje.....	106
Figura 51 Factor de seguridad – Eje.....	107
Figura 52 Porcentaje de daño – Eje.....	108
Figura 53 Vida total – Eje .....	108
Figura 54 Factor de carga – Eje .....	109
Figura 55 Biaxialidad – Eje.....	109
Figura 56 Modo frecuencial 1 – Eje.....	110
Figura 57 Modo frecuencial 2 – Eje.....	111
Figura 58 Modo frecuencial 3 – Eje.....	111
Figura 59 Modo frecuencial 4 – Eje.....	111
Figura 60 Modo frecuencial 5 – Eje.....	112
Figura 61 Cargas en la estructura en SolidWorks .....	114
Figura 62 Reacciones resultantes de la estructura.....	114
Figura 63 Tensión de Von Mises – Estructura.....	115
Figura 64 Desplazamiento UZ – Estructura .....	115
Figura 65 Factor de seguridad – Estructura .....	116

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Factor de diseño en materiales dúctiles.....	20
Tabla 2 Tipos de predicción de falla .....	21
Tabla 3 Clasificación de la arena por su índice de finura AFS .....	29
Tabla 4 Operacionalización de variables .....	32
Tabla 5 Cuadro-baremo (calificación) .....	34
Tabla 6 Rangos promedios de los jueces .....	35
Tabla 7 Estadísticos de prueba W de Kendall.....	35
Tabla 8 Coordenadas UTM de la ubicación de las fábricas .....	37
Tabla 9 Matriz Morfológica Zwicky.....	56
Tabla 10 Evaluación técnica del concepto de solución.....	59
Tabla 11 Evaluación económica del concepto de solución.....	60
Tabla 12 Evaluación de conceptos de solución óptimo .....	61
Tabla 13 Medidas del balde .....	62
Tabla 14 Abastecimiento de arena verde .....	63
Tabla 15 Masa de arena verde.....	64
Tabla 16 Densidad de la arena verde .....	66
Tabla 17 Valores numéricos de características de los tamices ISO R-565 .....	67
Tabla 18 Interpolación de los valores numéricos de características de los tamices R-565.....	68
Tabla 19 Malla de acero inoxidable .....	69
Tabla 20 Peso de la malla.....	70
Tabla 21 Comparaciones de investigaciones del factor de relleno .....	73
Tabla 22 Iteraciones del factor de relleno para calcular el ángulo de inclinación de la cernidora .....	73
Tabla 23 Masa total de los componentes de la cernidora.....	81
Tabla 24 Datos técnicos del motor serie DRS.....	84
Tabla 25 Comparación de los motorreductores SEW-EURODRIVE.....	85
Tabla 26 Tipos de Rodamientos Y .....	95
Tabla 27 Características de los acoples SKF .....	102
Tabla 28 Cuadro comparativo de los acoplamientos SKF .....	104
Tabla 29 Cargas que actúan sobre el eje .....	105
Tabla 30 Modos Frecuenciales.....	110
Tabla 31 Participación de masa normalizada.....	112
Tabla 32 Cargas que actúan sobre la estructura .....	113
Tabla 33 Costos de la cernidora .....	117
Tabla 34 Costos de la estructura .....	118
Tabla 35 Costos del sistema eléctrico .....	119
Tabla 36 Costos de mano de obra .....	119
Tabla 37 Costos de diseño.....	119
Tabla 38 Costos directos .....	120

Tabla 39 Costos indirectos .....	120
Tabla 40 Costos de mantenimiento .....	120
Tabla 41 Costo total .....	120
Tabla 42 Evaluación económica – Payback .....	121
Tabla 43 Tiempo de recuperación del capital invertido – Payback .....	121

## RESUMEN

Esta investigación presenta el diseño de una máquina cernidora de arena verde, con la finalidad de mejorar el proceso de cernido e incrementar el nivel de producción. Se realizó la validación de la concordancia entre los jueces para la ejecución del diagnóstico en campo, por medio del coeficiente de Kendall ( $W > 0,14$ ) en el software IBM SPSS y se incrementó la producción en un 67% y 25% con la capacidad de arena verde cernida de 400 kg/h. Se empleó la metodología del proceso de diseño, donde se identifica los requisitos, funciones y criterios, para evaluar de manera técnica-económica cada alternativa de solución propuesta “La alternativa viable es la N° 2 una máquina cernidora rotativa inclinada impulsado por un motorreductor”. Se determinó mediante pruebas experimentales la densidad de la arena verde  $1\ 161,74\ \text{kg/m}^3$  y los cálculos justificativos son, el tamiz ISO R-565 (empleados en la fundición) luz 0,15 mm, el ángulo de inclinación  $4,1^\circ$ , la velocidad óptima 25 rpm, con una potencia total 0,37 kW, el eje de transmisión 44,45 mm, chumaceras SYK 40WD y un acople SKF FRC 130. Se realizó el diseño CAD y estudios CAE – SolidWorks, del eje con un análisis estático, fatiga y frecuencial, y de la estructura un análisis estático para garantizar el correcto diseño y fiabilidad de los componentes. Finalmente, la evaluación económica con el método PayBack donde la inversión realizada S/ 13 510,77 y el periodo de retorno de la inversión en 7 meses.

**Palabras clave:** Diseño, Máquina Cernidora, Coeficiente Kendall, CAD, CAE y PayBack.

## ABSTRACT

This research presents the design of a green sand sifting machine, with the aim of improving the sifting process and increasing the production level. Validation of the concordance between the judges for the execution of the field diagnosis was carried out by means of the Kendall coefficient ( $W > 0.14$ ) In IBM SPSS software and increased production by 67% and 25% with green sand capacity of 400 kg/h. The methodology of the design process, identifying the requirements, functions and criteria, was used to evaluate in a technical-economic way each alternative solution proposed "The viable alternative is No. 2 a tilted rotary sifting machine driven by a motorreducer". The density of the green sand 1 161,74 kg/m<sup>3</sup> was determined by experimental tests and the justification calculations are, the sieve ISO R-565 (used in the casting) light 0,15 mm, the angle of inclination 4,1°, the optimum speed 25 rpm, with a total power 0,37 kW, The drive shaft 44,45 mm, SYK 40WD chumaceras and a SKF FRC 130 coupling. CAD design and CAE – SolidWorks studies were performed, of the axis with static, fatigue and frequency analysis, and of the structure a static analysis to ensure the correct design and reliability of the components. Finally, the economic evaluation with the Payback method where the investment made S/ 13 510,77 and the period of return on investment in 7 months.

**Keywords:** Desing, Sifting Machine, Coefficient Kendall, CAD, CAE and PayBack.



## I. INTRODUCCIÓN

El rudimentario proceso de cernido de arena verde durante la fabricación artesanal de utensilios de aluminio, representa un gran problema al que esta industria no le han prestado la debida atención. Entre muchos factores, el costo competitivo del equipo, es la que representa mayor interés por parte de sus representantes legales.

Por ello, al no contar con una tecnología apropiada se ven obligados a procesar la arena verde artesanalmente.

En Chacupe (Lambayeque), según [1] el rubro de la fabricación artesanal de utensilios de aluminio, destaca por su gran competencia (35 fábricas) altos niveles de producción (2 400 ollas mensuales solo para los mercados de Piura y Lambayeque) y altos ingresos por ventas diarias.

Por lo particular, el proceso de arena verde requiere de gran tiempo, esfuerzo y dedicación por parte de los operarios cernidores. Además, se necesitan amplios espacios para su almacenamiento, con la finalidad de no formar sedimentos difíciles de zarandear manualmente; dicho sea de paso, esto ocasiona grandes pérdidas de material. A este problema, se le suman las lesiones por sobreesfuerzo a nivel dorsolumbar en los operarios ya que en este proceso implica realizar movimientos repetitivos y mantener posturas inadecuadas.

El problema específico son las falencias en el proceso de cernido traducidos directamente como pérdidas de costos y tiempo de producción de utensilios de aluminio al día. De acuerdo a la situación problemática mencionada, se planteó el siguiente problema: ¿De qué manera se puede mejorar el proceso de cernido para incrementar el nivel de producción en las fábricas artesanales de utensilios de aluminio en el caserío de Chacupe - Lambayeque?

Ante esto, la hipótesis planteada es que a través del diseño de una máquina cernidora de arena verde para el proceso de fabricación artesanal de utensilios de aluminio en el caserío de Chacupe - Lambayeque, se pretende optimizar los tiempos de proceso y elaborar la máquina con la mayor rentabilidad posible.

## 1.1. JUSTIFICACIÓN

El diseño de una máquina cernidora de arena verde permitirá reemplazar el tradicional método manual, para incrementar la producción optimizando tiempo y dinero. Permitiendo que los empresarios de dicho rubro implementen la máquina en sus fábricas. A raíz de ello, disminuirá la mano de obra permitiendo de esta manera que los empresarios ocupen en otras áreas a sus empleados.

Debido a que la producción incrementará se tendrá un potencial clúster económico a beneficio de los empresarios, con la fabricación de utensilios de aluminio comercializándolos en los mercados de Piura, Lambayeque y Otros.

La tecnología principal de la máquina a emplear se basa en el proceso de cernido, para poder realizar la separación de partículas óptimo de arena verde, a comparación de la separación manual realizada actualmente por las diversas fábricas.

En cuanto a la contaminación ambiental la maquina es impulsada por un motor eléctrico que tiene cero emisiones de CO<sub>2</sub>, además en el cernido incluirá una guarda protectora que permitirá retener la polución de arena verde, que es un compuesto de SiO<sub>2</sub> y no contiene efectos negativos contra el medio ambiente.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Diseñar una máquina cernidora de arena verde para el proceso de fabricación artesanal de utensilios de aluminio en el caserío de Chacupe – Lambayeque.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas artesanales de utensilios de aluminio en el caserío de Chacupe – Lambayeque.
- Seleccionar el modelo de mecanismo disponible para una máquina cernidora de arena verde.
- Dimensionar los componentes de la máquina cernidora con la finalidad de obtener los parámetros correctos del diseño.
- Analizar el componente principal del sistema de transmisión mecánica bajo criterio estático, fatiga y frecuencial, utilizando el software CAD – CAE.
- Analizar la estructura de la máquina cernidora bajo criterio estático, utilizando software CAD – CAE.
- Realizar una evaluación económica.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

#### 2.1.1. Productos similares existentes

Agüero, A. [2] nos presenta su investigación que consiste en el Diseño y la construcción de una máquina para la criba de semillas de frijol, cribando un promedio de dos toneladas por día, con un mínimo de impurezas y cuidando las semillas para que no se maltraten. El usuario debe colocar las semillas de frijol a cribar en la tolva de la máquina, una vez que se encuentre llena, o que el usuario así lo decida, podrá encender la máquina. La tolva dejará paso a las semillas de frijol para que puedan desplazarse por las zarandas, pasando por la desbrozadora, las semillas que caigan se deslizaran por la zaranda clasificadora, quedando en está las semillas de frijol. Una vez clasificada la semilla de frijol llegará a un embudo que estará conectado a un tornillo transportador, siendo está la etapa final, previa al almacenamiento. La máquina contará con una interfaz simple al usuario siendo dos los botones principales, botón de inicio y paro de emergencia, así mismo contará con tres botones para la selección del flujo a limpiar, botón que indica un 50%, 75% y 100%. Se realizó los cálculos necesarios para ahorrar energía, cuidar la semilla y poder presentar una máquina que se a resistente a las condiciones de trabajo del campo logrando un diseño eficiente.

Oladeji, A. [3] en su Paper Diseño, construcción y pruebas de una máquina cribadora de arena seca. La muestra a cribar se clasifica uniformemente. El coeficiente de uniformidad es 1,11, por lo tanto, el diseño de la máquina no criba partículas más grandes tales como grava, su tamizado está diseñado entre 0,9 mm – 0,01 mm. El deslizamiento calculado es 36%, lo que permitió la configuración adecuada de las Bandas en V. La eficiencia teórica de la máquina calculada es de 97%.

Álvarez, L. [4] nos presenta su investigación que se llevó a cabo en las instalaciones de la UAAAN tomando en cuenta el problema del ineficiente trabajo de la máquina cribadora y consistió en el Diseño conceptual de un cilindro cribador para el tamizado de lombricomposta, utilizando el programa Pro ENGINEER; se obtuvo información técnica para la construcción del cilindro cribador y para el posterior acoplamiento a la máquina. Los resultados obtenidos de este diseño conceptual, pretenden un mejor cribado, transporte y mayor capacidad de manejo logrando producciones hasta de 2 688,795 kg/h, con un flujo másico a un 10% de relleno y además un ángulo de inclinación de 5 grados con una velocidad de 26 rpm del cilindro cribador. En el diseño se podrá ensamblar diferentes tipos y tamaños de malla si se requiere, lo cual permitirá producir diferentes tipos de agregados.

Nachimuthu, A.K.; et al. [5] en su revista Diseño y fabricación de una máquina cribadora horizontal, se centra en la parte mecánica de la máquina y el sistema de la máquina cribadora. Se trabaja en base de la manivela. La vía férrea está fijada en la base, en que el recipiente de recolección en el movimiento. La estructura del cuerpo de la máquina cribadora y el sistema mecánico necesita referirse a algunos otros criterios tales como fuerza, seguridad y diseño ergonómico.

### **2.1.2. Planteamiento del problema**

¿De qué manera se puede mejorar el proceso de cernido para incrementar el nivel de producción en las fábricas artesanales de utensilios de aluminio en el caserío de Chacupe - Lambayeque?

## **2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS**

### **2.2.1. Diseño en ingeniería**

Según [6], el diseño es un proceso innovador y altamente iterativo, el cual consta de toma de decisiones, las cuales deben tomarse con muy poca información; en algunas con una determinada cantidad y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria.

También nos dice, que las fases e interacciones del proceso de diseño empieza con el reconocimiento de la necesidad, luego se define el problema, se realiza una síntesis de información, esta se analiza y optimiza, se evalúa el diseño, y, por último, se presenta el resultado. En donde todos estos pasos deben ser iterativos y dependientes uno del otro. [6]

### **2.2.2. Propiedades mecánicas de los metales**

#### **2.2.2.1. Esfuerzo**

Cuando se aplasta un objeto, lo están sometiendo a dos fuerzas, en la misma dirección y en sentido opuesto, La fuerza de acción es la que se aplica y la fuerza de reacción es la que evita el desplazamiento del cuerpo, consiguiendo su equilibrio. [7]

#### **2.2.2.2. Compresión**

Si se aplica dos fuerzas de igual magnitud, en la misma dirección y sentido opuesto sobre un cuerpo y se tiende a acortar éste, se está comprimiendo el objeto. El cuerpo acorta y disminuye su longitud. [7]

#### **2.2.2.3. Tracción**

Cuando se estira un cuerpo, se aplica dos fuerzas de igual magnitud, igual dirección y sentido opuesto, se está traccionando ese objeto. Las partículas del material tienden a separarse y el objeto aumenta de longitud. [7]

#### **2.2.2.4. Pandeo**

Cuando se comprime un objeto esbelto, se arquea y flecta. Este efecto se denomina pandeo. Es muy común en soportes verticales. [7]

#### **2.2.2.5. Flexión**

Si se aplica una fuerza vertical, en el punto medio entre dos apoyos sobre un elemento resistente horizontal, se está sometiendo al cuerpo a esfuerzos de flexión. El cuerpo tiende a curvarse, a comprimirse en la parte superior y a traccionarse en la parte inferior. [7]

#### **2.2.2.6. Torsión**

Consiste en aplicar una fuerza transversal con una determinada distancia generando un momento en el eje longitudinal de una pieza. [7]

#### **2.2.3. Factor de diseño (N)**

Según [8], es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un esfuerzo de diseño,  $\sigma_d$ , que a veces se llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño.

Cuando no se cuenta con códigos o normas, el diseñador debe aplicar su juicio para especificar el factor de diseño adecuado. Parte la filosofía de diseño, se refiere a asuntos como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente que se va a diseñar, el análisis de esfuerzo, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño. Todas estas consideraciones afectan la decisión acerca de qué el valor del factor de diseño es el adecuado. A continuación, en la Tabla 1 se emplea el siguiente lineamiento. [8]

Tabla 1 Factor de diseño en materiales dúctiles

N	EMPLEOS
1,25 a 2,0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2,0 a 2,5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2,5 a 4,0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4,0 a más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades de material, análisis de esfuerzo o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ª Ed. México 2006

Edición: Elaboración Propia

#### 2.2.4. Predicciones de falla

Según [8], existen varios métodos distintos para predecir la falla. Los métodos más encontrados en este campo, son la naturaleza de la carga (estática, repetida e invertida o fluctuante), el tipo de material (dúctil o frágil) y la cantidad de actividad de diseño y análisis que se puede justificar con la naturaleza del componente o producto que se diseñe.

Los métodos de análisis para diseño, definen la relación más relevante entre los esfuerzos aplicados a un componente y la resistencia del material con que se va a fabricar, dadas las condiciones de servicio. La resistencia base para diseño puede ser la de fluencia (la última), la de fatiga o alguna combinación de ellas.

[8]



El objetivo del proceso de diseño es llegar a un factor de diseño (N) adecuado que garantice la seguridad del componente. En la Tabla 2, se describen los tipos de predicción de falla para “esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles”. [8]

Tabla 2 Tipos de predicción de falla

PREDICCIÓN DE FALLA	EMPLEOS
Goodman	un poco conservador
Gerber	buen método
Soderberg	moderadamente conservador

Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de Elementos de Máquinas. 4a Ed. México 2006

Edición: Elaboración Propia

El término “esfuerzo fluctuante” indica la condición donde un componente se somete a un esfuerzo promedio distinto de cero, con un esfuerzo alterno sobrepuesto al esfuerzo medio. [8]

En la Figura 1, en comparación se muestra la línea de Goodman. Los extremos de ambos son iguales, pero la línea de Gerber es parabólica y se adapta en general a los puntos de falla determinados experimentalmente, mientras que la línea de Goodman está debajo de ellos. Eso quiere decir que algunos puntos de falla estarán debajo de la línea de Gerber, lo cual no es adecuado. [8]

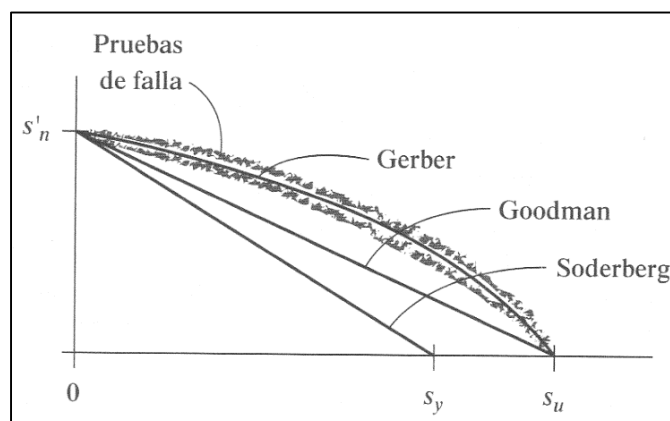


Figura 1 Comparación de los tipos de predicción de fallas en materiales dúctiles

Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ª Ed. México 2006.

Por esta razón, se empleará en esta investigación la línea de Goodman, con esfuerzos fluctuantes sobre materiales dúctiles. Solo es un poco conservador y su línea de predicción de falla queda totalmente abajo del conjunto de los puntos de falla.

La ecuación de la línea de Goodman es. [6]

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}$$

Cuando se combinan estos esfuerzos de acuerdo con la teoría de falla por energía de distorsión, los esfuerzos de von Mises para ejes giratorios, redondos y sólidos, sin tomar en cuenta las cargas axiales, están dados por. [6]

$$\sigma'_a = \left[ \left( \frac{32K_f M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16K_{fs} T_a}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma'_m = \left[ \left( \frac{32K_f M_m}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16K_{fs} T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

La sustitución de  $\sigma'_a$  y  $\sigma'_m$  en la ecuación de la línea de Goodman, para propósitos de diseño, también es deseable resolver la ecuación para el diámetro. [6]

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

Además, la ecuación de Marin se utiliza para aproximar el límite de resistencia a la fatiga del eje de transmisión debido a factores que modifican la resistencia a la tensión del material. [6]

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

### 2.2.5. Métodos de análisis de diseños

En la Figura 2, se describe 16 casos distintos un indicio de la gran variedad de métodos que se aplican. En este caso la naturaleza de la carga es cíclica, la amplitud es constante, el tipo de material es dúctil y el esfuerzo es uniaxial (fluctuante). [8]

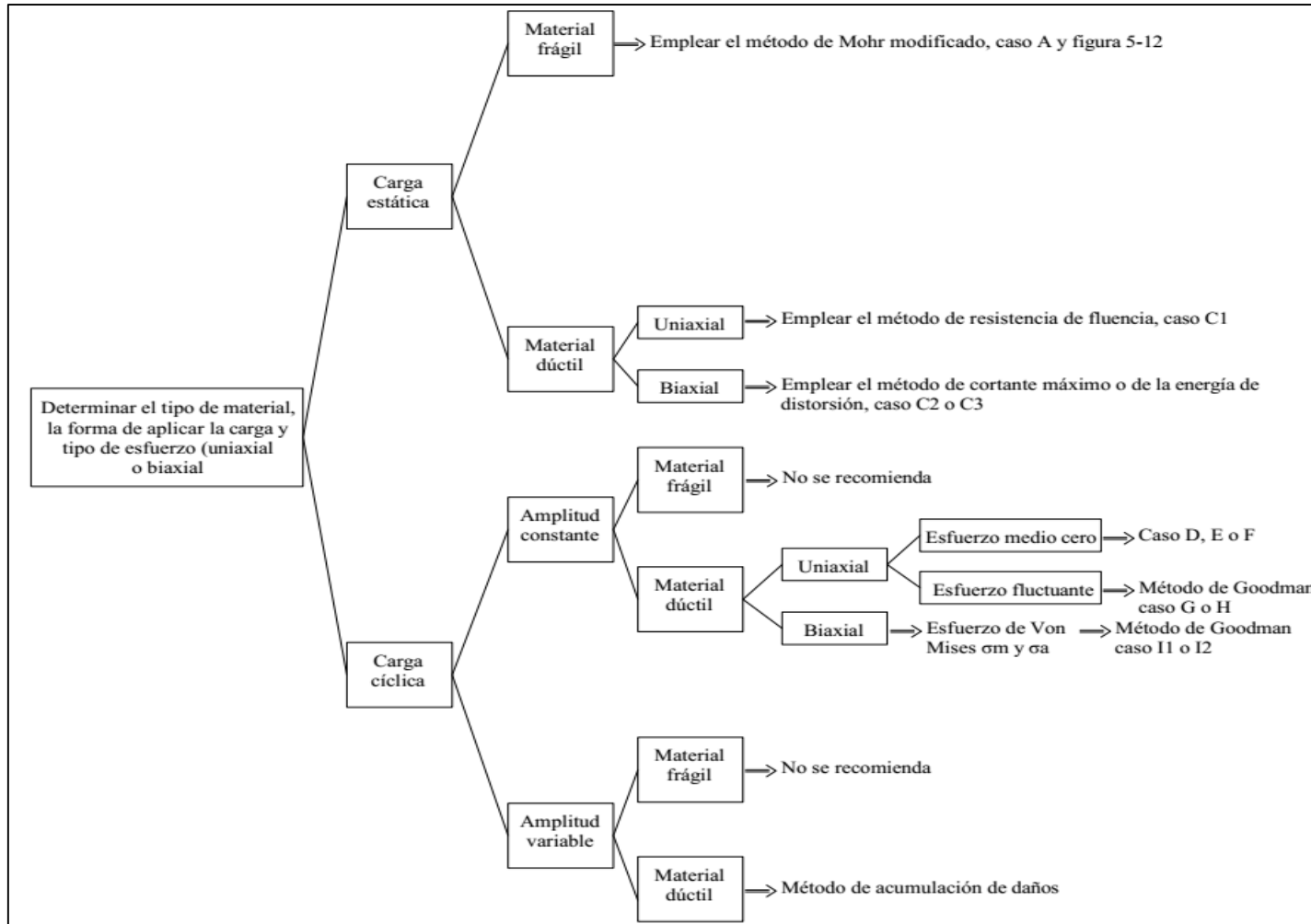


Figura 2 Métodos de análisis de diseño

Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ª Ed. México 2006.

Edición: Elaboración Propia

A continuación, se describe el caso apropiado para esta investigación:

### 2.2.5.1. Caso G – Esfuerzos normales fluctuantes: Método de Goodman

Se obtiene un diseño satisfactorio si la combinación del esfuerzo medio y el esfuerzo alterno produce un punto en la zona segura. En ese caso se puede emplear la siguiente ecuación para evaluar el factor de diseño para cargas fluctuantes. [8]

$$\frac{1}{n} = \frac{K_f \sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}$$

### 2.2.5.2. Caso H – Esfuerzos cortantes fluctuantes

El método de Goodman también se puede aplicar para esfuerzos cortantes fluctuantes, en lugar de esfuerzos normales. La ecuación del factor de diseño sería entonces. [8]

$$\frac{K_f \tau_a}{s'_{sn}} + \frac{\tau_m}{s_{su}} = \frac{1}{n}$$

Si no se cuenta con datos de resistencia al cortante, maneje los datos estimados  $s'_{sn} = 0,577 S_e$  y  $s_{su} = 0,75 S_{ut}$ . [8]

### 2.2.6. Moldeado en arena verde

Según [9], el moldeo en arena verde es un procedimiento que desde sus orígenes está directamente relacionado con la evolución del hombre y su apropiación de técnicas metalúrgicas para trabajar los metales y aleaciones. Desde tiempos remotos se han usado moldes de arena para reproducir piezas metálicas.

En la mayoría de las operaciones de fundición de utensilios de aluminio, que consiste en fundir y colar metal líquido en un molde de la forma y tamaño deseado para que allí solidifique. Generalmente este molde utiliza como materia prima la arena verde, porque es accesible y adecuada para este propósito por su elevado punto de fusión. [9]

### 2.2.6.1. Arena verde

Según [10], la arena verde lleva su nombre porque en su mezcla utilizada para moldear contiene un cierto grado de humedad.

La conformación principalmente está dada por: [9] [11]

- Arena sílice  $\text{SiO}_2$ , que puede ser traída de ríos, mar o arena mineral de canteras (un 77%).
- Arcilla aglutinante o bentonita, proporciona cohesión y plasticidad a la mezcla, facilitando el moldeo y proporcionando la suficiente resistencia en húmedo (un 15%).
- Agua, para la activación de la bentonita debe ser cuidadosamente controlada, ya que en excesivas cantidades puede hacer una arena demasiado plástica y humedad afectando la resistencia (un 8%).

Esta mezcla puede obtenerse manualmente (tipo artesanal) o en máquina (tipo industrial).

Esta primera elaboración de la mezcla es reutilizable como arena de relleno, al restituir la cantidad de agua necesaria que recupera las cualidades plásticas de la mezcla modeladora. El reciclado se ve favorecido al utilizar la bentonita debido a que tienen una elevada estabilidad térmica. [9]

La arena verde se comprime alrededor del objeto que sirve de modelo (patrón) incrementando la presión y manteniendo la temperatura ambiente, estas dos regulaciones aseguran la conformación modeladora durante el proceso de fundición. La arena mezclada se compacta alrededor del patrón, tomando la forma del molde deseado. [9]

### 2.2.6.2. Configuración base de moldes de arena verde

En la Figura 3, presenta la configuración básica para elaborar moldes de arena verde utilizada en la industria: [10]

- Modelo: Pieza que imprime internamente al objeto o pieza final en el molde.
- Arena de contacto: Es la arena verde de fundición, cernida que entra en contacto directo con el modelo de la pieza a fundir. Suele ser una capa de espesor de entre 10 y 30 mm.
- Arena de relleno: Es arena verde de fundición con las mismas propiedades que la de contacto, pero puede ser usada sin haber sido cernida.

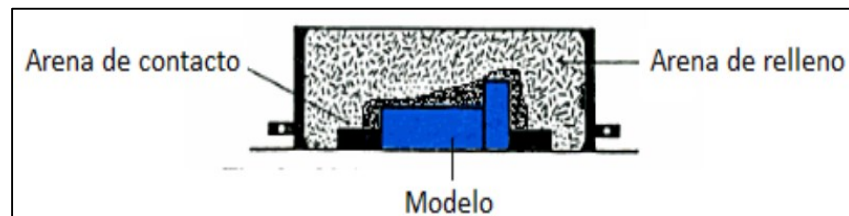


Figura 3 Configuración base de moldes de arena verde

Fuente: Sebastián D. Betancourt. Propuesta de una Mezcla Alternativa para la Arena Verde en JCR Fundiciones. Quito 2012.

### 2.2.6.3. Propiedades de la arena verde

#### a. Resistencia húmeda

Capacidad de la arena húmeda para formar aglutinaciones o adherirse manteniendo la forma del molde. [9]

#### b. Resistencia seca

Resistencia de la arena para mantener la forma de la cavidad del molde cuando el metal toca las paredes de la cavidad. [9]

#### c. Fluidéz

Reacción de la arena al proceso de formación del molde y facilidad con la cual toma la forma deseada. [9]

**d. Termoestabilidad**

Se deben realizar mediciones periódicas y controlar que la arena no sobrepase los 38°C, ya que de existir aumentos de temperatura se pueden reducir las propiedades de la arena, y esto influirá a tener moldes quebradizos. [10]

**e. Permeabilidad**

Cuando el metal líquido a alta temperatura toca las paredes del molde húmedo, produce el cambio de estado formando vapor de agua. [9]

**f. Comportamiento refractario**

Es la capacidad de la arena para mantener sus propiedades dimensionales y su integridad. Es decir, que no se funde, ni deforma en presencia del metal a altas temperaturas. [9]

**g. Plasticidad**

Es la propiedad de un material que permite resistir deformaciones rápidas, sin cambiar de volumen y sin agrietarse ni desagregarse. [9]

**h. Conductividad calorífica**

Disipación adecuada del calor, para que el material fundido enfríe y solidifique en el molde a la velocidad correspondiente. [9]

**i. Deformabilidad**

Una buena propiedad de deformación de las arenas de moldeo es conveniente para facilitar la extracción de los modelos sin romper el molde. [10]

**j. Humedad de las arenas**

Una determinada humedad en la arena de moldeo, favorece y mejora la plasticidad de la mezcla arena-aglutinante. [9]

### 2.2.7. Granulometría de la arena

Constituye una de las principales propiedades físicas de las arenas de moldeo que impacta directamente sobre la resistencia y el producto final fundido; es importante tener en cuenta que esta propiedad sumada a la forma de grano se encuentra clasificadas dentro de algunos parámetros impuestos por el comité de la división de arenas AFS (índice de finura y distribución). [12]

#### 2.2.7.1. Número de finura de grano AFS

Este Número o Índice (AFS- American Foundrymen Society), es una rápida referencia para describir el tamaño medio de partícula de una muestra dada de arena. [12]

Hay dos definiciones para describir el Número o Índice de Finura de las arenas: [12]

- Es el número equivalente a un tamiz que tenga ese mismo número de mallas por pulgada lineal, por el cual pasaría justamente el 100% de la arena si la misma tuviera un tamaño de grano uniforme (es decir que todos los granos contenidos en la arena fueran exactamente del mismo tamaño), y así este Número o Índice de Grano, también equivale al Grano Medio (MK).
- Es el número equivalente a un tamiz por el cual pasaría el 50% de la arena y retendría el 50% restante. Esto es por lo tanto también, el tamaño medio (MK) de los granos contenidos en la arena, y el Índice de Finura de la arena.

#### 2.2.7.2. Caracterización de la arena

Todos estos criterios están basados sobre los resultados del ensayo del análisis por tamizado, y se especifica en términos de. [12]

- Área superficial específica teórica (SET).
- Tamaño medio de grano.
- Índice de finura AFS.



### 2.2.7.3. Índice de finura AFS

En esta investigación, el criterio empleado es el índice de finura AFS, debido a que se emplea en fundiciones y está clasificado en la Tabla 3.

Tabla 3 Clasificación de la arena por su índice de finura AFS

<b>FINURA ARENA</b>	<b>ÍNDICE FINURA AFS</b>	<b>GRANO MEDIO EN MICRONS</b>
Muy Fina	110 – 140	140 – 110
Fina	70 – 110	230 – 140
Media	55 – 70	300 – 230
Gruesa	45 – 55	370 – 300
Muy Gruesa	25 – 45	700 – 370

Fuente: José Expósito. Arenas de sílice: Materia prima básica en la industria de la fundición (Parte 6). Madrid 2013

Edición: Elaboración Propia

Las arenas “Muy gruesas”, empleadas en la fabricación de calderas y radiadores, donde se necesita gran permeabilidad. [12]

Las arenas “Gruesas”, empleadas en las arenas para fundiciones de acero moldeado. [12]

Las arenas “Medias”, empleadas en fundiciones de base hierro. [12]

Las arenas “Finas”, empleadas para la fabricación de las arenas pre-revestidas (proceso cáscara). [12]

Las arenas “Muy Finas”, empleadas para el moldeo en fundiciones de base cobre y de base aluminio. [12]

Según [12], es una buena práctica el seleccionar una arena para machos, lo más parecida posible en cuanto se refiere a la finura y distribución granulométrica deseada para el sistema de arenas de moldeo, puesto que la arena de los machos, debido al desmoldeo de los mismos después de la colada, se va a incorporar al sistema de arenas de moldeo.

### III. MARCO METODOLÓGICO

Según [13], hace referencia a la serie de pautas o procesos que debe seguir un objeto de investigación para lograr una meta u objetivos de forma más concreta y útil.

#### 3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según [13], señala que el diseño Cuasiexperimental “es un método de control parcial, basado en la identificación de los factores que pueden intervenir en la validez interna y externa del mismo.”

Se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder a los problemas, dificultades e inconvenientes planteados en el estudio.

#### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según [13], indica que “la investigación de campo consiste en la recolección de datos de la realidad donde ocurre los hechos, sin manipular o controlar variables.”

Se encarga de estudiar los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula las variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta y desenvuelve el hecho.

#### 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Según [13], hace referencia que “los estudios descriptivos pueden incluir hipótesis o no, según el objetivo que se persiga.”

Por lo tanto, se enmarca en una investigación descriptiva. En la cual el problema cuantitativo de la investigación, es el estudio de campo donde el investigador está en contacto con la realidad de predecir la hipótesis.

#### 3.4. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Según [13], hace referencia que “el proyecto factible consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica.”

Para el desarrollo de esta modalidad lo primero que se debe hacer es un diagnóstico; segundo plantear y fundamentar teóricamente la propuesta que consiste en establecer tanto el procedimiento metodológico como las actividades y recursos necesarios para su ejecución.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.5.1. Población**

Según [13], indica que “es el conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se van a generar conclusiones.”

La población como objeto de estudio, está conformada actualmente por (35) fábricas artesanales de utensilios de aluminio.

#### **3.5.2. Muestra**

Según [14], indica que es el “subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.” Es decir, no es más que la selección de un número determinado de la población, que se desee estudiar.

Entonces, el presente proyecto no cuenta con muestra, debido a que se realiza un diagnóstico general en las fábricas artesanales de utensilios de aluminio.

### **3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.6.1. Variable independiente**

Según [14] indica que, son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente. En los diseños experimentales la variable independiente es el tratamiento que se aplica y manipula en el grupo experimental.

Entonces en esta investigación es, la producción de arena verde cernida.

#### **3.6.2. Variable dependiente**

Según [14] indica que, son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos a consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación.

En este caso es, Diseño de una máquina cernidora de arena verde.

Tabla 4 Operacionalización de variables

<b>Tipo de variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Unidades</b>
<b>Independiente</b> Producción de arena verde cernida	Proceso de cernido	Es la forma de separación del tamaño de grano utilizando una criba	Tamaño de grano	mm
	Volumen	Cantidad de abastecimiento de materia prima	Metros cúbicos	m <sup>3</sup>
	Masa	Cantidad de materia contenido en el proceso de cernido	Kilogramo	kg
	Densidad	Peso bruto de la materia prima	Kilogramo por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
<b>Dependiente</b> Diseño de una máquina cernidora	Tipos de máquina cernidora	Modelo de una máquina cernidora, por su material, estructura, costos, etc	Criterios de selección	-
	Flujo másico	Capacidad de operación con respecto al tiempo	Kilogramo por hora	kg/h
	Velocidad	Movimiento óptimo del proceso de cernido	Revoluciones por minuto	rpm
	Tiempo	Tiempo requerido en que tarda el cernido de la materia prima	Segundos	s
	Potencia	Potencia necesaria para mover la materia prima	Watt	W
	Factor de diseño	Una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga	N	-
	Propiedades Mecánicas	Determinan el comportamiento de los materiales cuando están expuestos a esfuerzos mecánicos	Metal, polímeros, otros	MPa
PayBack	Indica el periodo de la recuperación de la inversión.	Meses	-	

Fuente: Elaboración Propia

### **3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Según [14], indica que es “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.”

Para esta investigación se utiliza la técnica de la encuesta escrita, por ser fácil y rápida aplicación a la población en estudio. En este sentido se elaboró un cuestionario que va dirigido a los jefes de área y/o operario cernidor, que se encuentra en el Anexo\_A 1 Modelo del Diagnóstico.

#### **3.7.1. Encuesta**

Según [13], indica que “es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones interesan al investigador.” Se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos quienes, en forma anónima responden por escrito.

#### **3.7.2. Instrumento de recolección de datos**

Según [14], indica que “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.”

#### **3.7.3. Cuestionario**

Según [13], indica que “es un instrumento de investigación que forma parte de la técnica de la encuesta.” Las preguntas han de estar formuladas de manera clara y concisa; pueden ser cerradas, abiertas o semiabiertas, procurando que la respuesta no sea ambigua.

### **3.8. VALIDACIÓN DEL DIAGNÓSTICO**

Según [13], nos indica que este método determinar hasta dónde los ítems de un instrumento son representativos (grado de representatividad) del dominio o universo de contenido de las propiedades que se desea medir.

Para hacer esta determinación se recurre a “expertos” (o jueces, generalmente en número impar). El proceso es básicamente lógico y racional, los distintos jueces pueden no estar de acuerdo en la validez de contenido del diagnóstico.

Para el presente instrumento fue sometido a una revisión por parte de cinco expertos, los cuales son:

1. Mgtr. Ing. Alejandro Segundo Vera Lázaro. Docente de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Docente de la Universidad Privada del Norte. Pertenece al Directorio Nacional de Investigadores e Innovadores.
2. Ing. Joselito Sánchez Pérez. Docente de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
3. Ing. Amado Aguinaga Paz. Docente de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Docente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Pertenece al Directorio Nacional de Investigadores e Innovadores.
4. Ing. José Edward Cortegana Monteza. Docente de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Docente del Instituto Senati.
5. Ing. Edwin Arturo Juarez Marchena. Docente de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Para que los expertos citados anteriormente pudiesen evaluar el instrumento de recolección de datos se diseñó un cuadro-baremo, donde cada ítem se analizó de acuerdo a las categorías de (suficiencia, claridad, coherencia y relevancia) en el cual se aplica una calificación para cada una, como se muestra en la Tabla 5 y en el Anexo\_A 3 Planilla juicio de expertos.

