



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Diseño de un molino de Cuchillas de 200 kg/h para incrementar  
la molienda de plásticos sólidos PVC Reciclado

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR (ES):**

Quiroz Huarniz, Franks Alembert ([orcid.org/0000-0001-7371-3915](https://orcid.org/0000-0001-7371-3915))

Tocto Manchay, Erwin Abel ([orcid.org/0000-0002-7852-3296](https://orcid.org/0000-0002-7852-3296))

**ASESOR:**

Dr. Dávila Hurtado, Fredy ([orcid.org/0000-0001-8604-8811](https://orcid.org/0000-0001-8604-8811))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO — PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a mis padres y hermanos que con mucho esfuerzo y apoyo de ellos estoy saliendo adelante. Superándome en ser mejor persona y profesional para la sociedad.

## **AGRADECIMIENTO**

Al padre creador de todas las cosas, por brindarme salud y bienestar durante mi estadía en la tierra. Los instructores por habernos apoyado y brindado conocimientos durante todo el ciclo de práctica II, por su gran forma de enseñanza y la óptima paciencia que brindaron a cada alumno en el transcurso del ciclo académico.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	16
3.2. Variables y Operacionalización.....	16
3.3. Población (criterio de selección), .....	16
3.4. Técnica e Instrumentos de recolección de datos .....	17
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Métodos de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos Éticos .....	19
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>37</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
REFERENCIAS .....	44
ANEXOS.....	47

## Índice de Tablas

Tabla 1: Características del PVC.....	16
Tabla 2: Características del acero AISID2.....	18
Tabla 3: Acero AISI 1045.....	20
Tabla 4: Parámetros de tubos PVC.....	24
Tabla 5: Datos técnicos THW-90.....	29
Tabla 6: Lista de los dispositivos eléctricos.....	30
Tabla 7: Costo de componentes de molienda.....	31
Tabla 8: Precio de tubo PVC por kg.....	33
Tabla 9: Flujo de Egreso.....	34
Tabla 10: Flujo de Ingreso.....	34
Tabla 11: Flujo de Ingresos mensuales.....	35
Tabla 12: Flujo neto efectivo proyectada.....	35
Tabla 13: Análisis del VAN Y TIR.....	36

## Índice de figuras

Figura 1: Áreas de almacenamiento.....	13
Figura 2: Cuchilla de acero AISI D2.....	15
Figura 3: Cuchilla de trituradora de PVC .....	19
Figura 4: Eje de cuchilla de molienda de egreso.....	20
Figura 5: Relación de transmisión de poleas .....	21
Figura 6: Polea y faja de lona marca IRSA.....	22
Figura 7: Motor trifasico 380 v marca RHINO.....	23

## RESUMEN

El estudio desarrollado en la siguiente investigación trata sobre el diseño de un molino de cuchillas de 200 kg/h para incrementar la molienda de plásticos sólidos PVC reciclado, teniendo por finalidad diseñar una molienda de tubos PVC que cubra las necesidades que la empresa requiere. El objetivo general de este proyecto investigación es diseñar un molino de cuchillas de 200 kg/h para incrementar la molienda de plásticos sólidos PVC reciclado, que será cubierto con el desarrollo de los siguientes objetivos específicos; diagnosticar el proceso de molienda actual en la empresa, indicando la producción actual-, determinar los parámetros de diseño del molino de cuchillas, de acuerdo a los requerimientos de la empresa, seleccionar los componentes electromecánicos que conforman el molino de cuchillas, de acuerdo a los parámetros de diseño y elaborando los planos y láminas mediante software de diseño y realizar una evaluación económica mediante los indicadores VAN y TIR. Ante un exhaustivo estudio se llegó a la conclusión que el proyecto de investigación estructurado mediante el diseño de un molino de cuchillas cubrirá una producción de 200 kg/hora, cumpliendo con los requerimientos de la empresa para la mejora económica de la empresa, teniendo un costo de inversión de s/8,080.20 soles, a su vez se presentó un análisis VAN y TIR, siendo el valor del VAN de S/ 6,119.90 soles y un TIR del 30%, presentando una tasa de interés del 10%; presentando en su proyecto una buena rentabilidad para la empresa investigada.

**Palabras clave:** Molienda, PVC, diseño cuchillas, molino.

## **ABSTRACT**

The study developed in the following investigation deals with the design of a 200 kg/h blade mill to increase the grinding of recycled PVC solid plastics, with the purpose of designing a grinding of PVC pipes that meets the needs that the company requires. The general objective of this research project is to design a 200 kg/h blade mill to increase the grinding of recycled PVC solid plastics, which will be covered with the development of the following specific objectives; diagnose the current grinding process in the company, indicating the current production-, determine the design parameters of the blade mill, according to the company's requirements, select the electromechanical components that make up the blade mill, according to the design parameters and preparing the plans and sheets using design software and conducting an economic evaluation using the VAN and TIR indicators. Before an exhaustive study, it was concluded that the research project structured through the design of a blade mill will cover a production of 200 kg/hour, complying with the requirements of the company for the economic improvement of the company, having a cost investment of s/8,080.20 soles, in turn an analysis of VAN and IRR was presented, with the value of the NPV of S/ 6,119.90 soles and an IRR of 30%, presenting an interest rate of 10%; presenting in his project a good profitability for the investigated company.

**Keywords:** Grinding, PVC, blade design, mill.

## I. INTRODUCCIÓN

El producto con mayor uso para la simplificación de la vida diaria siempre ha sido el plástico, este recurso se convirtió en uno de los materiales más beneficiosos para el ser humano, se usa en diversos campos y aplicaciones, como envases, juguetes, construcción, electricidad, gasfitería, etc. por tal motivo la basura que se produce contiene gran cantidad de este material, y tarda muchos años en degradarse, según el tipo de plástico puede ser entre 10 a 100 años, de los plásticos más comunes, e incluso unos de menor uso hasta 500 años, siendo este uno de los principales motivos para reciclarlo.

Reciclar el plástico fue siempre un beneficio directo para el medio ambiente, pues se puede utilizar incluso para la creación de objetos del mismo rubro del que está siendo reciclado ya que de esta manera este tipo de desecho ya no es más un contaminante, sino un aporte, tal como lo menciona Núñez (2015).

Gaitán (2017), mencionó que la producción del plástico es muy alta, en comparación con su reutilización, y que una solución para la problemática de contaminación es incentivar a las personas y empresas a aprovechar los recursos del plástico, como oportunidad de reducción de costos e incluso para la creación de nuevos productos, que estén alineadas y comprometidas con los estándares de medio ambiente actuales.

En la actualidad, la empresa donde se desarrolla el presente trabajo de investigación ha optado por trabajar con plásticos sólidos PVC reciclados, pues invierten mucho tiempo y recursos para mejorar e incrementar la eficiencia en su producción, sin embargo, no siempre implementan correctamente sus espacios o actividades, como es el caso de la molienda de plástico sólido, que muchas veces se sigue realizando con personal que corta manualmente la tubería de PVC y que realiza esta labor de manera más lenta de la que lo haría un molino de cuchillas.

Por lo mencionado anteriormente, se planteó el problema de investigación ¿En cuánto se puede incrementar la molienda de plástico reciclado mediante el diseño de un molino de cuchillas?

La presente investigación se justificó desde el punto de vista económico porque mediante la investigación, se logró determinar los ingresos económicos, provenientes de la venta del material reciclado, teniendo en cuenta que dichos envases actualmente constituyen el mayor volumen de residuos sólidos, y no se aprovecha el valor residual que tienen éstos.

Desde el punto de vista Ambiental, la investigación se justificó porque la cantidad de botellas de PVC que se arrojan hacia el medio ambiente es proporcional al consumo de bebidas de la población, es decir de 10 personas, 6 utilizan éstas botellas y la arrojan hacia el medio ambiente, sin tener un control adecuado, en muchas veces la arrojan directamente a la calle, lo cual constituye un foco de contaminación, al hacer la investigación se determinó la cantidad de botellas de pvc que ya no se van a arrojar y que tiene como disposición final los botaderos de la ciudad, lo cual incrementa el efecto del calentamiento global debido a que la descomposición de éstas botellas tiene un tiempo de descomposición que van entre los 30 a 50 años.

