



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Departamento de Energía y Mecánica

Tema: “Construcción, e implementación de una trituradora de neumáticos para el laboratorio de materiales”

**Autores: Anguisaca Vargas, Carlos Vinicio
Vega Masapanta, Jessica Maribel**

**Director: Ing. Argüello Maya, Edison Oswaldo.
2023**

VERSIÓN: 1.0



Según cifras de la AEADE (Asociación de empresas automotrices del Ecuador) en una nueva investigación, las ventas de vehículos nuevos en el mes de enero de 2022 alcanzan 9 605 unidades y registran un crecimiento anual del 13% (Magazine, 2022).

De acuerdo a Censos (2021) en el Ecuador se matricularon 2 535 853 vehículos hasta el año 2021, eso quiere decir que el problema de los residuos de neumáticos usados está causando grandes estragos, ya que por cada vehículo se desechan 4 neumáticos cada 70 000 km en promedio. Esto como consecuencia del incremento de la población, el desarrollo industrial y la gran demanda de vehículos para la movilidad.



Planteamiento del problema

Los neumáticos son desechos que actualmente en la ciudad de Latacunga no se procesan para recuperar la materia prima y darle un nuevo uso. En la revista la gaceta según la investigación de Proneumacosa S.A. realizada en 2018 en Ecuador, se genera alrededor de 3 millones de neumáticos fuera de uso (NFU) cada año, cantidad equivalente a unas 60 000 toneladas de residuo; este diagnóstico determinó que anualmente 17 500 toneladas se destinan al proceso de reencauche, otras 1 000 toneladas son procesados en plantas de reciclaje artesanalmente y poco industrial.

Estos datos revelan que más del 70% de los NFU generados en el país, tienen un destino desconocido.



Objetivo general

Construir e implementar una máquina trituradora de neumáticos para el laboratorio de materiales.



Objetivos específicos

- Analizar detalladamente el diseño de una trituradora de neumáticos, identificando las características clave de su funcionamiento, la estructura y componentes, el rendimiento y la eficiencia en la trituración de neumáticos, para evaluar su capacidad de reducir el volumen de residuos de neumáticos y su impacto ambiental.
- Aplicar métodos de mecanizado en el eje de acero AISI 4340 para fabricar las partes requeridas de la máquina trituradora de neumáticos.
- Efectuar procesos de corte y vaciado CNC de una plancha de acero estructural A36 de 20 mm y 25.4 mm para fabricar las partes requeridas de la máquina trituradora de neumáticos



Objetivos específicos

- Llevar a cabo procesos de corte por chorro de agua de una plancha de acero estructural A36 de 20 mm para fabricar las partes requeridas de la máquina trituradora de neumáticos.
- Construir una trituradora de neumáticos con equipos, materiales y piezas disponibles en la localidad y ajustarlos a los requerimientos del diseño previo.
- Realizar pruebas respecto de la granulometría y número de pasadas y tabularlas para su posterior análisis.



Variables de investigación e hipótesis

Variable Dependiente

- Construcción e implementación de una máquina trituradora.

Variable Independiente

- El diseño de la máquina trituradora de neumáticos es el más idóneo para usar materiales, partes, equipos y procesos de manufactura que se tiene en la localidad.

Hipótesis

Con los materiales, partes, equipos, procesos de manufactura que se encuentran en la localidad se puede fabricar una máquina trituradora de neumáticos para el laboratorio de materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE sede Latacunga.



Neumáticos

Los neumáticos son elementos de caucho colocados sobre las llantas de los vehículos, los cuales son esenciales en la seguridad activa de los ocupantes ya que se encuentran en contacto permanente con la superficie.

Las funciones de los neumáticos son:

- Tolerar el peso del vehículo
- Resistir los esfuerzos de frenado
- Hacerles frente a los diferentes tipos de suelo
- Ofrecer estabilidad



1. Aislamiento interior

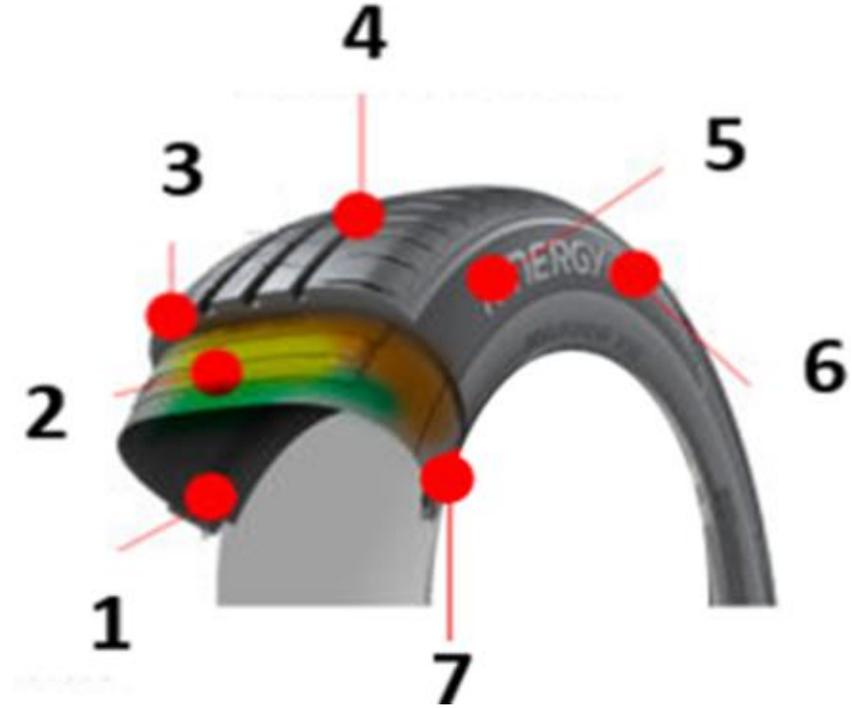
Se componen de materiales herméticos para aislar el aire dentro del neumático.

2. Carcasa

Se compone de varias capas para absorber la presión de aire interna, el peso del vehículo y los impactos producidos durante la marcha.

3. Protector o correa

El protector salvaguarda la carcasa absorbiendo los impactos externos y la correa aumenta la rigidez de la banda de rodadura.





4. Banda de rodadura

Está en contacto directo con el suelo, ofrece gran resistencia a los impactos.

5. Hombro

Se ubica entre la banda de rodadura y el flanco, mitiga el calentamiento y disipa el calor acumulado.

6. Flanco

protege la carcasa y absorbe las variaciones de la carrera.

7. Talón

Realizada de alambre, relleno, caucho y aleta, sirven de fijación entre la rueda y la llanta.

