



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE
CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

AUTORES:

García Ayala Stalin Roberto

Silva Ruiz Marlon Stalin

TUTOR:

Ing. Rodolfo Najarro Quintero

**LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2020**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, García Ayala Stalin Roberto y Silva Ruiz Marlon Stalin, declaramos ser los autores del proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO”, siendo el Ing. Mg. Rodolfo Najarro Quintero tutor del trabajo investigativo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, declaramos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



GARCÍA AYALA STALIN ROBERTO
C.I.: 050330442-0

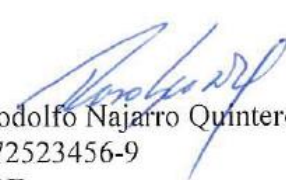


SILVA RUIZ MARLON STALIN
C.I.: 050352939-8

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO”, de García Ayala Stalin Roberto y Silva Ruiz Marlon Stalin, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, marzo 2020



Ing. Rodolfo Najarro Quintero Mg.
C.I: 172523456-9
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: García Ayala Stalin Roberto y Silva Ruiz Marlon Stalin con el título de Proyecto de Investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, marzo 2020



Ing. M.Sc. Joao Lazaro Barzaga Quesada
C.I: 175702540-6
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. PhD. Yoandrys Morales Tamayo
C.I: 175695879-7
LECTOR 2

Ing. PhD Marioxy Janeth Morales Torres
C.I: 175772892-6
LECTOR 3 (SECRETARIO)



AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial al Ing. Mg. Rodolfo Najarro por su apoyo invaluable para el desarrollo de la presente investigación.

Stalin

Hago constar mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a los docentes que compartieron sus conocimientos en el transcurso de la etapa académica.

Marlon

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo está dedicado a Dios y a mis queridos Padres quienes son el pilar fundamental para luchar por mis ideales y ser el soporte moral y emocional.

Marlon

Dedico este proyecto a mis padres y mí adorado hijo que es el soporte fundamental para seguir superándome cada día.

Stalin

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO”

Autores:

García Ayala Stalin Roberto
Silva Ruiz Marlon Stalin

RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo principal construir una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso (NFU) a través de materiales reciclados para minimizar los costos y contribuir con el medio ambiente. Se realizó el modelo del prototipo aplicando el software autodesk inventor en el cual se diseñó y simuló su funcionamiento, este proyecto genera un alto impacto social ya que es una alternativa de generación de empleo creando una cultura social de rehúso de los neumáticos y productos fuera de uso dándoles una segunda vida útil. Este proyecto surge frente a la problemática de la inexistencia de un proceso de reciclado de neumático en el cantón La Maná, además los neumáticos son tirados a la intemperie en las vías y terrenos baldíos, provocando la reproducción de mosquitos

transmisores de enfermedades y la quema directa de los neumáticos produciendo la emisión de gases y partículas nocivas a la atmósfera. Con la finalidad de cumplir este propósito se empleó la investigación bibliográfica y de campo. Los resultados de la investigación efectuada sobre la necesidad de una máquina para reusar neumáticos nos indican la necesidad de crear un instrumento para reutilizar los neumáticos. Así la propuesta se enfoca directamente en implementar una máquina prototipo granuladora de caucho para neumáticos fuera de uso, que dará como producto el caucho granulado, el cual puede ser usado en pisos sintéticos, canchas e inclusive con otro proceso adicional, pulverizarse para ser usado como primer asfáltico.

Palabras clave: prototipo, NFU, granuladora de caucho de neumáticos, reusar.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY EXTENSION LA MANA
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED
SCIENCES**

**“IMPLEMENTATION OF A GRANULATOR PROTOTYPE MACHINE FOR
UNUSED TIRES RUBBER”**

Authors:

García Ayala Stalin Roberto

Silva Ruiz Marlon Stalin

ABSTRACT

The main objective of the project was to build a granulator prototype machine for unused tires rubber (UTR) through the use of recycled materials to minimize costs and to contribute to the environment. The prototype model was carried out by applying the autodesk inventor software in which its operation was designed and simulated. This project generates a high social impact because it is an alternative of

vii

generation of employment, so creating a social culture of reusing tires and unused products and giving them a second life. This project issues from the problem of the absence of a tire recycling process in La Maná canton. In addition, tires are thrown away on roads and abandoned pieces of land. This fact causes the reproduction of disease-transmitting mosquitoes and direct burning of tires producing the emission of gases and harmful particles to the atmosphere. In order to achieve the purpose, bibliographic and field research was used. The results of the research conducted on the need of a machine to reuse tires. Thus, the proposal focuses directly on implementing a granulator prototype machine for unused tires rubber which will result in granulated rubber for being used on synthetic floors, courts, and even with another additional process, to be pulverized for first asphalt.

Keywords: prototype, UTR, tires rubber granulator, reuse.

AVAL DE TRADUCCIÓN

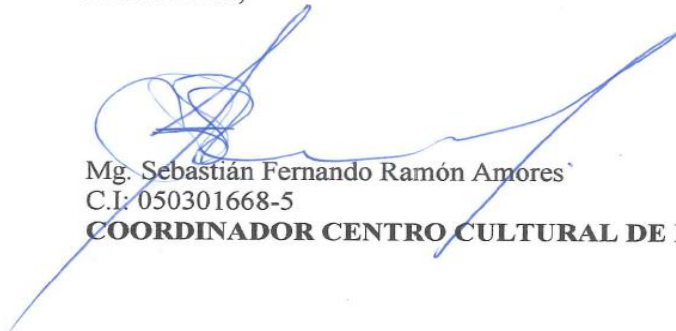
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná; en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, García Ayala Stalin Roberto y Silva Ruiz Marlon Stalin, cuyo título versa

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

La Maná, Marzo del 2020

Atentamente,



Mg. Sebastián Fernando Ramón Amores
C.I: 050301668-5

COORDINADOR CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS UTC-LA MANÁ

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
CERTIFICADO DE TRADUCCION.....	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCION.....	2
3. RESUMEN DEL PROYECTO	2
4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3

5.	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5.1	Beneficiarios Directos	3
5.2	Beneficiarios indirectos	4
6.	EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6.1	Formulación del problema.....	5
7.	OBJETIVOS	5
8.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS...	6
9.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
9.1	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	24
	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	24
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35
12.	IMPACTOS	38
12.1.	Sociales.....	38
12.2.2.	Económicos	38
12.3.	Técnicos.....	38
12.4	Ambientales	39
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:.....	39
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
	RECOMENDACIONES.....	40
15.	PROPUESTA.....	40
15.1.	TÍTULO.....	40
15.2.	DATOS INFORMATIVOS.....	41
15.3.	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	41
15.4.	JUSTIFICACIÓN.....	41
15.5.	OBJETIVOS.....	42
15.5.1.	Objetivo general	42
15.5.2.	Objetivos específicos.....	42
15.6.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	42
15.6.1.	Factibilidad económica.....	42

15.6.3. Factibilidad socio-cultural	42
15.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	42
15.8.1. Diagnóstico	42
17. BIBLIOGRAFÍA	43
18. ANEXOS	46

INDICE DE TABLAS

1. Beneficiarios Directos De La Institución.	4
2. Beneficiarios Indirectos Del Cantón La Maná.	4
3. Actividades Y Sistema De Tareas En Relación A Los Objetivos Planteados.....	6
4. Composición Típica De Un Neumático.....	9
5. Número De Vehículos Matriculados Según La Clase.	14
6. Presupuesto.	39
7. Datos Informativos.	41

INDICE DE FIGURAS

Figura1. Neumáticos diagonales y radiales	9
figura 2. Neumáticos auto portantes.	9
figura 3. Molino de bola.	15
figura 4. Molino de rodillo.	16
figura 5. Diagrama esquemático de la trituradora de molino de martillos.	16
figura 6. Diagrama esquemático de la trituradora de molino batiente.....	17
figura 7. Diagrama esquemático de la trituradora cortante de dos ejes.....	18

figura 8. Diagrama de molienda por aplastamiento.....	18
figura 9. Proceso de molienda por desintegración.....	19
figura 10. Diagrama de molienda por cizallamiento	19
figura 11. Diagrama de molienda por rodaje.....	19
figura 12. Diagrama de molienda de discos.	20
figura 13. Análisis de desplazamiento de la estructura.	36
figura 14. Análisis de factor de seguridad.	36
figura 15. Análisis de tensión a la cuchilla.....	37
figura 16. Análisis del coeficiente de seguridad.....	37
figura 17. Análisis de desplazamiento.....	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Selección De Pernos	46
Anexo 2: Selección De Tuercas.....	48
Anexo 3: Selección De Chavetas Y Chaveteros.....	49
Anexo 4: Selección De Rodamientos	50
Anexo 5: Diagrama Eléctrico De La Maquina Prototipo.	51
Anexo 6 Manual De Mantenimiento Del Usuario.....	51
Anexo 7 Corte Finalizado De Las Cuchillas.	52

Anexo 8 Soldadura De La Widia En Las Cuchillas.	52
Anexo 9 Ensamblaje del tamiz en la estructura inferior.....	53
Anexo 10 Soldadura De La Carcasa Superior E Inferior	54
Anexo 11 Acoplamiento del eje con las chumaceras y las cuchillas.....	54
Anexo 12 Colocación De La Polea Y El Volante De Inercia.....	55
Anexo 13 Ensamble Total De La Pieza Granuladora De Caucho.....	56
Anexo 14 Ensamble estructura y sus componentes.....	56
Anexo 15 Doblada Y Soldadura De La Tolva.....	57
Anexo 16 Automatización Del Tablero De Control De La Máquina.....	57
Anexo 17. Masa para la realización de las pruebas	58
Anexo 18 Resultado de la prueba de granulación con la máquina prototipo.	58
Anexo 19 Finalización De La Máquina Prototipo Y Sus Componentes.	59

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO GRANULADORA DE CAUCHO DE NEUMATICOS FUERA DE USO”

Fecha de inicio: septiembre 2019

Fecha de finalización: marzo 2020

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Unidad Académica que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas - CIYA

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: Planta de reciclado de llantas usadas

Equipo de Trabajo:

Tutor del Proyecto: Ing. M.Sc. Rodolfo Najarro Quintero

Postulantes: Sr. García Ayala Stalin Roberto,

Sr. Silva Ruiz Marlon Stalin

Área de Conocimiento: Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

2. INTRODUCCION

La elaboración del presente proyecto tiene como propósito construir una máquina prototipo para granular neumáticos fuera de uso (NFU) utilizando una metodología de investigación bibliográfica, para conocer los diferentes procesos de trituración de los neumáticos y utilizando material reciclado para la construcción de la maquina prototipo, los procesos de trituración permiten alcanzar la granulación del caucho hasta medidas más pequeñas para darles distintas aplicaciones. Considerándose un elemento importante para fomentar la economía del país mediante el reciclado de las llantas usadas, contribuyendo además a mitigar el impacto ambiental negativo la contaminación del agua, aire y suelo ya que los NFU son desechados en quebradas y basureros; además son participes de la proliferación de mosquitos portadores de múltiples enfermedades al ser humano, perjudicando la calidad de vida de la ciudadanía.

3. RESUMEN DEL PROYECTO

Cada día se desechan millones de neumáticos siendo un gran problema de contaminación ambiental que produce daños a la salud humana a nivel mundial; Ya que tienen como destino calles, ríos y botaderos, etc. Actualmente existen industrias que se dedican al proceso de trituración de neumáticos para obtener polvo de caucho el cual es utilizado en varias actividades como la construcción de bloques, tejas, baldosas de caucho, asimismo son utilizadas para la construcción de carreteras y el césped sintético. Se recurre a la investigación bibliográfica con el fin de recopilar información teórica de diversas fuentes como libros, revistas, tesis y páginas webs que proveen información sobre los procesos de trituración de NFU, enfocándonos en el proceso de granulación lo cual permite a los investigadores tener una visión clara sobre el tema, donde se citan varios métodos de granulación donde se asumen las cuchillas acopladas a un eje con carcasa el cual funciona mediante la fricción entre ellos. El objetivo principal de este proyecto es construir una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso (NFU) usando materiales reciclados para minimizar los costos y contribuir con el medio ambiente. Se realiza el modelo del prototipo aplicando el software autodesk inventor en el cual se diseña y simula su funcionamiento, este proyecto genera un alto impacto social ya que es una alternativa de generación de empleo creando una cultura social de rehúso de los neumáticos y productos fuera de uso dándoles una segunda vida

útil. El material reciclable se puede comercializar, con esto las empresas obtienen materia prima de excelente calidad, a menor costo y además de un alto ahorro de energía, también se contribuye con el medio ambiente disminuyendo de una forma considerable la contaminación que los NFU generan.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Existen métodos para una adecuada disposición de estos neumáticos fuera de uso, pero por la falta de políticas que fortalezcan económicamente la recolección e implementación de industrias, con tecnología apropiada para reciclar estos desechos y convertirlos nuevamente en materia prima útil (césped sintético, alfombras, bloques de caucho para parques infantiles, textiles y asfalto, etc.) (Peláez Arroyave, Velásquez Restrepo, y Giraldo Vásquez, 2017).

En Ecuador también se buscan nuevas opciones para el reciclaje del caucho. Cada año en el país se desechan más de dos millones de neumáticos, que tardan 500 años en degradarse y contaminan el medio ambiente (Angel y Aristizabal, 2017).

Es por esta razón que se pretende construir una máquina mediante la cual se obtendrá una granulometría de caucho con dimensiones de entre (0,5 mm - 2,5 mm) para sus posibles aplicaciones en materiales de construcción, césped sintético, baldosas para parques infantiles, entre otras. Dicha máquina funciona con 10 cuchillas las cuales son las encargadas de reducir el tamaño de los trozos de neumáticos triturados en pedazos más pequeños, además estas cuchillas cuentan con tratamiento térmico para mejorar su resistencia al desgaste, esta máquina es de gran utilidad en el proceso de reutilización de los neumáticos fuera de uso (NFU).

5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

5.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto serán los estudiantes de la Carrera Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, los cuales son un total de 298 estudiantes 286 hombres y 12 mujeres, que pueden utilizar el prototipo y

demostrar los conocimientos adquiridos durante su formación académica aplicando métodos de diseño y construcción.

Tabla 1: Beneficiarios directos de la institución

Hombres	Mujeres	Total de habitantes
286	12	298

Fuente: UTC (2020)

Elaborado por: Autores

5.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son los pobladores del Cantón La Maná, el total de los habitantes 42.216 contamos con 21.420 hombres y 20.796 mujeres, ya que el acoplamiento total del proceso mecánico de recuperación de NFU puede generar empleo y un emprendimiento que se dedique a la trituración de neumáticos fuera de uso (NFU) dándoles una segunda vida útil.

Tabla 2: Beneficiarios indirectos del Cantón La Maná

Hombres	Mujeres	Total de habitantes
21,420	20,796	42,216

Fuente: Tomado de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2020), por autores del proyecto (2020)

6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del problema

En la actualidad en el entorno social los neumáticos fuera de uso representan un gran problema ambiental ya que una vez terminada su vida útil en los vehículos pasan a formar parte de los vertederos controlados e incontrolados, pues los neumáticos tienen un impacto ambiental negativo, la manufacturación constante de neumáticos y la dificultad para desecharlos después de ser usados, teniendo una inadecuada disposición de desechos sólidos.

Convirtiéndose en un reservorio potencial para la reproducción de los mosquitos transmisores de enfermedades como la encefalitis, el dengue y la fiebre amarilla.