Tabla 5 Cuadro-baremo (calificación)

<b>CALIFICACIÓN</b>	
1	No cumple con el criterio
2	Bajo nivel
3	Moderado nivel
4	Alto nivel

Fuente: Elaboración Propia

Luego de aplicar la calificación al instrumento, por parte los expertos, se procedió a extraer la prueba de concordancia de Kendall.

Se utilizó esta prueba para la validez de contenido, con la cual se midió el grado de concordancia entre un grupo de expertos ( $K = 5$ ) y un conjunto de ítems (21 fábricas), como se muestra en la Tabla 6.

La respuesta es ordinal. La hipótesis nula es que no hay concordancia:  $W = 0$ ; y la hipótesis alterna afirma la concordancia, es decir ( $W > 0$ ). Este estadístico sigue una  $\chi^2$  con grados de libertad:  $n-1$ . El valor resultante es:

Tabla 6 Rangos promedios de los jueces

<b>RANGOS</b>	
<b>Jueces</b>	<b>Rango promedio</b>
Juez 1	3,21
Juez 2	3,07
Juez 3	3,35
Juez 4	3,07
Juez 5	2,29

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7 Estadísticos de prueba W de Kendall

<b>ESTADÍSTICOS DE PRUEBA</b>	
N	68
W de Kendall	0,141
Chi-Cuadrado	38,416
gl	4
Sig	0,000

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 7 se acepta la hipótesis alterna, es decir que existe concordancia entre las opiniones de los expertos y que este valor es significativo ( $p < 0,05$ ).

### 3.9. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

En la Figura 4, se muestra el diagrama de flujo de las fábricas y con exactitud (en líneas punteadas) el proceso de cernido donde se involucra esta investigación.

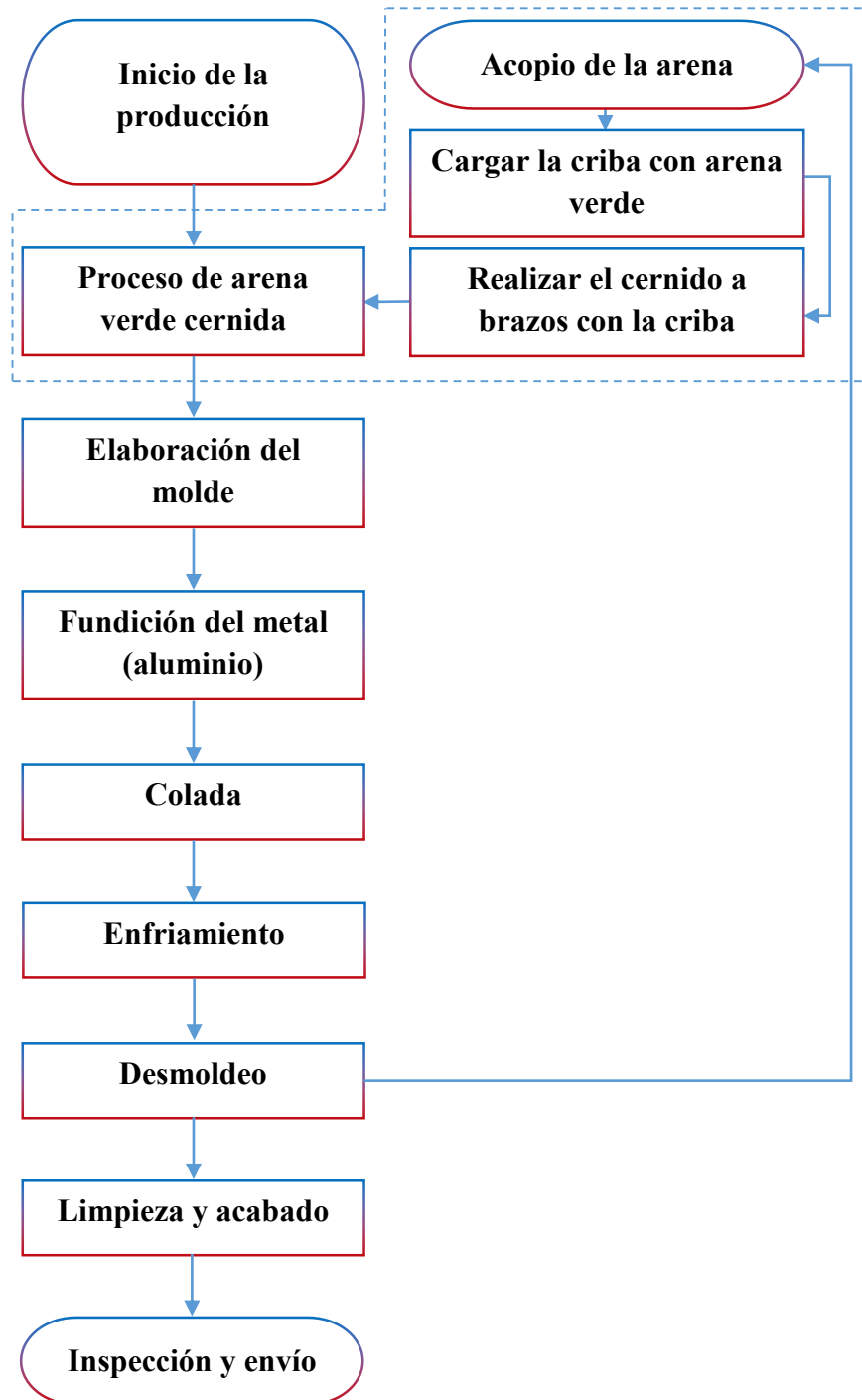


Figura 4 Diagrama de flujo de las fábricas artesanales de utensilios de aluminio

Fuente: Elaboración Propia



El diagnóstico se realizó en el caserío de Chacupe, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque. Anexo\_A 1 Modelo del Diagnóstico.

En la Tabla 8 y la Figura 5, se muestra la ubicación de las fábricas en coordenadas UTM.

Tabla 8 Coordenadas UTM de la ubicación de las fábricas

VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE (X)	NORTE (Y)
1	1-2	91,31	628159,00	9246428,00
2	2-3	177,44	628175,00	9246518,00
3	3-4	50,38	627998,00	9246531,00
4	4-5	52,67	627999,00	9246481,00
5	5-1	140,20	628019,00	9246432,00

Fuente: Google Earth.



Figura 5 Puntos de ubicación de las fábricas

Fuente: Google Earth.

En Chacupe (Lambayeque), según [1] el rubro de la fabricación artesanal de utensilios de aluminio destaca por su gran competencia (35 fábricas), de las cuáles (21 fábricas) han podido ser evaluadas por el diagnóstico del investigador.

### 3.9.1. Análisis estadístico

Se presenta el análisis cuantitativo y cualitativo de cada pregunta formulada en el diagnóstico. Anexo\_A 2 Evidencia del diagnóstico realizado en las fábricas.

#### 3.9.1.1. Formalidad de las fábricas

En la Figura 6 se evidencia que el 52% de las fábricas son formales, y solo el 48% de las fábricas son informales.

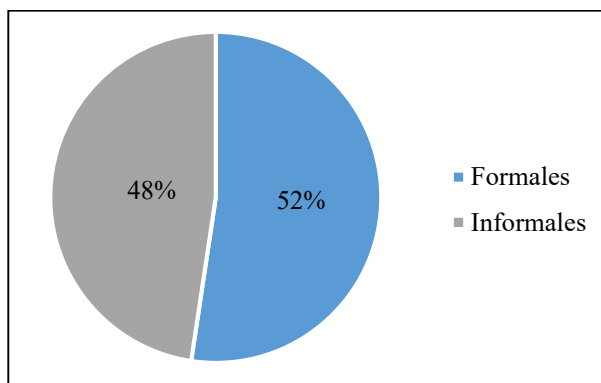


Figura 6 Formalidad de las fábricas

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.9.1.2. Cargo de trabajadores de las fábricas

En la Figura 7 se aprecia que el 71% indica que son jefes de área y el 29% indica que son operarios cernidores.

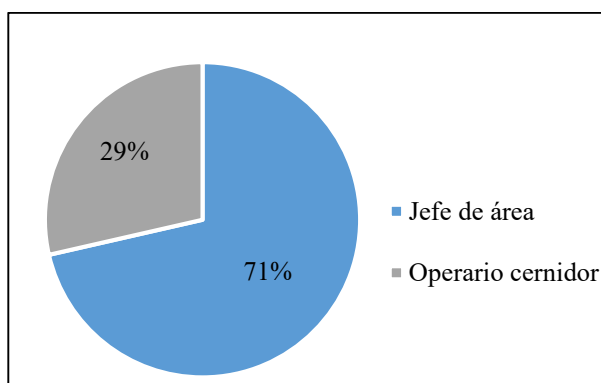


Figura 7 Cargo de los trabajadores en las fábricas

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.3. Edades de los trabajadores

En la Figura 8 se aprecia que el 38% de los trabajadores se encuentran en la edad de 40 y 50 años, el 24% tiene la edad de 20 y 30 años y el 14% tiene la edad de 50 y 60 años.

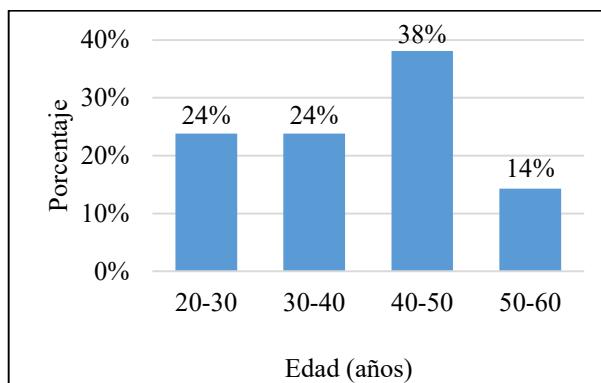


Figura 8 Edades promedio de los trabajadores

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.4. Número de trabajadores en las fábricas

En la Figura 9 se evidencia que el 29% de las fábricas cuenta con 6 trabajadores, el 24% cuenta con 8 y 4 trabajadores, el 14% cuenta con 3 trabajadores y el 10% cuenta con 5 trabajadores.

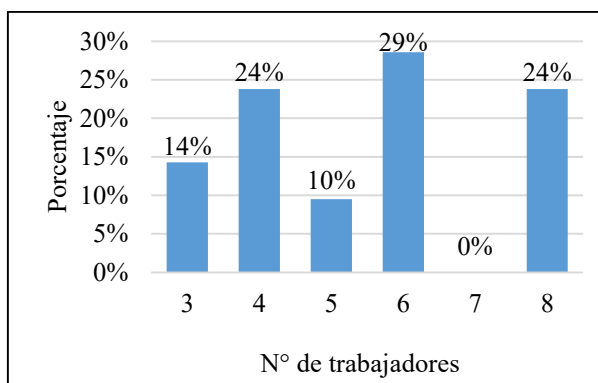


Figura 9 Número de trabajadores en las fábricas

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.5. Número de trabajadores en el proceso de cernido

En la Figura 10 se evidencia que la mayoría de las fábricas el 76% cuenta con 2 trabajadores en el proceso de cernido, el 14% indica que cuenta con 3 trabajadores y el 10% cuenta con 1 trabajador en dicho proceso.

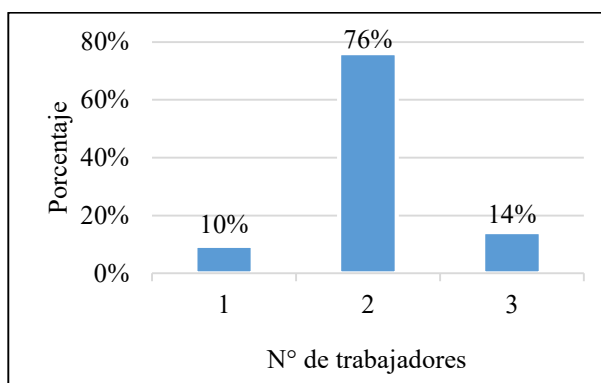


Figura 10 Número de trabajadores en el proceso de cernido

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.6. Cantidad de arena verde cernida en el proceso de cernido

En la Figura 11 se evidencia que 16 fábricas acopian arena verde cernida de 240 a 320 kg/h, en tanto 4 fábricas de 160 a 240 kg/h y 1 fábrica de 320 a 400 kg/h.

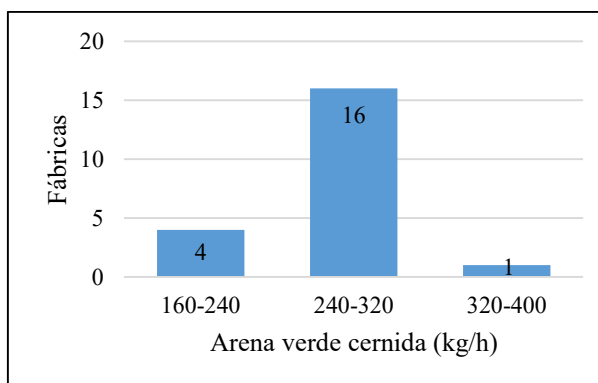


Figura 11 Cantidad de arena verde cernida en el proceso de cernido

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.7. Cantidad de ollas producidas a la semana

En la Figura 12 se evidencia que el 57% indica que la cantidad de ollas producidas a la semana es de 180 a 280 ollas/semana, el 29% indica que la cantidad es de 80 a 180 ollas/semana y el 14% indica que la cantidad es de 280 a 380 ollas/semana.

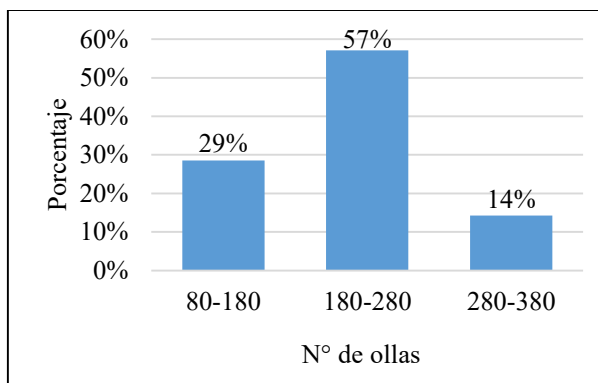


Figura 12 Cantidad de ollas producidas a la semana

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.8. Fábricas que poseen una máquina cernidora

En la Figura 13 se evidencia que en la mayoría de fábricas el 90% no posee una máquina cernidora y el 10% indica que si posee una máquina cernidora.

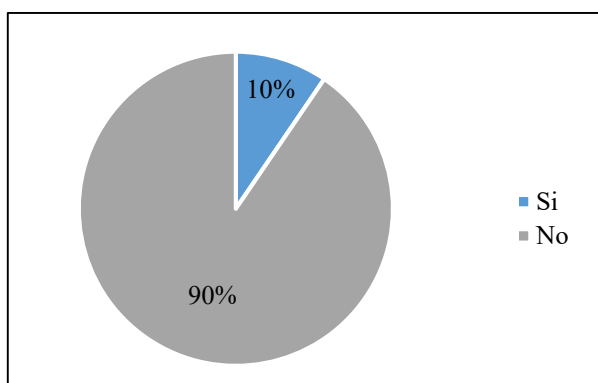


Figura 13 Fábricas que poseen una máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.9. Fábricas que indica que una máquina cernidora provee el avance de la producción

En la Figura 14 se aprecia que el 95% de fábricas indica que una máquina cernidora si provee el avance de la producción y el 5% indica no provee el avance de la producción.

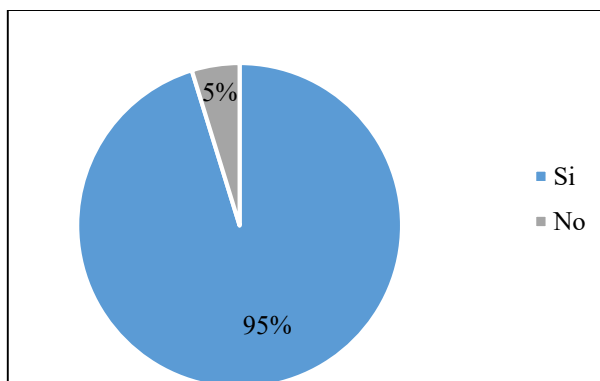


Figura 14 Fábricas que indica que una máquina cernidora provee el avance de la producción

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.10. Fábricas que están dispuestos adquirir una máquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción

En la Figura 15 se aprecia que el 90% de fábricas si están dispuestas adquirir una máquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de su producción, y solo el 10% indica que no están dispuestas adquirir una máquina cernidora.

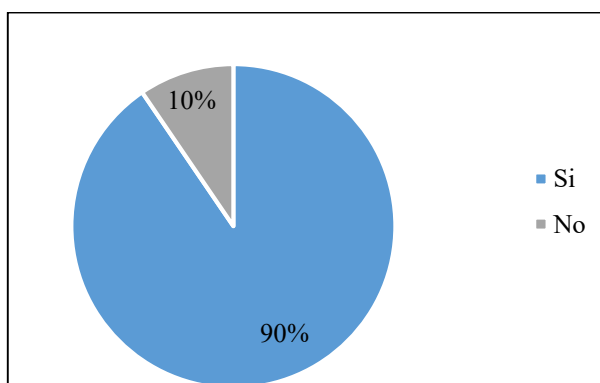


Figura 15 Fábricas que están dispuestos adquirir una máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.11. Fábricas que indica que la implementación de una máquina cernidora mejora las condiciones de trabajo

En la Figura 16 se aprecia que el 90% de fábricas indica que la implementación de una máquina cernidora si mejora las condiciones de trabajo, y solo el 10% indica que no mejora las condiciones de trabajo.

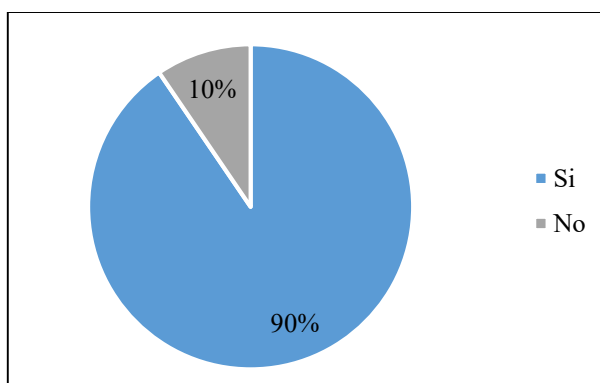


Figura 16 Fábricas que indica que la implementación de una máquina cernidora mejora las condiciones de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.12. Fábricas que indica que es indispensable una máquina cernidora en la producción de ollas

En la Figura 17 se aprecia que el 90% de fábricas indica que si es indispensable una máquina cernidora y el 10% indica que no es indispensable una máquina cernidora.

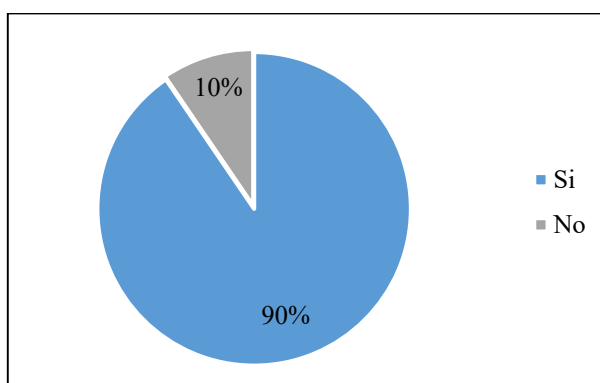


Figura 17 Fábricas que indica que es indispensable una máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.13. Fábricas que conocen una máquina cernidora

En la Figura 18 se aprecia que el 62% de fábricas no conocen una máquina cernidora, y solo el 38% si conocen una máquina cernidora.

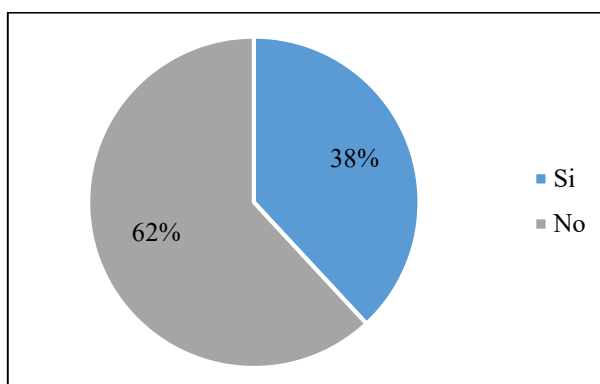


Figura 18 Fábricas que conocen una máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.14. Fábricas que indica que una máquina cernidora genera ventajas

En la Figura 19 se aprecia que el 95% de fábricas indica que si genera ventajas, debido a que, evita esfuerzos físicos y contribuye con el avance en la producción de ollas en menos tiempo, y solo el 5% indica que no genera ventajas una máquina cernidora por diversas razones.

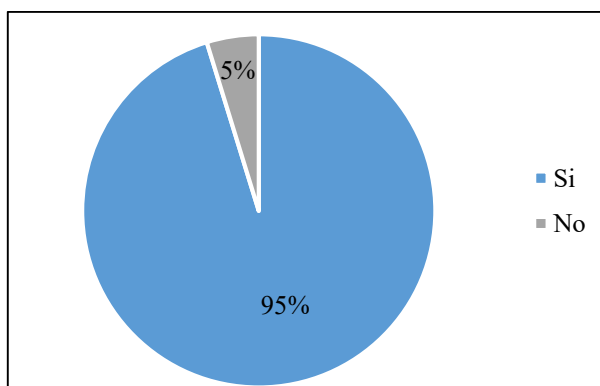


Figura 19 Fábricas que indica que una máquina cernidora genera ventajas

Fuente: Elaboración Propia



### 3.9.1.15. Fábricas que indica que una máquina cernidora genera desventajas

En la Figura 20 se aprecia que el 52% de fábricas indica que si genera desventajas, ya que puede ser excesivo el consumo de energía eléctrica y el 48% indica que no genera desventajas.

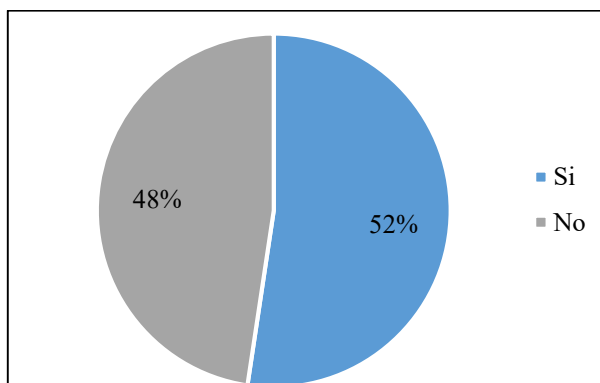


Figura 20 Fábricas que indica que una máquina cernidora genera desventajas

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.16. Fábricas que están dispuestas a la adquisición de una maquina cernidora

En la Figura 21 se evidencia que el 95% de fábricas si están dispuestas a la adquisición de una máquina cernidora, debido a que, genera mayor producción de ollas y esto conlleva a ganancias para las fábricas, y solo el 5% no están dispuestas a la adquisición una máquina cernidora.

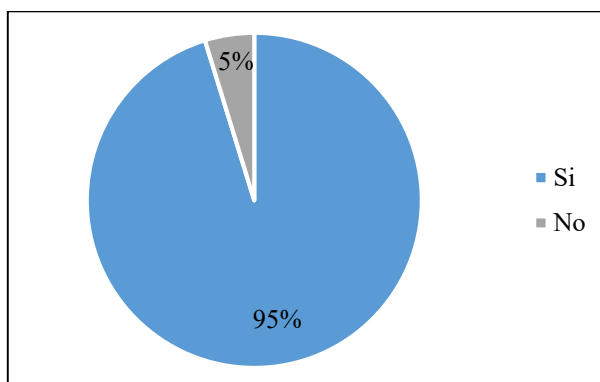


Figura 21 Fábricas que están dispuestas a la adquisición de una máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.17. Fábricas que indica que es factible una máquina cernidora de bajo costo

En la Figura 22 se evidencia que el 100% de fábricas indica que si es factible una máquina cernidora de bajo costo.

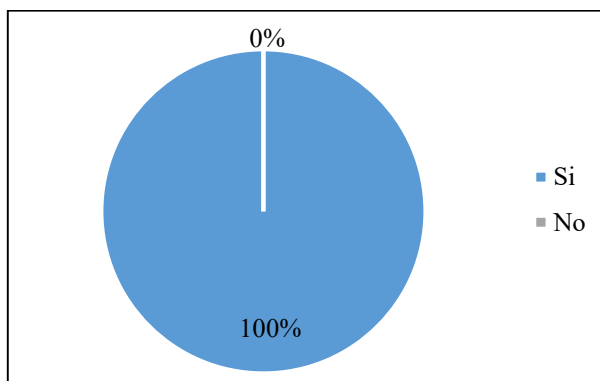


Figura 22 Fábricas que indica que es factible una máquina cernidora de bajo costo

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.18. Fábricas que indica que una máquina cernidora evita esfuerzos físicos

En la Figura 23 se aprecia que el 86% de fábricas indica que una máquina cernidora si evita esfuerzos físicos y el 14% indica que no evita esfuerzos físico.

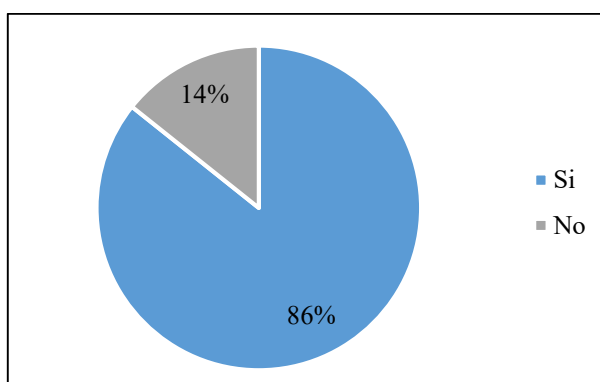


Figura 23 Fábricas que indica que una máquina cernidora evita esfuerzos físicos

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.19. Fábricas que indica que para manipular una máquina cernidora es necesario utilizar implementos de seguridad

En la Figura 24 se aprecia que el 86% de fábricas indica que para manipular una máquina cernidora no es necesario utilizar implementos de seguridad y el 14% indica que si es necesario utilizar implementos de seguridad.

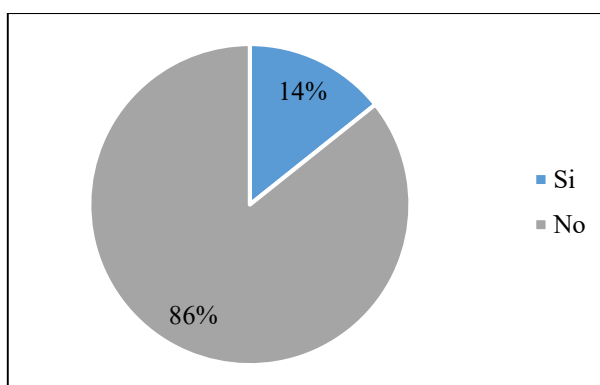


Figura 24 Fábricas que indica que para manipular una máquina cernidora es necesario utilizar implementos de seguridad

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.1.20. Fábricas que están dispuestas a que se haga las pruebas necesarias de una máquina cernidora en sus establecimientos

En la Figura 25 se evidencia que el 100% de fábricas si están dispuestas a que se haga las pruebas en sus establecimientos.

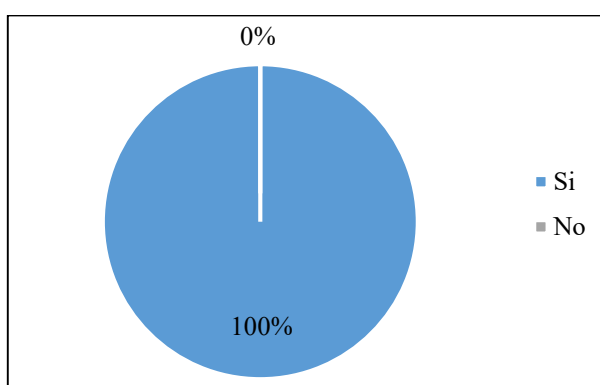


Figura 25 Fábricas que están dispuestas a que se haga las pruebas necesarias en sus establecimientos

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9.2. Análisis general de los resultados

Se analizaron todos los datos obtenidos con el instrumento usado en este trabajo de investigación, donde se muestra y se interpreta que la gran mayoría de las fábricas son formales un 52%, además, un 29% de las fábricas cuenta con 6 trabajadores en total que operan en sus establecimientos, lo cual, un 76% de las fábricas manifiesta que cuenta con 2 trabajadores en el proceso de cernido, y debido a ello, un 76% de las fábricas acopian alrededor 240 a 320 kg/h de arena verde cernida en dicho proceso, y esto otorga que la producción de ollas semanales sea un 57%, es decir, de 180 a 280 ollas/semanales.

Además, se identifica que un 90% de las fábricas no poseen una máquina cernidora, a su vez, un 95% manifiesta que el diseño de una máquina cernidora provee el avance de la producción, en ese sentido, mejora las condiciones de trabajo. Así como también, un 95% de las fábricas están dispuestos a la adquisición de una máquina cernidora debido a los beneficios que trae en el proceso de cernido y a su bajo costo de construcción.

Finalmente, el total de las fábricas manifestaron que están dispuestos a que se haga las pruebas necesarias de la máquina en sus establecimientos.

### 3.9.3. Propuesta

La presente investigación propone el incremento del nivel de producción, por ello, las capacidades de acopio de arena verde cernida en 16 fábricas están entre 240 a 320 kg/h, por lo cual, se considera un crecimiento del 67% y 25% respectivamente con una capacidad total 400 kg/h de arena verde cernida.

Además, se debe tener en cuenta en un diseño eficaz y eficiente.

## IV. DISEÑO

### 4.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO

En la Figura 26, se muestra la importancia de identificar con cuidado las necesidades y las expectativas del cliente, antes de comenzar a diseñar una máquina.

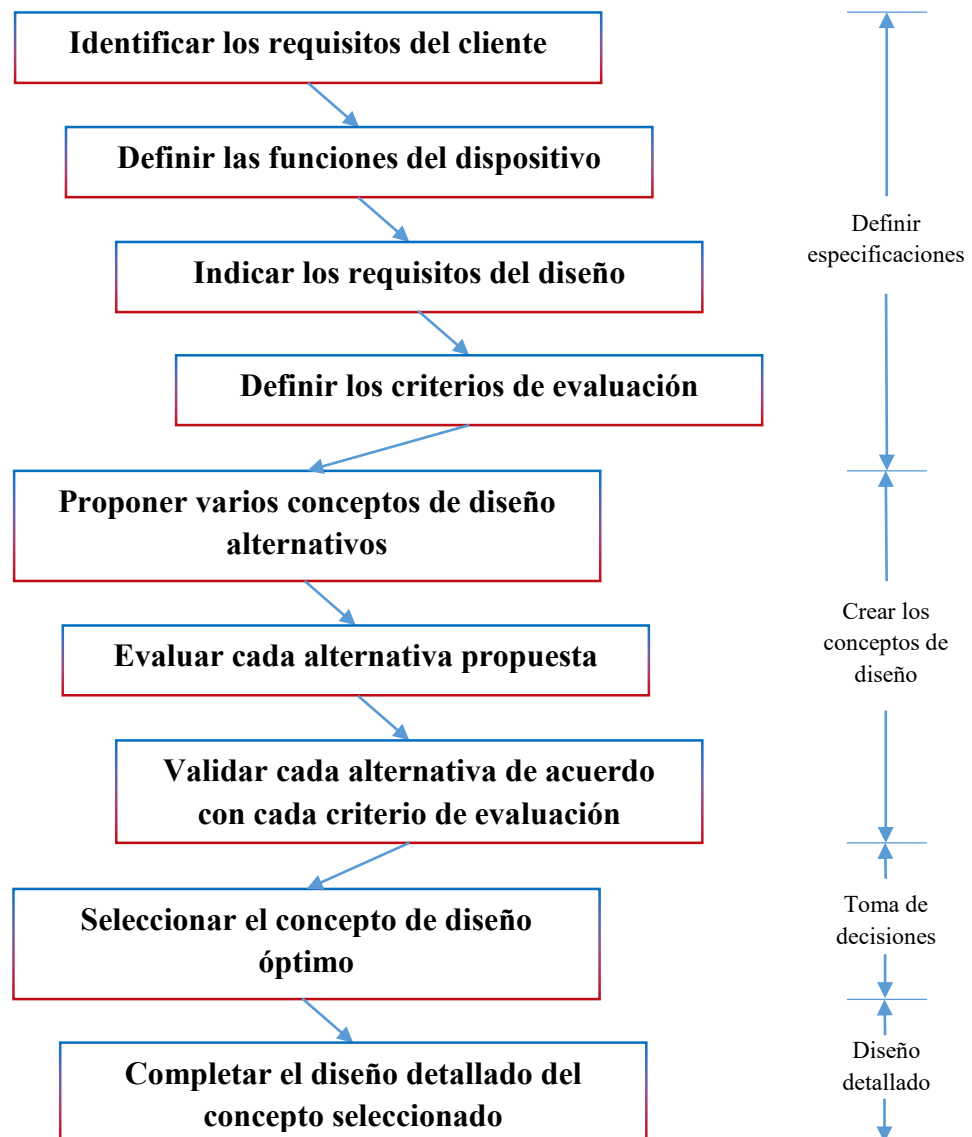


Figura 26 Metodología del proceso de diseño

Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ª Ed. México 2006.

#### 4.1.1. Requisitos del cliente

El cliente es equivalente a las fábricas, que indican lo que debe hacer la máquina, mediante afirmaciones no cuantitativas.

- La máquina cumple con la función de un tamiz, que separa granos gruesos de un tamaño determinado, mientras deja pasar los finos para el proceso óptimo.
- Debe trabajar de forma continua.
- Recibe potencia de un motor eléctrico.
- Transmitir la potencia mediante los elementos de máquina que reducen la velocidad de giro hasta un valor adecuado.
- Entregar la potencia con una velocidad menor, y que en último término accione el movimiento de la máquina.

##### 4.1.1.1. Caja negra

Para representar función se hará por medio de una caja negra "Black box", donde sólo se tiene en cuenta tres magnitudes básicas de entrada y salida: materia, energía y señal.

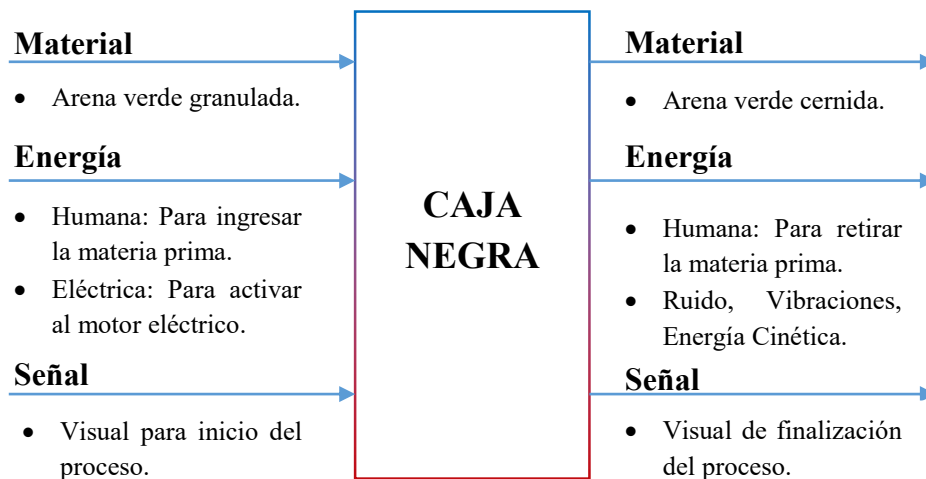


Figura 27 Caja Negra

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Funciones del dispositivo

La máquina a diseñar debe cumplir diversas funciones.

##### 4.1.2.1. Función principal

Es la función total representada se observa en la Figura 27 la cual, ocurre una transformación denominado como proceso técnico.

Para esta investigación la función principal es, el cernido de la arena verde para la fabricación artesanal de utensilios de aluminio.

##### 4.1.2.2. Funciones parciales

Son aquellas que cumplen con una tarea específica, para cumplir el proceso requerido.

###### a. Alimentación

Suministro de la materia prima (Arena verde granulada).

###### b. Accionamiento

Medio por el cual se genera un torque para el movimiento del sistema.

###### c. Transmisión de potencia

Método que transferirá el torque del accionamiento al sistema.

###### d. Cernido

Separación de granos gruesos de un tamaño determinado, mientras deja pasar los finos para el proceso óptimo.

###### e. Almacenamiento

Recipiente de la materia prima (Arena verde cernida).

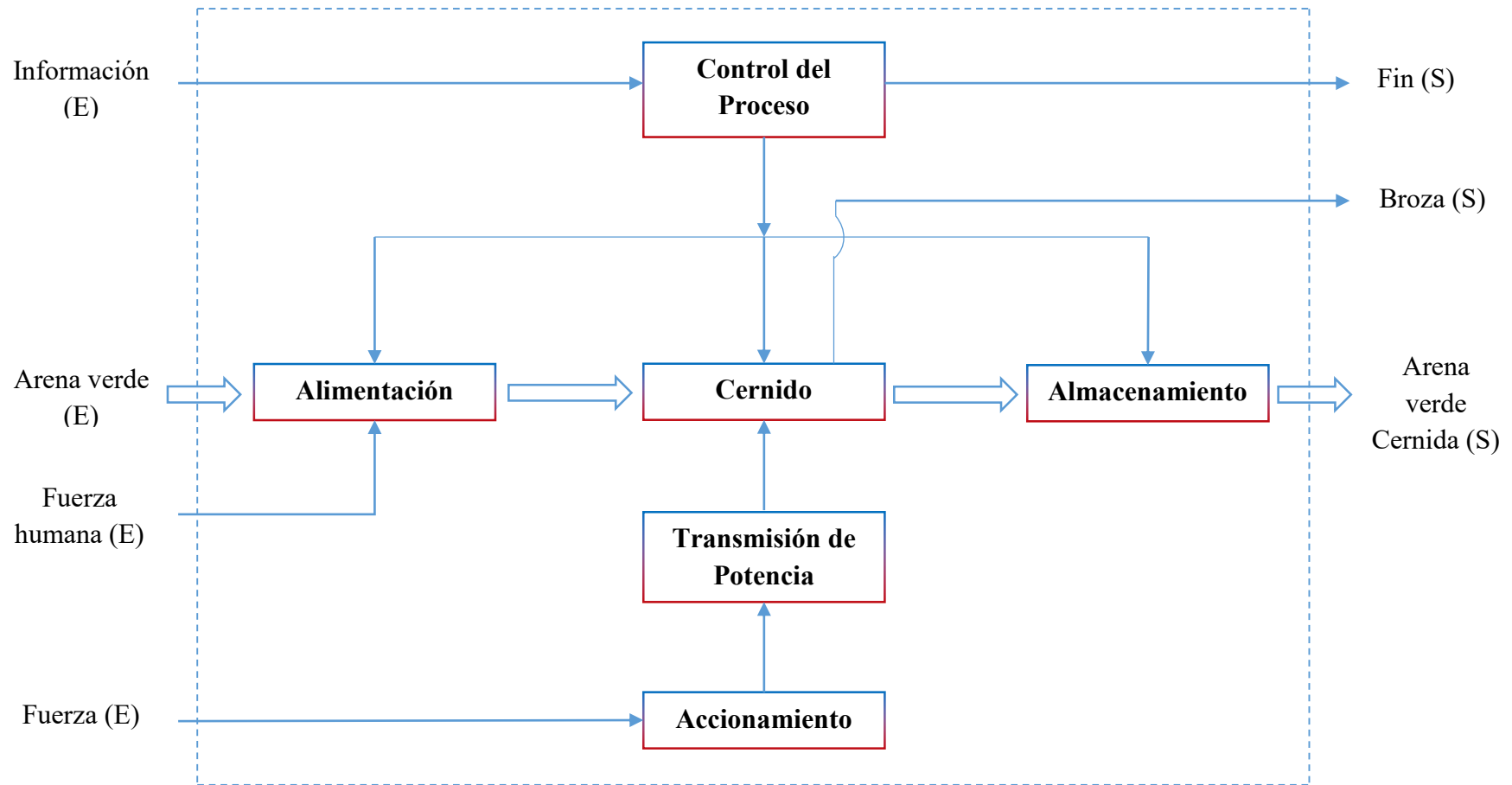


Figura 28 Funciones de la máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.1.3. Requisitos del diseño

Son declaraciones detalladas, en general cuantitativas de los valores esperados, las limitaciones de espacio y entre otros.