Desde el punto de vista social, se justificó la investigación, porque determine el beneficio que tienen cierta parte de la población, si se utilizara estos productos, lo cual tendría implicancia directa en el incremento de la Economía de la población, así como también en incrementar los niveles de la Calidad de vida, esto mejora su salud

En función a ello, se planteó el objetivo general: Diseñar un molino de cuchillas de 200 kg/h para incrementar la molienda de plásticos sólidos PVC reciclado, que será cubierto con el desarrollo de los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar el proceso de molienda actual en la empresa, indicando la producción actual. Determinar los parámetros de diseño del molino de cuchillas, de acuerdo a los requerimientos de la empresa. Seleccionar los componentes electromecánicos que conforman el molino de cuchillas, de acuerdo a los parámetros de diseño y elaborando los planos y láminas mediante software de diseño. Realizar una evaluación económica mediante los indicadores VAN y TIR.

## II. MARCO TEÓRICO

Según a las investigaciones realizadas, se obtuvieron los siguientes antecedentes en el ámbito internacional.

En la investigación que realizaron Medina, Saldaña, Hernández y Becerra en 2021 indicaron que uno de los principales problemas para el medio ambiente es el plástico, pues a pesar de que ya existían plásticos biodegradables, seguían siendo complicados de degradar naturalmente por el entorno, además que ninguno cumplía con las características adecuadas para acoplarse a las condiciones que ofrecían la mayoría de vertederos de basura. Considerando la eliminación de un problema ambiental de dimensiones considerables.

Según Núñez **(2015)** en la tesis que desarrolló, los plásticos reciclados estaban ganando más terreno en los mercados industriales, pues cada vez los productos que se podían fabricar a partir de sí mismos eran mayores. Además, el beneficio ecológico que representaba desde entonces el reciclado de plásticos fue contribuyendo a que este último vaya cada vez en aumento. Lo que significó que cada día fuera mayor la cantidad de personas que se relacionaron con el proceso.

Buteler **(2019)**, en su tesis “El problema del plástico” tocó el tema de la contaminación de manera cercana a la realidad nacional y local. Ella mencionó que el alto porcentaje de plástico no reciclado se desechaba en basureros y llegaba a parar al final en ríos y océanos, y por ende causó daño directo a nuestra fauna, dándoles así pérdidas directas a un importante sector de desarrollo en la región norte, la pesca, pues se evidenció la presencia de fragmentos pequeños de plástico, en una gran parte del océano, así como en suelos, en la lluvia, y en los lugares más remotos del planeta.

Hoyos **(2016)** tesis sobre el diseño de una trituradora de PET nos explicó que un molino de cuchillas es un tipo de molino que coacciona por medio de cuchillas, dentro de un espacio lineal de material, lo que conlleva a que disminuyan las secciones del material

por medio de deformación plástica.

Además, mencionaron que según se realizaba mantenimiento a las cuchillas, la eficiencia aumentaba, y recomendaron que la carga no debía ser mayor al tamaño de las cuchillas, además la carga no debía superar nunca la mitad de su capacidad.

Díaz et al. **(2021)**, determinó que el uso de cuchillas de metal tenía la fuerza idónea para triturar botellas de plástico, y expuso que, aunque en un inicio consideraron cuchillas de plástico para la trituradora, no consiguieron el objetivo con ese material.

Caviedes **(2020)** definió que el molino granulador de cuchillas es de los que más se utilizaron para la trituración de botellas de plástico, y como el proyecto se centró en este tipo de máquina, describieron las partes que la componen. Para la alimentación del PET al molino, existía una tolva de alimentación, y estaba ubicada en la parte superior del molino. Después de la tolva de alimentación ubicaron la tobera, que era la encargada de posicionar al PET directamente en la cámara de corte.

Wong et al. **(2022)**, concluyó que el eje y las cuchillas determinaron el rendimiento de la máquina trituradora, lo que los convertía en sus principales componentes

Khoa et al. **(2021)**, indicó en su investigación que el método de optimización de ese entonces era una herramienta simple y suficiente para ser aplicada en un proceso tan tradicional, sin necesidad de utilizar algoritmos complicados o un software costoso.

Los Plásticos, no son más que materia orgánica compuesta por macromoléculas, a las cuales se les definió como polímeros, y estos polímeros a su vez se definieron como un grupo de monómeros unidos mediante un proceso químico, al cual se le llamó polimerización.

Además, los plásticos siempre pusieron al alcance numerosas opciones de uso, que

no se consiguieron con otros materiales, como el color, densidad baja, aislamiento eléctrico y resistencia a la degradación ambiental y biológica. Carecieron de punto de ebullición, son elásticos y flexibles, permitieron ser moldeados y adaptarse a diferentes formas y aplicaciones.

En 1988 la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) realizó un sistema que es utilizado de manera universal internacionalmente en el sector industrial para distinguir la composición de resinas en los envases y otros productos plásticos, a esto se le llamó clasificación de los plásticos.

Se estableció que existen más de 50 tipos de plástico, y para simplificar su reciclaje se pone en práctica el Código de Identificación de Plástico, establecido por la SPI.

Para reciclar el plástico, siempre ha sido lo más importante seleccionarlo de manera correcta desde el origen, por los consumidores. Acto seguido se estableció clasificar por colores y tipos, pueden ser PET, PEAD o Mezcla. Posterior a ello se indicó que se puede proceder a su lavado, compactado y almacenado, y que estando ya en la planta de reciclaje, se clasifica según sus características físicas.

Para la siguiente etapa, el reciclaje se clasificó en dos formas, el reciclaje mecánico y el reciclaje químico.

Reciclaje Mecánico, este método fue el más utilizado en España, y consistió en cortar el plástico en pequeñas partículas para posteriormente tratarlos. Las etapas del reciclaje mecánico son trituración, lavado y granizado. Cuando se desarrollan los 3 pasos, la granza se funde y se le da nueva fórmula al plástico tratado, según el método utilizado, en forma de láminas, solidificándose en un molde frío, en forma de piezas huecas introduciendo aire en su interior o utilizando moldes a presión.

Reciclaje Químico, en este método de reciclaje se deben degradar los materiales plásticos por medio de calor, y romper las moléculas más

fuertes, para que queden solo moléculas sencillas, a las que se les conoce como monómeros, a partir de estos se podrían conseguir otros tipos de plásticos o combustibles.

### Trituración

Es la parte del proceso de reciclado donde se utilizaron trituradoras para convertir el plástico en partes más pequeñas, aparentemente es como un molino, y varían dependiendo de la capacidad de PVC a procesar. Por lo general cuentan con dos cuchillas, y en ocasiones con rodillos paralelos con cuchilla, las cuales pueden estar ubicadas de manera vertical u horizontal, además tienen una tolva o boca de entrada para el plástico PVC, un motor, engranajes y cadenas, estructuras de soporte y caja de salida para el material.

### Tipos de trituradoras

Se presentó la existencia de dos distintos tipos de trituradoras, por ejemplo, las trituradoras primarias, secundarias y terciarias, también las llamadas trituradoras de mandíbulas, las cuales hay de efecto doble y efecto simple, y trituradoras giratorias tipo cono.

### Molino de cuchillas

El molino de cuchillas tiene un eje donde se puede colocar varios tipos de cuchillas, debajo tiene un tamiz, el cual controla el tamaño de las partículas, este tamaño dependerá de la distancia entre las cuchillas del rotor y las cuchillas estáticas del bastidor, así como de la velocidad de rotación, que se estima debe ser de 200 a 800 rpm.

La forma en que trabajan estos molinos es aplicando presión por medio de cuchillas en un área lineal sobre el material, con lo cual se reduce su tamaño.

Es importante brindar un correcto y adecuado mantenimiento a la máquina trituradora, sobre todo a las cuchillas, pues de esto depende su eficiencia, además es recomendable que el material no sobrepase la carga indicada por el técnico encargado, ni el tamaño de las cuchillas.

#### Trituradora de cuchillas

Se definió que el funcionamiento de la trituradora de cuchillas es similar al molino de cuchillas, la diferencia entre estos dos tipos de equipos es el número de discos que contienen, en este caso las cuchillas varían de 1 a 20 según el material a procesar, por lo general se ubican 2 o 3 cuchillas en la periferia de los discos, esto dependerá de la necesidad de trabajo, en ocasiones se regulan con sistemas de resortes o pistones, por lo que debe tener una estructura robusta, y espacio para todos los elementos. Los discos también tienen diferentes tipos, pueden ser triangulares o circulares.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y Diseño de investigación

El tipo de investigación en la presente tesis fue aplicada.