La quema directa estimula la emisión de gases y partículas nocivas a la atmósfera, el transporte de neumáticos no es una prioridad para los vehículos recolectores de basura del GAD Municipal del cantón La Maná; y ante la ausencia de un proceso de reciclado de neumático, planificado, los neumáticos que se recolectan son tirados a la intemperie en las vías y terrenos baldíos. Razón por la cual, como estudiantes de Ingeniería Electromecánica se ha construido una máquina que permita triturar caucho de neumáticos fuera de uso para producir un tipo de materia prima que luego pueda ser aprovechada para la elaboración de nuevos productos, dándole así una segunda vida útil a los NFU.

6.1 Formulación del problema

¿Cómo construir una máquina prototipo que permita triturar el caucho de los neumáticos fuera de uso?

7. OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso, en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

Objetivos Específicos

- Revisar la información bibliográfica mediante revistas científicas y textos relacionados con los métodos de granulación de neumáticos.
- Diseñar el modelo de la máquina prototipo utilizando el software Autodesk Inventor, para obtener un producto granulado.
- Construir el prototipo de la máquina granuladora de neumáticos fuera de uso.
- Realizar pruebas experimentales del prototipo para la formulación operativa de las variables consideradas en el diseño del equipo.

8. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

Objetivos	Actividades	Resultados de las actividades	Descripción (técnicas e instrumentos)
Revisar la información bibliográfica mediante revistas científicas y textos relacionados con los métodos de granulación de neumáticos.	Revisión teórica relacionada a la granulación de neumáticos identificando sus procesos de producción.	Fundamentación científica técnica concluida abarcando los antecedentes previos, fundamentación teórica, marco legal y definición de términos.	Se aplicó un modelo de metodología documental bibliográfica.
Diseñar el modelo de la máquina prototipo utilizando el software Autodesk Inventor.	Diseño del modelo del prototipo utilizando un software de elementos finitos.	Modelado del diseño del prototipo terminado. Modelo del prototipo terminado.	Se aplicó un modelo de metodología descriptiva dejando a flote la creatividad del estudiante.
Construir el prototipo de la máquina granuladora de neumáticos fuera de uso.	Construcción del prototipo.	Adquisición de los materiales para la construcción del prototipo. Cotización de proformas para materiales no reciclados.	Se aplicó una metodología investigativa para buscar los precios de los materiales para la construcción del prototipo.
Realizar pruebas experimentales del prototipo para la formulación operativa de las variables consideradas en el diseño del equipo.	Comprobación del funcionamiento del prototipo (máquina granuladora de caucho).	Funcionamiento esperado del prototipo.	Se aplicó una metodología experimental para comprobar el

			funciona miento.
--	--	--	---------------------

Tabla 3. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados
Fuente: Autores del proyecto (2020)

9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

La problemática que día a día se está dando en la actualidad sobre las llantas fuera de uso, se ha transformado en un grave problema ambiental, En Ecuador se desechan cada año millones de neumáticos, un pequeño porcentaje de ellos son reutilizados para el reencauchado, pero el resto es incinerada o acumulada en basureros al aire libre.

En la actualidad alrededor del mundo diversos países como es el caso de México existe una planta recicladora de neumáticos usados, en inicios existe unas etapas de Trituración que es la reducción volumétrica de la llanta entera a trozos más pequeños (Olivares, 2016).

En el caso de Colombia se encuentra en viabilidad una empresa para el aprovechamiento industrial de llantas usadas en donde el material termina con un proceso de pulverizado del caucho para el aprovechamiento de esta materia prima en el asfalto modificado, esto en el municipio de Sogamoso (Lopez, 2014)

En Ecuador en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, realizaron un estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de neumáticos desechados para la producción de caucho modificador de asfalto por parte de una estudiante de la Universidad de Guayaquil (V. Castro, 2015).

9.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Caucho.

Según Castro, (2008) el “Caucho es el látex producido por varias moráceas y euforbiáceas intertropicales, entre las que se destaca la Hevea Brasiliensis”, su origen viene en forma líquida lechosa, conocida como látex, que es extraída desde la corteza de diferentes especies de árboles como: Hevea Brasiliensis, de la familia de las Euforbiáceas, originario del Amazonas, se denomina como una sustancia natural o sintética que tiene varias propiedades tales como: elasticidad, impermeabilidad, y resistencia eléctrica. Un corte reciente de caucho crudo, o sea

sin vulcanizar, se puede volver a unir soldándose entre sí con solo presionar uno contra otro (G. Castro, 2008). Una vez vulcanizado pierde esta propiedad, pero adquiere una mayor elasticidad, pudiendo alargarse hasta seis veces su longitud primitiva.

Neumático.

El neumático o llanta están formado de numerosos compuestos de caucho y tienen varios tipos de tela y alambres de acero, es una pieza toroidal compuesta principalmente por caucho. Su principal función es la fricción en el suelo con la fuerza necesaria para que este pueda moverse y parar. Las propiedades de los neumáticos van mejorando con cada avance científico para cumplir de mejor manera estas funciones y aumentar su tiempo de vida útil. Es importante mencionar la diferencia entre un neumático, una llanta y una rueda:

Neumático.- Es una cubierta elástica, su función es el control del coche mediante el contacto con el pavimento por fricción y adherencia

Llantas.- Son las piezas metálicas o soportes de forma circular en las que se sostiene un neumático.

Rueda.- Es una pieza circular que gira alrededor de un eje

Por lo antes mencionado es importante referirse a los distintos tipos de neumáticos, entre los que se distinguen por su construcción, dependerá del tipo de función que estos deben cumplir y del proceso que cada industria decide aplicar, así como de la calidad y precio, entre otros factores. Los neumáticos se clasifican en diagonales, radiales y auto portantes.

Neumáticos diagonales

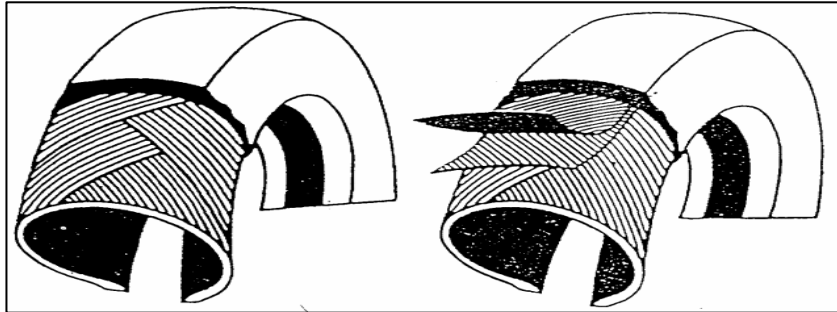
Los neumáticos diagonales son aquellos en los cuales sus componentes internos se colocan en forma diagonal lo que provoca un entrelazamiento de los mismos incrementando la rigidez.

Neumáticos radiales

Los radiales son aquellos en los que sus componentes internos se colocan en línea recta, sin inclinación lo que les da mayor estabilidad y resistencia en la cubierta mientras que en auto

portante los componentes se colocan en línea recta incluidos los flancos; según como se muestra en la figura 1 (Espinosa y Tatamues, 2016).

Figura 1. Neumáticos diagonales y radiales



Fuente: Tomado de Espinosa y Tatamues, (2016) por autores del proyecto (2020)

Figura 2. Neumáticos auto portantes.



Fuente: Tomado de Espinosa, 2016) por autores del proyecto (2020)

Tabla 4. Composición típica de un neumático

Material	Composición (%)		Función
	Automóvil	Camiones y Microbuses	
Caucho natural	14	27	Estructural - deformación
Caucho sintético	27	14	Estructural - deformación
Negro de humo	28	28	Maneja oxidación
Acero	14	15	Esqueleto - Estructural
Fibra textil, suavizante, oxido, antioxido, etc	17	16	Esqueleto - Estructural

Fuente: Tomado de Materiales y compuestos para la industria del neumático (2008) por autores del proyecto (2020).

Componentes de un Neumático

1. **Banda de rodadura:** fabricada con caucho sintético y natural se compone de tres secciones la "cima", responsable de proporcionar agarre a la carretera, estabilidad direccional y

resistencia al desgaste, la "base" que reduce la resistencia a la rodadura y los daños a la carcasa y el "hombro" que sirve de unión entre la banda de rodadura y el flanco.

2. **Lonas de cima sin fin:** situadas justo debajo de la capa exterior del neumático, este cable de nylon, recubierto de caucho, mejora la capacidad de rodaje a altas velocidades.

3. **Cable de acero para lonas del cinturón:** son cables de acero de alta resistencia que mejoran el mantenimiento de la forma y la estabilidad direccional. Además de reducir la resistencia a la rodadura, ayudan a aumentar el rendimiento kilométrico del neumático.

4. **Lona de cables textiles:** son de rayón o poliéster cubierto de caucho soporta la presión interior y mantiene la forma del neumático.

5. **El calandraje interior,** fabricado con caucho butílico, sella la cámara interior llena de aire y reemplaza la cámara de los neumáticos sin cámara.

6. **El flanco,** protege la carcasa de daños externos y de las condiciones atmosféricas en el flanco se encuentra la información sobre el neumático.

7. **El refuerzo del talón,** compuesto de nylon y fibras de aramida, mejora la estabilidad direccional y garantiza la precisión direccional.

8. **Punta de talón,** este material de caucho sintético también mejora la estabilidad direccional y la precisión direccional al mismo tiempo que aumenta el confort.

9. **Núcleo del talón,** es alambre de acero, embutido en caucho, que garantiza el ajuste perfecto del neumático sobre la llanta.

10. **Relleno Reforzante,** son materiales que mejoran las propiedades mecánicas, ejemplo, negro de humo, formado por partículas muy pequeñas de carbono, aumenta la tenacidad y la resistencia a la tracción, a la torsión y al desgaste.

11. **Agentes Vulcanizantes:** se usan para entrecruzarlas cadenas de polímero en el caucho, ej, el azufre.

12. **Acelerantes:** sirven para disminuir el tiempo de vulcanización, ej compuesto orgánico, sulfurado, benzotiazol y derivados, óxido de zinc y ácido esteárico.

13. **Caucho,** es caucho natural y caucho sintético

Reciclaje de neumáticos

El reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) es una alternativa estudiada globalmente y que ha llevado a encontrar tecnologías a nivel mundial, ya que están compuestas principalmente de caucho que contiene aire para soportar al vehículo y su carga (Campaña, Galeas, y Guerrero, 2015).

Los neumáticos usados tienen como destino final potreros, cañadas, parques y calles, de forma inadecuada, que contaminan visualmente el paisaje, amenazan el medio ambiente y la salud de todos los habitantes. Se utilizan ruralmente como maceteros, en artesanías como suelas o adornos, barreras de contención, muelles, hornos industriales, cementeros y hasta en trapiches.

Por fortuna con los programas de modernizar la infraestructura vial, la creciente cultura y legislación ambiental, la experiencia internacional, la tecnología de reciclaje de neumáticos de caucho sus bondades sociales y ventajas técnicas; se tiene la posibilidad de contribuir en el cuidado del planeta, haciendo uso inteligente de los recursos naturales. Las diferentes tecnologías son mundialmente conocidas y comprobadas y el grano de caucho reusado (GCR), es usado tanto en pavimentación de vías como en pistas atléticas, pisos, paredes y techos e incluso el uso textil para fabricar suelas de zapatos, guantes (Campaña et al., 2015).

El Ministerio del Ambiente y Continental Tire Andina presentaron un Plan Integral de Reciclaje de Neumáticos Fuera de Uso, el cual se está aplicando en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, desde mediados de este año, el lanzamiento de este proyecto se enmarca en el cumplimiento del Acuerdo Ministerial 020 del MAE, el cual establece el principio de responsabilidad extendida del productor o importador de neumáticos en todo el ciclo de vida del producto, incluso cuando se convierten en un residuo; de este modo los importadores y productores deben implementar mecanismos de recuperación de los neumáticos usados y entregarlos a gestores ambientales. “Desde la década de los 90 se cuenta con una política de

reciclaje y cuidado del ambiente. Por eso, Ecuador tiene una normativa legal que regula e incentiva a actividades de reciclaje.

En lo que va de este año existen más de 650 puntos de recuperación de neumáticos usados a nivel nacional, donde la ciudadanía puede entregar sus llantas usadas para que sean recicladas.

Es importante resaltar el esfuerzo de los empresarios para cumplir con la política ambiental y su compromiso por lograr un Ecuador sostenible y que se preocupa por el cuidado ambiental. “Debemos pensar en metas grandes y ambiciosas porque solo así el país seguirá siendo ejemplo para otras naciones que trabajan día a día en dar solución al problema acuciante de la gestión de los residuos sólidos”.

A nivel mundial el caucho reciclado ha sido reconocido para diversos usos en la industria cementera y de la construcción. Es por eso que, en Ecuador, desde el MAE se coordina con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para aplicación de polvo de caucho en industria vial (mezclas asfalto-caucho) y se realizan mesas de trabajo con cementeras para impulsar el coprocesamiento de neumáticos fuera de uso como combustible alternativo, esperando ser ejecutado a partir del 2017. Todo esto en el marco del cambio de la matriz productiva que lleva adelante el país (Olivares, 2016).

Riesgos a la salud publica

Los neumáticos son un potencial criadero de roedores los cuales anidan dentro de los neumáticos viejos, la leptospirosis, salmonelosis y fiebre por mordedura de roedores entre otras son enfermedades transmisibles, además dentro de los neumáticos producto de lluvias se forman pozas artificiales en su interior, lugar ideal para la proliferación del mosquito (*Aedes aegypti*) que es el principal agente transmisor del dengue, la fiebre amarilla, el virus zika y el virus del Nilo Occidental, entre otras enfermedades. Ambas plagas pueden aumentar la propagación de la enfermedad en una comunidad (Botasso, Rebollo, Cuattrocchio, y Soengas, 2008).

Riesgos ambientales

En términos generales sobre los posibles riesgos ambientales relacionados con los neumáticos se trata la ecotoxicidad, la lixiviación, las emisiones incontroladas y los incendios accidentales (Proaño Jiménez y Stacey Albán, 2011).

Según un estudio de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), publicado en febrero pasado, las micropartículas de plástico que se desprenden de productos industriales como ropa sintética y neumáticos representan hasta el 30% de la basura que contaminan los océanos.

Alternativas de tratamiento actuales

En la actualidad existen varios métodos o alternativas para el tratamiento de los neumáticos fuera de uso (NFU), los cuales son:

- Reutilización – Recauchutado
- Aprovechamiento energético por gasificación
- Termólisis
- Pirólisis
- Incineración
- Trituración Criogénica
- Trituración o molienda mecánica

Siendo estos los métodos utilizados para el reciclaje de los neumáticos, pero en este estudio el interés se centra en el método de la trituración o molienda mecánica. A continuación, se describe de qué se trata este método:

Trituración o molienda mecánica

Según G. Castro, (2008) La trituración convierte los residuos de llantas en un material molido o en partículas, lo más homogéneo posible. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos. Este concepto incluye la fragmentación del neumático en gránulos GCR y separación de componentes (acero y fibras) y desvulcanización o no.