Ejemplo

Una llanta 185/70 R14 110V,

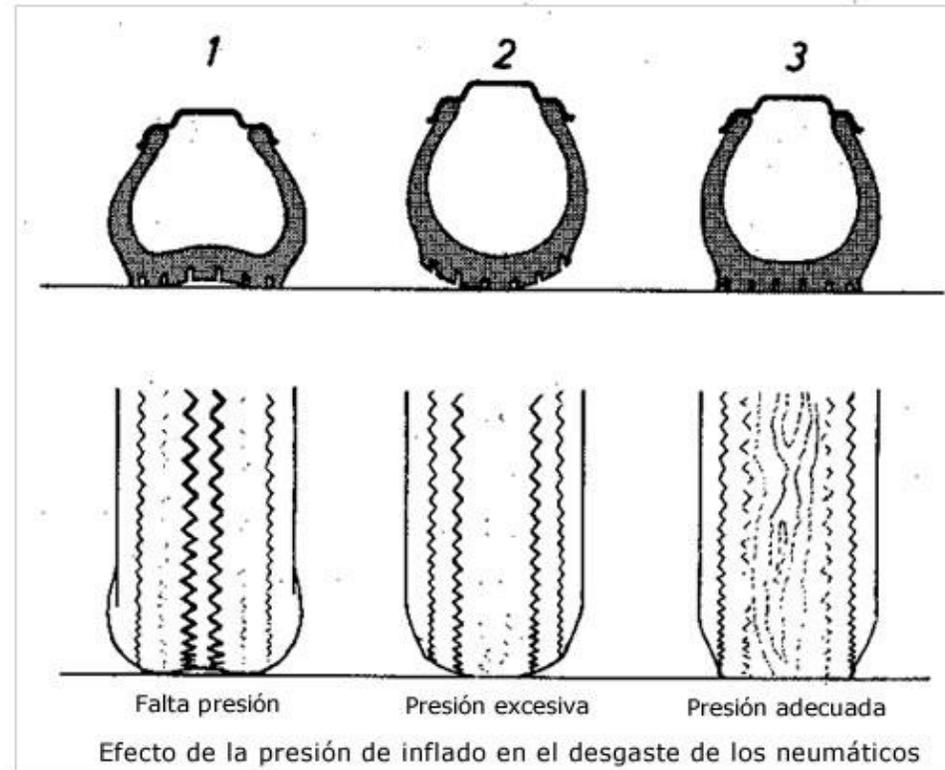
- El primer número (185), corresponde a la anchura en milímetros.
- El segundo número (70), corresponde a un porcentaje de la altura del perfil.
- La tercera (letra R), corresponde al tipo radial.
- El cuarto valor (14), hace referencia al diámetro interno de la llanta, es decir el tamaño del rin y está dado en pulgadas
- El quinto valor (84), se refiere al índice de carga y rango de velocidad.



Problemas en los neumáticos

Los problemas más frecuentes en los neumáticos son:

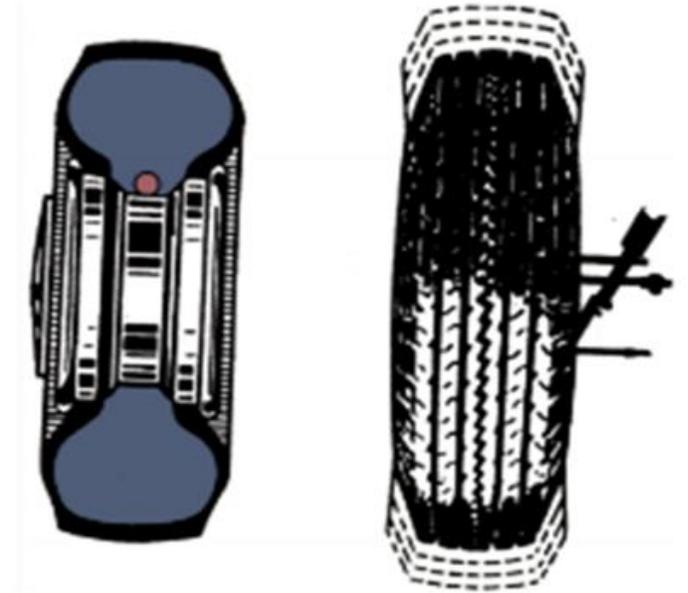
- Desequilibrio
- Alabeo
- Excentricidad
- Shimy



Este problema nace por la desigualdad en la fuerza centrífuga al girar la rueda, es decir, si la masa del neumático no está uniformemente repartida va a generar movimientos basculantes y vibraciones que se incrementarán conforme vaya aumentando la velocidad del vehículo.

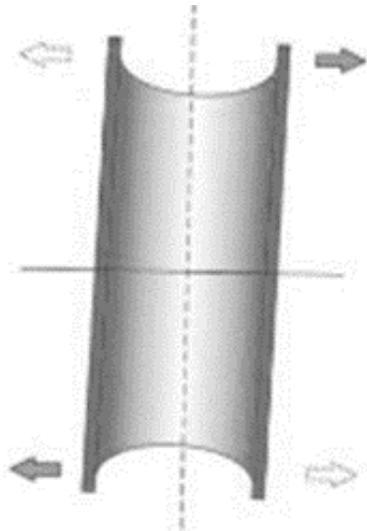
Las causas del desequilibrio son:

- Deformación en el neumático
- Mala reparación
- Descentramiento radial, lateral y excentricidad
- Distribución no uniforme de las masas respecto al eje de rotación
- Desequilibrio en la cubierta y el neumático



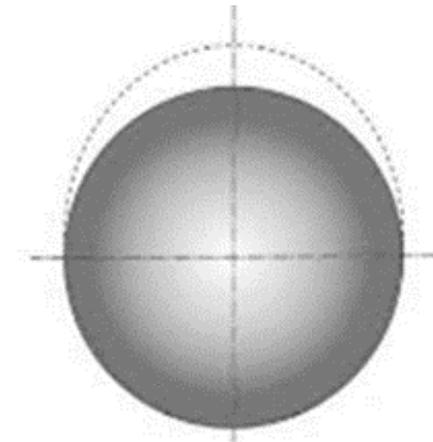
Alabeo

Se refiere a la deformación con respecto al plano longitudinal que se genera mientras la trayectoria del neumático es sinusoidal. Esto provoca vibraciones consecutivas de la convergencia en la dirección.



Excentricidad

Se produce por el desgaste desigual de la cubierta o montaje defectuoso de la misma al no ajustar uniformemente la rueda. La excentricidad provoca un movimiento descendente y ascendente de la mangueta generando inestabilidad en las marchas y vibraciones en la dirección.



