



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER  
PLÁSTICOS P.E.T. PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE  
“SANTA ANITA” UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO  
PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Tesis presentada previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

**Autores:**

Diego Armando PilatasigLasluisa

Freddy Rodolfo Pozo Correa

**Director:**

Ing. Milton Herrera

Latacunga – Ecuador

Agosto 2014

## *AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN*

Dejamos constancia de que el presente informe es el resultado de la investigación de los autores, quienes basados en los estudios realizados durante la carrera, investigación científica, revisión documental y de campo, hemos llegado a las conclusiones y recomendaciones descritas en la investigación. Las ideas, opiniones y comentarios vertidos en este informe, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....  
Diego Armando PilatasigLasluisa

**CC: 050307557-4**

**AUTOR**

.....  
Freddy Rodolfo Pozo Correa

**CC: 050337789-7**

**AUTOR**

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes , Diego Armando PilatasigLasluisa y Freddy Rodolfo Pozo Correa, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER PLÁSTICOS P.E.T. PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE “SANTA ANITA” UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, Julio del 2014

EL DIRECTOR

.....  
Ing. Milton Herrera

C.C. # 050150331-2

**DIRECTOR DE TESIS**

## ***DEDICATORIA***

Este presente trabajo de investigación se lo dedicamos especialmente a Dios por habernos dado la vida. Él que nos ha alumbrado el camino todos estos años y nos ha llenado de perseverancia, de investigación y sapiencia. Él, nos ha dado la fuerza para seguir adelante y luchar para obtener nuestras metas, sueños y objetivos

A nuestros padres por darnos el apoyo diario e incondicional, siendo ellos la fuerza que motiva nuestra vida llenándola de amor, alegría y felicidad.

A nuestros hermanos por ser la razón fundamental ya que fueron los que con el ánimo y el positivismo en alto siempre estuvieron, están y estarán encaminando nuestras vidas.

***Diego Pilatasig***

***Freddy Pozo***

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradecemos de sobremanera a la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogernos y permitir así la realización de nuestros estudios universitarios; siendo nuestra casa todos estos años y habernos dado la formación necesaria para enfrentarnos al mundo real.

A nuestros padres, los cuales siempre estuvieron junto a nosotros apoyándonos y ayudándonos desde el principio de nuestras vidas hasta hoy que nos hemos convertido en hombres productivos y que logramos la culminación de nuestros estudios.

Así mismo también queremos agradecer a todas las personas como fueron asesores y profesores que de una u otra manera nos ayudaron con el desarrollo de este proyecto, ya que sin ellas no hubiera sido posible la realización del mismo. Finalmente, dar mérito a amigos y compañeros que hicieron más grata nuestra vida universitaria.

Gracias por todo el apoyo y cariño que nos han dado todos estos años.

***Diego Pilatasig***

***Freddy Pozo***

## ÍNDICE GENERAL

<b>A. PAGINAS PRELIMINARES</b>	<b>PÁGINA</b>
CARATULA.....	i
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
Fundamentacion Teórica.....	4
Variable Independiente .....	4
1.2 Molinos de plásticos.....	4
1.3 Máquina .....	5
1.4. Principales características en la fabricación de un molino de plástico .....	5
1.5 Tipo de molinos de plásticos.....	6
1.5.1 Molino Triturador de plástico .....	6
1.5.2 Molino Triturador de 2 ejes.....	7
1.5.3 Molino Triturador de 4 ejes.....	9
1.5.4 Molinos a cuchillas o Molinos granuladores serie GR .....	11
1.5.5 Molinos monomotor:.....	12
1.5.6 Molino Combinado .....	14
1.5.7 Molinos especiales .....	15
1.6 Características generales de los plásticos reciclables.....	16
1.6.1 Termoplásticos: .....	16

1.6.2 Termoestables: .....	16
1.7. Disposición de los desechos sólidos y su implicación en la salud.....	18
1.8 Reciclaje.....	19
1.8.1 Cadena de reciclaje: .....	19
1.8.2 Objetivos del reciclaje:.....	21
1.8.3 El reciclaje permite: .....	21
1.9. Reciclaje de plástico.....	22
1.9.1 Factores que afectan al reciclado de los plásticos.....	22
1.9.2 Etapas para reciclar el plástico:.....	24
1.9.3 Sistema de reciclaje.....	25
1.9.4 Reciclado Mecánico.....	27
1.9.5 Reciclado Químico.....	27
1.9.6 Pirolisis.....	28
1.9.7 Hidrogenación.....	28
1.9.8 Gasificación.....	28
1.9.10 Chemolysis.....	29
1.9.11 Metanólisis.....	29
1.10 Plástico tipo PET.....	29
1.11 Justificación.....	31
CAPÍTULO II .....	33
METODOLOGÍA .....	33
2.1 Modalidad básica de la investigación .....	33
2.1.1 Documental – bibliográficas .....	33
2.1.2 De campo .....	33
2.1.3 Experimental .....	33
2.2 Tipos niveles de investigación .....	34
2.2.1 Exploratoria.....	34
2.2.2 Descriptiva .....	34
2.2.3 Muestra.....	34
2.3 Técnicas e instrumentos .....	35
2.3.1 Encuesta .....	35
2.3.2 Observación.....	35

2.4 Análisis e interpretación de datos. (Encuesta) .....	36
2.5 Plan de recolección de información .....	46
2.6. Plan de procesamiento y análisis de la información .....	47
2.7. Planteamiento de la hipótesis .....	47
2.7.1 Verificación de la Hipótesis .....	47
2.7.2 Selección del nivel de significación .....	47
2.7.3 Descripción de la población .....	48
2.7.4 Especificación del estadístico .....	48
2.7.5 Especificación de las regiones de aceptación y rechazo .....	48
2.7.6 Recolección de datos y cálculos de lo estadístico .....	49
2.8 Operacionalización de variables .....	52
2.8.1 Variable Independiente: Máquina trituradora de plástico .....	52
2.8.2 Variable Dependiente: Microempresa de reciclaje .....	53
CAPITULO III .....	54
DISEÑO DE LA PROPUESTA .....	54
3.1 Fundamentación .....	54
3.2 Justificación .....	57
3.3 Objetivos .....	58
3.3.1 General .....	58
3.3.2 Específicos .....	58
3.4 Análisis de Factibilidad Técnica .....	58
3.4.1 Factibilidad Social .....	59
3.4.2 Factibilidad Económica .....	59
3.4.3 Factibilidad Ambiental .....	59
3.5 Desarrollo de la Propuesta .....	60
3.5.1 Reciclaje mecánico .....	60
3.5.2 Propiedades del PET .....	61
3.6 Diseño del equipo .....	63
3.7 Características constructivas de un molino de plásticos .....	63
3.7.1 Cámara De Molienda .....	63
3.7.2 Cuchillas .....	64
3.7.3 Poleas .....	64

3.7.4 Cribas .....	64
3.8 Revoluciones del Eje.....	67
3.9 Cálculo de la fuerza sobre la cuchilla .....	68
3.10 Cálculo de bandas y poleas .....	69
3.11 Longitud de la banda.....	69
3.12 Factor de servicio .....	70
3.12 Cálculo de la potencia ante sobrecargas.....	70
3.13 Factor de carga .....	71
3.14 Selección de la sección transversal de la banda tipo V .....	72
3.15 Hp por banda y factor de corrección de longitud.....	73
3.16 Arco de contacto .....	73
3.17 Número de bandas.....	74
3.18 Longitud y diámetro del eje .....	75
3.19 Características del metal del eje.....	76
3.20 Características del metal de la cuchilla .....	77
3.21 Cálculo de fuerzas sobre el eje y reacciones sobre chumaceras. ....	78
3.22 Cálculo de esfuerzos en chumaceras .....	82
3.23 Torque sobre la cuchilla .....	83
3.24 Especificaciones técnicas del molino de plástico.....	84
3.24.1 Motor eléctrico de potencia 10 hp.....	85
3.25 Componentes del molino .....	85
3.25.1 Producto ha Moler.....	86
3.26 Modo de funcionamiento .....	86
3.26.1 Afilado de Cuchillas.....	87
3.26.2 Engrase de Chumaceras .....	87
3.26.3 Ajuste de Pernos.....	87
3.26.4 Normas de seguridad.....	87
3.26.5 Clasificación de los polvos .....	89
3.26.6 Toxicología de los Polvos .....	89
3.26.7 Guantes mixtos:.....	90
3.26.8 Casco de seguridad: .....	91
3.26.9 Protección auditiva:.....	92