El diseño de investigación fue No Experimental - transversal

#### 3.2 Variables y operacionalización

- **Variable dependiente**

Diseño de un molino de cuchillas de 200 kg//h

- **Variable independiente**

Aumentar la molienda de plásticos sólidos PVC reciclado

El cuadro de operacionalización de variable, se encuentra en el anexo 01.

#### 3.3 Población, muestra y muestreo

- **Población**

La población fue la tubería de Policloruro de Vinilo o PVC en la Región Lambayeque.

- **Muestra**

La tubería de Policloruro de Vinilo o PVC que procesa una fábrica en la Región Lambayeque.

- **Muestreo**

Se aplicó el muestreo no probabilístico, ya que se seleccionó la muestra con el propósito de aclarar la problemática suscitada.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos Técnicas**

#### **Observación**

Esta técnica permitió visualizar diferentes mecanismos de molinos de cuchillas para PVC y plásticos similares, sea tomadas digitalmente por fotos o en caso de recurrir a alguna empresa o entidad que posea un molino de cuchillas en su inventario con el objetivo de poder visualizar y comprender su funcionamiento, las características como sus dimensiones y espacio que ocupa, la potencia que necesita, entre otros.

#### **Entrevista**

Esta técnica permitió a establecer parámetros del diseño de la máquina de trituración, ya que por medio de su instrumento se realizó un cuestionario a los trabajadores determinando los parámetros necesarios para el trabajo requerido por la empresa.

#### **Instrumento**

##### **Ficha de apuntes**

Con el siguiente instrumento de recopilación de datos se accedió a obtener datos importantes para el desarrollo de la máquina trituradora de residuos sólidos de PVC con la finalidad de la trituración de dicho material.

##### **Cuestionario**

Fueron presentado con 10 preguntas que buscan obtener información acerca de los parámetros de funcionamiento que requiere la empresa. Dichas preguntas y respuestas de los trabajadores serán mencionadas en ANEXOS.

### **3.5 Procedimientos**

Los procedimientos que se emplearon se detallan a continuación:

- a) Mediante la técnica de observación se pudo recopilar información real y fichas técnicas que brindan apoyo para la elaboración del diseño de la máquina trituradora

- b) Mediante entrevistas realizadas a los trabajadores de dicha empresa se tuvo en cuenta datos que permitieron establecer los parámetros del diseño de la máquina trituradora de residuos sólidos de PVC (tamaño de cuchilla, volumen de proceso, tamaño de la máquina, etc.)
  - c) Con la información obtenida de los parámetros se empezó a dimensionar los diferentes elementos de máquinas de la trituradora, empleando software SolidWorks e inventor lo cual se introducirán datos a dichos programas para el diseño, se realizó el modelado de los elementos principales del diseño con la finalidad de obtener los esfuerzos a los que está sometido
- ✓ Por último, empleando el software Microsoft Excel, se realizaron una tabla donde se adjuntan los costos de cada elemento de máquina además del ensamblaje, mano de obra y puesta en servicio de ser el caso de querer implementar el molino triturador.

### **3.6 Método de análisis de datos.**

El presente proyecto fue procesado de forma manual con la base de datos obtenidos utilizando programas de computadora como el MathCAD el cual mediante dicho programa nos permitió presentar cálculos, diseños, gráficos e imágenes así como también la inclusión de programas de diseño como el SolidWorks para el modelamiento de piezas mecánicas de dicho molino triturador de residuo sólido de PVC reciclado, el software Microsoft Excel para la elaboración el presupuesto que conllevó el poder implementar la propuesta de diseño de la máquina trituradora .

### **3.7 Aspectos éticos.**

Las investigaciones o informes que se emplearon en el desarrollo del presente proyecto, los cuales no fueron alterados, es decir, se tuvieron en cuenta los aspectos de normas para citar y referenciar el material bibliográfico y a los autores, además en los instrumentos de recolección de datos se recogieron los mismos tal cual son en realidad sin ningún tipo de sesgo o preferencia.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Diagnosticar el proceso de molienda actual en la empresa, indicando su producción.

El trabajo de diagnosticar el proceso de molienda en una empresa de Chiclayo, que realiza la fabricación de tubos de PVC de 1/2", 3/4" y 1", entre otros productos que tienen como materia prima el PVC y material reciclado se logró investigando y comprobando el proceso en el campo de estudio, que en el caso de la presente investigación fue en una empresa Chiclayana dedicada a la fabricación de tubos de PVC de distintos diámetros, los cuales son empleados para trabajos hidráulicos, pero que se fabrican empleando como materia prima plástico de 1" y que pasó por el proceso de molienda de plástico reciclado, mediante el siguiente procedimiento.

El material de PVC reciclado es comprado y transportado diariamente por medio de proveedores que tienen sus centros de reciclaje en la ciudad de Chiclayo. Los cuales son los encargados de abastecer la cantidad de 1800 kg diarios con las siguientes especificaciones. Longitud máxima 3 metros y un espesor que no supere los 5mm

Después el material es transportado en camiones hacia el almacén de la empresa, donde es descargado a granel por los proveedores, después 2 trabajadores del área de recepción de material para procesar, almacenan un 30% del material ingresado, el 70 % es procesado por los 8 trabajadores del área de picado y 2 trabajadores se encargan de zarandear el material picado.

El área está acondicionada para realizar la tarea de picado y almacenado de manera óptima, sus dimensiones son: 30 x 20 metros.

En esta área de picado trabajan 10 personas, por este motivo es amplia, para que el personal tenga el espacio necesario para estar seguros y protegidos de incidentes y accidentes como: golpes, cortes, etc.

Para poder realizar el trabajo de picado del material de PVC reciclado, el personal utiliza su equipo de protección personal (EPP), como: guantes, lentes, mascarilla y

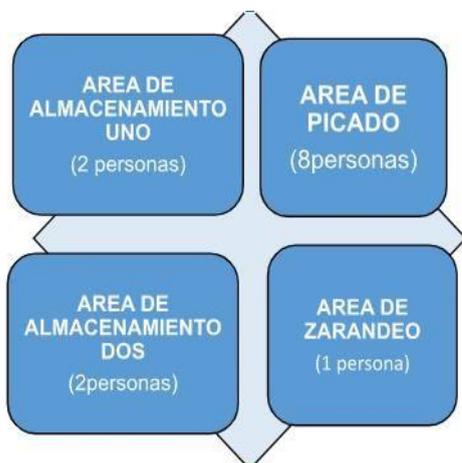
protección auditiva, y no es hasta que se comprueba que todo el personal lo está usando, hasta que se da inicio al proceso de transformación de tubos de PVC reciclado que vienen de 3 metros de longitud como máximo y un espesor inferior a los 5mm

Posteriormente toma la batuta el personal comenzando con sus labores de 8 horas diarias y 6 días a la semana de trabajo. con sus machetes bien afilados tratando de hacer los cortes con las dimensiones requeridas, luego de haber triturado el material se procede a recoger el plástico picado para seleccionar pasándolo por una zaranda. En este paso podemos identificar el material con el tamaño adecuado y el material que van al proceso de repicado

Para almacenar el producto se utiliza una parte del área de picado. En esta área están dos personajes destinados a ejecutar la labor de envasar el producto picado en sacos de 45 kilos y ubicarlo en rumas de 20 sacos para ocupar menos espacio.

<b>PRODUCCION ACTUAL A MANO</b>	
<b>CAPACIDAD</b>	8 personas
<b>PRODUCCION POR HORA</b>	170 Kg/h

Figura 1. Áreas de almacenamiento



Fuente: elaboración propia.

#### **4.2 Determinar los parámetros de diseño del molino de cuchillas, de acuerdo a los requerimientos de la empresa.**

La empresa opera sus jornadas laborales con una tensión de 380 voltios – trifásico, ya que cuenta con máquinas y equipos de mayor producción y de mayor voltaje de 220 v, es necesario contar con una corriente trifásica. Para ello el parámetro en cuanto al voltaje a considerar para el diseño del molino de cuchillas es el siguiente:

Voltaje: 380 voltios

Tipo de corriente: Trifásica.