Las partículas de acero son retiradas por medio de un separador magnético los componentes de fibra o textil son separados por clasificadores neumáticos u otro equipo de separación; estos sistemas tienen un alto desempeño y pueden producir caucho de costo relativamente bajo; este sistema es fácil de mantenerlo y exige poca mano de obra para operar y reparar el sistema. En el caso de las partes del equipo, son generalmente fáciles de obtener e instalar a su vez se las podría fabricar (Bautista, 2011).

Pueden ser usadas como: materiales de relleno en productos de caucho, modificadores de asfalto, superficies de atletismo y deportes, y productos moldeados y calandrados. Lo que se pretende es incrementar la calidad y consistencia del GCR, y ello conducirá a un reciclado del material mucho más extenso (G. Castro, 2008).

El parque automotor

De acuerdo a la última base de datos actualizada en el 2016 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el total de vehículos matriculados de diferente clase en el país es de 2,056.123 vehículos; solamente en automóviles existen 636.296 vehículos matriculados en el 2016, en el 2014 de acuerdo a la INEC se matricularon 529.521 automóviles; se espera que en este 2018 existan un aproximado de 743.071 automóviles matriculados.

Se estima que la duración media de un neumático para autos está en los 40.000 kilómetros, y se supone que los autos recorren esa cantidad de kilometraje en un año obteniendo 2972.284 neumáticos fuera de uso a nivel nacional, cantidad suficiente como para empezar el proyecto.

Tabla 5. Número de vehículos matriculados según la clase.

Clase	Total
Automóvil	636.296
Autobús	23.436
Camión	98.906
Camioneta	403.540
Furgoneta C	41.268
Furgoneta P	24.041
Jeep	322.998
Motocicleta	477.918
Tanquero	2.228
Tráiler	9.749
Volqueta	11.720
Otra Clase	4.113
Total	2.056.213

Fuente: Tomado de INEC, Anuario de transportes tabulados, (2016) por autores del proyecto (2020)

Métodos de granulación de caucho

Existen algunos métodos para la molienda de los neumáticos fuera de uso, que conlleva a una selección de la molienda como materia prima para nuevos procesos en la industria, este método es conocido como la tecnología de reducción de tamaño. Los métodos más empleados para producir granulado de caucho son la molienda mecánica a temperatura ambiente, la molienda criogénica y la húmeda.

En la mayoría de los países, incluso en Argentina, se emplea la molienda a temperatura ambiente que generalmente empieza por la separación del metal, separación de la fibra, luego empieza con la reducción a granos gruesos, después con la reducción a granos más finos, y por último el empaquetado y pesado, luego del apartamiento del metal y la fibra, la molienda se suele producir en un molino de dos rollos que contienen ranuras con bordes afilados que rompen el caucho. Son molinos clásicos constituidos por un rotor y el estator que lo rodea (Angel y Aristizabal, 2017).

Tipos de máquinas granuladora de caucho

Molino de bola

Este tipo de máquina permite principalmente la trituración y pulverización del caucho del neumático, estos molinos trabajan haciendo girar un cilindro con bolas de acero de tal manera que mediante fricción se va logrando el producto requerido son diseñados para una producción estándar de los productos finales entre 0,2 mm y 0,5 mm de diámetro, y trabajan a revoluciones muy lentas entre 4 – 20 rpm.

Figura 3. Molino de Bola

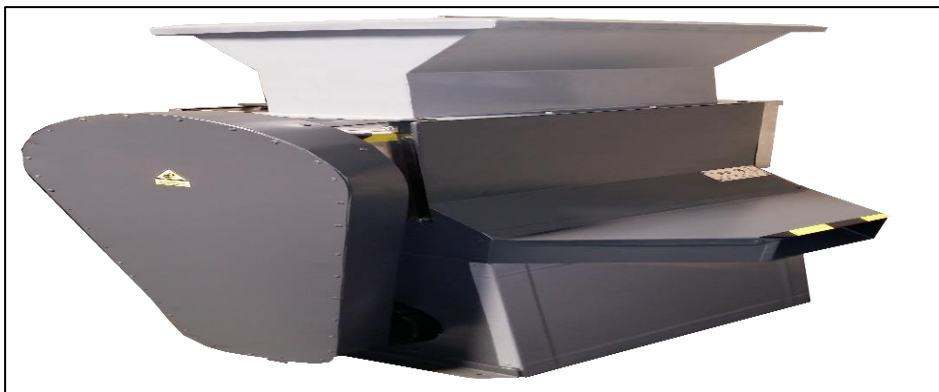


Fuente: Tomado de Road, (2017) por autores del proyecto (2020)

Molino de rodillo

Esta máquina su principal funcionamiento es moler el caucho triturado mediante dos rodillos horizontales, situado uno al lado del otro, que actúan triturando por compresión, ambos rodillos giran en el mismo sentido, pero cada uno con diferentes velocidades, el tamaño de salida de la partícula que produce este tipo de maquina son gránulos o incluso polvo.

Figura 4. Molino de Rodillo

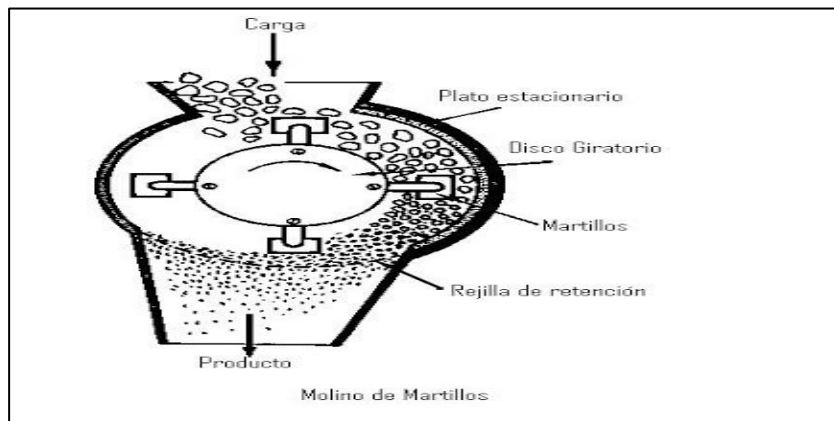


Fuente: Tomado de Industriales, (2017) por autores del proyecto (2020)

Trituración-molinos de martillo

Este tipo de trituradora, posee unos martillos que son acoplados a un eje giratorio (ver Figura 5), golpean el residuo sólido al momento que va ingresando, y posteriormente fuerzan el material triturado a través de la salida del equipo, que puede o no tener equipada parrillas de fondo de diferentes tamaños. Generalmente usados para tipo de materiales duros y frágiles, como el carbón, cemento, yeso, alumbre, ladrillos, baldosas y piedras caliza.

Figura 5. Diagrama esquemático de la trituradora de molino de martillos

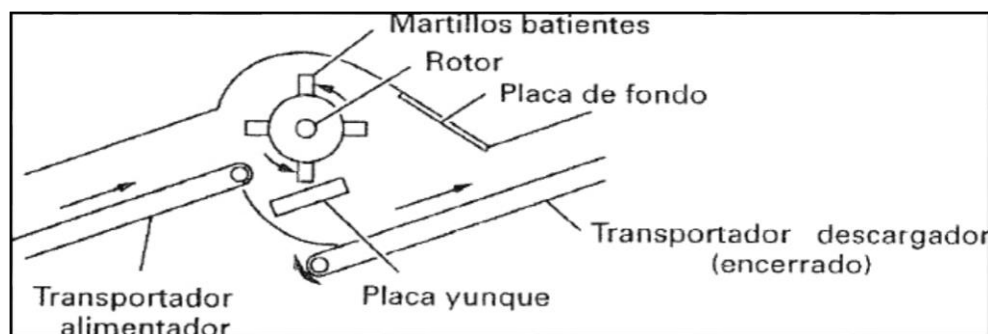


Fuente: Tomada de Alnicolsa (2006) por autores del proyecto (2020).

Trituración-molinos batiente

Es una máquina trituradora que proporciona trituración de mayor espesor, porque los martillos se encuentran con mayor separación (ver Figura 6). Operacionalmente este tipo de triturador son de un solo paso, mientras tanto que en un molino de martillos el material permanece hasta que pasa a través de las aperturas en la parrilla del fondo. Usualmente estos molinos de batiente se utilizan preferiblemente para romper bolsas, es decir, materiales de una gran dimensión, como rocas.

Figura 6. Diagrama esquemático de la trituradora de molino batiente



Fuente: Tomada de Alnicolsa (2006) por autores del proyecto (2020).

Trituradora cortante

Está conformada por uno, dos o hasta cuatro ejes, están en paralelo. Cuando tienen dos ejes giran cada uno a lo contrario, con una serie de discos montados perpendicularmente a lo largo de toda la longitud de ambos ejes que sirven como cortadores en la trituración primaria. El

material a triturar se dirige al centro de los ejes, para su reducción de tamaño mediante la acción cortante de los discos.

Figura 7. Diagrama esquemático de la trituradora cortante de dos ejes

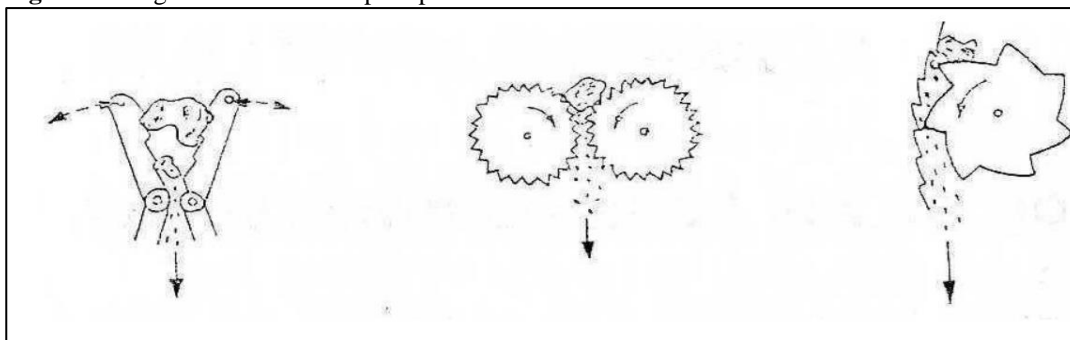


Fuente: Tomada de interempresas.net (2016) por autores del proyecto (2020).

Molienda por aplastamiento

Este proceso de trituración se realiza mediante el aplastamiento del caucho entre dos superficies, estas pueden ser una superficie fija y una móvil, y/o las dos pueden estar móviles en direcciones contrarias.

Figura 8. Diagrama de molienda por aplastamiento

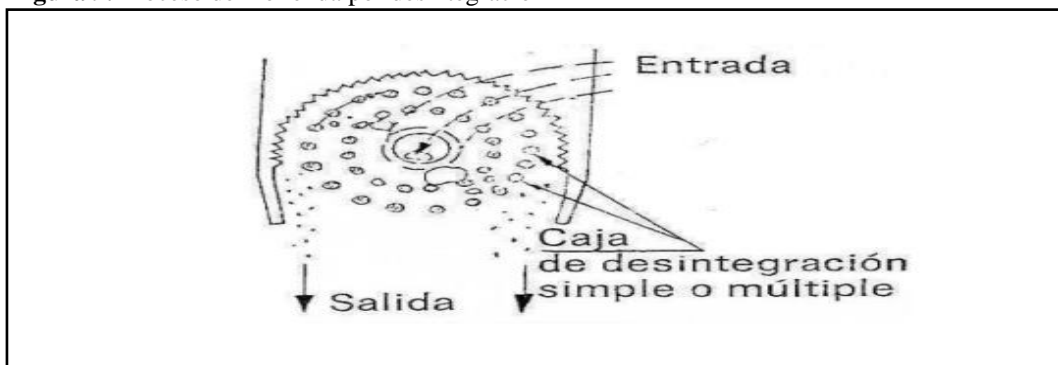


Fuente: Tomado de Méndez & Solano, (2010) por autores del proyecto (2020).

Molienda por desintegración

Este proceso de desintegración del caucho se realiza adaptando un disco con agujeros de forma diagonal en toda la superficie y que gira a altas revoluciones, en este caso se debe tener el material presionado a una superficie fija.

Figura 9. Proceso de molienda por desintegración

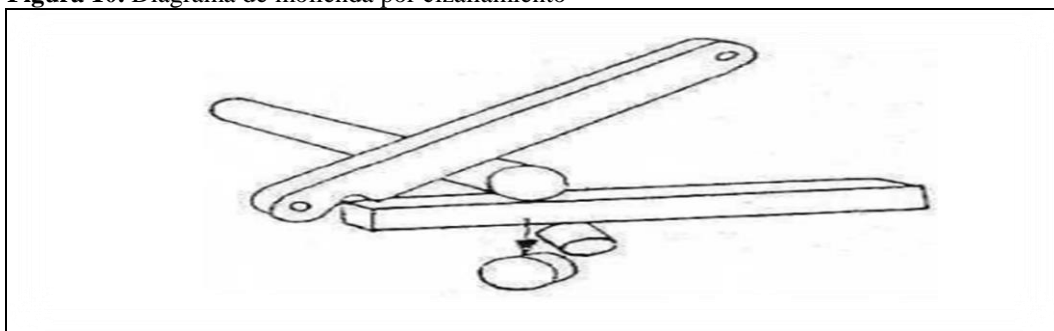


Fuente: Tomado de Méndez & Solano, (2010) por autores del proyecto (2020).

Molienda por cizallamiento

Este método está basado en el cizallamiento o corte en trozos del caucho entre dos cuchillas una fija y una móvil, pero, este proceso es más utilizado para materiales como la madera y algunos metales dúctiles.

Figura 10. Diagrama de molienda por cizallamiento

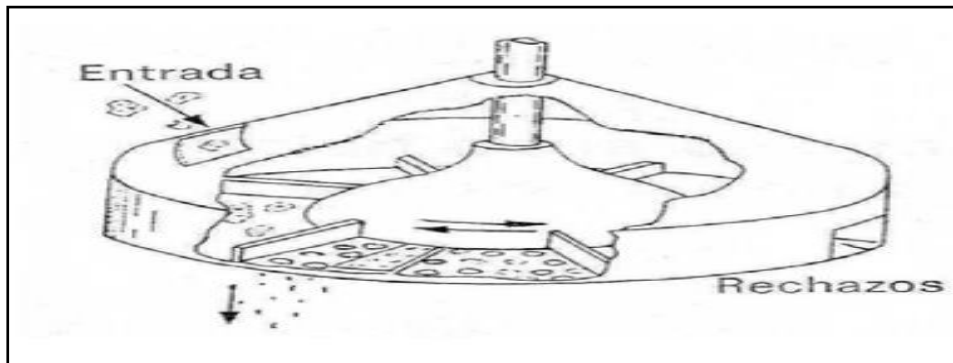


Fuente: Tomado de Méndez & Solano, (2010) por autores del proyecto (2020).

Molienda por rodaje

Este proceso de trituración está basado por tener un eje vertical y el cual gira a revoluciones bajas (5 o 6 vuelta por minuto), y, el cual presiona el material hacia la parte inferior de la máquina, la cual consta de un disco perforado con orificios de entre 4 a 5 cm.

Figura 11. Diagrama de molienda por rodaje.