- La máquina diseñada debe tener una capacidad de abastecimiento de 400 kg/h.
- La alimentación de la materia prima será mediante fuerza humana, y estas caerán hacia la criba bajo efectos de la gravedad, una vez que se encuentre llena, o que el usuario así lo decida podrá encender la máquina.
- El accionamiento es realizado por un motor eléctrico, el cual no contamina al medio ambiente.
- La velocidad de funcionamiento del equipo debe ser adecuada, para que permita un cernido efectivo de la materia prima.
- La máquina contará con un interfaz simple al usuario siendo dos los botones principales: botón de inicio y paro de emergencia.
- La máquina diseñada estará ubicada en la zona del proceso de cernido, el cual cuenta con unas dimensiones máximas de 2,00 m x 1,50 m x 1,70 m para poder ser adecuado en los ambientes de trabajo.
- Fácil operación, montaje y mantenimiento.

#### 4.1.4. Criterios de evaluación

Son declaraciones de características cualitativas deseables en un diseño, que ayudan a que el diseñador decida qué opinión de diseño es la óptima. En esta investigación se consideró diez criterios de selección tales como:

##### 4.1.4.1. Operación

El equipo debe ser operado por cualquier persona de la fábrica, su funcionamiento es reflejar una forma continua en el proceso de cernido.

##### 4.1.4.2. Diseño

Se debe tomar en cuenta en cada solución la cantidad de partes que conforman la máquina cernidora.

#### **4.1.4.3. Confiabilidad**

Va dirigida con la eficiencia de la máquina, es decir que realice el trabajo del proceso de cernido perfectamente, además debe tener un excelente funcionamiento y seguridad de la persona que opera.

#### **4.1.4.4. Seguridad**

Hace referencia que la máquina debe presentar sus debidas protecciones y guardas respectivas para que el operador no sufra daño alguno.

#### **4.1.4.5. Ergonomía**

Se busca mitigar los esfuerzos físicos e incrementar el bienestar del operario aumentando la seguridad, salud y satisfacción, sin que esto lleve a problemas en su integridad.

#### **4.1.4.6. Fabricación**

Es una fabricación fácil, donde su ensamble no necesite de herramientas especiales ni mano de obra altamente calificada, y además que el remplazo de cualquier pieza mecánica sea rápida y económica.

#### **4.1.4.7. Montaje y desmontaje**

Se refiere a las uniones de cada uno de los elementos mecánicos, unos fijos y otros móviles cada uno con una determinada tarea que conforman la máquina, debe ser lo más simple, constituidas por muy pocas piezas y no ser muy complejo.

#### **4.1.4.8. Tamaño**

Se refiere al espacio físico que ocupará la máquina, debe estar diseñada de acuerdo a la estatura promedio de las personas que la van a utilizar siendo en el Perú la estatura promedio de 1,60 m a 1,70 m.

#### **4.1.4.9. Vida útil**

Diseñada para una vida útil aceptable que garantice al menos 5 años, con una frecuencia promedio de trabajo de 6 horas diarias.

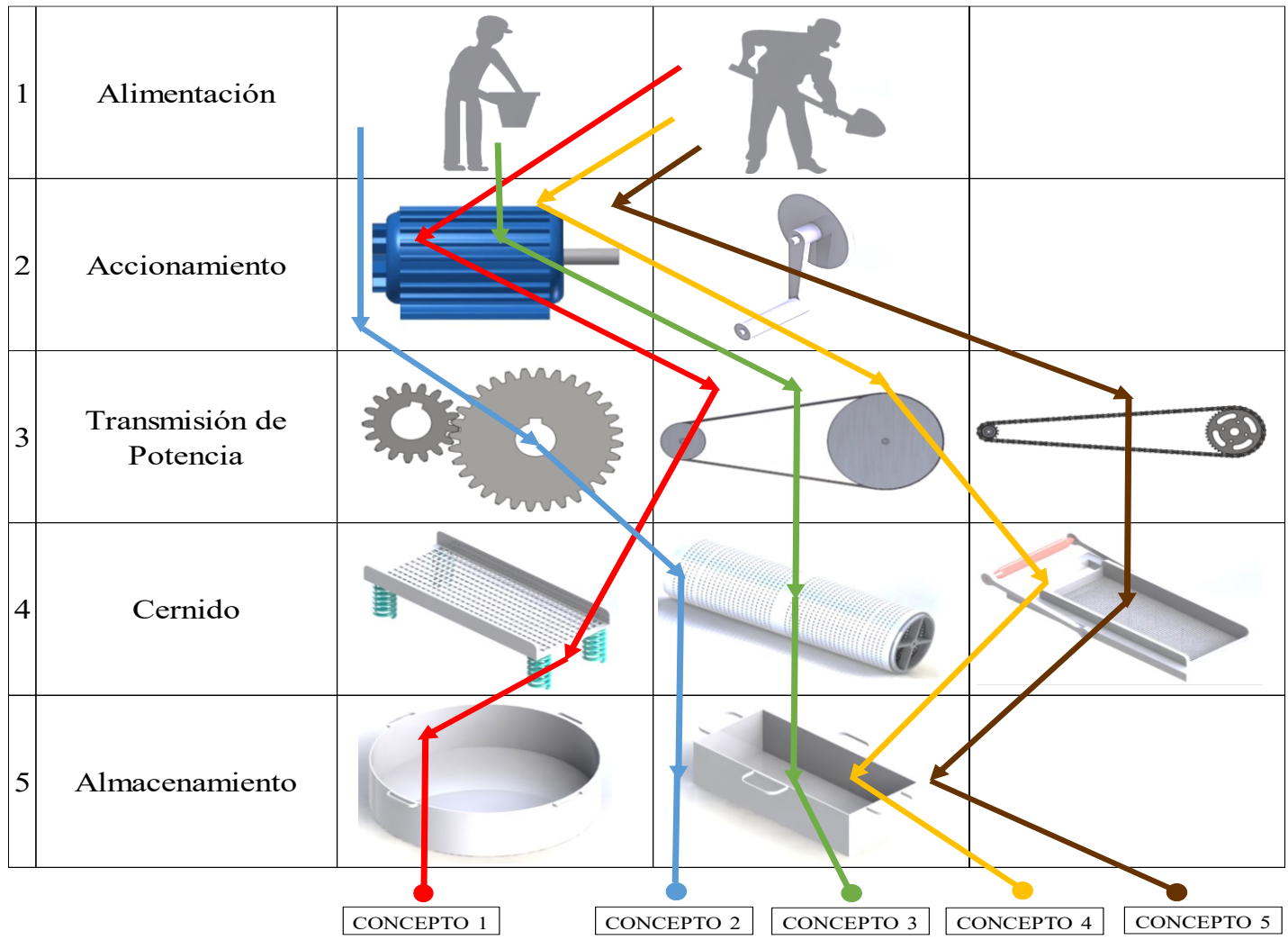
#### **4.1.4.10. Mantenimiento**

Se refiere a todas las operaciones que se realicen, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la máquina, ahorro económico, utilización de personal no especializado y sobre todo durabilidad.

#### **4.1.5. Matriz morfológica**

Para la presente investigación se presentará una de las formas discursivas para llegar a las soluciones con la ayuda de un esquema ordenado denominado “Matriz morfológica de Zwicky”. Por este método se desea construir un sistema de soluciones completo para el problema dado que están unidas por flechas del mismo tipo, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Matriz Morfológica Zwicky



Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.6. Conceptos de diseño**

Cada solución debe satisfacer las funciones y los requisitos del diseño. Se presentará una evaluación crítica obtenida de la matriz morfológica para cada uno de las cinco soluciones, y decidir qué solución de diseño es el óptima.

##### **4.1.6.1. Concepto de solución 1**

Para esta solución la arena verde es suministrada de forma manual mediante una palana, el cual es accionado mediante un motor eléctrico, que a su vez impulsa a un sistema de transmisión flexible (poleas y fajas). El proceso de cernido se realiza por un sistema de resortes, encargado de transmitir el movimiento vibratorio, esta fuerza es entregada hacia el bastidor donde se encuentran alojados la criba y la bandeja produciendo un movimiento de vibración unidireccional horizontal de la arena verde generando el proceso de cernido, y finalmente su almacenamiento es en un depósito cilindro.

##### **4.1.6.2. Concepto de solución 2**

Para esta solución la arena verde es suministrada de forma manual mediante un balde, el cual es accionado mediante un motor eléctrico, que a su vez impulsa a un sistema de transmisión de potencia mediante engranajes (reductor). El proceso de cernido se realiza mediante el movimiento de la criba cilíndrica inclinada que al rotar cierne la arena verde de forma continua, para que finalmente su almacenamiento sea en un depósito rectangular.

##### **4.1.6.3. Concepto de solución 3**

Para esta solución la arena verde es suministrada de forma manual mediante un balde, el cual es accionado mediante un motor eléctrico, que a su vez impulsa a un sistema de transmisión flexible (poleas y fajas). El proceso de cernido se realiza mediante el movimiento de la criba cilíndrica inclinada que al girar cierne la arena verde de forma continua, para que finalmente su almacenamiento sea en un depósito rectangular.

#### **4.1.6.4. Concepto de solución 4**

Para esta solución la arena verde es suministrada de forma manual mediante una palana, el cual es accionado mediante un motor eléctrico, que a su vez impulsa a un sistema de transmisión flexible (poleas y fajas). El proceso de cernido se realiza mediante un mecanismo biela-manivela, y este a su vez a una mesa que se desplaza horizontalmente en la que se encuentra la criba, produciéndose así el proceso de cernido que luego es desalojado en el depósito rectangular de arena verde cernida.

#### **4.1.6.5. Concepto de solución 5**

Para esta solución la arena verde es suministrada de forma manual mediante una palana, el cual es accionado mediante un motor eléctrico, que a su vez impulsa a un sistema de transmisión de potencia mediante cadenas. El proceso de cernido se realiza mediante un mecanismo biela-manivela, y este a su vez a una mesa que se desplaza horizontalmente en la que se encuentra la criba, produciéndose así el proceso de cernido que luego es desalojado en el depósito rectangular de arena verde cernida.

#### 4.1.7. Evaluación de conceptos de solución

##### 4.1.7.1. Valor técnico (xi)

Valor técnico (xi) =  $\Sigma g.p$  Solución 1/  $\Sigma g.p$  Solución ideal.

Tabla 10 Evaluación técnica del concepto de solución

DISEÑO MECÁNICO-EVALUACIÓN DE PROYECTOS													Área de Diseño	
Valor Técnico (xi)														
Proyecto: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CERNIDORA DE ARENA VERDE														
<p><b>p:</b> puntaje de 0 a 4</p> <p>0 = No satisface, 1= Casi Aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)</p> <p><b>g:</b> el peso ponderado está función de los criterios de evaluación</p>														
Criterios de evaluación para diseño en fase de conceptos ó proyectos														
Variantes de Proyectos			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5		Solución ideal	
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Operación	9	3	27	4	36	4	36	3	27	2	18	4	36
2	Diseño	8	2	16	4	32	3	24	3	24	2	16	4	32
3	Confiability	9	3	27	4	36	3	27	4	36	2	18	4	36
4	Seguridad	9	2	18	4	36	3	27	3	27	2	18	4	36
5	Ergonomía	7	2	14	4	28	4	28	3	21	3	21	4	28
6	Fabricación	7	3	21	3	21	2	14	3	21	2	14	4	28
7	Montaje y Desmontaje	8	2	16	3	24	3	24	3	24	2	16	4	32
8	Tamaño	9	3	27	4	36	3	27	3	27	3	27	4	36
9	Vida útil	9	2	18	4	36	4	36	3	27	3	27	4	36
10	Mantenimiento	8	2	16	4	32	4	32	3	24	2	16	4	32
Puntaje máx. $\Sigma p$ ó $\Sigma g.p$		83	24	200	38	317	33	275	31	258	23	191	40	332
Valor Técnico xi		-	0,60		0,95		0,83		0,78		0,58		-	
Orden de selección		-	4		1		2		3		5		-	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7.2. Valor económico (yi)

$$\text{Valor económico (yi)} = \frac{\sum g.p \text{ Solución } 1}{\sum g.p \text{ Solución ideal}}$$

Tabla 11 Evaluación económica del concepto de solución

DISEÑO MECÁNICO-EVALUACIÓN DE PROYECTOS													Área de Diseño	
Valor Económico (yi)														
Proyecto: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CERNIDORA DE ARENA VERDE														
<p><b>p:</b> puntaje de 0 a 4</p> <p>0 = No satisface, 1= Casi Aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)</p> <p><b>g:</b> el peso ponderado está función de los criterios de evaluación</p>														
Criterios de evaluación para diseño en fase de conceptos ó proyectos														
Variantes de Proyectos			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5		Solución ideal	
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Operación	8	2	16	3	24	3	24	2	16	2	16	4	32
2	Diseño	8	1	8	3	24	2	16	2	16	1	8	4	32
3	Confiabilidad	9	3	27	3	27	2	18	3	27	2	18	4	36
4	Seguridad	8	2	16	4	32	3	24	2	16	1	8	4	32
5	Ergonomía	8	1	8	3	24	3	24	2	16	2	16	4	32
6	Fabricación	8	2	16	3	24	2	16	2	16	2	16	4	32
7	Montaje y Desmontaje	9	1	9	2	18	3	27	2	18	2	18	4	36
8	Tamaño	9	2	18	3	27	2	18	2	18	2	18	4	36
9	Vida útil	9	2	18	4	36	2	18	2	18	1	9	4	36
10	Mantenimiento	8	1	8	2	16	3	24	2	16	1	8	4	32
Puntaje máx. $\sum p$ ó $\sum g.p$		84	17	144	30	252	25	209	21	177	16	135	40	336
Valor Económico yi		-	0,43		0,75		0,62		0,53		0,40		-	
Orden de selección		-	4		1		2		3		5		-	

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.1.8. Selección del concepto de solución óptimo

Una vez realizado la evaluación de las soluciones Tabla 10 y Tabla 11, se procede a la selección de la mejor alternativa Figura 29, obteniendo el mejor balance técnico-económico de la solución seleccionada como la más idónea y viable, es la alternativa N° 2 y comprende una alimentación de la arena verde mediante un balde, impulsado por un motorreductor a una la velocidad apropiada, un movimiento rotativo e inclinado del cernido y un almacenamiento en un depósito rectangular.

Tabla 12 Evaluación de conceptos de solución óptimo

	C.S.1	C.S.2	C.S.3	C.S.4	C.S.5	Solución Ideal
Valor Técnico $x_i$	0,60	0,95	0,83	0,78	0,58	1,00
Valor Económico $y_i$	0,43	0,75	0,62	0,53	0,40	1,00

Fuente: Elaboración Propia

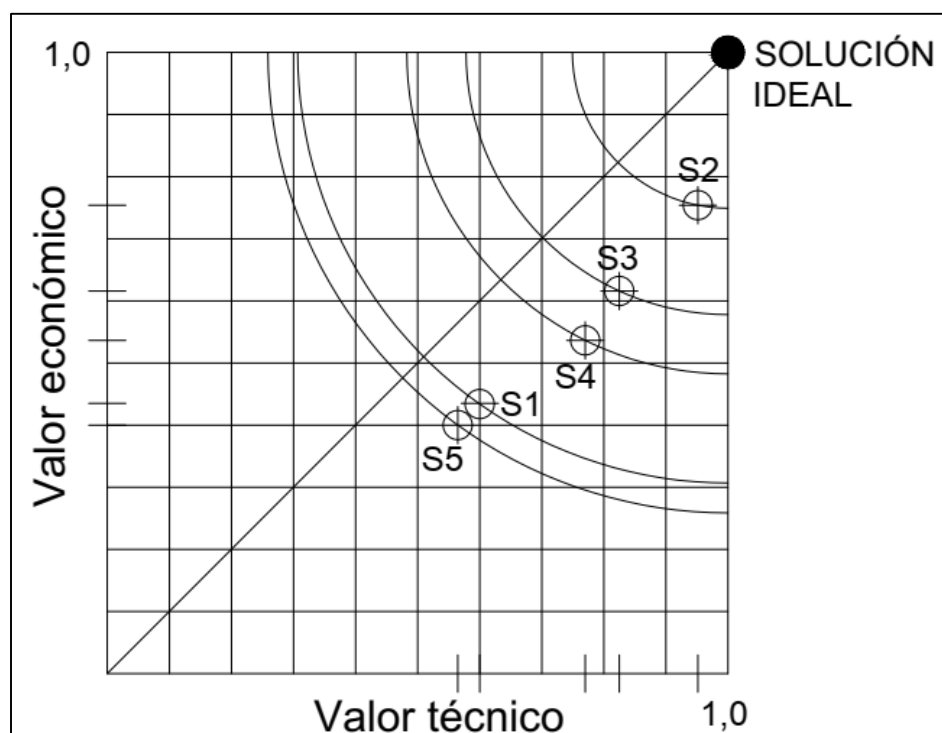


Figura 29 Evaluación final del concepto de solución óptimo

Fuente: Elaboración Propia

## V. RESULTADOS

En el presente capítulo se detalla, el dimensionamiento de los componentes que constituyen la máquina cernidora, de acuerdo a la alternativa seleccionada.

### 5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

#### 5.1.1. Medidas del balde

Se optó por un balde de 20 litros accesible en el mercado nacional, adicionalmente, se tomó las medidas respectivas, como se muestra en el Anexo\_B 1 Protocolo de pruebas.

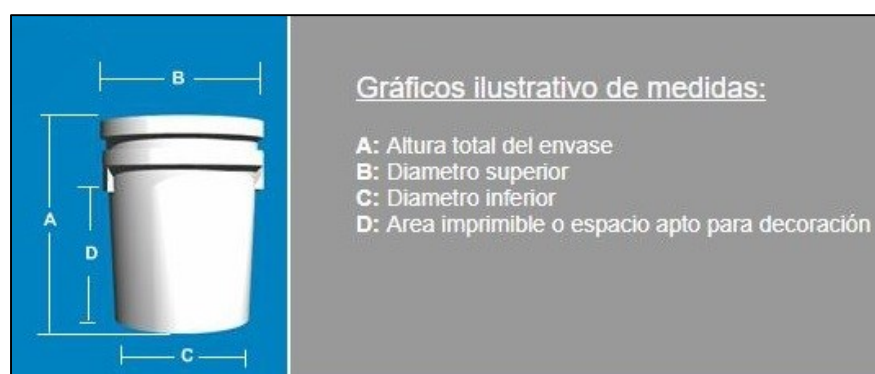


Figura 30 Nomenclatura de las medidas del balde

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 13, se muestra las medidas del balde las cuales son usadas en la industria para transportar elementos, líquidos, sólidos, entre otros.

Tabla 13 Medidas del balde

NOMENCLATURA	20 L
A (mm)	380
B (mm)	305
C (mm)	266
D (mm)	290

Fuente: CPP – Mediciones Propias

### 5.1.2. Volumen del balde

Mediante las medidas de la Tabla 13, se procede a calcular el volumen del balde.

En este caso el volumen de un cono truncado. [15]

$$V = \frac{\pi}{12} h(D^2 + Dd + d^2) \quad (1)$$

Donde:

V = Volumen [m<sup>3</sup>]

h = Altura total [m]

D = Diámetro mayor [m]

d = Diámetro menor [m]

Entonces, reemplazando en la Ec.( 1 ).

$$V = \frac{\pi}{12} * 0,380 \text{ m} * ((0,305 \text{ m})^2 + (0,305 \text{ m} * 0,266 \text{ m}) + (0,266 \text{ m})^2)$$

$$V = 0,02436 \text{ m}^3$$

### 5.1.3. Tiempo de abastecimiento de arena verde

Se utilizó un cronometro digital, la cual proporcionó tanto el tiempo muerto y el tiempo de recepción, mediante las pruebas realizadas continuamente. El balde se llenó con 5 palanas. Como se muestra en el Anexo\_B 1 Protocolo de pruebas.

Tabla 14 Abastecimiento de arena verde

	ABASTECIMIENTO DE ARENA VERDE									
	1° Prb.	2° Prb.	3° Prb.	4° Prb.	5° Prb.	6° Prb.	7° Prb.	8° Prb.	9° Prb.	10° Prb.
Tiempo Muerto [s]	13,41	12,79	12,42	13,52	13,97	14,21	14,81	17,46	15,33	16,03
Tiempo de Recepción [s]	9,37	9,25	10,14	9,89	9,06	10,03	9,92	10,36	11,18	10,85
Tiempo Total [s]	22,78	22,04	22,56	23,41	23,03	24,24	24,73	27,82	26,51	26,88

Fuente: Elaboración Propia

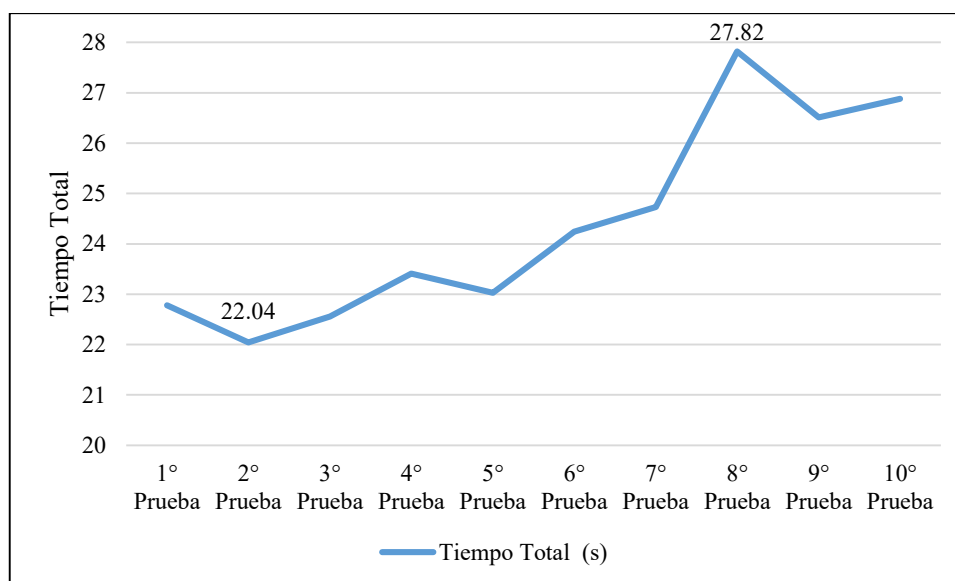


Figura 31 Tiempo total del abastecimiento de la arena verde

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 31, se aprecia el tiempo total para el abastecimiento de la arena verde donde se obtuvo lo siguiente: el tiempo mínimo es 22,04 s, el tiempo promedio es 24,40 s y el tiempo máximo es 27,82 s.

#### 5.1.4. Masa de arena verde

Se utilizó una balanza electrónica, la cual proporcionó tanto la masa en vacío del balde y la masa de relleno, mediante las pruebas realizadas continuamente. Como se muestra en el Anexo\_B 1 Protocolo de pruebas

Tabla 15 Masa de arena verde

	MASA DE ARENA VERDE									
	1° Prb.	2° Prb.	3° Prb.	4° Prb.	5° Prb.	6° Prb.	7° Prb.	8° Prb.	9° Prb.	10° Prb.
Masa Vacío [kg]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Masa de relleno [kg]	28,90	29,03	29,08	29,30	29,15	29,27	29,30	28,93	29,00	29,30
Masa Total [kg]	27,90	28,03	28,08	28,30	28,15	28,27	28,30	27,93	28,00	28,30

Fuente: Elaboración Propia

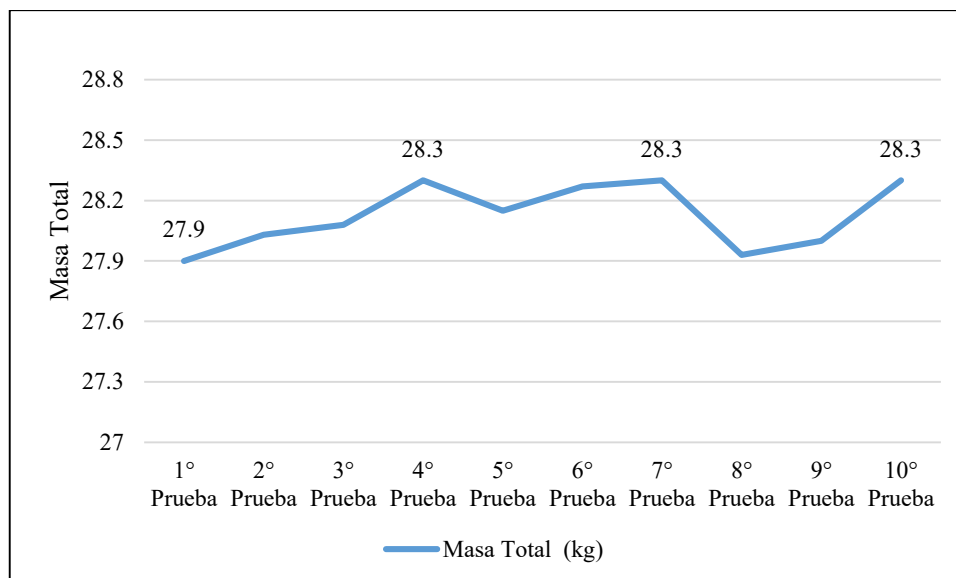


Figura 32 Masa total de la arena verde

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 32, se aprecia la masa total de la arena verde donde se obtuvo lo siguiente: la masa mínima es 27,90 kg, la masa promedio es 28,13 kg y la masa máxima es 28,30 kg.

#### 5.1.5. Densidad de la arena verde

Se establece la densidad de la arena verde mediante. [15]

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Donde:

$\rho$  = Densidad [kg/m<sup>3</sup>]

m = Masa [kg]

v = Volumen [m<sup>3</sup>]

Como se muestra en la Ec.( 2 ), la densidad está en función de la masa entre el volumen.

En la Tabla 16, se muestra la masa total obtenida en la Tabla 15 y el volumen calculado en la Ec.( 1 ). Reemplazando en la Ec.( 2 ) se obtiene la densidad de la arena verde.

Tabla 16 Densidad de la arena verde

	<b>DENSIDAD DE LA ARENA VERDE</b>									
	1° Prb.	2° Prb.	3° Prb.	4° Prb.	5° Prb.	6° Prb.	7° Prb.	8° Prb.	9° Prb.	10° Prb.
Masa Total [kg]	27,90	28,03	28,08	28,30	28,15	28,27	28,30	27,93	28,00	28,30
Volumen [m <sup>3</sup> ]	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1145,32	1150,66	1152,71	1161,74	1155,58	1160,51	1161,74	1146,55	1149,43	1161,74

Fuente: Elaboración Propia

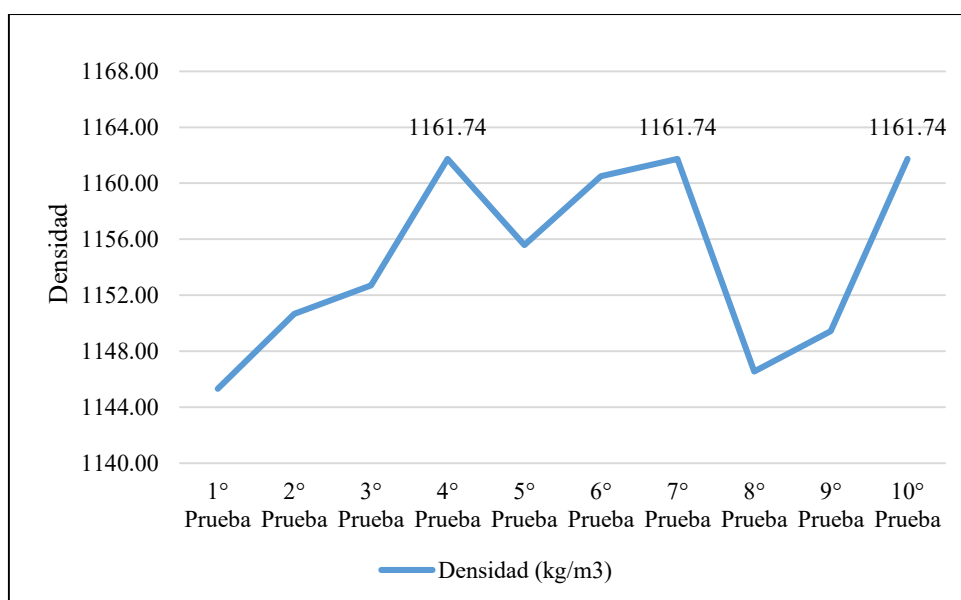


Figura 33 Densidad total de la arena verde

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 33, se aprecia la variación de la densidad de la arena verde, esto debido a que “la densidad es directamente proporcional a la masa, al aumentar la masa manteniendo constante el volumen la densidad aumenta”. la densidad mínima es 1 145,32 kg/m<sup>3</sup>, la densidad promedio es 1 154,60 kg/m<sup>3</sup> y la densidad máxima es 1 161,74 kg/m<sup>3</sup>.

En esta investigación, se tomó el dato con mayor incidencia para los cálculos respectivos. En la Figura 32 la masa de mayor incidencia es de 28,3 kg y en la Figura 33 la mayor densidad de la arena verde es de 1 161,74 kg/m<sup>3</sup>.

## 5.2. TAMICES ISO R-565 EMPLEADOS EN LA FUNDICIÓN

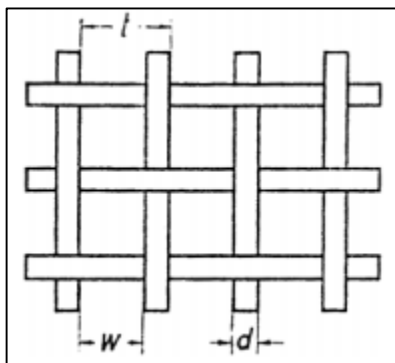


Figura 34 Características de los tamices ISO R-565

Fuente: José Expósito. Arenas de sílice: Materia prima básica en la industria de la fundición (Parte 6). Madrid 2013

Donde:

$W$  = Ancho de la abertura o luz de malla [mm]

$D$  = Diámetro del alambre [mm]

$t$  = Paso [mm]

$$t = W + D \quad (3)$$

El Índice de Finura, corresponde al número de aberturas o mallas por pulgada lineal, de un tamiz a través del cual pasaría la arena. [12]

Tabla 17 Valores numéricos de características de los tamices ISO R-565

<b>MALLAS / PULGADA</b>	<b>FINURA AFS (<math>x</math>)</b>	<b>TAMIZ mm <math>f(x)</math></b>
9	9	1,40
15	15	1,-
25	25	0,710
35	35	0,500
45	45	0,355
60	60	0,250
81	81	0,180
118	118	0,125
164	164	0,090
275	275	0,063

Fuente: José Expósito. Arenas de sílice: Materia prima básica en la industria de la fundición (Parte 6). Madrid 2013

Edición: Elaboración Propia

Número de aberturas o mallas por pulgada lineal: [12]

$$Finura\ AFS = \frac{25,40\ mm}{t} \quad (4)$$

Como se indicó anteriormente, sobre las arenas “Muy Finas” empleadas en fundiciones de aluminio. Indica un índice de finura AFS de 110 – 140.

Entonces, se realiza la interpolación con los datos de la Tabla 17, para indicar con exactitud el número del tamiz. Se emplea la Ec.( 5 ).

$$f(x) = f(x_1) + \left( \frac{f(x_2) - f(x_1)}{(x_2 - x_1)} \right) (x - x_1) \quad (5)$$

Tabla 18 Interpolación de los valores numéricos de características de los tamices R-565

<b>MALLAS / PULGADA</b>	<b>FINURA AFS (x)</b>	<b>TAMIZ mm f(x)</b>
81	81	0,18
110	110	0,14
118	118	0,13
140	140	0,11
164	164	0,09

Fuente: José Expósito. Arenas de sílice: Materia prima básica en la industria de la fundición (Parte 6). Madrid 2013

Edición: Elaboración Propia

En la Tabla 18, se puede apreciar que los valores interpolados que son de 110 y 140. El número de tamiz seleccionado es 0,14 mm luz de malla (W).

Entonces, el diámetro del alambre se calcula mediante las Ec.( 3 ) y ( 4 ).

$$110\ mallas/pulgada\ lineal = \frac{25,40\ mm}{0,14\ mm + D}$$

$$110 * (0,14\ mm + D) = 25,40\ mm$$

$$110 * 0,14\ mm + 110D = 25,40\ mm$$

$$15,4\ mm + 110D = 25,40\ mm$$

$$D = \frac{10\ mm}{110\ mallas/pulgada\ lineal}$$

$$D = 0,09\ mm$$



Los resultados obtenidos son: una luz de malla ( $W = 0,14$  mm), un diámetro de alambre de ( $D = 0,09$  mm) y un paso ( $t = 0,23$  mm).

Sin embargo, según el catálogo en el Anexo\_C 1 Catálogo de mallas inoxidable C304 colado – REPER METAL PERU SAC, con los resultados obtenidos. Se selecciona el inmediato superior.

Tabla 19 Malla de acero inoxidable

<b>MALLAS INOXIDABLES C304</b>				
Ancho 1,22 m				
CÓDIGO	NÚMERO	ABERTURA (W) [mm]	HILO (D) [mm]	PASO (T) [mm]
M1020100	100	0,15	0,10	0,25

Fuente: REPER METAL PERÚ SAC

Edición: Elaboración Propia

Mediante el Anexo\_C 1 sobre las mallas de acero inoxidable sirven como medio de selección en diferentes áreas. Obteniendo una selección eficaz, además es utilizada para separar o colar diversos tipos de productos y puede ser empleada en cualquier industria.

Se muestra la cotización de la malla en Anexo\_D 1 Malla inoxidable C304.

### 5.2.1. Peso de la malla

Mallas tejidas con alambre de acero inoxidable 304, utilizada en la industria minera, alimenticia, agraria, cementera, etc. Lo que permite cernir el tamaño de grano según lo requerido.

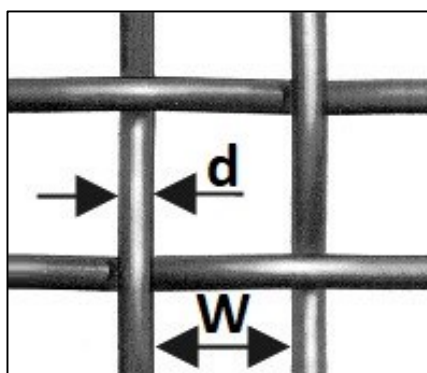


Figura 35 Nomenclatura de la malla

Fuente: Elaboración Propia

Según [16], el peso (G) para tejidos metálicos de acero inoxidable, es expresado  $\text{kg/m}^2$  y el paso (T) de la Ec.( 3 ).

$$G = 12,61 * \left( \frac{d^2}{T} \right) \quad (6)$$

$$G = 12,61 * \left( \frac{0.1 \text{ mm}^2}{(0.15 \text{ mm} + 0.1 \text{ mm})} \right)$$

$$G = 0,504 \text{ kg/m}^2$$

El peso calculado es equivalente al peso según catálogo Tabla 20.

Tabla 20 Peso de la malla

<b>MALLAS INOXIDABLES C304</b>		
<b>ABERTURA (W) [mm]</b>	<b>HILO (D) [mm]</b>	<b>PESO (G) [kg/m<sup>2</sup>]</b>
0,15	0,10	0,50

Fuente: REPER METAL PERÚ SAC

Edición: Elaboración Propia

### 5.2.2. Distribución del tamaño de granos o granulometría

Según [12], cuanto más fino sea el tamaño medio de grano (Índice de Finura AFS), mayor es la resistencia ofrecida por la arena, a los problemas de penetración y a la erosión, además de obtener un mejor acabado superficial de las piezas.

Debido a esto los granos menores a partir de 0,15 mm, no perturbará en el proceso de fundición de utensilios de aluminio. Esto indica, que en esta investigación no busca la separación de granos de diferentes tamaños.

### 5.3. CERNIDORA ROTATIVA

#### 5.3.1. Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de la máquina, se tiene en cuenta el ancho de la malla.

En la Tabla 19, la malla de acero inoxidable C304 – Ancho 1,22 m

Alrededor del diámetro del cernidor contiene dos mallas unidas, el cual estará sujeta mediante platinas de 1 1/2" x 1/8". Las mallas se traslapan para mejor agarre en el cernidor, como se muestra en la Figura 36.

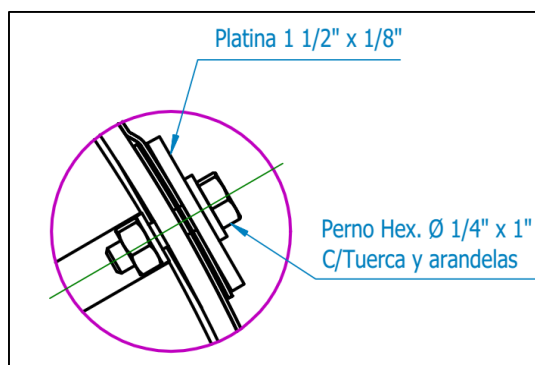


Figura 36 Configuración de la unión de las dos mallas

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 36, la unión ocupará 3,81 cm

$$\text{Ancho} = 122 \text{ cm} - 3,81 \text{ cm} = 114,38 \text{ cm} \quad (7)$$

Se obtiene la circunferencia de las dos mallas.

$$C = 2 * 114,38 \text{ cm} = 228,76 \text{ cm} \quad (8)$$

Pero como la unión de las dos mallas, es mediante dos platinas se obtiene la circunferencia total.

$$C_T = 228,76 \text{ cm} + 7,62 \text{ cm} = 236,38 \text{ cm} \quad (9)$$

Entonces, el diámetro del cernidor se calcula mediante Ec.( 10 ).

$$d = 2 * \left( \frac{C}{2\pi} \right) \quad (10)$$

$$d = 2 * \left( \frac{2,36 \text{ m}}{2\pi} \right) = 0,75 \text{ m}$$

Finalmente, se analizó en el Anexo\_C 2 Máquinas cernidoras existentes en el mercado - INDIAMART, los cuales tienen una longitud 1,2 m.