Son los movimientos oscilatorios del vehículo que se pueden generar por dos factores con respecto a la rueda y son:

- Vibración de la rueda con respecto al eje del montante de mangueta.
- Vibración vertical de la rueda provocada por la suspensión debido a:
 - ❖ Suspensión defectuosa
 - ❖ Montaje equívoco del neumático
 - ❖ Ruedas desequilibradas
 - ❖ Poca presión en los neumáticos
 - ❖ Peso excesivo
 - ❖ Dirección y suspensión incompatibles
 - ❖ Excesivo ángulo de avance



Trituradora de dos ejes

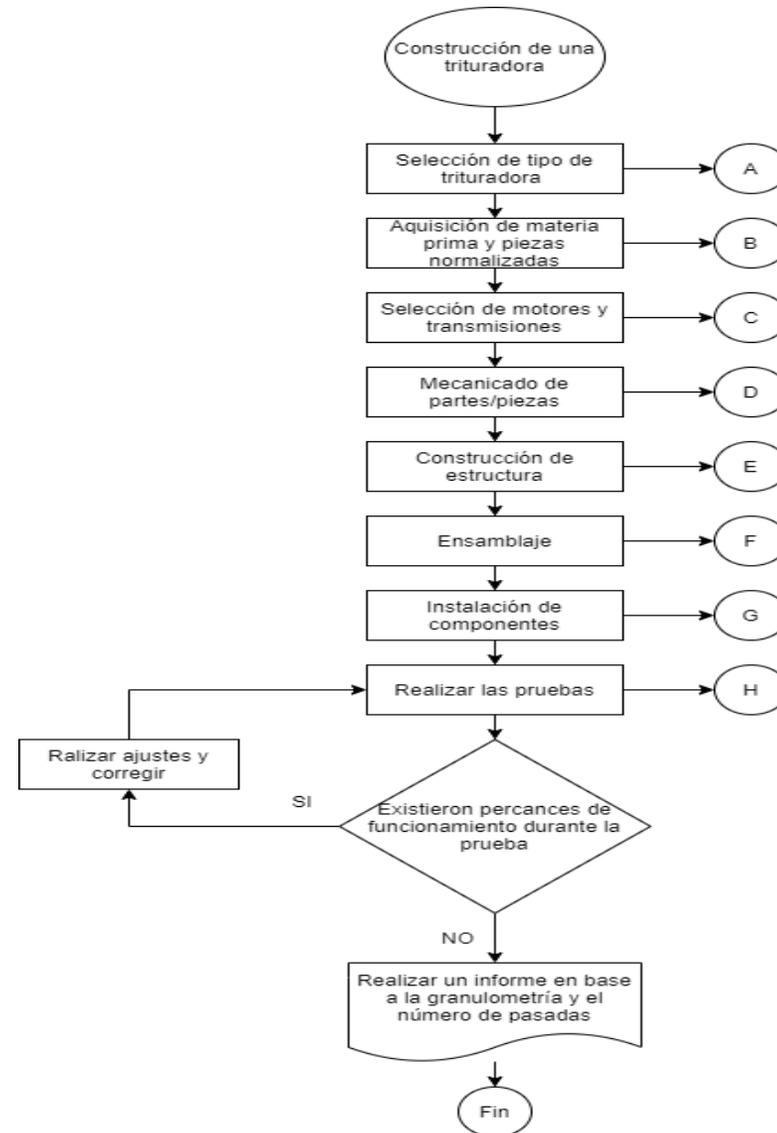
Son ensambladas con dos ejes paralelos y cuchillas que otorgan un buen agarre del neumático. Esta máquina evita que el material se salga del sistema y tiene un punto favorable que es su diseño, el cual permite triturar neumáticos de gran tamaño.



En este sistema el neumático es atrapado y dirigido hacia la trituradora por las cuchillas que se encuentran ubicadas en cada eje y giran en sentidos opuestos. Una vez atrapado el neumático, pasa por las cuchillas rápidamente y se produce el corte.



Diagrama de flujo de la construcción de la máquina trituradora de neumáticos



A. Selección del tipo de triturador

Número de ejes	Coste	Eficiencia
1	4 000	60%
2	8 000	80%
3	12 000	95%

En el presente proyecto se opta por una trituradora de 2 ejes pues se ha considerado la eficiencia, mejor corte y principalmente el costo que implica la fabricación, además de las ventajas con las que cuenta; al tener dos ejes, estas trituradoras pueden procesar materiales con mayor precisión, debido a su diseño compacto las hace ideales para espacios pequeños o para moverlas de un lugar a otro con facilidad.



B. Adquisición de materia prima y piezas normalizadas

Eje AISI/SAE 4340

Composición Química

%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%Mo	%P	%S
0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	≤0.035	≤0.04

Propiedades mecánicas

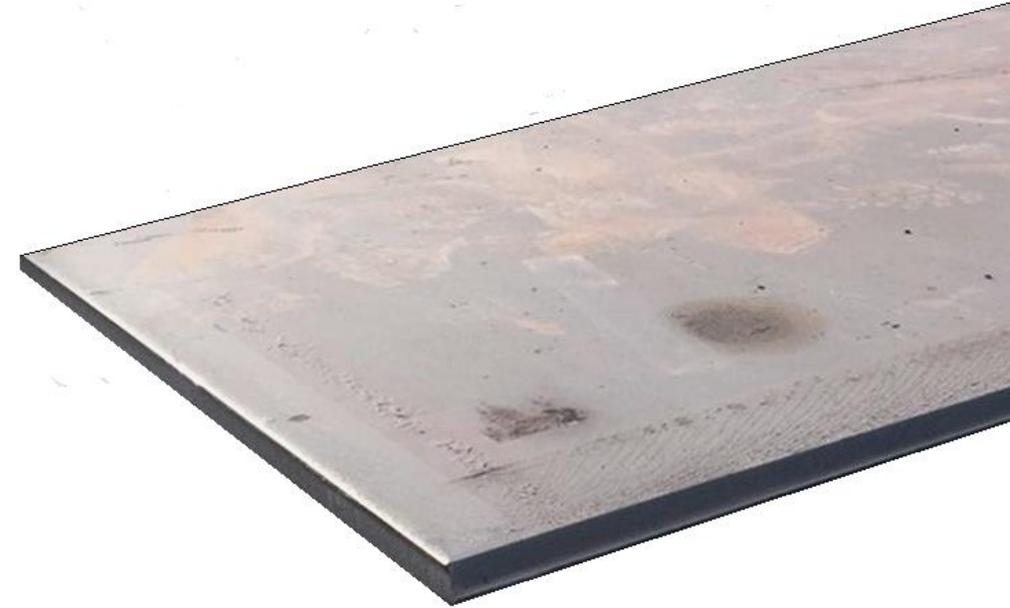
Diámetro (mm)	Resistencia mecánica	Punto de fluencia	Dureza Rockwell (B)	Elongación (%min)
16 o menos	1 200 – 1 400	1 000	240 - 380	9
16 - 40	1 100 – 1 300	900	240 – 380	10
41 - 100	1 000 – 1 200	800	240 – 380	11



B. Adquisición de materia prima y piezas normalizadas

Plancha de acero estructural A36

%C	%Mn	%Si	%P	%Ni	%Cu	%S	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo max (Mpa)
0.25–	0.8–	0.4	0.04	0.15–	0.20	0.05	250 min	400-500
0.29	1.2	max	max	0.35	max	max		



B. Adquisición de materia prima y piezas normalizadas

Engranajes

Especificación	Abreviatura	Valor
Número de dientes	Z	26 dientes
Altura de diente	H	20,4 mm
Diámetro exterior	De	145 mm
Diámetro interior	Di	121,6 mm
Diámetro primitivo	Dp	130 mm
Diámetro del eje	D	71 mm
Módulo	M	5



B. Adquisición de materia prima y piezas normalizadas

Rodamientos

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Código
d	D	B	Dinámica C	Estática Co	Pu	Velocidad referencial	Velocidad límite		
mm			KN		KN	rpm		Kg	
65	120	23	58.5	40.5	1.73	12 000	7 500	1	6213
75	115	20	41.6	33.5	1.43	12 000	7 500	0.65	6015