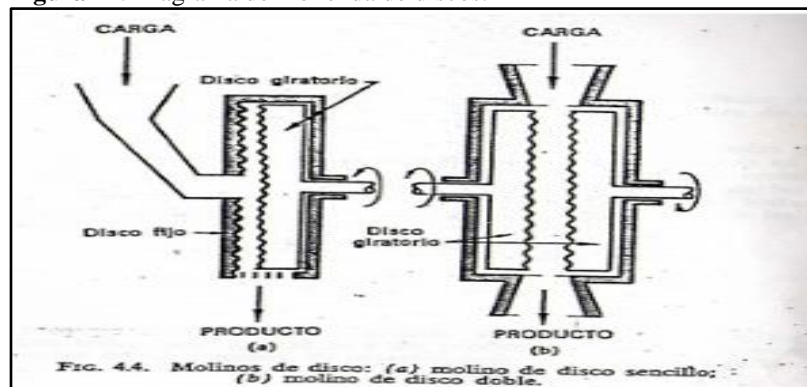


Fuente: Tomado de Méndez & Solano, (2010) por autores del proyecto (2020)

Molienda por discos

Este método consta de dos discos en los que se aplasta el material y los cuales giran a altas revoluciones, produciéndose de esta manera la trituración muy fina del material; cabe resaltar que en este proceso no se admite que el material supere los 100mm de diámetro y disponer de una buena potencia del motor.

Figura 12. Diagrama de molienda de discos.



Fuente: Tomado de Alicolsa(2006) por autores del proyecto (2020).

Fundamentación legal

El Real decreto 1619/2005, del 30 de diciembre, que trata sobre la gestión de neumáticos fuera de uso. Mencionando en el Art. 1.- Este real decreto tiene por objeto prevenir la generación de neumáticos fuera de uso, establecer el régimen jurídico de su producción, gestión y fomentar, por este orden su reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el medio ambiente. Art. 2.a) Neumáticos fuera de uso: Los neumáticos que se han convertido en residuo de acuerdo con lo establecido en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril. Art. 4.1. El productor de neumáticos está obligado individualmente a recibir los neumáticos fuera de uso, hasta la cantidad

puesta por él en el mercado nacional de reposición. Art. 5.2. Los generadores y poseedores de neumáticos fuera de uso están obligados a entregarlos al productor de neumáticos o a un centro autorizado o gestor. Art. 8.1. Los sistemas integrados de gestión garantizarán la recolección de los neumáticos fuera de uso y su correcta gestión. (Chimborazo Azogue , Caisa Yucailla, & Miranda López, 2017)

Para fundamentar la siguiente investigación tomamos como referencia legal algunos artículos establecidos en la constitución del Ecuador del 2008 que se encuentra vigente entre los cuales vamos a citar los siguientes:

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca (Proaño Jiménez y Stacey Albán, 2011).

De igual forma tomamos en cuenta como sustento legal la ley de gestión ambiental del Ecuador de 2004 que se encuentra vigente citando los siguientes artículos que hacen referencia a nuestra investigación.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ambiente (Ministerio del Ambiente, 2004).

Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados Acuerdo No. 098

Objetivo y Ámbito

Art. 1.- Objeto.- El presente instructivo tiene por objeto establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Plan de Gestión Integral de los Neumáticos Usados, a fin de fomentar la reducción, reutilización, reciclaje y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el ambiente.

Art. 2.- Ámbito de aplicación.- Se hallan sujetos al cumplimiento y aplicación de las disposiciones de este instructivo toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que dentro del territorio nacional participen en la fabricación/importación de neumáticos, siendo la comercialización, distribución y uso final corresponsables de la implementación y ejecución de los Planes de Gestión Integral Neumáticos Usados.

Art. 3.- Los neumáticos usados son considerados desechos especiales según el Acuerdo Ministerial No. 142 de 11 de octubre del 2012, publicado en el Registro Oficial No. 856 de 21 de diciembre de 2012. Para efectos de cumplimiento de este instructivo se considerará lo descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN No. 2096 Neumáticos. Definición y

Clasificación.

Del programa de gestión integral

Art. 6.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que fabrique y/o importe neumático debe presentar un Plan de Gestión Integral de Neumáticos Usados, bajo los lineamientos establecidos en el presente instructivo. Para la aprobación del mencionado plan, el importador/fabricante deberá contar con el Registro de Generador de Desechos Especiales, según con lo descrito en la Legislación Ambiental aplicable. Tanto el registro de generador otorgado al importador/fabricante como el plan serán aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 7.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá asegurar que la gestión de los neumáticos usados se realice de forma técnica, con el menor riesgo posible; procurando la mayor efectividad económica, social y ambiental, en el marco de la política y las regulaciones sobre el tema.

Art. 8.- Los distribuidores, comercializadores y los usuarios finales, serán corresponsables de la implementación y ejecución de los Programas de Gestión Integral de Neumáticos Usados en el ámbito de sus obligaciones de acuerdo a sus actividades.

Art. 9.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá contener los procedimientos, actividades y acciones necesarias de carácter técnico, administrativo y económico. En el Programa se debe describir la cadena de comercialización, los mecanismos de comunicación, recolección, devolución, acopio, transporte, tratamiento, disposición final y la exportación en los casos que aplique, para garantizar un manejo ambientalmente seguro de los desechos.

Art. 10.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados definirá las estrategias de incentivos para lograr la mayor devolución por parte del usuario final y cumplir con las metas de recolección fijadas en la primera disposición transitoria del presente Acuerdo.

Art. 11.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá describir y presentar los mecanismos que permitan realizar el control y seguimiento del desempeño ambiental que el fabricante o importador ha previsto para evaluar su plan en las diferentes etapas.

Art. 12.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados contendrá un programa de capacitación y prevención de riesgos con su respectivo manejo de contingencias conforme las diferentes fases o actividades del plan.

Art. 13.- El Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, podrá ser ejecutado mediante acuerdos voluntarios o mediante convenios de colaboración suscritos entre los diferentes participantes del plan de gestión, gremios y gobiernos autónomos descentralizados, entre otros.

Art. 17.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que maneje neumáticos usados debe cumplir lo que establece la Normativa Técnica INEN y Normativa Ambiental aplicable (Ministerio del Ambiente, 2004).

CAPITULO III

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Localización

La Maná, es uno de los siete cantones de la Provincia de Cotopaxi. Tiene una superficie total de 66.258 hectáreas. Es el sexto cantón de la provincia de Cotopaxi. La Maná era un recinto que perteneció a la parroquia El Tingo del cantón Pujilí por varios años. El cantón La Maná está localizado en las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes, en la provincia de Cotopaxi. Morfológicamente se ubica sobre una llanura de pie de cordillera formada por depósitos aluviales cubiertas de cenizas y arenas volcánicas de origen desconocido. La cabecera cantonal se asienta sobre una terraza aluvial antigua del río San Pablo (Ubicación geográfica WGS 84: Latitud S0° 56' 27" Longitud W 79° 13' 25", altitud 220 msnm). Tiene varios pisos climáticos que varían de subtropical a tropical (altura variable de 200 y 1150 msnm). Está situada a unos 150 km de Latacunga, capital de la provincia.

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación exploratoria

Este tipo de investigación se lo realiza con el único propósito de destacar los aspectos fundamentales del tema de investigación, de esta manera nos permite analizar los diferentes métodos adoptados para la implementación de la máquina.

Investigación Formativa

La presente investigación tuvo carácter formativo en vista que a través de la ejecución del mismo se fomentó el espíritu investigador en el ámbito medioambiental del cantón La Maná fortaleciendo el proceso de aprendizaje a través de una propuesta que permitió generar una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso, la cual será de gran ayuda para la implementación de una futura planta trituradora de neumáticos en el cantón La Maná.

Investigación Bibliográfica

Se empleó la investigación bibliográfica para recopilar información teórica de la investigación para esto se recurrió a diversas fuentes como libros, revistas y páginas webs para recabar información suficiente sobre la granulación de NFU y permitió a los investigadores tener una visión más clara sobre el tema investigado.

Investigación Descriptiva

Se empleó este tipo de investigación para describir los resultados obtenidos en las distintas etapas que componen el presente proyecto, su uso se evidenció durante la construcción del prototipo siendo desde del diseño de su modelo, identificación de materiales para su posterior ejecución y corroboración de resultados.

Cálculo para la selección del motor

Para llevar a cabo la realización del cálculo de selección del motor se tomaron en cuenta diferentes datos a considerar como son:

Donde.

$m = \text{masa } 0.414 \text{ kg}$

La Maná - Ecuador

$g = \text{gravedad } 9,8 \frac{m}{s^2}$

$d = \text{distancia desde el centro del eje al pico de la cuchilla } 6.5 \text{ cm a metros} = 0.065 \text{ m}$

$t = \text{tiempo } 1 \text{ h}$

$\mathcal{P} = \text{peso}$

Primero calculamos el peso con el que va a trabajar la maquina en relación a la masa durante una hora y tenemos.

$$\mathcal{P} = m * g \quad \text{Ec. 1}$$

$$\mathcal{P} = 0.414 \text{ kg} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$\mathcal{P} = 4.06 \text{ N}$$

Con el dato del peso obtenido en el cálculo anterior realizamos el cálculo para determinar el trabajo (w) de la maquina:

$$w = \mathcal{P} * d \quad \text{Ec. 2}$$

$$w = 4.06 \text{ N} * 0.065 \text{ m}$$

$$w = 0.264 \text{ J}$$

Posteriormente se realiza el cálculo para determinar la potencia eléctrica (\mathcal{P}), que viene dada en watts del motor en relación al trabajo que va a realizar entre el tiempo y tenemos:

$$\mathcal{P} = \frac{W}{t} \quad \text{Ec. 3}$$

$$\mathcal{P} = \frac{0,264 \text{ J}}{1 \text{ h}}$$

$$\mathcal{P} = 0,264 \text{ Watts}$$

Con la obtención de estos datos realizamos el cálculo para determinar la fuerza con la que se va a cortar el caucho que va a ingresar a la maquina prototipo.

Donde:

$$T = F * r \quad \text{Ec. 4}$$

T = torque

$$F = \frac{T}{r}$$

F = fuerza

Ec. 5

r = radio

$$F = \frac{0.264 \text{ Nm}}{0.065 \text{ m}}$$

$$F = 4.062 \text{ N}$$

Cálculo de material a triturar por hora

Para la realización de este cálculo de la masa que se va a triturar por hora de trabajo de la maquina se llevó a cabo con la ecuación partiendo desde la potencia del motor con el que se va a trabajar en la maquina prototipo, siendo estos los siguientes datos:

Donde:

D = diámetro del eje= 19.05 mm

P = potencia 1 hp a watts = 745,7

Rpm = revoluciones por minuto del giro del eje = 1730

f = frecuencia 60 h_z

t = tiempo 1 h a segundos = 3600 s

g = gravedad 9,8 $\frac{m}{s^2}$

d = distancia desde el centro de eje al pico de la cuchilla = 6.5 cm a metros = 0.065 m

Partiendo de la fórmula de potencia despejamos la masa que se va a calcular:

$$\mathcal{P} = \frac{W}{t} \quad \text{Ec. 6}$$

$$\mathcal{P} = \frac{f * d}{t} \quad \text{Ec. 7}$$

$$\mathcal{P} = \frac{m * g * d}{t} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\mathcal{P} * t = m * g * d \quad \text{Ec. 9}$$

$$m = \frac{\mathcal{P} * t}{g * d} \quad \text{Ec. 10}$$

$$m = \frac{745,7 \text{ Kg} \frac{m^2}{s^3} * 3600 \text{ s}}{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,065 \text{ m}}$$

$$m = \frac{745,7 \text{ Kg} \frac{m^2}{s^3} * 3600 \text{ s}}{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,065 \text{ m}}$$

$$m = \frac{2684520 \text{ Kg/s}}{0,637}$$

$$m = 4214317,11 \text{ Kg/h}$$

Esta sería la cantidad de caucho que va a triturar la maquina en una hora.

Velocidad angular del sistema

para esto se realiza la conversión de unidades de rpm a radianes partiendo desde la rpm del motor y en lo cual tenemos:

$$1730 \left(\frac{rev}{min} \right) \times \frac{1}{60} \left(\frac{min}{s} \right) = 28.83 \left(\frac{rev}{s} \right) \quad \text{Ec. 11}$$

$$1 \left(\frac{rev}{s} \right) = 2\pi \left(\frac{rad}{s} \right)$$

$$\frac{1 \left(\frac{rev}{s} \right)}{28.83 \frac{rev}{s}} = \frac{2\pi (rad/s)}{\omega} \quad \text{Ec. 12}$$

$$\omega = \frac{28.83 \left(\frac{rev}{s} \right) \times 2\pi (rad/s)}{1 \left(\frac{rev}{s} \right)}$$

$$\omega = 181.18 \left(\frac{rad}{s} \right)$$

Calculo del esfuerzo cortante permisible

Donde:

τ = esfuerzo cortante

F = fuerza

A = area

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Ec. 13

$$\tau = \frac{2000 N}{101.6 mm^2}$$

$$\tau = \frac{2000 N}{1.016 \times 10^{-4} m}$$

$$\tau = 19685039.37 Pa$$

$$\tau = 19,685 MPa$$

Con este dato del esfuerzo cortante permisible que tienen que realizar las cuchillas sobre el eje para triturar el caucho, vamos a calcular el momento torsor en el eje.

Calculo de torsión

La teoría de Coulomb es aplicable al cálculo de la torsión recta a ejes de transmisión macizos debido a la simetría debido a la simetría circular de la sección. De acuerdo con la teoría de torsión de Coulomb esta genera una tensión cortante el cual se calcula mediante la fórmula:

Dónde:

C: Esfuerzo cortante a la distancia p.

T: Momento torsor total que actúa sobre la sección.

P: Distancia desde el centro geométrico de la sección hasta el punto donde se está calculando la tensión cortante.

J: Módulo de torsión.

$$T = \frac{P * J}{C} \quad \text{Ec. 14}$$

$$T = \frac{19,685 \times 10^6 \frac{N}{m^2} * \left(\frac{\pi}{2} 10^{-2} m\right)^4}{(10^{-2})m}$$

$$T = \frac{19,685 \times 10^6 \frac{N}{m^2} * \left(\frac{\pi}{2} 10^{-2} m\right)^4}{(10^{-2})m}$$

$$T = 19,685 \times 10^6 \frac{N}{m^2} * \frac{\pi}{2} (10^{-2} m)^3$$

$$T = 30,92 \frac{N}{m}$$

DISEÑO DEL EJE

La máquina prototipo cuenta con un eje que está sometido a diferentes cargas de flexión y de torsión por motivo de la transmisión de movimiento del motor al eje, por el peso de las cuchillas que están en el eje, el torque que genera las cuchillas en la trituración y la fuerza de impacto que se genera al triturar los trozos de las llantas. Además, hay que tomar en consideración las cargas que puedan generar los diferentes elementos mecánicos que se



acoplen al eje como rodamientos, polea y volante de inercia. (Ver tabla 6) para especificaciones técnicas.

Características del metal del eje

Tabla: 6 Características técnicas del acero AISI-SAE 1045

1. Descripción: es un acero al carbono de construcción utilizado cuando la dureza y resistencia son necesarios en condición de suministro. Por su dureza y tenacidades adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado.
2. Normas involucradas: ASTM A108
3. Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb), Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI), Esfuerzo máximo: 565 MPa (81900 PSI), Elongación 16 % (en 50mm), Reducción de área (40%), Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI), Maquinabilidad 57% (AISI1212 = 100%)
4. Propiedades físicas: Densidad 7,87 g/cm ³ , (0,284 lb/in ³)
5. Propiedades químicas: 0.43 – 0.50% C, 0.60 - 0.90% Mn, 0.04 % P max, 0.05 % S max.
6. Usos: los principales usos que se le dan a este acero son, piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.
7. Tratamientos térmicos: se da normalizado a 900 °C y recocido a 790 °C

Fuente: Tomado de <https://laboratoriodeaceroalcarbonodeconstruccion.com/> (2016) por autores del proyecto (2020)

Diseño de las cuchillas

Para el diseño de las cuchillas se tomaron en consideración diferentes tipos de materiales para su construcción siendo el acero D2 el recomendado para su fabricación y con su filo de corte maquinado en carburo de tungsteno, puesto que estos materiales son resistentes a distintas cargas para lo cual (ver tabla 7) de las especificaciones técnicas del material de la cuchilla.