La máquina de molienda de PVC trabajó bajo una tensión trifásica de 380 voltios, siendo el tipo de corriente con el que cuenta la empresa en su suministro de energía eléctrica.

Por requerimientos de la empresa, la máquina de molienda de tubos PVC tuvo la capacidad de procesar tubos menores de un metro de longitud y de un espesor máximo de 5 mm, siendo estos pedazos de tubos llamados también retazos de PVC sobrantes de trabajos de construcción u otros. De acuerdo a lo mencionado, se consideraron como parámetros para la selección de la estructura los siguientes datos:

Materia: Tubos de ACERO AISI D2

Forma: Tubos de forma cuadrada para mayor estabilidad y resistencia ante las vibraciones al momento de su funcionamiento de la molienda de tubos de PVC.

Por requerimientos de la empresa la máquina de molienda de PVC presentó una capacidad de producción de 200kg/h, reducidos en granos de 5 mm.

Cuchillas

Para la selección del material de cuchillas se consideró la resistencia del material, en este caso el material a triturar es plástico PVC, para ello se consideró cuchillas de acero del tipo AISI SAE 1045, ya que este tipo de material es resistente y adecuado

para la trituración de estos tipos de materiales como es el tubo PVC.

#### Porta cuchillas

Para la selección del material de la porta cuchillas se consideró las resistencias de esfuerzo y corte, ya que serán las adecuadas de contraer las cuchillas para la trituración de los tubos PVC. Para ello se consideró como material adecuado el acero AISI D2.

#### Eje de soporte de cuchillas

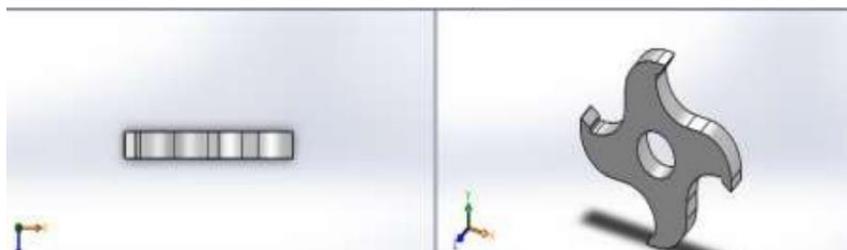
Para el eje de soporte de cuchillas se consideró el material de acero tipo AISI SAE 1045, ya que brinda mayor seguridad y resistencia al momento de su funcionamiento para la trituración del PVC.

#### Relación de transmisión

Se consideraron fajas de lona, siendo las más adecuadas y de menor costo que la relación de transmisión por cadenas, haciendo que el proyecto de diseño de molienda de cuchillas sea más rentable para la empresa.

Posterior a ello se realizaron los cálculos matemáticos y físicos en el siguiente objetivo para determinar con mayor exactitud las medidas correspondientes de cada componente que presenta el diseño de molienda de tubos PVC.

Figura 02. Cuchilla de acero AISI D2



Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Seleccionar los componentes electromecánicos que conforman el molino de cuchillas, de acuerdo a los parámetros de diseño y elaborando los planos y láminas mediante software de diseño

Para la selección de cuchillas de 180 mm de diámetro, se tuvo en cuenta el material a triturar, empleando como material de cuchillas y porta cuchillas acero AISI D2. Para el eje de soporte de cuchillas el AISI SAE 1045.

#### Cálculos de fuerza

Para hallar la fuerza que se desea aplicar en las cuchillas se debe tener en cuenta el espesor del material, siendo un tubo de PVC se considera 2.5 mm por pared, es decir 5 mm de espesor que va a cortar la cuchilla. También debemos conocer la resistencia a la tracción del PCV para determinar la fuerza de las cuchillas

Tabla 1. Características del PVC

PVC	
DENSIDAD	1,38 g/cm <sup>3</sup>
Fuerza de tensión	2.60 N/mm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la tracción</b>	<b>49 MPa</b>
Coeficiente térmico de expansión	80 * 10 <sup>-6</sup>
Temperatura max.	60 °C

Fuente: (LENNTECH, 2023)

Según the greenengineers, (2017) para determinar el esfuerzo cortante en las cuchillas, primero se calcula la tensión de desgarramiento ( $T_{desg}$ ), siendo el 80% del porcentaje de rendimiento del material a cortar.

$$T_{desg} = Resistencia\ pvc * \eta_{corte}$$

$$T_{desg} = 49 * 0.80$$

$$T_{desg} = 39.2\ MPa$$

$F_{desga}$ : Fuerza de desgarramiento (N)

$T_{desg}$ : Tensión de desgarramiento (Mpa)

$A_{corte}$ : Área de corte (mm<sup>2</sup>)

Para determinar la fuerza de desgarramiento es necesario conocer el área de corte de la cuchilla.

$$F_{desga} = T_{desg} * A_{corte}$$

Dónde:

$A_{corte}$ : Área de corte de cuchilla

H: Ancho de filo de cuchilla (mm)

L: Largo de filo de cuchilla (mm)

Los valores del ancho y el largo son tomados mediante una previa investigación realizada por el autor (Paredes, y otros, 2019), donde nos refleja los rangos que debemos considerar para el ancho y el largo del filo.

Obtenido el valor del área de corte, se procedió a determinar la fuerza de desgarramiento. Luego, se procedió a determinar el torque sobre las cuchillas.

Para determinar el torque sobre las cuchillas, se tuvo que conocer el tipo de acero con las que se van a fabricar. Se seleccionó el tipo de acero AISI D2, siendo un acero con gran porcentaje de cromo y carbono y con buena tenacidad para estos tipos de trabajos. Este tipo de material es el más usado y recomendado para las cuchillas de una máquina trituradora (Monteza, 2019).

Tabla 2: Características del Acero AISI D2

ACERO AISI D2	
Niveles de material	Alto en cromo y carbono
Composición química	C (1.5%); Mn (0.35%); Cr (11.80); Mo (0.85); V (0.85%)
Normas regidas	SAE - AISI D2
Módulo de elasticidad	30psi * 106, 7695 kg/m3
Aplicaciones	Todo tipo de cuchillas trituradoras, como es la trituradora de PVC.

Fuente: Elaboración propia

Los soportes de las cuchillas deben presentar un ángulo de 3°, siendo el grado con la que se logra mayor capacidad de producción utilizando una potencia menor y ésta a su vez reduce los ruidos del proceso de triturado (**MOTT, 2018**).

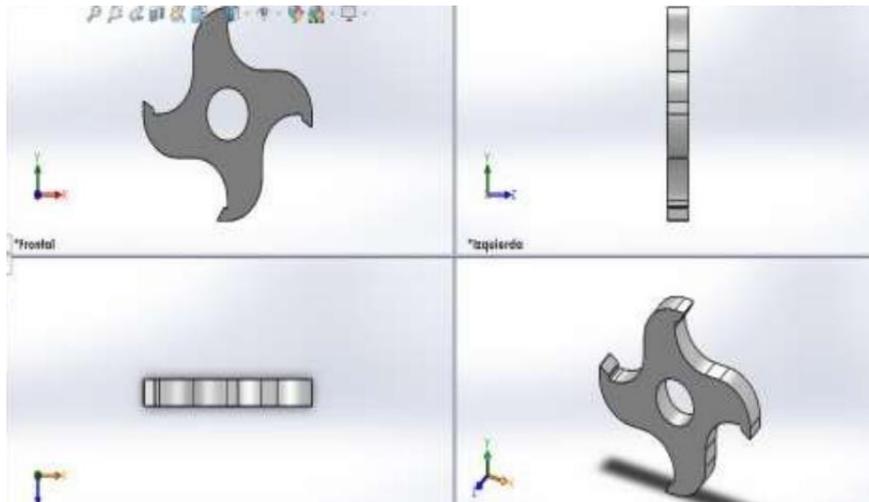


Figura 3: Cuchilla de trituradora de PVC  
 Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Eje de cuchilla de molienda de PVC  
 Fuente: Elaboración propia. Tabla 3: Acero AISI 1045.

