

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

**“Diseño e Implementación de un Laminador de Arcilla para  
Mejorar la Producción en la Fabricación de Ladrillos de la  
Empresa Cerámicos A & R”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Alarcón Rojas, César Stàmiz ([orcid.org/0000-0002-4987-4118](https://orcid.org/0000-0002-4987-4118))

Zavaleta Carranza, Rusbel Yenson ([orcid.org/0000-0001-2621-4045](https://orcid.org/0000-0001-2621-4045))

**ASESOR:**

MG. Luis Alberto Julca Verastegui ([orcid.org/0000-0003-1208-1242](https://orcid.org/0000-0003-1208-1242))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO - PERÚ

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos con todo cariño y admiración la tesis a nuestros padres pues sin ellos no se hubiese logrado, su bendición a diario y a lo largo de nuestra vida nos protege y nos lleva por lindero del bien. Por eso les damos nuestro trabajo en respuesta por su paciencia, gratitud y amor.

También una dedicatoria especial a nuestros hermanos y hermanas que con su alegría y comprensión han hecho que la vida universitaria sea muy amena, constructiva.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por bendecirnos con vida, salud y guiarnos por el camino correcto, a nuestros padres que son los promotores de nuestras metas, logros, por su incondicional respaldo frente a las adversidades encontradas a lo largo de nuestra vida universitaria. También a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, por colaborar con su discernimiento a lo largo de nuestra formación Ingenieril.

## ÍNDICE

<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II.MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>III.METODOLOGÍA</b> .....	11
<b>3.1.Tipo y diseño de la investigación</b> .....	11
3.1.1.Tipo de Investigación: Aplicada .....	11
3.1.2.Diseño de investigación: PRE EXPERIMENTAL .....	11
<b>3.2.Operacionalización de variables</b> .....	12
<b>3.3.Población, muestra y muestreo</b> .....	13
<b>3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	13
<b>3.5.Procedimiento</b> .....	13
<b>3.6.Método de análisis de datos</b> .....	15
<b>3.7.Aspectos éticos</b> .....	15
<b>IV.RESULTADOS</b> .....	16
<b>4.1.Matriz de selección</b> .....	16
<b>4.2.Cálculo de torque y potencia del motor</b> .....	19
4.2.1.Cálculo de Torque.....	19
4.2.2.Cálculo de Potencia.....	19
4.2.3.Factor de servicio (n).....	19
<b>4.3.Cálculos de transmisión de potencia</b> .....	19
4.3.1.Distance de Centros: .....	20
4.3.2.Velocidad Óptica de Funcionamiento:.....	21
4.3.3.Longitud de Paso de Banda:.....	21
4.3.4.Longitud de Paso:.....	21
4.3.5.Distance Real entre los Centros de Polea: .....	21
4.3.6.Potencia de Diseño:.....	21
4.3.7.Potencia Corregida:.....	22
4.3.8.Número de Correas: .....	23
4.3.9.Ángulo de Contacto:.....	23
4.3.10.Fuerza Centrífuga: Fc .....	23
4.3.11.Variación de la Fuerza-Faja:.....	24
4.3.12.Factor de seguridad: .....	24
4.3.13.Tensión en la banda: .....	24
4.3.14.Durabilidad de la banda .....	25

4.3.15.Intervalo de validez:	25
4.4.Tensiones en las poleas	26
4.5.Cálculo del eje	27
4.1.1.Plano Y-Z	29
4.1.2.Plano X-Z	31
4.1.3.Circulo de Mohr Coulomb	33
4.6.Dimensionamiento de chaveta	33
4.6.1.Cálculo de falla por cizalladura:	34
4.6.2.Longitud de la chaveta:	35
4.7.Cálculo de la escala del resorte ( $K$ )	36
4.8.Cálculo de pernos de anclaje	39
4.9.Cálculo de soldadura para las uniones del eje con respecto al rodillo	40
4.10.Análisis de eje por fatiga	42
4.11.Cálculo de disponibilidad de rodamientos para laminador	46
4.11.1.Cálculo de velocidad angular	46
4.11.2.Cálculo de fuerza axial en apoyos	46
4.11.3.Análisis de carga estática equivalente	47
4.11.4.Cálculo de duración en horas de rodamiento "B"	48
4.12.Simulación de análisis estático en CAD	49
4.12.1.Análisis estático se la base del laminador.	49
4.12.2.Análisis estático del eje	50
4.12.3.Análisis estático de los rodillos.	50
4.13.Diseño del sistema eléctrico	51
4.14.Cálculo de retorno de inversión:	55
V.DISCUSIONES	57
VI.CONCLUSIONES	57
VII.RECOMENDACIONES	58
VIII.REFERENCIAS	59
IX.ANEXOS	61

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla I.</b> Operación de variables.....	12
<b>Tabla II.</b> Selección de criterio.....	16
<b>Tabla III.</b> Selección de configuración geométrica .....	17
<b>Tabla IV.</b> Selección del sistema de trituración .....	17
<b>Tabla V.</b> Selección del sistema de accionamiento.....	18
<b>Tabla VI.</b> Cronograma de actividades.....	63
<b>Tabla VII.</b> Cosos de fabricación de Laminador.....	64
<b>Tabla VIII.</b> Factores de conversión de unidades seleccionada.....	65
<b>Tabla IV.</b> Dimensiones de roscas unificadas (UNS).....	66
<b>Tabla X.</b> Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM del acero A36.....	67
<b>Tabla XI.</b> Especificaciones SAE para pernos UNS de acero.....	68
<b>Tabla XII.</b> Plan de mantenimiento preventivo del laminador.....	70
<b>Tabla XIII.</b> Unidades.....	76
<b>Tabla XIV.</b> Propiedades del material.....	77
<b>Tabla XV.</b> Cargas y sujeciones.....	78
<b>Tabla XVI.</b> Cargas y sujeciones pate 2.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Falla en la extrusión.....	3
<b>Figura 02.</b> Limpieza del molde.....	3
<b>Figura 03.</b> Cuadro de procesos.....	11
<b>Figura 04.</b> Selección de bandas.....	20
<b>Figura 05.</b> Distancia de centros.....	20
<b>Figura 06.</b> Potencia corregida.....	22
<b>Figura 07.</b> Fuerza centrífuga.....	23
<b>Figura 08.</b> Tensión de banda.....	24
<b>Figura 09.</b> Durabilidad de banda.....	25
<b>Figura 10.</b> Diagrama de las poleas con sus respectivos datos.....	26
<b>Figura 11.</b> Diagrama para cálculo por Pitágoras.....	26
<b>Figura 12.</b> Diagrama fuerzas que actúan en el rodillo.....	27
<b>Figura 13.</b> Diagrama fuerzas que actúan en el eje del rodillo.....	28
<b>Figura 14.</b> Diagrama de cuerpo libre que actúan en el eje del rodillo.....	28
<b>Figura15.</b> Diagrama de cuerpo libre que actúan en el eje del rodillo.....	29
<b>Figura 16.</b> Diagrama de esfuerzo cortante Y-Z.....	29
<b>Figura 17.</b> Diagrama de momento flector Z-Y.....	30
<b>Figura 18.</b> Diagrama de momento flector Y-Z.....	30
<b>Figura 19.</b> Diagrama de cuerpo libre en el eje X-Z.....	31
<b>Figura 20.</b> Diagrama de esfuerzo cortante X-Z.....	32
<b>Figura 21.</b> Diagrama de momento flector Z-X.....	32
<b>Figura 22.</b> Dimensionamiento de chaveta.....	34
<b>Figura 23.</b> Calculo de falla por cizalladura.....	34
<b>Figura 24.</b> Cálculo de la escala del resorte (k).....	35
<b>Figura 25.</b> Constantes para fabricar resortes.....	35
<b>Figura 26.</b> Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte.....	38
<b>Figura 27.</b> Material de aporte.....	40
<b>Figura 28.</b> Diagrama de momento flector Z-X.....	41

<b>Figura 29.</b> Esfuerzos permisibles del código AISC para material de aporte.....	42
<b>Figura 30.</b> Factor de modificación de la superficie.....	43
<b>Figura 31.</b> Factor de modificación de temperatura.....	44
<b>Figura 32.</b> Fracción de resistencia a la fatiga.....	45
<b>Figura 33.</b> Diagrama de cuerpo libre de rodamientos.....	46
<b>Figura 34.</b> Tabla de Valores para evaluar carga estática y dinámica.....	47
<b>Figura 35.</b> Catálogo de rodamientos SKF.....	48
<b>Figura 36.</b> Cálculo de duración en horas de rodamientos.....	49
<b>Figura 37.</b> Base del laminador de rodillos.....	49
<b>Figura 38.</b> Eje del rodillo.....	50
<b>Figura 39.</b> Rodillos laminadores.....	50
<b>Figura 40.</b> Diagrama eléctrico de fuerza.....	52
<b>Figura 41.</b> Diagrama eléctrico de mando.....	53
<b>Figura 42.</b> Circuito de mando energizado, motores en paro.....	54
<b>Figura 43.</b> Circuito de mando energizado, motores en marcha.....	55



## RESUMEN

En ese trabajo se logró diseñar y construir un laminador de arcilla de capacidad de 12 TN/HORA para mejorar la producción continua de ladrillos industriales de arcilla en la empresa Cerámicos A&R- Rioja, San Martín.

Tras una visita a la empresa se observó la problemática existente era el proceso de producción de ladrillos, seguido a ello se procedió a indagar posibles soluciones o investigaciones que nos ayudarían a subsanar el problema existente de baja producción de ladrillos en la empresa, ésto debido a agentes externos que presenta la arcilla en la cantera hasta el proceso de extrusión del ladrillo. Entonces procedimos a diseñar y evaluar posibles soluciones a través de una matriz de selección, evaluando así cada componente de diseño con diferentes ponderamientos para elegir el diseño adecuado que cumpla los propósitos y requerimientos hechos por la empresa. Seguido de ello se determinó las dimensiones de los componentes de la máquina, teniendo ya el dimensionamiento y las fuerzas que actúan sobre ella se simuló la maquina en software sometiendo a esfuerzos para evaluar su comportamiento aplicando teorías de fatiga, esfuerzo por Von Mises, determinando un factor de seguridad ideal de funcionamiento, por último, se evaluó las deformaciones antes de proceder a la construcción física de la misma.

Después de proceder con la construcción del Laminador se evaluó su comportamiento realizando pruebas en vacío y a plena carga, se pudo concluir de manera general que la producción de ladrillos en la empresa cerámicos A&R se logró incrementar en un 30%.

**Palabras clave:** laminador de rodillos, arcilla, producción.

## **ABSTRACT**

In this work it was possible to design and build a 12 Ton/Hour acyl rolling mill to improve the continuous production of industrial clay bricks in the company Cerámicos A&R- Rioja, San Martín.

After a visit to the company, it was observed the problem was the process of brick production, this was followed by the research of possible solutions or researches that would help us to solve this problem of low brick production in the company, this is due to external agents that the clay has in the quarry up to the process of extraction of the brick. Then, we designed and evaluated possible solutions through a selection matrix, thus evaluating each design component with different weights to choose the right design that accomplishes the purposes and requirements made by the company. After this, it was determined the proportions of the machine components, having already the sizing and the forces that act on it, it was simulated the machine in software by submitting itself to efforts to evaluate its performance applying fatigue theories, effort by von Mises, determining an ideal operating safety factor, finally, the deformations were evaluated before proceeding to the physical construction of the same. After proceeding with the construction of the Laminator, its performance was evaluated by carrying out tests in vacuum and at a full load, it was generally concluded that the production of bricks in the ceramic company A&R was increased by 30%.

**Keywords:** roller laminator, clay, production

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de ladrillos ha existido desde tiempos inmemorables así se comprueba con los restos arqueológicos de muchas culturas a lo ancho del continente y del mundo en general, la fabricación del ladrillo ha sido una práctica habitual en todo el mundo generando puestos de trabajo a su vez dándole un valor agregado a la tierra, convirtiéndose en recurso utilizado en la cimentación de inmuebles en la actualidad, su aprovechamiento esta diversificado en el terreno de la construcción regional y mundial transformándose el ladrillo en una herramienta necesaria en la gran mayoría de las edificaciones y su práctica no se restringe a la de simple cierre de compartimientos, sino que incluso realiza una función arquitectónica en la obra. (Fernández y Calderón, 2017).

Los empresarios españoles han observado que es beneficioso emplear sus recursos económicos en la fabricación de ladrillos, originando que el ladrillo español pasara a instalarse del sexto puesto a ocupar el tercer puesto en la elaboración mundial solo rebasado por el ladrillo del Reino Unido y Alemania (Knight Frank, 2012). En Colombia se fabrica 376 947 toneladas mensuales de ladrillo, es decir 4 523 367 al año y es una evidencia del aumento de la disposición que posee Colombia para fabricar ladrillo de muy alta calidad. Sin embargo, solo se está aprovechando el 53.4% de esta capacidad, lo cual señala que es esencial ejecutar operaciones de diferente índole, que posibiliten estimular la industria (Camargo y Asociados Ingenieros Constructores, 2012).

La problemática del poblado de Palmillas, perteneciente al municipio de Toluca (México), donde se encuentran varios negocios que se ocupan en la producción y comercialización de ladrillos rojos; estos talleres tradicionales artesanales que brindan dicha labor, son de volumen lucrativo muy devaluado, debido a que toda la labor se ejecuta de forma manual sin la implementación de maquinarias, sumado a ello las limitaciones laborales en las que se localizan la mayoría de los talleres del poblado, son deprimentes debido a que las ganancias que llegan a tener en esta industria son pocas y no es posible que exista un margen de utilidad suficiente para poder invertir lo necesario para la adquisición de equipos o la modernización de las instalaciones, la cuales permitan producir en mayores cantidades y ser más competitivos (Arzate, 2014).

La industria de Cerámicos Compacto S.R.L. que se dedica a la fabricación de

ladrillos automatizados como King Kong, pandereta y el ladrillo de techo, que para su elaboración utiliza como materia prima a la arcilla, lo que muestra nódulos de caliza que son dañinos para la manufacturación del ladrillo. Estos nódulos denotan sus perjuicios en el ladrillo ya cosido, pues el carbonato de calcio se descompone durante la cocción y se transforma en cal viva generando la rotura del ladrillo y pérdidas económicas en la fabricación del ladrillo y con ello una mala calidad del producto (Ponce, 2017).

Las ladrilleras artesanales de la Región Junín, presentan diversos inconvenientes para comercializar sus productos, debido a que no cumplen con las exigencias de las propiedades que deben presentar los ladrillos como son las normas American National Standards Institute y American Society for Testing and Materials (ANSI/ASTM) que constituye el grado de absorción y compresión que deben poseer los ladrillos; a ello se adiciona que las ladrilleras son informales y carecen de entendimiento sobre el proceso de producción, comercialización y gestión del negocio (Huayta, 2013).

En su entrevista a Juan Humberto Rosales García gerente de ventas de Ladrillos Rex , pone como modelo al ladrillo king kong que simboliza el 82% del requerimiento total de los ladrillos que fabrica su compañía y cuesta S/.0, 71, entretanto el informal puede abordar a un costo de S/.0, 38; es decir 53,5% más económico, también describe que el costo inferior es una señal desvalorización de la calidad del ladrillo y está relacionado a la seguridad que debe ofrecer en las construcciones (Mendoza, 2010).

El ladrillo es procedente de insumos naturales y elaborado de manera prefabricada reuniendo distintas particularidades que originan que su empleo no sea sustituible en zonas rurales como la región San Martín, por ahora, este componente está formado por una masa de arcilla en forma rectangular que al mezclarse con el cemento forma el soporte de las divisiones dentro de las construcciones modernas, asimismo el ladrillo ha logrado tener un rol estético dentro de la edificación, esto es debido a la gran diversidad de diseños, disposición, formas y colores que han integrado los nuevos productores de ladrillo junto al crecimiento globalizado y en especial la población en las ciudades de Rioja, Moyobamba y Tarapoto que ha contribuido el aumento de la demanda de los materiales de construcción al mismo ritmo que el ladrillo artesanal, es por eso que las empresas que se encargan de proveer estos materiales deben tener

la disposición de cubrir el requerimiento de las empresas inmobiliarias y sus exigencias de calidad del ladrillo estandarizadas por norma (Cotrina, 2019).

Dentro de la industria para la fabricación de materiales de construcción, tenemos a la empresa ladrillera Cerámicos A & R, que con 3 años de experiencia en la fabricación de ladrillos ha sabido mantenerse en el mercado de la construcción, cumpliendo los estándares requeridos para un producto final de calidad. El proceso de fabricación del ladrillo en la empresa ladrillera Cerámicos A & R presenta 5 etapas: (a) recepción de materia prima, (b) extrusión del ladrillo, (c) corte, (d) secado y (e) cocción. Actualmente tiene una capacidad de producción de 10 a 12 toneladas/hora con una estimación de 2 500 unidades por hora lo que correspondería a 20 millares por turno de 8 horas de trabajo; pero actualmente solo se produce entre 8 a 10 millares por turno generando una pérdida en la producción de un 50% por las paradas no programadas debidas a agentes externos como restos de plantas y piedras existentes en la cantera ilustradas en las figuras 1 y 2. Estos agentes en mención impiden que la producción sea continua, generando paradas inesperadas y pérdidas económicas para la empresa (Cotrina, 2019).



**Figura 01.** Falla en la extrusión  
*Fuente: elaboración propia*



**Figura 02.** Limpieza del molde  
*Fuente: elaboración propia*

## II. MARCO TEÓRICO

Tarrillo (2019) identificó la problemática de la empresa por medio de entrevistas realizadas a diversos miembros de la empresa El Ofertón S.A.C. que notó el interés principal por contar con una máquina más eficiente y una mejor estructuración, tales como las dimensiones referentes a la máquina y el costo de la misma. También, sirvió de orientación para determinar la forma final de la máquina; llegando con esto a que la empresa pueda realizar su proceso de triturado de arcilla de manera rápida bajo los parámetros requeridos, teniendo en cuenta sus estándares de producción; con la ayuda de una matriz de selección se eligió el mejor concepto para el diseño del sistema; el concepto seleccionado sirvió como base para la configuración y dimensionamiento general del mecanismo de triturado es a través de los martillos los cuales mediante una fuerza centrífuga se logrará la energía necesaria para pulverizar la arcilla, teniendo como resultado un producto de calidad.