Por lo tanto, el diseño de la máquina cernidora tendrá las siguientes dimensiones establecidas.

$$\text{Diámetro} = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 1,2 \text{ m}$$

### 5.3.2. Ángulo de inclinación

Según [4], se emplea la siguiente ecuación.

$$D_{teórico} = \left[ \frac{11,36 * Q_t}{d_b * F * k_v * \sqrt{g} * \tan \alpha} \right]^{0,4} \quad (11)$$

Donde:

$D_{teórico}$  = Diámetro teórico de la cernidora [m]

$Q_t$  = Flujo másico de la máquina cernidora [kg/s]

$d_b$  = Densidad de la arena verde [kg/m<sup>3</sup>]

$\alpha$  = Inclinación de la cernidora.

$k_v$  = Factor de corrección de velocidad.

$F$  = Factor de relleno.

$g$  = Aceleración de gravedad [m/s<sup>2</sup>]

De la Ec.( 11 ), se despeja  $\alpha$  y se obtiene la inclinación de la cernidora.

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{11,36 * Q_t}{(D_{teórico})^{\frac{5}{2}} * (d_b * F * k_v * \sqrt{g})} \right) \quad (12)$$

El flujo másico de este diseño es de  $Q_t = 400 \text{ kg/h}$  es decir 0,11 kg/s, el diámetro del cernidor es  $D_{teórico} = 0,75 \text{ m}$  y la densidad de la arena verde, corresponde a  $d_b = 1\ 161,74 \text{ kg/m}^3$ .

El factor de velocidad  $k_v = 1,0$  debido a las pérdidas de velocidad en el cernidor. [4]

El factor de relleno F, es un parámetro no muy específico, debido a que, en investigaciones [17] y [4]. Plantean un factor de relleno diferente, como se muestra en Tabla 21, según [17] “de acuerdo a un análisis estadístico” y según [4] “de acuerdo al llenado que se le hace en el área de lombricultura”.

Tabla 21 Comparaciones de investigaciones del factor de relleno

<b>DISEÑO DE UNA MÁQUINA CRIBADORA PARA TIERRA DE LOMBRICOMPOSTA</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>FUENTE [17]</b>	<b>FUENTE [4]</b>
Flujo másico (Qt)	0,8639 kg/s	0,74688 kg/s
Diámetro teórico (Dteórico)	0,7 m	0,65 m
Densidad de la materia prima (db)	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>
Factor de corrección de velocidad (kv)	1	1
Gravedad (g)	9,81 m/s <sup>2</sup>	9,81 m/s <sup>2</sup>
Inclinación de la cernidora ( $\alpha$ )	6°	5°
Factor de relleno (F)	8%	10%

Edición: Elaboración Propia

Esto indica que no existe un concepto específico para determinar un factor de relleno adecuado. Entonces, en esta investigación se buscó la mejor disposición mediante iteraciones desde 1% hasta el 10% utilizando el software Microsoft Office (Excel). Reemplazando en la Ec.( 12 ), se obtiene los resultado Tabla 22.

Tabla 22 Iteraciones del factor de relleno para calcular el ángulo de inclinación de la cernidora

(Qt) kg/s	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$
0,03	1,02	0,51	0,34	0,25	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10
0,06	2,04	1,02	0,68	0,51	0,41	0,34	0,29	0,25	0,23	0,20
0,08	3,06	1,53	1,02	0,76	0,61	0,51	0,44	0,38	0,34	0,31
0,11	4,07	2,04	1,36	1,02	0,82	0,68	0,58	0,51	0,45	0,41
0,14	5,09	2,55	1,70	1,27	1,02	0,85	0,73	0,64	0,57	0,51
0,17	6,10	3,06	2,04	1,53	1,22	1,02	0,87	0,76	0,68	0,61
0,19	7,10	3,57	2,38	1,78	1,43	1,19	1,02	0,89	0,79	0,71
0,22	8,11	4,07	2,72	2,04	1,63	1,36	1,17	1,02	0,91	0,82
0,25	9,10	4,58	3,06	2,29	1,84	1,53	1,31	1,15	1,02	0,92
0,28	10,09	5,09	3,40	2,55	2,04	1,70	1,46	1,27	1,13	1,02

Fuente: Elaboración Propia

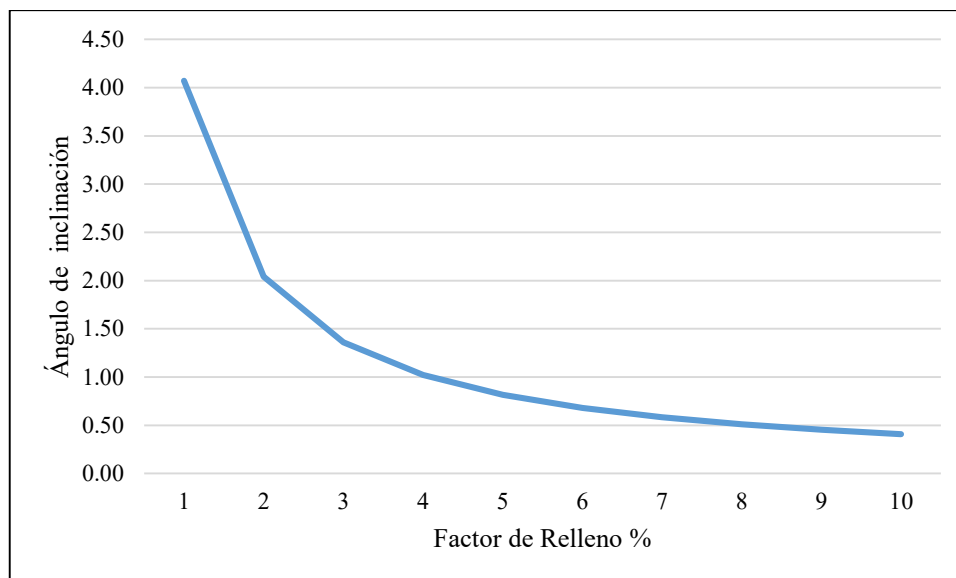


Figura 37 Ángulos de inclinación para un flujo másico de 0,11 kg/s con respecto al factor de relleno

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 37, se aprecia que mientras el factor de relleno aumenta, el ángulo de inclinación disminuye, esto es debido primordialmente al flujo másico que es de  $Q_t = 0,11 \text{ kg/s}$ , con respecto a los flujos másicos de la Tabla 21 existe una variación 75% (+). Por otra parte, la densidad de la arena verde es de  $d_b = 1\ 161,74 \text{ kg/m}^3$  en comparación con la densidad de la lombricomposta existe una diferencia de  $252,74 \text{ kg/m}^3$ . Estos factores influyen de manera crítica en el ángulo de inclinación.

Según [4], la cernidora de tambor o también llamado trommel, consiste en un tambor horizontal o ligeramente inclinado de 4 a 7 grados compuesto por una armadura a la cual está sujeta una superficie de tamizado.

Entonces, según lo especificado el ángulo de inclinación para la máquina cernidora rotativa es de  $4,1^\circ$  con un factor de relleno de  $F = 1\%$ , como se muestra en la Tabla 22.

### 5.3.3. Velocidad de rotación

Es la velocidad a la que las fuerzas de gravedad y fuerza centrífuga de las partículas se equilibran.

La velocidad de rotación de la máquina está en función de la velocidad crítica y aquella depende del radio de la cernidora, ésta es la velocidad en la que los materiales se centrifugan o se pegan a la superficie de la cernidora.

Para determinar esta velocidad crítica, se emplea la Ec.( 13 ). [15]

$$n_c = \frac{1}{2 * \pi} \sqrt{\frac{g}{r}} \quad (13)$$

Donde

$n_c$  = Velocidad crítica [rev/s]

$g$  = Aceleración de gravedad [ $m/s^2$ ]

$r$  = Radio de la cernidora [m]

El  $D_{teórico} = 0,75$  m es decir  $r = 0.375$  m. Reemplazando en la Ec.( 13 ).

$$n_c = \frac{1}{2 * \pi} \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{0,375 \text{ m}}}$$

$$n_c = 0,814 \frac{rev}{s} \approx 48,84 \text{ rpm}$$

Una vez calculado la velocidad crítica, se calcula la velocidad óptima es decir la velocidad con la que será eficientemente mejor la producción del cernido.

Se basa en cuando los materiales se voltean con movimiento catarata, se produce parcialmente por la pared interior de la cernidora y después caen sobre sí mismo, como se muestra en la Figura 38. [4]

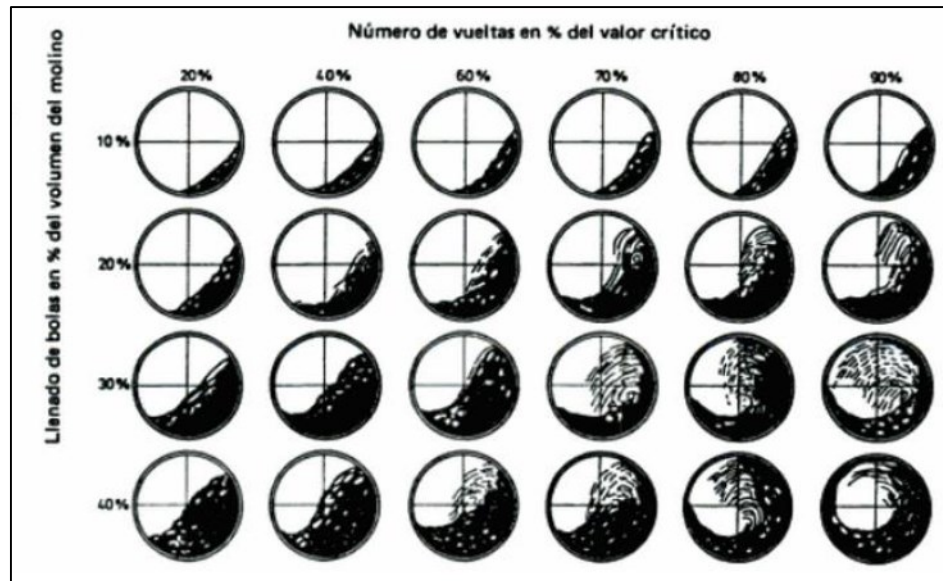


Figura 38 Movimiento de la materia prima dentro de un cernidor rotativo

Fuente: Leandro Álvarez Velasco. Diseño conceptual de un cilindro cribador para lombricomposta. México 2013

Para un cernidor con elevadoras como este caso, la velocidad de rotación debería ser el 50% de la velocidad crítica ya que se requiere un cribado eficiente. Se aplica la siguiente Ec.( 14 ). [4] [15]

$$\omega_{op} = 0,5 * n_c \quad (14)$$

$$\omega_{op} = 0,5 * 48,84 \text{ rpm}$$

$$\omega_{op} = 24,42 \text{ rpm}$$

#### 5.3.4. Tiempo de cernido

Para determinar el tiempo en que tarda la arena verde en atravesar la cernidora.

Se considera las dimensiones de la cernidora a diseñar y el flujo másico. [4]

$$t^2 = \frac{L * d_b * \pi * r^2}{Q_t * g * \sin \alpha} \quad (15)$$

Donde:

t = Tiempo que tarda la arena verde en atravesar la cernidora [s]

L = Longitud de la cernidora [m]

$\alpha$  = Inclinación de la cernidora.



La longitud de la cernidora es de  $L = 1,2 \text{ m}$ , la densidad es  $d_b = 1\,161,74 \text{ kg/m}^3$ , el radio es de  $r = 0,375 \text{ m}$ , el flujo másico es de  $Q_t = 0,11 \text{ kg/s}$  y el ángulo de inclinación de la cernidora corresponde a  $\alpha = 4,1^\circ$ .

Reemplazando en la Ec.( 15 ).

$$t = \sqrt{\frac{1,2 \text{ m} * 1\,161,74 \text{ kg/m}^3 * \pi * (0,375 \text{ m})^2}{0,11 \text{ kg/s} * 9,81 \text{ m/s}^2 * \sin 4,1^\circ}}$$

$$t = 88,60 \text{ s}$$

### 5.3.5. Centro de gravedad

Según [4], el centroide es la ubicación del centro geométrico del cuerpo. Pero el centroide de un sistema es un punto en el que se puede considerar que un sistema de fuerzas distribuidas está concentrado, con el mismo efecto exactamente.

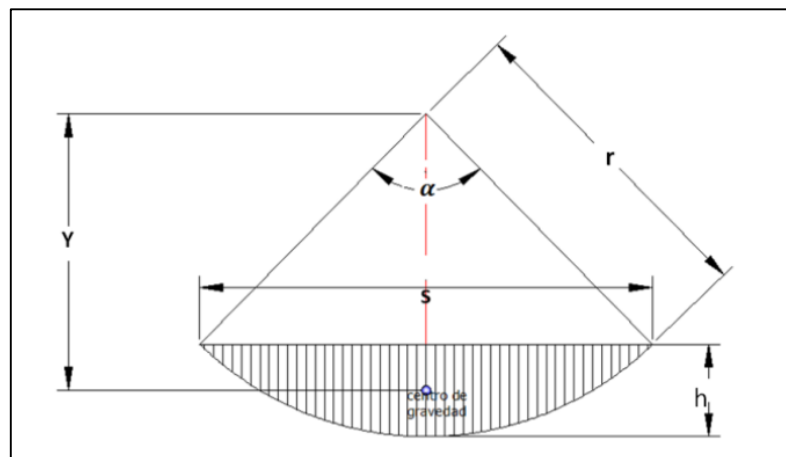


Figura 39 Centro de gravedad y área de materia prima ocupada en el cernidor

Fuente: Leandro Álvarez Velasco. Diseño conceptual de un cilindro cribador para lombricomposta. México 2013

Donde:

$Y$  = Centroide [m]

$\alpha$  = Ángulo del contenido de arena verde.

$S$  = Distancia de punto a punto [m]

$r$  = Radio de la cernidora [m]

$h$  = Altura del centro de gravedad [m]

En esta investigación en lugar de un sistema de fuerzas distribuidas, se tiene una masa distribuida. En la Figura 39, el centro de masa se refiere al punto en el que se concentra la masa, de tal modo que se obtenga el mismo efecto.

El volumen contenido en la cernidora. [15]

$$V_c = A_r * L \quad (16)$$

Donde:

$V_c$  = Volumen [ $m^3$ ]

$A_r$  = Área de relleno [ $m^2$ ]

$L$  = Longitud de la cernidora [m]

Debido a que el  $V_c$  es conocido mediante la Ec.( 1 )  $V_c = 0,02436 m^3$  y la longitud de la cernidora es de  $L = 1,2 m$ .

Mediante la Ec.( 16 ) se despeja área de relleno.

$$A_r = \frac{V_c}{L} \quad (17)$$

$$A_r = \frac{0,02436 m^3}{1,2 m}$$

$$A_r = 0,02034 m^2$$

Para determinar el ángulo del contenido  $\alpha$ , se emplea Ec.( 18 ) el área de relleno de arena verde. [15]

$$A_r = \frac{h}{6S} (3h^2 + 4S^2) = \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \alpha - \sin \alpha \right) \quad (18)$$

Como  $A_r$  es un valor conocido mediante la Ec.( 17 ) y el radio de la cernidora es de  $r = 0,375 m$ .

Mediante la Ec.( 18 ) se calcula el ángulo del contenido de arena verde.

$$\alpha = 70,63^\circ \quad (19)$$

Para determinar la altura del centro de gravedad  $h$ , se emplea la Ec.( 20 ) ángulo del contenido de arena verde. [15]

$$\alpha = 2 \cos^{-1} \frac{r - h}{r} \quad (20)$$

Pero como anteriormente se calculó el ángulo del contenido en la Ec.( 19 ) y el radio de la cernidora es de  $r = 0,375$  m.

Mediante la Ec.( 20 ) se despeja la altura del centro de gravedad.

$$h = r \left( 1 - \cos \left( \frac{1}{2} * \alpha \right) \right) \quad (21)$$

$$h = 0,375 \text{ m} \left( 1 - \cos \left( \frac{1}{2} * 70,62^\circ \right) \right)$$

$$h = 0,069 \text{ m} \approx 0,07 \text{ m}$$

La distancia de punto a punto ( $S$ ), está dada por el radio de la cernidora  $r = 0,375$ m y la altura del centro de gravedad calculado en la Ec.( 21 ). [15]

$$S^2 = \left( r - \frac{h}{2} \right) 8h \quad (22)$$

$$S = \sqrt{\left( 0,375 - \frac{0,07}{2} \right) 8 * 0,07}$$

$$S = 0,44 \text{ m}$$

En la Figura 39 muestra las literales para calcular centroide ( $y$ ), donde la distancia de punto a punto está dada de la Ec.( 22 ) y el área de relleno Ec.( 17 ) [15]

$$y = \frac{S^3}{12 * A_r} \quad (23)$$

$$y = \frac{(0,44 \text{ m})^3}{12 * 0,02034 \text{ m}^2}$$

$$y = 0,34 \text{ m}$$

### 5.3.6. Potencia necesaria para mover la arena verde

La potencia necesaria para mover la arena verde depositada en la máquina ejerce una expresión que relaciona el momento necesario para vencer la inercia de los residuos y la velocidad angular de máquina. [15]

$$P = T * \omega \quad (24)$$

Donde:

T = Torque [N.m]

$\omega$  = Velocidad angular [rad/s]

La fuerza que necesita se expresa mediante la Ec.( 25 ).

$$F = m * g \quad (25)$$

La masa se obtiene mediante la Figura 32, donde  $m = 28,3$  kg.

$$F = 28,3 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 277,623 \text{ N}$$

El torque está dado por la Ec.( 26 ). [15]

$$T = F * y \quad (26)$$

Donde la fuerza es determinada en la Ec.( 25 ) y el centro de gravedad en la Ec.( 23 ), reemplazando dichos valores.

$$T = 277,623 \text{ N} * 0,34 \text{ m}$$

$$T = 94,39 \text{ Nm}$$

Reemplazando en la Ec.( 24 ), donde la velocidad angular es la velocidad óptima de la Ec.( 14 )  $\omega = 24,42 \text{ rpm} \approx 2,557 \text{ rad/s}$  y el torque de la Ec.( 26 ).

$$P_{del \text{ mov.}} = 94,39 \text{ Nm} * 2,557 \text{ rad/s}$$

$$P_{del \text{ mov.}} = 241,36 \text{ W} \approx 0,324 \text{ hp}$$

### 5.3.7. Potencia necesaria para el movimiento de la cernidora vacía

Esta potencia se calcula con la fuerza normal y tangencial.

$$\sum f = m * a \quad (27)$$

$$\sum f = m \frac{v^2}{r}$$

$$f_t = m * \alpha * r$$

Donde:

$f_t$  = Fuerza tangencial [N]

$m$  = Masa de componentes de la cernidora [kg]

$\alpha$  = Ángulo [rad]

$r$  = Radio [m]

En la Tabla 23, presenta los componentes que constituyen la cernidora y la masa total que es  $m = 47,65$  kg.

Tabla 23 Masa total de los componentes de la cernidora

DESCRIPCIÓN	CANT.	MASA UNT. (kg)	MASA TOTAL (kg)
Platina 1 1/2" x 1/4" ASTM-A36	5	4,1	20,5
Platina 1 1/2" x 3/16" ASTM-A36	24	0,3	7,2
Platina 1 1/2" x 1/8" ASTM-A36	6	1,0	6,0
Barra Ø1/2" ASTM-A36	12	0,3	3,6
Barra Ø3" ASTM-A36	2	1,2	2,4
Malla 0,15 mm x 0,10 mm x 1,22 m	1	0,5	0,5
Perno Hex. Ø 1/4" x 1" c/tuerca y arandela plana	72	0,1	7,2
Perno prisionero Ø 3/8" x 3/4"	4	0,07	0,28
<b>TOTAL</b>	-	-	47,65

Fuente: Elaboración Propia

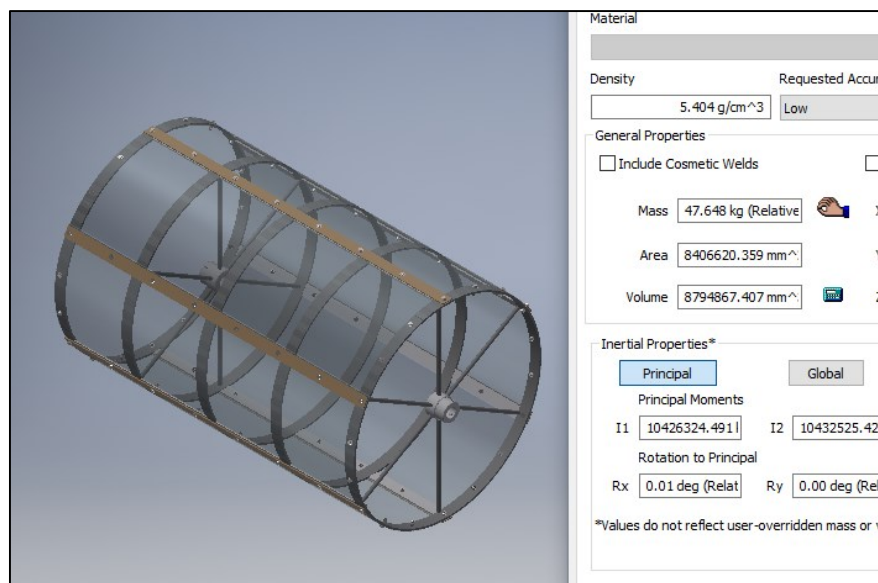


Figura 40 Masa total de los componentes de la cernidora

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 40, se aprecia los componentes de la Tabla 23 y la masa total de la cernidora  $m = 47,648$  kg corroborando mediante el software.

El ángulo se determina mediante la Ec.( 28 ).

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (28)$$

Donde:

$\omega$  = Velocidad óptima [rad/s]

t = Tiempo en alcanzar la velocidad óptima [s]

La velocidad óptima de la Ec.( 14 ) es  $\omega = 24,42$  rpm  $\approx 2,557$  rad/s y el tiempo en alcanzar la velocidad óptima es de 2 s.

Reemplazando los valores en la Ec.( 28 ), se obtiene.

$$\alpha = \frac{2,557 \text{ rad/s}}{2 \text{ s}}$$

$$\alpha = 1,28 \text{ rad}$$

Reemplazando en la Ec.( 27 ), donde la masa de componentes de la cernidora es  $m = 47,65 \text{ kg}$ , el ángulo de la Ec.( 28 ) y el radio de la cernidora es  $r = 0,375 \text{ m}$ .

$$f_t = 47,65 \text{ kg} * 1,28 \text{ rad} * 0,375 \text{ m}$$

$$f_t = 22,87 \text{ N}$$

Entonces, el torque se calcula mediante.

$$T = f_t * r \quad (29)$$

$$T = 22,78 \text{ N} * 0,375 \text{ m}$$

$$T = 8,58 \text{ Nm}$$

Reemplazando en la Ec.( 24 ), donde la velocidad angular es la velocidad óptima de la Ec.( 14 )  $\omega = 24,42 \text{ rpm} \approx 2,557 \text{ rad/s}$  y el torque de la Ec.( 29 ).

$$P_{\text{cernidora vacía}} = 8,58 \text{ Nm} * 2,557 \text{ rad/s}$$

$$P_{\text{cernidora vacía}} = 21,93 \text{ W} \approx 0,029 \text{ hp}$$

#### 5.3.8. Potencia total de la máquina cernidora

Se obtiene a partir de la suma de potencia necesaria para mover la arena verde dentro del cernidor y la potencia para vencer la inercia del cuerpo de la cernidora.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{del mov.}} + P_{\text{cernidora vacía}} \quad (30)$$

$$P_{\text{total}} = 241,36 \text{ W} + 21,93 \text{ W}$$

$$P_{\text{total}} = 263,29 \text{ W} \approx 0,35 \text{ hp}$$

Finalmente, la potencia total requerida para la máquina cernidora es de 0,35 hp, pero la potencia estándar según SEW-EURODRIVE [18] en su rubro de los motores es a partir de 0,5 hp  $\approx 0,37 \text{ kW}$ .

## 5.4. MOTORREDUCTOR

Según [18], los motorreductores de engranajes cilíndricos, de grupo cónico, de ejes paralelos, de tornillo sin fin y SPIROPLAN® conforman una gama. En el campo de aplicación ocupan menor espacio, mantenimiento y brindan mayor rendimiento.

En la Tabla 25, se aprecia la comparación de los motorreductores y a su vez la disposición de montaje en cada gráfica.

En esta investigación, la disposición apropiada es la SERIE R..DR... de engranes cilíndricos y con una aplicación semejante a una mesa giratoria. Anexo\_C 3 Estructura general del reductor de engrane cilíndrico

Los motores de la serie DR.. cumplen con los estándares internacionales más importantes y con las diversas exigencias de los reglamentos de ahorro energético, y se combina en su variedad con un reductor de engranaje cilíndrico, de ejes paralelos, etc. Naturalmente, todos estos tipos de reductores ya existen combinados de forma estándar como motorreductores. [18]

Como se sabe la potencia total de la máquina cernidora es de 0,35 hp  $\approx$  0,26 kW. En la Tabla 24, presenta el motor de serie DRS del sistema modular de motores DR es un motor que cumple el estándar de grado de rendimiento. Los motores se clasifican como IE1 de conformidad con la IEC 60034 T30 “máquinas eléctricas rotativas”. [18]






Tabla 24 Datos técnicos del motor serie DRS

<b>DATOS TÉCNICOS, SERIE DRS</b>	
Tamaños	71 hasta 225, 315
Potencia para 4 polos	0,37 hasta 55, 110 hasta 200 kW
Frecuencias	50 y 60 Hz
Logo de eficiencia	Internacional IE1 - IEC 60034 T30

Fuente: SEW-EURODRIVE



Tabla 25 Comparación de los motorreductores SEW-EURODRIVE

MOTORREDUCTORES	ENGR. CÍLINDRICOS	EJES PARALELOS	CÓNICO	TORNILLO SIN FIN	SPIROPLAN®
					
	SERIE R..DR...	SERIE F.. DR...	SERIE K..DR...	SERIE S..DR...	SERIE W..DR...
DEFINICIÓN	Están disponibles en versiones de una etapa RX y versiones de dos y tres etapas R, por lo que siempre proporcionan una excelente relación entre potencia y espacio. Además, proporciona una alta densidad de potencia y larga vida útil.	Están disponibles en dos y tres etapas, por lo que proporciona una solución óptima para los espacios reducidos. Además, proporciona una alta densidad de potencia y grandes cargas radiales admisibles.	Están disponibles en tres etapas, por lo que proporcionan un rendimiento elevado, superior al 96%, en ambas direcciones de par y en todas las velocidades de entrada. Además, proporciona una alta densidad de potencia, sin desgaste y larga vida útil sin necesidad de mantenimiento.	Son combinaciones de engranajes cilíndricos y tornillo sin fin, por lo que presentan un rendimiento mucho mejor que los reductores de sólo tornillo sin fin. Además, proporciona un funcionamiento especialmente silencioso, excelente rentabilidad y elevadas cargas admisibles.	Son de ejes perpendiculares robustos y con engranaje SPIROPLAN®, que permite relaciones de engranaje especiales, y la carcasa de aluminio. Además, proporciona un funcionamiento silencioso, excelente rentabilidad y lubricación permanente.
ÁREAS DE APLICACIÓN	<b>Serie RX (una etapa)</b> - Transportadores de rodillos - Cintas transportadoras - Transportadores de cadenas <b>Serie R (dos y tres etapas)</b> - Mesas giratorias - Bombas y ventiladores - Transportadores de rodillos - Cintas transportadoras - Transportadores de cadenas	- Aplicaciones del área de la tecnología de manipulación de materiales - Transportadores de cadenas - Prensas - Extrusionadoras - Transportadores de tornillo sin fin - Grúas de puente	- Transportadores de palets - Cintas transportadoras - Transportadores de cadenas - Elevadores y estaciones elevadoras - Elevadores pantógrafos - Montacargas - Accionamientos de traslación y elevación de sistemas transelevadores	- Accionamientos para teatros - Servoaccionamientos - Prensas - Mesas giratorias	- Cintas transportadoras de poca envergadura y marcha rápida en logística interna - Transportadores de rodillos - Cintas transportadoras - Transportadores de virutas

Fuente: SEW-EURODRIVE

Edición: Elaboración Propia

#### 5.4.1. Selección de motorreductor

Se solicita una cotización a SEW- EURODRIVE con las siguientes características:

Potencia: 0,37 kW

RPM (salida): 24,42 rpm (referencial).

Aplicación: Cernidor rotativo

Anexo\_D 2 Cotización del Motorreductor\_R47 DRS71S4.

Número de Serie	41.0290594301.0001.18
Descripción de catálogo	R47 DRS71S4
Potencia motor [kW]	0,370
Vel. salida calculada [rpm]	25
Par de salida [Nm]	142
Factor de servicio SEW FB	2,10
Índice reducción total [i]	68,54
Posición de montaje / IM	M1
Eje de salida	30x60 mm
Eje de salida	10 mm Extremo Piñón Eje
Brida de Reductor	FG130 D160
Tipo de servicio S1-S10	S1
Tensión del motor [V]	220/440
Corriente nominal [A]	0,96
Frecuencia del motor [Hz]	60,0
Tipo de conexión	Doble triángulo / Triángulo
Tipo de protección [IP]	55

La posición de montaje M1 se muestra en el Anexo\_C 4 y las medidas en el Anexo\_C 5.

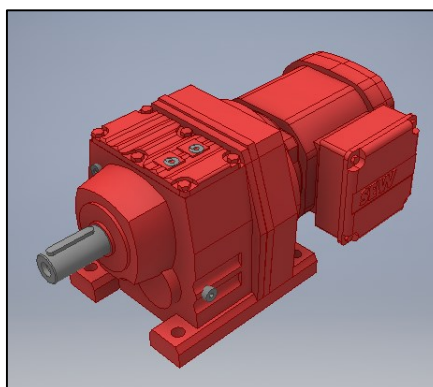


Figura 41 Motorreductor\_R47 DRS124 – CAD

Fuente: Drivegate

## 5.5. EJE DE TRANSMISIÓN

### 5.5.1. Esfuerzo cortante y momento flector

Para el diseño del eje de transmisión se propuso la configuración general y las dimensiones, como se muestra en la Figura 42.

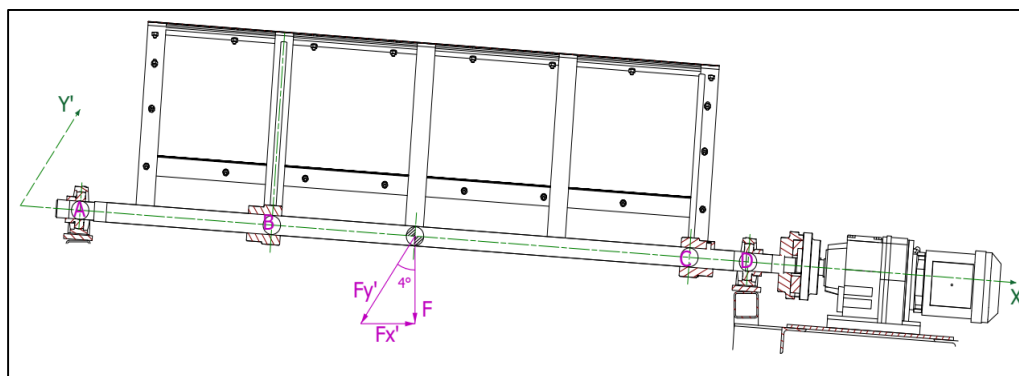


Figura 42 Configuración general de la máquina cernidora

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la componente  $F$ , se emplea la Ec.( 31 ) la masa total.

$$m_{total} = m_{de\ la\ aren.} + m_{compon\ del\ cernid.} \quad (31)$$

La masa de la arena verde es 28,3 kg Figura 32 y la masa de los componentes del cernidor es 47,65kg Figura 40. Reemplazando en la Ec.( 31 ).

$$m_{total} = 28,3\ kg + 47,65\ kg$$

$$m_{total} = 75,95\ kg$$

La componente  $F$  está dada por la Ec.( 32 ).

$$F = m_{total} * g \quad (32)$$

$$F = 75,95\ kg * 9,81\ m/s^2$$

$$F = 745,05\ N$$

En la Figura 42, se aprecia la componente  $Fy'$ .

$$Fy' = F * \cos \alpha \quad (33)$$

Donde

$F$  = Fuerza Total [N]

$\alpha$  = Inclinación de la cernidora.

La fuerza total está dada por la Ec.( 32 ) y el ángulo de inclinación de la cernidora está dada por la Figura 37 es  $4,1^\circ$ .

$$Fy' = 745,05 \text{ N} * \cos 4,1^\circ$$

$$Fy' = 743,24 \text{ N}$$

La componente  $Fx'$  aplica la Ec.( 34 ).

$$Fx' = F * \sin \alpha \quad (34)$$

$$Fx' = 745,05 \text{ N} * \sin 4,1^\circ$$

$$Fx' = 51,97 \text{ N}$$

La distribución de las fuerzas se da en la bocina de unión entre la cernidora y el eje, como se muestra en la Figura 43.

$$FB \approx FC = \frac{Fy'}{2} \quad (35)$$

$$FB \approx FC = \frac{743,24 \text{ N}}{2}$$

$$FB \approx FC = 371,62 \text{ N}$$

El momento de giro del eje es  $M = 142,00 \text{ Nm}$  y las reacciones de cada chumacera son RA y RD.

Para el cálculo del eje no se considera la  $Fx'$  de la Ec.( 34 ). Debido a que, su valor es relativamente bajo (además el MD-Solid no considera cargas axiales), sin embargo, en el cálculo de chumaceras si se considera en RD (por la inclinación de la cernidora que repercute en el rodamiento) al igual que las simulaciones respectivas.

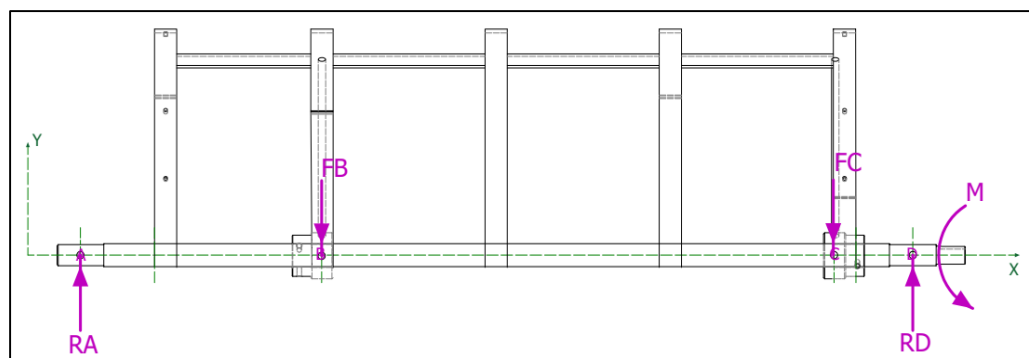


Figura 43 Diagrama de cuerpo libre del eje

Fuente: Elaboración Propia

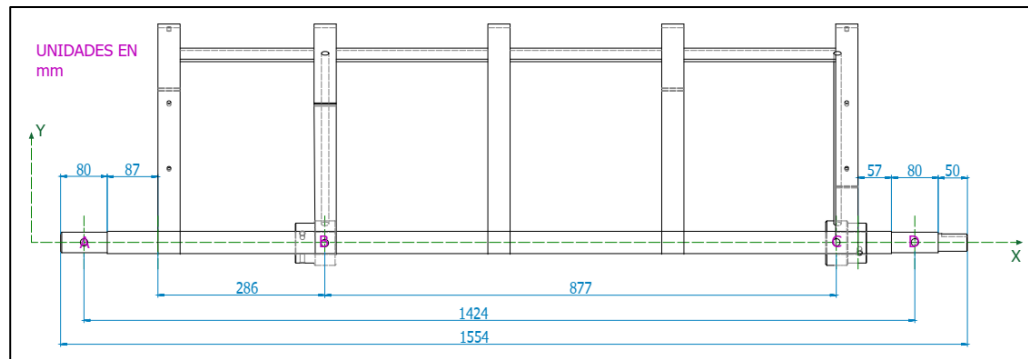


Figura 44 Dimensiones del eje

Fuente: Elaboración Propia

Con todas las fuerzas, momento y medidas determinadas se realizan los diagramas como se muestra en la Figura 45.

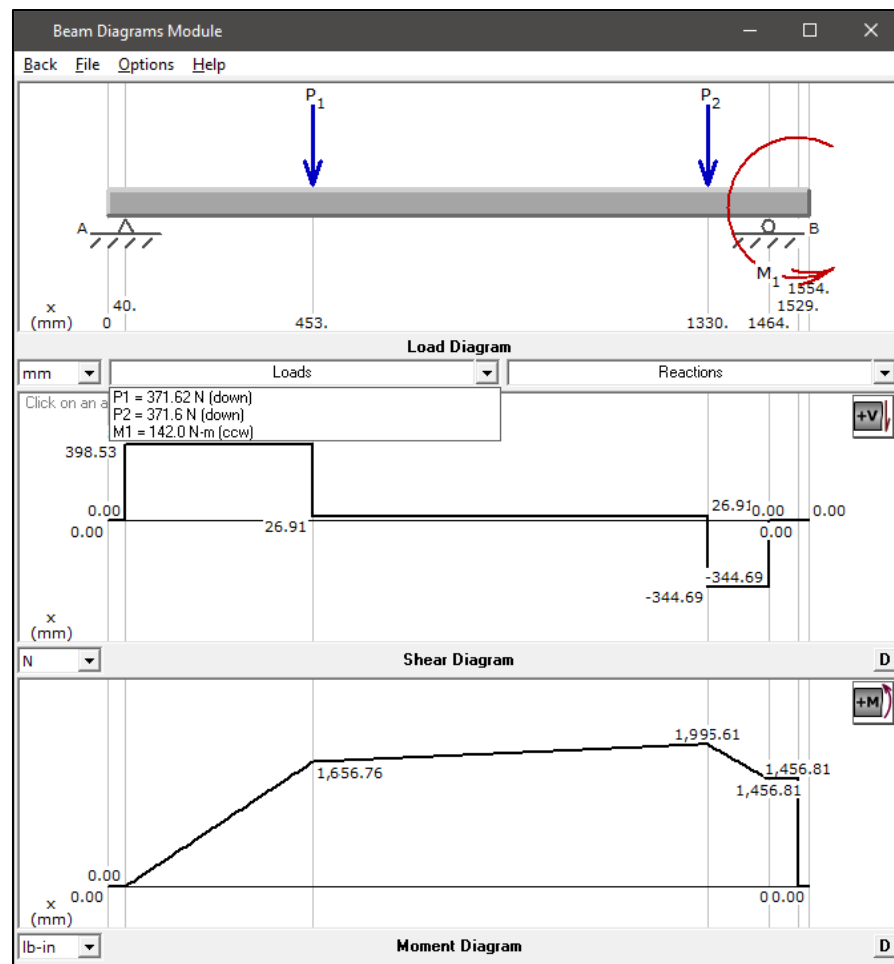


Figura 45 Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Fuente: MD-SOLID - Elaboración Propia

Reacciones y el momento flector máximo.

$$\mathbf{R_a} = 398,53 \text{ N}, \mathbf{R_b} \approx \mathbf{R_d} = 344,69 \text{ N} \text{ y } \mathbf{M_{m\acute{a}x}} = 1\,995,61 \text{ lb.in} \approx 225,47 \text{ Nm}$$

### 5.5.2. Cálculo del diámetro de eje

Para proceder con el diseño, se seleccionó un material de bajo costo y muy dúctil (ASTM A36). Además, se estimaron los diámetros adecuados para cada sección del eje.