ACERO AISI 1045	
Niveles de material	Mayor dureza y tenacidad
Propiedades química y física	Carbono 0.60 – 90 %; Mn 0.04% Densidad: 7.87 g/cm <sup>3</sup>
Norma regida	ASTM A108
Módulo de elasticidad	30psi * 106, 7695 kg/m <sup>3</sup>
Aplicaciones	Todo tipo ejes como eje de cuchillas y máquina agrícola.
Tratamiento	900 °C (Normal) y 790 °C (recocido)

Fuente: (Paredes, 2018)

**Tabla 06.** Listado de los dispositivos eléctricos el diseño del tablero.

<b>LISTA DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRICOS</b>				
<b>Descripción del proyecto:</b>			<b>Fecha:</b>	08/06/2023
Lista de equipamiento eléctrico				
(Tablero de banco de pruebas)				
<b>Item</b>	<b>Description</b>	<b>Cant.</b>	<b>Modelo</b>	<b>Marca</b>
	Armario compacto AX			
1	Anchura: 400 mm Altura: 500 mm Profundidad: 210 mm	01	AX 1034.000	RITTAL
2	Contactador trifasico de 18A	01	AF16-30-10-11	ABB
4	Relé térmico 10-13A	01	TF42-13	ABB
5	Interruptor termomagnético 2x16A	01	S203M-C16	ABB
6	Interruptor termomagnetico 2x4A	01	S202M-C4	ABB
7	Parada de emergencia NC	01	CE4T-10R-01	ABB
8	Pulsador verde NO	01	CP2-10G-10	ABB
9	Pulsador rojo NC	01	CP2-10R-10	ABB
10	Lampara verde 380VAC	01	CL2-523G	ABB
11	Lampara rojo 380VAC	01	CL2-523R	ABB
12	Canaleta ranurada 40x40mm	01	-----	----
13	Canaleta ranurada 25x25mm	01	-----	---

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.4 Realizar el análisis económico mediante los indicadores VAN y TIR

- ✓ Los costos que se muestran a continuación estuvieron relacionados con la elaboración de la máquina molienda de PVC, los cuales fueron adquiridos de diversos proveedores dedicados a su venta.

Los presupuestos figurados a la mano de obra fueron obtenidos por la empresa “Casa del repuesto Carlo SAC” con número de RUC 20607684365, ubicado en la avenida Leguía 2340 – JLO – Chiclayo

##### 4.4.1 Costos para la elaboración de molienda para tubo PVC

Tabla 7: Costo de componentes de molienda de tubo PVC

✓ Costo de componentes de molienda de PVC				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Costos de materiales				
Planchas de acero ASTM.340 de 1” de espesor	2	m2	230.00	460.00
Planchas metálicas de acero A-36 de 1/8” de espesor	6	m2	250.00	1,500.00
Angulo de 2” x 2” x 1/4”	2	M	200.00	200.00
Eje de acero AISI-SAE 1045	1	M	350.00	350.00
Soldadura cellocord 1/8	2	Kg	75.00	150.00
Discos de corte y devaste	5	Unid	13.00	65.00

Tubo cuadrado 1" x 1"	4	M	70.00	280.00
Faja de transmisión	1	Unid.	170.00	170.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>3,175.00</b>
<b>Costos de elementos electromecánicos</b>				
Motor eléctrico trifásico de 15 hp	01	unid	6,990.00	6,999.00
Contactador trifásico 35 A	1	Unid		12.00
Relé térmico 30 A	1	Unid		30.00
Caja eléctrica 4"	1	Unid		35.00
Interruptor magnético 30A	1	Unid		40.00
Cables y otros	1	Unid		220.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>2,575.20</b>
<b>Costo de montaje y otros</b>				
Servicio de torno				1,300.00
Servicio de soldado y oxicorte				300.00
Servicio de montaje de estructuras y equipos				350.00
Servicio de instalación eléctrica				200.00
Servicio de pintura				180.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>2,330.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>8,080.20</b>

✓ Fuente: Elaboración propia.

Para la producción de la máquina, se cuenta con un técnico que manipule su funcionamiento, dicho técnico operador gana un sueldo de S/. 1400 mensuales. Para el área de picado se cuenta con 10 personas que realizan la actividad mencionada,

obteniendo un sueldo de s/1,050.00 soles cada uno.

Se determinó que debido a la longitud del tubo PVC, el camión tiene una capacidad de carga de 08 toneladas, solamente lleva 7 toneladas por cada viaje realizado dejando de transportar 1 tonelada.

Tabla 08: Precio de tubo PVC por kg

Tubo PVC	
Precio de compra	1.40
Precio de venta	2.20

Elaboración propia.

Despacho diario de 6000 kg a s/0.80 el kg, siendo una ganancia de s/4,800 soles diarios.

Se presenta un consumo de energía de 7.43 kw por hora de trabajo diario, la molinera presenta un trabajo aproximado de 7 horas diarias, donde se tiene 182 horas de labor al mes.

### Flujo de Egreso

Se describió los egresos económicos mensual de la empresa, cuyos datos son otorgados por el área administrativa de la empresa mencionada.

Tabla 09: Flujo de Egreso

EGRESOS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Total/día	Total/mes
Técnico	Soles (s/)	1	43.33	1,400.00
Trabajadores	Soles (s/)	10	35.00	10,500.00
Mantenimiento	Soles (s/)	1	-----	1,093.19
Consumo de energía	Soles (s/)	1	33.91	881.81
Almacén	Soles (s/)	1	35.00	1050.00
<b>TOTAL</b>				<b>s/14,745.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Flujo de Ingreso

Se describieron los ingresos económicos de los últimos meses para la realización de la caja de flujos, cuyos datos son otorgados por el área administrativa de la empresa en investigación.

Tabla 10. Flujo de Ingreso

Mes	Ingreso
1er mes	s/17,910.00
2do mes	s/17,950.00
3er mes	s/17,781.81
4to mes	s/18,450.00
5to mes	s/18,300.00
6to mes	s/18,500.00

Fuente: Elaboración propia.

De los últimos 6 meses de los ingresos económicos de la empresa, se seleccionó el menor monto de mes de ingreso de la empresa para la realización del análisis del VAN y TIR.

Tabla 11: Flujo de Ingresos mensual

Mes	Total de ingreso mensual
1	s/17,781.81
2	s/17,781.81
3	s/17,781.81
4	s/17,781.81
5	s/17,781.81
6	s/17,781.81
<b>TOTAL</b>	<b>s/103,090.86</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Flujo neto efectivo proyectado

DETALLE	PERIODO						
	0	1	2	3	4	5	6
	FLUJO DE INGRESO						
		s/17,781.81	s/17,781.81	s/17,781.81	s/17,781.81	s/17,781.81	s/17,781.81
	FLUJO DE EGRESOS						
Flujo neto efectivo proyectado		s/14,745.00	s/14,745.00	s/14,745.00	s/14,745.00	s/14,745.00	s/14,745.00
	<b>s/8,080.20</b>	<b>s/3,036.81</b>	<b>s/3,036.81</b>	<b>s/3,036.81</b>	<b>s/3,036.81</b>	<b>s/3,036.81</b>	<b>s/3,036.81</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Análisis del VAN y TIR

Se considera una tasa del 10% de interés.

Tabla 13: Análisis VAN y TIR

0	s/.8,080.20
1	s/.3,036.81
2	s/.3,036.81
3	s/.3,036.81
4	s/.3,036.81
5	s/.3,036.81
6	s/.3,036.81
<b>VAN</b>	<b>S/ 6,119.90</b>
<b>TIR</b>	<b>30%</b>

Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

Se realizó a primera instancia un diagnóstico sobre el proceso de molienda que afrontaba la empresa en la actualidad, donde se indicó como se realiza paso a paso la producción del triturado de los tubos de PVC sin presencia de una máquina de molienda o trituradora de plásticos.

Para ello los trabajadores inician su labor con el proceso de picado hasta que finalmente llegan a culminar la jornada laboral de producción del triturado del PVC con el proceso de zarandeo que es como queda finalmente de tamaño y como será enviado para su venta en otros centros comerciales, estas actividades se realizan en las jornadas laborales diarias que tiene cada trabajador de la empresa antes mencionada.