3.26.10 Características de las Orejeras: .....	93
3.26.11 Protección de los ojos: .....	93
3.26.12 Protección del aparato respiratorio: .....	94
3.26.13 Protección de extremidades inferiores: .....	95
3.26.14 Impacto ambiental .....	96
3.26.15 Beneficios del proyecto .....	97
3.27 Recursos Necesarios.....	98
3.27.1 Presupuesto del Capital Humano. ....	98
3.27.2 Presupuesto de Materiales.....	98
3.27.3 Presupuesto Técnico.....	98
3.27.4 Presupuesto Tecnológico. ....	99
3.27.5 Presupuesto General.....	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
CONCLUSIONES .....	101
RECOMENDACIONES .....	102
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	103
BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	104
PÁGINAS WEB .....	105
ANEXOS .....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Población y Muestra.....	33
Tabla N° 2. Pregunta 1.....	35
Tabla N° 3. Pregunta 2.....	36
Tabla N° 4. Pregunta 3.....	37
Tabla N° 5. Pregunta 4.....	38
Tabla N° 6. Pregunta 5.....	39
Tabla N° 7. Pregunta 6.....	40
Tabla N° 8. Pregunta 7.....	41
Tabla N° 9. Pregunta 8.....	42
Tabla N° 10. Pregunta 9.....	43
Tabla N° 11. Pregunta 10.....	44
Tabla N° 12. Recolecciones de Información.....	45
Tabla N° 13. Grado de Libertad.....	47
Tabla N° 14. Frecuencia observada.....	48
Tabla N° 15. Frecuencia esperada.....	49
Tabla N° 16. Chip cuadrado calculado.....	49
Tabla N° 17. Operacionalización de variable Independiente.....	51
Tabla N° 18. Operacionalización de variable Dependiente.....	52
Tabla N° 19. Calculo para la fuerza sobre la cuchilla.....	67
Tabla N° 20. Factor de servicio.....	69
Tabla N° 21. Datos de polea.....	72
Tabla N° 22. Factor de corrección respecto al área de contacto.....	73
Tabla N° 23. Acero aisi-sae 1045.....	75
Tabla N° 24. Acero D2.....	76
Tabla N° 25. Características de los guantes.....	90
Tabla N° 26. Talento o Capital Humano.....	97
Tabla N° 27. Presupuesto de Materiales.....	97
Tabla N° 28. Presupuesto Técnico.....	98
Tabla N° 29. Presupuesto Tecnológico.....	98
Tabla N° 30. Presupuesto Generales.....	99

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Molino triturador de plástico.....	7
Gráfico N° 2. Molino triturador de 2 ejes.....	9
Gráfico N° 3. Molino triturador de 4 ejes.....	11
Gráfico N° 4. Molino a cuchilla.....	12
Gráfico N° 5. Molino monomotor.....	13
Gráfico N° 6. Molino combinado.....	14
Gráfico N° 7. Molino especial.....	15
Gráfico N° 8. Pregunta 1.....	35
Gráfico N° 9. Pregunta 2.....	36
Gráfico N° 10. Pregunta 3.....	37
Gráfico N° 11. Pregunta 4.....	38
Gráfico N° 12. Pregunta 5.....	39
Gráfico N° 13. Pregunta 6.....	40
Gráfico N° 14. Pregunta 7.....	41
Gráfico N° 15. Pregunta 8.....	42
Gráfico N° 16. Pregunta 9.....	43
Gráfico N° 17. Pregunta 10.....	44
Gráfico N° 18. Curva estadística de aceptación y rechazo.....	48
Gráfico N° 19. Macro localización.....	53
Gráfico N° 20. Meso localización.....	54
Gráfico N° 21. Micro localización.....	55
Gráfico N° 22. Propiedades del PET.....	61
Gráfico N° 23. Componente de la trituradora.....	63
Gráfico N° 24. Tritradora y molino de plásticos.....	65
Gráfico N° 25. Trasmisión por polea.....	66
Gráfico N° 26. Selección de sección transversal.....	71
Gráfico N° 27. Eje de molino.....	74
Gráfico N° 28. Diagrama de fuerza.....	78
Gráfico N° 29. Distancia entre fuerza.....	79
Gráfico N° 30. Cuchilla de molino vista frontal.....	82

Gráfico N° 31.Guantes.....	90
Gráfico N° 32.Casco común.....	92
Gráfico	N°
33.Orejeras.....	93
34.Gafas de Protección.....	93
Gráfico N° 35Mascarilla.....	94
Gráfico N° 36Calzado.....	95

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación permitirá preservar el medio ambiente, mejorar el proceso de tratamiento del plástico PET(Polietileno de Tereftalato)y beneficiará a la microempresa de reciclaje Santa Anita. Se efectuó una investigación cuantitativa mediante técnicas estadísticas y análisis de datos de las encuestas realizadas. Esto ayudó a determinar la aceptación del proyecto y obtener el diseño más idóneo para la construcción de la máquina para moler plásticos PET. La construcción de la máquina parte del diseño y el cálculo para la fabricación de las partes y piezas que conformarán el molino. Siendo las principales: la cámara de molienda, cuchillas de acero, las poleas, las cribas y la tolva de alimentación. Sin embargo, es recomendable que el plástico que será molido esté libre de impurezas y objetos extraños que puedan alterar el correcto funcionamiento de la máquina. Finalmente, el proyecto cumplió con las expectativas planteadas desde el punto de vista técnico ambiental y económico; por lo cual será implementado en la microempresa de reciclaje SANTA ANITA ubicada en el cantón Salcedo para su ejecución y operación.

### **DESCRIPTORES:**

Molino triturador de plástico, Plásticos PET, Microempresa de reciclaje.

## **ABSTRACT**

The present research work will allow the environment conservation; improve the treatment process of the plastic P.E.T. (Polietileno de Tereftalato). And benefit to the Microenterprise of recycle "Santa Anita". In order to achieve that, it was developed a quantitative research through statistics techniques and surveys data analysis. This contributed to determine the project approval, and get the best design to construct the PET grinder machine. The construction of the machine start from the design and the calculation to fabricate the pieces that are part of the grinder. Those important parts are: the grinding chamber, 4 steel blades, pulleys, the sieves and the feed hopper. However, it is recommendable that the plastic that will be grinded should be free of impurities and unknown objects that could alter the correct development of the machine. Finally, it could say that the project have satisfied with the planned expectations from the technical, environmental and economic point of view. Thereby, this will be implemented in the Microenterprise of Recycle "Santa Anita" located in Salcedo city for its execution and operation.

### **DESCRIPTORS:**

Plastic grinding machine, PETPlastics, Microenterprise of recycle.

## **AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **Lic. Marco Paúl Beltrán Semblantes** con cédula de ciudadanía N.050266651-4, CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del ABSTRACT, con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER PLÁSTICOS P.E.T. PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE “SANTA ANITA” UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, cuyos autores son **Diego Armando PilatasigLasluisa y Freddy Rodolfo Pozo Correa**

Latacunga, 24 de Abril del 2014

Docente:

---

Lic. Marco Paúl Beltrán Semblantes

C.I. 050266651-4

## INTRODUCCIÓN

Sería difícil imaginar el mundo moderno sin los plásticos. Hoy son una parte integral del estilo de vida de todos, con aplicaciones que van desde artículos para el hogar hasta los sofisticados instrumentos científicos y médicos. El plástico es un material industrial utilizado en muchas aplicaciones en la vida diaria moderna.