Características del metal de las cuchillas

Tabla: 7 Características técnicas del acero D2

1. Características: Acero del alto contenido de carbono. Dimensionalmente estable de excelente rendimiento al corte y resistencia al desgaste apto para el temple al aire y ante prácticas de soldadura, presenta una soldabilidad adecuada.
2. Composición: C (1.5%), Mn (0.35%), Si (0.35%), Cr (11.80%), Mo (0.85%), V (0.85%)
3. Normas: SAE/ AISI (D2), DIN 1.2379, JIS SKD 11
4. Propiedades físicas: Módulo de elasticidad (30psi x 106), Densidad: 7695 Kg/m ³

-
5. Aplicaciones típicas: Estampado y formado, matrices y punzones, troquelado y perforado, rodillos, troquelado fino, herramientas de roscado, trituradoras de llantas, partes de desgaste, dados de laminación, insertos para moldes, cuchillas, cizallas, husillos, puntas para inyección de plástico y cuchillas para molinos de plásticos.
-

Fuente: Tomado de: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20D2.PDF> (2012) por autores del proyecto (2020).

Selección de pernos

Para la selección de los pernos y tuercas se consideró el peso de los elementos del equipo de granulación para lo cual se recurrió a la tabla de especificación CONSUN, la cual permitió la selección adecuada de los pernos y sus respectivas tuercas. (ver anexo 1).

Selección de chavetas y chaveteros

Para la selección de las chavetas y chaveteros se tomó en consideración la especificación técnica estandarizada de chavetas rodavigo, para lo cual se tiene que tomar en cuenta el diámetro del eje, lo cual se puede revisar. (anexo 3).

Selección del rodamiento

Para la selección de los rodamientos se consideraron varios parámetros que influyen antes de seleccionar un rodamiento, por ejemplo, las revoluciones del motor, el tiempo de trabajo que va a realizar la maquina al día y la capacidad de carga, para esto se toma en cuenta las especificaciones técnicas del catálogo SKF para lo cual (ver anexo 4).

Diseños de la tolva

Este elemento no desempeña un papel importante en la maquina prototipo y por ser fabricado de material reciclado puesto que sirve únicamente para soportar los trozos de caucho que se introducen para que pasen a ser granulados. Por tal razón no se le realizan calculo. Las dimensiones que tiene este elemento son proporcionales a las dimensiones que tiene el prototipo y al tamaño de los trozos que se van a ir introduciendo paulatinamente en el proceso. Cabe indicar que por recomendaciones de construcción el espesor de la plancha de toll que se utilizó en las tolvas es de 1.1 mm.

Relación de transmisión de poleas

La relación de transmisión de las poleas se realizó mediante una banda trapezoidal dentada A 45 la misma que al transmitirle la velocidad del giro del motor 1730 rpm a la polea motriz 2.5plg 65mm, se reduce la velocidad a la mitad mediante una relación de transmisión de 2 a 1 de la polea conducida de 6 plg 150mm de diámetro: esta relación de transmisión viene dada a partir de la fórmula:

Donde:

n_1 = velocidad angular del motor 1730 rpm
 n_2 = velocidad de salida del sistema?
 d_1 = diámetro de la polea motriz 65 mm
 d_2 = diámetro de la polea conducida 150 mm

$$\begin{aligned}n_1 * d_1 &= n_2 * d_2 && \text{Ec. 15} \\n_2 &= \frac{n_1 * d_1}{d_2} \\n_2 &= \frac{1730 \text{ rpm} * 65 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\n_2 &= \frac{112450}{150} \\n_2 &= 750 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Diagrama electrico

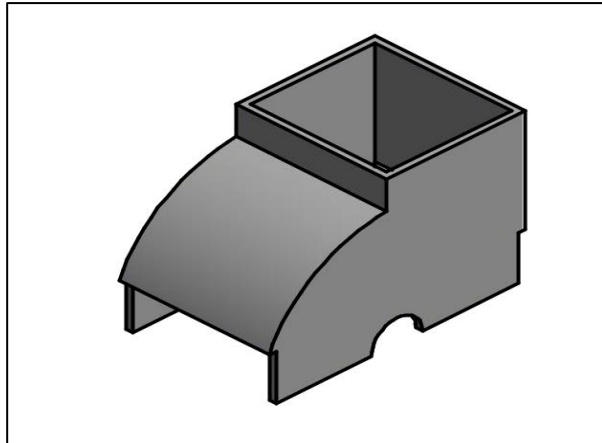
Para el correcto encendido y apagado del motor se realizo un diagrama electrico en un programa de simulacion (cade simu), mediante el cual nos permitio realizar el diagrama y mediante la simulacion observar su correcto funcionamiento, para posteriormente dar inicio al trabajo de la maquina, (ver anexo 5).

DISEÑO

La fabricación del eje se realizó en un metal acero AISI-SAE 1045, por sus características como dureza y tenacidades adecuadas para la fabricación de componentes de maquinaria.

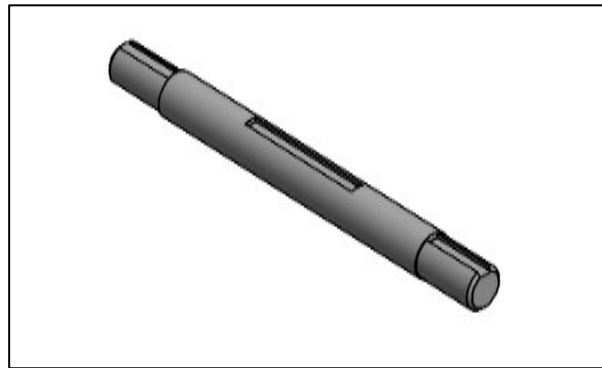
Ver especificaciones técnicas en (Anexo)

Plano 1: Eje porta cuchillas



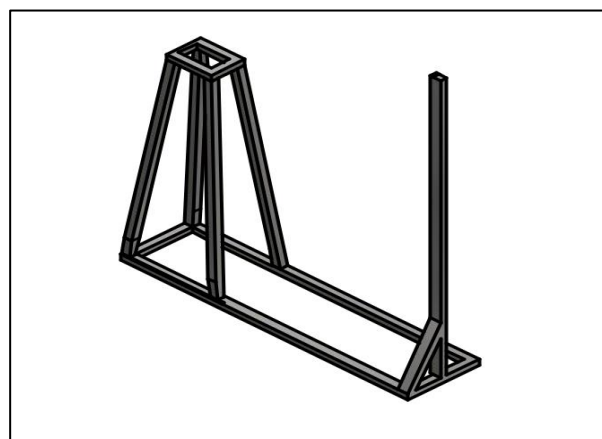
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Plano 2: Estructura base



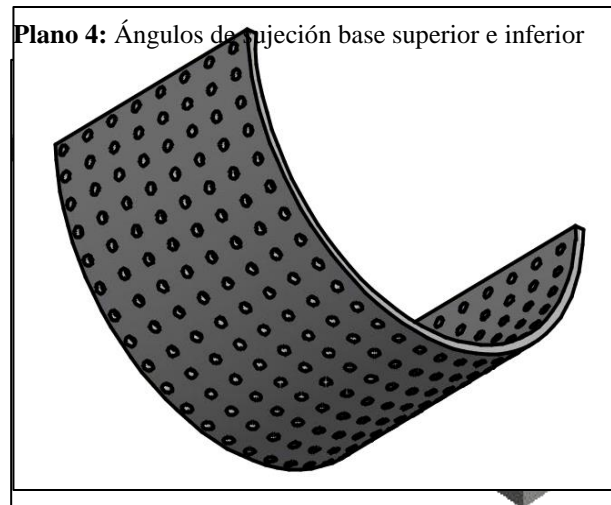
Fuente: Autores del proyecto (2020)

superior



Plano 3: Base de corte

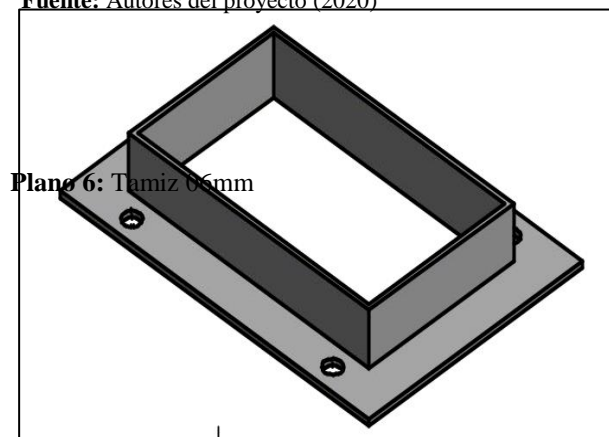
Fuente: Autores del proyecto (2020)



Fuente: Autores del proyecto (2020)

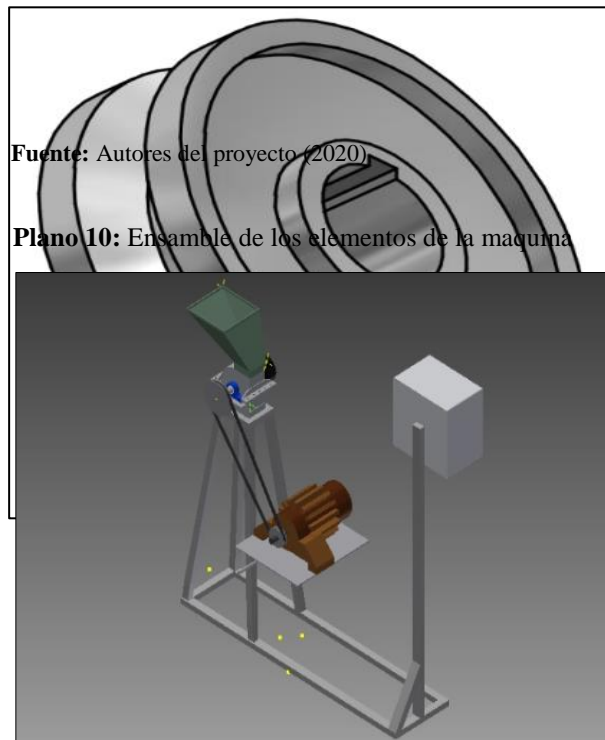
Plano 5: soporte de Angulo base

Fuente: Autores del proyecto (2020)



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Plano 7: Polea conductora



Fuente: Autores del proyecto (2020)

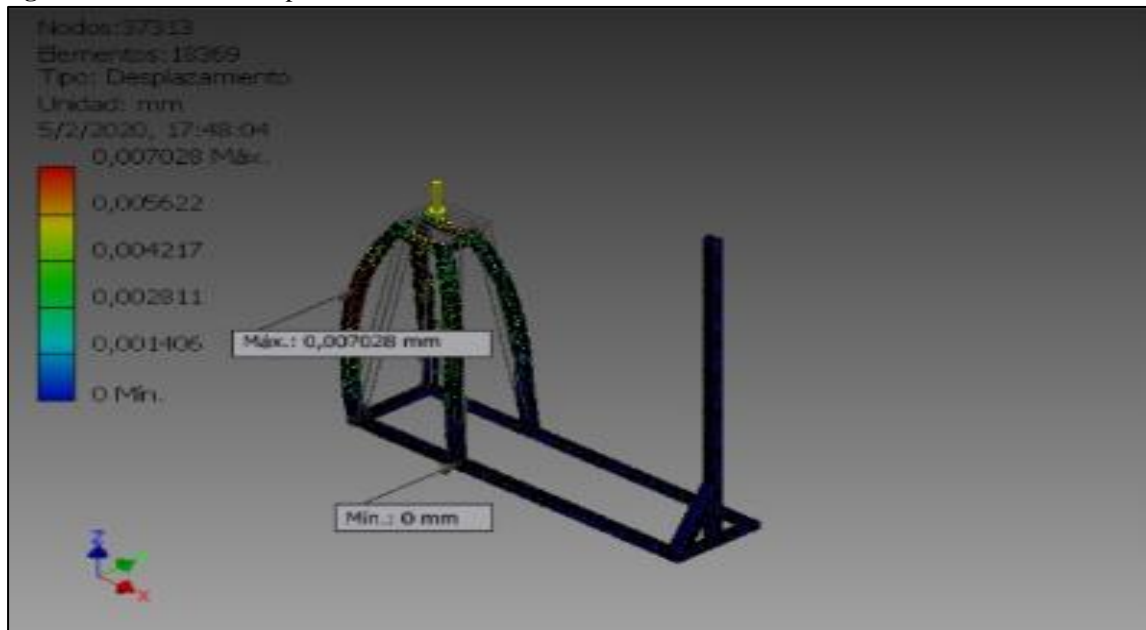
Plano 10: Ensamble de los elementos de la maquina

Fuente: Autores del proyecto (2020)

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

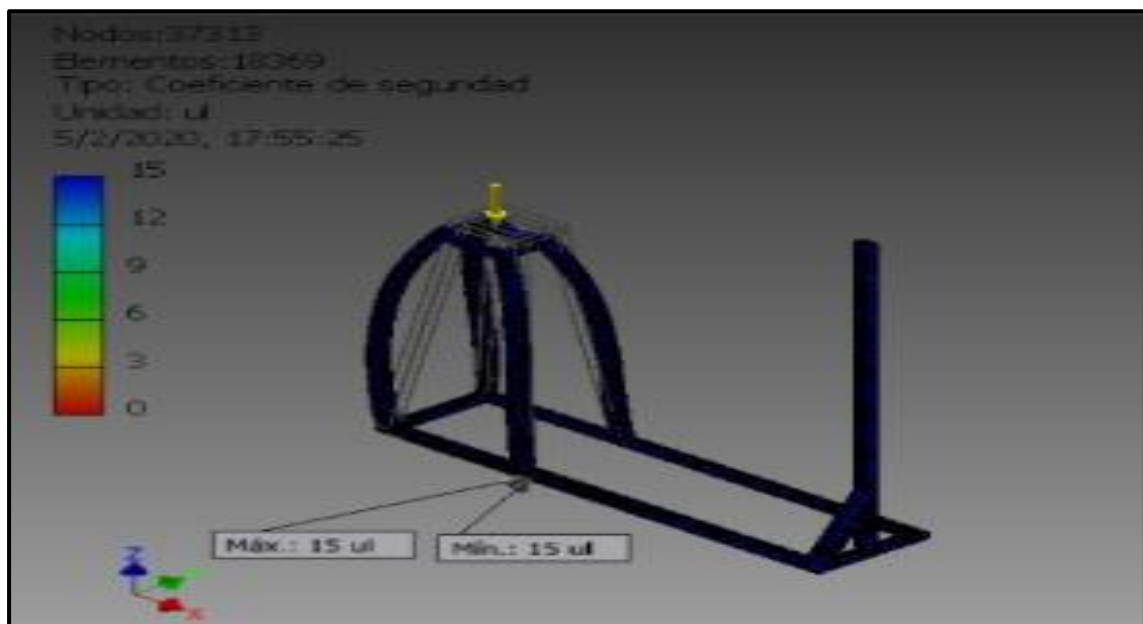
El análisis que se realizó a la estructura de la maquina prototipo que está realizada en tubo de acero galvanizado de 30 x 30 x 2 mm, dicho análisis fue de manera estático, en el cual se aplicaron cargas de 800 N.m, de manera perpendicular al eje de las coordenadas Y, mediante lo cual se pudo comprobar el límite de tensión axial y de flexión en el límite superior obteniendo los siguientes resultados (ver figura 13).