En el Anexo\_E 1 Propiedades de los Aceros ASTM – Robert L. Moot. muestra sus principales resistencias.

Resistencia a la tensión  $S_{ut} = 58 \text{ ksi} \approx 400 \text{ MPa}$

Resistencia al punto de fluencia  $S_y = 36 \text{ ksi} \approx 250 \text{ MPa}$

La ecuación de Marín se utiliza para aproximar el límite de resistencia a la fatiga del eje de transmisión, se aplica la Ec( 36 ). [6]

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad (36)$$

Donde:

$k_a$  = Factor de modificación de la condición superficial

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño

$k_c$  = Factor de modificación de la carga

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura

$k_e$  = Factor de confiabilidad

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

Se calcula cada uno de los factores que intervienen en la ecuación de Marín.

Factor de modificación de la condición superficial. [6]

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (37)$$

En el Anexo\_E 2, el acabado superficial es un “maquinado o laminado en frío” y los factores a y b son.

$$k_a = 4,51 * 400^{-0,265} = 0,92$$

Factor de modificación del tamaño, los resultados para flexión y torsión se expresan en la Ec.( 38 ). [6]

$$k_b = \begin{cases} (d/0,3)^{-0,107} = 0,879d^{-0,107} & 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0,91d^{-0,157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7,62)^{-0,107} = 1,24d^{-0,107} & 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1,51d^{-0,157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (38)$$

Para un eje dúctil y uniforme de sección transversal circular sólida, se calcula el diámetro teórico, por medio de la Teoría del Esfuerzo Cortante Octaédrico TECO/von Mises.

$$d_e = \left[ \frac{16N}{\pi S_y} (3T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (39)$$

Donde:

N = Factor de diseño

T = Torque del eje [Nm]

En la Tabla 1, el factor de diseño adecuado es N = 2,5.

El torque se determina de la Ec.( 40 ). [15]

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (40)$$

$$T = \frac{372,5 \text{ W}}{2,62 \text{ rad/s}}$$

$$T = 142,18 \text{ Nm}$$

Reemplazando en la Ec.( 39 ), donde  $S_y = 250 \text{ MPa}$ .

$$d_e = \left[ \frac{16 * 2,5}{\pi * 250 * 10^6 \text{ Pa}} (3 * (142,18 \text{ Nm})^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_e = 0,02323 \text{ m} \approx 23,23 \text{ mm}$$

La primera estimación del diámetro de = 23,23 mm, el cual debe ser el mínimo que debe tener el eje.

De la Ec.( 38 ) se encuentra en el rango de  $2,76 \leq d \leq 51$  mm.

$$k_b = \left( \frac{23,23}{7,62} \right)^{-0,107} = 0,89$$

Factor de modificación de la carga. [6]

$$k_c = \begin{cases} 1 \text{ flexión} \\ 0,85 \text{ axial} \\ 0,59 \text{ torsión} \end{cases} \quad (41)$$

En este caso, el eje está sometido a flexión  $k_c = 1$

Factor de modificación de la temperatura, el trabajo será a temperatura ambiente el  $k_d = 1$ . [6]

Factor de confiabilidad, se muestra en el Anexo\_E 3 que al 99.99% de confiabilidad el factor es  $k_e = 0,702$ . [6]

Probablemente la estimación antes identificada ha sido conservadora, para la determinación de un  $k_b$  óptimo, pero por conveniencias explicadas más adelante, el tamaño estándar seleccionado fue 44,45 mm y con un cambio de geometría de 40 mm para las chumaceras.

La relación que se emplea es. [6]

$$\frac{D}{d} = \frac{44,45 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 1,11 \quad (42)$$

Filete de hombro bien redondeado ( $r/d = 0,1$ ) el radio de muesca es. [6]

$$r = 40 \text{ mm} * 0,1 = 4 \text{ mm} \quad (43)$$

Para el eje sometido a flexión, el  $k_t = 2,33$  Anexo\_E 4 y  $q = 0$  (debido a que la curva de Sut no se encuentra en el rango) Anexo\_E 5.

Se determina  $k_f$  mediante la Ec.( 44 ) Factor de modificación de efectos varios.

$$K_f = 1 + q(K_{ts} - 1) \quad (44)$$

$$K_f = 1 + 0(2,33 - 1)$$

$$K_f = 1$$



Para el eje sometido a torsión, el  $k_{ts} = 1,76$  Anexo\_E 6 y  $q_s = 1$  Anexo\_E 7.

Se determina  $k_{fs}$  mediante la Ec.( 45 )

$$K_{fs} = 1 + q_s(K_{ts} - 1) \quad (45)$$

$$K_{fs} = 1 + 1(1,76 - 1)$$

$$K_{fs} = 1,76$$

El límite de resistencia a la fatiga en viga rotatorias  $S_{ut} \leq 1\ 400$  MPa. [6]

$$S'_e = 0,5 * S_{ut} \quad (46)$$

$$S'_e = 0,5 * 400\ MPa$$

$$S'_e = 200\ MPa$$

Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso. [6]

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad (47)$$

$$S_e = (0,92)(0,89)(1)(1)(0,702)(1)(200\ MPa)$$

$$S_e = 114,87\ MPa$$

Donde el  $M_{m\acute{a}x} = 225,47$  Nm y el  $M_{m\acute{m}n} = -225,47$  Nm

El Momento flexionante alternante.

$$M_a = \frac{M_{m\acute{a}x} - M_{m\acute{m}n}}{2} \quad (48)$$

$$M_a = \frac{225,47\ Nm - (-225,47\ Nm)}{2}$$

$$M_a = 225,47\ Nm$$

El Momento flexionante medio.

$$M_m = \frac{M_{m\acute{a}x} + M_{m\acute{m}n}}{2} \quad (49)$$

$$M_m = \frac{225,47\ Nm + (-225,47\ Nm)}{2}$$

$$M_m = 0\ Nm$$

$T_{\text{máx}} = 142,18 \text{ Nm}$  y el  $T_{\text{mín}} = 0 \text{ Nm}$

Par de torsión alternante.

$$T_a = \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} \quad (50)$$

$$T_a = \frac{142,18 \text{ Nm} + 0 \text{ Nm}}{2}$$

$$T_a = 71,09 \text{ Nm}$$

Par de torsión medio.

$$T_m = \frac{T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}}{2} \quad (51)$$

$$T_m = \frac{142,18 \text{ Nm} - 0 \text{ Nm}}{2}$$

$$T_m = 71,09 \text{ Nm}$$

Aplicando el criterio de ED – Goodman, se obtiene el diámetro Ec.( 52 ).

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (52)$$

$$d = \left( \frac{16 * 2,5}{\pi} \left\{ \frac{1}{114,86 * 10^6 Pa} \left[ 4(1 * 225,47 \text{ Nm})^2 + 3(1,76 * 71,09 \text{ Nm})^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{400 * 10^6 Pa} \left[ 4(1 * 0 \text{ Nm})^2 + 3(1,76 * 71,09 \text{ Nm})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,03965 \text{ m} \approx 39,65 \text{ mm}$$

El diámetro para la máquina cernidora rotativa es de 39,65 mm, pero el diámetro comercial que se seleccionó es de 44,45 mm según el Anexo\_C 6 Barras redondas lisas ASTM A36 – ACEROS AREQUIPA. Acotando que el eje va a estar ensamblado con otros componentes se realiza el maquinado respectivo para su ajuste (chumaceras y acople).

## 5.6. CHUMACERAS (RODAMIENTOS Y SOPORTES)

Según [19], brinda una amplia gama de rodamientos entre ellos; rodamientos rígidos de bolas, de inserción en Y, rodillos cilíndricos, de agujas, etc.

En esta investigación, se emplea los rodamientos en Y por sus principales características que permiten su aplicación en maquinaria agrícola, equipos de construcción, máquinas rotativas, ventiladores, etc.

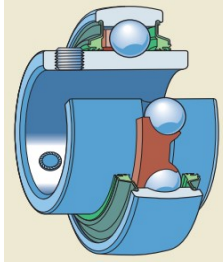
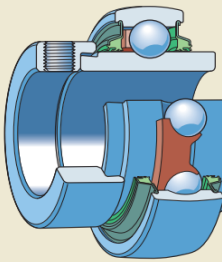
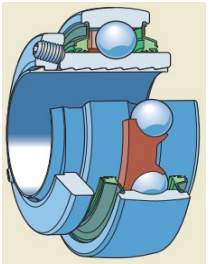
### 5.6.1. Rodamientos Y

Los soportes con rodamientos Y comprenden. [19]

- Rodamientos Y (rodamiento de inserción), rodamientos rígidos de una hilera de bolas obturados a ambos lados y cuyo aro exterior tiene la superficie de asiento esférica.
- Soportes Y, soportes de fundición o chapa de acero embutida con alojamiento esférico.

Los rodamientos están disponibles con tres métodos de fijación diferente, como se muestra en la Tabla 26. [19]

Tabla 26 Tipos de Rodamientos Y

YARAG	YELAG2	YSPAG2
		
<p>Son intercambiables con los rodamientos YAR 2, están fijados sobre el eje mediante dos prisioneros. Normalmente se utilizan para cargas moderadas.</p>	<p>Son intercambiables con los rodamientos YEL 2, están fijados sobre el eje mediante un anillo de fijación excéntrico. Normalmente se utilizan para cargas moderadas.</p>	<p>Son intercambiables con los rodamientos YSP 2, están fijados sobre el eje mediante la tecnología de fijación SKF ConCentra patentada. Esta tecnología permite soportar cargas más pesadas.</p>

Fuente: SKF

Edición: Elaboración Propia

El método con un anillo de fijación excéntrico es la apropiada para la máquina cernidora rotativa “YELAG2”.

### 5.6.1.1. Desalineación

Los rodamientos Y pueden soportar una desalineación inicial, ya que se inclinan en el soporte Figura 46, gracias a su superficie exterior esférica. Los valores admisibles dependen del tipo de soporte. [19]

Soportes de fundición y de material compuesto SKF

- No requieren relubricación → 5°
- Requieren relubricación → 2°

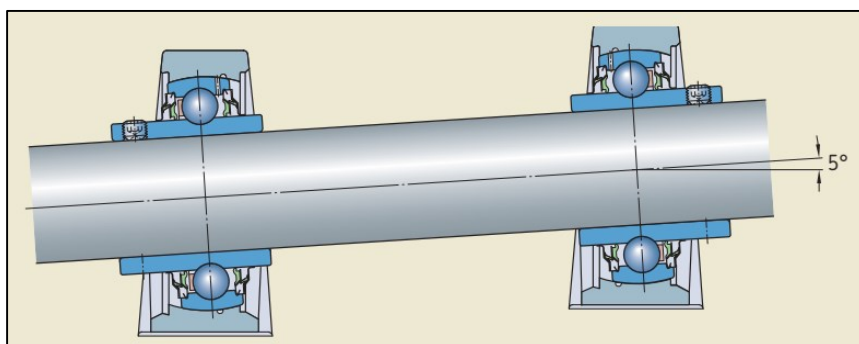


Figura 46 Inclinación en el soporte

Fuente: SKF

### 5.6.1.2. Cargas

#### a. Capacidad de carga axial

Los rodamientos con anillo de fijación excéntrico pueden soportar cargas axiales de hasta un 20% de su capacidad de carga dinámica. [19]

#### b. Carga dinámica equivalente del rodamiento

$$\begin{aligned} F_a/F_r \leq e &\rightarrow P = F_r \\ F_a/F_r > e &\rightarrow P = XF_r + YF_a \end{aligned} \quad (53)$$

Donde:

$F_a$  = Carga axial [N]

$F_r$  = Carga radial [N]

$e$  = Valor límite Anexo\_E 8

$P$  = Carga dinámica equivalente del rodamiento [N]

$X$  = Factor de carga radial;  $Y$  = Factor de carga axial Anexo\_E 8

### c. Carga estática equivalente del rodamiento

$$P_0 = 0,6F_r + 0,5F_a \quad (54)$$

Donde:

$P_0$  = Carga estática equivalente del rodamiento [N]

Cuando  $P_0 < F_r$ , se toma  $P_0 = F_r$

### d. Cargas radiales – MD SOLID

En la Figura 47, se aprecia que.

En el punto A  $F_r = 398,53$  N

En el punto B  $\approx D F_r = 344,69$  N (Se considera  $F_a = 51,97$  N de la Ec.( 34 ), debido a la inclinación de la cernidora).

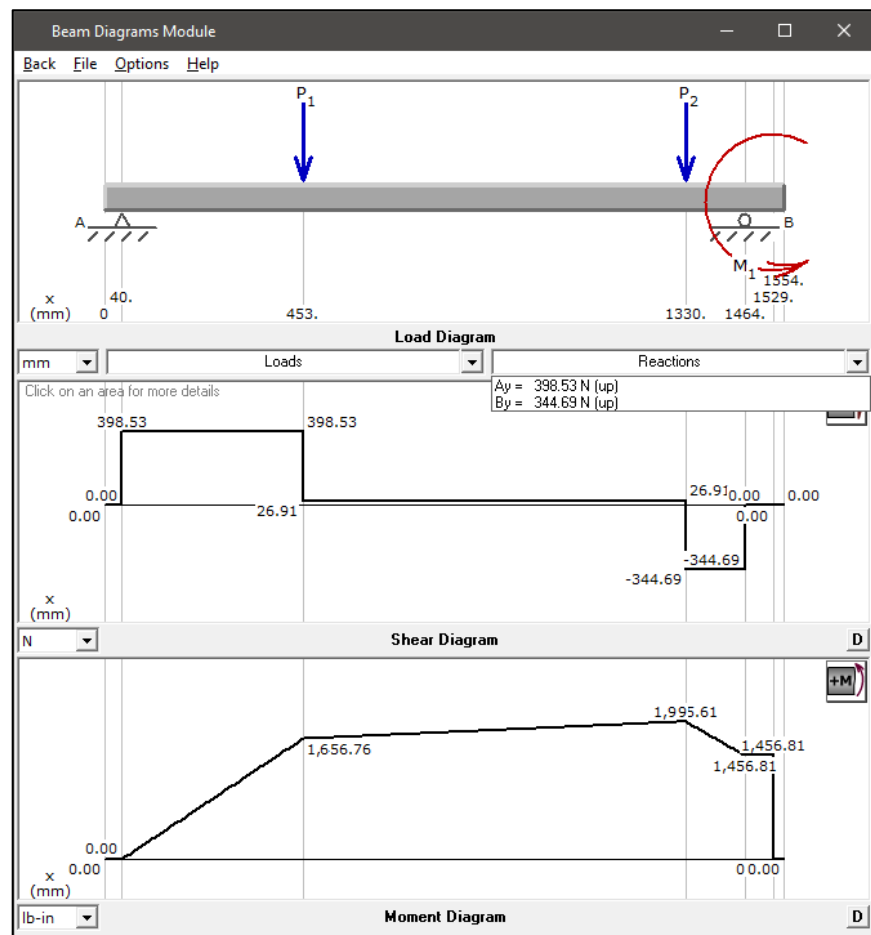


Figura 47 Cargas radiales

Fuente: MD-SOLID - Elaboración Propia

### 5.6.2. Cálculo y selección del rodamiento A

Las reacciones calculadas en la Figura 47, en el punto A solo repercute una carga radial.

$$F_r = 398,53 \text{ N}$$

$$F_a = 0 \text{ N}$$

#### 5.6.2.1. Análisis dinámico

La relación de la Ec.( 53 ).

$$\frac{0}{398,53} = 0$$

En el Anexo \_E 8 el valor mínimo de  $e = 0,29$ , dicha condición resulta.

$$0 \leq 0,29 \rightarrow P = F_r = 398,53 \text{ N}$$

La vida nominal en horas de funcionamiento de un rodamiento según la normativa ISO 281 es. [19]

$$\begin{aligned} L_{10} &= \left(\frac{C}{P}\right)^p \\ L_{10} &= \frac{10^6}{60 n} L_{10h} \\ L_{10} &= \frac{10^6}{60 n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \end{aligned} \quad (55)$$

$$C_{req} = P * \sqrt[p]{\frac{60 * n * L_{10h}}{1\ 000\ 000}}$$

Donde:

$L_{10}$  = Vida nominal básica (confiabilidad 90%) [Millones de revoluciones]

$L_{10h}$  = Vida nominal SKF (confiabilidad 90%) [Horas de funcionamiento]

$C$  = Capacidad de carga dinámica básica [kN]

$P$  = Carga dinámica equivalente del rodamiento [kN]

$n$  = Velocidad de giro [rpm]

$p$  = Exponente de la ecuación de la vida útil

- para los rodamientos de bolas,  $p = 3$
- para los rodamientos de rodillos,  $p = 10/3$

En el Anexo\_E 9 el valor de  $L_{10h} = 8000$ , para el caso de máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves periodos. La velocidad de giro es de 25 rpm. Reemplazando en la Ec.( 55 ).

$$C_{req} = 398,53 N * \sqrt[3]{\frac{60 * 25 rpm * 8 000}{1 000 000}}$$

$$C_{req} = 912,40 N \approx 0,912 kN$$

### 5.6.2.2. Análisis estático

Mediante la Ec.( 54 ), se reemplaza los valores  $F_r$  y  $F_a$ .

$$P_0 = 0,6 * 398,53 + 0,5 * 0$$

$$P_0 = 239,12 N$$

Cumple con la condición  $P_0 < F_r$ , entonces se toma  $P_0 = F_r = 398,53 N$

Capacidad de carga estática.

$$C_0 = s_0 P_0 \quad (56)$$

Donde:

$C_0$  = Capacidad de carga estática básica [kN]

$P_0$  = Carga estática equivalente del rodamiento [kN]

$s_0$  = Factor de seguridad estática

En el Anexo\_E 10 el valor de  $s_0 = 1$ , para un funcionamiento normal.

Reemplazando en la Ec.( 56 ).

$$C_0 = 1 * 398,53 N$$

$$C_0 = 0,398 kN$$

Del catálogo SKF Anexo\_C 7, para soportes de pie con rodamientos Y, de material compuesto con anillo de fijación excéntrico.

- Denominación: SYK 40 WD
- Soporte: SYK 508
- Rodamiento: YELAG 208
- $d = 40 \text{ mm}$
- Capacidad de carga dinámica básica “C”: 30,7 kN
- Capacidad de carga estática básica “C<sub>0</sub>”: 19 kN

Se debe cumplir la condición  $C_{req} \leq C \rightarrow 0,912 \text{ kN} \leq 30,7 \text{ kN}$ , selección correcta.

### 5.6.3. Cálculo y selección del rodamiento D

Las reacciones calculadas en la Figura 47 y la Ec.( 34 ), en el punto D repercute una carga radial y axial (por la inclinación de la cernidora).

$$F_r = 344,69 \text{ N}$$

$$F_a = 51,97 \text{ N}$$

#### 5.6.3.1. Análisis dinámico

La relación de la Ec.( 53 ).

$$\frac{51,97}{344,69} = 0,15$$

En el Anexo\_E 8 el valor mínimo de  $e = 0,29$ , dicha condición resulta.

$$0,15 \leq 0,29 \rightarrow P = F_r = 344,69 \text{ N}$$

La fuerza axial, se verifica que no repercute en el cálculo (su valor es bajo).

La vida nominal en horas de funcionamiento de un rodamiento según la normativa ISO 281 es. [19]

En el Anexo\_E 9 el valor de  $L_{10h} = 8000$ , para el caso de máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves periodos. La velocidad de giro es de 25 rpm. Reemplazando en la Ec.( 55 ).

$$C_{req} = 344,69 \text{ N} * \sqrt[3]{\frac{60 * 25 \text{ rpm} * 8000}{1000000}}$$

$$C_{req} = 798,14 \text{ N} \approx 0,789 \text{ kN}$$



### 5.6.3.2. Análisis estático

Mediante la Ec.( 54 ), se reemplaza los valores  $F_r$  y  $F_a$ .

$$P_0 = 0,6 * 344,69 + 0,5 * 51,97$$

$$P_0 = 232,79 \text{ N}$$

Cumple con la condición  $P_0 < F_r$ , entonces se toma  $P_0 = F_r = 344,69 \text{ N}$

La fuerza axial, se verifica que no repercute en el cálculo (su valor es bajo).

Capacidad de carga estática.

En el Anexo\_E 10 el valor de  $s_0 = 1$ , para un funcionamiento normal.  
Reemplazando en la Ec.( 56 ).

$$C_0 = 1 * 344,69 \text{ N}$$

$$C_0 = 0,345 \text{ kN}$$

Del catálogo SKF Anexo\_C 7, para soportes de pie con rodamientos Y, de material compuesto con anillo de fijación excéntrico.

- Denominación: SYK 40 WD
- Soporte: SYK 508
- Rodamiento: YELAG 208
- $d = 40 \text{ mm}$
- Capacidad de carga dinámica básica "C": 30,7 kN
- Capacidad de carga estática básica "C<sub>0</sub>": 19 kN

Se debe cumplir la condición  $C_{req} \leq C \rightarrow 0,789 \text{ kN} \leq 30,7 \text{ kN}$ , selección correcta.


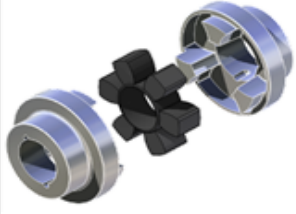
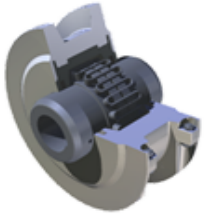
## 5.7. ACOPLAMIENTO

Según [20], la misión de los acoplamientos es asegurar la transmisión de movimiento, absorber impactos, vibraciones y problemas de desalineación en la unión entre los dos ejes.

En la Tabla 27, se aprecia la comparación de los acoples SKF y a su vez la disposición gráfica.

En esta investigación, se emplea el acople SKF FRC por sus principales características; además por conveniencias explicadas más adelante. El acople FRC es económico, no requiere mantenimiento y posee una mejor resistencia a la corrosión.

Tabla 27 Características de los acoples SKF

FLEX	FRC	GRILLA
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil instalación</li> <li>- Admite grandes desalineaciones</li> <li>- Excelente capacidad de amortiguación de cargas</li> <li>- En motores medianos y motores de combustión interna</li> <li>- Capacidad de carga (Par motor - torque) mediana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil instalación</li> <li>- Admiten medianas dealineaciones</li> <li>- Absorven moderadas cargas de impacto y vibraciones</li> <li>- Por lo general en motores pequeños</li> <li>- Capacidad de carga (Par motor - torque) baja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil instalación en limitaciones de espacio</li> <li>- Admite pequeñas desalineaciones</li> <li>- Absorven picos de cargas de impacto y vibraciones un 30%</li> <li>- Por lo general en motores medianos a grandes Capacidad de carga (Par motor - torque) alta</li> </ul>

Fuente: SKF

Edición: Elaboración Propia

### 5.7.1. Cálculo de acople

#### 5.7.1.1. Factor de servicio

Mediante el Anexo\_E 11, se considera un tipo de trabajo pesado (comprende la maquinarias para la industria), además la hora de servicio por día es  $< 10$ . El factor de servicio es 1,8.

#### 5.7.1.2. Potencia de diseño

$$Pd = Pn * fs \quad (57)$$

Donde:

Pd= Potencia de diseño [kW]

Pn= Potencia nominal [kW]

fs = Factor de servicio

La potencia nominal del motor es  $Pn = 0,37 \text{ kW}$  y el factor de servicio Anexo\_E 11. Reemplazando en la Ec.( 57 ).

$$Pd = 0,37 \text{ kW} * 1,8$$

$$Pd = 0,67 \text{ kW}$$

#### 5.7.1.3. Torque nominal

Se selecciona el acople de acuerdo con el valor del torque nominal.

$$Tn = \frac{Pd * 30\ 000}{RPM * \pi} \quad (58)$$

Donde:

Tn= Torque nominal [Nm]

RPM = Velocidad de giro [rpm]

La velocidad es de 25 rpm y la potencia de diseño de la Ec.( 57 ). Reemplazando en la Ec.( 58 ).

$$Tn = \frac{0,67 \text{ kW} * 30\ 000}{25 \text{ rpm} * \pi}$$

$$Tn = 255,92 \text{ Nm} \approx 256 \text{ Nm}$$

### 5.7.2. Selección de acople

Se realiza la selección de cada acople, según el torque nominal 256 Nm. Para la comparación de precio, dimensión y su torque respectivo.

En la Tabla 28, se destaca que el acople FRC cumple con las especificaciones apropiadas. Anexo\_C 8 Catálogo del acople FRC – SKF.

Tabla 28 Cuadro comparativo de los acoplamientos SKF

	<b>SKF FLEX</b>	<b>SKF FRC</b>	<b>SKF GRILLA</b>
PRECIO [S/]	319,85	250,95	290,90
MAZA	PHE-F80RSBFLG	PHE-FRC130RSB	PHE-1050TGRSB
ELEMENTO FLEX	PHE-F80NRTYRE	PHE-FRC130NR	PHE-1050TGGRID
TORQUE [Nm]	375	315	435
DIMENSIÓN [cm]	21,1	13,0	13,8

Fuente: SKF

Edición: Elaboración Propia

## 5.8. SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL ELÉCTRICO

Se requiere los datos del motor.

- Voltaje = 380 V
- Corriente nominal = 0,96 A
- Fases = 3 $\phi$
- Frecuencia = 60 Hz

De las especificaciones anteriores, se seleccionó los componentes según del diagrama Anexo\_C 14.

- 01 Guardamotor magnetotérmico 3 $\phi$  de 220/440 V 0,5 hp Regulación de 0,63 - 1 A Corriente de corte >100 kA. Anexo\_C 9
- 01 Contactor 3 $\phi$  de 440 V 0,5 Hp 1NA+1NC Alimentación de bobina 120 Vac. Anexo\_C 10
- 01 Pulsador de paro, pulsador rojo 1NA + 1NC. Anexo\_C 11
- 01 Pulsador de marcha, pulsador verde 1NA + 1NC. Anexo\_C 11
- 01 Lámpara de señalización verde, alimentación 220 Vac. Anexo\_C 12
- 01 Lámpara de señalización roja, alimentación 220 Vac. Anexo\_C 12
- 10 m de conductor THW-90 2,5 mm<sup>2</sup>. Anexo\_C 13

## VI. SIMULACIÓN CAD – CAE

SolidWorks Simulation permite someter los diseños a condiciones idénticas que experimentaría en la realidad (desde el rendimiento de una pieza con una carga constante, hasta el análisis de un ensamblaje en movimiento con carga dinámica).

### 6.1. ANÁLISIS DEL EJE

Para realizar el análisis del eje; se considera el material del eje en que está fabricado ASTM A36, el cual tiene una resistencia a la tensión de 400 MPa, y una resistencia a la fluencia de 250 MPa.

Las sujeciones son de tipo rodamiento en cada extremo del eje, como se muestra en la Figura 48.

En la Tabla 29, actúan dos cargas radiales, la gravedad, una carga axial y un torque de accionamiento que actúan a lo largo del eje.

Tabla 29 Cargas que actúan sobre el eje

F_RADIAL P1	GRAVEDAD g	F_RADIAL P2	F_AXIAL "RD" P3	TORQUE T4
371,62 N	9,81 m/s <sup>2</sup>	371,62 N	51,97 N	142,18 Nm

Fuente: Elaboración Propia

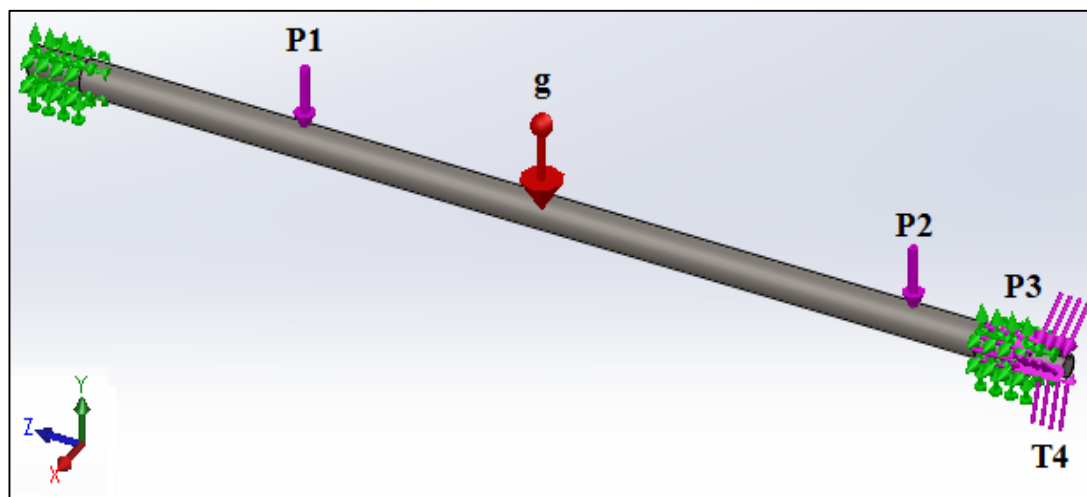


Figura 48 Cargas en el eje de accionamiento en SolidWorks

Fuente: Elaboración Propia

### 6.1.1. Análisis estático

La tensión por Von Mises es la expresión de los esfuerzos encontrados en el eje.

En la Figura 49, se muestra el esfuerzo máximo en el cambio de sección (diámetro menor) el cual es  $5,376e+007 \text{ N/m}^2$  y el esfuerzo mínimo es  $1,013e+002 \text{ N/m}^2$ .

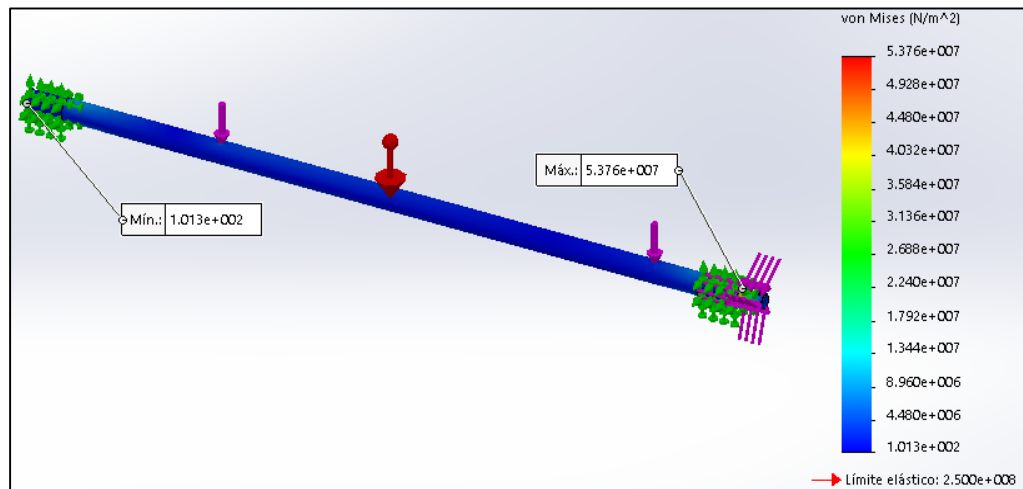


Figura 49 Tensión de Von Mises – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

El desplazamiento estático son los arrastramientos medidos en el eje.

En la Figura 50, se muestra el desplazamiento máximo se da en la mitad del eje el cual es  $0,093 \text{ mm}$  un valor imperceptible, ya que el eje en funcionamiento no debe sufrir grandes desplazamientos.

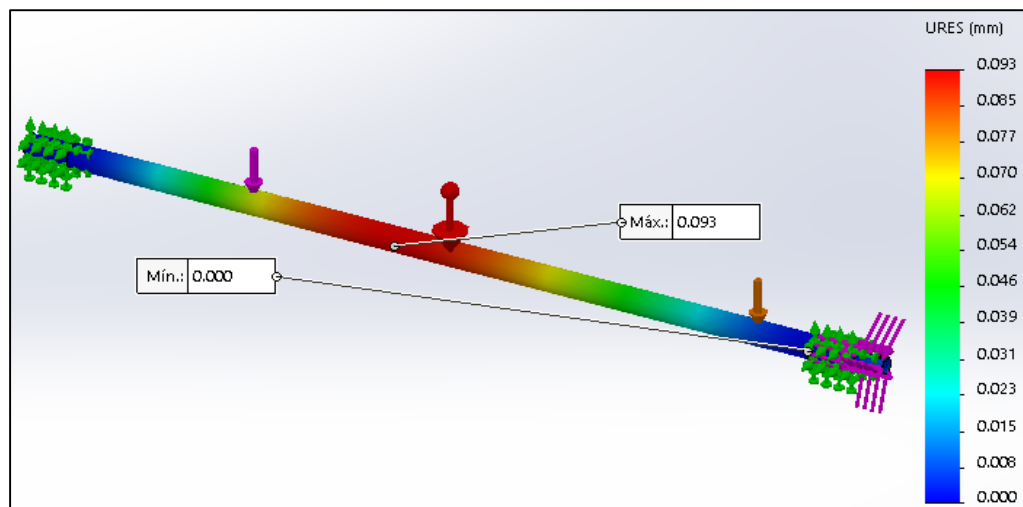


Figura 50 Desplazamientos – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

El factor de seguridad es la relación entre el límite elástico del material y el esfuerzo máximo.

En la Figura 51, se muestra el factor de seguridad mínimo, cumple la relación ( $250 \text{ MPa} / 53,76 \text{ MPa} = 4,65$ ), lo que explica que está correctamente diseñado y con la fiabilidad de que soportará las cargas de forma estática.

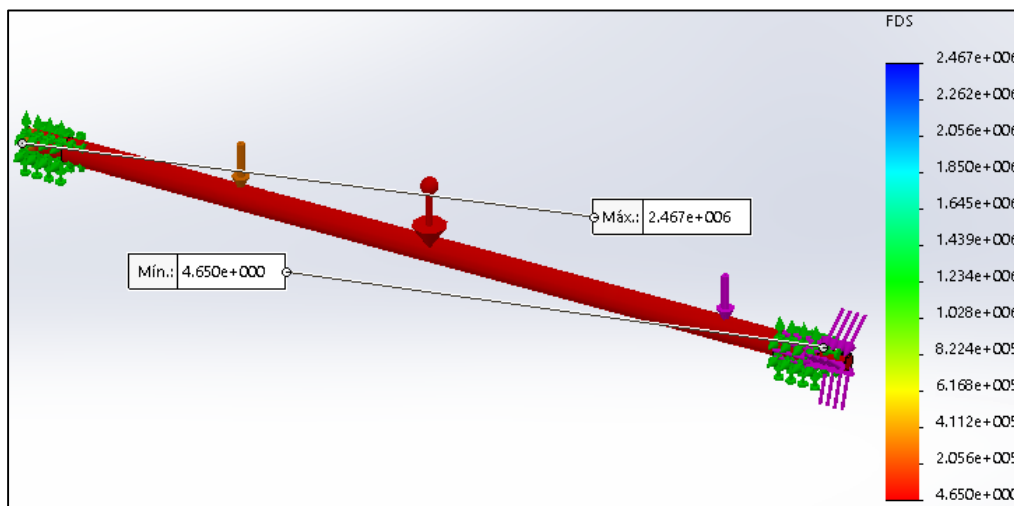


Figura 51 Factor de seguridad – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

### 6.1.2. Análisis de fatiga

Las características de funcionamiento del eje (rotación) indican que estará sometida a cargas fluctuantes (alternantes).

Para realizar este análisis es necesario haber realizado previamente un estudio estático.

Se ejecuta un suceso con las siguientes características.

- Número de ciclos:  $10^6$  Vida infinita
- Tipo de carga: Completamente invertida  $LR = -1$

El número de ciclos a partir  $> 10^6$  (vida infinita) y  $< 10^6$  (vida finita), en este suceso se considera como una vida infinita.

La carga completamente invertida indica que el esfuerzo medio es nulo ( $\sigma_m = 0$ ). Con esta carga los elementos estarán expuestos de igual manera a esfuerzo de compresión como de tracción. Esta opción de carga completamente invertida es la más usual para un estudio por fatiga.

En la Figura 52, el trazado de daño muestra el porcentaje de vida consumida bajo los sucesos definidos por el análisis. El valor máximo es  $4,289e+004$  en el cambio de sección (diámetro menor), este trazado es un buen indicador para observar dónde fallará el eje aplicando una carga radial  $10^6$  ciclos.

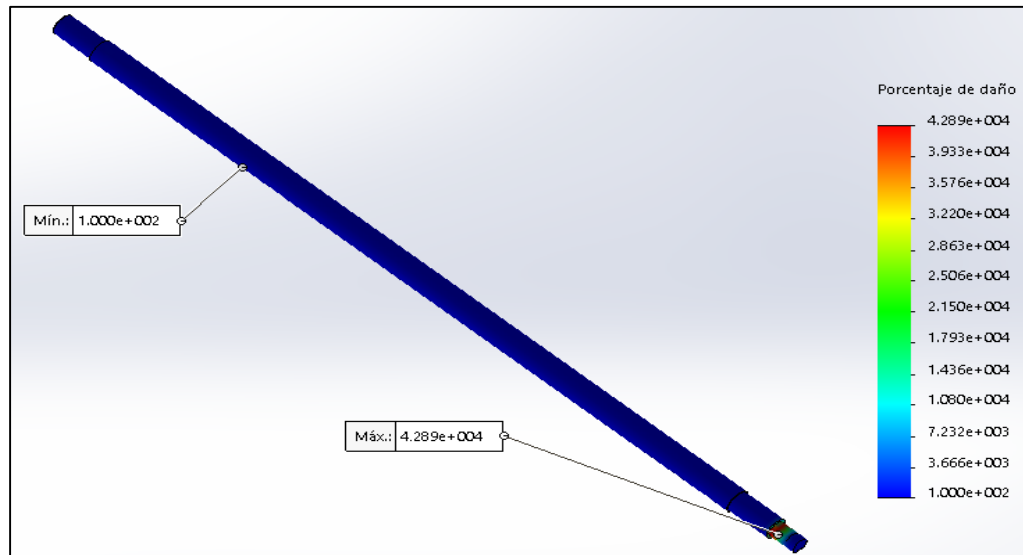


Figura 52 Porcentaje de daño – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

En la Figura 53, muestra la vida total, para dichas cargas y numero de ciclos. La vida mínima es  $2,076e+005$  (vida finita), en donde el eje sufre desgaste por fatiga aplicando una carga radial  $10^6$  ciclos.