Jurado y Barahona (2018) sostienen que la problemática existente en la empresa MINABRADEC es la trituración de la arena que se realiza mediante impacto de forma manual, que demanda una gran cantidad de tiempo y operarios sin obtener los resultados deseados por lo cual se diseñó e implementó una trituradora de martillos para mejorar el desmenuzamiento y homogenización de la arena de sílice. Este modelo fue seleccionado por su fácil mantenimiento y su gran versatilidad de elementos que puede triturar; cumpliendo con los requerimientos hechos por la empresa tanto en la granulometría del producto final y la capacidad de diseño promedio de 25,19 kg/min; además, la empresa podrá renovar la arena de moldeo mucho más rápida y eficazmente, ahorrando tiempo y recursos humanos, aumentando así la eficiencia de la empresa.

Briceño (2010) sustentó su problemática en la importancia de aportar a la empresa HORMYPOL con tecnología propia y de calidad, la máquina que requiere para la obtención del material pétreo con las condiciones necesarias de fabricación de sus productos fue una trituradora de áridos con rodillos, que está diseñada para un volumen de producción de 40 a 50 metros cúbicos por día en ocho horas de trabajo requeridas por la empresa. Otro requerimiento fue los parámetros de seguridad para lograr soportar las cargas que se presenta en la trituración y la selección de los rodamientos fue mediante el software de la SKF,

garantizando así que la selección está de acuerdo con los parámetros correctos de diseño. En la simulación de esta máquina frente a las máquinas trituradoras de rodillos existentes en el mercado, presentan ciertas características como un gran volumen de producción, elevada fuerza de trituración, por lo tanto, no requiere pre cribado del material a triturar, además de ser máquinas con mayor tecnificación en procesos de control y automatización.

Chicaiza (2015) identifico la problemática existente en el reciclaje de botellas de vidrio dándole un valor agregado por medio de un prototipo de trituradora, que utiliza para su cometido un molino de martillos y tiene como objetivo principal triturar botellas de vidrio con lo que se ahorraría espacio en su almacenamiento, acopio y transporte para su posterior reutilización en la elaboración de diferentes productos de vidrio. Este prototipo permite a sus usuarios facilitar su trabajo y optimizar los resultados obtenidos, así como reducir el tiempo de procesamiento de materiales que por ende mejoran sus procesos de trabajo, con lo que se aporta con una solución para las personas o empresas que se dediquen a la labor del reciclaje de vidrio.

El fundamento teórico de este estudio se basa en el proceso de fabricación de Ladrillo que en la actualidad conlleva una serie de procesos estandarizados según la necesidad y requerimiento de cada empresa que van desde la extracción de la materia arcillosa al proceso productivo último. Dicho proceso desde ya tiempo tiene un desarrollo notable en los últimos años, primero amoldar la arcilla, conformada por sílice, agua, alúmina, óxido de hierro y magnesio en un ladrillo, hoy en día es mucho más práctico. Moreno (2001).

Según, Bloques Cando (2015) menciona que para el proceso de fabricación de un ladrillos, está compuesto de las siguientes fases, primero es la extracción de la materia prima donde se extrae y lleva la arcilla con la finalidad de fabricar ladrillos desde la zona de cantera hacia la sala de producción, después nos dice que antes de someter a la materia prima (arcilla) a su ciclo productivo, ésta pasa por una serie de proceso de trituración, homogeneización de la misma y reposo, expuesta, con el objetivo de tener posteriormente una consistencia objetiva y uniforme de las características físicas y químicas esperadas deseadas, finalmente el tratamiento mecánico previo que resulta de las múltiples procesos

con el propósito de refinar la materia prima, utilizando una serie de equipos como un refinador que sirve para disminuir las dimensiones de las champas secas o triturar masas duras ajenas a la arcilla, seguido de ello un desintegrador que se encarga de convertir las masas grandes en masas de menor tamaño, más duros y compactos, por último el refinado se encarga de desmenuzar, los últimos nódulos que se pueden encontrar internamente dentro del material. Después de ello pasa por un proceso de transporte donde es llevado hacia la maquina extrusora. Posterior a ello sigue el humedecimiento de la materia prima que es consiste básicamente en humedecer el material para tener una humedad perfecta de la arcilla antes de entrar al proceso de extrusión. Ahora ya teniendo el material listo pasa a un proceso de extrusión y al final de ello sale por una boquilla (molde) donde sale el producto ya con la forma final requerida. El proceso en mención se realiza en caliente y se utiliza vapor saturado en un rango de temperatura aproximado de 130 °C y a presión baja y controlada. Con ello se obtiene una humedad más uniforme y un producto más sólido y compacto. Posterior a ello sigue el proceso de secado que es una de las etapas más delicadas del de todo proceso de producción, pues de eso depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material. El secado del producto consiste básicamente en eliminar la humedad del ladrillo agregada durante el proceso de extrusión para que de esa manera el producto pueda pasar a la fase final de cocción donde se realiza en hornos ipo túnel de una longitud de hasta 120 metros, es ahí donde la temperatura de cocción para el proceso de quemado del producto alcanza entre 900 °C y 1 000 °C. La temperatura en el interior del horno es variante de forma continua y uniforme. Durante este proceso se produce la sinterización del producto, ésto determinará la resistencia final del ladrillo. Por último, el producto se almacena sobre pallets, este proceso permite facilitar el transporte del producto ya listo en carretillas, finalmente el ladrillo ya en paquetes de embala o se envuelve con cintas plásticas o metálicas, con el propósito de ser almacenado en un lugar y quede listo para su posterior venta final.

Según, Cruelles, (2013) el proceso productivo de cualquiera empresa es una secuencia de actividades relacionadas e interdependientes que tienen como propósito producir un efecto sobre sus insumos, en ese proceso productivo intervienen materiales tanto directos como indirectos que son los mismos que



atraviesan un proceso de transformación y prestación de servicio para obtener un producto y/o servicio final, yendo siempre acorde con los requerimientos del mercado. La producción es el estudio de las técnicas de gestión empleadas para conseguir la mayor diferencia entre el valor agregado y dicho costo incorporado, consecuencia de la transformación de los mismos recursos en un producto final.

La empresa MAQUILOB (2019) dedicada a la construcción de maquinaria para la fabricación de ladrillos en su blog hace mención al laminador como una maquina utilizada durante el proceso de trituración o refinado para la preparación de arcilla, ésto mediante el paso de la arcilla misma a través de la separación que resulta de acercar o alejar los dos cilindros o rodillos girando en sentidos opuestos y que provocan con ello una malaxado o maceración de la arcilla reduciendo así las dimensiones o tamaño de los granos de arcilla que por allí pasen para refinar la materia cerámica de manera que el número paradas de extrusión por posibles taponamientos de la boquilla de extrusora se reduzcan al más mínimo y se tenga una producción continua. El chasis del laminador como tal está construido en acero maleable con planchas laterales de revestimiento en acero de alta resistencia a la abrasión para reducir desgastes; incluye su diseño chumaceras robustas para trabajo pesado, con doble laberinto lo cual ofrece hermeticidad a partículas o polvo; cuchillas raspadoras o llamados limpiadores para cada cilindro, esos situados en la parte inferior de cada uno de ellos, fijados por medio de tuercas y contratuerkas para graduación. Todo ello de fácil desmontaje de piezas en caso de recambio. Las bases de los motores forman parte del chasis, lo que hace que sea una máquina muy fácil de instalar, sólida y compacta. Las rotaciones de los cilindros o rodillos de laminado oscilan entre 160 a 220 rpm teniendo una transmisión por correas entre motores y rodillos.

Según, Urango (2012) un motor eléctrico es propiamente dicho una máquina eléctrica que para producir el movimiento transforma la energía eléctrica en energía mecánica, todo ello se logra a través de diferentes interacciones electromagnéticas en su interior. También, se divide en diferentes componentes como la carcasa la cual contiene a todos los componentes del motor eléctrico: estator, rotor, eje, etc. Todo motor cuenta con una placa característica ubicado en la parte exterior del equipo que contiene los datos del mismo, tales como potencia eléctrica nominal, corriente eléctrica nominal, grado de protección

mecánica, modos de conexión, etc. Otro componente importante dentro del laminador es la polea mecánica que se define como una máquina simple que sirve para transmitir fuerza mecánica en forma de una rueda, usualmente robusta y con canales en sus bordes usados como elemento de transmisión mecánica para cambiar la dirección del movimiento en algunas máquinas y mecanismos. Además, sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover masas u objetos.

En la parte eléctrica el laminador cuenta con un tablero de control, según Eaton Industries (2011) nos define como una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión necesarios para maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus respectivas cubiertas y soportes, todo ello para cumplir una función específica o dada dentro de un sistema eléctrico, la fabricación, ensamblaje o elaboración de un tablero eléctrico debe cumplir siempre criterios de diseño y normativas que permitan su correcto funcionamiento una vez este se encuentre energizado, además debe garantizar la seguridad de los operarios y de dichas instalaciones donde se encuentren estos instalados.

Según, Pérez y Gardey (2012) existen fenómenos físicos que intervienen en el estudio como el torque (momento de fuerza o momento dinámico) este se trata de una magnitud vectorial que se obtiene a partir del punto donde se aplique una fuerza. Misma que está constituida por el producto vectorial. Entonces el torque o momento hace que se produzca un giro sobre dicho cuerpo que lo recibe haciendo que esta magnitud resulte propia de aquellos elementos donde se aplica torsión o flexión, tales como una viga o el propio eje de una máquina, este momento de fuerza se expresa a través de la unidad newton metro (Nm). También permite nombrar al par motor, y este a su vez es el momento dinámico que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. Haciendo referencia entonces a la potencia, esta se define como una magnitud escalar cuyo valor se obtiene a través de la magnitud de fuerza que se aplique en una unidad de tiempo, desde luego no es lo mismo realizar iguales trabajos en distintos tiempos. Otro fenómeno relacionado a ello es la velocidad angular, ésta es la magnitud que caracteriza la rapidez con la que varía el ángulo barrido por la línea que gira a través de su eje central de rotación y es denotado con la letra griega omega

( $\omega$ ). En el Sistema Internacional de Unidades (SI) expresado en radianes/segundo (rad/s). El módulo de la velocidad angular de un cuerpo puede expresarse en función a la cantidad de revoluciones que este realice en la unidad de tiempo, llamadas revoluciones por minuto (rpm) o revoluciones por segundo (rps).

Después de exponer algunos trabajos previos relacionados al tema a investigar, y el fundamento teórico, se puede decir que este estudio se relaciona con la gran producción de ladrillo artesanal e industrial en la región San Martín, donde el proceso productivo es realizado en forma directa desde la extracción de la materia prima de la cantera hasta la extrusión, ello sin previa trituración del material, por ser deficiente este proceso se requieren un laminador de arcilla, para disminuir las paradas inesperadas en el proceso de fabricación del ladrillo. Por lo que presenta una gran deficiencia de su producción en la obtención de ladrillos con una baja producción y regular calidad por lo que nos planteamos la siguiente pregunta ¿Es viable diseñar e Implementar un laminador en el proceso de extrusión de fabricación de ladrillos de arcilla para incrementar la producción en la empresa Cerámicos A&R, de la ciudad de Rioja, San Martín?

Con todo lo expuesto referido a las mejoras que conllevará el desarrollo del proyecto se concluye que al implementar un laminador de arcilla tipo rodillo se incrementa la producción de ladrillos de la empresa "Cerámicos A&R". Para ello, el objetivo general del proyecto es diseñar un laminador tipo rodillo para incrementar la producción de ladrillos de la empresa "Cerámicos A&R". Como objetivos específicos se plantea determinar las necesidades para mejorar el proceso de extrusión del ladrillo, luego se elaborará una matriz de selección y así seleccionar la mejor alternativa de diseño, también se determinarán los parámetros de diseño para ello se diseñará y simulará la propuesta del laminador, después de ello se realizará la construcción del laminador y se instalará en la línea de producción de la empresa. Por último, se pretende determinar costos que involucran la fabricación de la máquina más valor de retorno de inversión.

El presente estudio se justifica en el aspecto económico que al aumentar la productividad se obtendrán mayores ganancias para la empresa, en otro aspecto

sería referido a lo tecnológico por representar una mejora en el proceso de producción mediante el diseño de un equipo innovador, en lo social al mejorar la calidad del ladrillo se mejora la calidad de vida de los clientes por adquirir un producto de buena calidad y gran resistencia para sus edificaciones y así atenuar en un eventual sismo o desastre natural, además de ello incrementando la productividad en la empresa generará más puestos de trabajo internamente y por último, en el aspecto institucional permite desarrollar y aplicar criterio ingenieril y conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera universitaria.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación: Aplicada**

Según Delgado, Martín y Sánchez (2011) es aquella que enfatiza el realce en solucionar las incógnitas, a través de la toma de decisiones e impartiendo políticas con miras hacia el futuro. Por ello, se llegó a la resolución de la actual indagación que busca un dispositivo que permita descomponer la arcilla en pequeñas láminas para su posterior extrusión y moldeado en forma de ladrillo con lo que se llevó a diseñar e implementar un laminador de arcilla para mejorar la producción de ladrillos de la empresa.

##### **3.1.2. Diseño de investigación: PRE EXPERIMENTAL**

Según Delgado, Martín y Sánchez (2011) es aquella en la cual no se modifican las variables debido a que los documentos alcanzados son en circunstancia pre establecida y las disposiciones dentro del contexto de producción mas no provocadas. El proceso de recolección de datos se realizó en horario de trabajo de la empresa donde se contabilizo las paradas por agentes externos a la arcilla, en efecto se puede concluir que la investigación es no experimental y transversal.

### 3.2. Operacionalización de variables

**Tabla I.** Operación de variables

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN
Laminador	Independiente	Es un dispositivo mecánico capaz de triturar todo tipo de material en partículas más pequeñas y uniformes (Rodríguez 2017).	Es una máquina que su principal función es triturar la arcilla para aumentar la producción de ladrillos.	Flujo Volumétrico	M3/h	De razón
			Es clasificación que se le da a la arcilla según su composición arcillosa	Calidad de la arcilla	Estándares	De razón
Producción de ladrillos	Dependiente	Cualquiera que sea la actividad dedicada a la industria de la producción u obtención de bienes y servicios (bloques cando)	Es la cantidad de unidades producidas de ladrillos por una unidad de tiempo	Producción	Unid/h	De razón

*Fuente: elaboración propia*

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

- 3.3.1. La población está constituida por el proceso de fabricación de ladrillo en la región San Martín que fue descrito y acotado en el estudio del problema de investigación.
- 3.3.2. La muestra es una representación importante de la particularidad en la localidad, dentro del proceso de fabricación de ladrillo esta la ladrillera Cerámicos A&R.
- 3.3.3. El muestreo es no probabilístico que radica en que el investigador escoge la muestra que será la más específica, empleando un principio subjetivo y en función a la búsqueda a realizar, la selección fue por conveniencia.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

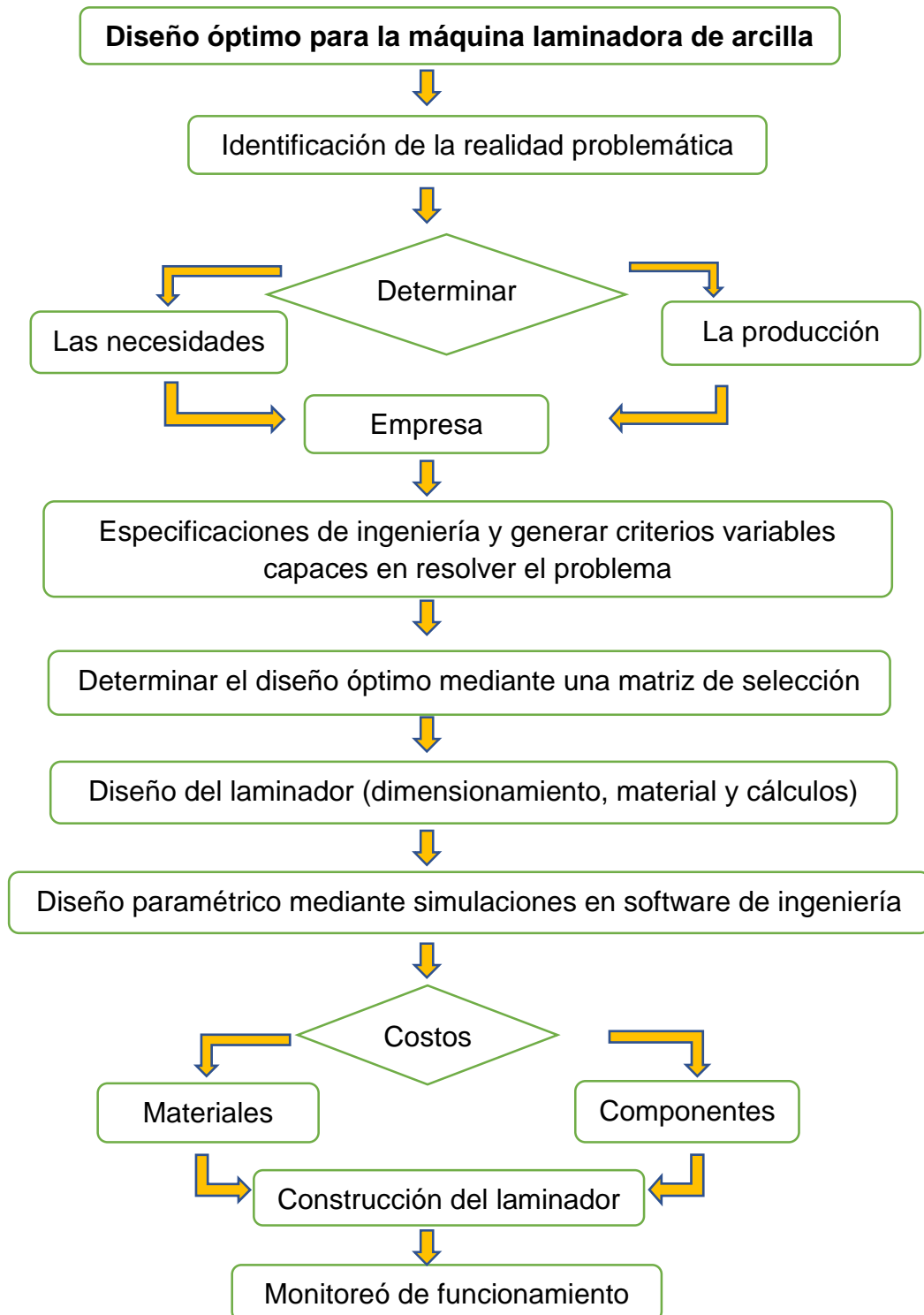
- 3.4.1. Técnica: Análisis de documentos (instrumento es la ficha de registro de documentos) es un conjunto de operaciones de toma de datos, que buscan detallar y mostrar los documentos de forma agrupada para simplificar su interpretación.
- 3.4.2. Instrumento: La observación se pudo evidenciar las características de las máquinas trituradoras existentes en el mercado pudiendo tomar como punto de referencia para el desarrollo del presente trabajo de diseño y fabricación de la máquina.