Figura 13. Análisis de desplazamiento de la estructura.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

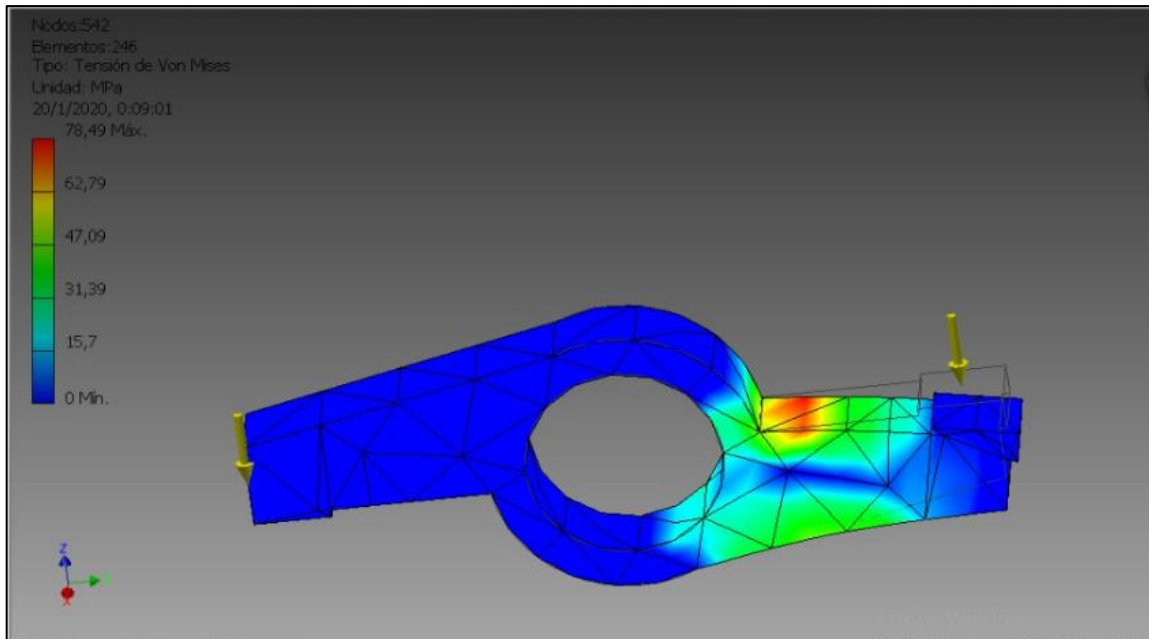
Figura 14. Análisis de factor de seguridad.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

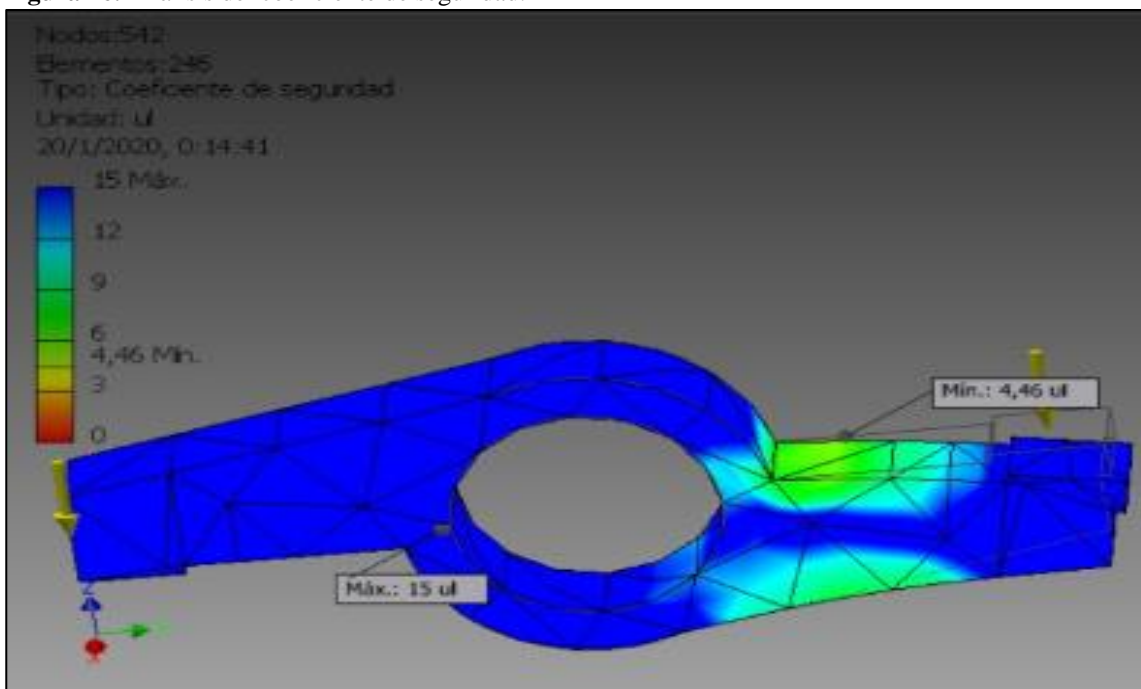
De la misma manera se le realizó una simulación estática de tensión a las cuchillas de corte para determinar el límite de ruptura se tomó en cuenta las propiedades del caucho; El diente de corte fue diseñado en un material de carburo de tungsteno (WC o widia) AISI 321 en la siguiente figura se puede observar los límites de tensión máximos y mínimos.

Figura 15. Análisis de tensión a la cuchilla.



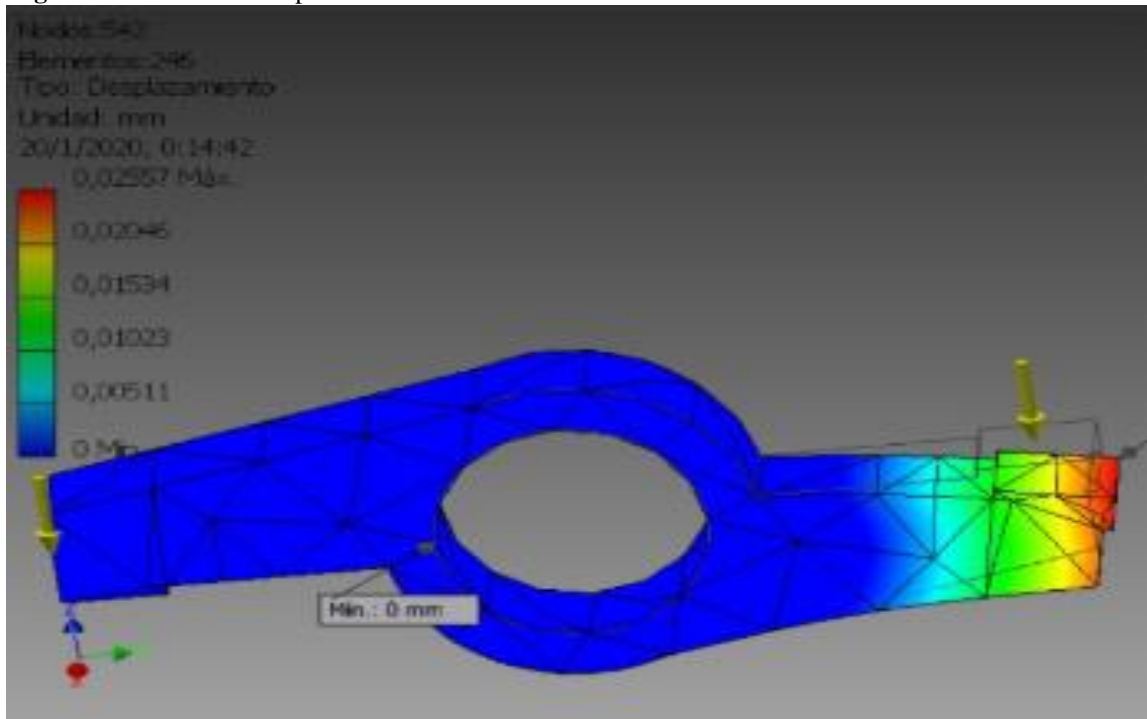
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Figura 16. Análisis del coeficiente de seguridad.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Figura 17. Análisis de desplazamiento



Fuente: Autores del proyecto (2020)

12. IMPACTOS

Los impactos de la investigación implementación de una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso, son los siguientes:

12.1. Sociales

El presente proyecto es beneficioso para los habitantes del cantón la Maná ya que con esta investigación se podrá reusar los neumáticos y no contaminar el medioambiente, así como también cuidar los recursos naturales que son fuente de turismo para el cantón.

12.2.2. Económicos

El impacto económico que este proyecto concede a los ciudadanos del cantón La Maná es el generar ingresos y la capacidad de poder reusar los neumáticos como otro bien.

12.3. Técnicos

Los impactos técnicos que se pudieron evidenciar son los tecnológicos y técnicos mediante la creación máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos, esto generará una reducción de contaminación al momento de reutilizar los neumáticos.

12.4 Ambientales

Los impactos ambientales que inciden con la reutilización de neumáticos y la reducción de la contaminación, que causa la quema de neumáticos e incremento de mosquitos portadores de enfermedades. De esta manera, se podrá reducir la contaminación y contribuir a un ambiente limpio.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

Tabla 8. Presupuesto

Lista de materiales utilizados			
Unidad	Detalle	Valor/u	Valor/t
1	Eje	15.00	15.00
4	Diente de corte	10.00	10.00
1	Caja de eje	8.00	16.00
2	Pulsadores ON/OFF	5.00	10.00
1	Caja de tablero de control	50.00	50.00
10	Metros de cable concentrico # 12	0.90	9.00
2	Tubos cuadrados de 40x40x2mm Gal	23.90	47.80
6	Borneras	3.00	18.00
1	Regulador de frecuencia	150.00	150.00
1	Tolva	5.00	5.00
2	Housing FYTB503M_h_2	6.00	6.00
1	Motor de 1hp con motoreductor	250.00	250.00
2	_1_4_28_SAE_LT_4	8.00	8.00
16	17_40_27_4_12_ybrg1_43_6_747 28_5_ball_8	8.00	8.00
2	Parallel Key A4x4x20DIN 6885	1,50	1,50
1	Empaque unión	0,25	1.00
2	Unión de ejes	1,50	1,50
6	B18.2.3.2M-Formed hex screw, M5x0.8x20—20WN	0,40	0,80
6	B18.2.2.4M-Hex flange nut, M5x0.8--N	0,50	0,50
1	Rampa	9,50	2,25
1	Base de corte	20.00	20.00
1	Estructura	50.00	50.00
2	Tablón	5.00	10.00
		Valor total	694,05

Fuente: Autores del proyecto (2020)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Mediante la revisión bibliográfica de los diferentes métodos de granulación de neumáticos, el método de granulación por desgarre es el más viable porque permite que el material que no tiene la medida deseada continúe en el proceso.
- El diseño de la máquina fue realizado mediante el uso del software Autodesk Inventor realizando la simulación estática del equipo y sus partes cortantes utilizando el método Von Mises, con diez cuchillas acopladas a un eje que giran a la mitad de la velocidad del motor.
- La construcción de la máquina prototipo se realizó en un 100% mediante la combinación de la teoría revisada y la práctica adquirida, con el fin de obtener una máquina capaz de cumplir con la medida granular del caucho según las normas técnicas vigentes.
- Se realizaron las pruebas experimentales de granulación con un motor de 0.5 HP y una cantidad de material de prueba de 70 gr. lo cual logró triturar en su totalidad en un tiempo estimado de 5 minutos, a su vez se realizaron pruebas similares con un motor de mayor potencia (1 HP) y la misma cantidad de material a granular obteniendo resultados favorables en menor tiempo de trabajo (2 min) lo cual garantiza que el diseño de la máquina prototipo cumple con los parámetros.

RECOMENDACIONES

- Para obtener mediante el proceso una granulometría superior o de menor tamaño se recomienda realizar el cambio del tamiz acorde a la utilidad a la que va a ser empleada.
- Se debe realizar el mantenimiento de la máquina según las indicaciones.

15. PROPUESTA

15.1. TÍTULO

Implementación de una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso.

15.2. DATOS INFORMATIVOS

Tabla 9. Datos informativos.

Lugar	Cantón La Maná
Beneficiarios	Ciudadanos
Provincia	Cotopaxi
Cantón	La Maná
Parroquia	La Maná
Tiempo de ejecución	6 meses
Responsables	García Ayala Stalin Roberto Silva Ruiz Marlon Stalin

Elaborado por: Autores del proyecto (2020).

15.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La presente propuesta está enfocada en la implementación de una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso. En la actualidad la contaminación en la tierra cada vez es más abundante y cada día que pasa se observan los problemas que trae la degradación ambiental, no solo en el cambio climático sino, en la salud de las personas provocando diferentes clases de problemas.

Al analizar el problema para la construcción de la máquina prototipo que granula caucho de los neumáticos es necesario debido a que en la actualidad en el entorno social los neumáticos fuera de uso representan un gran problema ambiental ya que una vez terminada su vida útil en los vehículos pasan a formar parte de los vertederos controlados e incontrolados, pues los neumáticos tienen un impacto ambiental negativo, la manufacturación constante de neumáticos y la dificultad para desecharlos después de ser usados, constituye uno de los problemas más serios medio ambiental.

15.4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto tiene como finalidad ayudar a muchas empresas que se dedican al reciclaje de llantas usadas, haciendo que puedan reciclar más llantas, es por eso que este proyecto busca reusar el caucho y dar una solución viable al reciclado de llantas usadas y así ayudar con la disminución de la contaminación del medio ambiente y proliferación de enfermedades.

15.5. OBJETIVOS

15.5.1. Objetivo general

Implementación de una máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso

15.5.2. Objetivos específicos

- Elaborar la máquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso.

15.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

15.6.1. Factibilidad económica

El diseño e implementación de la maquina prototipo granuladora de caucho de neumáticos fuera de uso está dentro de las capacidades para solventar los costos que implica ejecutar su construcción. Los autores del presente proyecto de investigación formativo asumiremos en su totalidad los costos de producción.

15.6.3. Factibilidad socio-cultural

Para los ciudadanos del cantón La Maná, es muy importante contar con una maquina granuladora de caucho para los neumáticos fuera de uso, mismas que causará un impacto significativo en los ciudadanos del cantón, siendo necesaria que la ciudadanía conozca sus servicios y beneficios que brinda al implantar estas máquinas.

15.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

15.8.1. Diagnóstico

16. Una vez realizado la investigación se pudo diagnosticar que los factores que se deben considerar para la propuesta que corresponde a la construcción de la maquina prototipo son: diseño del eje, cálculo de torsión, rodillo dentado de corte, mesa base, base de corte, tolva, caja de rodillo y rampa.