Los desechos plásticos no se degradan fácilmente y causan problemas de contaminación en su entorno, los plásticos son muy utilizados debido a su calidad, apariencia y su peso ligero, además es de fácil producción.

Los plásticos son polímeros sintéticos, obtenidos generalmente a partir de hidrocarburos derivados del petróleo. Un polímero es un compuesto que consiste en moléculas de cadena larga, cada una de las cuales está hecha de unidades que se repiten y conectan entre sí. Tienen altos pesos moleculares, son ligeros, resistentes a la corrosión y al ataque microbiológico, impermeables y de bajo costo, por lo que son útiles en aplicaciones diversas como la agricultura, fabricación de autopartes, equipos electrónicos, prótesis médicas y artículos de uso cotidiano; sin embargo, una proporción significativa de los plásticos fabricados se emplean en envases y embalajes.

En la actualidad se consume una gran cantidad de materiales plásticos en todas las actividades humanas y es esta acción la que conlleva a reutilizar o reciclar los productos desechados; un ejemplo claro está en el consumo de bebidas contenidas en envases de plástico, que generalmente son de polietileno (PET), los cuales una vez que cumplieron su objetivo son desechados.

Para un mejor entendimiento es necesario dividir en tres capítulos;

**Capítulo I:** trata de la Fundamentación teórica en la cual está inmerso los antecedentes investigativos es decir temas relacionados con el tema, además en este capítulo se redacta los conceptos y definiciones de palabras que van dentro de las variables.

**Capítulo II:** En este capítulo se determinó la metodología, el enfoque, la modalidad de investigación como puede ser de campo, bibliográfica y experimental, el muestreo respectivo en la cual se define la población y se determina la muestra, Operacionalización de variables, el plan de recolección de información que consiste en el uso de encuestas incluyendo la interpretación de datos con su respectivo análisis cuantitativo.

**Capítulo III:** Trata del Diseño de la Propuesta que consiste en objetivos, misión y visión de la empresa, justificación, desarrollo de la construcción, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y finalmente anexos.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

Con relación al tema de investigación se ha encontrado trabajos similares al propuesto, revisados en diferentes fuentes bibliográficas, con los siguientes temas:

“Diseño y simulación de una máquina trituradoras de plásticos 15 KG/H para el laboratorio conformado de la facultad ingeniería mecánica” elaborado por VÁSCONEZ, Alex cuyo objetivo es Diseñar y simular una máquina trituradora de plásticos 15 KG/H para el laboratorio conformado de la facultad ingeniería mecánica; donde la autora llega a las siguientes conclusiones:

- El resultado de las encuestas realizadas al personal de aseo de campus permitió determinar el flujo aproximado de botellas PET que se generan diariamente, valor que fue de gran utilidad para el dimensionamiento de la máquina.
- Las especificaciones técnicas de la máquina fueron determinadas por medio de la casa de la calidad 1 misma que toma en consideración los requerimientos del cliente en este caso del laboratorio de Conformado y los productos similares existentes en el mercado; técnicas que permitirán el diseño de la máquina.
- Para el desarrollo de la máquina constan de tres módulos Modulo 1: Ingreso de materia prima, Modulo 2: Cámara de trituración y Modulo 3: Almacenaje.

- La máquina está diseñada para obtener un flujo de materia prima aproximado de 15 kg/h con un recipiente de almacenamiento de 70 Kg, es accionado por un motor eléctrico de 1.5 hp y su torque es transmitido hacia el eje de trituración por medio de dos poleas de diferentes diámetros.

Motivo por lo que se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda utilizar las botellas plásticas de PET generadas en el campus como materia prima para la máquina, con eso se evitaría la compra de material (pellets) el cual tiene un costo comercial elevado.
- El mantenimiento de máquina debe ser regular, este dependerá el uso de que se dé a la máquina, se debe procurar revisar el estado de rodamientos y el correcto afilados de las cuchillas, en caso de que una de ellas necesite de afilado se la puede extraer fácilmente y la máquina podrá seguir triturando hasta ser colocada de nuevo en su lugar.
- Se recomienda triturar plásticos solamente sólidos previamente extrayendo materiales como cuchos y plásticos blancos (fundas, etiquetas, etc.) para evitar que se acumule en rodamientos o zonas no deseadas.
- El mantenimiento lo puede realizar cualquier persona que tenga un conocimiento básico del mismo ya que la máquina no es compleja.
- Realizar una limpieza dentro de la cámara de trituración después de cada ve que se utilice la máquina para evitar la acumulación en las zonas donde se asientan la criba.

Otro tema investigado es “Diseño y construcción de una máquina trituradora de PET”, elaborado por MENDOZA, Irving cuyo objetivo es Diseñar y construir una máquina trituradora de PET (2012); donde el autor llegan a las siguientes conclusiones:

- Con este tipo de material ya reciclado se puede llegar a fabricar otros materiales como por ejemplo aglomerados, que son utilizados para aislamiento, entre otros.

- Este proceso de reciclado no repercute de manera considerable al medio ambiente; se pretende que la molienda obtenida sea destinada y procesada para la fabricación de nuevos productos de calidad adecuada, y como resultado la disminución y aprovechamiento considerable de residuos plásticos.
- El triturador está constituido por una tolva en la parte superior en la cual entrará el material directamente al sistema de trituración, El alimentador también está basado en donde la gravedad actúa sobre el material, de tal modo que garantiza que pase por el área deseada.
- El triturador está diseñado con distintos tipos de materiales cada uno acorde a su mejor funcionamiento. Para la trituradora se seleccionó un acero inoxidable Aisi 303, ya que evita la contaminación del producto dado que en la fundición del material pudiese tener partículas de óxido o pequeños trozos de material.
- El programa seleccionado Inventor proporciona un entorno de diseño 3D intuitivo para crear piezas y ensamblajes.

Razón por la cual aborda las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar las botellas plásticas de PET generadas dentro de la Provincia de Cotopaxi especialmente en el Cantón Salcedo.
- El mantenimiento de máquina debe ser periódicamente, este dependerá el uso de que se dé a la máquina.
- Se recomienda triturar plásticos solamente secos sin humedad para evitar que se acumule la humedad en rodamientos o zonas no deseadas.
- El mantenimiento lo puede realizar persona encargada del funcionamiento que tenga un conocimiento básico del mismo ya que la máquina no es compleja.
- Se sugiere utilizar los materiales de seguridad como es el casco, guantes gruesos, botas de punta de acero, overol y gafas.

## FUNDAMENTACION TEÓRICA

### VARIABLE INDEPENDIENTE

#### 1.2 Molinos de plásticos

VON MEYSENBUG, indica que: **“en la actualidad se consume gran cantidad de materiales plásticos para beneficio claro está, del ser humano. Esta elevada producción viene acompañada del cómo reutilizar o reciclar los productos desechados”** Pág. 224

Concordando con las palabras del autor el éxito del reciclaje está en saber cómo reusar los materiales plásticos aparentemente inservibles.

Sin embargo hay que tomar en cuenta incluso, durante el proceso de fabricación de las botellas se generan ciertos excedentes que quedan unidos a estas, y que comúnmente se les llama "rebabas", las cuales son cortadas y depositadas en un bulto junto con las botellas que no cumplen con los requisitos de calidad. Todo este plástico es reprocesado para volverse a usar mediante un Molino de trituración de plásticos.

El Molino es un aparato que recibe el plástico por la parte superior (según modelo convencional), va cayendo poco a poco hasta llegar a su centro, el cual consta de un espacio con una pieza giratoria de acero aleado con wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que le proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad que al girar rápidamente hace la función de cuchilla, para cortar el plástico en pequeños pedazos listos para ser usados y procesados nuevamente.

Esta nueva iniciativa aportará la conservación del medio ambiente por lo tanto es menester crear este proyecto que no causa impacto ambiental.

### **1.3 Máquina**

Los autores MATEO P, GONZÁLEZ A, GONZÁLEZ D, define como máquina “a un conjunto de piezas u órganos unidos entre ellos, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada.” Pág. 278.