### **3.5. Procedimiento**

- 3.5.1. Recolectar datos de la problemática existente en la fabricación de ladrillos de la empresa Cerámicos A & R (data histórica).
- 3.5.2. Determinar las necesidades de la empresa en función a su producción de ladrillos.
- 3.5.3. Determinar los parámetros de diseño.
- 3.5.4. Realizar una matriz de selección (alternativas de diseño).
- 3.5.5. Realizar el diseño de un laminador y hacer las simulaciones en software.

- 3.5.6. Realizar una cotización del costo de los componentes.
- 3.5.7. Fabricar el diseño y hacer monitoreo del funcionamiento de la máquina.
- 3.5.8. Realizar el análisis económico (costos de inversión).

➤ Cuadro de procesos de la información.







Análisis económico (retorno de inversión)

**Figura 03.** Cuadro de procesos

*Fuente: elaboración propia*

**3.6. Método de análisis de datos**

Los métodos utilizados en la investigación fue la entrevista realizada al personal que trabaja en la empresa y los datos de la producción de ladrillo fue adquirido por el gerente de la empresa, donde se logró obtener una lista de exigencias y necesidades para luego plasmarlas en un cuadro en Excel para su posterior estudio. Por último, procederá a hacer uso de normas y coeficientes experimentales debidamente citados para determinar los parámetros de diseño a través de un algoritmo de cálculo, que nos permitirá seleccionar los elementos del sistema de trituración como actuadores eléctricos, mecánicos, ejes, rodamientos, poleas y fajas, posterior a ello se diseñara cada elemento en el programa SolidWorks, luego se ensamblara y se determinara mediante el análisis estático y dinámico de la máquina para tener una visión clara del funcionamiento, por último, se realizara un listado de los materiales y componentes a comprar para el ensamblaje de la máquina, obteniendo el costo de la de la misma mediante un cuadro en Excel.

**3.7. Aspectos éticos**

La información mostrada en referencias a los criterios se rescata de manera verás y auténtica como la confidencialidad de la información asegurando la identidad de la empresa y de sus trabajadores que participan como colaboradores de la investigación, seguido de la neutralidad en el análisis de la condición hallada a ello se basara en principios técnicos e imparciales, también se promueve la originalidad de las fuentes encontradas previamente citado con el fin de demostrar la inexistencia de plagio intelectual, del mismo modo la veracidad dela indagación mostrada será auténtica, confiando la confidencialidad de esta, por último se enfoca en los derechos laborales como respeto al organismo de estudio.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Matriz de selección

**Tabla II.** Selección de criterio.

Para poder seleccionar la mejor opción se tomarán los siguientes criterios (ver anexo 01).

CRITERIO	PUNTAJE
Configuración geométrica	26%
Sistema de trituración	22%
Sistema de accionamiento	20%
Costo de fabricación	17%
Ergonomía	15%

*Fuente: elaboración propia*

Se tomarán puntajes del 1 al 10 para ser multiplicados por el peso de los respectivos criterios. Siendo la definición de los criterios las siguientes:

4.1.1. Configuración geométrica. Está basada en la rigidez de la estructura, además de ello en la probabilidad de que el equipo mejore su estética.

4.1.2. Sistema de trituración. Son las cualidades del equipo que permiten tener una mejor calidad del producto final.

4.1.3. Sistema de accionamiento. Son los mecanismos que involucran el accionamiento y la transmisión del torque generadas por el motor eléctrico.

4.1.4. Costo de fabricación. Son todos los gastos que involucran la fabricación de la maquina donde se logra optimizar los costos de fabricación.

4.1.5. Ergonomía. Son todos los trabajos que se realiza en el mantenimiento de la maquina priorizando la comodidad del personal a realizar el mantenimiento.

**Tabla III.** Selección de configuración geométrica.

Para poder seleccionar la mejor opción respecto a la configuración geométrica (ver anexo 02).

CRITERIO	PUNTAJE
Perfil estructural	35%
Capacidad de alimentación	30%
Espesor de perfiles (cm)	20%
Sistema de amortiguación de impacto	15%

*Fuente: elaboración propia*

Se tomarán puntajes del 1 al 10 para ser multiplicados por el peso de los respectivos criterios. Siendo la definición de los criterios las siguientes:

4.2.1. Perfil estructural. Está basada en la rigidez de la estructura, donde se montan los rodillos.

4.2.2. Capacidad de alimentación. Es geometría de la tolva que permiten alimentar con facilidad a los rodillos trituradores.

4.2.3. Espesor de perfiles (cm). Es la dimensión adecuada de los perfiles para soportar las cargas torsionales y flexionantes producidas en funcionamiento.

4.2.4. Sistema de amortiguación de impacto. Es la selección del componente con la mejor disposición de rigidez y estética.

**Tabla IV.** Selección del sistema de trituración.

*Para poder seleccionar la mejor opción en el sistema de trituración (ver anexo 03).*

CRITERIO	PUNTAJE
Granometría del producto	40%
Capacidad de trituración	30%
Fuerza de trituración	30%

*Fuente: elaboración propia*

Se tomarán puntajes del 1 al 10 para ser multiplicados por el peso de los respectivos criterios. Siendo la definición de los criterios las siguientes:

4.3.1. Granometría del producto. Está basada en la calidad del producto a la salida del laminador.

4.3.2. Capacidad de trituración. Son las cualidades del equipo que permite abastecer lo necesario para extrusora.

4.3.3. Fuerza de trituración. Es la capacidad de accionar los rodillos con una fuerza pre determinada por cálculos.

**Tabla V.** Selección del sistema de accionamiento.

Para poder seleccionar la mejor opción en el sistema de accionamiento (ver anexo 04).

<b>CRITERIO</b>	<b>PUNTAJE</b>
Mantenimiento	45%
Potencia nominal de funcionamiento	30%
Disponibilidad por paradas	25%

*Fuente: elaboración propia*

Se tomarán puntajes del 1 al 10 para ser multiplicados por el peso de los respectivos criterios. Siendo la definición de los criterios las siguientes:

4.4.1. Mantenimiento. Está basada en complejidad que involucra hacer el mantenimiento al equipo.

4.4.2. Potencia nominal de funcionamiento. Es la cantidad de energía requerida para romper la inercia de los rodillos.

4.4.3. Disponibilidad por paradas. Es el tiempo que toma hacer un mantenimiento o algún correctivo en el equipo.

El diseño seleccionado es la combinación de las diferentes alternativas de solución garantizando que el laminador cuente con un mecanismo de accionamiento, alimentación del material y su costo de inversión sean los más idóneos para la empresa, cumpliendo con los requerimientos y estándares de seguridad que toda máquina debe contar.

## 4.2. Cálculo de torque y potencia del motor

Datos:

- Trod: torque del rodillo = 112.5 N.m
- Wrod: velocidad angular del rodillo = 25.13 rad/seg
- Tm: torque del motor = ?
- Wm: velocidad angular del motor = 125.66 rad/seg a 1200rpm

Para encontrar el torque del motor se tiene la siguiente ecuación:

### 4.1.1. Cálculo de Torque

$$T_m * W_m = T_{rod} * W_{rod}$$

$$T_m = (112.5 \text{ N.m} * 25.13 \text{ rad/seg}) / 125.66 \text{ rad/seg}$$

$$T_m = 22.50 \text{ [N.m]}$$

### 4.1.2. Cálculo de Potencia

$$P = T_m * W_m$$

$$P = 22.50 \text{ N.m} * 125.66 \text{ rad/seg}$$

$$P = 2827.35 \text{ [w]}$$

$$P = 2827.35 \text{ [w]} / 0.746$$

$$P = 3.79 \text{ [HP]}$$

### 4.1.3. Factor de servicio (n)

$$n = \frac{hp}{hp} = \frac{15 \text{ hp}}{3.79 \text{ hp}} = 3.9 \text{ hp}$$

## 4.3. Cálculos de transmisión de potencia.

H = Potencia nominal

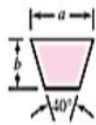
n = Velocidad polea (1800 rpm)

N = Velocidad polea (240 rpm)

Optamos por una banda en V de sección B para transmitir una potencia requerida de 15 Hp ya que en la tabla se muestra de rangos de 1 Hp hasta 25 Hp:

**Tabla 17-9**

Secciones de bandas en V estándar



Sección de la banda	Ancho $a$ , pulg	Espesor $b$ , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{2}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 y mayores

**Figura 04.** Selección de bandas

Fuente: shigley 9na edición 2012

De la tabla tenemos que:

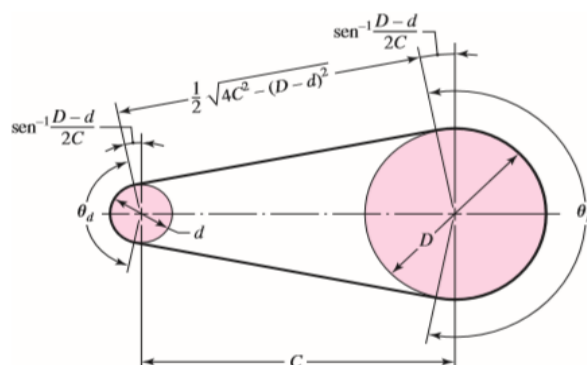
- La sección de la banda B.
- Ancho es de  $\frac{21}{32}$  (pulg)  $\cong 16.6687$  mm.
- Espesor  $b = \frac{7}{16}$  (pulg)  $\cong 11.1125$  mm.

D = Diámetro de Polea:

$$D = \frac{n}{N} \quad \longrightarrow \quad \frac{1200rpm * 4,72pulg}{240rpm} = 23,6pulg \cong 599,44mm.$$

#### 4.3.1. Distancia de Centros:

La distancia de los centros de las poleas no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor, y no debe superar tres veces la suma de los diámetros.



**Figura 05.** Distancia de centros

Fuente: shigley 9na edición 2012

C: distancia entre centros,

$$D \leq C \leq 3(D+d) \quad \text{Asumiendo un valor promedio de 1400mm.}$$

$$599,44\text{mm} \leq 1400\text{mm} \leq 3(600\text{mm}+120\text{mm})$$

#### 4.3.2. Velocidad Óptica de Funcionamiento:

$$V_{\text{ópt}} = \frac{\pi dn}{12} = \frac{\pi(4,72\text{pulg})(1200\text{rpm})}{12} = 1482,8 \text{ ft/min}$$

#### 4.3.3. Longitud de Paso de Banda:

$$L_p = 2C + \frac{1,57(D+d)}{2} + \frac{(D-d)^2}{2C}$$

$$L_p = 2(1400\text{mm}) + \frac{1,57(600\text{mm}+120\text{mm})}{2} + \frac{(600\text{mm}-120\text{mm})^2}{2(1400\text{mm})}$$

$$L_p = 3447,4857\text{mm} \cong 135,7278 \text{ pulg.}$$

#### 4.3.4. Longitud de Paso:

$$L_p = L_i + B_{\text{cant. Sum.}}$$

$$L_p = 135,7278 \text{ pulg} + 1,8 \text{ pulg} = 137,5 \text{ pulg}$$

#### 4.3.5. Distancia Real entre los Centros de Polea:

$$C' = 0,25 \left[ L_p - \frac{\pi}{2}(D+d) + \sqrt{\left( L_p - \frac{\pi}{2}(D+d) \right)^2 - 2(D-d)^2} \right]$$

$$C' = 0,25 \left[ 137,5\text{pulg} - \frac{\pi}{2}(23,62\text{pulg} + 4,72\text{pulg}) + \right.$$

$$\left. \sqrt{\left( 137,5\text{pulg} - \frac{\pi}{2}(23,62\text{pulg} + 4,72\text{pulg}) \right)^2 - 2(23,62\text{pulg} - 4,72\text{pulg})^2} \right]$$

$$C' = 0,25 \left[ 92,9836321\text{pulg} + \sqrt{8645,955838\text{pulg} - 714,42\text{pulg}} \right]$$

$$C' = 45,51\text{pulg} \cong 1156,99\text{mm}$$

#### 4.3.6. Potencia de Diseño:

Donde:

- $H_{\text{nom}}$  = Potencia Nominal.
- $H_d$  = Potencia de Diseño.
- $K_s$  = Factor de Seguridad.

- Nd = Factor de Diseño

$$Hd = Hnom * Ks * nd$$

$$Hd = 15 * 1,3 * 1,2 = 23.4 \text{ hp}$$

#### 4.3.7. Potencia Corregida:

Donde:

- Ha = Potencia de Arranque.
- Ha' = Potencia permitida por la banda.
- K1 = Factor de corrección del ángulo de cobertura.
- K2 = Factor de corrección de longitud de bomba.

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. <u>Maquinaria para cerámicas.</u> Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

**Figura 06.** Potencia corregida

Fuente: REXON. 2013

El Ks para maquinaria para molinos de rodillos es de 1.3.

$$Ha' = K1 * K2 * Ka$$

$$Ha' = 0,96 * 0,95 * 12,83$$

$$Ha' = 11,7hp$$



#### 4.3.8. Número de Correas:

$$N_c = \frac{Hd}{Ha'} = \frac{23,4}{11,7} = 2 \text{ bandas}$$

Para aumentar factor de seguridad de la banda se considera 3 bandas.

#### 4.3.9. Ángulo de Contacto:

$$\emptyset = \theta d = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{D-d}{2C'} \right)$$

$$\emptyset = \theta d = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{23,62\text{pulg}-4,72\text{pulg}}{2(45,51\text{pulg})} \right)$$

$$\emptyset = \theta d = 3,1343 \text{ rad.}$$

La fricción efectiva según la Gates Rubber Company es:  $f = 0,5123$

$$e^{f\theta} \Rightarrow e^{(0,5123 \cdot 3,1343)} = 4,98$$

#### 4.3.10. Fuerza Centrífuga: $F_c$

Mediante la tabla elaborada por Gates Rubber, tomamos como parámetros de banda  $K_c$  y  $K_b$  para su respectivo reemplazo en las ecuaciones posteriores.

**Tabla 17-16**

Algunos parámetros de bandas en V\*

Sección de la banda	$K_b$	$K_c$
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

**Figura 07.** Fuerza centrífuga

*Fuente: shigley 9na edición 2012*

De la tabla tenemos que:

$$K_c = 0,965$$

$$F_c = K_c \left( \frac{V}{1000} \right)^2 = 0,965 \left( \frac{1482,83}{1000} \right)^2 = 2.12 \text{ lbf}$$

#### 4.3.11. Variación de la Fuerza-Faja:

$$\Delta F = F_1 - F_2$$

Cálculo de la fuerza mayor F1:

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \cdot e^{f\theta}}{e^{f\theta} - 1}$$

$$F_1 = 2,12 + \frac{115,7238 * 4,98}{4,98 - 1} = 146,92\text{ lbf} = 653,53\text{ N}$$

Despejando:

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 146,92\text{ lbf} - 115,7238\text{ lbf}$$

$$F_2 = 31,196 \text{ lbf} / 138,77\text{ N}$$

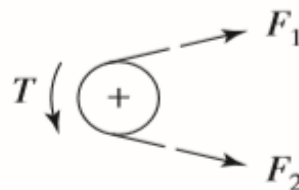
Para la selección Fi:

$$f_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c \Rightarrow \frac{146,92 + 31,196}{2} - 2,12 = 86,938\text{ lbf}$$

#### 4.3.12. Factor de seguridad:

$$\eta_{fs} = \frac{H_a * N_b}{H_{nom} * K_s} \Rightarrow \frac{11,7 * 3}{15 * 1,3} = 1,8 \text{ F.S}$$

#### 4.3.13. Tensión en la banda:



**Figura 08.** Tensión de banda

*Fuente: shigley 9na edición 2012*

$$T_1 = F_1 + \frac{K_b}{d} \Rightarrow 146,92 + \frac{576}{4,72} \Rightarrow 268,95\text{ lbf} / 1196,37\text{ N}$$

$$T_2 = F_2 + \frac{K_b}{D} \Rightarrow 146,92 + \frac{576}{23,62} \Rightarrow 171,306\text{ lbf} / 762,01\text{ N}$$

#### 4.3.14. Durabilidad de la banda

**Tabla 17-17**

Parámetros de durabilidad para algunas secciones de banda en V  
 Fuente: M. E. Spotts, *Design of Machine Elements*, 6a. ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1985.

Sección de la banda	10 <sup>8</sup> a 10 <sup>9</sup> picos de fuerza		10 <sup>9</sup> a 10 <sup>10</sup> picos de fuerza		Diámetro mínimo de polea, pulg
	K	b	K	b	
A	674	11.089			3.0
B	1 193	10.926			5.0
C	2 038	11.173			8.5
D	4 208	11.105			13.0
E	6 061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1 062	10.153	2.65
5V	1 654	12.593	2 394	10.283	7.1
8V	3 638	12.629	5 253	10.319	12.5

**Figura 09.** Durabilidad de banda

Fuente: shigley 9na edición 2012

De la tabla se extrae los valores correspondientes para el cálculo de número de pasadas, para su posterior remplazo en la ecuación y así hallar la durabilidad de la banda.

$$K = 1193$$

$$b = 10,926$$

$$Np = \left[ \left( \frac{K1}{T1} \right)^{-b} + \left( \frac{K2}{T2} \right)^{-b} \right]^2$$

$$Np = \left[ \left( \frac{1193}{268,95} \right)^{-10,926} + \left( \frac{1193}{146,92} \right)^{-10,926} \right]^2$$

$$Np = 11,7 (10)^6$$

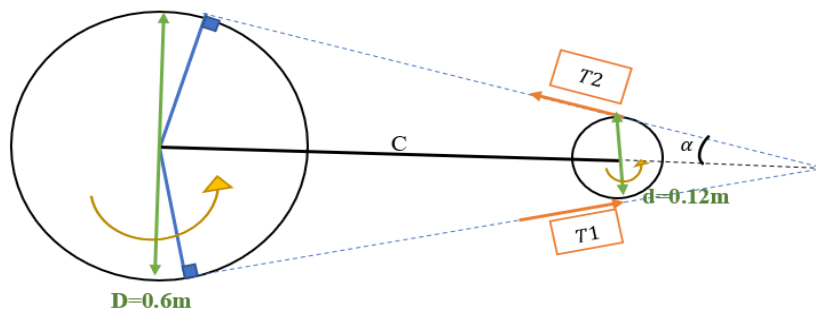
#### 4.3.15. Intervalo de validez:

$$t = \frac{Np * Lp}{720 * V} = 1487,044317 \text{ h}$$

$$\frac{1487,443176 \text{ h}}{8 \text{ h}} \Rightarrow \frac{185,9304 \text{ h}}{30} \Rightarrow 6,19 \text{ meses.}$$

La durabilidad de las bandas está diseñada para promedio de 6.2 meses de óptimo funcionamiento, para luego tener que volver a tensionarlas o en su efecto cambiar por unas nuevas.