B. Adquisición de materia prima y piezas normalizadas

Catalina



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

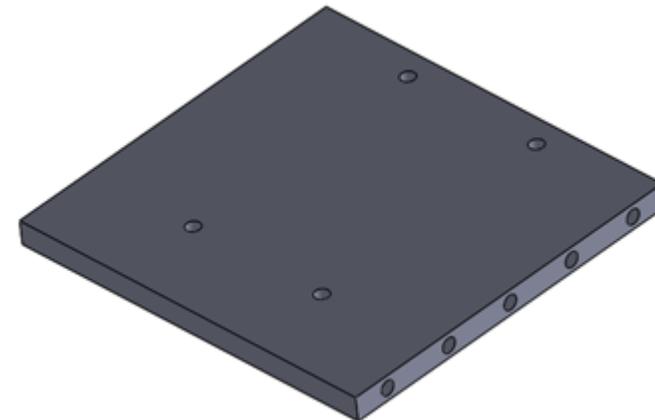
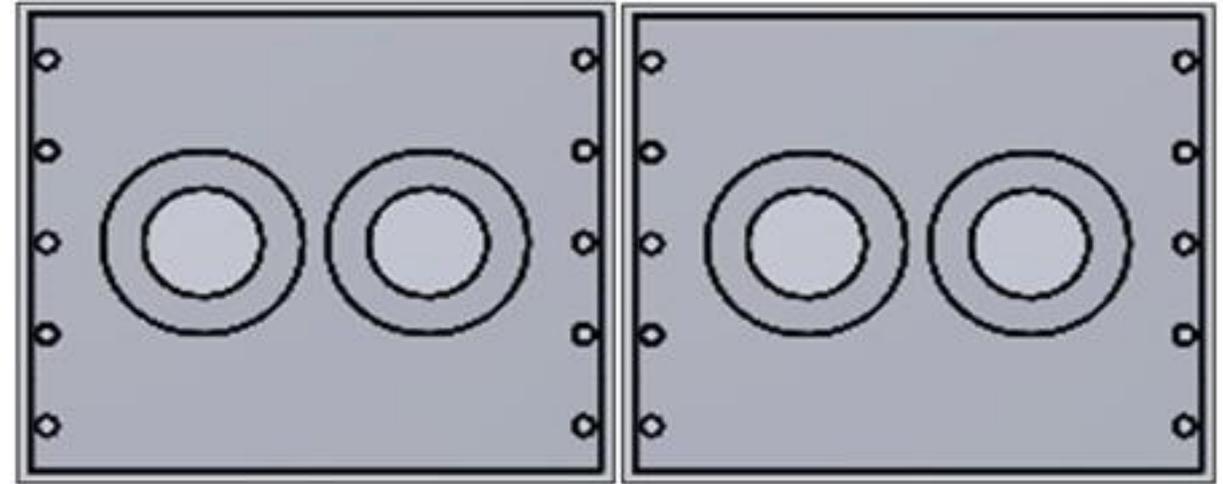
C. Selección de motor y transmisión