Como añadidura a la idea del autor se puede decir que es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza determinada. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra y de esta manera generar un determinado efecto. Se conforma por conjuntos de elementos fijos o móviles, que permiten realizar distintos trabajos.

Una máquina ayuda a aumentar la capacidad de producción, agilitando el proceso de transformación de la materia hasta alcanzar el objetivo deseado.

### **1.4. Principales características a tener en cuenta en la fabricación de un molino de plástico**

- Potencia instalada en HP del motor eléctrico
- Tipo de transmisión
- Número de ejes cuchillas
- Número de cuchillas templadas
- Número de ejes de introducción
- Número de discos de introducción
- Número de rev. /min. cuchillas
- Producción en kg/ hora
- Equipamientos de seguridad: parada de emergencia, contacto de cierre de tolva.

Todo lo antes mencionado debe ser conforme a las normas CE (Comunidad Europea).

## **1.5 Tipo de molinos de plásticos**

GREIG, M y VOSSEBURGER, K: clasifica a los tipos de molinos de plásticos, de la siguiente forma.

- Molino triturador de plástico
- Molino triturador de 2 ejes
- Molino triturador de 4 ejes
- Molinos a cuchillas
- Molinos monomotor
- Molino Combinado
- Molinos Especiales

### **1.5.1 Molino Triturador de plástico**

Es un aparato diseñado y basado en la exclusiva tecnología de cuatro ejes, la cual evita cualquier flotación del material sobre el grupo de cuchillas del aparato.

#### **Fases de la molienda:**

**Fase 1:** El envase, botella de plástico o simplemente cuerpo a destruir, se apoya sobre el grupo fresas. La ventaja es, que no es necesario aplicar ningún empujador para la trituración.

**Fase 2:** En esta segunda fase, luego del arranque de la máquina los discos de introducción facilitan la trituración del cuerpo o botella de plástico, otros tipos de materiales plásticos, etc., en gran medida forzando para introducir en el grupo de corte.

**Fase 3:** Como los dientes tienen una construcción especial, se facilita una acción continua de enganche del material a triturar.

**Fase 4:** El material o las piezas que son trituradas que no han alcanzado las medidas deseadas se reportan en círculo para repetir el proceso de trituración o molienda.

Las medidas que el triturador permite obtener del material triturado es de 12 a 14 mm, en este tipo de máquina.

**Gráfico N°1.** Molino Triturador de plástico



**Fuente:**<http://www.solostocks.com/img/molino-triturador-de-plasticos-6414822z1.jpg>

### 1.5.2 Molino Triturador de 2 ejes

#### **Funcionamiento:**

Este tipo de molino o máquina por lo general, se compone por un triturador de dos ejes a cuchillas rotativas y peines distanciadores.

#### **Argumento:**

Luego de introducir el material en la tolva y ya puesto el equipo en marcha, el triturador provee a la toma y al corte grueso del descarte.

Debido a la elevada capacidad de corte disponible y a las diferentes conformaciones del grupo fresas que contiene la máquina, se posibilita triturar diversos cuerpos de material diferente.

El proceso en general, es regulado de manera automática por un PLC de mando programable desde una pantalla que se coloca como aditamento en el cuadro eléctrico.

### **Grupo de trituración**

Composición:

1. **Unidad de carga:** Tolva
2. **Unidad de trituración:** 2 ejes con elementos cortantes compuestos por discos de bordes filosos, provistos de garfios.

En este caso, los garfios tienen la función de agarrar el producto, cualquiera que sea este, arrastrarlo y cortarlo debido a la acción de los dos ejes contra giratorios. Los peines distanciadores, se encargan de mantener limpios los utensilios y a su vez facilitan la descarga del material.

3. **Motorización:** constituido por 2 motores eléctricos de corriente alterna, con transmisión a través de un motor reductor, conexión entre los ejes porta-cuchillas y los discos introductores por engranajes en baño de aceite.
4. **Dispositivo de seguridad:** entre sus funciones la de invertir temporalmente el movimiento de las cuchillas, previniendo de esta manera la posible sobrecarga de la estructura o el riesgo de rotura de la máquina o el equipo.

Este dispositivo debe tener la cualidad de ajustar siempre de manera óptima la regulación del grupo de trituración con el fin de conseguir un justo equilibrio entre máxima productividad y funcionamiento regular.

**Gráfico N° 2.**Molino Triturador de 2 ejes



**Fuente:**<http://www.solostocks.com/img/molino-triturador-de-plasticos-6414822z1.jpg>

### **1.5.3 Molino Triturador de 4 ejes**

Conocidos como: Trituradores industriales

#### **Funcionamiento:**

Es un triturador con cuchillas rotativas, especialmente estudiado y diseñado para las pequeñas y medianas empresas. Este aparato tiene por función reducir toda tipo de desechos plásticos, con el fin de poderlos almacenar en sacos.

#### **Argumento:**

En este aparato o máquina, la potencia eléctrica que se necesita es muy pequeña y este molino o trituradora, de gran fiabilidad, apenas hace ruido, todo lo antes mencionado es debido al empleo de un limitador de función de los productos a destruir o triturar.

Entre las utilidades que se le puede dar a la máquina está principalmente las industrias de plástico, embalaje, cartón, madera, huesos de fruta, desechos de cuero, cortezas, entre otros.

Este aparato posibilita la conexión a una red de aspiración por medio de un tubo situado en la parte inferior del mismo.

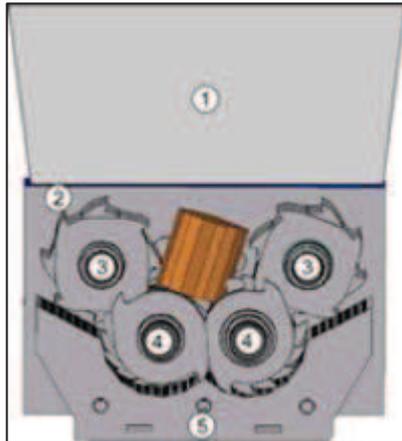
Entre sus características más comunes:

1. En principio, el accionamiento de la máquina es obtenido por medio de un motor reductorepicycloidal; donde los ejes porta cuchillas y los conductores están unidos mediante engranajes en baño de aceite.
2. Cada una de las máquinas está equipada con un juego de llaves aptas a desmontar las cuchillas en caso necesario afilar las mismas. También tienen un manual técnico donde se explica claramente las modalidades de ejecución y de operación.
3. Este tipo de máquinas están equipados con una criba cuyo tamaño puede ir de 12 a 38 mm, lo que posibilita obtener distintos tamaños de partículas trituradas. Evidentemente mientras más fina sea la trituración deseada, menor será la producción de la máquina.

Entre las particularidades que estas máquinas presentan se encuentran las siguientes:

1. El nivel acústico de trabajo es inferior a 80 db: por lo que estas trituradoras emiten muy poco ruido o lo que es lo mismo, son silenciosas.
2. Poseen un fácil acceso a los discos de trituración y de arrastre para a su vez facilitar también las operaciones de mantenimiento.
3. Fácil intercambiabilidad de los discos con la posibilidad de que lo realice por el operador de la máquina.
4. Un reducido consumo de energía.
5. Este aparato tiene la propiedad de triturar cualquier material no ferroso, incluso si contiene algún clavo o trozos de alambre metálico, o bien piedras.

**Gráfico N° 3.**Molino de 4 ejes



**Fuente:** [http://www.trittonxxi.com/userfiles/Dibujo1\(1\).bmp](http://www.trittonxxi.com/userfiles/Dibujo1(1).bmp)

#### **1.5.4 Molinos a cuchillas o Molinos granuladores serie GR**

Debido a su elevada versatilidad y sobre todo al costo económico, estos equipos constituyen el punto de partida para pequeñas plantas de reciclaje para plásticos.

Son molinos granuladores de pequeñas placas indicados especialmente para recuperar materiales de desecho no ferrosos.