#### 4.4. Tensiones en las poleas



**Figura 10.** Diagrama de las poleas con sus respectivos datos.

*Fuente: elaboración propia*

Descomposición de tensiones en las poleas

Para T1 y T2:

$$T1 = 1196,37 * \sec \alpha$$

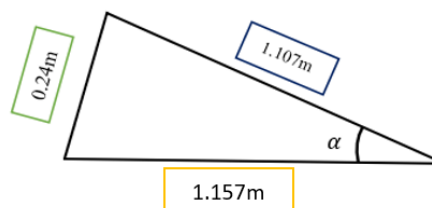
$$T2 = 762,01N \sec \alpha$$

$$T1 = 1196,37 \sec\left(\frac{1,157}{1,107}\right)$$

$$T2 = 762,01N \sec\left(\frac{1,157}{1,107}\right)$$

$$T1 = 1250,406N$$

$$T2 = 796,4278N$$



**Figura 11.** Diagrama para cálculo por Pitágoras.

*Fuente: elaboración propia*

$$\text{Tg } \alpha = 0,24 / 1,107 = 0,2168$$

$$\alpha = \text{Tg}^{-1} (0,2168)$$

$$\alpha = 12,23^\circ$$

$$T1x \text{ faja} = T \text{ sen } \alpha$$

$$T2y \text{ faja} = T \text{ cos } \alpha$$

$$T1x = 1250.406 \text{ sen } (12,23)$$

$$T1y = 1250.406 \text{ cos}(12,23)$$

$$T1x = 264.88 \text{ N}$$

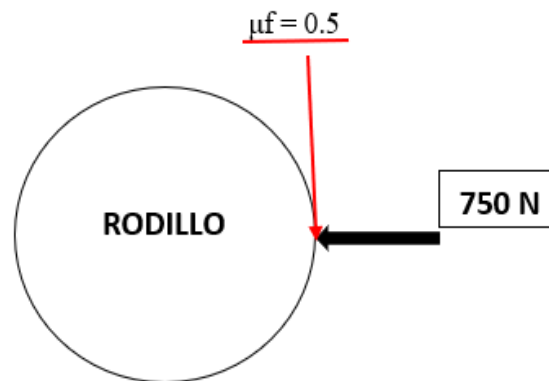
$$T1y = 1222.03 \text{ N}$$

$$T2x = 796.427 \sin(12,23)$$

$$T2y = 796.427 \cos(12,23)$$

$$T2x = 168.71 \text{ N}$$

$$T2y = 778.35 \text{ N}$$



**Figura 12.** Diagrama fuerzas que actúan en el rodillo.

*Fuente: elaboración propia*

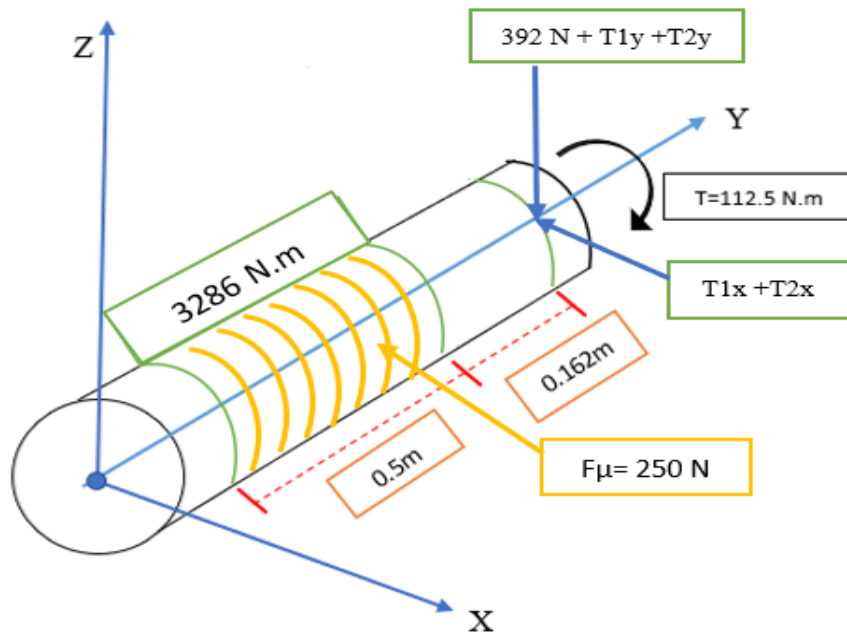
$$Ffs = 750 \text{ N} * 0,5 \text{ m} = 375 \text{ Nm}$$

$$T = f*d$$

$$T = 375*0,3 = 112,5 \text{ Nm}$$

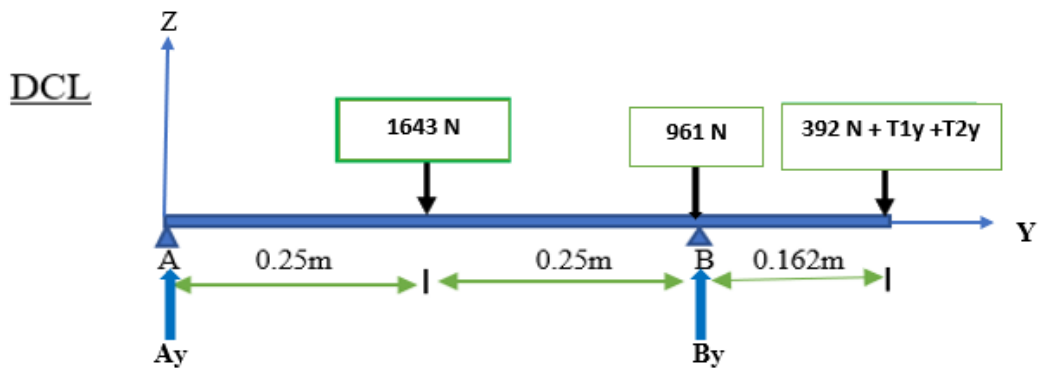
#### 4.5. Cálculo del eje

Para poder calcular el eje que transmite el torque del motor y soportara el peso del rodillo se deberán conocer las fuerzas que actúan sobre este, para ello se realizaron diagramas de cuerpo libre DCL en las coordenadas XYZ. Para posteriormente usar la teoría de Mohr coulomb y Mohr modificada.



**Figura 13.** Diagrama fuerzas que actúan en el eje del rodillo.

*Fuente: elaboración propia*



**Figura 14.** Diagrama de cuerpo libre que actúan en el eje del rodillo.

*Fuente: elaboración propia*

$$\Sigma F_y \Rightarrow -1643 \cdot d - B \cdot d + 961 \cdot d - 2392.38 \cdot d = 0$$

$$\Sigma F_y = A+B = 4996.38$$

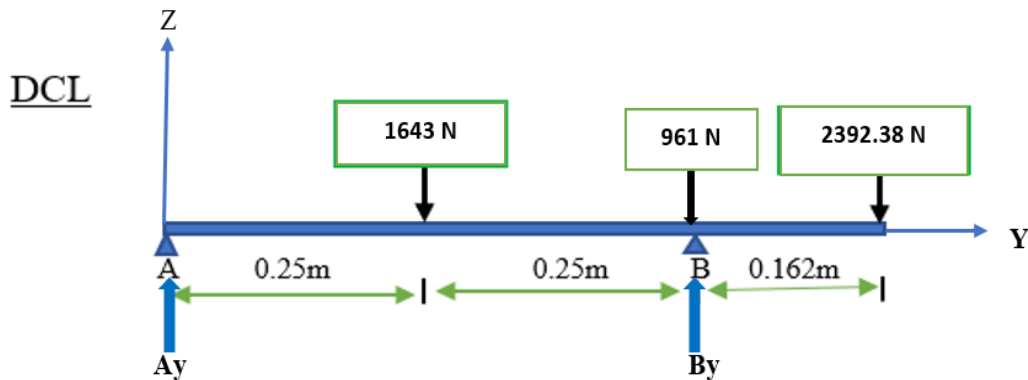
$$B = \frac{1643(0,25)+961+2392.38(0,662)}{0,5}$$

$$B = 5911$$

$$A = -914.62$$

#### 4.5.1. Plano Y-Z

Para el cálculo de las reacciones en el eje Y-Z, se toma el peso del rodillo como carga distribuida, una carga puntual del eje y de la polea más la tensión que actúa en la polea por efecto de la transmisión de torque hecha por el motor eléctrico.



**Figura 15.** Diagrama de cuerpo libre que actúan en el eje del rodillo.

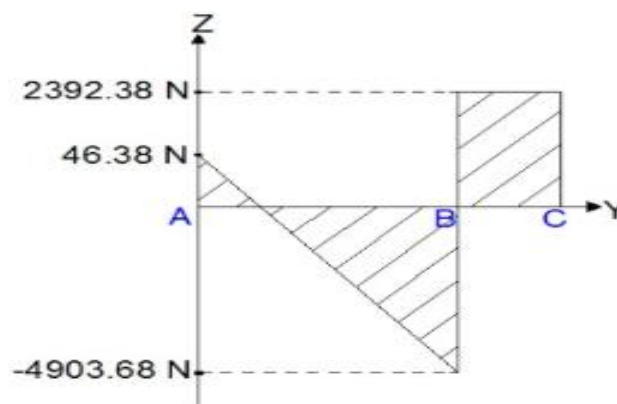
*Fuente: elaboración propia*

➤ Esfuerzo cortante (V)

$$\Sigma F_y \Rightarrow -1643 \cdot 0.25 - B_y \cdot 0.5 + 961 \cdot 0.5 - 2392.38 \cdot 0.662 = 0$$

$$B_y = 4950 \text{ N}$$

$$A_y = 46.38 \text{ N}$$



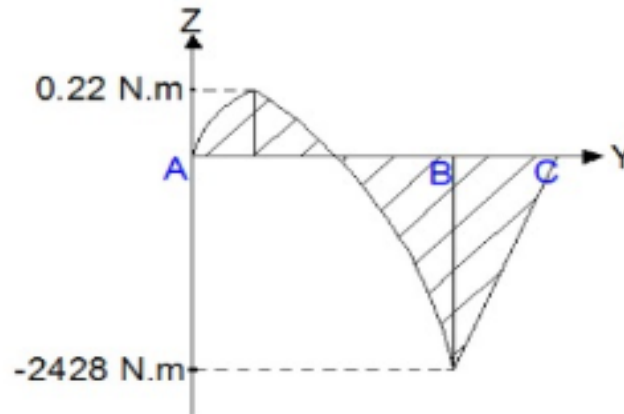
**Figura 16.** Diagrama de esfuerzo cortante Y-Z.

*Fuente: elaboración propia*

➤ Momento flector (M)

$$M = \frac{x}{(0,5 - x)} = \frac{46.38}{4903.68}$$

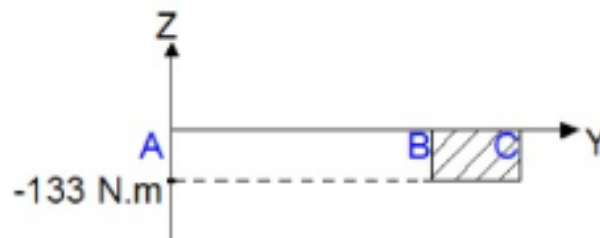
$$x = 4.68 * 10^{-3}$$



**Figura 17.** Diagrama de momento flector Z-Y.

*Fuente: elaboración propia*

➤ Momento torsor (T)



**Figura 18.** Diagrama de momento flector Y-Z.

*Fuente: elaboración propia*

Se cálculo el eje en condiciones máximas de trabajo por el método de tresca shigley (1990).

➤ Esfuerzo normal

$$\sigma = \frac{Me * C}{I}$$



$$\sigma_y = \frac{2428.86Nm(0,034925m)}{\frac{1}{4}\pi*(0,0349524)m^4}$$

$$\sigma_y = 72.59 \text{ MPa}$$

➤ Esfuerzo cortante

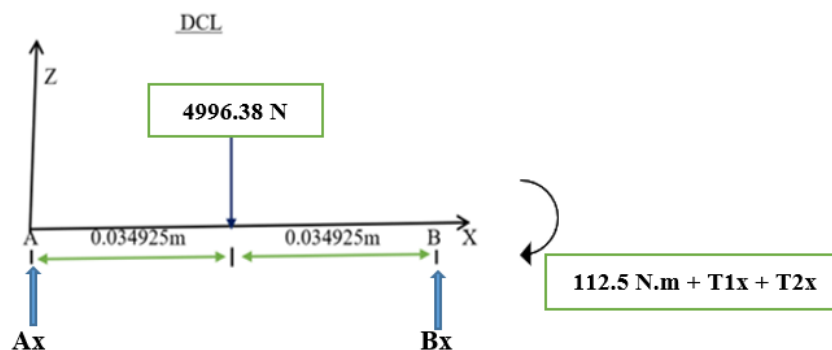
$$\tau_y = \frac{V * Q}{I * b}$$

$$\tau_y = \frac{4903.68N * \frac{\pi}{4} * \frac{0,06985m^2}{2} * 0,034925m}{\frac{1}{4}\pi(0,034925)^2m^4 * 0,06985m}$$

$$\tau_y = 4.02 \text{ MPa}$$

#### 4.5.2. Plano X-Z

Para el cálculo de las reacciones en el eje X-Z, se toma la suma del peso del rodillo más el de la polea y la descomposición de los momentos por efecto de la transmisión de torque hecha por el motor eléctrico.



**Figura 19.** Diagrama de cuerpo libre en el eje X-Z.

*Fuente: elaboración propia*

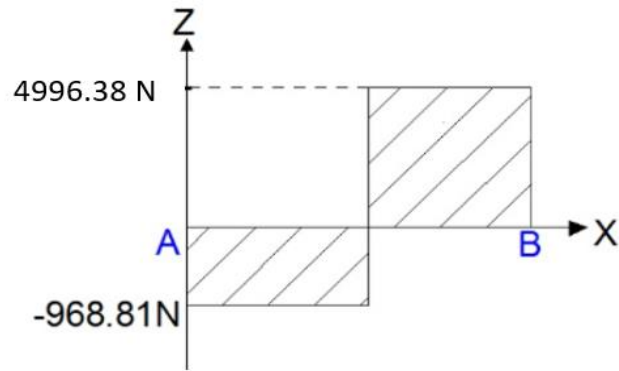
➤ Esfuerzo cortante (V)

$$\Sigma MA \Rightarrow -4996.38 * 0.034925 + Bx * 0.06985 - 242.17$$

$$Bx = 5965.19N$$

$$Ax = -968.81 N$$

$$FZ = A+B = 4996.38 N$$



**Figura 20.** Diagrama de esfuerzo cortante X-Z.

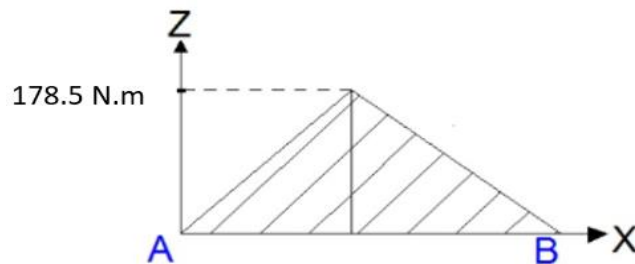
Fuente: elaboración propia

➤ Momento flector (M)

$$\Sigma M_x \Rightarrow 0$$

$$\tau_x = 4996.38 \text{ N} * 0.0334925 \text{ m}$$

$$\tau_x = 178.5 \text{ N.m}$$



**Figura 21.** Diagrama de momento flector Z-X.

Fuente: elaboración propia

Se calculará el eje en condiciones máximas de trabajo por el método de tresca shigley (1990).

➤ Esfuerzo normal

$$\sigma = \frac{Me * C}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{178.5 \text{ Nm}(0.034925 \text{ m})}{\frac{1}{36} * 0.662 \text{ m} * 0.06985^3 \text{ m}}$$

$$\sigma_x = 0.995 \text{ MPa}$$

➤ Esfuerzo cortante

$$\tau_x = \frac{V * Q}{I * b}$$

$$\tau_x = \frac{4496.38 \text{ N} * 0.662 \text{ m} * 0.034925 \text{ m}}{\frac{1}{36} * 0.662 \text{ m} * 0.06985^3 \text{ m} * 0.0662 \text{ m}}$$

$$\tau_x = 25.09 \text{ MPa}$$

#### 4.5.3. Circulo de Mohr Coulomb

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{25.09^2 + 4.02^2} = 25.41 \text{ MPa}$$

➤ Esfuerzos principales

$$\sigma_1 = \frac{72.56+0}{2} + \sqrt{\left(\frac{72.56-0}{2}\right)^2 + 25.4^2} = 80.58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{72.56 + 0}{2} - \sqrt{\left(\frac{72.56 - 0}{2}\right)^2 + 25.4^2} = -8.01 \text{ MPa}$$

Para el cálculo de eje realiza con la teoría de esfuerzos VOM MISSES para materiales dúctiles.

$$\sqrt{(\sigma_1^2 - \sigma_1 * \sigma_2 + \sigma_2^2)} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{(80.59^2 - 80.59 * -8.01 + -8.01^2)} = \frac{250}{n}$$

$$n = 2.99 \text{ (factor de seguridad)}$$

#### 4.6. Dimensionamiento de chaveta

De la tabla obtenemos la selección de la chaveta, para su posterior remplazo en la ecuación.

**Tabla 7-6**

Dimensiones en pulgadas de algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar

[Fuente: Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 24, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown Jr. (eds.), Standard Handbook of Machine Design, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004.]