Motor de 7,5 Hp y sistema de transmisión de cadena y catalina



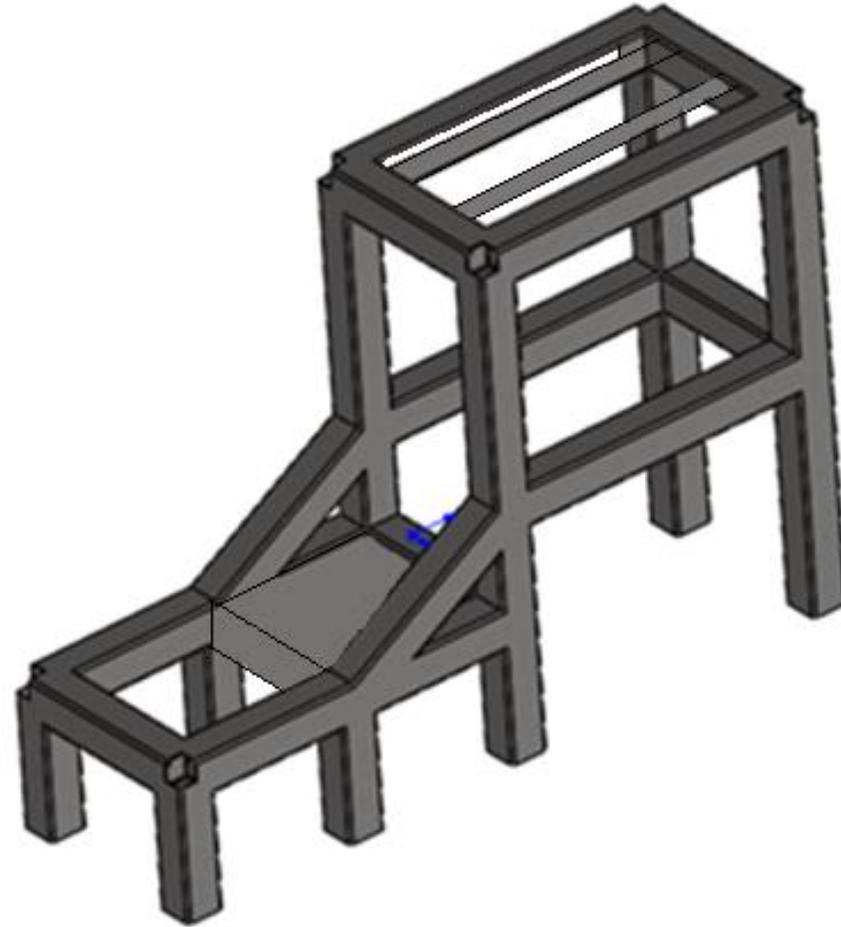
D. Mecanizado de piezas y partes

Ejes, placas, cuchilla, separador, bancada



E. Construcción de estructura

Estructura



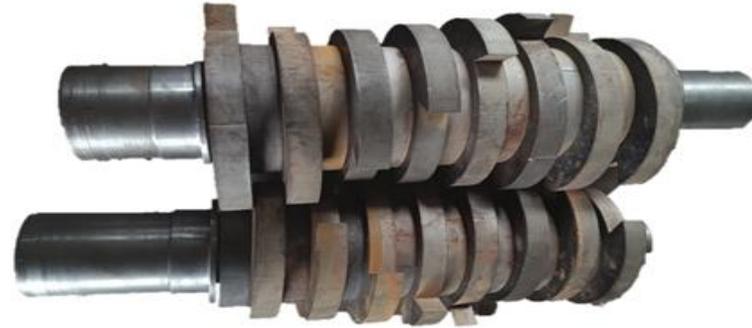
F. Ensamblaje

Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje

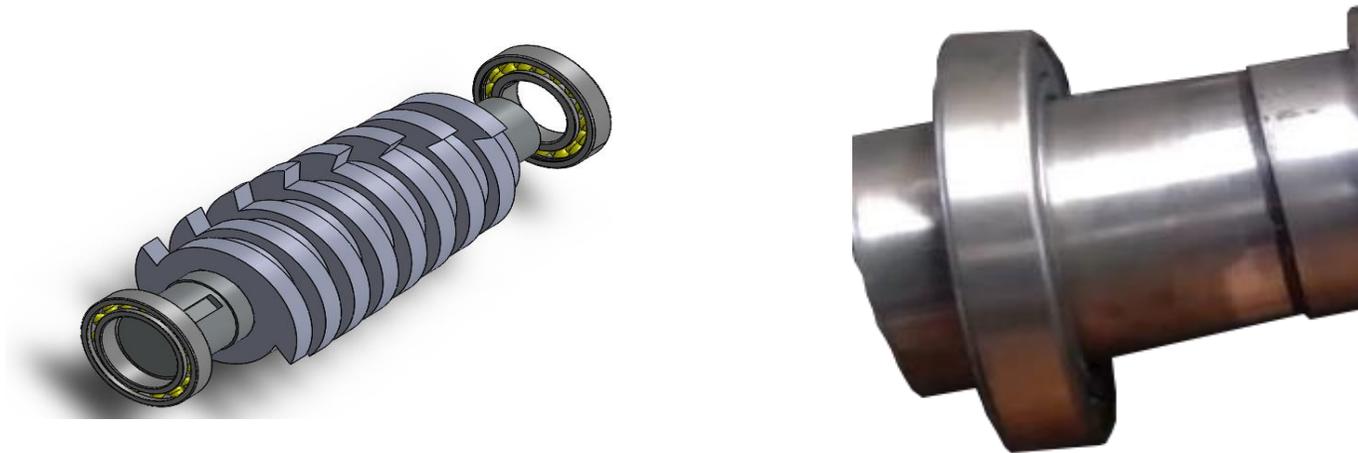


F. Ensamblaje

Montar cuchillas y separadores en los ejes

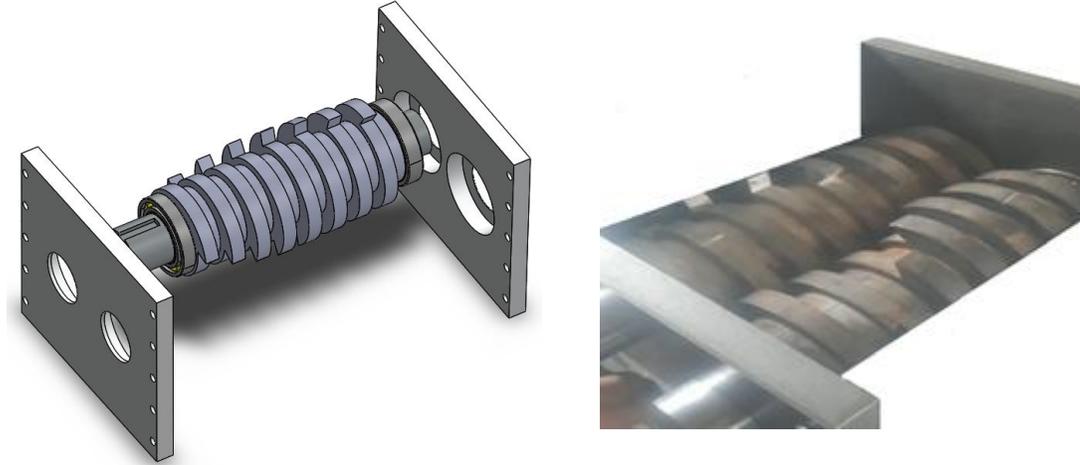


Colocar rodamientos



F. Ensamblaje

Ubicar el conjunto eje, cuchilla, separador y rodamientos.