La característica principal de este tipo de molino además de su versatilidad, está en la conformación del rotor, este se encuentra lleno y dotado de muchas cuchillas, de forma específica muchos tienen cuchillas con medidas de sólo 6 cm. colocadas de manera irregular. Posibilitando durante la rotación que cada una de estas herramientas procede al raspado del material y luego a la trituración final.

En comparación con los molinos tradicionales de cuchilla continua, estos aparatos son los indicados para piezas o materiales caracterizados por un elevado espesor y gran resistencia al corte.

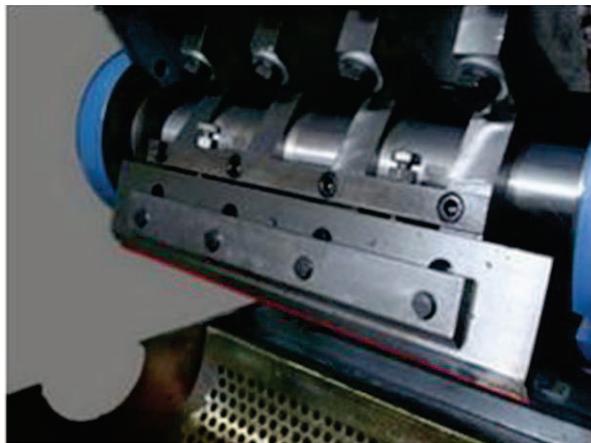
Se debe argumentar que en la serie GR todo el par del motor y la inercia del doble volante se concentran sobre una superficie de herramienta muy baja, dándole una notable potencia.

Entre las aplicaciones de este tipo de máquina:

- La trituración fina de material plástico, donde se incluyen bloques de tortas de extrusión o expurgo.

Este tipo de máquina puede ser dotada de cintas de carga temporizadas, sistemas de evacuación neumática con desempolvado y descarga big-bag.

**Gráfico N° 4.**Molinos a cuchillas



**Fuente:**<http://solimaq.com/imagenes/img%20molinos/Serie%20SF/Molino%20PC-400%20cuchillas.png>

### **1.5.5 Molinos monomotor:**

Los más conocidos son los de la serie M.

#### **Argumento:**

Existen también una serie de molinos especiales, con un cajón prensador especialmente diseñado para la trituración de materiales con una alta tenacidad al corte, añadiendo también un importante espesor. En los que se puede citar como ejemplo plástico grueso.

**Funcionamiento:**

Un cajón prensador hidráulico, es el encargado de empujar el material contra el rodillo dentado, debido a la rotación del mismo y a la acción de una contra cuchilla, se efectúa la pre-rotura y la trituración del material plástico.

El resultado o producto gira contra una parrilla perforada que determina la dimensión final del triturado o molido.

Las 3 fases de trabajo de esta máquina son:

**Fase 1:** Inicio de la trituración

**Fase 2:** Acción del prensador hidráulico contra el rodillo dentado.

**Fase 3:** Trituración avanzada del material

Dentro de las connotaciones en protección de esta máquina se encuentra: que en caso de excesivo esfuerzo, el cajón se libera para invertir la rotación del rodillo y rescatar el material con el fin de evitar sobre carga estructural.

**Gráfico N°5.** Molino monomotor



**Fuente:** <http://www.maquinariadesegundamano.com/includes/miniatura.asp?img=120924202183.jpg&Width=245>

### 1.5.6 Molino Combinado

Conocido como trituradora con molino a cuchilla en línea.

#### **Argumento:**

Es un tipo de molino diseñado y realizado como un equipo que combina las ventajas del triturador de cuatro ejes con un molino a cuchillas en línea, capaz de obtener pedazos finales de 4 a 8 mm, para completar el proceso de elaboración y recuperación de los desechos de plástico.

Desde el punto de vista de funcionamiento, en este tipo de molino, con solo introducir el material en la boca del triturador, será suficiente para obtener el producto molido final.

#### **Funcionamiento:**

Es una máquina que tiene la característica de poder triturar cuerpos de gran volumen y de considerable resistencia al corte, con un considerable ahorro en cuanto a costos de inversión y un eficiente desempeño.

Este tipo de molino es recomendado para las operaciones de trituración fina de: madera, plástico, goma, papel, cartón, embalajes, cintas de polietileno, películas plásticas, botellas en PET, toldos impermeabilizados, cáscaras, paragolpes, entre otros.

**Gráfico N° 6.**Molino combinado



**Fuente:** <http://www.trittonxxi.com/userfiles/combi.jpg>

### 1.5.7 Molinos especiales

#### Argumento:

Los molinos especiales son aquellos donde se combinan los distintos tipos de máquinas molidoras y granuladoras para obtener equipos verdaderamente completos, estos se dotan con cintas transportadoras, desferrizadores, sistemas de manipulación neumática y confección en big-bag.

#### Funcionamiento:

La solución que ofrece esta máquina con respecto al plástico, la relacionamos a continuación:

- Sistemas de molienda, desertización y molidura de material plástico;
- Sistemas de separación de fracciones líquidas o polvorientas de productos ya confeccionados (sector embotellamiento y alimentario)(Pág. 169 – 183).

Después de un análisis minucioso optamos por seleccionar el molino triturador de cuchillas debido a las características ya antes mencionadas que se adaptan a las necesidades de la microempresa de reciclaje “Santa Anita”

**Gráfico N° 7. Molinos especiales**



**Fuente:**<http://img.interempresas.net/fotos/436732.jpeg>

## **1.6 Características generales de los plásticos reciclables**

El autor JUTZ, S: (1984, señala dos familias de plásticos, que son:

- Los Termoplásticos
- Los Termoestables

### **1.6.1 Termoplásticos:**

Estos son plásticos fácilmente reciclables debido a que tienen la posibilidad de fundirse cuando se calientan y por tanto se pueden moldear repetidas veces sin que se alteren demasiado sus propiedades originales. No obstante, durante los distintos ciclos de reprocesado van sufriendo modificaciones por lo que su reciclado se limita a no más de 5 o 7 veces. Entre los termoplásticos más conocidos se relacionan: PEBD, PEAD, PP, PET, PVC, PS, EPS y PC.

### **1.6.2 Termoestables:**

Estos son difíciles de reciclar debido a que están formados por polímeros con cadenas ligadas químicamente, con enlaces transversales, que hacen necesaria la destrucción de su estructura molecular para poder fundirlos y lo cual trae como consecuencias, a una alteración grande de sus propiedades originales. Entre los distintos termoestables que existen se pueden mencionar: resinas fenólicas, resinas ureicas, etc.

Como importante se debe destacar la poca compatibilidad, en cuanto a estructura química, de las dos familias, por lo que si se mezclaran se reducirían sus propiedades mecánicas respecto de las que poseen sin mezclarse.

Entre las ventajas que presentan los plásticos frente a otros materiales se pueden relacionar las siguientes:

- Con respecto a su baja densidad son materiales muy ligeros.

- Son materiales fácilmente moldeables, lo que facilita la obtención de productos con formas raras o complejas sin demasiado gasto de energía.
- Suelen ser materiales aislantes tanto térmicamente como eléctricamente.
- Son materiales resistentes a la corrosión y a los ataques de distintos agentes químicos, lo que les hace ser buenos materiales para envases y embalajes.
- Son muy versátiles por lo que se encuentran en campos tan dispares como la industria aeronáutica y la agricultura o la automoción y la industria de alimentación.

Como grandes inconvenientes de los mismos se pueden citar:

- La contaminación que se produce durante la fabricación de los mismos, como cualquier otro proceso industrial.
- Su porcentaje en volumen es elevado, resultado de la baja densidad de los mismos, y esto es un problema de espacio tanto en contenedores como en vertederos.
- Ya reciclados aunque sea una vez, no se pueden utilizar para envasar productos de consumo humano.
- Existen gran cantidad de plásticos que actualmente no se pueden reciclar pues serían necesarios procesos costosos e incluso imposibles.
- Si se mezclan distintas familias de plásticos para reciclarlos pensando en una variante económica, se obtiene un producto de baja calidad.