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

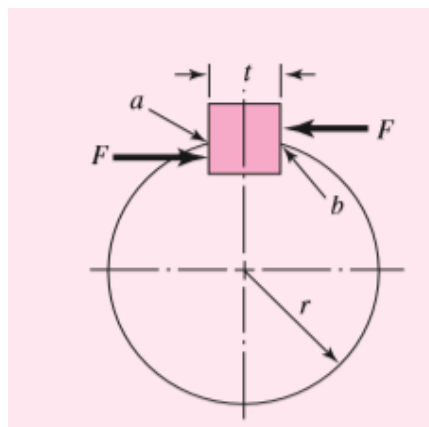
**Figura 22.** Dimensionamiento de chaveta

Fuente: shigley 9na edición 2012

Datos:

- ✓ Deje =  $2\frac{3}{4}$ " (6,98cm)
- ✓  $W = 5/8$ " (1,587cm)
- ✓  $h = 7/16$ " (1,11cm)
- ✓  $V = 240$ rpm
- ✓ Potencia = 15hp

**4.6.1. Cálculo de falla por cizalladura:**



### Figura 23. Calculo de falla por cizalladura

Fuente: shigley 9na edición 2012

- Para el par de torsión:

$$T = \frac{63025(15hp)}{240rpm} = 3939.0625 \text{ lb.pulg} = 445.05 \text{ N.m}$$

- La fuerza

$$F = \frac{T}{r} = \frac{445,05Nm}{0,0349m} = 1272.149 \text{ N}$$

- Área de la chaveta:

$$A = W * h \quad \Rightarrow \quad A = 1,587cm * 1,11cm = 1,766157cm^2$$

- Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{12752.14 \text{ N}}{1.766157 \text{ cm}^2} = 70.48 \text{ MPa}$$

Esfuerzo admisible a corte con un factor de seguridad

$$\tau_d = \frac{0.5*\tau}{3} = \frac{0.5*70.78 \text{ MPa}}{3} = 11.7467 \text{ MPa}$$

#### 4.6.2. Longitud de la chaveta:

$$T = \frac{F*b*L*D}{2} \quad \text{Despejando:} \quad L = \frac{2T}{A*D*D}$$

$$L = \frac{2 * 445,05Nm}{11.7467MPa * 10^6 \frac{N}{m^2} * 0,01587m * 0,0698m} = 0.0688 \text{ m} = 6.88cm$$

#### 4.7. Cálculo de la escala del resorte (K).

La representación de los datos obtenidos será obtenida de las teorías de shigley.

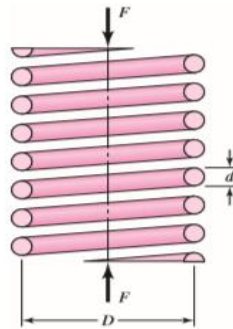


Figura 24. Cálculo de la escala del resorte (k).

Fuente: shigley 9na edición 2012

Donde:

Carga= 75 Kg donde se multiplica por 3 veces su peso para estimar el cálculo del resorte con máxima carga 210 Kg (Fmax) o 474 lb (Fmax)

D = 4.094 pulg

d = 0.47 pulg.

reducción = 1.5 cm o 0.59 pulg (Ymax)

De la tabla se extrae los valores requeridos para los cálculos correspondientes.

Tabla 10-4

Constantes A y m de  $S_{ut} = A/d^m$  para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes

Fuente: De Design Handbook, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg <sup>m</sup>	Diámetro, mm	A, MPa · mm <sup>m</sup>	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite <sup>†</sup>	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro <sup>†</sup>	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio <sup>§</sup>	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio <sup>§</sup>	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 <sup>¶</sup>	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

Figura 25. Constantes para fabricar resortes

Fuente: shigley 9na edición 2012

Donde:

$$A=140 \text{ kpsi} \cdot \text{pulg}^m \text{ o } 1783 \text{ MPa}$$

$$M= 0.19$$

$$Ns= 1.2 \text{ (asumido)}$$

➤ Resistencia a la tensión

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{140000}{0.47^{0.19}} = 161595.567 \text{ psi}$$

➤ Esfuerzo de fluencia a la torsión

$$S_{sy} = 0.45 \left( \frac{A}{d^m} \right) = 0.45 \left( \frac{140000}{0.47^{0.19}} \right) = 72718 \text{ psi}$$

$$\alpha = \frac{S_{sy}}{ns} = \frac{72718}{1.2} = 60598.34 \text{ psi}$$

$$\beta = \frac{8(1 + \epsilon)}{\pi d^2} = \frac{8(1 + 0.15) * 474}{\pi * 0.47^2} = 6283.77 \text{ psi}$$

➤ Índice del resorte.

$$C = \frac{2\alpha - \beta}{4\beta} + \sqrt{\left( \frac{2\alpha - \beta}{4\beta} \right)^2 - \frac{3\alpha}{4\beta}}$$

$$C = \frac{2(60598.34) - 6283.77}{4 * 6283.77} + \sqrt{\left( \frac{2(60598.34) - 6283.77}{4 * 6283.77} \right)^2 - \frac{3 * 60598.34}{4 * 6283.77}}$$

$$C = 8.2692$$

➤ Diámetro medio de la espira.

$$D = C * d$$

$$D = 8.3692 * 0.47 = 3.886 \text{ pulg}$$

$$K_b = \frac{4C + 2}{4C - 3} = \frac{4(8.2692) + 2}{4(8.2692) - 3} = 1.16$$

➤ Esfuerzo cortante en la longitud sólida.

$$\tau_s = Kb * \frac{8(1 + \epsilon) * Fmax * D}{\pi d^3}$$

$$\tau_s = 1.16 * \frac{8(1 + \epsilon) * 474 * 3.886}{\pi(0.47)^3} = 60247.546 \text{ psi}$$

➤ Factor de diseño.

$$N_s = \frac{Ssy}{\tau_s} = \frac{72718}{60267.547} = 1.265 \text{ FS}$$

De tabla:

**Tabla 10-5**  
Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte

Material	Límite elástico, porcentaje de $S_{uw}$ tensión, torsión		Diámetro $d$ , pulg	$E$		$G$	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
A232	88-93			29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2

**Figura 26.** Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte

Fuente: shigley 9na edición 2012

Donde:

G = 11.4 Mpsi.

➤ Número de vueltas activas.

$$Na = \frac{G * d^4 * Ymax}{8 * D^3 * Fmax} = \frac{11.4 * 10^6 * 0.47^4 * 0.59}{8(3.886)^3 * 474} = 1.47 \text{ vueltas}$$

➤ Constante elástica

Donde:

G = Modulo de cizalladura



D = Diámetro de espira

d = Diámetro del alambre

Na = Número de espiras

$$K = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * Na} = \frac{11.4 * 10^6 * 0.47^4}{8 * 3.886^3 * 2.95} = 401.67 \text{ psi} = 2.8 \text{ MPa}$$

#### 4.8. Cálculo de pernos de anclaje

Los pernos utilizados para sujetar la estructura del laminador, se encuentra sometido a esfuerzos de tracción y para diámetros menores a 1 pulgada se calcula con la ecuación.

$$At = \left( \frac{6 * Fe}{\text{pulg}^{-1} * Sy} \right)^{2/3}$$

Para la fuerza extrema ( $Fe$ ); es igual a la relación entre la fuerza extrema total y el número de pernos (4)

$$Fe = \frac{FeT}{\eta b}$$

Donde:

- $FeT$  = Fuerza externa que trata de separar la unión.
- $\eta b$  = Número de pernos

$$Fe = \frac{12200N}{4} = 3050N \cong 685,667\text{lbf}$$

Se selecciona un perno SAE grado 5 (ver anexo 09), se encuentra sus propiedades.

- $Sp = 85 \text{ Ksi}$
- $Sy = 92 \text{ Ksi}$
- $Sa = 180 \text{ Ksi}$

Reemplazando datos en la ecuación:

$$At = \left( \frac{6 * 685.66}{\text{pulg}^{-1} * 920000} \right)^{2/3}$$

$$At = 0.1259$$

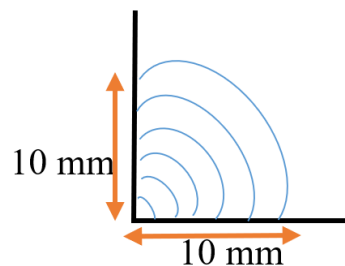
De tabla de roscas unificados (UNS), se selecciona el perno de rosca basta de diámetro  $d = 1/2$ , ya que el área de esfuerzo es más cercana, por encima del área requerida:

$$\Delta t = 0,1259$$

$$d = 1/2 \cong 12,78\text{mm}$$

cálculo del eje por fatiga

#### 4.9. Cálculo de soldadura para las uniones del eje con respecto al rodillo



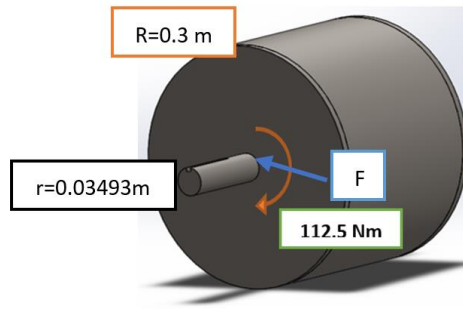
**Figura 27.** Material de aporte.

*Fuente: elaboración propia*

$$L_{\text{cordón}} = 2\pi * 0.03493$$

$$L_{\text{cordón}} = 0.219 \text{ m.}$$

➤ Detalle del eje:



**Figura 28.** Diagrama de momento flector Z-X.

*Fuente: elaboración propia*

$$112.5 \text{ Nm} = F_x * 0.03493 \text{ m}$$

$$F = 3220.7 \text{ N}$$

➤ Cálculo de soldadura del rodillo

Esfuerzos vom misses

Donde :

$$h = 0.01 \text{ m}$$

$$l = 0.219 \text{ m}$$

$$F = 3220.7 \text{ N}$$

$$\tau_{max} = 1.196 \frac{F}{h * l}$$

$$\sigma_{max} = 0.623 \frac{F}{h * l}$$

Electrodo utilizado E70000 (supercito) 70 kpsi o  $4.82 * 10^8 \text{ Pa}$

**Tabla 9-4**

Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	$n^*$
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{tr}^{\dagger}$	

\*El factor de seguridad  $n$  se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de  $0.40S_y$  del metal base.

**Figura 29.** Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte

Fuente: shigley 9na edición 2012

Factor de seguridad (2 cordones en párelo) para determinar el esfuerzo normal y cortante.

➤ Esfuerzo normal.

$$\frac{0.3 * 3.93 * 10^8}{n} = \left( \frac{0.623 * 3220.7}{0.1 * 0.214} \right) * 2$$

$$n = 80.17$$

➤ Esfuerzo cortante.

$$\frac{0.3 * 3.93 * 10^8}{n} = \left( \frac{1.196 * 3220.7}{0.1 * 0.214} \right) * 2$$

$$n = 30.21$$

Se consideró las cargas extremas equilibradas solo por esfuerzos cortantes ( $\tau = 30.21 fs$ ) en la zona de aporte.

#### 4.10. Análisis de eje por fatiga

Existen varios métodos para poder determinar el límite de resistencia a fatiga, mediante experimentación se han obtenido fórmulas que nos permiten tener una aproximación a ella.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Datos obtenidos de tabla 08 (anexo 10) y de cálculos previos de diagrama de cuerpo libre para el estudio del eje.

Donde:

- $S_y = 250 \text{ MPa}$ .
- $S_u = 400 \text{ MPa}$ .
- $RA_y = 46.38 \text{ N} = 23.175 \text{ N.m}$ .
- $RBy = 4950 \text{ N} = 2475 \text{ N.m}$ .

Resistencia a la fatiga teórica

$$S'_n = 0.5 * S_u \implies S'_n = 0.5 * 400 = 200 \text{ MPa}$$

De Shigley tenemos la siguiente ecuación de Marin:

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

Donde  $k_a$  = Factor de modificación de la superficial

**Tabla 6-2**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{UT}$ kpsi	$S_{UT}$ 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

**Figura 30.** Factor de modificación de la superficie

Fuente: shigley 9na edición 2012

$$K_a = 4.51 * 250^{-0.265} = 1.044$$

Para  $k_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para la carga axial no hay tamaños del diámetro del eje por o tanto se asume  $K_b = 1$

Donde  $k_c$  = Factor de modificación de la carga.

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

El eje esta sometido a flexión lo cual  $K_c = 1$

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura

**Tabla 6-4**  
Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.\*  
( $S_T$  = resistencia a la tensión a la temperatura de operación;  $S_{RT}$  = resistencia a la tensión a temperatura ambiente;  $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$ )

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

**Figura 31.** Factor de modificación de temperatura

Fuente: shigley 9na edición 2012

$$K_d = \frac{S_t}{S_{rt}} = 1.01$$

- $k_e$  = Factor de confiabilidad

Para el cálculo de  $K_e$  se determinó un nivel de confiabilidad de 1.

- $k_f$  = Factor de modificación de efectos varios

Para el cálculo de  $K_e$  el factor de modificación de 1, por no presentar muescas en el eje.

- $S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$$S_e = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \times S_e'$$

$$S_e = 1.04 * 1.01 * 200 = 216.32 \text{ MPa}$$

El módulo resistente a flexión ( $W$ ) de la sección del eje en ese punto se calcula como:

$$W = I/c = (\pi \cdot d^4/64) / (d/2) = (\pi \cdot 6.985^4/64) / (6.98/2) = 33.458 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto, el valor de la tensión debido al momento flector en la sección B del eje viene dado por la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

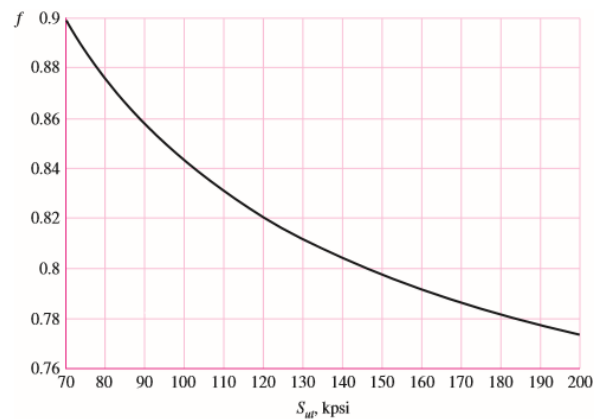
sustituyendo valores resulta:

$$\sigma = 2475 \text{ N.m} / 33.485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 73.91 \approx 74 \text{ MPa}$$

➤ Para las constantes  $a$  y  $b$

**Figura 6-18**

Fracción de resistencia a la fatiga,  $f$ , de  $S_{ut}$  a los  $10^3$  ciclos para  $S_e = S_e' = 0.5S_{ut}$ .



**Figura 32.** Fracción de resistencia a la fatiga

Fuente: shigley 9na edición 2012

De tabla el  $f = 0.9$

$$a = \frac{(f \cdot S_{ut})^2}{S_e} = \frac{(0.9 \cdot 116.03)^2}{58.0151} = 208.85 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{(f \cdot S_{ut})}{S_e} = -\frac{1}{3} \log \frac{(0.9 \cdot 116.03)}{58.0151} = -0.085$$

➤ Número de ciclos a la falla

$$N = \left(\frac{\sigma}{a}\right)^{1/b} = \left(\frac{74}{208.85}\right)^{1/-0.085} = 20 * 10^4 \text{ ciclos}$$

menudo la fatiga de ciclo bajo se define (figura 32) como la falla que ocurre en un intervalo de  $1 \leq N \leq 10^3$  ciclos, el lugar geométrico de falla en este intervalo es casi lineal por debajo de los  $10^3$  ciclos. Una recta entre  $10^3$ ,  $f_{Sut}$  y  $1$ ,  $S_{ut}$  (transformada) es conservadora lo cual da un cálculo vida finita.

#### 4.11. Cálculo de disponibilidad de rodamientos para laminador

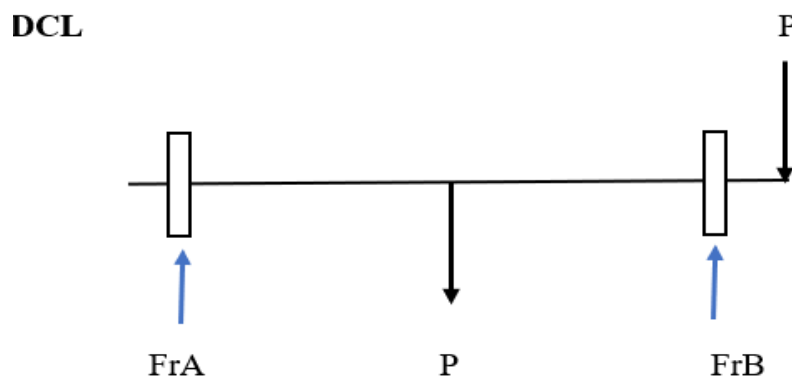


Figura 33. Diagrama de cuerpo libre de rodamientos.