Colocar las bancadas



F. Ensamblaje

Colocar las placas laterales



Colocar pernos de fijación



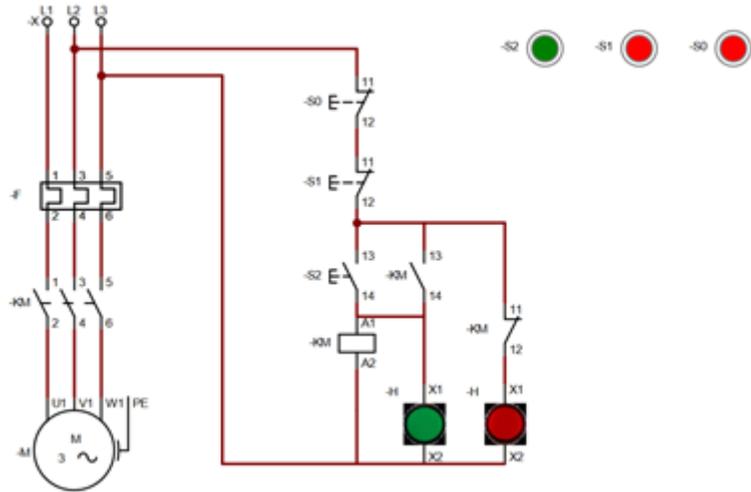
F. Ensamblaje

Acoplar sistema de transmisión



G. Instalación de componentes

Instalación del circuito de control

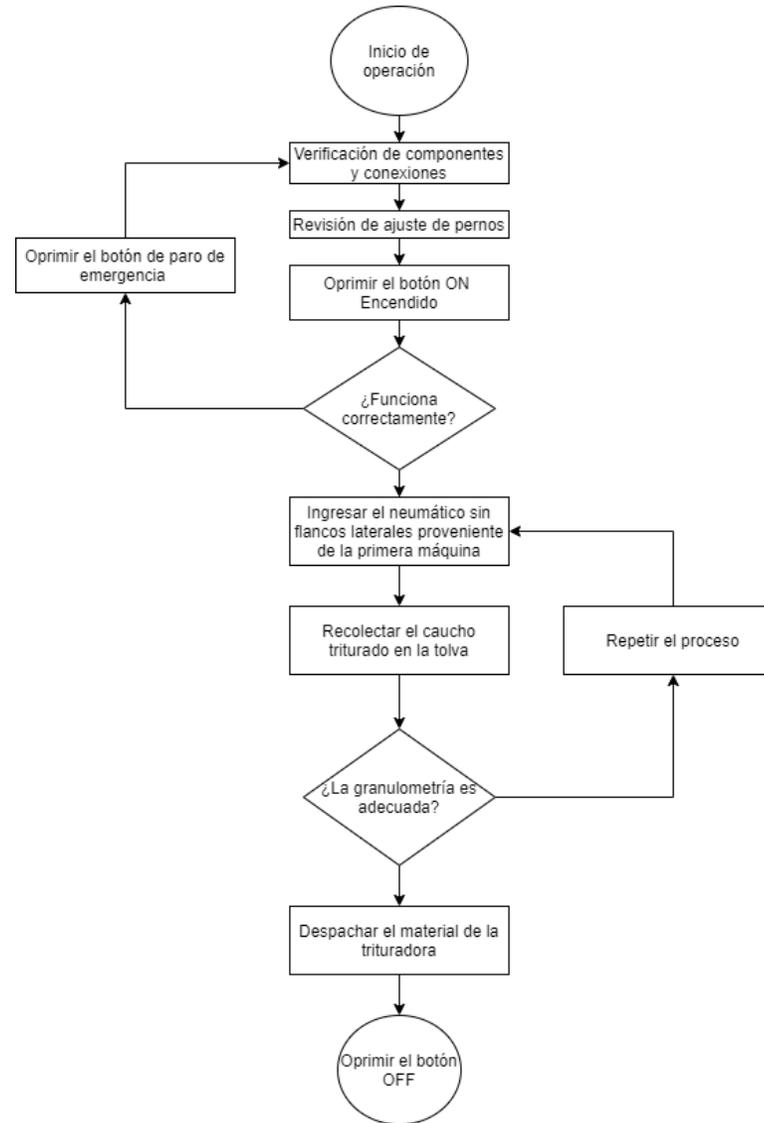


F. Ensamblaje

Fijar todos los componentes a la estructura



Diagrama de flujo de operación



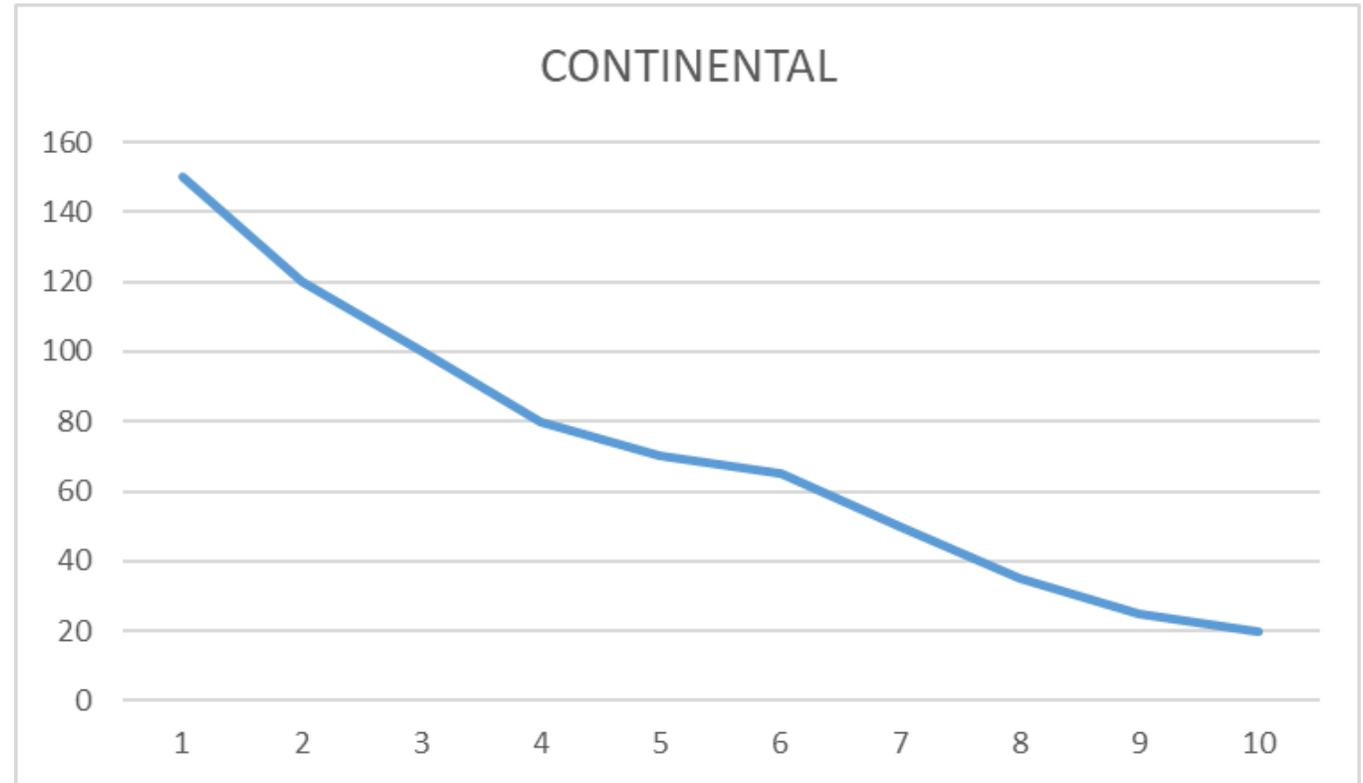
Resultados de la Investigación

Prueba de trituración

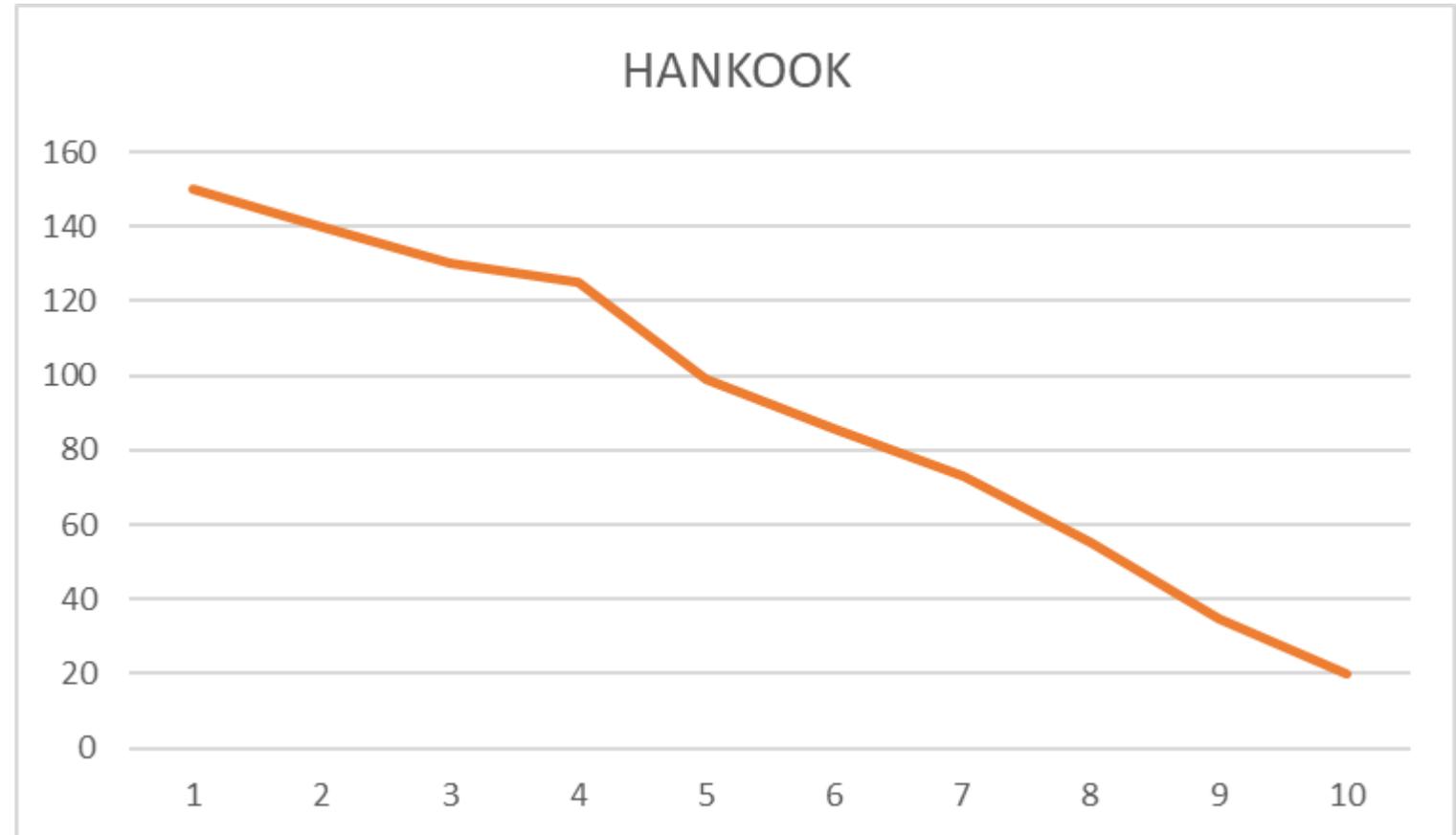
Para la máquina trituradora se realizaron un total de diez pruebas, es decir diez pasadas de la banda de rodadura donde se pretende reducir en partículas de diferente tamaño hasta llegar a la granulometría deseada de 20 mm mediante un proceso de corte y desgarrado, estos datos se presentan en tablas, como en las figuras representativas del número de pasadas y la granulometría.