Para ello los tubos de PVC sobrantes de algún otro proyecto, encomendación echa o simplemente sobrantes de diversos trabajos, cuyos diámetros que presentan son de  $\frac{1}{2}$ ;  $\frac{3}{4}$ " y de 1"; donde estos son retazos que tienen que ser específicamente menores de 1 m de altura, ya que la máquina de molienda o triturador de tubos PVC por encargo y solicitud de la empresa está diseñada solo hasta esa altitud para el ingreso del material.

Para ello la empresa requiere de una máquina de molienda para poder moler tubos PVC, cuya producción debe alcanzar los 1800 kg diarios, reduciendo así espacios y estas a su vez siendo productivo económicamente para la empresa, pero para ello se requiere de una máquina de molienda de tubos PVC que brinde las trituraciones menores de 5 mm de espesor, ya que este trabajo actual lo realiza 10 trabajadores en una misma jornada laboral de 8 horas diarias, teniendo una dimensión de 30 x 20 metros de longitud el área de trabajo.

Nuestro presente proyecto investigativo presenta gran similitud con el proyecto del investigador Núñez (2015), que en su artículo realizó un previo análisis específico y detallado de la producción actual de la empresa en investigación, siendo los tamaños no mayores de 1 metro de retazos sobrantes de tubos PVC que desea triturar para su posterior venta, mencionando diámetros de  $\frac{5}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ ", con

espesores no mayores de 5 u 8 milímetros, y con una longitud de los tubos PVC menores de 1 metro, solicitado por la empresa a investigar.

Para determinar los parámetros de diseño del molino de cuchillas para plásticos PVC, se consideró en su totalidad los requerimientos que la empresa solicita para el diseño de la maquina de molienda, la empresa dedicada a la reutilización de plásticos y tubos PVC para su posterior fabricación y venta de los materiales como materia prima.

La empresa mencionada anteriormente opera sus jornadas laborales bajo un suministro eléctrico, cuya tensión es de 380 voltios del tipo de corriente trifásica. Para el diseño de la molienda de tubos PVC se emplearon para su estructura materiales no corrosivos como es el caso del acero inoxidable.

La molienda de tubos PVC mediante la necesidad de la empresa en primera instancia, presentó una producción de 200 kg/h y estos serán reducidos o triturados a granos de 5 mm según los requerimientos de la empresa para su utilidad y venta.

El proyecto presentó similitud con el autor (Buteler, 2019), ya que el autor presenta parámetros de acuerdo a su empresa a analizar, considerando los requerimientos para su producción, donde refleja que el diseño debe ser adecuada a una energía eléctrica de corriente trifásica de 380 voltios, y su diseño de molienda, por solicitud de la empresa estudiada requiere una producción de 100 kg/hora según mencionado en su artículo de investigación.

A diferencia del investigador (Hoyos,2016), que en su proyecto científico solo hace mención a una elaboración de diseño de molienda y no toma en consideración las características, ni parámetros de diseño que tiene la empresa frente a los trabajos que se realizan diariamente en la jornada laboral, solo realiza el diseño por medio de artículos científicos, pero sin embargo nunca realizó una observación visual frente el lugar, empresa o ámbito laboral donde se va a desempeñar la máquina de molienda para plásticos en las jornadas diarias.

Para la selección de los componentes electromecánicos que conforman el molino de cuchillas, que está relacionado de acuerdo a los parámetros de diseño que se realizaron en el objetivo 02 y elaborando los planos y láminas mediante software de diseño.

El valor de esfuerzo se determinó por medio de cálculos numéricos que el eje de la máquina de molienda de tubos PVC debe presentar 9 cm de longitud y con un diámetro de 7,6 cm. Finalmente se por medio de cálculos eléctricos se determinó utilizar un motor eléctrico cuya capacidad sea de 20 hp, presentando una potencia efectiva de 22.2 hp y conlleve a una producción de 200 kg/hora.

El presente proyecto de investigación elaborado, tiene gran similitud con el artículo investigativo del autor científico (Caviedes, 2020), que realizó a base del software mecánico SOLIWORKS un diseño de molienda para tubos PVC; donde se determinaron mediante cálculos de esfuerzos, cálculos eléctricos y de potencia, se determinaron los componentes eléctricos cuyo valor del motor eléctrico que presentó es de 10 hp de potencia para la elaboración de una producción de 100 kg/hora. Donde el autor por medio de su investigación detallada utilizó una potencia efectiva de 11.1 hp para el motor eléctrico de la molienda de tubos PVC.

Se realizó finalmente un detallado y previo análisis del VAN y TIR mediante la descripción de los presupuestos y costos para la elaboración de manera real de la máquina de molienda de tubos PVC, y los datos de los ingresos y egresos económicos mensuales que nos brindó el área administrativa de la empresa investigada para llevar a cabo detalles estadísticos como la rentabilidad del proyecto, el proyecto de diseño presentó valores aceptables por la empresa y los trabajadores de turno, donde mediante el previo análisis se obtuvo que el VAN presentó un valor monetario de S/ 6,119.90 soles, posteriormente del análisis del VAN se realizó otro análisis detallado y específico del TIR, dando como resultados en porcentaje el valor de 30%; siendo ambos valores de gran beneficio para presentar una buena rentabilidad para la empresa a investigar.

Consecuente a esto, se presentó gran similitud con el investigador científico Hoyos (2016), que realizó el previo y detallado análisis del VAN y TIR con el apoyo del área administrativa de la empresa, ya que le brindaron los datos reales y necesarios para

la realización de la caja de flujo económico de los últimos meses, presentando el valor en porcentaje del análisis del TIR de 27%, este valor refleja que el proyecto realizado por el autor científico tiene buena rentabilidad en su proyecto investigativo. A diferencia de otros autores que no presentan relación con el presente proyecto, como es en el caso del investigador científico Caviedes (2020) que no pudo realizar el análisis económico de su proyecto, ya que no contó con los datos administrativos necesarios para la realización del análisis del VAN y TIR, por ello solo realizó el presupuesto del diseño de molienda de su proyecto de investigación. En otras palabras, no pudo comprobar la rentabilidad de su proyecto investigativo por falta de datos de la empresa.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se realizó una investigación minuciosa sobre la situación actual que afronta la empresa, teniendo como principal problema la ausencia de una molienda de 200 kg/h que ayude a la producción requerida por la empresa.

Los parámetros de diseño se elaboraron de acuerdo a las necesidades que afronta la empresa en la actualidad, para ello también se tuvo en consideración las características que tiene la empresa en su jornada laboral.

Se realizaron cálculos de esfuerzos, fuerzas y eléctricos para determinar la selección de valores de los componentes electromecánicos, siendo estos necesarios para la producción de la molienda.

Para el análisis del presupuesto mediante en VAN y TIR, se encontraron valores aceptables, sien el VAN S/ 6,119.90 soles y el TIR 30%. Brindando una buena rentabilidad para la empresa.

## VII RECOMENDACIONES

- Debemos capacitar en seguridad y salud a los técnicos y trabajadores de la empresa para realizar un mejor trabajo y obtener una mejor producción diaria durante las jornadas laborales.
- Se recomienda a la gerencia implementar lo antes posible el diseño una máquina de molienda para tubos PVC, ya que les va a ofrecer una mejor calidad en la producción diaria en la empresa.
- Brindar manuales de instrucción sobre la manipulación de la máquina de molienda para tubos PVC, para evitar algún peligro o accidente dentro de la empresa durante las horas de labores diarias.
- Brindar a los técnicos y demás trabajadores de la empresa EPP para proteger la salud integral de los empleados de la empresa y fomentar el orden y compañerismo entre empleados.

## REFERENCIAS

- Carmenza, Y. (2011). UNAD. Retrieved Junio 8, 2016, from UNAD: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358012/ContLin/leccin\\_1\\_los\\_residuos\\_slidos.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358012/ContLin/leccin_1_los_residuos_slidos.html)
- Crippa, M., De Wilde, B., Koopmans, R., Lessens, J., Muncke, J., Ritschkoff, A. C., Van Doorselaer, K., Velis, C., & Wagner, M. A. (2019). *A circular economy for plastics: Insights from research and innovation to inform policy and funding decisions*. European Commission. <https://doi.org/10.2777/269031>
- Freire, L., & Gonzáles, C. (2013). Diseño y construcción de un equipo triturador de botellas plásticas tipo PET. Río Bamba Ecuador.
- García, G. (1984). Un proceso general de diseño en Ingeniería Mecánica. Dialnet, 35-43.
- Hori, J. (2002). Diseño de elementos de máquina. Lima - Perú.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill.
- Interempresas. (2014, mayo 20). Interempresas net. Retrieved 01 2017, 18, from Interempresas net: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/123244-Molinos-no-solo-granular-o-triturar.HTML>
- Jänsch, J., & Birkhofer, H. (2006, Mayo 15 - 18). The development of the guideline - The change of direction. Theory and research methods in design - International Design Conference - Design 2006, 45-52.