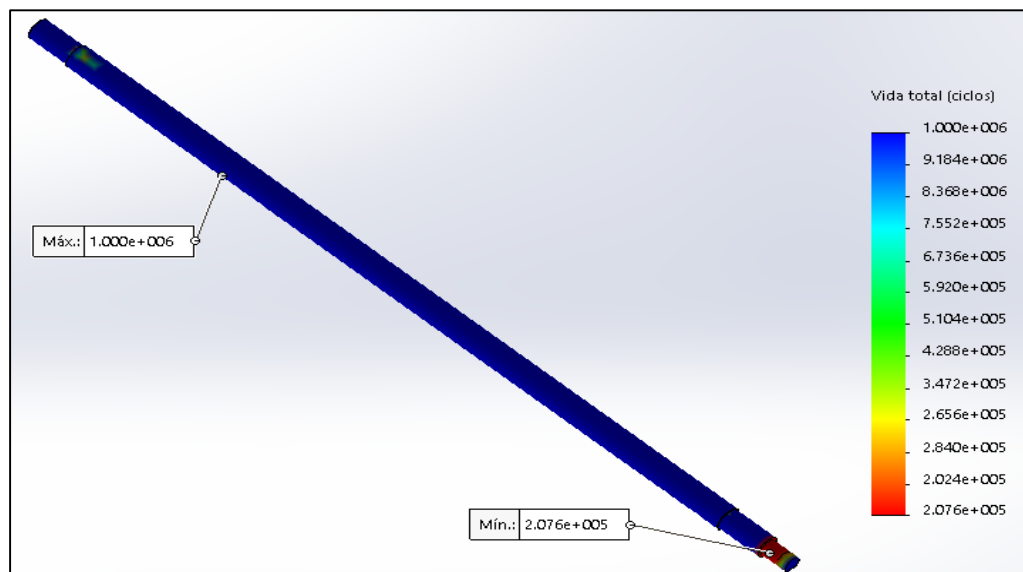


Figura 53 Vida total – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia



Un factor de carga ( $< 1$ ) en cada ubicación indica el fallo. Si se multiplica el factor por las cargas definidas, el eje fallará en dicha ubicación.

En la Figura 54, se muestra el factor de carga mínimo el cual es 2,65 ( $> 1$ ). Por lo que explica que el eje no fallará aplicando una carga radial  $10^6$  ciclos.

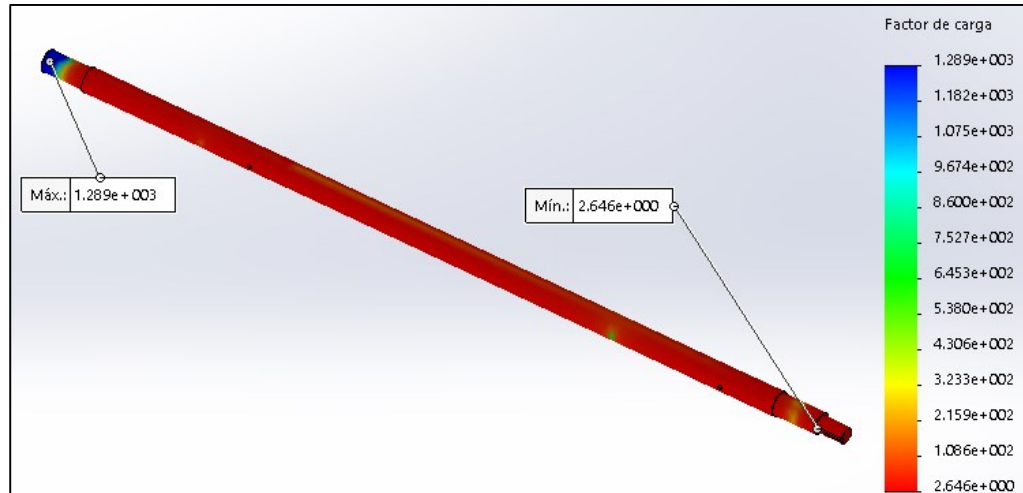


Figura 54 Factor de carga – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

El factor de Biaxialidad, es la relación entre la tensión alterna principal más pequeña y la tensión principal alterna más grande. Un valor de -1 indica un estado tensional netamente cortante, un valor de 1 indica un estado biaxial.

En este caso el rango es ( $-0,99 \leq \text{Biaxialidad} \leq 0,99$ ). En la Figura 55, indica un estado biaxial (se encuentra en la parte central del eje), y un estado cortante (en la zona del accionamiento del eje).

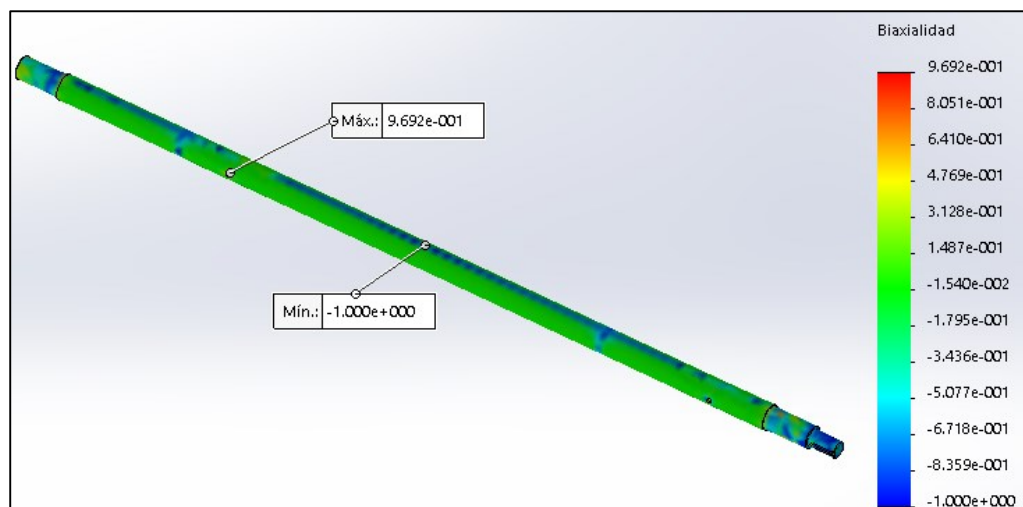


Figura 55 Biaxialidad – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

### 6.1.3. Análisis de frecuencia

El análisis de frecuencia que brinda SolidWorks Simulation, permite investigar las frecuencias naturales del diseño. Éste análisis evalúa que los modos naturales de vibración no se encuentren en las frecuencias de impulsos medioambientales, lo que indica que el diseño cumplirá la vida útil requerida.

En la Tabla 30, los modos frecuenciales obtenidos son 5 para tener una idea más concisa sobre el comportamiento del sistema bajo la geometría diseñada, el material asignado y las cargas a las que se encuentra sometido.

Tabla 30 Modos Frecuenciales

Modo Frecuencia	Frecuencia Circular (rad/s)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
1	707,63	112,62	0,0088791
2	708,13	112,7	0,008873
3	1937,3	308,33	0,0032432
4	1938,8	308,57	0,0032407
5	3763,9	599,05	0,0016693

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

El modo estable es el número 4, como se muestra en la Figura 59 con una frecuencia 308,57 Hz, y los modos más inestables son 1 y 2 (Figura 56 y Figura 57), con desalineamientos en ambos lados durante la rotación, sin embargo el problema aparece en la participación de masa normalizada con 0,62195 y 0,6219 respectivamente con respecto a los ejes y e x en cada modo frecuencial.

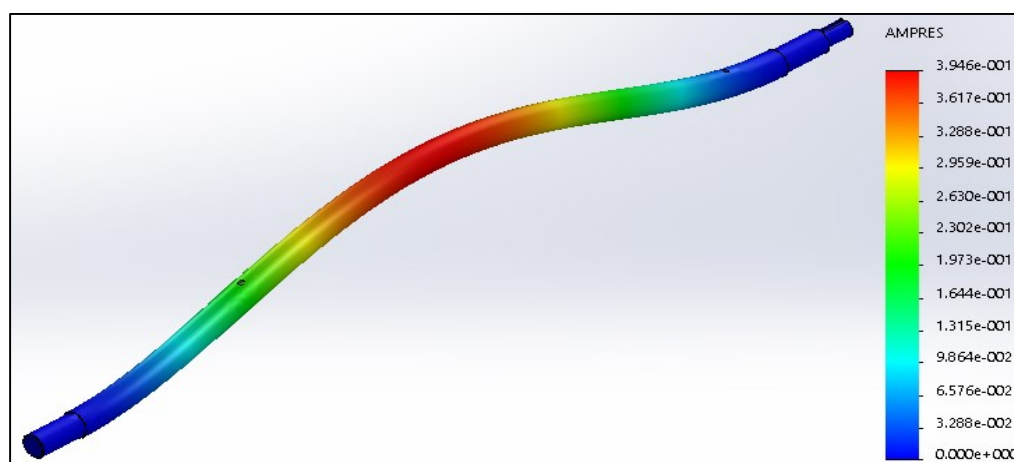


Figura 56 Modo frecuencial 1 – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

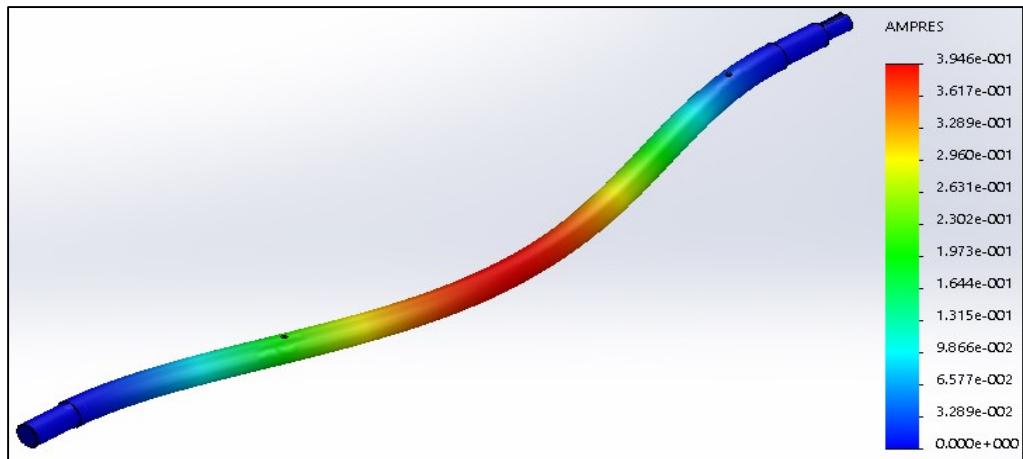


Figura 57 Modo frecuencial 2 – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

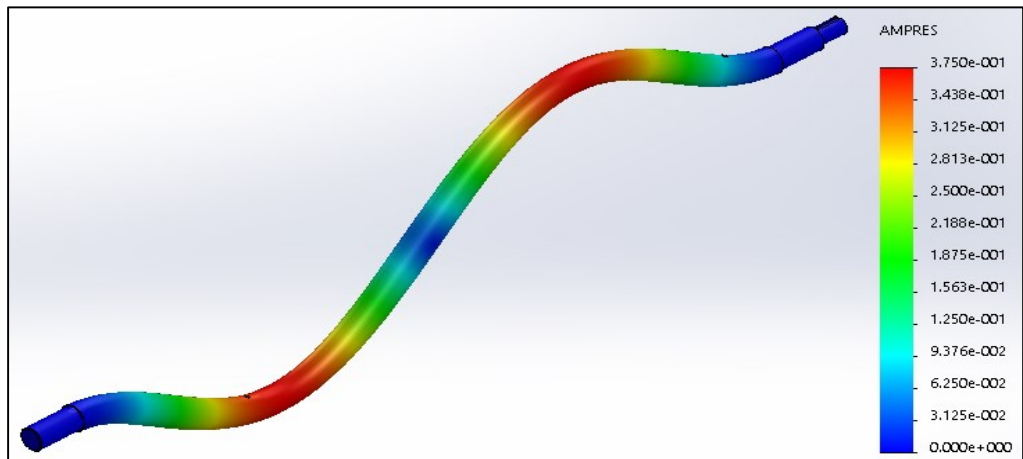


Figura 58 Modo frecuencial 3 – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

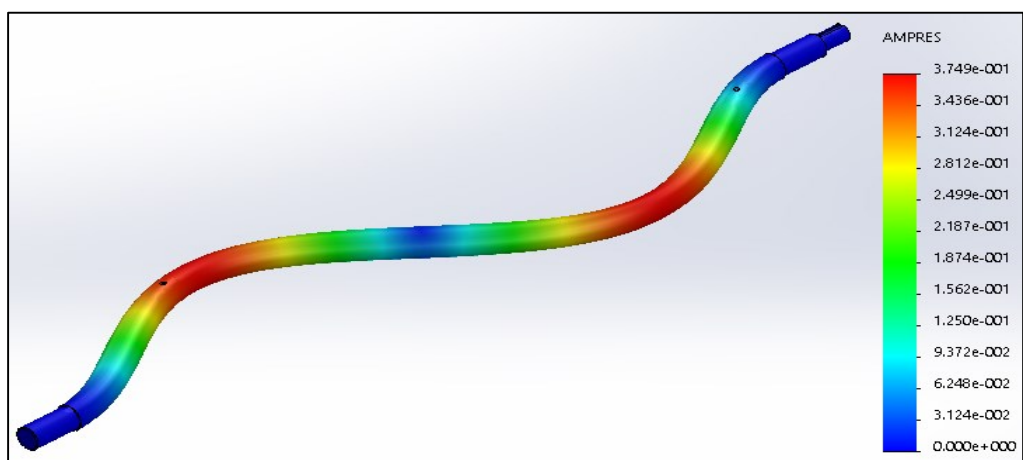


Figura 59 Modo frecuencial 4 – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

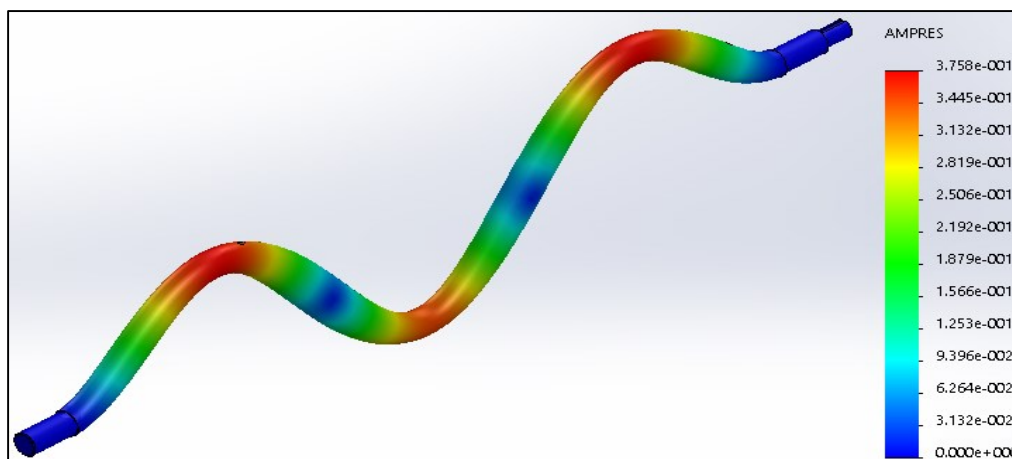


Figura 60 Modo frecuencial 5 – Eje

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

Según [21] indica que las normas o códigos de distintos países exigen que al menos el 80% de la masa del sistema participe en determinadas direcciones, lo que significa en la práctica que los valores de participación de masa en las direcciones X, Y y Z sean menores que 0,8.

En la Tabla 31, se muestra que cumple con dicha exigencia, finalmente se precisa que los modos que no presentan mayor peligro son los modos frecuenciales 3 y 4 (Figura 58 y Figura 59), debido a que, sus amplitudes son muy pequeñas y su participación de masa normalizada es casi nula.

Tabla 31 Participación de masa normalizada

<b>Modo</b>	<b>Frecuencia (Hertz)</b>	<b>Dirección X</b>	<b>Dirección Y</b>	<b>Dirección Z</b>
1	112,62	0,0001826	0,62195	1,62E-09
2	112,7	0,6219	0,0001824	1,26E-10
3	308,33	1,18E-09	1,39E-07	3,22E-10
4	308,57	2,34E-10	1,10E-09	3,89E-10
5	599,05	0,0001375	0,11975	3,21E-08
		Sum X = 0,62222	Sum Y = 0,74188	Sum Z = 3,4579e-008

Fuente: SolidWorks – Elaboración Propia

## 6.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Para realizar el análisis de la estructura; se considera el material de la estructura en que está fabricado ASTM A36, el cual tiene una resistencia a la tensión de 400 MPa, y una resistencia a la fluencia de 250 MPa.

En la Tabla 32, la masa de cada uno de los componentes se determinó mediante catálogos, cálculos experimentales y el software SolidWorks. Además, se definió en que puntos actuarán las cargas respectivas, para distribuirlas de forma balanceada.

Tabla 32 Cargas que actúan sobre la estructura

COMPONENTES	MASA (kg)	+Σ DE MASAS (kg)	FUERZA TOTAL (N)	FUERZA DISTRIBUIDA (N)	SIMB.
Cilindro + Eje + Masa AV	93,38	95,32	935,10	467,55	P1
Soportes + Rodamientos	1,94			467,55	P2
Motor	21,00	25,16	246,82	61,70	P3
Acople	4,16			61,70	P4
				61,70	P5
				61,70	P6
Chute de ingreso 01	12,68	12,68	124,39	31,10	P7
				31,10	P8
				31,10	P9
				31,10	P10
Chute de descarga 02	9,70	9,70	95,23	47,61	P11
				47,61	P12
Guarda de la cernidora	25,51	25,51	250,25	62,56	P13
				62,56	P14
				62,56	P15
				62,56	P16

Fuente: Elaboración Propia

Las sujeciones se dan en los cuatro apoyos de la estructura y la distribución de fuerzas en la estructura, como se muestra en la Figura 61.

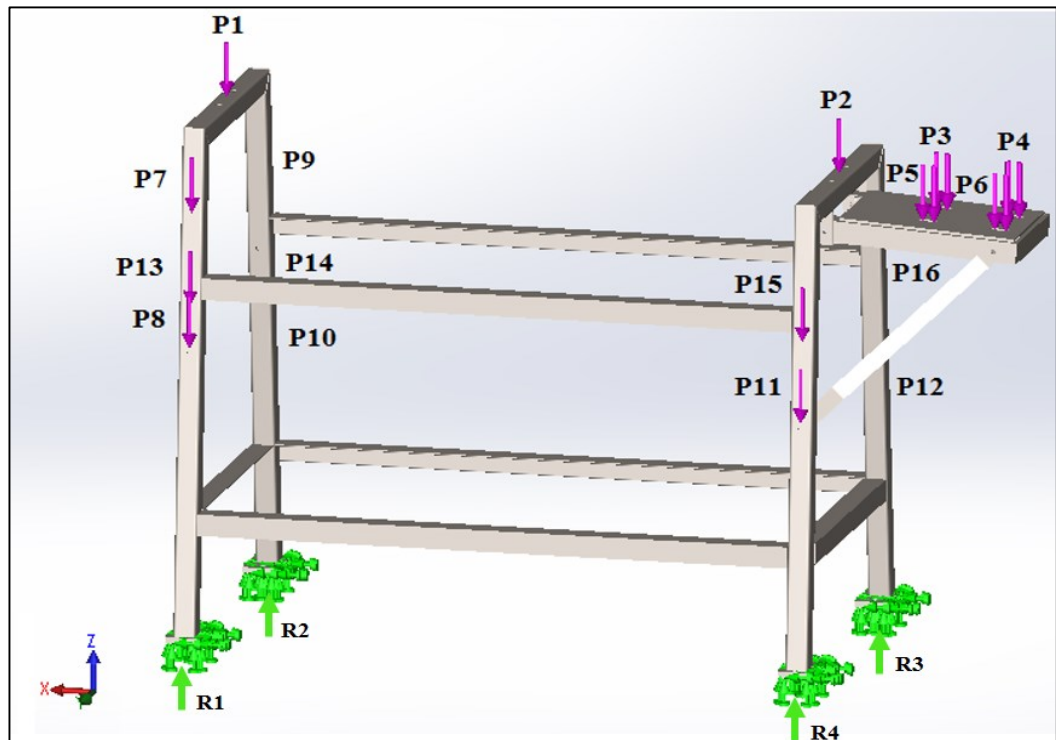


Figura 61 Cargas en la estructura en SolidWorks

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 62, las reacciones en los tres ejes (x, y, z) SolidWorks Simulation.

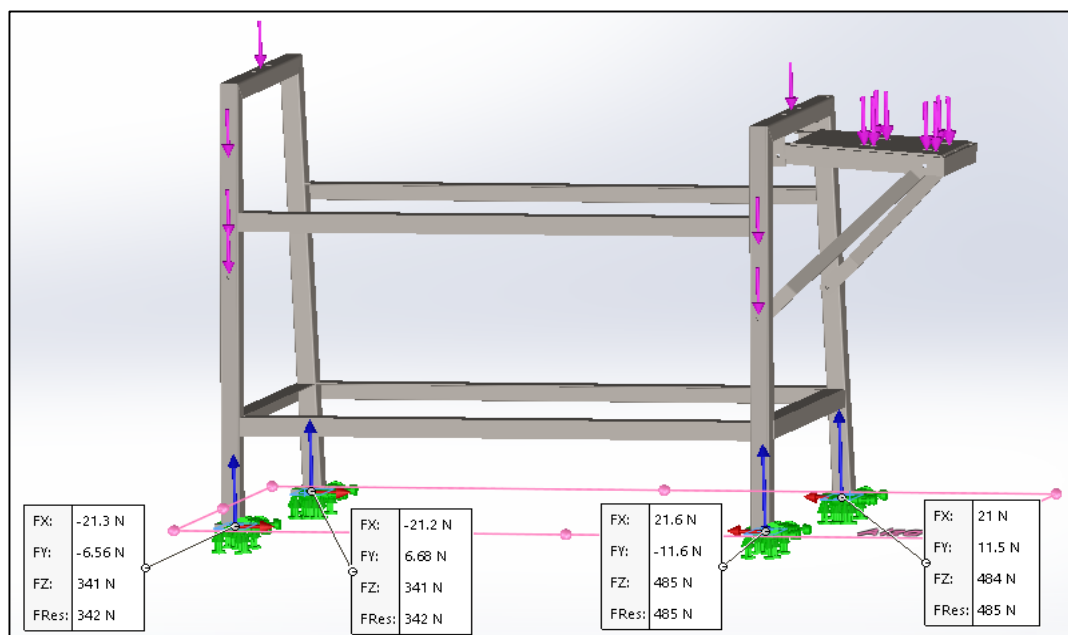


Figura 62 Reacciones resultantes de la estructura

Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.1. Análisis estático

En la Figura 63, se muestra el esfuerzo máximo entre la unión del soporte del motor el cual es  $5,502e+007$  N/m<sup>2</sup> y el esfuerzo mínimo es  $6,103e-001$ .

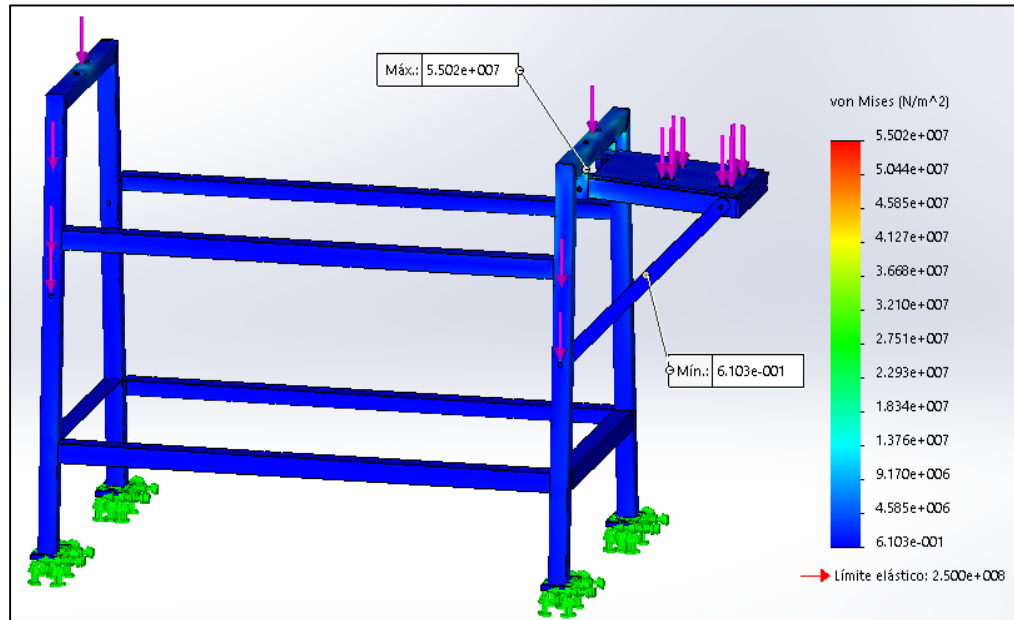


Figura 63 Tensión de Von Mises – Estructura

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 64, se muestra el desplazamiento máximo en el soporte del motorreductor el cual es  $0,624$  mm un valor imperceptible.

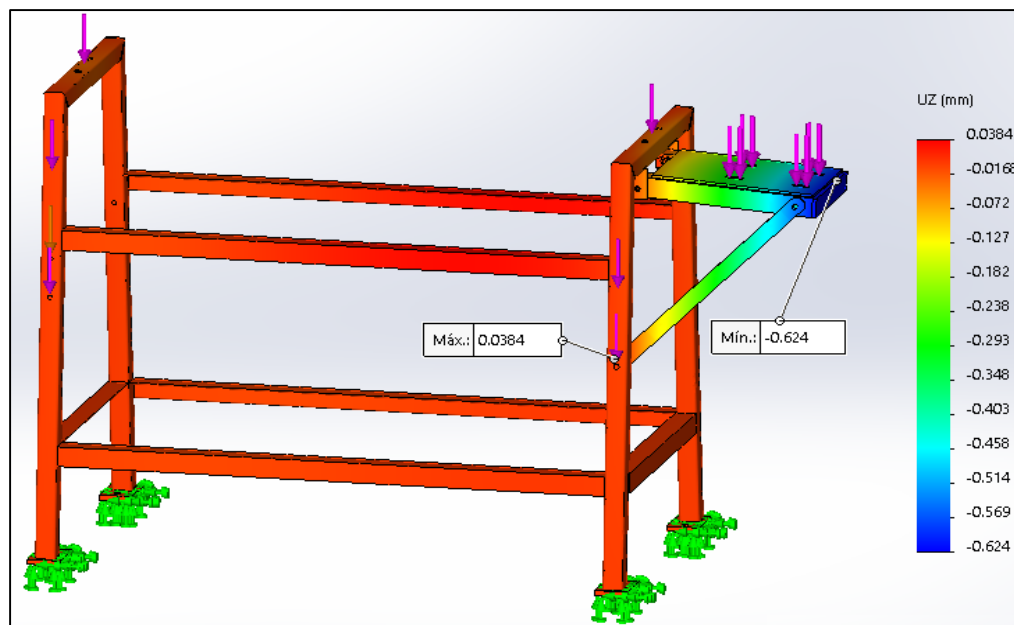


Figura 64 Desplazamiento UZ – Estructura

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 65, se muestra el factor de seguridad mínimo, cumple la relación ( $250 \text{ MPa} / 55,02 \text{ MPa} = 4,54$ ), lo que explica que está correctamente diseñado y con la fiabilidad de que soportará las cargas de forma estática.

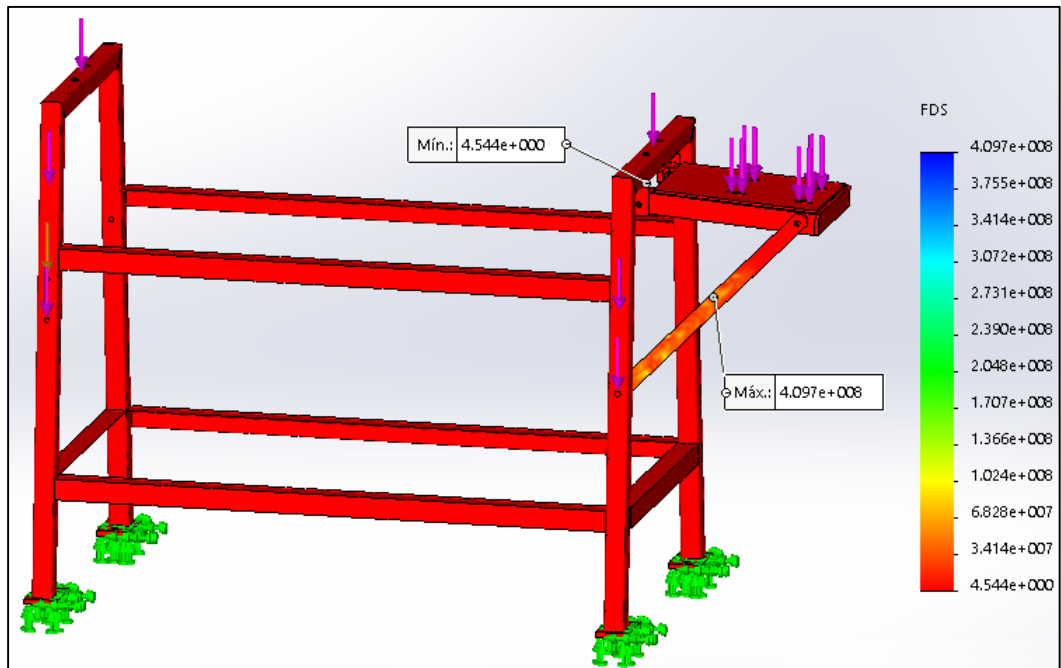


Figura 65 Factor de seguridad – Estructura

Fuente: Elaboración Propia



## VII. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo, brinda una descripción general de la inversión que ha de realizarse para obtener el valor económico de los materiales, manufactura y mano de obra de la máquina cernidora. Además, el cálculo del periodo de recuperación de lo invertido.

Se realiza un análisis de costos basado en dos parámetros fundamentales, los costos directos que incluyen (materiales, equipos, mano de obra, manufactura y mantenimiento) y los costos indirectos solo (diseño).

### 7.1. CERNIDORA

Tabla 33 Costos de la cernidora

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO	P.TOTAL
	<b>MATERIALES</b>				
DMC-01	Platina 1 1/2" x 1/4" ASTM-A36	m	24	S/ 15,00	S/ 360,00
DMC-02	Platina 1 1/2" x 3/16" ASTM-A36	m	12	S/ 12,00	S/ 144,00
DMC-03	Platina 1 1/2" x 1/8" ASTM-A36	m	8	S/ 10,00	S/ 80,00
DMC-04	Barra Ø1/2" ASTM-A36	m	5	S/ 14,00	S/ 70,00
DMC-05	Perno Hex. Ø1/4" x 1" c/tuerca /arand.	und	72	S/ 2,50	S/ 180,00
DMC-06	Perno prisionero Ø 3/8" x 3/4"	und	4	S/ 2,00	S/ 8,00
DMC-07	Barra Ø 3" ASTM-A36	und	2	S/ 20,00	S/ 40,00
DMC-08	Malla 0,15 mm x 0,10 mm x 1,22 m	und	1	S/ 82,00	S/ 82,00
DMC-09	Eje Ø 1" x 3/4"	und	1	S/ 50,00	S/ 50,00
					<b>S/ 1 014,00</b>
	<b>MANUFACTURA</b>				
DMC-10	Cortado, doblado y soldado de platina 1 1/2" x 1/4"	und	5	S/ 23,00	S/ 115,00
DMC-11	Cortado y soldado de platina 1 1/2" x 3/16"	und	24	S/ 18,00	S/ 432,00
DMC-12	Cortado de platina 1 1/2" x 1/8"	und	6	S/ 10,00	S/ 60,00
DMC-13	Cortado y soldado de barra Ø 1/2"	und	12	S/ 18,00	S/ 216,00
DMC-14	Maquinado de bocina barra Ø 3"	und	2	S/ 23,00	S/ 46,00
DMC-15	Cortado de malla	und	1	S/ 11,00	S/ 11,00
DMC-16	Maquinado de eje Ø 1" x 3/4"	und	1	S/ 23,00	S/ 23,00
DMC-17	Gastos adicionales		1	S/ 50,00	S/ 50,00
					<b>S/ 953,00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>S/ 1 967,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 7.2. ESTRUCTURA

Tabla 34 Costos de la estructura

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO	P.TOTAL
	<b>MATERIALES</b>				
DMC-18	Tubo cuadrado 2 x 2 x 1/8" ASTM-A36	m	4	S/ 12,00	S/ 48,00
DMC-19	Perfil L 2 x 2 x 3/16" ASTM-A36	m	3	S/ 15,00	S/ 45,00
DMC-20	Plancha 6,4 x 80 mm	m	1	S/ 10,00	S/ 10,00
DMC-21	Platina 1/8 x 3/4"	m	1	S/ 12,00	S/ 12,00
DMC-22	Perno hex. Ø1/2" x 1 1/4" c/tuerca/arand.	und	4	S/ 2,50	S/ 10,00
DMC-23	Perno hex. Ø1/2" x 3" c/tuerca /arand.	und	4	S/ 2,50	S/ 10,00
DMC-24	Plancha 6,4 x 280 mm	und	1	S/ 30,00	S/ 30,00
DMC-25	Platina 3/8 x 1 1/2"	und	1	S/ 25,00	S/ 25,00
DMC-26	Bandeja de retención	und	1	S/ 50,00	S/ 50,00
DMC-27	Acrilico 3,2 x 1 500 mm	und	1	S/ 50,00	S/ 50,00
DMC-28	Platina 6,4 x 51 mm	und	1	S/ 40,00	S/ 40,00
DMC-29	Perno hex. Ø 3/8" x 1" c/tuerca y arandela planas	und	20	S/ 2,50	S/ 50,00
DMC-30	Chute de ingreso	und	1	S/ 20,00	S/ 20,00
DMC-31	Chute de descarga	und	1	S/ 20,00	S/ 20,00
DMC-32	Chumaceras SYK 40 WD	und	2	S/ 40,00	S/ 80,00
DMC-33	Acoplamiento SKF FRC130	und	1	S/ 250,00	S/ 250,00
DMC-34	Guarda de acople	und	1	S/ 20,00	S/ 20,00
					<b>S/ 770,00</b>
	<b>MANUFACTURA</b>				
DMC-35	Cortado y soldado de tubo cuadrado 2 x 2 x 1/8"	und	6	S/ 20,00	S/ 120,00
DMC-36	Cortado y soldado de perfil L 2 x 2 x 3/16"	und	8	S/ 20,00	S/ 160,00
DMC-37	Cortado y sold. de plancha 6,4 x 80 mm	und	4	S/ 12,00	S/ 48,00
DMC-38	Cortado y perforado de platina 1/8 x 3/4"	und	4	S/ 18,00	S/ 72,00
DMC-39	Cortado y sold. de plancha 6,4 x 280 mm	und	1	S/ 20,00	S/ 20,00
DMC-40	Cortado y perforado de platina 3/8 x 1 1/2"	und	1	S/ 12,00	S/ 12,00
DMC-41	Doblado y sold. de bandeja de retención	und	1	S/ 20,00	S/ 20,00
DMC-42	Cortado, doblado y perforado de platina 6,4 x 51 mm	und	1	S/ 20,00	S/ 20,00
DMC-43	Doblado y perforado de chute de ingreso	und	1	S/ 10,00	S/ 10,00
DMC-44	Doblado y perf. de chute de descarga	und	1	S/ 10,00	S/ 10,00
DMC-45	Doblado y perf. de guarda de acople	und	1	S/ 10,00	S/ 10,00
DMC-46	Gastos adicionales		1	S/ 50,00	S/ 50,00
					<b>S/ 552,00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>S/ 1 322,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3. SISTEMA ELÉCTRICO

Tabla 35 Costos del sistema eléctrico

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO	P.TOTAL
	<b>MATERIALES</b>				
DMC-47	Motorreductor R47 DRS71S4	und	1	S/ 2 916,00	S/ 2 916,00
DMC-48	Guardamotor magnetotérmico 3φ 220/440V 0,5Hp	und	1	S/ 110,00	S/ 110,00
DMC-49	Contactador 3φ 220/440V 0,5Hp 1NA + 1NC	und	1	S/ 70,00	S/ 70,00
DMC-50	Pulsador de paro (rojo) 1NA + 1NC	und	1	S/ 7,00	S/ 7,00
DMC-51	Pulsador de marcha (verde) 1NA + 1NC	und	1	S/ 7,00	S/ 7,00
DMC-52	Lámpara de señalización verde	und	1	S/ 5,00	S/ 5,00
DMC-53	Lámpara de señalización rojo	und	1	S/ 5,00	S/ 5,00
DMC-54	Conductor THW-90 2,5 mm <sup>2</sup>	m	10	S/ 2,00	S/ 20,00
	<b>TOTAL</b>				<b>S/ 3 140,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 7.4. MANO DE OBRA

Tabla 36 Costos de mano de obra

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO	P.TOTAL
	<b>MANO DE OBRA</b>				
DMC-55	Ingeniero	hh	1	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
DMC-56	Técnico	hh	1	S/ 1 200,00	S/ 1 200,00
DMC-57	Ayudante	hh	1	S/ 930,00	S/ 930,00
	<b>TOTAL</b>				<b>S/ 3 630,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 7.5. DISEÑO

Tabla 37 Costos de diseño

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO	P.TOTAL
	<b>DISEÑO</b>				
DMC-58	Diseño de ingeniería	Gbl	1	S/ 2 000,00	S/ 2 000,00
DMC-59	Impresiones	Gbl	1	S/ 150,00	S/ 150,00
DMC-60	Dibujo CAD y simulación en SolidWorks	Gbl	1	S/ 1 000,00	S/ 1 000,00
	<b>TOTAL</b>				<b>S/ 3 150,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 7.6. ANÁLISIS DE COSTOS

En la Tabla 38, muestra los costos directos que inciden directamente a la construcción de la máquina cernidora de arena verde.

Tabla 38 Costos directos

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>P. TOTAL</b>
CERNIDORA	S/ 1 967,00
ESTRUCTURA	S/ 1 322,00
SISTEMA ELÉCTRICO	S/ 3 140,00
MANO DE OBRA	S/ 3 630,00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 10 059,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 39, muestra los costos indirectos que inciden sobre las actividades realizadas para el diseño de la máquina cernidora de arena verde.

Tabla 39 Costos indirectos

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>P. TOTAL</b>
DISEÑO	S/ 3 150,00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 3 150,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de mantenimiento será el 3% del total de la inversión de los costos directos.