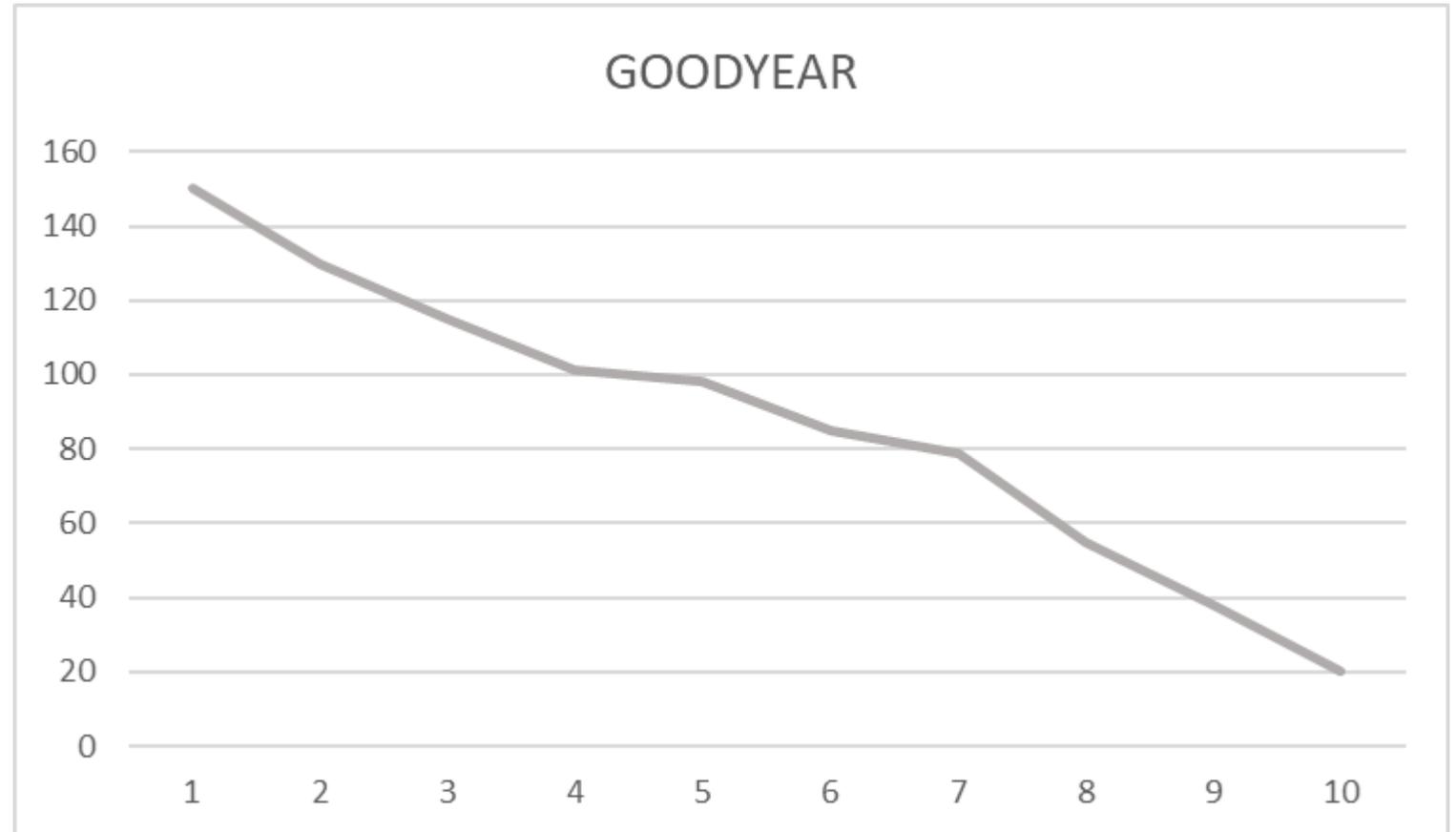
Número de pasada	Granulometría (mm)
1	150
2	120
3	100
4	80
5	70
6	65
7	50
8	35
9	25
10	20



Número de pasada	Granulometría (mm)
1	150
2	140
3	130
4	125
5	99
6	86
7	73
8	55
9	35
10	20