Fuente: elaboración propia

$$FrA = 873.15 \text{ [N]}$$

$$FrB = 1899.5 \text{ [N]}$$

##### 4.11.1. Cálculo de velocidad angular

$$Wr = (2 \pi * 240\text{rpm}) / (60\text{s})$$

$$Wr = 25.13 \text{ rad/ seg}$$

##### 4.11.2. Cálculo de fuerza axial en apoyos

$$FxA = (0.47 * 873.15) / (0.75)$$

$$FxA = 547.17 \text{ [N]}$$

$$FxB = (0.47 * 1899.5) / (0.75)$$

$$FxB = 1190.35 \text{ [N]}$$



### 4.11.3. Análisis de carga estática equivalente

$$F_{xA}/F_{rA} = 547.17 \text{ [N]} / 873.15 \text{ [N]}$$

$$F_{xA}/F_{rA} = 0.62$$

$$F_{xB}/F_{rB} = 1190.35 \text{ [N]} / 1899.5 \text{ [N]}$$

$$F_{xB}/F_{rB} = 0.62$$

**Carga Dinámica Equivalente**  
 $P = XF_r + YF_a$

$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	$e$	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.172	0.19	1	0	0.56	2.30
0.345	0.22	1	0	0.56	1.99
0.689	0.26	1	0	0.56	1.71
1.03	0.28	1	0	0.56	1.55
1.38	0.30	1	0	0.56	1.45
2.07	0.34	1	0	0.56	1.31
3.45	0.38	1	0	0.56	1.15
5.17	0.42	1	0	0.56	1.04
6.89	0.44	1	0	0.56	1.00

**Carga Estática Equivalente**  
 $\frac{F_a}{F_r} > 0.8, R_0 = 0.6F_r + 0.5F_a$   
 $\frac{F_a}{F_r} \leq 0.8, R_0 = F_r$

**Figura 34.** Tabla de Valores para evaluar carga estática y dinámica

Fuente: NTN

Análisis de carga dinámica equivalente

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

Según la tabla de la figura 1, cuando  $F_x/F_r < 0.8$  "X" toma un valor de 1 y "Y" = 0. Entonces:

Para el apoyo "A"

$$P = 1 \cdot 873.15 \text{ [N]} + 0 \cdot 547.17 \text{ [N]}$$

$$P = 873.15 \text{ [N]}$$

Para el apoyo "B"

$$P = 1 \cdot 1899.5 \text{ [N]} + 0 \cdot 1190.35 \text{ [N]}$$

$$P = 1899.5 \text{ [N]}$$

Del catálogo de rodamientos SKF de Bola se selecciona un rodamiento (7914)

Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	23.8	kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	18.3	kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	0.9	kN
Velocidad de referencia		14000	r/min
Velocidad límite		8500	r/min
Factor de cálculo	k <sub>r</sub>	0.02	
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	14.1	

**Figura 35.** Catálogo de rodamientos SKF.

*Fuente: <https://www.skf.com/pe/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=61914-2RS1>*

Para rodamiento 7914: **Cr = 23.8 KN**

**Cr:** Índice de carga básica

Cálculo de duración en horas de rodamiento “A”

$$L = 27017 * 10^6 \text{ Ciclos}$$

$$L_h = (L * 10^6) / (n * 60)$$

$$L_h = (27017 * 10^6) / (240 \text{ rpm} * 60)$$

$$L_h = 1876180.5 \text{ horas}$$

#### 4.11.4. Cálculo de duración en horas de rodamiento “B”

$$L = 2624.13 * 10^6 \text{ Ciclos}$$

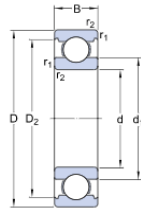
$$L_h = (L * 10^6) / (n * 60)$$

$$L_h = (2624.13 * 10^6) / (240 \text{ rpm} * 60)$$

$$L_h = 182231.25 \text{ horas}$$

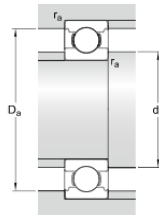
► **61914**  
Producto popular

Dimensiones



d	70	mm
D	100	mm
B	16	mm
d <sub>1</sub>	≈ 79.8	mm
D <sub>2</sub>	≈ 92.9	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 1	mm

Dimensiones de los resaltes



d <sub>a</sub>	min. 74.6	mm
D <sub>a</sub>	max. 95.4	mm
r <sub>a</sub>	max. 1	mm

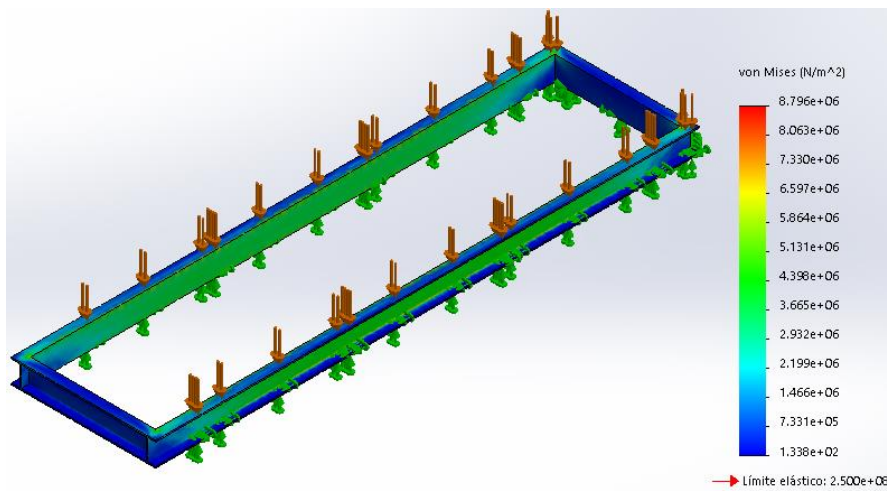
**Figura 36.** Cálculo de duración en horas de rodamientos

Fuente : <https://www.skf.com/pe/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=61914-2RS1>

## 4.12. Simulación de análisis estático en CAD

### 4.12.1. Análisis estático se la base del laminador.

La estructura es la encargada de resistir las fuerzas que ejercen los componentes principales como son el motor, sistema de transmisión, planchas, la misma debe brindar rigidez y seguridad en la máquina como se muestra en la Figura 31.



**Figura 37.** Base del laminador de rodillos.

Fuente: elaboración propia

#### 4.12.2. Análisis estático del eje

Se obtuvo un factor de seguridad de 2.99 en el análisis por lo cual la estructura es apta para soportar las cargas que ejercen todos los componentes de acuerdo a la Figura 32.

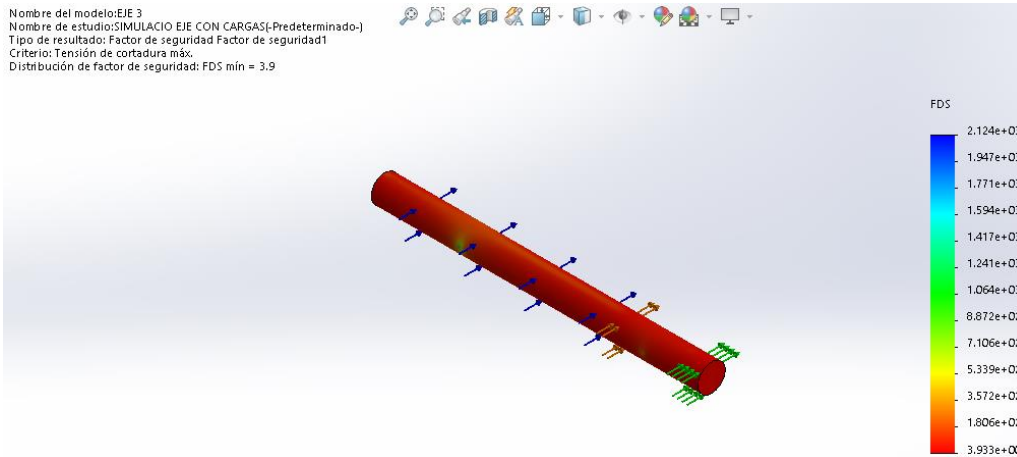


Figura 38. Eje del rodillo.

Fuente: elaboración propia

#### 4.12.3. Análisis estático de los rodillos.

Mediante el análisis efectuado de la viga se comparó el factor de seguridad que indica en la Figura 32, que brinda seguridad y confiabilidad en la estructura de la máquina.

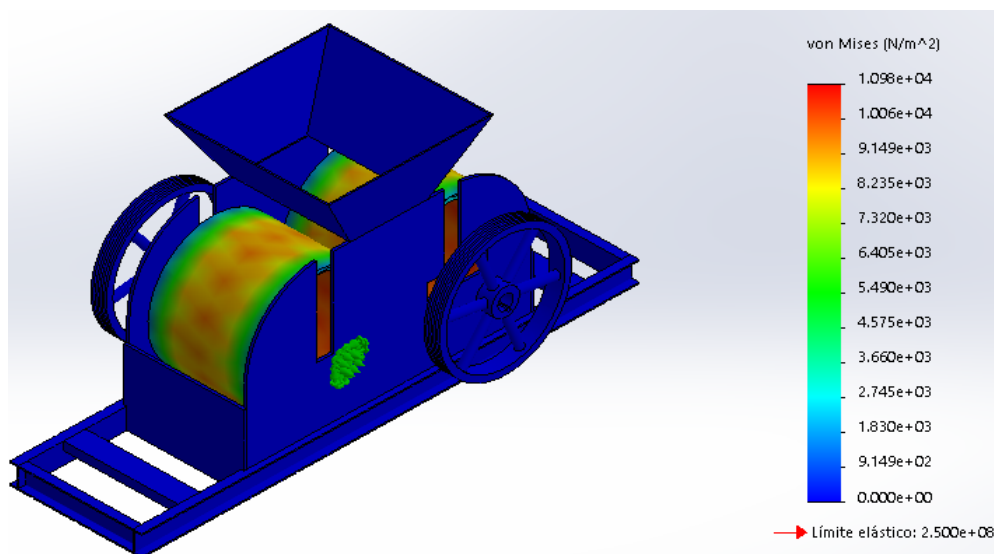


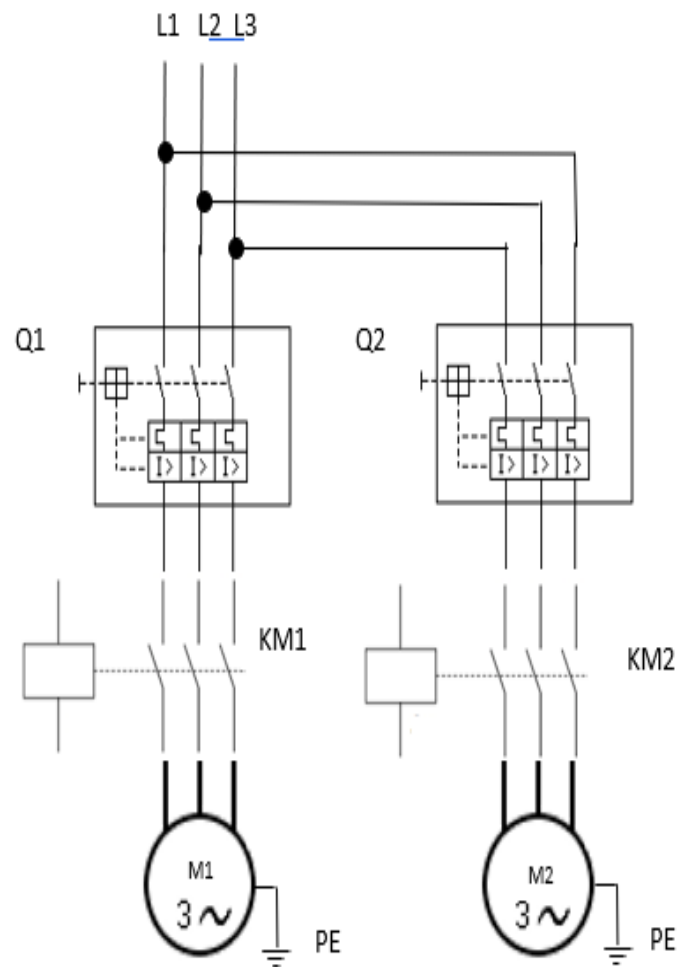
Figura 39. Rodillos laminadores

Fuente: elaboración propia

#### 4.13. Diseño del sistema eléctrico.

La fábrica posee conexiones trifásicas para el funcionamiento de las máquinas, motivo por el cual se trabajará con un motor trifásico siendo más eficientes, estables y seguro. se realizó el respectivo cálculo de la potencia nominal del motor, obteniéndose una potencia de 15 Hp para el proceso de desenrollado y bobinado. Se seleccionó un motor con las siguientes características:

- Potencia: 15 Hp.
- Tensión: 380 V.
- Eficiencia: 83.1 %.
- Factor de potencia ( $\cos\phi$ ): 0.81.
- Corriente nominal: 11,5 A
- Distancia al tablero eléctrico: 10m.
- Velocidad: 1200 rpm
- Diagrama de fuerza y mando de arranque doble para motores trifásicos de laminador.



**Figura 40.** Diagrama eléctrico de fuerza

*Fuente: elaboración propia*

**Donde:**

**Q1:** Guarda motor para motor 1

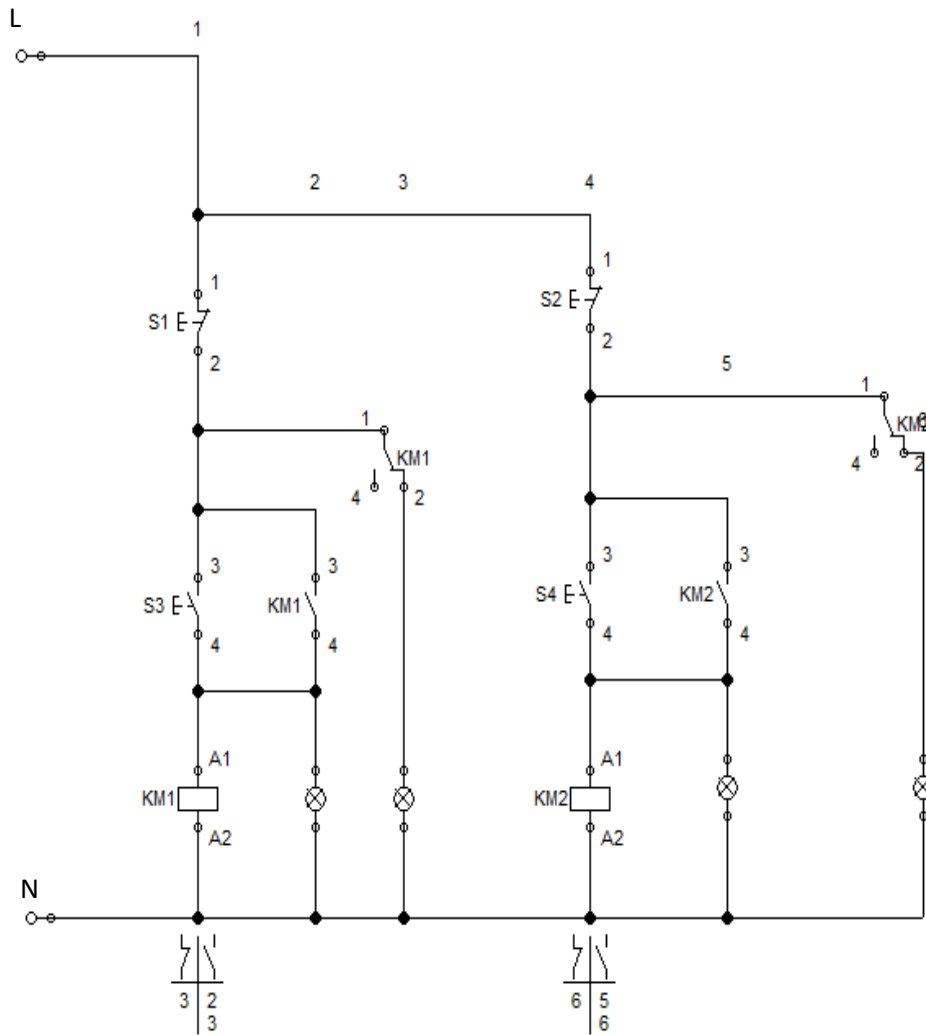
**Q2:** Guarda motor para motor 2

**KM1:** Contactor para motor 1

**KM2:** Contactor para motor 2

**M1:** Motor 1

**M2:** Motor 2



**Figura 41.** Diagrama eléctrico de mando

*Fuente propia*

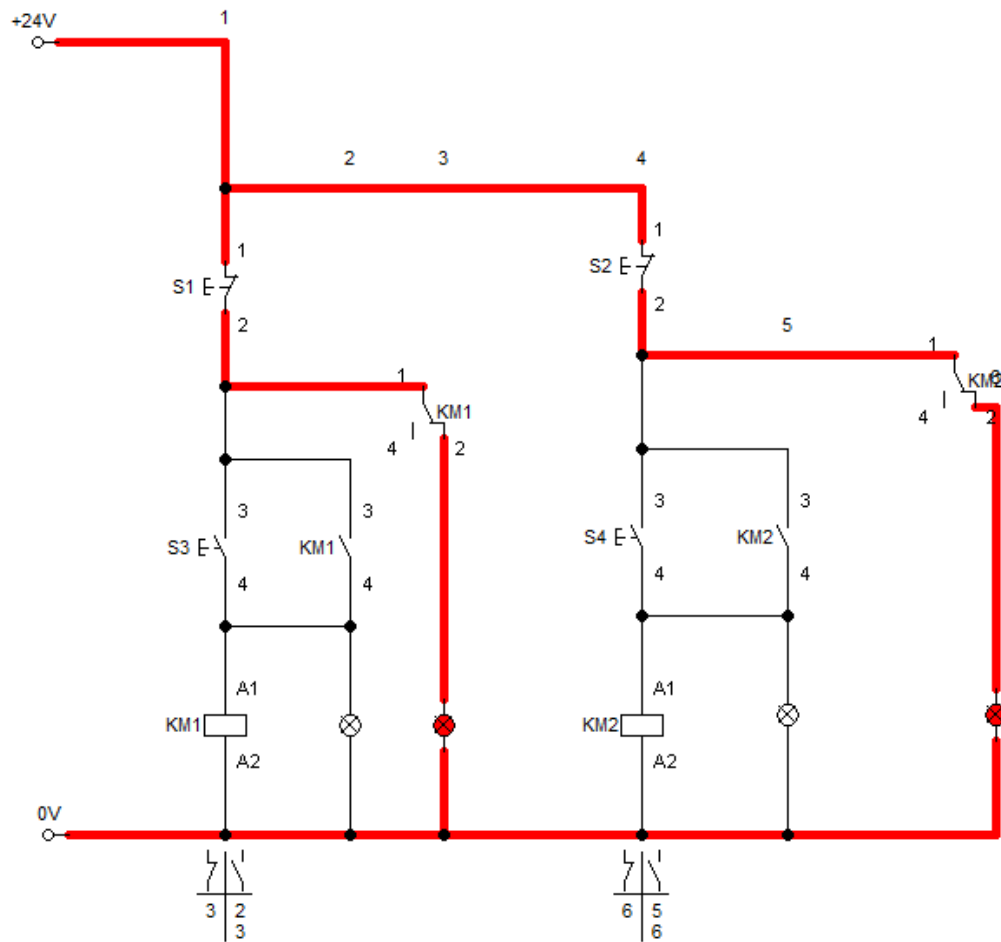
**Donde:**

**S1 y S2:** Son Pulsadores de paro N.C.

**S3 y S4:** Son Pulsadores de marcha N.A.

**KM1:** Contactor para motor 1

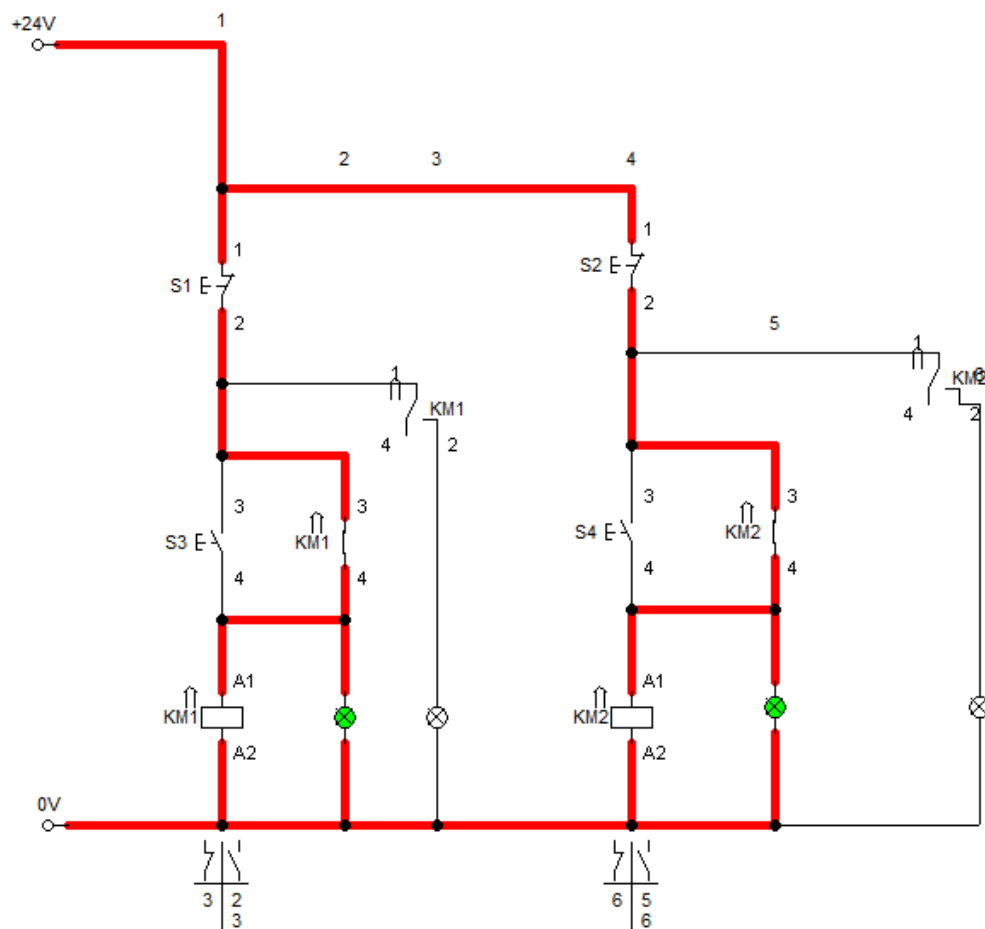
**KM2:** Contactor para motor 2



**Figura 42.** Circuito de mando energizado, motores en paro.

*Fuente: elaboración propia*





**Figura 43.** Circuito de mando energizado, motores en macha

*Fuente: elaboración propia*

#### 4.14. Cálculo de retorno de inversión:

- Costo de venta unitario de ladrillo = 0.5 N.S/Unidad
- Cantidad antigua producida por día = 8 000 unidades \* día
- (Según el registro contable de la empresa las utilidades son el 50% de la venta total)
- Calculando los ingresos antiguos:

$$\text{Ingreso neto diario antiguo} = ((0.5 \text{ N.S/Unidad}) * (8\ 000 \text{ unidades} * \text{ día})) * 0.5$$

$$\text{Ingreso neto diario antiguo} = 2000 \text{ N.S}$$

- Calculando los ingresos actuales:

Ingreso neto diario actual =  $((0.5 \text{ N.S./Unidad}) * (16\ 000 \text{ unidades} * \text{día})) * 0.5$

Ingreso neto diario actual = 4000 N.S

Ingreso mensual actual =  $4000 \text{ N.S/día} * 26 \text{ día} * \text{mes}$

Ingreso mensual actual = 104 000 N.S/mes

- Costo de consumo de energía eléctrica de laminador (**ver anexos 10 y 11**)

Consumo de corriente de motores = 13 Amperios cada uno

Potencia consumida =  $26\text{A} * 380\text{V} * \sqrt{3} * 0.85$

Potencia consumida = 14545.76 w

Potencia consumida = 14.55 kw/h

Potencia consumida por mes =  $14.55 \text{ kw/h} * 8 \text{ h/día} * 26 \text{ día/mes}$

Potencia consumida por mes = **3026.4 kw/mes**

Costo de energía por mes = (Potencia consumida por mes \* costo de energía)

Costo de energía por mes =  $3026.4 \text{ kw/mes} * 0.2084 \text{ N.S/ kw}$

Costo de energía por mes = **630.70 N.S/ mes.**

- **ROI = (ingreso - inversión) / inversión**

Ingreso = 104 000 N.S.

Inversión = 15 690 N.S.

Beneficio =  $104\ 000 - 52\ 000 - 630.70 = 51\ 369.3$

ROI =  $(51\ 369.3 - 19\ 690) / 19\ 690$  ROI = 1.6 = 160%

La empresa cerámicos A&R recuperará la inversión realizada en 10 días de trabajo.

## **V. DISCUSIONES**

Respecto a nuestra hipótesis podemos afirmar que esta se cumple, de acuerdo a los resultados finales del estudio se puede decir que se incrementó la producción en la empresa y también la calidad del producto. Esto se puede relacionar con el estudio de Tarrillo (2019) quien en su estudio diseñó un mecanismo para triturar arcilla y con ello mejorar la calidad final del producto en dicha empresa.

Después de la identificación del problema en la empresa se realizaron investigaciones y estudios previos que nos ayuden a subsanar el problema existente, posterior a ello se realizó de una matriz de selección nos permitió elegir un diseño adecuado que se ajuste a los parámetros requeridos. Todo lo mencionado está relacionado con el estudio de Jurado y Barahona (2018) quienes implementaron en una empresa una trituradora tras una previa selección de diseño, todo ello para mejorar y homogenizar la materia prima; lo mismo que hace el laminador, homogenizar la materia prima (arcilla).

Teniendo una potencia de cálculo mínima, se sobredimensionó los motores dos veces más por cuestiones de que puedan trabajar situaciones críticas y no haya disparos por los dispositivos de seguridad que estos conllevan en margen a la potencia de trabajo dimensionada, para tener un factor de servicio bueno y aceptable. Esto se evidenció en las pruebas a plena carga de la máquina llegando a trabajar en un rango de 40% de carga.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Se dimensionó correctamente los ejes principales de laminador, para que pueda trabajar en condiciones normales y críticas teniendo un factor de seguridad aceptable de 3 aplicando conocimientos físico-teóricos.
- Este estudio nos permitió a nosotros como estudiantes desarrollar y aplicar conocimientos obtenidos a lo largo de nuestra carrera ingenieril fabricando tecnología propia.
- Mediante el desarrollo de la propuesta de solución no se logró tener una

producción netamente continua; pero se tuvo resultados positivos incrementándose en un 30% la producción de ladrillos industriales en la empresa Cerámicos A&R.

- Se identificó las necesidades de la empresa respecto a la problemática durante el proceso de extrusión en la línea de producción y se realizó una matriz de selección con el fin de evaluar y elegir una mejor alternativa de solución para subsanar la problemática existente en el proceso de extrusión de la empresa.
- Se logró realizar una simulación en software de la propuesta de solución para evaluar su comportamiento sometido a diferentes esfuerzos.
- Se desarrolló la ejecución física e instalación de la propuesta de Laminador de arcilla para mejorar la producción en el proceso de extrusión.
- Finalmente se realizó la evaluación de retorno de inversión de los costos que involucraron la construcción y desarrollo del Laminador de arcilla.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para futuras investigaciones se recomienda evaluar diferentes factores involucrados durante el funcionamiento y trabajo de esta máquina o cualquier equipo con funciones afines tales como desgaste de rodillos por fricción, realizar un análisis vibracional en los ejes principales y hacer un estudio respecto a los impactos involucrados en este tipo de diseños.

Se desea que haya una mejora continua del proyecto tan ambicioso como fue este, a los futuros investigadores que realicen comparaciones con otros tipos de diseños y generen tecnología que se adapte a cualquiera fábrica de ladrillos.

Extender estudios originarios de esta tesis al estudio de otros equipos rotacionales, específicamente laminadores de arcilla o equipos para la industria de la cerámica.

## VIII. REFERENCIAS

- Amaro, S (2018). Diseño de una maquina laminadora de trigo y agregados para la elaboración de tortillas (tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
- Bayetero, C (2015). Diseño e implementación de una máquina laminadora de masa de granola para la empresa industrial productos el chinito S.C.C (tesis de grado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador.
- Bloques Cando (2015) Proceso de fabricación de ladrillo. Lugo. España. Consultado en: <https://bloquescando.com/proceso-de-fabricacion-del-ladrillo/>
- Camargo, A. (2012). Diagnóstico de la industria ladrillera en el país: recuperado de: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/L/ladrillosdiagnostico/ladrillosdiagnostico.asp>
- Cruelles, J (2013). Productividad industrial. Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. Barcelona. España. Editorial Marcombo.
- Delgado, S. Martín, B. y Sánchez, J (2011). Métodos de investigación y análisis de datos en ciencias sociales y de la salud. Madrid. España. Editorial Pirámide.
- Eaton industries (2011). Arranque y control de motores asíncronos. España.
- Fernández, H. y Calderón, D (2017). Diseño de un control automatizado para disminuir las paradas no programadas en la empresa ladrillera sagitario S.A.C. (tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- Figuroa, J. y Sánchez, J (2010). Diseño y construcción de una laminadora y diseño de una línea de producción para panificación (tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador.
- González, M (2005). Control de aprovisionamiento de materias primas. España. Editorial Graficas Monterreina.
- Jibaja, S. Leuschner, D. y Peñiel, C (2012). Análisis y Corrección de fallas de elementos mecánicos de laminador plano artesanal y diseño de

laminador semi-industrial (tesis de grado). Escuela Superior del Litoral.  
Guayaquil. Ecuador.

Limusa, W (2002). El proceso de diseño en ingeniería. México D.F. México.  
Editorial Limusa.

Pérez, J. y Gardey, A (2012). Torque y potencia. Consultado en:  
<https://definicion.de/torque/>

Pérez, J y Merino, M (2014) Definición de Rodillo. Consultado en:  
<https://definicion.de/rodillo/>

Rodríguez, J (2017) Definiciones: leyes, conceptos, de las operaciones de  
molienda, trituración, pulverización, tamizado y destilación.

Shigley, J. y Mischke, C (1999). Diseño en ingeniería mecánica. México D.F.  
México. Editorial McGraw-Hill.

Urango, L (2012). Las poleas y sus clases. Consultado 4 en:  
<http://lluyvis.blogspot.com/2012/04/las-poleas-y-sus-clases.html>

Sifuentes, J (2017) Proceso de Laminado. Consultado en:  
<https://sites.google.com/site/procesodelaminado/home>

T&D S.A (2017). Consultado en <http://www.tyd-sa.com/productos/maquinaria-industrial/>





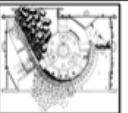
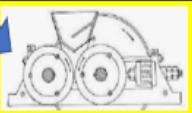









[http://www.esrodamientos.com/NTN\\_Rodamientos/NTN\\_7914\\_41168.html](http://www.esrodamientos.com/NTN_Rodamientos/NTN_7914_41168.html)

<https://www.skf.com/pe/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=61914-2RS1>

## IX. ANEXOS

### ANEXO N°1

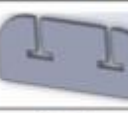











Criterios de selección del laminador.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DISEÑO		IMPORTANCIA	D-1		D-2		D-3	
1	CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA	26%	 diseño con rodillos flotantes	6	 diseño con rodillo flotante	10	 diseño con rodillo fijo	4
2	SISTEMA DE TRITURACIÓN	22%	 tritador de mandíbulas	4	 tritador de martillo	8	 tritador de rodillos	10
3	SISTEMA DE ACCIONAMIENTO	20%	 motorreductor	6	 polea - faja	8	 catalina - cadena	6
4	COSTO DE FABRICACIÓN	17%	 Fabricación propia - 7500\$	8	 Importación Brasileña - 19200\$	6	 Importación China - 9000\$	6
5	ERGONOMIA	15%	 trabajo de precisión	7	 trabajo ligero	4	 trabajo de esfuerzo físico	8
TOTAL		100%		31		36		34

Fuente: elaboración propia

### ANEXO N°2

Configuración geométrica del laminador.

IMPORTANCIA	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DISEÑO	PONDERADO	CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA		
			D-1	D-2	D-3
26%	Perfil Estructural	35%			
	Capacidad de Alimentación	30%			
	Espesor de los Perfiles (cm)	20%			
	Sistema de Amortiguación de Impacto	15%			
TOTAL		100%	24	26	22

Fuente: elaboración propia

### ANEXO N°3

Diseño del sistema de trituración.

			SISTEMA DE TRITURACIÓN					
IMPORTANCIA	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DISEÑO	PONDERADO	D - 1		D - 2		D - 3	
2	Granometría del producto	40%	Granulado	7	Medio	8	Fino	6
	Capacidad de trituración	30%	9 t/h	5	10.5 t/h	7	12 t/h	9
	Fuerza de trituración	30%	650 N	5	450 N	6	500 N	8
TOTAL		100%		17		21		23

Fuente: elaboración propia

### ANEXO N°4

Criterios de selección para el sistema de accionamiento.

			SISTEMA DE ACCIONAMIENTO					
IMPORTANCIA	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE DISEÑO	PONDERADO	D - 1		D - 2		D - 3	
2	Mantenimiento	45%	complejo	5	simplificado	8	intermedio	7
	Potencia nominal de funcionamiento	30%	13.5 hp	7	15 hp	6	14 hp	5
	Disponibilidad por paradas	25%	2 horas	4	0.5 horas	7	0.5 horas	7
TOTAL		100%		16		21		19

Fuente: elaboración propia



## ANEXO N°5

**Tabla VI.** Cronograma de actividades.

Cronograma de actividades del diseño, construcción y puesta en marcha del laminador.

ACTIVIDADES	8 al 18 de NOVIEMBRE										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<p>Compra y habilitamiento de materiales y recursos.</p> <p>Dejar a realizar los trabajos en Torno, (Rodillos, chumaceras, tapa de resortes, espárragos reguladores, rolado de tapas laterales).</p> <p>Dejar a realizar el armado de tablero eléctrico de control.</p>											
Corte y armado de Chasis, Corte y fijación de planchas laterales.											
Corte y fijación de soporte de rodillo móvil.											
Fijación de Rodillos con sus respectivas poleas y limpiadores.											
Armado y fijación de Tolva, Fijación de tapas laterales.											
Armado de soportes para motores, Fijación y alineamiento de motores y montaje de fajas.											
Montaje de Maquina en su posición de trabajo, engrasado de rodamientos, instalación de tablero eléctrico de control y pruebas en vacío.											
Evaluación de Laminador sometido a carga. 8 horas.											

*Fuente: elaboración propia*

## ANEXO N°6

**Tabla VII. Cosos de fabricación de Laminador**

PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCIÓN DE LAMINADOR				
ELEMENTOS	TIPO	UNIDAD	COSTO S/.	PROVEDOR
Perfil para Chasis	C 4"*2"	1	240	ACEROS RIOJA
Sócalos de plancha	0.3m* 12.m* 1/2"	6	750	ACEROS RIOJA
Sócalos de plancha	0.3m* 12.m* 3/16"	2	80	ACEROS RIOJA
Sócalos de plancha	0.3m* 12.m* 1/4"	2	120	ACEROS RIOJA
Rodamientos	7914 -70mm * 100mm	4	1040	FERRETERÍA KOU
Chumaceras Hechizas	1.5" *5" *5"	4	200	GRUPO MONDRAGON
Espárragos Reguladores	1.5" * 0.5m	2	140	GRUPO MONDRAGON
Polea para rodillo	3 Canales en C	2	2600	EDIPESA TRUJILLO
Polea para motor	3 Canales en C	2	320	FERRETERÍA KOU
Motor eléctrico	Trifásico 15 Hp, 380v	2	3000	ELPI S.A.C.
Rodillos cilíndricos	3/4" * 0.6m" * 0.5m	2	1000	REPUESTOS PAREDES
Soldadura	Solercito 7018	15 Kg	270	ACEROS RIOJA
Soldadura	Punto azul 6011	1 kg	14	ACEROS RIOJA
Pernos	3/4" * 1.5"	8	56	ACEROS RIOJA
Pernos	1/2"* 2"	16	48	ACEROS RIOJA
Fajas	Tipo c 154	6	720	ELPI S.A.C.
Eje	A36, 2.3/4"	2m	280	ACEROS RIOJA
Resortes	5/8" * 0.1m" *0.115m	2	200	FERRETERÍA KOU
Tablero de control e instalación	Arranque directo doble	1	2000	ENERGY SERV. ELECTRICOS
Servicio de Torno	Maquinado de Rodillos y ejes	2	800	MAESTRANZA S.A.
Servicio de Rolado	Tapas laterales de rodillo	2	100	FERRRETERIA MONDRAGON
Servicio de Oxícorte	para planchas laterales	1	300	FERRRETERIA MONDRAGON
Tapas guías para resortes	0.1m* 0.012m	2	160	FERRRETERIA MONDRAGON
Mano de obra			1500	FERRRETERIA MONDRAGON
Gastos generales			750	
Ingeniería de diseño			4000	INGENIEROS TESISTAS
<b>TOTAL</b>			<b>19690</b>	

*Fuente: elaboración propia*

## ANEXO N°7

Tabla VIII. Factores de conversión de unidades seleccionada

Advertir que estos factores de conversión (y otros), están incorporados en los archivos UNITMAST Y STUDENT del TKSolver								
Multiplique esto por		esto	para obtener esto	Multiplique esto por		esto	para obtener esto	
Aceleración	$in/sec^2$	x 0.0254	$=m/sec^2$	Momento de inercia de masa	x	0.1138	$=N-m-sec^2$	
	$ft/sec^2$	x 12- 0.3048	$=in/sec^2 - m/sec^2$					
Ángulos	radian	x 57.2958	$=grados$	Momentos y Energía.	x	0.1138	$=N-m$	
Área	$in^2$	x 645.16	$=mm^2$ $=in^2 - m^2$	in-lb	x	0.1138	$=N-m$	
	$ft^2$	x 144- 0.0929		ft-lb	x	12- 0.139	$=in-lb; m-kg$	
				N-m	x	8.7873- 0.101	$=in-lb; m-kg$	
				N-m	x	0.7323- 0.128	$=ft-lb- m-kg$	
Momento de inercia del área	$in^4$	x 416.231	$=mm^4$	Potencia	x	550	$=ft-lb/sec$	
	$in^4$	x 4.162E-07	$=m^4$	HP		x 33000	$=pie-lb/min$	
	$m^4$	x 1.0E-12	$=mm^4$	HP		x 6600	$=n-lb/sec$	
	$m^4$	x 1.0E-08	$=cm^4$	HP		x 745.7	$=watts$	
	$ft^4$	x 20.736- 8.63x <sup>-6</sup>	$=in^4 - m^4$	N.m/sec		x 8.7873	$=pie-lb/sec$	
Densidad	$in/sec^2$	x 27.6805	$=g/cc$	Presión y esfuerzos	x	6894.8	$=P_o$	
	$in/sec^2$	x 0.001	$=g/mm^3$			psi	x 6.895E-3	$=Mp_o$
	$in/sec^2$	x 1728	$=lb/in^3$			psi	x 144	$=psf$
	$in/sec^2$	x 1.0E-06	$=g/mm^3$			psi	x 1000	$=psi$
				N/m <sup>2</sup>	x 1	$=P_o$		
				N/mm <sup>2</sup>	x 1	$=Mp_o$		
Fuerza	lb	x 4.448	$=N$	Tasa de resorte	x	175.126	$=N/m$	
	N	x 1.0E-06	$=dyna$			lb/in	x 0.08333	$=lb/in$
	tonelada corta	x 2000	$=lb$			Intensidad de esfuerzo	x	0.909
				$Mp_o - m^{0.5}$				
Longitud	In	x 25.4	$=mm$	Velocidad	x	0.0254	$=m/sec$	
	ft	x 12	$=in$			in/sec	x 12	$=in/sec$
				ft/sec	x	9.5493	$=rpm$	
				rad/sec	x			
Masa	blob	x 386.4	$=lb$	Volumen	x	16387.2	$=mm^3$	
	slug	x 32.2	$=lb$			$in^3$	x 1728	$=in^3$
	blob	x 12	$=slug$			$cm^3$	x 0.061023	$=in^3$
	kg	x 2.205	$=lb$			$m^3$	x 1.0E+9	$=mm^3$
	kg	x 9.8083	$=N$					
	kg	x 1000	$=g$					

Fuente: R. L. NORTON, Diseño de Máquinas.