Tabla 40 Costos de mantenimiento

<b>MANTENIMIENTO</b>	
MANTTO DE LA MÁQ. (3%)	S/ 301,77

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el costo total de la máquina cernidora se resume en la Tabla 41.

Tabla 41 Costo total

COSTO DIRECTO	S/ 10 059,00
COSTO INDIRECTO	S/ 3 150,00
MANTENIMIENTO	S/ 301,77
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>S/ 13 510,77</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 7.7. EVALUACIÓN

Según [22], en todo proyecto en el cual se espera la característica de “Rentable”, se tiene como premisa la recuperación de la inversión, entonces, el tiempo que se demore en recuperar el dinero invertido o “Período de Payback”, se vuelve muy importante, ya que de esto dependerá cuan rentable es, y qué tan riesgoso será llevarlo a cabo. el retorno se da dentro de meses o años.

$$\text{Período de Payback} = \left[ \begin{array}{c} \text{Período último con flujo} \\ \text{acumulado negativo} \end{array} \right] + \left[ \frac{\text{Valor absoluto del último} \\ \text{flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del fujo de caja} \\ \text{en el siguiente período}} \right] \quad (59)$$

En la Tabla 42, muestra un flujo de caja de cada mes de S/ 2 000, pago que se realiza al operario por el proceso de cernido artesanalmente. Esto incide en el flujo acumulado, para el cálculo del período de retorno de inversión “Payback”.

Tabla 42 Evaluación económica – Payback

MESES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FLUJO DE CAJA (S/)	-13 510,77	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
FLUJO ACUMULADO (S/)	-13 510,77	-11 510,77	-9 510,77	-7 510,77	-5 510,77	-3 510,77	-1 510,77	489,23	2 489,23	4 489,23	6 489,23	8 489,23	10 489,23

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando en la Ec.( 59 ), se obtiene el tiempo de recuperación de la inversión el cual es 6,76 meses  $\approx$  7 meses, como se muestra en la Tabla 43.

Tabla 43 Tiempo de recuperación del capital invertido – Payback

INVERSIÓN REALIZADA	INGRESOS TOTALES	RECUPERAR EL CAPITAL INVERTIDO
S/ 13 510,77	S/ 24 000,00	7 meses

Fuente: Elaboración Propia

## VIII. CONCLUSIONES

- El diagnóstico en las fábricas artesanales de las cuales 20 fábricas tienen una producción entre 240 a 320 kg/h de arena verde cernida, por ello, estiman un crecimiento del 67% y 25% respectivamente para llegar a una producción total de 400 kg/h.
- Mediante la metodología del proceso de diseño, se seleccionó el modelo de mecanismo disponible con el mayor balance técnico-económico, la alternativa de solución es la N° 2 con ( $x_i = 0,95$ ) ( $y_i = 0,75$ ), que comprende una máquina cernidora rotativa inclinada impulsada por un motorreductor.
- El dimensionamiento de los componentes de la máquina cernidora, se determinó mediante las pruebas experimentales en campo obteniendo la masa de la arena verde de 28,3 kg y calculando su densidad respectiva de 1 161,74 kg/m<sup>3</sup>, posteriormente se calculó el tamiz  $W = 0,15$  mm, su diámetro de 0,75 m y una longitud de 1,2 m, con un ángulo de inclinación de la cernidora de 4,1° y una potencia total del motor de 0,37 kW a una velocidad de rotación de 25 rpm. Finalmente, se emplea el método de Goodman para determinar el diámetro del eje de 44,45 mm (estándar), y se seleccionó sus componentes chumaceras SYK 40 WD y un acople SKF FRC-130.
- El análisis CAD – CAE del eje con material ASTM A36, se realizó un análisis estático donde el esfuerzo máximo ocurre en el diámetro menor (zona de accionamiento del eje) es 53,76 MPa, su desplazamiento máximo es 0,093 mm un valor imperceptible que se da en la mitad del eje y con un factor de seguridad de 4,65 que garantiza el correcto diseño y fiabilidad, en el análisis de fatiga se emplea una vida infinita  $10^6$  ciclos, se obtiene un porcentaje de daño en la (zona de accionamiento del eje), una vida mínima de  $2,076e+005$  (vida finita) y un factor de carga que garantiza que no fallará por fatiga el eje de 2,65 ( $>1$ ), en el análisis frecuencial los modos 1 y 2 son los más inestables con frecuencias 112,62 Hz y 112,70 Hz, pero cumple con la exigencia que la participación de la masa sean menores que 0,8.

- El análisis CAD – CAE de la estructura con material ASTM A36, se realizó un análisis estático, donde el esfuerzo máximo ocurre entre la unión del soporte del motor el cual es 55,02 MPa, su desplazamiento máximo es 0,624 mm un valor imperceptible que se da en soporte del motorreductor y un factor de seguridad estático de 4,54 que garantiza el correcto diseño y fiabilidad.
- El proyecto tiene un costo total de S/ 13 510,77, empleando el periodo de retorno de la inversión “PayBack” con un flujo de caja de S/ 2 000, mediante un periodo de 12 meses la recuperación del capital invertido se da en 7 meses.

## IX. RECOMENDACIONES

- Creación de una GUI de MATLAB para la automatización del cálculo, a fin de ejercer un mayor control sobre los diseños de máquinas cernidoras.
- Realizar la simulación de un análisis de partículas, para verificar el movimiento de catarata a una velocidad óptima del cernido de arena verde.
- Realizar un análisis de soldadura en las estructuras, para identificar el proceso, la simbología y el cordón de soldadura al usar en la máquina cernidora.
- Aplicar un esmalte anticorrosivo TEKNO 013-0000, para proteger de agentes corrosivos en la estructura de la máquina cernidora.



## X. REFERENCIAS

- [1] Gerencia Regional de Lambayeque, «<http://www.regionlambayeque.gob.pe>,» Gerencia Regional de Lambayeque, 6 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/19273?pass=MTMwOA==>. [Último acceso: 14 Abril 2017].
- [2] A. S. Agüero Almanza, «Diseño y Construcción de una Máquina para Cribar Semillas de Frijol,» Universidad Politécnico Nacional, México, 2010.
- [3] O. Akanni Ogunwole, «Design, Construction and Testing of a Dry Sand Sieving Machine,» Journal of Applied Sciences and Environmental Management, Minna, Nigeria, 2012.
- [4] L. Álvarez Velasco, «Diseño Conceptual de un Cilindro Cribador para Lombricomposta,» Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 2013.
- [5] A. Nachimuthu y et al, «Desing and Fabrication of Horizontal Sieving Machine,» International Research Journal of Multidisciplinary Science & Technology., Coimbatore, 2016.
- [6] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- [7] Migro-Log Teconología y Sistemas S.L., «<https://www.micro-log.com/>,» Migro-Log, [En línea]. Available: <https://www.micro-log.com/mininoticias/2958-tipos-de-esfuerzos-mecanicos.html>. [Último acceso: 25 Abril 2017].
- [8] R. L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, México: Pearson Educación, 2006.
- [9] V. Churra Uruchi, «Conformado de una pieza de aluminio: Moldeo en arena verde, fundición y coloda,» *Revista Bolivianas - SciELO*, vol. 10, nº 16, pp. 17-22, 2014.
- [10] L. S. Betancourt, «Propuesta de una Mezcla Alternativa para la Arena Verde de JCR Fundiciones,» Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador, 2012.
- [11] B. Peña y H. Pacheco, «Fundición,» Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá - Colombia, 2012.
- [12] Expósito, José., «Arenas de sílice: Materia prima básica en la industria de la fundición (Parte 6),» *Horno de Fusión por Inducción*, nº 45, pp. 38-46, 2013.
- [13] S. Palella Stracuzzi y F. Martins Pestana, Metodología de la Investigación Cuantitativa, Caracas, Venezuela: FEDUPEL, 2012.

- [14] F. G. Arias, El Proyecto de Investigación (Introducción a la Metodología Científica), Caracas, Venezuela: EPISTEME, C.A., 2006.
- [15] K. Gieck y G. Reiner, Manual de fórmulas técnicas, Mexico: Alfaomega, 2004.
- [16] C. C. Industrial, «Cisa Cedaria Industrial,» Cisa Cedaria Industrial, [En línea]. Available: <http://www.cisa.net/es/pdf/iso9044.pdf>. [Último acceso: 27 Mayo 2018].
- [17] M. Mendoza Rivera, «Diseño Conceptual de una Máquina Cribadora de Tierra de Lombricomposta,» Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro", México, 2008.
- [18] SEW-EURODRIVE, «SEW-EURODRIVE,» SEW-EURODRIVE, 13 Junio 1931. [En línea]. Available: <https://www.sew-eurodrive.com.pe>. [Último acceso: 14 Junio 2018].
- [19] SKF, «Rodamientos,» 1 Octubre 2015. [En línea]. Available: [https://www.skf.com/binary/87-121486/0901d19680416953-10000\\_2-ES---Rolling-bearings.pdf](https://www.skf.com/binary/87-121486/0901d19680416953-10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf). [Último acceso: 1 Julio 2018].
- [20] SKF, «Acoplamientos,» SKF, 16 Febrero 1907. [En línea]. Available: <https://www.skf.com/uy/products/coupling-systems/index.html>. [Último acceso: 5 Julio 2018].
- [21] C. Chagoyén, C. Álvarez, Y. Brito, J. Moya y Chagoyén, «Comportamiento Estático y Modal del Chasis de un Ómnibus Modernizado,» Ingeniería Mecánica, Cuba, 2013.
- [22] L. Blank y A. Tarquin, Ingeniería Económica, México: McGraw-Hill Interamericana, 2006.

## XI. ANEXOS

### 11.1. ANEXOS A – DIAGNÓSTICO Y JUICIO DE EXPERTOS

#### Anexo\_A 1 Modelo del Diagnóstico



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ENCUESTA N°  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### DIAGNÓSTICO

#### OBJETIVO:

Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

#### INSTRUCCIONES:

Marca con una (X) la opción que mejor se adapte a tu preferencia, si es el caso especifique.

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Razón Social: \_\_\_\_\_
- 1.2. Cargo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ años
- 1.3. Sexo: a. ( ) Masculino b. ( ) Femenino
- 1.4. N° de trabajadores en su fábrica: \_\_\_\_\_
- 1.5. N° de trabajadores en el proceso de cernido: \_\_\_\_\_

#### II. PRODUCCIÓN

- 2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?
  - a. ( ) Si
  - b. ( ) No
- 2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?  
 \_\_\_\_\_
- 2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana? \_\_\_\_\_
- 2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?
  - a. ( ) Si
  - b. ( ) No
- 2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una maquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?
  - a. ( ) Si
  - b. ( ) No
- 2.6. ¿La implementación de una maquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?
  - a. ( ) Si
  - b. ( ) No
- 2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?
  - a. ( ) Si
  - b. ( ) No



### III. PRODUCTO

3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

Si marco "(X)Si" especifique cuales: \_\_\_\_\_

3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

Si marco "(X)Si" especifique cuales: \_\_\_\_\_

### IV. PRECIO

4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

Especifique porque: \_\_\_\_\_

4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

### V. RIESGO

5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaría esfuerzos físicos?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

5.3. Un investigador está diseñando una maquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?

- a. ( ) Si  
b. ( ) No

MUCHAS GRACIAS

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Encuestador: \_\_\_\_\_

## Anexo\_A 2 Evidencia del diagnóstico realizado en las fábricas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ENCUESTA N°

04

## DIAGNÓSTICO

## OBJETIVO:

Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

## INSTRUCCIONES:

Marca con una (X) la opción que mejor se adapte a tu preferencia, si es el caso especifique.

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Razón Social: FABRICA OLLAS  
 1.2. Cargo: JEFE DE AREA Edad: 45 años  
 1.3. Sexo: a.  Masculino b.  Femenino  
 1.4. N° de trabajadores en su fábrica: 8  
 1.5. N° de trabajadores en el proceso de cernido: 2

## II. PRODUCCIÓN

- 2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?  
300 kg
- 2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana? 300
- 2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una maquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.6. ¿La implementación de una maquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?  
 a.  Si  
 b.  No



### III. PRODUCTO

3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?

- a.  Sí  
b.  No

3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?

- a.  Sí  
b.  No

Si marco "(X)Sí" especifique cuales: ahorro de tiempo, viene para mas operarios y avanzar en otros campos.

3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?

- a.  Sí  
b.  No

Si marco "(X)Sí" especifique cuales: \_\_\_\_\_

### IV. PRECIO

4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?

- a.  Sí  
b.  No

Especifique porque: SE NECESITA, PARA AVANZAR MAS OPERARIOS.

4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?

- a.  Sí  
b.  No

### V. RIESGO

5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaría esfuerzos físicos?

- a.  Sí  
b.  No

5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?

- a.  Sí  
b.  No

5.3. Un investigador está diseñando una maquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?

- a.  Sí  
b.  No

MUCHAS GRACIAS

Fecha: 04 / 10 / 2017

Encuestador: Mauricio Calderón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ENCUESTA N°  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

08

## DIAGNÓSTICO

### OBJETIVO:

Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

### INSTRUCCIONES:

Marca con una (X) la opción que mejor se adapte a tu preferencia, si es el caso especifique.

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Razón Social: Imporio Inca SAC  
 1.2. Cargo: Je fe. Edad: 49 años  
 1.3. Sexo: a.  Masculino b.  Femenino  
 1.4. N° de trabajadores en su fábrica: 8  
 1.5. N° de trabajadores en el proceso de cernido: 3

### II. PRODUCCIÓN

- 2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?  
240 Kg
- 2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana? 300
- 2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una maquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.6. ¿La implementación de una maquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?  
 a.  Si  
 b.  No
- 2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?  
 a.  Si  
 b.  No



### III. PRODUCTO

3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?

- a.  Si  
b.  No

3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?

- a.  Si  
b.  No

Si marco "(X)Si" especifique cuales: avance en mi producción generar  
man obra.

3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?

- a.  Si  
b.  No

Si marco "(X)Si" especifique cuales: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### IV. PRECIO

4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?

- a.  Si  
b.  No

Especifique porque: Para avanzar en los moldeadores

4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?

- a.  Si  
b.  No

### V. RIESGO

5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaría esfuerzos físicos?

- a.  Si  
b.  No

5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?

- a.  Si  
b.  No

5.3. Un investigador está diseñando una maquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?

- a.  Si  
b.  No

MUCHAS GRACIAS

Fecha: 04/10/2017

Encuestador: Muonio Calderón



## Anexo\_A 3 Planilla juicio de expertos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO CHICLAYO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 23 DE OCTUBRE  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DEL 2017

### PLANILLAS JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el diagnóstico de la situación actual del proceso de cernido que hace parte de la investigación del Diseño de una máquina cernidora de bajo costo con herramientas CAD – CAE para uso microindustrial en Lambayeque. La evaluación del diagnóstico es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa de la Ingeniería Mecánica Eléctrica como a sus aplicaciones. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: JOSE LITO SANCHEZ RECAL

FORMACIÓN ACADÉMICA ING. INDUSTRIAL

AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL PRODUCCIÓN, MANTENIMIENTO, CALIDAD

TIEMPO 10 AÑOS CARGO ACTUAL JEFE DE PLANTA, DOCENTE DE INGENIERÍA

INSTITUCIÓN INDUSTRIA LA CASA DEL TORNILLO - USAT

Objetivo de la investigación: Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

Objetivo del juicio de expertos: ESTÁN BIEN FORMULADAS LAS PREGUNTAS

PARA EL DIAGNÓSTICO.

Objetivo de la prueba: ESTÁN LISTAS PARA IMPLEMENTAR EN LA EMPRESA

TODO LO REFERENTE AL DIAGNÓSTICO

DIMENSIÓN	ITEM	SUFICIENCIA*	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	OBSERVACIONES
I. DATOS GENERALES	1.1. Razón Social	4	4	4	4	—
	1.2. Cargo		4	4	4	—
	1.3. Edad		4	4	4	—
	1.4. Sexo		4	4	4	—
	1.5. N° de trabajadores en su fábrica		4	4	4	—
	1.6. N° de trabajadores en el proceso de cernido		4	4	4	—
II. PRODUCCIÓN	2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?	4	3	3	3	—
	2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?		4	4	4	—
	2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana?		4	4	4	—
	2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?		4	4	4	—
	2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una máquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?		4	4	4	—
	2.6. ¿La implementación de una máquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?		4	4	4	—
	2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?		4	4	4	—
III. PRODUCTO	3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?	2	3	3	3	—
	3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?		2	2	2	—
	3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?		2	2	2	—
IV. PRECIO	4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?	4	4	4	4	—
	4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?		4	4	4	—
V. RIESGO	5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaría esfuerzos físicos?	4	4	4	4	—
	5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?		4	4	4	—
	5.3. Un investigador está diseñando una máquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?		4	4	4	—

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? ¿Cuál? —

\*Para los casos de equivalencia semántica se deja una casilla por ítem, ya que se evaluará si la traducción o el cambio en vocabulario son suficientes.

  
Firma



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO CHICLAYO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 25 DE OCTUBRE  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DEL 2017

### PLANILLAS JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el diagnóstico de la situación actual del proceso de cernido que hace parte de la investigación del Diseño de una máquina cernidora de bajo costo con herramientas CAD – CAE para uso microindustrial en Lambayeque. La evaluación del diagnóstico es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa de la Ingeniería Mecánica Eléctrica como a sus aplicaciones. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: ALEJANDRO VERA LAZARO  
 FORMACIÓN ACADÉMICA ING. MECÁNICO - Msc. Ingeniería Mecánica - Eléctrica  
Docbrando en Ingeniería  
 AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL Diseño Mecánico Computacional  
Energía  
 TIEMPO 15 años CARGO ACTUAL Docente - Investigador.  
 INSTITUCIÓN USAT

Objetivo de la investigación: Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

Objetivo del juicio de expertos: No observa def. organización y claridad en las preguntas planteadas.

Objetivo de la prueba: Las preguntas están diseñadas para realizar el diagnóstico de la situación actual del proceso de cernido.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO CHICLAYO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 26 DE OCTUBRE  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DEL 2017

### PLANILLAS JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el diagnóstico de la situación actual del proceso de cernido que hace parte de la investigación del Diseño de una máquina cernidora de bajo costo con herramientas CAD – CAE para uso microindustrial en Lambayeque. La evaluación del diagnóstico es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa de la Ingeniería Mecánica Eléctrica como a sus aplicaciones. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: Amado Aguinaga Paz  
 FORMACIÓN ACADÉMICA Ingeniero Mecánico Electricista  
- Maestría en Ingeniería Mecánica y Electrónica - Energía  
 AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL - Mantenimiento de  
planta Industrial - procesos de fabricación - Operación Pta.  
 TIEMPO 12 CARGO ACTUAL Docencia Universitaria  
 INSTITUCIÓN USAT

Objetivo de la investigación: Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

Objetivo del juicio de expertos: Determinar la calidad,  
pertinencia y efectividad del instrumento

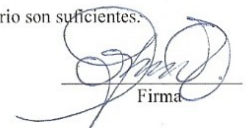
Objetivo de la prueba: Determinar las necesidades en el  
proceso de cernido - fabricación artesanal de Ollas.



DIMENSIÓN	ITEM	SUFICIENCIA*	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	OBSERVACIONES
I. DATOS GENERALES	1.1. Razón Social	4	4	4	4	
	1.2. Cargo		4	4	4	
	1.3. Edad		4	4	4	
	1.4. Sexo		2	2	4	
	1.5. N° de trabajadores en su fábrica		4	4	4	
	1.6. N° de trabajadores en el proceso de cernido		4	4	4	
II. PRODUCCIÓN	2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?	3	3	4	4	
	2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?		4	4	4	
	2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana?		3	4	3	otros items
	2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?		4	4	2	definir avance
	2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una maquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?		4	4	4	
	2.6. ¿La implementación de una maquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?		4	4	4	
	2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?		4	4	2	como mejora la producción
III. PRODUCTO	3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?	4	3	4	4	
	3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?		3	4	4	
	3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?		3	4	4	
IV. PRECIO	4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?	3	4	4	2	cuanto está dispuesto a pagar.
	4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?		4	4	4	
V. RIESGO	5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaría esfuerzos físicos?	4	4	4	2	- de los trabajadores - en el cernido.
	5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?		4	4	4	
	5.3. Un investigador está diseñando una maquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?		4	4	4	

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? ¿Cuál? calidad de producto - uso de cernidora

\*Para los casos de equivalencia semántica se deja una casilla por item, ya que se evaluará si la traducción o el cambio en vocabulario son suficientes.

  
Firma



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO CHICLAYO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 23 DE OCTUBRE  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DEL 2017

### PLANILLAS JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el diagnóstico de la situación actual del proceso de cernido que hace parte de la investigación del Diseño de una máquina cernidora de bajo costo con herramientas CAD – CAE para uso microindustrial en Lambayeque. La evaluación del diagnóstico es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa de la Ingeniería Mecánica Eléctrica como a sus aplicaciones. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: Edwin ARTURO Juarez MANCENA

FORMACIÓN ACADÉMICA INGENIERIA

AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL MAINTENIMIENTO - CONSTRUCCIÓN

DOCENCIA -

TIEMPO 6 AÑOS CARGO ACTUAL DOCENCIA

INSTITUCIÓN USAT

Objetivo de la investigación: Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.

Objetivo del juicio de expertos: USO DE DIMENSIONES ADECUADAS,  
ABIGGAR Y CONSIDERAR OFERTA Y DEMANDA

Objetivo de la prueba: PARA EJECUCIÓN.

DIMENSIÓN	ITEM	SUFICIENCIA*	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	OBSERVACIONES
I. DATOS GENERALES	1.1. Razón Social	4	3	4	4	-
	1.2. Cargo		3	3	3	-
	1.3. Edad		3	4	4	-
	1.4. Sexo		2	3	3	-
	1.5. N° de trabajadores en su fábrica		3	3	3	-
	1.6. N° de trabajadores en el proceso de cernido		3	4	4	-
II. PRODUCCIÓN	2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?	4	4	4	4	-
	2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?		3	4	4	-
	2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana?		3	3	3	-
	2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?		3	3	3	-
	2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una maquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?		4	3	4	-
	2.6. ¿La implementación de una maquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?		3	3	3	-
	2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?		3	3	3	-
III. PRODUCTO	3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?	3	3	3	3	-
	3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?		3	3	3	-
	3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?		3	3	3	-
IV. PRECIO	4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?	4	4	4	4	-
	4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?		3	4	3	-
V. RIESGO	5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaría esfuerzos físicos?	4	4	4	4	-
	5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?		4	4	4	-
	5.3. Un investigador está diseñando una maquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?		4	4	4	-

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? ¿Cuál? OFERTA y DEMANDA.

\*Para los casos de equivalencia semántica se deja una casilla por ítem, ya que se evaluará si la traducción o el cambio en vocabulario son suficientes.

  
Firma





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO CHICLAYO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 28 DE OCTUBRE  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DEL 2017

### PLANILLAS JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el diagnóstico de la situación actual del proceso de cernido que hace parte de la investigación del Diseño de una máquina cernidora de bajo costo con herramientas CAD – CAE para uso microindustrial en Lambayeque. La evaluación del diagnóstico es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa de la Ingeniería Mecánica Eléctrica como a sus aplicaciones. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: JOSÉ EDUARDO CORTESANA MONTAÑA

FORMACIÓN ACADÉMICA Ing. Mecánico Electricista

AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL Docente USAT - INGENIERIA

TIEMPO 3 años CARGO ACTUAL Docente

INSTITUCIÓN USAT

Objetivo de la investigación: Diagnosticar la situación actual del proceso de cernido en las fábricas de ollas artesanales de aluminio en Chacupe – Lambayeque.


Objetivo del juicio de expertos: cumple con el objetivo, necesita algunos reajustes en formulación de preguntas

Objetivo de la prueba: Puede Realizar Diagnóstico

DIMENSIÓN	ITEM	SUFICIENCIA*	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	OBSERVACIONES
I. DATOS GENERALES	1.1. Razón Social	4	4	4	4	—
	1.2. Cargo		4	4	4	—
	1.3. Edad		4	4	4	—
	1.4. Sexo		3	3	3	—
	1.5. N° de trabajadores en su fábrica		4	4	4	—
	1.6. N° de trabajadores en el proceso de cernido		4	4	4	—
II. PRODUCCIÓN	2.1. Actualmente ¿Cuenta usted con una máquina cernidora?	4	4	4	4	—
	2.2. En el proceso de cernido, ¿Cuánto es la cantidad recolectada por hora aproximadamente?		3	4	3	¿Que cantidad por hora recolecta aproximadamente?
	2.3. ¿Cuánto es la cantidad de ollas producidas a la semana?		4	4	3	¿Cuántas ollas produce a la semana?
	2.4. ¿Una máquina cernidora podría facilitar el avance de la producción?		4	4	4	—
	2.5. ¿En su fábrica estarían dispuestos de adquirir una máquina cernidora con el fin de agilizar los tiempos de producción?		3	4	3	Si quisiera agilizar los tiempos de producción ¿estaría dispuesto a adquirir una máquina cernidora?
	2.6. ¿La implementación de una máquina cernidora mejoraría las condiciones de trabajo?		4	4	4	—
	2.7. ¿Sería indispensable una máquina cernidora en la producción de las ollas?		4	4	4	—
III. PRODUCTO	3.1. Conoce usted, ¿Alguna máquina cernidora?	4	4	4	4	—
	3.2. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas ventajas?		4	4	4	—
	3.3. Piensa usted, ¿Que la máquina cernidora genera algunas desventajas?		4	4	4	—
IV. PRECIO	4.1. ¿Usted adquiriría una máquina cernidora?	4	4	4	4	—
	4.2. ¿Desearía que la máquina cernidora sea de bajo costo?		4	4	4	—
V. RIESGO	5.1. ¿Obtener una máquina cernidora evitaria esfuerzos físicos?	4	4	4	4	—
	5.2. Considera usted, ¿Que para manipular una máquina cernidora se debe utilizar implementos de seguridad?		4	4	4	—
	5.3. Un investigador está diseñando una máquina cernidora de bajo costo y cuidando el medio ambiente, ¿Estaría usted dispuesto a que se haga las pruebas necesarias en su fábrica?		4	4	4	—

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? ¿Cuál? \_\_\_\_\_

\*Para los casos de equivalencia semántica se deja una casilla por ítem, ya que se evaluará si la traducción o el cambio en vocabulario son suficientes.

  
Firma

## **11.2. ANEXO B – PROTOCOLO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES**

### Anexo\_B 1 Protocolo de pruebas

#### **11.2.1. Objetivo**

La finalidad del presente protocolo es recaudar datos de campo como son tiempo de abastecimiento y masa, para calcular la densidad de la arena verde y así obtener un diseño eficiente de la máquina.

#### **11.2.2. Alcance**

El principal es obtener la densidad de la arena verde, ya que con el dato proporcionado se puede calcular y diseñar los componentes de la máquina cernidora.

#### **11.2.3. Definiciones**

- Volumen: Corresponde a la medida del espacio que ocupa un cuerpo, y esta expresado en  $m^3$ .
- Masa: Es una magnitud física fundamental que indica la cantidad de materia prima contenido en un cuerpo, y esta expresado en kg.
- Densidad: Se define como la masa por volumen de un cuerpo, y esta expresado en  $kg/m^3$ .

#### **11.2.4. Aspectos de seguridad**

- Utilizar mascarilla de seguridad.
- Emplear las herramientas adecuadas.
- Riesgos ergonómicos por sobreesfuerzos, posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.

#### **11.2.5. Equipos, herramientas y materiales**

- Cronometro digital
- Balanza electrónica
- Wincha
- Balde 20 L
- Palana
- Cámara digital
- EPP's
- Arena verde

## 11.2.6. Desarrollo de los trabajos

### 11.2.6.1. Delimitar el área de trabajo

Parte del proceso consiste en mitigar los riesgos delimitando el área de trabajo.

### 11.2.6.2. Facilidades para el protocolo

- Tener todos los materiales al alcance.
- Estar en un ambiente adecuado.
- Disposición de personal a cargo.

### 11.2.6.3. Medición del balde

Consiste en medir mediante una wincha la altura total, diámetro superior e inferior, para determinar el volumen del balde.

### 11.2.6.4. Medición del tiempo

Se procede a cronometrar el tiempo muerto (llenado del balde) y el tiempo de recepción (abastecimiento hacia la máquina “simulación”), este proceso se realiza por diez veces.

### 11.2.6.5. Medición de masa

Consiste en medir la masa del balde (vacío) y la masa de la arena verde, siendo observado por el investigador. Se realiza por diez veces para tener un valor más aproximado.

### 11.2.6.6. Cálculo de la densidad de la arena verde

Se calcula mediante la masa total de arena verde entre el volumen del balde, obteniendo el valor máximo.

## 11.2.7. Criterios de aceptación

- El primer criterio se basa en la inspección visual de la arena verde, la cual se toma controlando el tiempo (cronómetro digital) de llenado del balde.
- El segundo criterio se basa en la inspección visual de la arena verde, midiendo la masa total mediante una balanza electrónica.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

PROTOCOLO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DEL BALDE 20 L



Diámetro superior 305 mm



Altura total 380 mm



Diámetro inferior 266 mm

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE MASA

**PRUEBAS EXPERIMENTALES EN LA FUNDICIÓN IMPERIO INCA SAC**  
**FÁBRICA LARIBANAL DE VITUBORIO DE ALVARADO EL CARMONA CRACOTE, LAMAYQUE**

OBJETIVO: La finalidad de estas pruebas es determinar la masa por volumen de arena verde y su densidad en función del tipo de la arena.

SECCIONES DE LOS RESULTADOS:

SECCION	1. Prueba	2. Prueba	3. Prueba	4. Prueba	5. Prueba	6. Prueba	7. Prueba	8. Prueba
DESCRIPCION								
Fecha de Ejecución								
Nombre de Operario (s)								
Ubicación								

Formato de prueba



Masa del balde vacío 1 kg



Masa de la arena verde 29,30 kg



Fábrica de Fundición Imperio Inca S.A.C





## PRUEBAS EXPERIMENTALES EN LA FÁBRICA DE FUNDICIÓN IMPERIO INCA SAC

"FÁBRICA ARTESANAL DE UTENSILIO DE ALUMINIO EN EL CASERÍO DE CHACUPE - LAMBAYEQUE"

**OBJETIVO:** La finalidad del presente protocolo es recaudar datos de campo como son tiempo de abastecimiento y masa, para calcular la densidad de la arena verde y así obtener un diseño eficiente de la máquina.

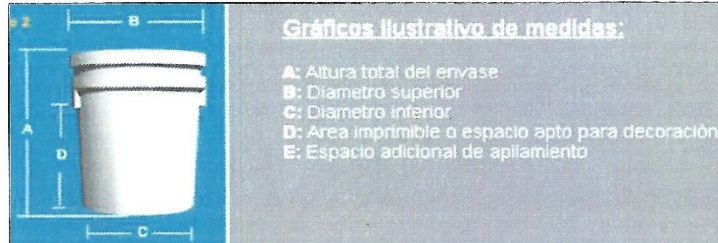


TABLA DE MEDIDAS	
A (cm)	38
B (cm)	30,5
C (cm)	26,6
D (cm)	29

DESCRIPCIÓN	ABASTECIMIENTO DE ARENA VERDE									
	1° Prueba	2° Prueba	3° Prueba	4° Prueba	5° Prueba	6° Prueba	7° Prueba	8° Prueba	9° Prueba	10° Prueba
Tiempo Muerto (s)	13,41	12,79	12,42	13,52	13,97	14,21	14,81	17,46	15,33	16,03
Tiempo de Recepción (s)	9,37	9,25	10,14	9,89	9,06	10,03	9,92	10,36	11,18	10,85
Tiempo Total (s)	22,78	22,04	22,56	23,41	23,03	24,24	24,73	27,82	26,51	26,88

DESCRIPCIÓN	MASA DE ARENA VERDE									
	1° Prueba	2° Prueba	3° Prueba	4° Prueba	5° Prueba	6° Prueba	7° Prueba	8° Prueba	9° Prueba	10° Prueba
Masa en Vacío (kg)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Masa de Relleno (kg)	28,9	29,03	29,08	29,3	29,15	29,27	29,3	28,93	29	29,3
Masa Total (kg)	27,9	28,03	28,08	28,3	28,15	28,27	28,3	27,93	28	28,3

Palanas	4 a 5 aprox	Tiempo de llenado de arena verde cernida en un balde	4'32"
---------	-------------	--	-------

### 11.3. ANEXO C – CATÁLOGOS

Anexo\_C 1 Catálogo de mallas inoxidables C304 colado – REPER METAL PERU SAC

## COLADO Y SELECCIÓN

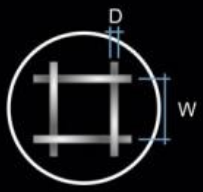
**MALLAS INOXIDABLES C304**

**Ancho 1.22 mts.**

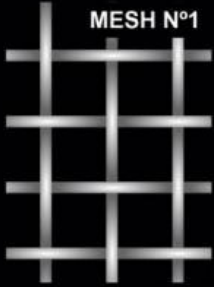
CÓDIGO	NÚMERO	ABERTURA mm.	HILO mm.
MI02E001	1	24.00	2.50
MI020003	3	7.22	1.82
MI020004	4	5.25	1.10
MI020005	5	4.08	0.90
MI020006	6	3.33	0.92
MI020008	8	2.38	0.80
MI020010	10	1.94	0.63
MI020012	12	1.62	0.50
MI020014	14	1.31	0.50
MI020016	16	1.15	0.45
MI020018	18	1.12	0.44
MI020020	20	0.87	0.40
MI020030	30	0.55	0.30
MI020040	40	0.4	0.24
MI020050	50	0.37	0.21
MI020060	60	0.25	0.17
MI020070	70	0.23	0.16
MI020080	80	0.22	0.13
MI020100	100	0.15	0.10
MI020120	120	0.13	0.08
MI020150	150	0.11	0.06
MI020180	180	0.09	0.05
MI020200	200	0.08	0.05

**Ancho 1.50 mts.**

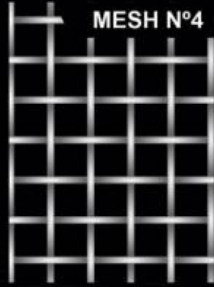
CÓDIGO	NÚMERO	ABERTURA mm.	HILO mm.
MI050100	100	0.02	0.10
MI050180	180	0.09	0.05



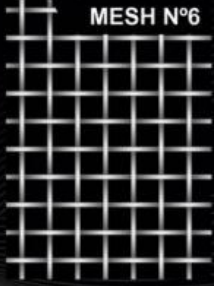
**D** Diámetro del alambre en mm.  
**W** Abertura en mm. entre dos alambres continuos.  
 Mesh: Número de pasos de malla en una pulgada



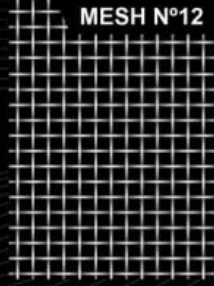
**MESH N°1**




**MESH N°4**



**MESH N°6**



**MESH N°12**



## Anexo\_C 2 Máquinas cernidoras existentes en el mercado - INDIAMART

MÁQUINAS	MÁQUINA CERNIDORA #01	MÁQUINA CERNIDORA #02	MÁQUINA CERNIDORA #03	MÁQUINA CERNIDORA #05
LARGO (m)	1,2	1,2	1,2	1,2
DIÁMETRO (m)	0,6	-	0,8	0,68
LINK	<a href="#">URL</a>	<a href="#">URL</a>	<a href="#">URL</a>	<a href="#">URL</a>
IMAGEN				



## Anexo\_C 3 Estructura general del reductor de engrane cilíndrico

3



### Estructura del reductor

Estructura general de los reductores de engranajes cilíndricos

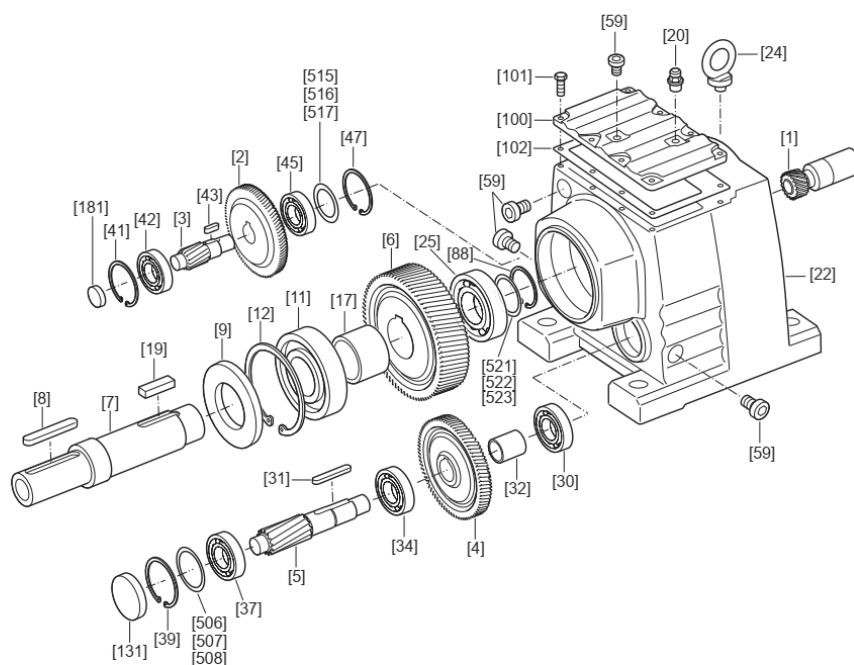
### 3 Estructura del reductor



#### NOTA

Las ilustraciones siguientes deben entenderse como ilustraciones de carácter general. Sólo sirven de ayuda para la asignación de las piezas a las listas de despiece correspondientes. Es posible que existan diferencias en función del tamaño de reductor y de su diseño.