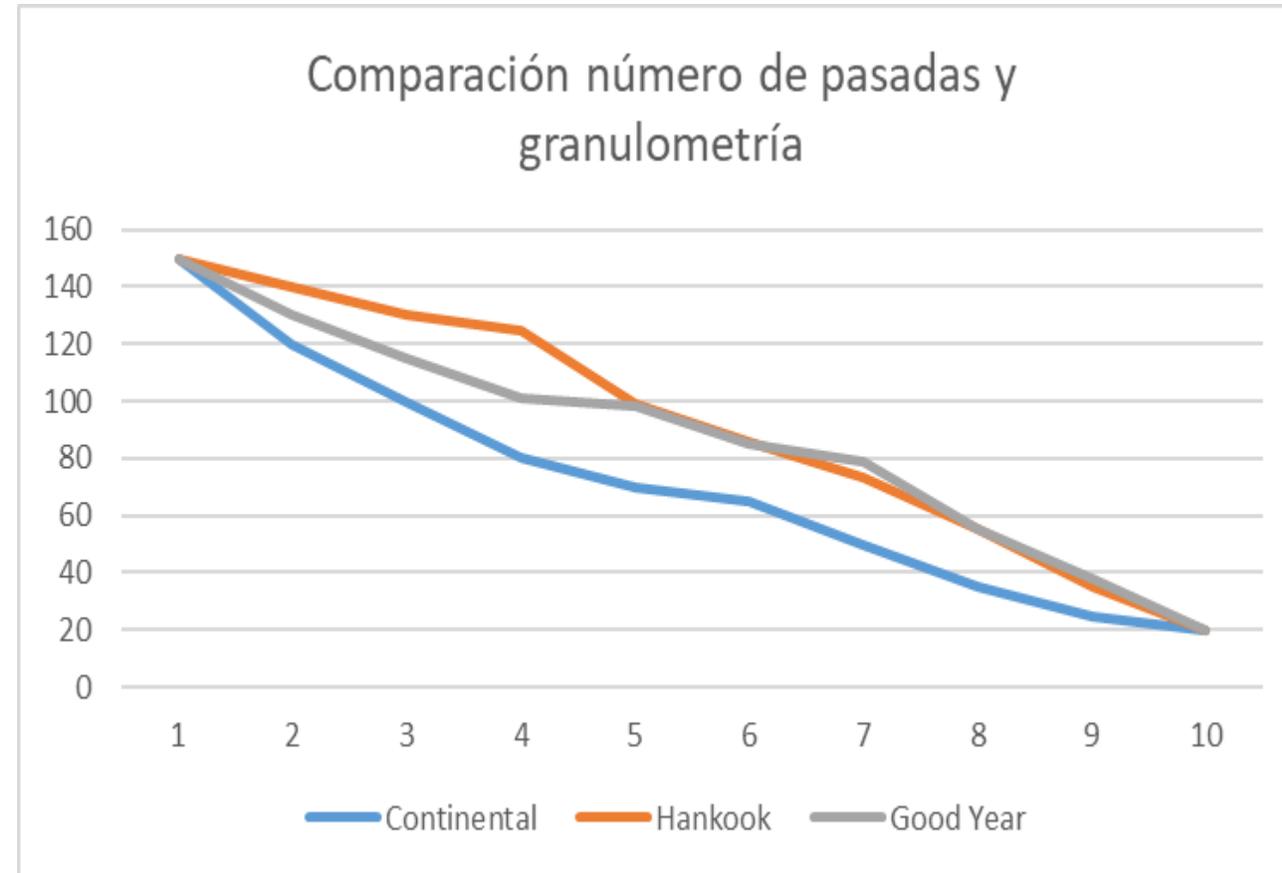
Número de pasada	Granulometría (mm)
1	150
2	130
3	115
4	101
5	98
6	85
7	79
8	55
9	38
10	20



Análisis de resultados

Los ensayos de granulometría dependen del número de pasadas las cuales indican la variación en los parámetros de tamaño y forma, en base a la marca del neumático que se ingrese a la trituradora, mostrando de manera clara que existe una disminución de la granulometría respecto al número de pasadas, mientras más número de pasadas, más se reduce el tamaño del material de

caucho, para una comprensión y entendimiento claro respecto a esta variación la gráfica indica la comparación entre las curvas del ensayo.



- La construcción de la trituradora de neumáticos debe ser precisa y en base al diseño realizado previamente para que ésta realice el trabajo de corte de la banda de rodadura de manera eficiente y sin ningún inconveniente.
- El proceso de trituración es una forma efectiva de reciclar y reutilizar los neumáticos en desuso, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales y reduce la cantidad de residuos que se desechan. Sin embargo, es importante llevar a cabo el proceso de manera segura y responsable, ya que los neumáticos pueden contener compuestos tóxicos que deben ser manejados adecuadamente para evitar la contaminación del aire, agua y suelo.



Conclusiones

- Se construyó la máquina trituradora de neumáticos y se implementó en el laboratorio de materiales de la “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga”, obteniendo como resultado del proyecto de integración curricular, una eficaz solución para el reciclaje de neumáticos, logrando así una importante contribución a la preservación del medio ambiente. Además, los estudiantes involucrados en el proyecto tuvieron la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el ciclo académico y desarrollar habilidades prácticas en un entorno real.
- Se realizó el mecanizado en el eje de acero AISI 4340 para adaptarlos a las medidas y forma requeridas en el diseño y se obtuvieron excelentes resultados en términos de precisión y calidad en la fabricación del componente. Además, se demostró la eficacia de los métodos de mecanizado en la producción de piezas de alta resistencia, permitiendo la creación de un eje duradero y confiable que contribuye significativamente al buen funcionamiento de la máquina trituradora.



Conclusiones

- Se efectuó un corte CNC de una plancha de acero estructural A36 de 20 mm y 25,4 mm y se obtuvieron las piezas de manera más rápida, precisa y de calidad en comparación con otros métodos de corte tradicionales que usan la tecnología CNC garantizando así el correcto ensamblaje, operación y funcionamiento de la máquina trituradora, esto permitió la creación de una estructura sólida y resistente, esencial para garantizar la durabilidad y seguridad de la máquina.
- Se realizaron pruebas respecto al tiempo y número de pasadas hasta llegar a la granulometría planteada donde se pudo determinar la capacidad productiva de la máquina, lo que permitió una mejor planificación y organización con respecto al número de pasadas en función del neumático, además de optimizar el funcionamiento de la máquina trituradora de neumáticos y garantizar la obtención de material granulado de alta calidad.



Conclusiones

- En general, el proyecto de construcción de la máquina trituradora de neumáticos fue un éxito gracias a la combinación de diferentes técnicas y tecnologías. La aplicación de métodos de mecanizado en el eje de acero AISI 4340, el corte CNC de la plancha de acero estructural A36 de 20 mm y 25,4 mm, el proceso de ensamblaje, las pruebas con respecto al tiempo y número de pasadas, fueron factores clave en el desarrollo de una máquina eficiente y de alta calidad.
- Los estudiantes involucrados en el proyecto tuvieron la oportunidad de aplicar sus conocimientos y habilidades prácticas en un entorno real, contribuyendo de manera significativa a la preservación del medio ambiente, la construcción de la máquina trituradora de neumáticos demuestra la importancia de la educación y la investigación en cuanto al diseño y construcción en la búsqueda de soluciones sostenibles y en armonía con el medio ambiente.



- Diseñe cuidadosamente la máquina, teniendo en cuenta factores como la seguridad, la eficiencia, la resistencia mecánica de cada una de las piezas y componentes del circuito eléctrico para garantizar una construcción de calidad.
- Elija los materiales adecuados para la construcción de la máquina, asegurándose de que sean resistentes y duraderos ya que es crucial que los materiales sean capaces de soportar las cargas mecánicas y la corrosión causada por el contacto con los neumáticos para garantizar la durabilidad de la máquina.
- Utilice tecnologías de mecanizado modernas para garantizar la precisión y la calidad de las piezas, con la finalidad de un ensamblaje perfecto y evitar los reajustes que conlleva gastos económicos adicionales en el proceso de construcción.



- Realice pruebas exhaustivas antes de la implementación para asegurarse de que la máquina funcione de manera correcta y segura, dichas pruebas deben cubrir todas las funciones clave de la máquina, incluyendo la trituración de neumáticos, la seguridad y la eficiencia.
- Establezca un plan de mantenimiento para garantizar la continuidad y seguridad de la máquina a largo plazo, esto incluye la inspección regular, limpieza, reparación de piezas dañadas, estado del circuito eléctrico y además del cambio de aceite del motor reductor considerando las horas de funcionamiento de la trituradora de neumáticos.