Los plásticos que se consumen en grandes cantidades son:

- 1) **PVC:** cloruro de polivinilo.
- 2) **PEAD:** polietileno de alta densidad.
- 3) **PET:** polietileno tereftalato.

- 4) **PP:** polipropileno.
- 5) **EPS:** poliestireno expandido.
- 6) **PC:** policarbonato.
- 7) **PS:** poliestireno.
- 8) **PEBD:** polietileno de baja densidad.

Actualmente la cantidad de productos plásticos que circulan en el mercado es enorme y por tanto, la cantidad de residuos plásticos también es elevada. Considerando la alta resistencia de éstos a la degradación y que se obtienen a partir del petróleo, gas natural o carbón, fuente de energía no renovable y escasa, por lo tanto más cara según pasa el tiempo, se hace necesaria la recuperación y reciclaje de los mismos.

Después de un análisis investigativo se puede notar que la gran mayoría de envases son termoplásticos del tipo PET que debido a sus propiedades son los más idóneos para reciclar.( Pág.167-173)

### **1.7. Disposición de los desechos sólidos y su implicación en la salud**

El investigador CORBITT R, indica que:“la mala disposición de los desechos sólidos facilita la transmisión de enfermedades. Se pueden transmitir diferentes tipos de enfermedades debido a la manipulación sin medios de protección, tales como disentería, diarreas, gastritis, infecciones de la piel, infecciones respiratorias.” (Pág.158)

Basándonos en las palabras del autor, el mal uso de los desechos inorgánicos puede acarrear serios problemas de salud y facilitar la proliferación de algunos virus, bacterias, hongos, parásitos; además se pueden reproducir gusanos, insectos (moscas zancudos, mosquitos, y cucarachas) y ratas.

## **1.8 Reciclaje**

Los investigadores CAPUZ Ry GÓMEZ N, expresan que: **“el reciclaje es una serie de actividades, incluyendo recogida, la separación, y el procesado, mediante las cuáles los productos y otros materiales se recuperan desviándose de alguna manera de la corriente de residuos sólidos para ser utilizados en forma de materias primas en la producción de productos nuevos.”** (Pág.146)

Según el autorreciclar es un proceso fisicoquímico, mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (basura), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos de los humanos que no necesitamos. El reciclaje es fundamental en la ecología, se puede decir que es uno de sus pilares fundamentales.

De acuerdo a los autores, el reciclaje no es más que la acción y efecto de reciclar, aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse. El reciclaje implica dar una nueva vida y forma al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el número de materia no deseable para el medio ambiente.

### **1.8.1 Cadena de reciclaje:**

La cadena de reciclado consta de varias etapas:

- **Origen:** que puede ser doméstico o industrial.

- **Recuperación:** que puede ser realizada por empresas públicas o privadas. Consiste únicamente en la recolección y transporte de los residuos hacia el siguiente eslabón de la cadena.
- **Plantas de transferencia:** se trata de un eslabón o voluntario que no siempre se usa. Aquí se mezclan los residuos para realizar transportes mayores a menor costo (usando contenedores más grandes o compactadores más potentes).
- **Plantas de clasificación (o separación):** donde se clasifican los residuos y se separan los valorizables.
- **Reciclador final (o planta de valoración):** donde finalmente los residuos se reciclan (papeleras, plásticos, etc.), se almacenan (vertederos) o se usan para producción de energía (cementeras, biogás, etc.)

Para la separación en origen doméstico se usan contenedores de distintos colores ubicados en entornos urbanos o rurales:

- **Contenedor amarillo (envases):** En este se deben depositar todo tipo de envases ligeros como los envases de plásticos (botellas, tarrinas, bolsas, bandejas, etc.), de latas (bebidas, conservas, etc.)
- **Contenedor azul (papel y cartón):** En este contenedor se deben depositar los envases de cartón (cajas, bandejas, etc.), así como los periódicos, revistas, papeles de envolver, propaganda, etc. Es aconsejable plegar las cajas de manera que ocupen el mínimo espacio dentro del contenedor.
- **Contenedor verde (vidrio):** En este contenedor se depositan envases de vidrio.
- **Contenedor gris (orgánico):** En él se depositan el resto de residuos que no tienen cabida en los grupos anteriores, fundamentalmente materia biodegradable.
- **Contenedor rojo (desechos peligrosos):** Como teléfonos móviles, insecticidas, pilas o baterías, aceite comestible o de vehículos, jeringas, latas de aerosol, etc.

### **1.8.2 Objetivos del reciclaje:**

Los objetivos del reciclaje son los siguientes:

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- Protección del medio ambiente.

### **1.8.3 El reciclaje permite:**

- Ahorrar recursos
- Disminuir la contaminación.
- Alargar la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos.
- Ahorrar energía.
- Evitar la deforestación.
- Reducir el 80% del espacio que ocupan los desperdicios al convertirse en basura.
- Ayudar a que sea más fácil la recolección de basura.
- Tratar de no producir toneladas de basura diariamente que terminan sepultadas en rellenos sanitarios.
- Vivir en un mundo más limpio.

El reciclaje siempre se ha visto desde un punto de vista ecológico que ayuda a prevenir la contaminación evitando el desperdicio de materia prima.

## **1.9. RECICLAJE DE PLÁSTICO**

### **1.9.1 Factores que afectan al reciclado de los plásticos**

El investigador CHAUSIN M, expresa que:“la vida de un envase o material plástico no es infinita. Por mucho que se alargue su vida útil mediante el reciclado su destino final es la incineración o el vertedero. Solo en algunos casos, únicamente el reciclado químico permite una pseudoimmortalidad, especialmente en aquellos en los que es aplicable la despolimerización con generación de los monómeros de partida”.(Pág.111)

De acuerdo con el autor, las botellas de plástico tienen un tiempo limitado de vida útil si este no es reciclado, por tal motivo hay que tomar en cuenta que el tratamiento que se le da a los residuos plásticos viene determinado por una serie de factores de muy distinta naturaleza, en muy pocos casos tecnológicos, y entre los que habría que destacar la disponibilidad de terrenos aptos para su uso como vertederos controlados, legislación medioambientales apoyos y subvenciones de autoridades gubernamentales, regionales y locales, etc.

En algunas partes del mundo los residuos son enterrados, en otros, se incineran como es el caso del país de Japón. Estas tendencias, son una forma de búsqueda a una solución a corto plazo.

El reciclado químico, hoy prácticamente en vías de implementación, es forma importante del reciclaje. Las unidades de incineración de residuos con generación de calor o electricidad son un valioso medio de explorar, debido al alto contenido energético de los plásticos, con poder calorífico intermedio entre el petróleo y el carbón.

Es necesario enfatizar que las presiones sociales, a través de las reglamentaciones políticas en materia de medio ambiente, son un factor decisivo en el futuro del reciclado de los plásticos.

Hay países que poseen programas de Eco- Emballages y Valorplast con el fin de la eliminación de los residuos, lo cual se contempla como una responsabilidad

exclusiva de las autoridades locales que deberán establecer recogidas selectivas para los productos del sector del embalaje.

También en el sector del automóvil en muchos países como Alemania, en su Directiva se contempla que, los nuevos modelos de automóviles habrán de utilizar en su fabricación un 50% de plásticos reciclados. Además, establecieron una serie de normas básicas tales como:

1. Los fabricantes y vendedores, o sus representantes, están obligados a hacerse cargo de los vehículos al final de su vida útil, y sin coste.
2. Los materiales procedentes de vehículos usados deben reciclarse tan rápidamente como sea posible.
3. La industria y los comerciantes han de adquirir los medios necesarios para desmantelar los vehículos viejos y dar salida a los residuos no reutilizables.
4. Los nuevos productos han de diseñarse con vistas a su reciclado.

En la economía del reciclado de plásticos es de especial importancia, los problemas logísticos que se relacionan con la recogida y transporte de los residuos. La facilidad para su separación será función directa de la complejidad en la composición de los mismos.

Por lo antes mencionado, no es de extrañar que; salvo excepciones, las compañías no aborden el reciclado de forma individual e independiente, sino a través de proyectos comunes y dentro de organizaciones a nivel nacional.