17. BIBLIOGRAFÍA

- Samieri Hernández Roberto. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. Editorial Mac Graw Hill. México. 736 p. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- Fernández, C. (2010). Metodología de la investigación (3° ed.). México: Mc Graw Hill. ISBN: 978-607-15-0291-9.
- Marín & Ramírez (2016), Diseño de una máquina para aprovechar el caucho reciclado de llantas usadas. (Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero en Mecatrónica). Universidad tecnológica de Pereira. 118 págs.
- Angel, P., & Aristizabal, V. (2017). Estudio de factibilidad de proyecto de creación de empresa de reciclaje de llantas de gran tamaño.
- Bautista, Lady. (2011). Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la producción de caucho, fibra textil y acero a partir del reciclaje de llantas usadas lady yuliana bautista pedraza Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeni. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Botasso, H., Rebollo, O., Cuattrocchio, A., & Soengas, C. (2008). Utilización de caucho de neumáticos en mezcla asfáltica densa en obras de infraestructura. *Tecnologías Constructivas*, 1–9. Retrieved from <http://repositorio.ucr.ac.cr/handle/10669/13567>
- Campaña, K., Galeas, S., & Guerrero, V. (2015). Obtención de asfalto modificado con polvo de caucho proveniente del reciclaje de neumáticos de automotores. *Revista Politecnica*, 36(3), 1–6. Retrieved from


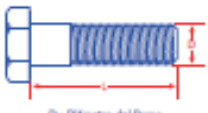
http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/513

- Castro, G. (2008). *Materialaes y Compuestos para la Industria del Caucho*.
- Castro, V. (2015). *Estudio de factibilidad de creación de una empresa recicladora de neumáticos desechados para la producción de caucho modificador de asfalto* (Universidad de Guayaquil). Espinosa, W., & Tatamues, R. (2016). *Diseño y simulación de una máquina trituradora de llantas de una tonelada por hora de capacidad para la empresa Optra-Sembres*.
- Lopez, H. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una el, el aprovechamiento industrial de llantas usadas en sogamoso*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Ministerio del Ambiente. *Ley de gestión Ambiental.* , (2004).
- Olivares, D. (2016). *Planta de reciclaje de neumáticos de caucho Comercialización de miga de caucho*. Antofogasta.
- Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). *Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura*. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 27–50. <https://doi.org/10.18359/rcin.2143>
- Proaño Jiménez, K. L., & Stacey Albán, E. F. (2011). *Estudio de factibilidad técnico-económico del reciclado de caucho y sus aplicaciones en la ciudad de Quito*. Escuela Politecnica Nacional.
- https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/5838/03_Consideraciones.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9407/PerezWilliam2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- file:///C:/Users/Usuario/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_86323612003.pdf

- http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/27EDCC96-7C3A-42B5-96B7-F6B87D0BD3DF/116371/Manual_NFU.pdf
- file:///F:/Files/9º/proyecto%20de%20titulacion/tesis%20y%20articulos/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf
- <file:///F:/Files/9º/proyecto%20de%20titulacion/tesis%20y%20articulos/Olivares%20Carmona%20Daniel.pdf>
- [file:///F:/Files/9º/proyecto%20de%20titulacion/tesis%20y%20articulos/Ingeniería-de-perfil-de-modernas-plantas-para-reciclaje-de-neumáticos-fuera-de-uso-\(NFU\).pdf](file:///F:/Files/9º/proyecto%20de%20titulacion/tesis%20y%20articulos/Ingeniería-de-perfil-de-modernas-plantas-para-reciclaje-de-neumáticos-fuera-de-uso-(NFU).pdf)
- <file:///F:/Files/9º/proyecto%20de%20titulacion/tesis%20y%20articulos/articulo%20Valorizacion%20NFU-1.pdf>
- <file:///F:/Files/9º/proyecto%20de%20titulacion/tesis%20y%20articulos/articulo%20Reutilizacion+De+Neumaticos+Fuera+De+Uso.pdf>
- https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf
- <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2681/3/797031>

18. ANEXOS

Anexo 1: Selección de pernos

6		PERNOS Y TUERCAS G2		CONSUN																																																																																																																																																																																									
<p>PERNO GALVANIZADO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA</p>																																																																																																																																																																																													
<p>PERNO GALVANIZADO CABEZA HEXAGONAL</p>			<table border="1"> <thead> <tr> <th>CÓDIGO:</th> <th>DIÁMETRO:</th> <th>LONGITUD:</th> <th>MÁSTER (KG)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>PG025050</td><td>1/4"</td><td>1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025075</td><td>1/4"</td><td>3/4"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025100</td><td>1/4"</td><td>1"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025150</td><td>1/4"</td><td>1 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025200</td><td>1/4"</td><td>2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025250</td><td>1/4"</td><td>2 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025300</td><td>1/4"</td><td>3"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025350</td><td>1/4"</td><td>3 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG025400</td><td>1/4"</td><td>4"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031075</td><td>5/16"</td><td>3/4"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031100</td><td>5/16"</td><td>1"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031150</td><td>5/16"</td><td>1 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031200</td><td>5/16"</td><td>2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031250</td><td>5/16"</td><td>2 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031300</td><td>5/16"</td><td>3"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031350</td><td>5/16"</td><td>3 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031400</td><td>5/16"</td><td>4"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031450</td><td>5/16"</td><td>4 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031500</td><td>5/16"</td><td>5"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG031600</td><td>5/16"</td><td>6"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037100</td><td>3/8"</td><td>1"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037150</td><td>3/8"</td><td>1 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037200</td><td>3/8"</td><td>2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037250</td><td>3/8"</td><td>2 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037300</td><td>3/8"</td><td>3"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037350</td><td>3/8"</td><td>3 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037400</td><td>3/8"</td><td>4"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037450</td><td>3/8"</td><td>4 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037500</td><td>3/8"</td><td>5"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG037600</td><td>3/8"</td><td>6"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043100</td><td>7/16"</td><td>1"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043150</td><td>7/16"</td><td>1 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043200</td><td>7/16"</td><td>2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043250</td><td>7/16"</td><td>2 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043350</td><td>7/16"</td><td>3 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043400</td><td>7/16"</td><td>4"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043450</td><td>7/16"</td><td>4 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG043500</td><td>7/16"</td><td>5"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050100</td><td>1/2"</td><td>1"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050150</td><td>1/2"</td><td>1 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050200</td><td>1/2"</td><td>2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050250</td><td>1/2"</td><td>2 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050300</td><td>1/2"</td><td>3"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050350</td><td>1/2"</td><td>3 1/2"</td><td>30 KG.</td></tr> <tr><td>PG050400</td><td>1/2"</td><td>4"</td><td>30 KG.</td></tr> </tbody> </table>			CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (KG)	PG025050	1/4"	1/2"	30 KG.	PG025075	1/4"	3/4"	30 KG.	PG025100	1/4"	1"	30 KG.	PG025150	1/4"	1 1/2"	30 KG.	PG025200	1/4"	2"	30 KG.	PG025250	1/4"	2 1/2"	30 KG.	PG025300	1/4"	3"	30 KG.	PG025350	1/4"	3 1/2"	30 KG.	PG025400	1/4"	4"	30 KG.	PG031075	5/16"	3/4"	30 KG.	PG031100	5/16"	1"	30 KG.	PG031150	5/16"	1 1/2"	30 KG.	PG031200	5/16"	2"	30 KG.	PG031250	5/16"	2 1/2"	30 KG.	PG031300	5/16"	3"	30 KG.	PG031350	5/16"	3 1/2"	30 KG.	PG031400	5/16"	4"	30 KG.	PG031450	5/16"	4 1/2"	30 KG.	PG031500	5/16"	5"	30 KG.	PG031600	5/16"	6"	30 KG.	PG037100	3/8"	1"	30 KG.	PG037150	3/8"	1 1/2"	30 KG.	PG037200	3/8"	2"	30 KG.	PG037250	3/8"	2 1/2"	30 KG.	PG037300	3/8"	3"	30 KG.	PG037350	3/8"	3 1/2"	30 KG.	PG037400	3/8"	4"	30 KG.	PG037450	3/8"	4 1/2"	30 KG.	PG037500	3/8"	5"	30 KG.	PG037600	3/8"	6"	30 KG.	PG043100	7/16"	1"	30 KG.	PG043150	7/16"	1 1/2"	30 KG.	PG043200	7/16"	2"	30 KG.	PG043250	7/16"	2 1/2"	30 KG.	PG043350	7/16"	3 1/2"	30 KG.	PG043400	7/16"	4"	30 KG.	PG043450	7/16"	4 1/2"	30 KG.	PG043500	7/16"	5"	30 KG.	PG050100	1/2"	1"	30 KG.	PG050150	1/2"	1 1/2"	30 KG.	PG050200	1/2"	2"	30 KG.	PG050250	1/2"	2 1/2"	30 KG.	PG050300	1/2"	3"	30 KG.	PG050350	1/2"	3 1/2"	30 KG.	PG050400	1/2"	4"	30 KG.
CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (KG)																																																																																																																																																																																										
PG025050	1/4"	1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025075	1/4"	3/4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025100	1/4"	1"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025150	1/4"	1 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025200	1/4"	2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025250	1/4"	2 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025300	1/4"	3"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025350	1/4"	3 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG025400	1/4"	4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031075	5/16"	3/4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031100	5/16"	1"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031150	5/16"	1 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031200	5/16"	2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031250	5/16"	2 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031300	5/16"	3"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031350	5/16"	3 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031400	5/16"	4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031450	5/16"	4 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031500	5/16"	5"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG031600	5/16"	6"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037100	3/8"	1"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037150	3/8"	1 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037200	3/8"	2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037250	3/8"	2 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037300	3/8"	3"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037350	3/8"	3 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037400	3/8"	4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037450	3/8"	4 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037500	3/8"	5"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG037600	3/8"	6"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043100	7/16"	1"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043150	7/16"	1 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043200	7/16"	2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043250	7/16"	2 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043350	7/16"	3 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043400	7/16"	4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043450	7/16"	4 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG043500	7/16"	5"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050100	1/2"	1"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050150	1/2"	1 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050200	1/2"	2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050250	1/2"	2 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050300	1/2"	3"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050350	1/2"	3 1/2"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
PG050400	1/2"	4"	30 KG.																																																																																																																																																																																										
<p>TIPO DE CABEZA:</p> 																																																																																																																																																																																													
<p>FAMILIA: PG0 MEDIDAS: PULGADAS TIPO DE ROSCA: FINA MATERIAL: ACERO GALVANIZADO HILO: ESTÁNDAR</p>																																																																																																																																																																																													
CÓDIGO: FAMILIA PG0		VENTA: KG																																																																																																																																																																																											
<p>NOMENCLATURA DE CÓDIGO</p> <p>Galvanizado: Longitud: PG025050</p> <p>Perno: Diámetro:</p>  <p>D= Diámetro del Perno L= Longitud del Perno</p>																																																																																																																																																																																													

Fuente: Tomado de <http://www.soyoda./CatalogoPernosSoyoda17.pdf> (2017) por autores del proyecto (2020)

Anexo 2: Selección de tuercas

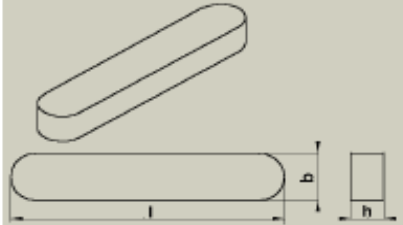
TUERCA HEXAGONAL GALVANIZADA		
		
FAMILIA: MATERIAL: HILO:	TG GALVANIZADO ESTÁNDAR	
MEDIDAS EN PULGADAS		
CÓDIGO:	DIÁMETRO:	MÁSTER (KG):
TG025	1/4"	30 KG.
TG031	5/16"	30 KG.
TG037	3/8"	30 KG.
TG043	7/16"	30 KG.
TG050	1/2"	30 KG.
TG062	5/8"	30 KG.
TG075	3/4"	30 KG.
TG087	7/8"	30 KG.
TG100	1"	30 KG.

Fuente: Tomado de <http://www.soyoda./CatalogoPernosSoyoda17.pdf> (2017) por autores del proyecto (2020)

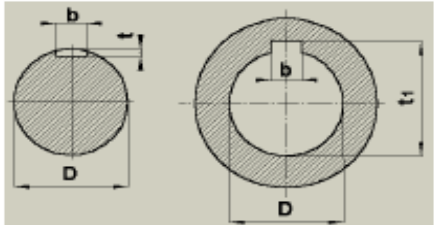
Anexo 3: Selección de chavetas y chaveteros

CHAVETAS PRATT AND WHITNEY Y DIMENSIONES DE SUS RESPECTIVOS CHAVETEROS

CHAVETA



CHAVETEROS



b	h	l Desde – hasta	Diámetro del árbol Desde – hasta	Chaveta b x h	Chaveteros		
					b	t	t ₁
4	3	8 - 25	10 - 12	4 * 4	4	2.5	D + 1.7
4	4	10 - 30	12 - 17	5 * 5	5	3	D + 2.2
5	3	10 - 40	17 - 22	6 * 6	6	3.5	D + 2.7
5	5	10 - 40	22 - 30	8 * 7	8	4	D + 3.2
6	4	12 - 50	30 - 38	10 * 8	10	4.5	D + 3.7
6	6	12 - 50	38 - 44	12 * 8	12	4.5	D + 3.7
7	7	15 - 60	44 - 50	14 * 9	14	5	D + 4.2
8	5	20 - 70	50 - 58	16 * 10	16	5	D + 5.2
8	7	20 - 70	58 - 68	18 * 11	18	6	D + 5.3
10	6	25 - 90	68 - 78	20 * 12	20	6	D + 6.3
10	8	25 - 90	78 - 92	24 * 14	24	7	D + 7.3
12	8	30 - 120	92 - 110	28 * 16	28	8	D + 8.3
14	9	35 - 140	110 - 130	32 * 18	32	9	D + 9.3
16	10	45 - 180	130 - 150	36 * 20	36	10	D + 10.3
18	11	50 - 200	150 - 170	40 * 22	40	11	D + 11.3
20	12	60 - 220	170 - 200	45 * 25	45	13	D + 12.3
24	14	70 - 280					
28	16	80 - 300					
28	17	80 - 300					
32	18	90 - 350					
32	20	90 - 350					
36	20	100 - 400					
36	23	100 - 400					
40	22	120 - 400					
40	26	120 - 400					
45	25	160 - 400					