- Medina, J., Saldaña, C., Hernández, V., & Becerra, S. (2011). Diseño de una trituradora para plástico Polietileno de Tereftalato (PET). Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima, 514-518.
- PUCP. (2016, noviembre 14). Reciclando plástico PET en el Perú. Retroceded Enero 03, 2017, from Clima de cambios PUCP: <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/index.php?tmpl=articulo&id=2086>
- QUINTERO DÍAZ, Laura Andrea. Diseño de una planta de reciclado de Tereftalato de polietileno (PET), con una producción de 250 kg/h aproximadamente), situada en el término municipal de Ibi (Alicante). 2016. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Schyns, Z. O., & Shaver, M. P. (2021). Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review. *Macromolecular Rapid Communications*, 42, 1-27. <https://doi.org/10.1002/marc.202000415>
- Sandoval, D., & Ushiña, V. (2011). Diseño y construcción de un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Mecánica, Sangolquí, Ecuador.
- Serrano, M., & Urdaneta, L. (2009). Diseño de una máquina destructoras de gomas (elastómeros) para frenos en desechos, de la empresa AKRON gomas de Venezuela S.A. Universidad Nacional Experimental del Táchira, Táchira – Venezuela

- Vela Rojas, C. C., Rey Romero, E. J., & Jaimas Rada, A. N. (2018). *Diseño y Construcción de prototipo de trituración para PET: Análisis sistemático de Literatura*. Repositorio de la Universidad Cooperativa de Colombia.
- PILCO ASCOY, Pedro Gustavo; TEJADA CUSTODIO, Fernando Alex. Estudio De Factibilidad Para Generar Biogas Utilizando Estiércol De Ganado Vacuno En El Establo Gesa–Lambayeque 2015. 2015.
- PRADA TIMANÁ, Aldo Orlando. Obtención de biogás a partir de estiércol de aves para suministro de las incubadoras de la agropecuaria Chimú. 2019.
- RAMOS, Delgado; MARIEL, Natali. Propuesta de aprovechamiento de biogás obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno para la implementación de un sistema de ventilación en la Asociación de Ganaderos de Lambayeque.
- RUIZ PINTO, Bill Edson. Diseño de un biodigestor para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC. PP. Las Canteras del distrito de Pátapo–Chiclayo–Lambayeque. 2020.
- TONATO SANGUCHO, Jessica Janeth. Generación de energía eléctrica a través del biogás para la avícola de la universidad técnica de Cotopaxi campus Salache. 2019. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- ROJAS ROMERO, Marvin Andersson. Dimensionamiento de un sistema eólico-biomasa para suministrar energía eléctrica al caserío El Chaco ubicado en Chota departamento de Cajamarca. 2019.
- SALTOS, Teresa Vivas, et al. Evaluación en la producción de biogas con desechos avícolas y bovinos para generar energía eléctrica. Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible. ISSN, 2015, vol. 1988, p. 5245.
- TSAMAJEN VALVERDE, Reyner. Propuesta técnico económica de un sistema híbrido (fotovoltaico y biogás), para la generación de energía eléctrica en la cc. nn. Chingamar–Nieva-Amazonas. 2020

## ANEXO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medidas
<p><b>variable independiente</b> diseño de máquina trituradora de plástico reciclado de PVC</p>	<p>Es una máquina que procesa la trituración de plástico PVC reciclado cortando en pequeños pedazos (Leiva. W. 2019)</p>	<p>Consiste en Triturar los plásticos de PVC reciclado</p>	<p>Aspectos eléctricos.</p>	<p>frecuencia Potencia Corriente Tensión</p>	<p>de razón</p>
<p><b>Variable dependiente:</b> Optimización del almacenaje en dicha la empresa.</p>	<p>disminuir áreas de almacenaje ya que para cada que masa que posee es muy poca a comparación del volumen. (Leiva. W. 2019)</p>	<p>Reducir el volumen del plástico de PVC reciclado.</p>	<p>almacenamiento</p>	<p>Masa. Reducción del volumen</p>	<p>kg/h</p>

## Anexo 02 Cuestionario para validación de instrumentos

### FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: CUESTIONARIO DE FUNCIONAMIENTO Y PARÁMETROS DE TRABAJO EN LA EMPRESA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir los parámetros de funcionamiento de acuerdo a los trabajadores. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 10 ítems en tres criterios: Relevancia, coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

#### I. Datos Generales

<b>Nombre y Apellido</b>			
<b>Sexo:</b>	Varón	Mujer	
<b>Años de experiencia profesional: (desde la obtención del título)</b>			
<b>Grado académico:</b>	Bachiller	Magister	Doctor
<b>Área de formación académica</b>	Clínica	Educativa	Social
	Organizacional	Otro:	
<b>Áreas de experiencia profesional</b>			
<b>Tiempo de experiencia profesional en el área</b>	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

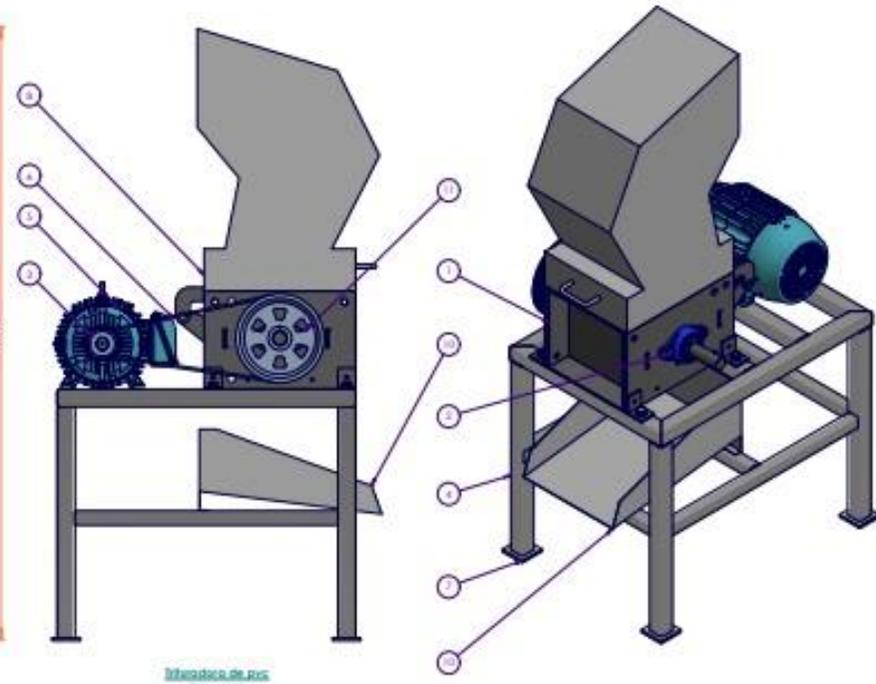
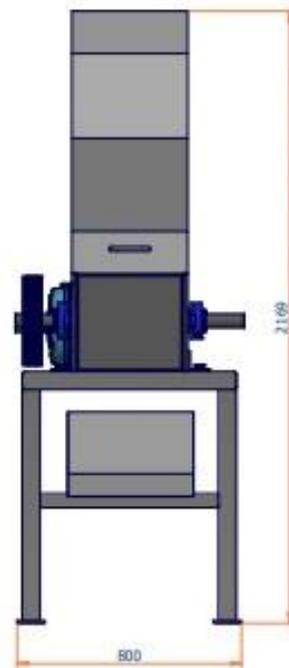
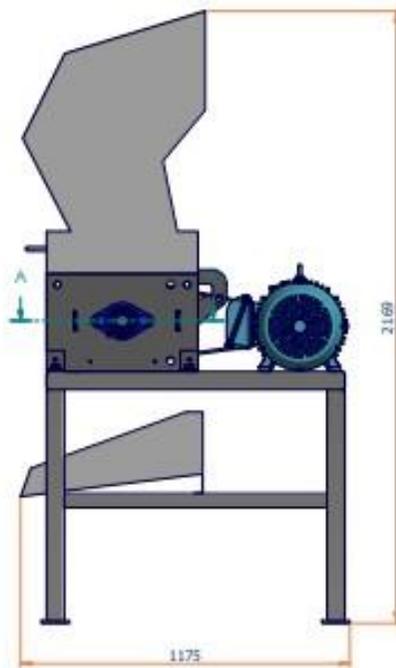
#### II. Breve explicación del constructo

Se pretende conocer el funcionamiento y los parámetros de trabajo que afronta la empresa para la elaboración de la molienda de tubos PVC, en tal sentido se orienta el cuestionario para los parámetros de funcionamiento para la máquina de molienda.