Actualmente no existe una forma adecuada para el manejo y control de residuos plásticos por esa razón la iniciativa que estamos planteando ayuda a la conservación del medio Ambiente.

## 1.9.2 Etapas para reciclar el plástico:

### Etapa: 1

**Recolección:** Todo sistema de recolección diferenciada que se implemente descansa sobre un principio fundamental, que es la separación de los residuos en dos grupos básicos:

- a) Residuos orgánicos
- b) Residuos inorgánicos

Dentro de la bolsa de los residuos orgánicos irían los restos de comida, de jardín, mientras que en la otra bolsa irían los metales, madera, plásticos, vidrio, aluminio.

Estas dos bolsas deberán ser colocadas en la vía pública y serán recolectadas en forma diferenciada, posibilitando de esta manera que se encaucen hacia sus respectivas formas de tratamiento.

### Etapa: 2

**Centro de reciclado:** En el centro de reciclado se reciben los residuos plásticos mixtos compactados en fardos que luego son almacenados a la intemperie. Para el mayor conocimiento, es necesario decir, que existen limitaciones para el almacenamiento prolongado en estas condiciones, debido a que la radiación ultravioleta puede afectar a la estructura del material, por lo que es aconsejable no tener el material expuesto más de tres meses a la intemperie.

Según el autor CAREAGA Juan A. (2008, Pág.16.) Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes, se han identificado cuatro problemas principales en el reciclaje del PET:

- Recolección, selección y almacenamiento.
- Volumen requerido para que sea factible la operación.
- Inexistencia de capacidad instalada para reciclar.

- Inexistencia de mercados de usuarios finales para el material reciclado.

El problema central para el reciclaje del PET, al igual que para todos los productos plásticos ligeros, es la recolección, la separación de otros componentes de los residuos y el almacenamiento.

El PET reciclado incluye los siguientes usos:

- Una gran variedad de bienes caseros, desde juguetes hasta tapas de aerosoles.
- Producción de fibra para ropa, bases de alfombras, cuerdas, velas de barco.
- Envases no sanitarios, tanto en forma de botella como extruidos.
- Un método reciente para introducir una capa de PET reciclada entre dos capas de PET virgen permite que este material extruido si pueda usarse en la producción de envases para alimentos y bebidas”.

### **Etapas: 3**

**Clasificación:** Luego de realizar la recepción, entonces se pasa a efectuar una clasificación de los productos por tipo de plástico y color. La clasificación se puede realizar manualmente, pero se han desarrollado tecnologías de clasificación automática, que ya se utilizan en países desarrollados y de este modo se evitan enfermedades. Claro que este proceso se ve facilitado si existe una entrega diferenciada del material, lo cual podría hacerse con el apoyo y promoción por parte de los dirigentes en este caso municipales o del lugar que sea.

#### **1.9.3 Sistema de reciclaje**

Se define como una instalación con diversos equipos ligados en serie y que permiten el tratamiento completo del residuo hasta la obtención de un producto capaz de ser reutilizado como materia prima. Esta instalación está compuesta por módulos con funciones independientes interaccionadas para alcanzar el resultado

pretendido. Pasamos a continuación a describir un ejemplo de una instalación base para reciclaje de plástico usado y con productos contaminantes.

Se abordará las siguientes fases del proceso:

### **1. Trituración**

Dependiendo de los materiales a tratar se pueden utilizar dos o tres fases de trituración, clasificándolas como: Pre trituración o desgarrado, trituración media y trituración final o de afinase. Cuando el residuo sea de grandes dimensiones, o se presente en balas o fardos, es utilizada en una fase anterior, una guillotina para corte en trozos que faciliten su pre-trituración.

### **2. Lavado o descontaminación**

En esta fase se pretende liberar el material de los contaminantes que lo acompañan, sea tierra (en filmes agrícolas u otros), sean restos de productos diversos (en los embalajes), papel, colas o incluso materias plásticas no compatibles. Los equipos utilizados en esta fase varían conforme a los materiales a tratar, y pueden actuar aisladamente o en conjunto para obtener el mejor resultado. Nos referimos a balsas de lavado y decantación, lavadoras con centrifugación e incluso trommel de lavado.

### **3. Secado**

El material triturado y lavado transporta consigo cantidades considerables de agua que, a pesar de irse separando en los sinfines de transporte que hacen de unión de los diversos equipos del sistema y que son dotados de fondos en chapa perforada para facilitar esa separación, es necesario retirarla para que el material sea tratado, en la fase siguiente, por la extrusora, granceadora o peletizadora. Esta operación es ejecutada por centrifugadoras de alta rotación en cubas de chapa perforada permitiendo la salida de los líquidos y otras impurezas que se separan en el proceso de centrifugación.

#### 1.9.4 Reciclado Mecánico

Para comenzar, se debe señalar que el reciclado mecánico es muy difundido en la opinión pública en general, no obstante, este proceso es insuficiente por sí solo para dar cuenta de la totalidad de los residuos plásticos.

El reciclado mecánico es conocido como un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización.

Evidentemente, los plásticos que son reciclados mecánicamente provienen de dos grandes fuentes:

1. De los procesos de fabricación, o sea, los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. A esta clase de residuos se la denomina scrap. El scrap es más fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación como el termo formado generan el 30-50% de scrap, que normalmente se recicla.

Los provenientes de la masa de residuos sólidos urbanos. Estos a su vez, se dividen en tres clases:

- a) **Residuos plásticos de tipo simple:** los que han sido clasificados y separados entre sí, los de distintas clases.
- b) **Residuos mixtos:** los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí.
- c) **Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos:** los que están mezclados con papel, cartón, metales.

#### 1.9.5 Reciclado Químico

Cuando se habla de reciclaje químico, se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas o rotas dando origen nuevamente a la materia prima básica que puede ser reutilizada para fabricar nuevos plásticos.

Gracias a la industria petroquímica, el reciclado químico comenzó a ser desarrollado con el objetivo de lograr las metas propuestas para la optimización de recursos y recuperación de residuos plásticos en este caso. Es conocido que algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, o sea, que pueden tomar residuos plásticos mixtos reduciendo de esta manera los costos de recolección y clasificación. Dando como resultado, el origen a productos finales de muy buena calidad.

Existen variados procesos entre ellos los principales son:

#### **1.9.6 Pirolisis**

Es el craqueo o roturas de las moléculas por calentamiento en el vacío. Proceso que genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego también procesados en refinerías.

#### **1.9.7 Hidrogenación**

Es el tratamiento con hidrógeno y calor que en este caso se les da a los plásticos, en donde las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.

#### **1.9.8 Gasificación**

Se calientan los plásticos con aire o con oxígeno. A través de este procedimiento, también se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e

hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo, etc.

#### **1.9.10 Chemolysis**

Este es un proceso que se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Este proceso requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. El mismo consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.

#### **1.9.11 Metanólisis**

Es un avanzado proceso de reciclado, el cual consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para luego producir resina virgen. Se conoce que varios productores de polietilentereftalato intentan desarrollar este proceso para utilizarlo en las botellas de bebidas carbonadas.

Las experiencias desarrolladas por empresas como Hoechst-Celanese, DuPont e Eastman han demostrado que los monómeros resultantes del reciclado químico son lo suficientemente puros para ser reutilizados en la fabricación de nuevas botellas de PET.

#### **1.10 Plástico tipo PET**

GUTIÉRREZ M, expresa que: “Es el plástico que se utiliza para hacer las botellas de envase de refresco transparente y se denomina PET (polietileno de tereftalato)”. (Pág. 22)

De acuerdo al autor es el plástico más habitual de envases de alimentos y bebidas. Por ejemplo, botellas y botellines de agua mineral.

El PET, una vez reciclado, se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y, ocasionalmente, en nuevos envases de alimentos.

Es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan el PET y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales.

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termo conformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con esto se logra una mayor transparencia, la razón de su transparencia al enfriarse rápido consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente.