b □ Ancho de la chaveta y de los chaveteros en mm

h □ Altura de la chaveta en mm

l □ Longitud de la chaveta en mm

d □ Diámetro del eje en mm

t □ Profundidad del chavetero en el eje en mm

t₁ □ Medida de la verificación de la profundidad del chavetero en el cubo en mm

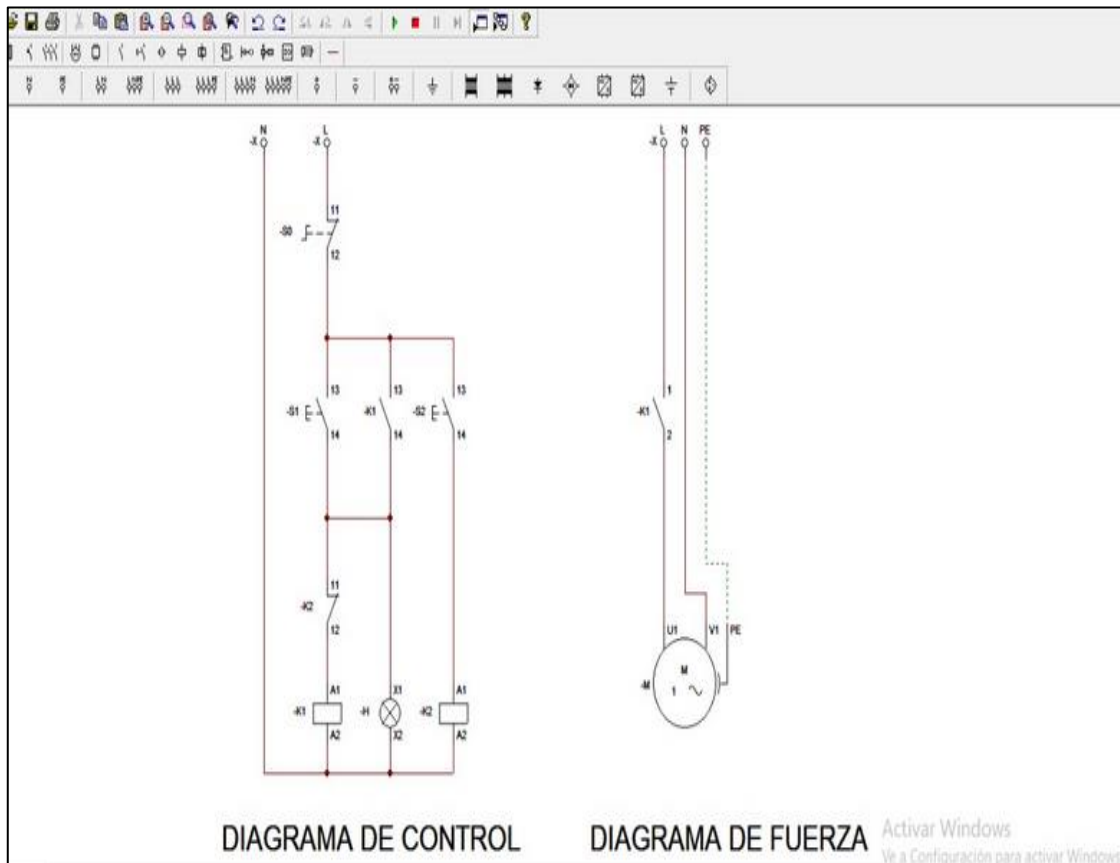
Fuente: Tomado de [https://rodavigo.net/catalogos/chavetas\(2011\)](https://rodavigo.net/catalogos/chavetas(2011)) por autores del proyecto (2020)

Anexo 4: Selección de rodamientos

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-
380	480	46	242	390	8	2 400	2 000	20	61876 MA
	520	65	338	540	10,8	2 400	1 900	40	61976 MA
	560	57	377	620	12,2	1 700	1 400	51	16076 MA
	560	82	436	695	13,7	2 200	1 800	70,5	6076 M
400	500	46	247	405	8,15	2 400	1 900	20,5	61880 MA
	540	65	345	570	11,2	2 200	1 800	41,5	61980 MA
	600	90	520	865	16,3	2 000	1 700	87,5	6080 M
420	520	46	251	425	8,3	2 200	1 800	21,5	61884 MA
	560	65	351	600	11,4	2 200	1 800	43	61984 MA
	620	90	507	880	16,3	2 000	1 600	91,5	6084 M
440	540	46	255	440	8,5	2 200	1 800	22,5	61888 MA
	600	74	410	720	13,2	2 000	1 600	60,5	61988 MA
	650	94	553	965	17,6	1 900	1 500	105	6088 M
460	580	56	319	570	10,6	2 000	1 600	35	61892 MA
	620	74	423	750	13,7	1 900	1 600	62,5	61992 MA
	680	100	582	1 060	19	1 800	1 500	120	6092 MB
480	600	56	325	600	10,8	1 900	1 600	36,5	61896 MA
	650	78	449	815	14,6	1 800	1 500	74	61996 MA
	700	100	618	1 140	20	1 700	1 400	125	6096 MB
500	620	56	332	620	11,2	1 800	1 500	40,5	618/500 MA
	670	78	462	865	15	1 700	1 400	77	619/500 MA
	720	100	605	1 140	19,6	1 600	1 300	135	60/500 N1MAS
530	650	56	332	655	11,2	1 700	1 400	39,5	618/530 MA
	710	82	488	930	15,6	1 600	1 300	90,5	619/530 MA
	780	112	650	1 270	20,8	1 500	1 200	185	60/530 N1MAS
560	680	56	345	695	11,8	1 600	1 300	42	618/560 MA
	750	85	494	980	16,3	1 500	1 200	105	619/560 MA
	820	115	663	1 370	22	1 400	1 200	210	60/560 N1MAS
600	730	60	364	765	12,5	1 500	1 200	52	618/600 MA
	800	90	585	1 220	19,6	1 400	1 100	125	619/600 MA

Fuente: Tomado de catálogo SKF (2015) por autores del proyecto (2020)

Anexo 5: Diagrama eléctrico de la maquina prototipo.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 6 Manual de mantenimiento del usuario.

Elementos	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Revisión de rodamientos			X	
Revisión de poleas		X		
Revisión de correa	X			
Revisión de cuchillas		X		
Revisión de motor				X
Revisión de estructura				X
Revisión de tablero de control			X	

Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 7 Corte finalizado de las cuchillas.



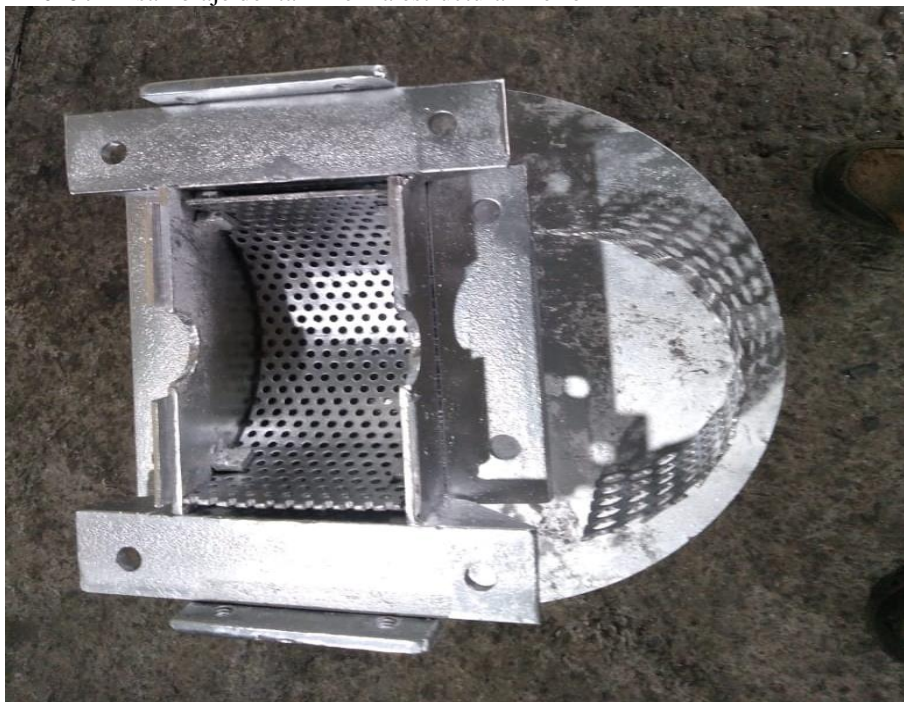
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 8. Soldadura de la widia en las cuchillas.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 9 Ensamblaje del tamiz en la estructura inferior



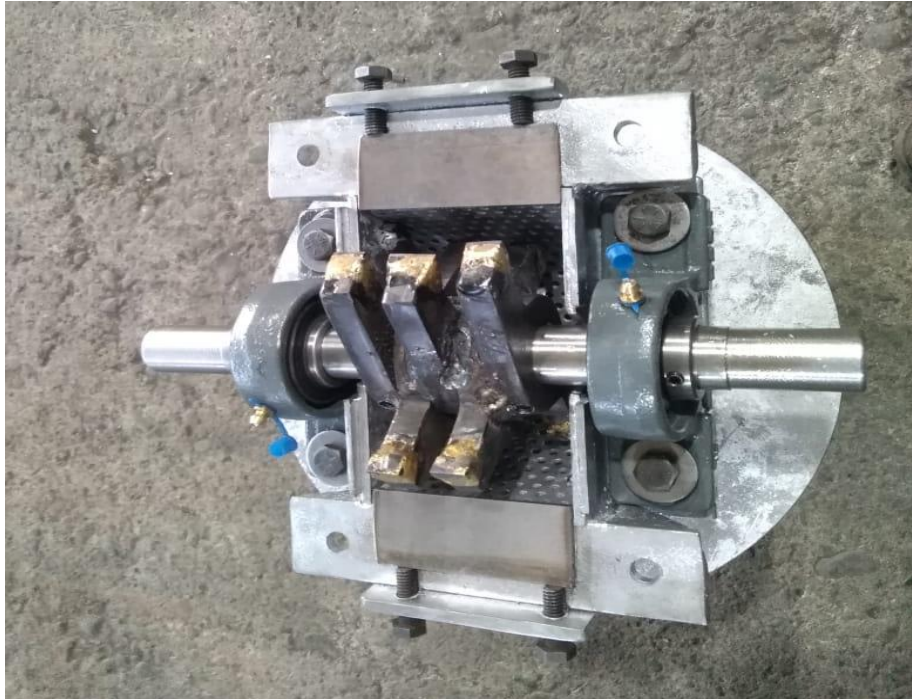
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 10. Soldadura de la carcasa superior e inferior



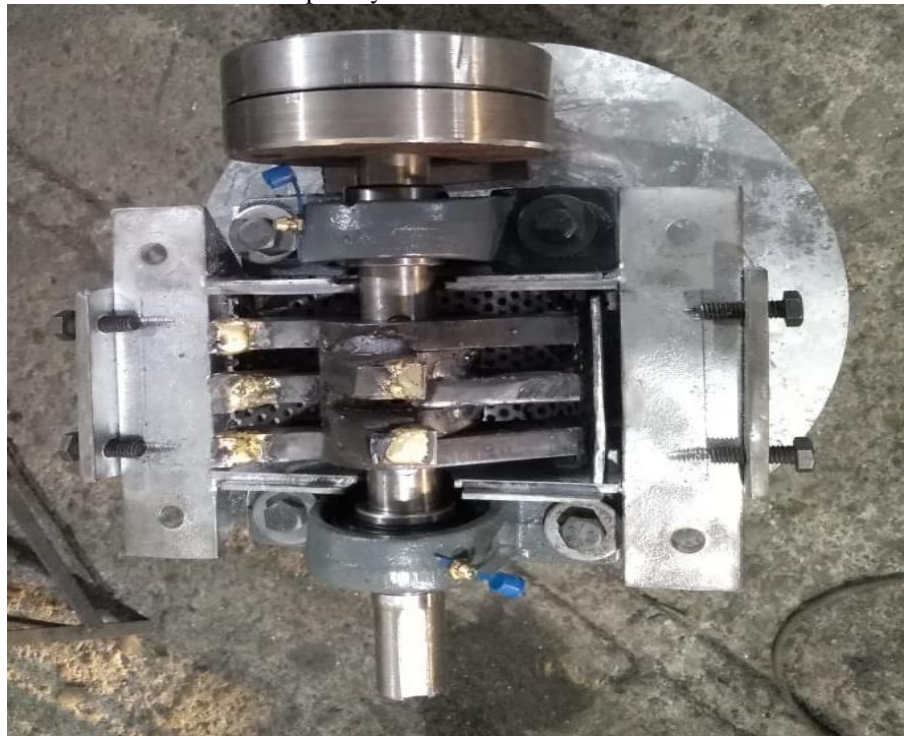
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 11 Acoplamiento del eje con las chumaceras y las cuchillas.



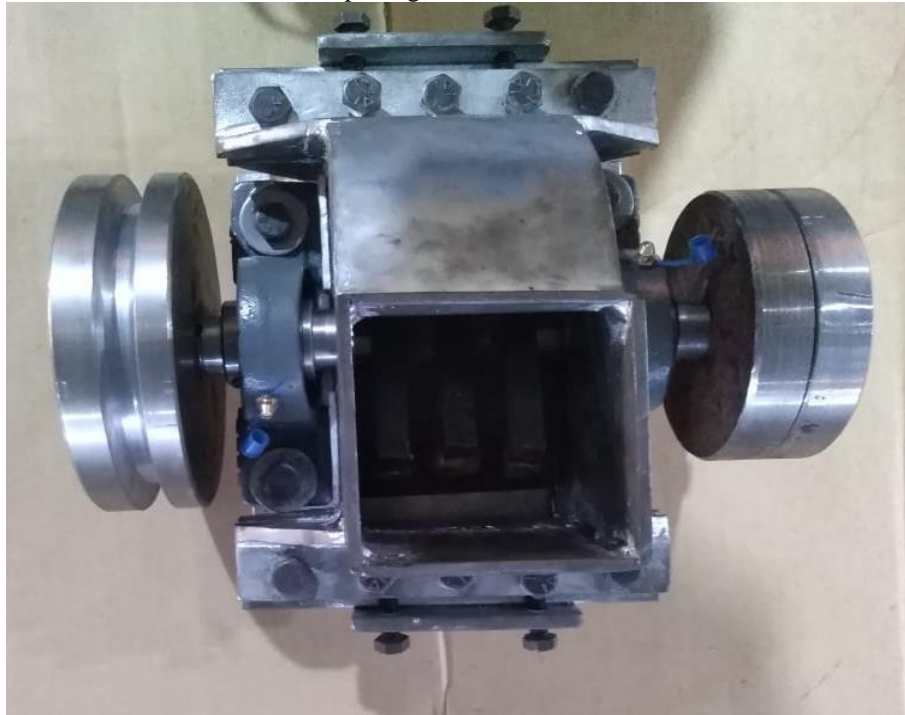
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 12 Colocación de la polea y el volante de inercia.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 13 Ensamble total de la pieza granuladora de caucho.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 14 Ensamble estructura y sus componentes.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 15 Doblada y soldadura de la tolva.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 16 Automatización del tablero de control de la máquina.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 17. Masa para la realización de las pruebas.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 18 Resultado de la prueba de granulación con la máquina prototipo .



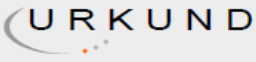
Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 19 Finalización de la máquina prototipo y sus componentes.



Fuente: Autores del proyecto (2020)

Anexo 20 certificado del URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Garcia Stalin - Silva Marlon.docx (D64544709)
Submitted: 2/27/2020 5:26:00 PM
Submitted By: paco.vasquez@utc.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

- Tesis Jonathan Flores -17Febrero2017.pdf (D25829389)
- Tesis Jonathan Flores final 2.docx (D25161752)
- 1537395358_DISEÑO DE MECANISMO DE TRITURACION NFU.pdf (D41602138)
- TESIS FINAL.pdf (D16890589)
- https://www.researchgate.net/publication/283266510_Obtencion_de_Asfalto_Modificado_con_Polvo_de_Caucho_Proveniente_del_Reciclaje_de_Neumaticos_de_Automotores
- https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/5838/03_Consideraciones.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2681/3/7>

Instances where selected sources appear:

9

Fuente: Autores del proyecto (2020)