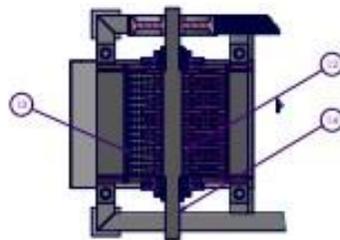
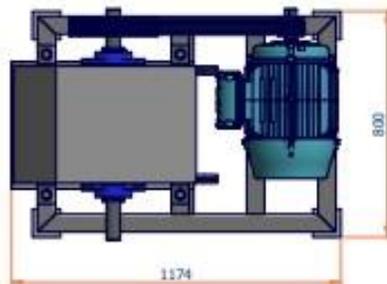
ITEMS		Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
<b>Ruido - Percepción de las Condiciones Ocupacionales</b>														
1	Siente usted que se encuentra expuesto a ruidos intensos dentro de la jornada laboral.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
2	Considera que sería de gran utilidad la elaboración de una máquina molienda.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
3	Cuenta usted con EPP durante la trituración de los tubos de PVC	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
4	Sería más rentable contar con una máquina molienda de PVC que trabajar de forma artesanal.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
5	Cree que la producción sería de mayor calidad con ayuda de una máquina molienda para tubos PVC.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
<b>Condiciones Ocupacionales del trabajador</b>														
6	Siente usted que se encuentra expuesto ante las esquirlas durante el triturado artesanal.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
7	Considera usted que sería más rápida la producción con la ayuda de una máquina de molienda.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
8	Cuenta usted con EPP para contrarrestar las virutas o esquirla que caen producto del triturado.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
9	Sería más económico el uso de una máquina de molienda que varios obreros	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
10	Considera usted que la corriente trifásica sería de gran apoyo para la máquina de molienda.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	

Las alternativas de respuesta van de 1 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

0	1	2	3
<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>



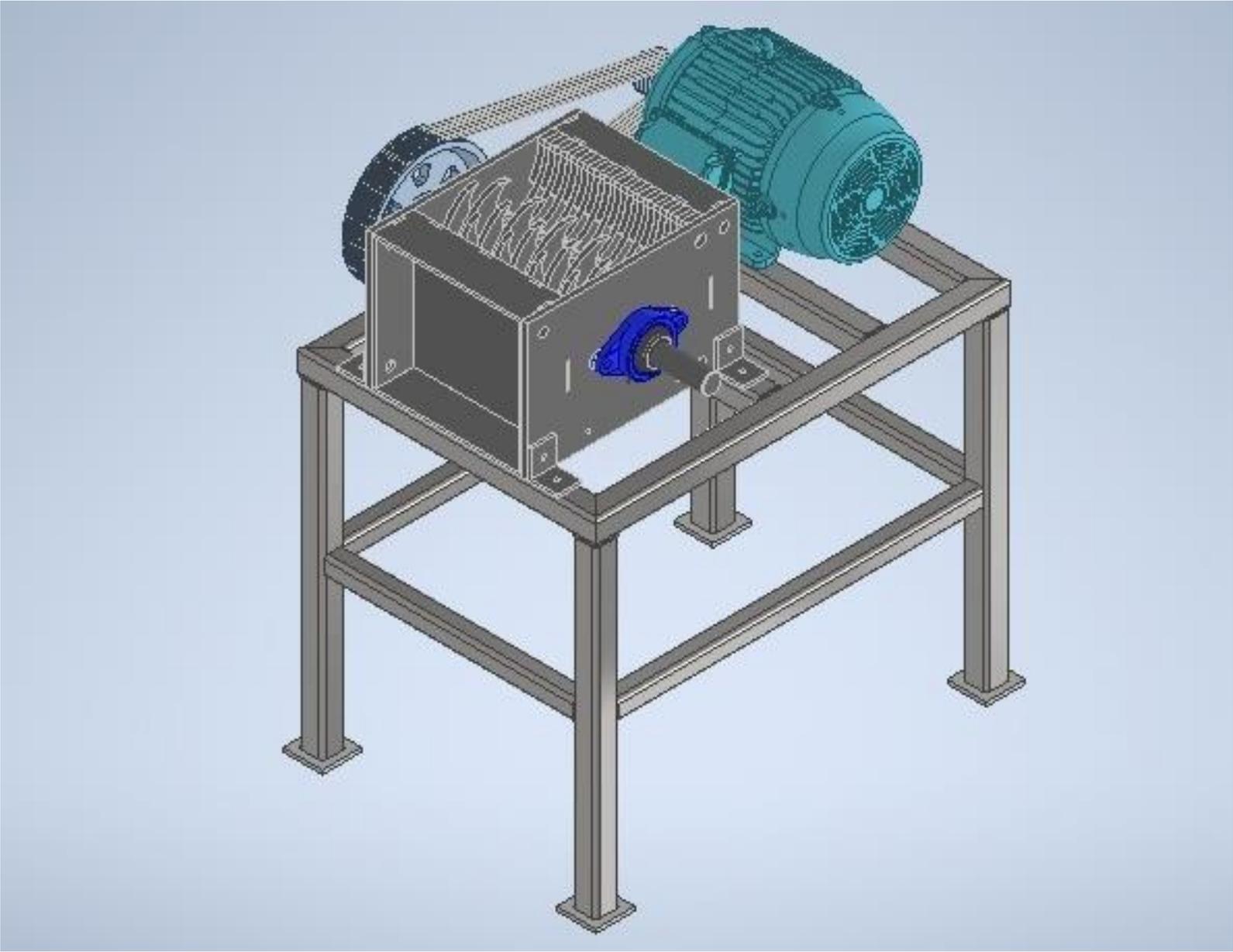
Trituradora de PVC  
 Pasa: 1/4"  
 Cantidad: Pasa  
 Escala: 1 : 15



Corte A-A (1:15)

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	COMPRASIONABLE
1	1	Caja de trituración	ACDM A34	
2	2	Chumbrones Ø=60	ACDM A34	Ø60 x40 x11.5/16
3	2	patilla motor Ø1.400	ACDM A34	
4	1	motor de tracción	ACDM A34	
5	1	motor eléctrico 22 HP	SEM W224 2P 400v	
6	1	placa de transmisión AC		Revoluciones de salida
7	4	roseta de reducción	ACDM A34	
8	1	rollos de alimentación	ACDM A34	
9	2	Integrador	ACDM A34	
10	1	rollos de salida	ACDM A34	
11	1	patilla conductora D=13.8	ACDM A34	
12	1	Cuchillas de trituración	ACDM A34	
13	1	Base	ACDM A34	
14	1	Pie	SAR 503	

Dibuja: - Revisa: - Aprobado: - Código de plano: -1	8/07/2023 PLANO DE ENLACE <b>TRITURADORA DE PVC</b> Clase: - Cod. de proyecto: -	Hoja 1 de 1 PÁGINA A3	Proyección: 
--	--	--------------------------------	-----------------





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE UN MOLINO DE CUCHILLAS DE 200 KG/H PARA INCREMENTAR LA MOLIENDA DE PLÁSTICOS SÓLIDOS PVC RECICLADO", cuyos autores son TOCTO MANCHAY ERWIN ABEL, QUIROZ HUARNIZ FRANKS ALEMBERT, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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 la Tesis cumple con todas las normas para el uso de 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 aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 11 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DAVILA HURTADO FREDY <b>DNI:</b> 16670066 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 18-07- 2023 15:35:20

Código documento Trilce: TRI - 0586011