#### 3.1 Estructura general de los reductores de engranajes cilíndricos



19194251

[1] Piñón	[19] Chaveta	[42] Rodamientos	[507] Arandela de ajuste
[2] Rueda	[20] Tapón de salida de gases	[43] Chaveta	[508] Arandela de ajuste
[3] Árbol piñón	[22] Carcasa	[45] Rodamientos	[515] Arandela de ajuste
[4] Rueda	[24] Tornillo de sujeción	[47] Circlip	[516] Arandela de ajuste
[5] Árbol piñón	[25] Rodamientos	[59] Tapón roscado	[517] Arandela de ajuste
[6] Rueda	[30] Rodamientos	[88] Circlip	[521] Arandela de ajuste
[7] Eje de salida	[31] Chaveta	[100] Tapa del reductor	[522] Arandela de ajuste
[8] Chaveta	[32] Distanciador	[101] Tornillo hexagonal	[523] Arandela de ajuste
[9] Retén	[34] Rodamientos	[102] Junta	
[11] Rodamientos	[37] Rodamientos	[131] Capuchón	
[12] Circlip	[39] Circlip	[181] Capuchón	
[17] Distanciador	[41] Circlip	[506] Arandela de ajuste	

10

**SEW**  
EURODRIVE

Instrucciones de montaje y funcionamiento – Reductores de las series R..7, F..7, K..7, S..7, SPIROPLAN® W

## Anexo\_C 4 Denominación de las posiciones de montaje del motorreductor

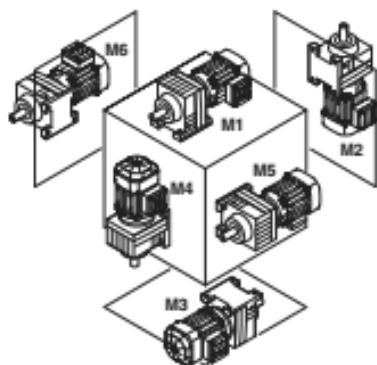
7

**Posiciones de montaje**

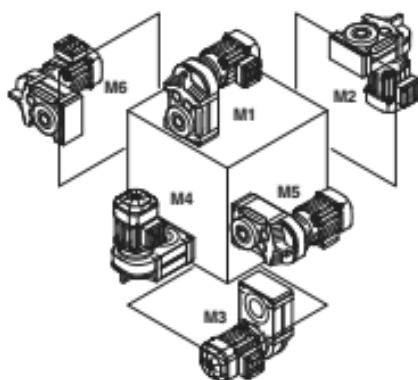
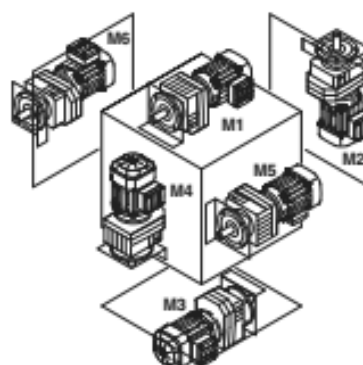
Denominación de las posiciones de montaje

**7 Posiciones de montaje****7.1 Denominación de las posiciones de montaje**

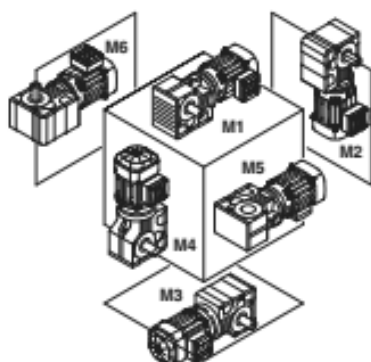
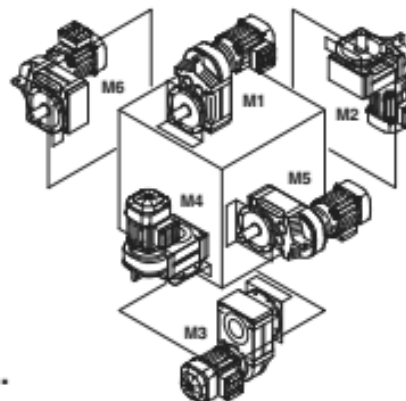
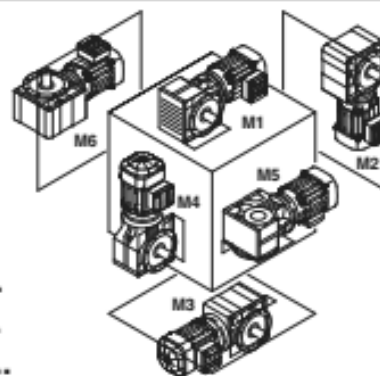
Para los reductores, SEW distingue entre las seis posiciones de montaje M1 – M6. La siguiente representación muestra la distribución espacial del motorreductor para las posiciones de montaje de M1 – M6.



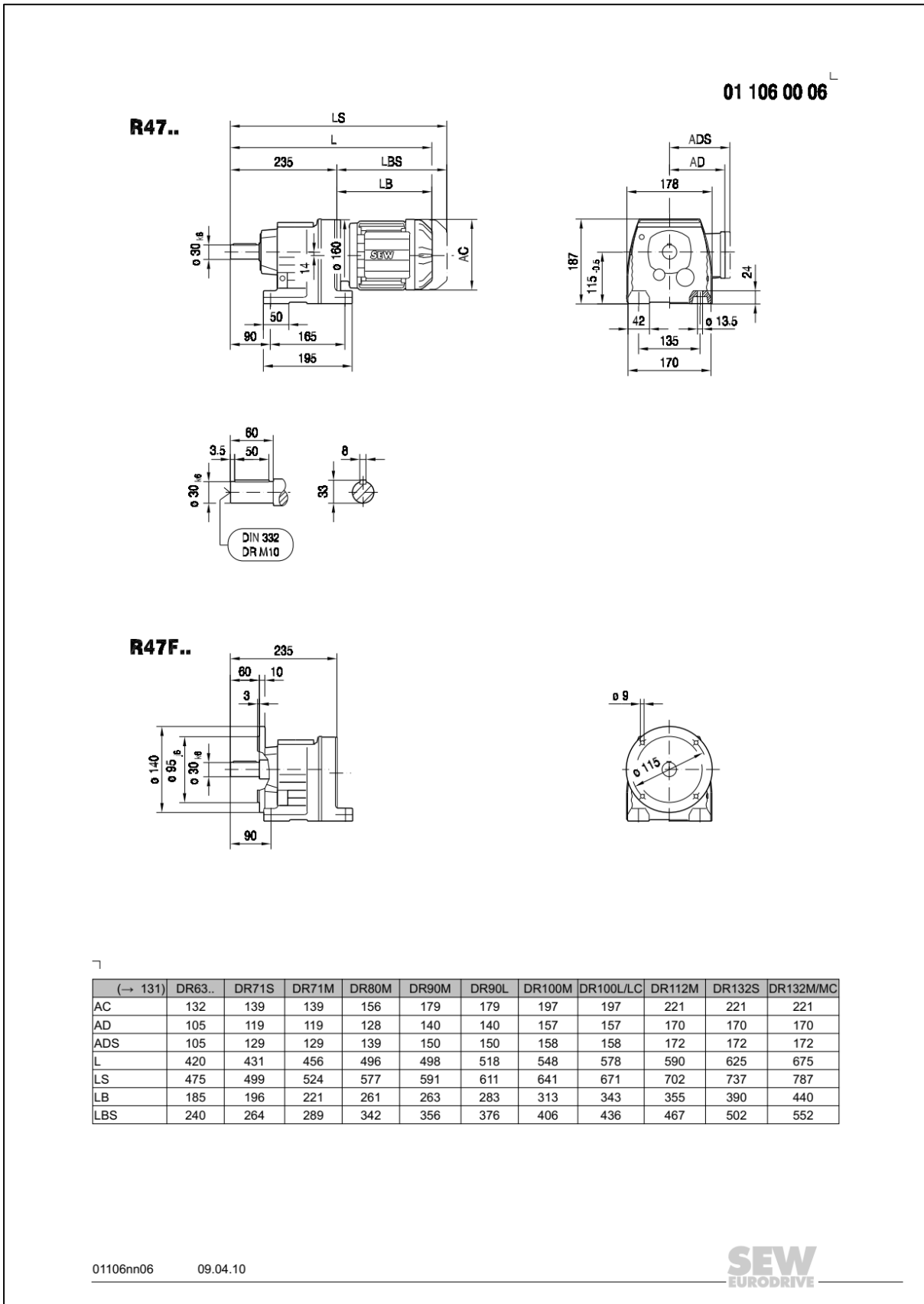
R..




F..

K..  
S..  
W..

Anexo\_C 5 Medidas del Motorreductor\_R47 DRS71S4



## Anexo\_C 6 Barras redondas lisas ASTM A36 – ACEROS AREQUIPA



**DIMENSIONES**  
Sistema Inglés  
(pulgadas)

3/8	1 1/4
1/2	1 3/8
5/8	1 1/2
3/4	1 3/4
7/8	2
1	2 1/4
1 1/8	2 1/2

**PRESENTACIÓN:**  
Se produce en longitudes de 6 metros.  
Las barras de diámetros mayores a 1" se entregan además pulidas. Se suministra en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetones de 1 TM c/u. La calidad 1045 se identifica con los colores blanco, o blanco y negro.

**USOS:**  
Estructuras metálicas de todo tipo, construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventanas, rejas de protección y decorativas, barandas, carpintería metálica artística, muebles, mesas, sillas, adornos, herramientas (martillos, tenazas, cinceles, etc), pernos, tuercas (por recalado o mecanizado), ejes, pines, pasadores, etc.

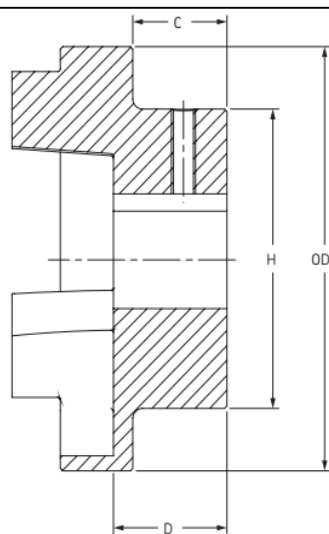
**PROPIEDADES MECÁNICAS:**  
**ASTM A36:** Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm<sup>2</sup>. (\*)  
Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 kg/cm<sup>2</sup> (\*)  
Alargamiento en 200 mm = 20.0 % mínimo  
**SAE 1045 :** Límite de Fluencia mínimo = 4,000 - 5,500 kg/cm<sup>2</sup>. (\*)  
Resistencia a la Tracción = 6,700 - 8,200 kg/cm<sup>2</sup> (\*)  
Alargamiento en 200 mm = 12.0 % mínimo  
(\*) Valores referenciales.

**NORMAS TÉCNICAS:**  
Composición Química : ASTM A36, SAE 1045  
Tolerancias Dimensionales  
- Barras de diámetros ≤ a 1" : ISO 1035/4  
- Barras de diámetros > a 1" : ASTM A6 / A6M

## Anexo\_C 7 Catálogo de soporte y rodamiento – SKF

Dimensiones		Dimensions	Dimensiones		Capacidad de carga básica	Basic load ratings	Capacidad de carga básica	Designaciones			
d	A	H	H <sub>1</sub>	J	L	C	C <sub>0</sub>		Unidad de rodamientos	Soporte	Rodamiento
mm				mm	mm	kN	kN	r/min			
♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
25	32	71	36.5	105.5	134	14	7.8	1500	<b>SYK 25 LD</b>	SYK 505	YSPAG 205
30	40	82.5	42.9	121	159	19.5	11.2	1200	<b>SYK 30 LD</b>	SYK 506	YSPAG 206
30	40	82.5	42.9	121	159	19.5	11.2	1200	<b>SYK 30 TD</b>	SYK 506	YARAG 206
30	40	82.5	42.9	121	159	19.5	11.2	1200	<b>SYK 30 WD</b>	SYK 506	YELAG 206
35	45	93.5	47.6	126	164	25.5	15.3	1100	<b>SYK 35 WD</b>	SYK 507	YELAG 207
35	45	93.5	47.6	126	164	25.5	15.3	1100	<b>SYK 35 LD</b>	SYK 507	YSPAG 207
35	45	93.5	47.6	126	164	25.5	15.3	1100	<b>SYK 35 TD</b>	SYK 507	YARAG 207
40	48	99.5	49.2	136	176	30.7	19	950	<b>SYK 40 LD</b>	SYK 508	YSPAG 208
40	48	99.5	49.2	136	176	30.7	19	950	<b>SYK 40 TD</b>	SYK 508	YARAG 208
40	48	99.5	49.2	136	176	30.7	19	950	<b>SYK 40 WD</b>	SYK 508	YELAG 208

## Anexo\_C 8 Catálogo del acople FRC – SKF



Tipo B

## Dimensiones y características del conjunto

Tamaño	Longitud del conjunto (L) comprendiendo las mazas tipo			Masa kg	Inercia kg/m <sup>2</sup>	Rigidez torsional Nm/°	Desalineación			Torque nominal Nm	Torque máx Nm
	FF, FH, HH	FB, HB	BB				Angular °	Paralela mm	Axial mm		
70	65,0	65,0	65,0	1,00	0,00085	-	1	0,3	0,2	31,5	72
90	69,5	76,0	82,5	1,17	0,00115	-	1	0,3	0,5	80	180
110	82,0	100,5	119,0	5,00	0,0040	65	1	0,3	0,6	160	360
130	89,0	110,0	131,0	5,46	0,0078	130	1	0,4	0,8	315	720
150	107,0	129,5	152,0	7,11	0,0181	175	1	0,4	0,9	600	1500
180	142,0	165,5	189,0	16,60	0,0434	229	1	0,4	1,1	950	2350
230	164,5	202,0	239,5	26,00	0,1207	587	1	0,5	1,3	2000	5000
280	207,5	246,5	285,5	50,00	0,4465	1025	1	0,5	1,7	3150	7200

La Masa se indica para un acoplamiento FF, FH o HH con bujes de rango medio.

## Dimensiones

Tamaño	Dimensiones comunes		Tipo F y H					Tipo B					
	OD	H	Tamaño del buje	Orificio		C	D	J+	Diámetro del orificio		Tornillo de Fijación	C	D
				Min	Max				Max	mínimo			
70	69	60	1008	9	25	20	23,5	29	32	10	M6	20	25,8
90	85	70	1108	9	28	19,5	23,5	29	38	10	M6	26	30,0
110	112	100	1610	14	42	18,5	26,5	38	55	10	M10	37	45,3
130	130	105	1610	14	42	18	26,5	38	60	20	M10	39	47,5
150	150	115	2012	14	50	23,5	33,5	42	70	28	M10	46	60,0
180	180	125	2517	16	60	34,5	46,5	48	80	28	M10	58	70,0
230	225	155	3020	25	75	39,5	52,5	55	100	45	M12	77	90,0
280	275	206	3525	35	100	51	66,5	67	115	55	M16	90	105,5

+ Espacio requerido para ajustar/aflojar el buje en el eje.

## Designaciones

Tamaño	Tipo F	Tipo H	Tipo B sin orificio	Elemento std -40 °C/+100 °C	Elemento F.R.A.S. -20 °C/+80 °C
70	PHE FRC70FTB	PHE FRC70HTB	PHE FRC70RSB	PHE FRC70NR	PHE FRC70FR
90	PHE FRC90FTB	PHE FRC90HTB	PHE FRC90RSB	PHE FRC90NR	PHE FRC90FR
110	PHE FRC110FTB	PHE FRC110HTB	PHE FRC110RSB	PHE FRC110NR	PHE FRC110FR
130	PHE FRC130FTB	PHE FRC130HTB	PHE FRC130RSB	PHE FRC130NR	PHE FRC130FR
150	PHE FRC150FTB	PHE FRC150HTB	PHE FRC150RSB	PHE FRC150NR	PHE FRC150FR
180	PHE FRC180FTB	PHE FRC180HTB	PHE FRC180RSB	PHE FRC180NR	PHE FRC180FR
230	PHE FRC230FTB	PHE FRC230HTB	PHE FRC230RSB	PHE FRC230NR	PHE FRC230FR
280	PHE FRC280FTB	PHE FRC280HTB	PHE FRC280RSB	PHE FRC280NR	PHE FRC280FR

El acoplamiento compuesto esta constituido por 2 mazas y 1elemento

Anexo\_C 9 Guardamotor magnetotérmico 3 $\phi$  – SCHNEIDER ELECTRIC

HP 220/440V	Regulación (A)	I Corte 415 V
0.1/0.12	0.25 - 0.44	>100kA
0.1/0.24	0.40 - 0.63	>100kA
0.25/0.5	0.63 - 1	>100kA
0.34/0.75	1 - 1.6	>100kA
0.5/1.5	1.6 - 2.5	>100kA
1/2	2.5 - 4	>100kA
1.5/4	4 - 6.3	>100kA
3/5	6 - 10	>100kA
4/10	9 - 14	15kA
5/10	13 - 18	15kA
7/12	17 - 23	15kA
7/15	20 - 25	15kA
10/20	24 - 32	15kA

## Anexo\_C 10 Contactor – SCHNEIDER ELECTRIC

Corriente Nominal (A)	Tensión de Operación del motor (V)	Potencia Máxima (HP)	Tensión de bobina (V)
9	230	1.5	120 Vac
	480	2	
18	230	3	120 Vac
	480	5	
27	230	7.5	120 Vac
	480	10	
45	230	15	120 Vac
	480	25	
90	230	30	120 Vac
	480	50	
135	230	50	120 Vac
	480	100	
270	230	100	120 Vac
	480	200	
540	230	200	120 Vac
	480	400	

## Anexo\_C 11 Pulsadores 1NA + 1NC – SCHNEIDER ELECTRIC

Descripción	Color	Contacto
Rasante	plaquetas: negro, rojo, verde, amarillo naranja, azul y blanco	1 NANC
Saliente		1 NANC

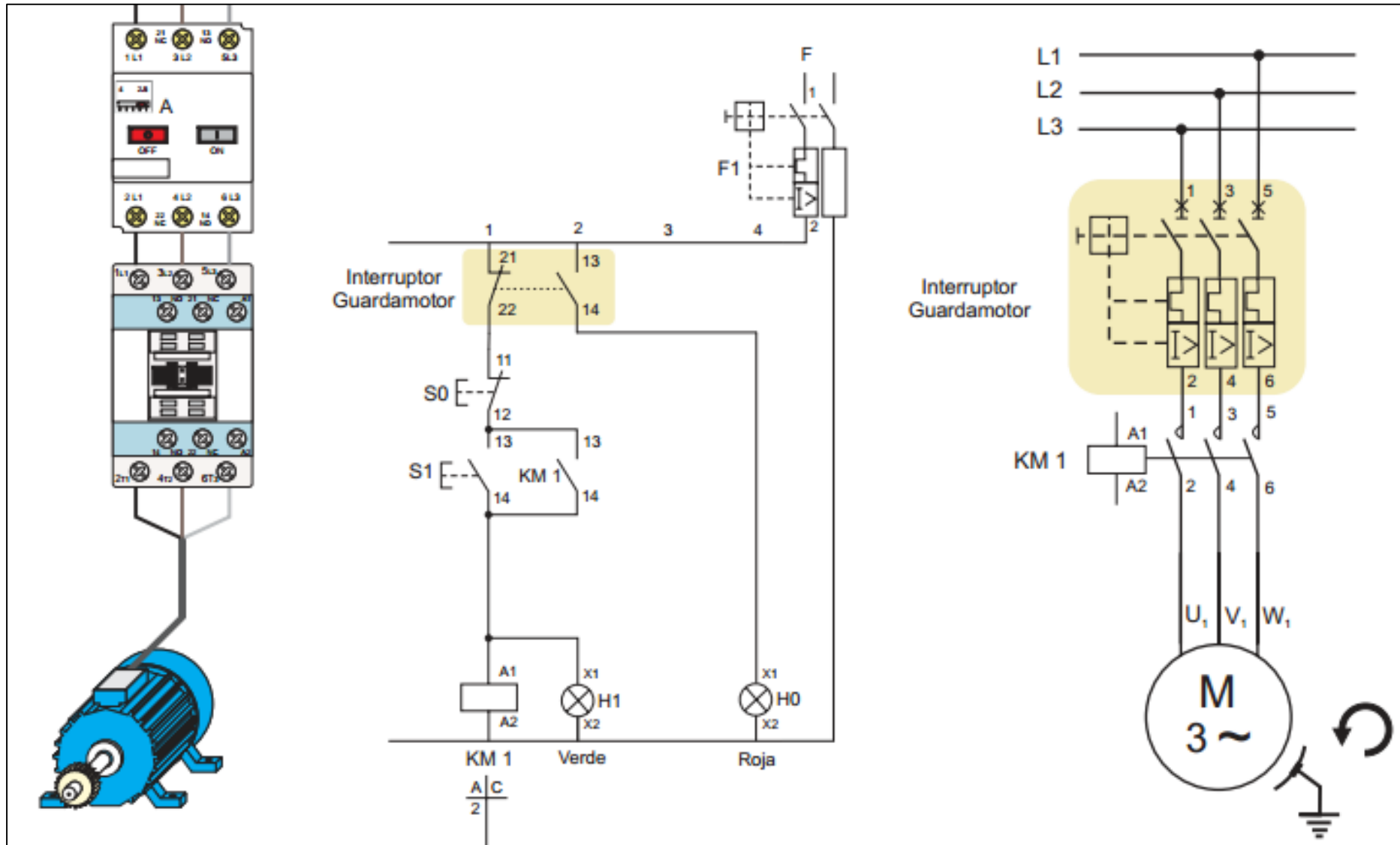
## Anexo\_C 12 Lámparas de señalización – SCHNEIDER ELECTRIC

Descripción	Color	Contacto
Bulbo incandescente (no incluido)	24 VAC/DC	Verde
		Rojo
		Amarillo
	120 VAC/DC	Verde
		Rojo
		Amarillo
	240 VAC/DC	Verde
		Rojo
		Amarillo
LED de alta luminosidad (incluido)	24 VAC/DC	Verde
		Rojo
		Amarillo
	120 VAC/DC	Verde
		Rojo
		Amarillo
	240 VAC/DC	Verde
		Rojo
		Amarillo

Anexo\_C 13 Conductor THW – 90 mm<sup>2</sup> – INDECO

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm <sup>2</sup> )								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Anexo\_C 14 Diagrama unifilar de fuerza y control de un motor – AULA ELÈCTRICA





## 11.4. ANEXO D – COTIZACIONES

Anexo\_D 1 Malla inoxidable C304



**COTIZACION 0001-0000727**

Lima, 20 Junio del 2018

**CLIENTE** : AGRIBRANDS PURINA PERU S.A.  
**RUC** : 20100166578  
**DIRECCION** : KM 3.5 CARRETERA PIMENTEL ZONA INDUSTRIAL -  
 CHICLAYO  
**TELEFONO** : 4852000 / ANX 7221  
**CONTACTO** : Juan Vasquez R  
**EMAIL** : [juan.j.vasquez@carqill.com](mailto:juan.j.vasquez@carqill.com)

Vendedor	Telefonos	Email
ERIKA ZAPATA P.	993424430	ventas3@repermetalperu.com.pe

ITEM	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	P.UNITARIO	DESCUENTO	TOTAL
0001	111020100	1.00	0.15 X 0.10 X 1.22 X 30 M.M. MALLA INOXIDABLE COLADO Y SELECCIÓN (C304) Número: 100 Abertura: 0.15 mm Hilo: 0.10 mm Ancho: 1.22 mts	68.75	0.00	68.75

SON: OCHENTA Y UNO CON TRECE CENTESIMAS DE SOLES

SUB TOTAL	S/	68.75
I.G.V. (18%)	S/	12.38
<b>TOTAL</b>	<b>S/</b>	<b>81.13</b>

### CONDICIONES COMERCIALES

**VALIDEZ DE OFERTA** : 7 DIAS  
**FORMA DE VENTA** : FACTURA A 30 DIAS  
**TIEMPO DE ENTREGA** : 1 DIAS  
**LUGAR DE ENTREGA** : KM 3.5 CARRETERA PIMENTEL ZONA INDUSTRIAL - CHICLAYO  
**OBSERVACIONES** :

BANCO CONTINENTAL  
 cuenta dólares 0011-0107-01000 29431  
 cuenta soles 0011-0107-01000-29423

BANCO DE CREDITO  
 cuenta dólares 192-2223852-1-60  
 cuenta soles 192-2297926-0-71

## Anexo\_D 2 Cotización del Motorreductor\_R47 DRS71S4



SEW EURODRIVE DEL PERU S.A.C.

RUC: 20471133770

Calle los Calderos 122 - Ate - Lima - Perú

Teléfono: + 511 - 2086700

Fax: + 511 - 3493002

e-mail: ventas@sew -eurodrive.com.pe

## Cotización

Nuestra Ref.:2905943

Fecha : 14. Junio 2018

Pág.: 1 de 2

## AGRIBRANDS PURINA PERU S.A. (41000133)

Atención : Juan Vasquez

Teléfono: 4851875

Teléfono Móvil:

Correo: Juan\_J\_Vasquez@cargill.com

Ref. de cliente:

Vendedor: Jorge Siblesz

Teléfono: 982038352

Correo: jorge.siblesz@sew-eurodrive.com.pe

Cotizador: ORC

Item	Material	Cant.	Descripción	Mon.	Precio Unit.	Total
01	SEW	1	Motorreductor_R47 DRS71S4	S/.	2.744,97	2.744,97

Referencia; Cernidor Rotativo

Número de Serie	41.0290594301.0001.18
Descripción de catálogo	R47 DRS71S4
Potencia motor A [kW]	0,370
Vel. salida calculada A [rpm]	25
Par de salida [Nm]	142
Factor de servicio SEW FB	2,10
Índice reducción total [i]	68,54
Posición de montaje / IM	M1
Eje de salida	30x60 mm
Eje de salida	10 mm ExtremoPiñónEje
Brida de Motor	0
Brida de Reductor	FG130 D160
Características access. genera	0
Tipo de servicio S1-S10	S1
Tensión del motor [V]	220/440
Corriente nominal [A]	0,96
Frecuencia del motor [Hz]	60,0
Tipo de conexión	Doble t riángulo / Triángulo
Tipo de protección [IP]	55
TIEMPO DE ENTREGA	5 días útiles,salvo venta prev

cont.



SEW EURODRIVE DEL PERU S.A.C.

RUC: 20471133770

Calle los Calderos 122 - Ate - Lima - Perú

Telefono: + 511 - 2086700

Fax: + 511 - 3493002

e-mail: ventas@sew -eurodrive.com.pe

## Cotización

Nuestra Ref.: 2905943

Fecha : 14. Junio 2018

Pág.: 2 de 2

Nota: El Plazo de entrega se iniciará a partir de la recepción de la orden de compra, solo si se cuenta con toda la información técnica necesaria como: posición de montaje , diámetro de brida, diámetro de eje hueco, etc. Cualquier modificación posterior supondrá un nuevo plazo de entrega

Descuento 10,00%	SI.	274,50-
Total:	SI.	2.470,47
IGV 18,00%:	SI.	444,68
Total Ofer:	SI.	2.915,15
Moneda:	PEN	

### Terminos de Oferta

Condiciones de pago : Perú: 30 días F-F

Terminos de entrega : CPT - Lima

Validez de Oferta : del 14.06.2018 al 29/06/2018 Plazo

de Entrega : VER NOTA

Garantía : 12 meses

Números de Cuenta Nacionales:

BANCO CONTINENTAL:

Soles(S/.)0011-0178-16-0100016361 / Dolares(US\$)0011-0178-19-0100016388

BANCO DE CREDITO DEL PERU:

Soles(S/.)193-1113090-0-33 / Dolares(US\$)193-1088882-1-16

Número de Cuenta para el Extranjero:

BANCO DE CREDITO DEL PERU: SWIFT: BCPLPEPL - Cta. Cte.:193-1088882-1-16

### Notas Adicionales

Los plazos de entrega se computaran desde el envio de la OC y el pago respectivo.

No está permitido la anulación de las OC.

## 11.5. ANEXO E – CÁLCULOS

### 11.5.1. Eje de transmisión

Anexo\_E 1 Propiedades de los Aceros ASTM – Robert L. Moot.

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J410b, especificadas por la SAE.

Anexo\_E 2 Factor de la condición superficial de Marin – Shigley

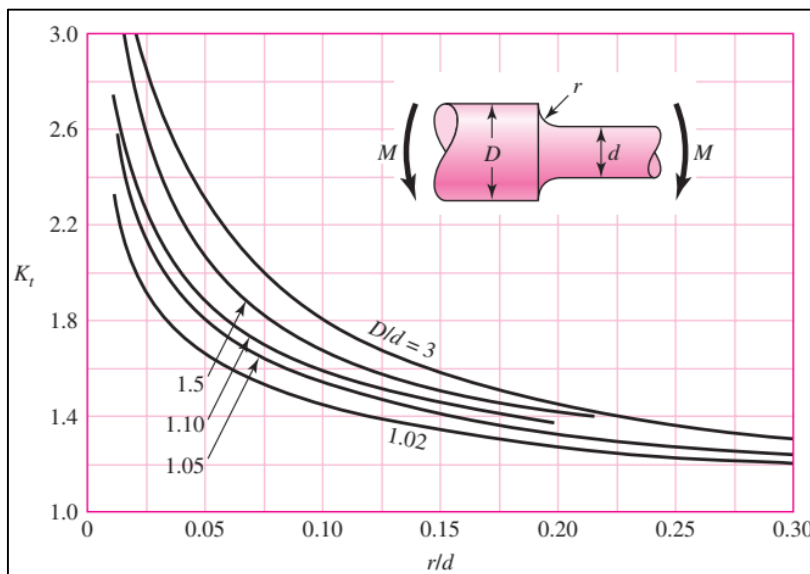
Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horgar (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

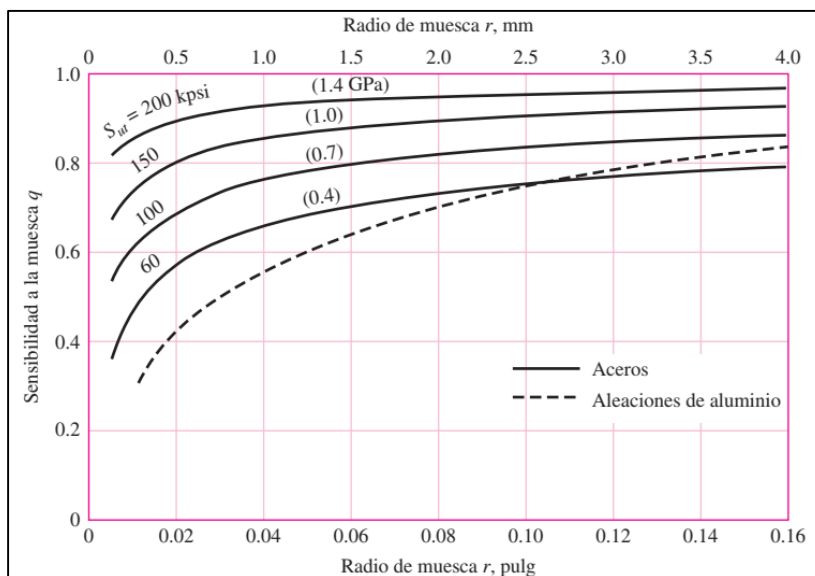
Anexo\_E 3 Factores de confiabilidad – Shigley

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_a$	Factor de confiabilidad $k_c$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

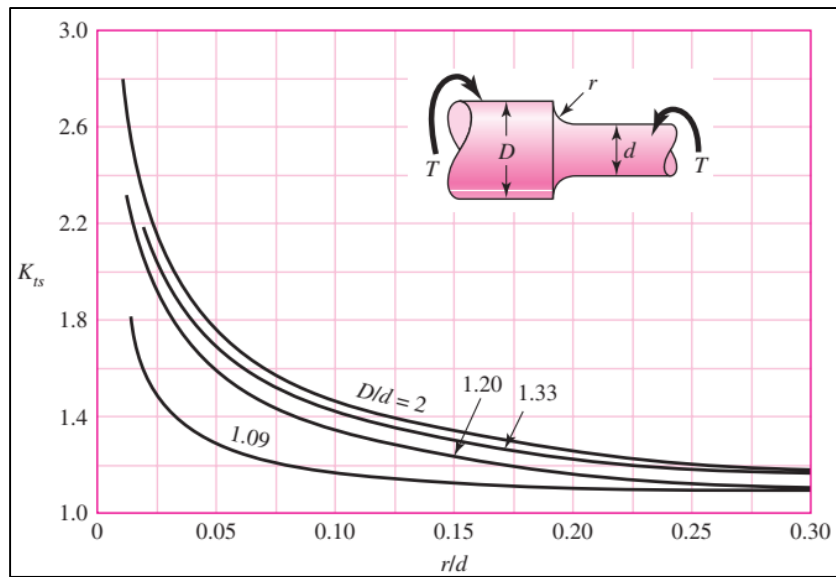
Anexo\_E 4 Eje redondo con filete en el hombro en flexión – Shigley



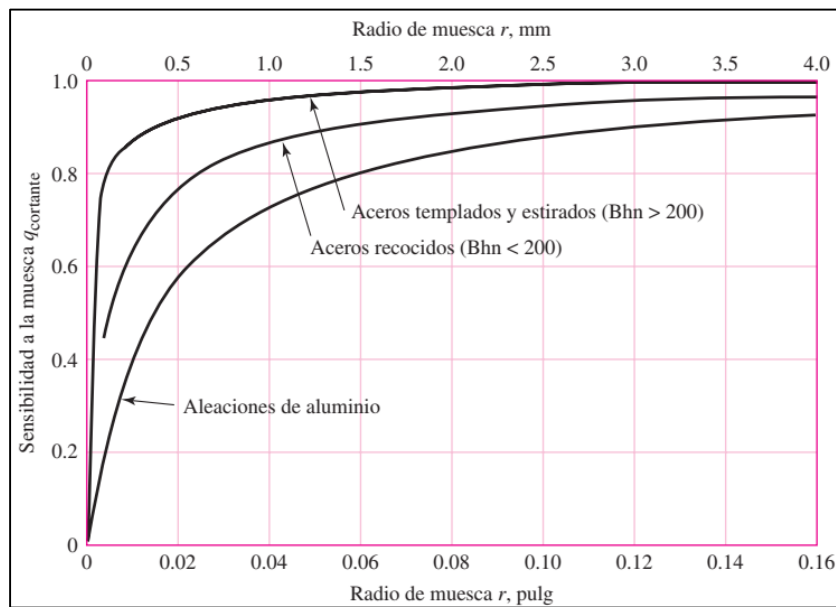
Anexo\_E 5 Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado sometidos a flexión inversa – Shigley



Anexo\_E 6 Eje redondo con filete en el hombro en torsión – Shigley



Anexo\_E 7 Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa – Shigley



## 11.5.2. Rodamientos

## Anexo\_E 8 Factores de cálculo X e Y – SKF

Tabla 7						
Factores de cálculo						
$f_0 F_a/C_0$	Series de rodamientos			17262, 17263		
	YAT 2, YAR 2, YARAG 2, YET 2, YEL 2, YELAG 2, YSP 2, YSPAG 2, YSA 2			e	X	Y
	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,29	0,46	1,88	0,19	0,56	2,3
0,345	0,32	0,46	1,71	0,22	0,56	1,99
0,689	0,36	0,46	1,52	0,26	0,56	1,71
1,03	0,38	0,46	1,41	0,28	0,56	1,55
1,38	0,4	0,46	1,34	0,3	0,56	1,45
2,07	0,44	0,46	1,23	0,34	0,56	1,31
3,45	0,49	0,46	1,1	0,38	0,56	1,15
5,17	0,54	0,46	1,01	0,42	0,56	1,04
6,89	0,54	0,46	1	0,44	0,56	1

## Anexo\_E 9 Valores orientativos de la vida útil especificada de los diferentes tipos de máquinas – SKF

Tabla 9	
Valores orientativos de la vida útil especificada de los diferentes tipos de máquinas	
Tipo de máquina	Vida útil especificada Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos: herramientas eléctricas portátiles, dispositivos de elevación en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos donde se requiere una alta confiabilidad: ascensores (elevadores), grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas al máximo: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizando plenamente sus capacidades: herramientas mecánicas, máquinas para carpintería, máquinas para la industria de la ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de impresión, separadores y centrifugadoras	20 000 ... 30 000
Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: unidades de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Maquinaria para energía eólica, incluidos los rodamientos del eje principal, de orientación, de la caja de engranajes de cambio de paso, del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas de trenzado de cables, maquinaria de propulsión para buques de alta mar	60 000 ... 100 000
Máquinas eléctricas de gran tamaño, plantas de generación de energía, bombas para minas, ventiladores para minas, rodamientos para ejes en túnel para buques de alta mar	> 100 000

Anexo\_E 10 Valores orientativos para el factor de seguridad estática  $s_0$  – SKF

Tabla 11								
Valores orientativos para el factor de seguridad estática $s_0$								
Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios					Rodamientos fijos		
	Requisitos de rendimiento (p. ej., funcionamiento silencioso o funcionamiento sin vibraciones)							
	sin importancia		normal		sup.			
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
<b>Suave, sin vibración</b>	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
<b>Normal</b>	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
<b>Cargas de choque pronunciadas<sup>1)</sup></b>	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	$\geq 3$	$\geq 2$	$\geq 4$	$\geq 1$	$\geq 2$

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula, se recomienda utilizar  $s_0 \geq 4$ .

<sup>1)</sup> Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque, deben utilizarse valores de  $s_0$  por lo menos iguales a los arriba mencionados. Si se conoce la magnitud de las cargas de choque, se pueden aplicar valores de  $s_0$  menores.

## 11.5.3. Acoplamientos

## Anexo\_E 11 Factor de servicio – SKF

	Tipo de unidad de motriz	Tipo de unidad de motriz					
		Motores eléctricos y turbinas de vapor			Motores de combustión interna, turbinas de vapor e hidráulicas		
		Horas de servicio por día			Horas de servicio por día		
		<10	10-16	>16	<10	10-16	>16
<b>Liviano</b>	Agitadores/Mezcladores (líquidos), cintas transportadoras (carga uniforme), ventiladores y aspiradores, bombas centrífugas y compresores, ventiladores (menos de 7,5 kW).	0,8	0,9	1,0	1,3	1,4	1,5
<b>Medio</b>	Agitadores/Mezcladores (exc. líquidos), correas transportadoras (carga variable), ventiladores (más de 7,5 kW), generadores, ejes de transmisión, máquinas herramienta, bombas rotativas y compresores (excepto centrífugas). Maquinaria para las industrias de la alimentación, lavanderías e imprentas.	1,3	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0
<b>Pesado</b>	Transportadores para servicio pesado (elevador, draga/pala, transportador a tornillo), triturador de martillos, prensas, punzonadoras, cizallas, bombas a pistón y compresores. Maquinaria para la industria textil, del papel, de ladrillos y aserraderos.	1,8	1,9	2,0	2,3	2,4	2,5
<b>Muy pesado</b>	Trituradoras (giratorias, de mandíbulas, por rodillos), Molinos para serv. pesado (molinos de bolas, de barras), equipos de izaje.	2,3	2,4	2,5	2,8	2,9	3,0



## **11.6. ANEXO F – PLANOS**

### **11.6.1. Ensamble**

Anexo\_F 1 Ensamble General

Anexo\_F 2 Eje de transmisión

Anexo\_F 3 Chute de ingreso

Anexo\_F 4 Despiece de chute de ingreso

Anexo\_F 5 Chute de descarga

Anexo\_F 6 Despiece de chute de descarga

Anexo\_F 7 Guarda de acople

### **11.6.2. Cernidora**

Anexo\_F 8 Ensamble de cernidora

Anexo\_F 9 Marco estructural de la cernidora

Anexo\_F 10 Bocina de unión entre cernidora y eje

Anexo\_F 11 Despiece de cernidora

Anexo\_F 12 Malla

Anexo\_F 13 Guarda de protección transparente

Anexo\_F 14 Despiece de guarda

### **11.6.3. Estructura**

Anexo\_F 15 Ensamble de estructura

Anexo\_F 16 Estructura parantes

Anexo\_F 17 Despiece de estructura

Anexo\_F 18 Soporte de motorreductor

Anexo\_F 19 Despiece de soporte

Anexo\_F 20 Bandeja de retención de arena verde

Anexo\_F 21 Despiece de bandeja