## ANEXO N°8

Tabla IV. Dimensiones de roscas unificadas (UNS).

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) $d$ (in)	ROSCA BASTA (UNC)			ROSCA FINA (UNF)			Ancho aproximado entre caras $A_r$ (in)	
		Número de hilos por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )	Número de hilos por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )	Cabeza	Tuerca
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018		
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028		
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039		
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052		
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066		
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083		
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101		
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147		
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200		
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258		
¼	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364	7/16	7/16
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581	½	½
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878	9/16	9/16
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187	5/8	11/16
½	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600	¾	¾
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030	13/16	7/8
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560	15/16	15/16
¾	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730	1 1/8	1 1/8
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095	1 5/16	1 5/16
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630	1 ½	1 ½
1 1/8	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557	1 11/16	1 11/16
1 ¼	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729	1 7/8	1 7/8
1 3/8	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147	2 1/16	2 1/16
1 ½	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810	2 ¼	2 ¼
1 ¾	1.7500	5	1.4902	1.8995				2 5/8	2 5/8
2	2.0000	4.5	1.7113	2.4982				3	3
2 ¼	2.2500	4.5	1.9613	3.2477				3 3/8	3 3/8
2 ½	2.5000	4	2.1752	3.9988				3 ½	3 ½
2 ¾	2.7500	4	2.4252	4.9340				4 1/8	4 1/8
3	3.0000	4	2.6752	5.9674				4 ½	4 ½
3 ¼	3.2500	4	2.9252	7.0989				4 7/8	
3 ½	3.5000	4	3.1752	8.3286				5 ¼	
3 ¾	3.7500	4	3.4252	9.6565				5 5/8	
4	4.0000	4	3.6752	11.083				6	

Fuente: <http://www.utp.edu.co/~lvanegas/dis1/Cap8.pdf>. Consultado en línea 08/03/2015, a las 20H00

## ANEXO N°9

**Tabla X.** Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM del acero A36.

<b>Composición Química (Valores Típicos)</b>				
%C	%Mn	%Si	%P	%S
≤ 0,26	0,80 -1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

<b>Propiedades Mecánicas</b>				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción (Kg/mm <sup>2</sup> )		Elongación
(Kg/mm <sup>2</sup> )	MPa	(Kg/mm <sup>2</sup> )	MPa	%
25,5 (mín)	250 (mín.)	40,8 (mín)	400 (mín.)	20 (mín.)

<b>Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío</b>		
Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (Incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

**Fuente:** [http://www.acerosotero.cl/planchas\\_acero\\_carbono\\_astm\\_a36.html](http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a36.html)

## ANEXO N°10

Tabla XI. Especificaciones SAE para pernos UNS de acero.

Grado SAE	Intervalo de tamaños (inclusive) (in)	Resistencia límite mínima a la tracción $S_p$ (ksi)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción $S_y$ (ksi)	Resistencia última mínima a la tracción $S_u$ (ksi)	Características del acero
1	¼ a 1½	33	36	60	Medio o bajo carbono
2	¼ a ¾	55	57	74	Medio o bajo carbono
	7/8 a 1½	33	36	60	
4	¼ a 1½	65	100	115	Medio carbono estirado en frío
5	¼ a 1	85	92	120	Medio carbono templado y revenido
	1 1/8 a 1½	74	81	105	
5.2	¼ a 1	85	92	120	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
7	¼ a 1½	105	115	133	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8	¼ a 1½	120	130	150	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8.2	¼ a 1	120	130	150	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido

Fuente: <http://www.utp.edu.co/~ivanegas/disl/Cap8.pdf>. Consultado en línea 08/03/2015, a las 20H0

## ANEXO N°11

Clasificación de costo tarifario MT2.


**Empresa: Electro Oriente**

	MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA
			Sin IGV
<b>TARIFA MT2:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	8.92
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kWh	20.84
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kWh	20.84
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S/./kW-mes	15.96
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S/./kW-mes	7.55
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S/./kW-mes	9.36
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	3.59
<b>TARIFA MT3:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	8.92
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kWh	20.84
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kWh	20.84
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	14.50
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	8.78
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	9.34
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	9.35
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	3.59
<b>TARIFA MT4:</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P</b>		

Fuente: electro oriente

# ANEXO N°12

Aumento de consumo energético.



**Electro Oriente**  
Generando Progreso

EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO  
DE ELECTRICIDAD DEL ORIENTE S.A  
JR. AUGUSTO B. LEGUÍA N° 955 - TARAPOTO  
R.U.C. 20103795631

CONSUMO FACTURADO  
NOV-2019  
RECIBO N° 224-08168533

Emisión 05-DIC-2019  
Vencimiento 25-DIC-2019

Cod.Ruta 210730268  
Contrato ALARCON PEREZ CESAR ARNALDO - LADRILLER  
Señores CRT YURACYACU KM-03 SECTOR TAMBO  
Direc.Legal YURACYACU  
Localidad YURACYACU  
Inoserie Nro. 14088600 EN 4 hilos

Pot.Cont.HP. 100.000 Tensión KV. 22.900  
Pot.Cont.FP. 100.000 Conex. C5.1 Trifásico-Aéreo (51670)  
Demanda Max. 47.63 Calificac. de Potencia 0.0000

Conceptos	Lectura		Diferencia	Factor	Consumo	Consumo Facturado	Precio Unitario	Importe Parcial S/.
	Anterior	Actual						
Cargo Fijo Mensual	31/10/2019	30/11/2019						12.49
Energía Activa horas fuera de punta (kWh)					1.000	12.4900		12.49
Energía Activa en horas punta (kWh)	2779.1000	2792.9000	13.8000	83.2727	1648.7995	1648.7995	0.2411	430.50
Exceso de Potencia fuera de punta (kW)	248.9000	230.4000	-1.5000	83.2727	228.9091	228.9091	0.3308	40.05
Energía Reactiva (kVar h)		0.5720	0.5720	83.2727	47.6320	94.0626	17.7100	992.51
Potencia de Generación en horas punta (kW)	5440.0000	5495.5000	55.5000	83.2727	4921.6349	8089.5223	0.0432	176.87
Potencia de Distribución en horas punta (kW)		0.2730	0.2730	83.2727	6.4120	7.1128	16.5100	117.55
Pilago Tarifario Resolución OSINERGMIN N° 206-2013-OS/CD del 14-10-2013								
<b>TARIFA : MT2 MT</b>								
<b>Parcial consumos mes</b>								<b>2230.79</b>
<b>DETALLES DE PAGOS ESPECIALES</b>								
Alumbrado Público								64.99
Mantenimiento de Conexión								12.05
Reposición de Conexión								7.96
Interés Compensatorio								16.23
Interés Moratorio								2.05
Otros								14.90
Redondeo Mes Anterior								0.20
Redondeo Mes Actual								-0.17
<b>Total del Mes</b>								<b>2349.00</b>

ULTIMO DIA DE PAGO: 25-DIC-2019


**Total Recibo S/ \*\*\*\*2349.00**

Son : DOS MIL, TRESCIENTOS CUARENTA y NUEVE con 00/100 Soles

**MENSAJES AL CLIENTE**

	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
EAHP	181	238	200	301	173	181	167	175	150	161	133	123
EAFP	2775	3319	2923	2948	2200	1747	2581	2636	2714	2271	1937	1649
MDHP	8	8	7	8	7	7	7	8	6	7	6	6

Variancia de su Consumo (kWh)



BIENES TRANSFERIDOS /SERVICIOS PRESTADOS EN LA REGION DE LA SELVA PARA SER CONSULTADOS EN LA MISMA

Fuente: electro oriente

## ANEXO N°13

### Manual de operación de laminador

- Verificar que la tolva del laminador se encuentre vacía antes de poner en marcha el equipo y observar que no exista objetos extraños alrededor del equipo que impidan su correcto funcionamiento.
- Poner en marcha el equipo primero un motor, pasado 15 segundos poner en marcha el segundo motor.
- Durante el funcionamiento del equipo mantenerse a un radio no menor de 1 metro de distancia, para evitar accidentes como un posible atrapamiento.
- Parar el equipo cuando este se encuentre con la tolva completamente vacía, en el mismo orden de encendido.
- Una vez terminada la jornada de producción realizar limpieza general del equipo.

**Tabla XII.** Plan de mantenimiento preventivo del laminador.

MAQUINA	INTERVENCIÓN	MANTTO PREVENTIVO	FRECUENCIA	DURACIÓN
LAMINADOR DE ARCILLA	Realizar inspección limpieza general de máquina.	✓	Diaria	1 hora
	Realizar engrase de rieles guías de chumaceras y rodamientos.	✓	Semanal	1 hora
	Realizar cambio de rodamientos de Rodillos.	✓	Semestral	4 horas
	Meghado de motores principales.	✓	Semestral	2 horas
	Cambio de rodamientos de motores.	✓	Semestral	3 horas
	Barnizado de los motores.	✓	Semestral	3 horas
	Realizar cambio de fajas.	✓	Semestral	3 horas
	Realizar rellenado de rodillos laminadores	✓	Semestral	8 horas
	Inspección de tornillos y pernos.	✓	Trimestral	2 horas
	Limpieza y revisión general de tablero eléctrico.	✓	Mensual	2 horas

*Fuente: elaboración propia*



## ANEXO N°14

- Proceso de toma de datos para el dimensionamiento del laminador.

Arcilla en su estado natural, para su posterior proceso de pruebas.



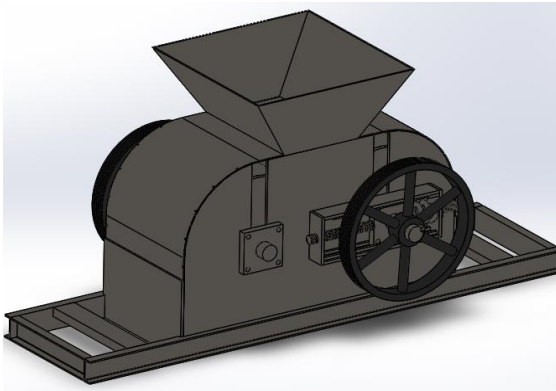
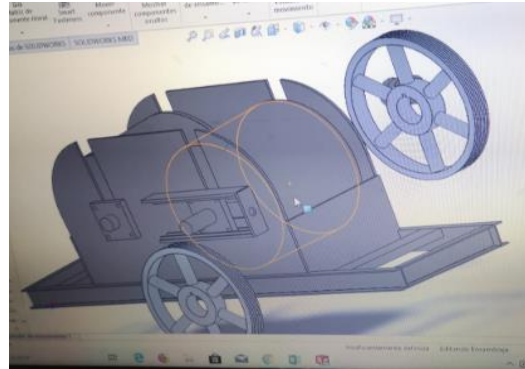
Pruebas de compresión de la arcilla empíricas para determinar la fuerza necesaria de trituración.

Toma de datos realizados con la ayuda de una balanza mecánica para determinar el peso necesario a comprimir hasta llegar a los 4 mm de espesor requeridos por la empresa.



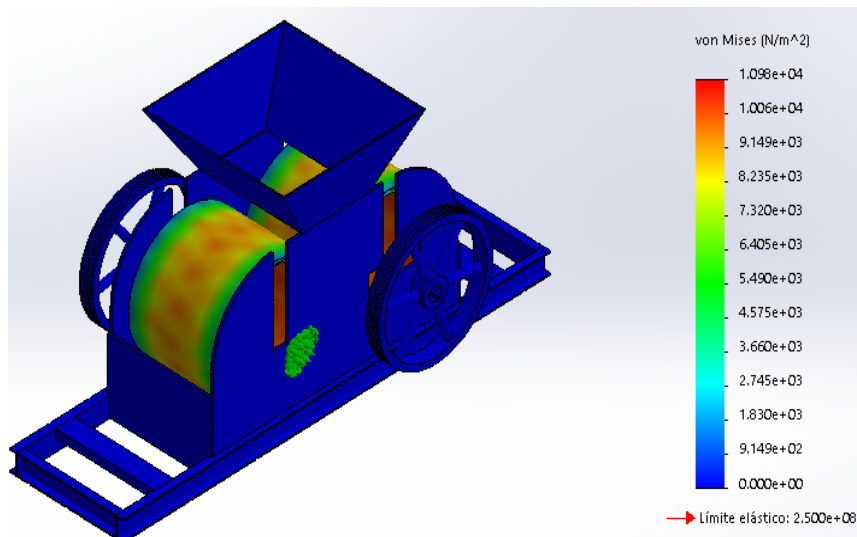
- Diseño y simulación del laminador de rodillos.

Elaboración del diseño en software de cada pieza que forma el laminador.



Ensamble de las piezas involucradas en el diseño.

Simulación del laminador para determinar los puntos críticos en pleno funcionamiento.



➤ Proceso de construcción del laminador.

Cortado de planchas y soportes para su posterior unificación con soldadura.



Montaje de componentes en la estructura

De acuerdo a los cálculos precisos se logró determinar el diámetro del eje de los rodillos.



Montaje de motores eléctricos

- *Acabado y pruebas de funcionamiento del laminador.*

Proceso inclusión de una capa de base a toda la estructura.



Acabado final con pintura característica de la maquina

Tablero de control eléctrico



Control de amperaje a plena carga de funcionamiento



Laminador instalado en la línea de producción de la empresa.

Salida de material triturado por los rodillos.



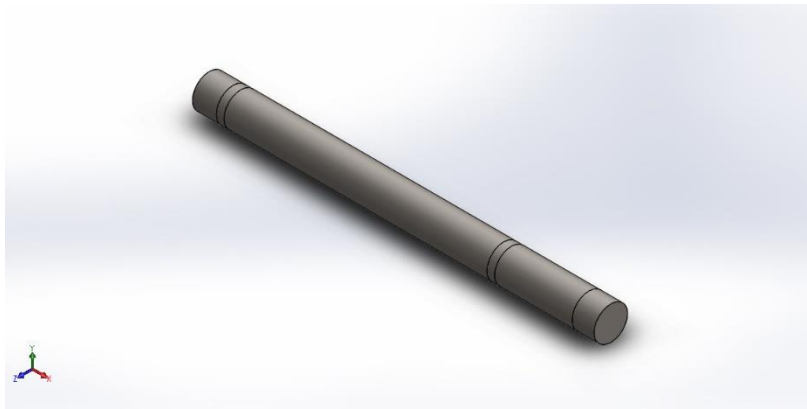
## ANEXO N°14

Informe hecho el software

### ➤ Simulación de EJE

Nombre de estudio: SIMULACIO EJE CON CARGAS

Tipo de análisis: Análisis estático



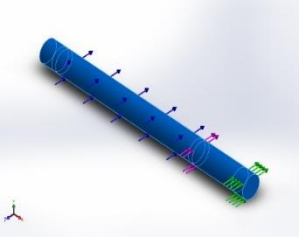
Fuente: elaboración propia

Tabla XIII. Unidades.

<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Longitud/Desplazamiento</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Velocidad angular</b>	Rad/seg
<b>Presión/Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>

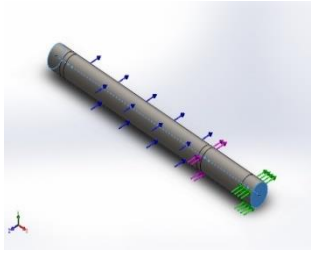
Fuente: elaboración propia

**Tabla XIV.** Propiedades del material.

REFERENCIA DE MODELO	PROPIEDADES	COMPONENTES
	<p><b>Nombre:</b> ASTM A36 Acero</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.5e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+11 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.26</p> <p><b>Densidad:</b> 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 7.93e+10 N/m<sup>2</sup></p>	<p>Sólido 1</p>

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla XV.** Cargas y sujeciones.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija			
<b>Fuerzas resultantes</b>					
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>	
<b>Fuerza de reacción(N)</b>	-0.464844	-0.0979004	3582.38	3582.38	
<b>Momento de reacción(N.m)</b>	0	0	0	0	

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla XVI.** Cargas y sujeciones pate 2.

NOMBRE DE CARGA	CARGAR IMAGEN	DETALLES DE CARGA			
Presión-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s), 1 plano(s) <b>Referencia:</b> Vista lateral <b>Tipo:</b> A lo largo del plano Dir. 1 <b>Valor:</b> 1893 <b>Unidades:</b> N/m <sup>2</sup> <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> deg			
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s), 1 plano(s) <b>Referencia:</b> Vista lateral <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> 961N			
Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 1 cara(s), 1 plano(s) <b>Referencia:</b> Vista lateral <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> 2392.38N			

*Fuente: elaboración propia*





### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MG. Luis Alberto Julca Verastegui, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA / Pregrado de la Universidad César Vallejo Campus Trujillo, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada:

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LAMINADOR DE ARCILLA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE LA EMPRESA CERÁMICOS A & R"

Del (los) autor (es) Alarcón Rojas, César Stámiz y Zavaleta Carranza, Rusbel Yenson, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones. He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender del trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de las citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información portada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 10 de diciembre del 2019.

MG. Luis Alberto Julca Verastegui	
DNI 19336932	Firma 
ORCID 0000-0003-1208-1242	