Según Ujat (2008, pág. 385) en su libro titulado Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2006 expresa que “Uno de los plásticos que más se desechan es el polietilentereftalato, PET, utilizado en la fabricación de botellas para envasar bebidas. La combustión de PET y otros plásticos pueden ocasionar la generación de sustancias sumamente tóxicas y persistentes en el medio ambiente como la dioxinas, entre otras”.

En concordancia con el autor el plástico PET es uno de los más utilizados en el mundo y es uno de los más tóxicos que desprende ciertas sustancias al medio ambiente muy perjudiciales para este y las personas, por tal motivo es de suma importancia que este tipo de plástico sea reciclado totalmente con la finalidad de volver a utilizarlos.

### **1.11 Justificación**

Es de carácter interesante la implementación de una máquina de moler plástico para la carrera de ingeniería electromecánica porque a más de constituir un reto, mejorará la misma aportando significativamente al desarrollo académico, siendo trascendente en el ámbito tecnológico con mayor funcionalidad y generará el aumento de conocimiento para los estudiantes, además la tecnología y el ser humano van de la mano orientándose hacia el éxito de una empresa o institución determinada, es decir la inexistencia de una máquina trituradora de plástico PET, no permite el desarrollo eficiente del conocimiento académico en la UTC, Esta iniciativa será una de las ejemplares que servirá como modelo para las demás microempresas de la Provincia; Por estas razones es de vital importancia que para efectos de este trabajo, la máquina de moler plástico en la microempresa sirva como elementos fundamental del desarrollo socio económico del Cantón Salcedo.

Este tipo de investigaciones es factibles ya que no se requiere de grandes recursos económicos. Tomando en cuenta los aspectos industriales, económicos y sociales, se puede decir que la realización de esta investigación aportara grandemente en el desarrollo académico de los estudiantes, ya que la microempresa muestra un interés valioso en impulsar la iniciática tecnológica sostenible y sustentable. Además, este proyecto es original ya que se cuenta con los conocimientos técnicos adquiridos en la UTC. Se cuenta con los recursos materiales que existen en el mercado y lo más importante con el apoyo técnico de los docentes encargados de la asesoría, en lo que se refiere a recursos económicos necesarios para la adquisición de materiales y finalmente recursos humanos que servirá de ayuda para la ejecución de esta implementación. Por lo expuesto, tomando en cuenta los factores antes descritos se pretende elaborar un diseño y construcción de una máquina trituradora de plástico, que se convertirá en una herramienta útil que beneficiara a la microempresa de reciclaje “Santa Anita” sobre todo a los estudiantes de la carrera, ya que la UTC se constituirá en la universidad de

excelencia de tipo “A” que ayudará a mantener el prestigio altivo, los mismos que son esenciales para el desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de los estudiantes que en ella cursan.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 Documental – bibliográficas**

La presente investigación adquiere una modalidad bibliográfica ya que la misma consiste en la adquisición de conocimiento como lo es la aplicación de diseño y construcción de una MÁQUINA PARA MOLER PLÁSTICO PET PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE "SANTA ANITA", siendo este tema el que determinó la veracidad y la certeza de la información obtenida para el capítulo anterior que su contenido hace referencia al marco teórico.

Se utilizó este método ya que la investigación se la utilizo también archivos, libros, revistas medios de consulta como el internet.

##### **2.1.2 De campo**

También adquiere una modalidad de investigación de campo ya que se estudiará en el lugar de los hechos y la realidad de los problemas que hay en DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER PLÁSTICO PET PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE "SANTA ANITA"

##### **2.1.3 Experimental**

Finalmente se aplicará este método de investigación denominada la experimental ya que probará el funcionamiento adecuado de la máquina trituradora de plásticos PET en la microempresa de reciclaje "Santa Anita." Este método nos ayuda a hacer operaciones para descubrir, comprobar y demostrar el proceso de cambio de la materia por medio de la trituración.

## 2.2 TIPOS NIVELES DE INVESTIGACIÓN

### 2.2.1 Exploratoria

La investigación se considera de tipo exploratoria teniendo en cuenta que está permite documentar el objeto de estudio de la forma que sea posible, y cuya finalidad es describir las teorías existentes. Teniendo en cuenta teorías existentes en el objeto del estudio de reciclaje.

### 2.2.2 Descriptiva

El presente trabajo de investigación se cataloga de tipo descriptivo porque detalla fenómenos, situaciones, contextos y eventos cómo son y cómo se manifiestan en el caso particular la aplicación de las encuestas de Diseño y Construcción y su incidencia en el reciclaje.

La presente investigación tiene una estrecha relación con la hipótesis afirmativa que menciona que la construcción de una máquina de moler plásticos PET, si incide en el desarrollo de la microempresa “Santa Anita” del barrio la Economía del Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi.

### 2.2.3 Muestra

La población actual de los empleados es de 45 personas por lo tanto no se aplica ninguna fórmula de muestreo, es decir se aplicará a toda la población la encuesta debido a que el número de población es reducida.

**Tabla N° 1.** Población y Muestra

INFORMANTES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Empleados de la empresa	45	
<b>TOTAL</b>	45	100%

**Fuente:** Microempresa de reciclaje Santa Anita

## **2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Luego de la recolección de la información, los datos obtenidos serán presentados de manera estadística, para posteriormente realizar un análisis e interpretación.

Para realizar este trabajo se utilizó diagramas de pastel, los mismos que están representados en forma gráfica, a la vez que estos permitirán organizar y clasificar los indicadores cuantitativos obtenidos en las encuestas de la investigación de DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER PLÁSTICO PET PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE "SANTA ANITA"

### **2.3.1 Encuesta**

En la investigación se utilizó la encuesta ya que se obtendrá información sobre el empleo de Diseño y Construcción en reciclaje. La técnica será la estructurada que permitirá constatar de un formulario de preguntas previamente organizadas.

### **2.3.2 Observación**

Este método contribuyó al desarrollo de la investigación dando a conocer información directa del objeto de estudio.

### **2.3.3 Cuestionario**

Se utilizó el cuestionario dirigido a la comunidad educativa, enfocado a las variables independiente y dependiente de DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER PLÁSTICO PET PARA LA MICROEMPRESA DE RECICLAJE "SANTA ANITA"

## 2.4ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS. (ENCUESTA)

**Pregunta N° 1.- ¿Existe alguna clasificación para el tipo de plástico que se almacena en la microempresa Santa Anita?**

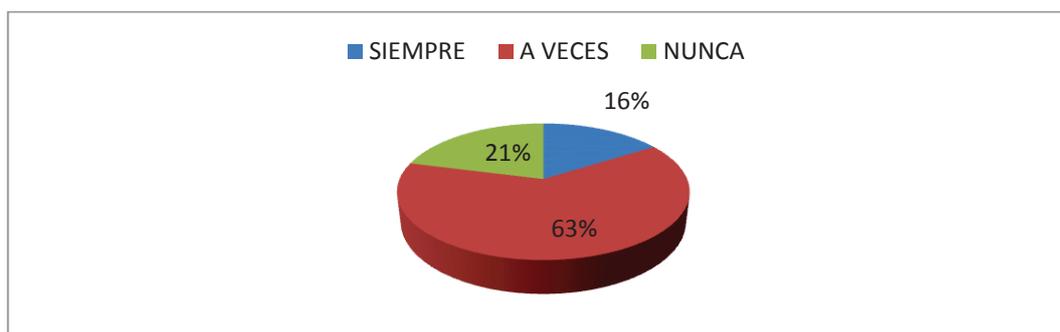
**Tabla N° 2**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
SIEMPRE	7	16%
A VECES	28	63%
NUNCA	10	21%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 8**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** La investigación indica que de 45 personas los 7 encuestados manifiestan que siempre existe alguna clasificación para el tipo de plástico que se almacena en la microempresa Santa Anita, los 28 señalan que a veces y los 10 de la unidad de estudio nunca.

**Interpretación:** Al no realizar una clasificación diaria de acuerdo al tipo de plástico se evidencia la falta de organización de los trabajadores disminuyendo la calidad del material reciclado y por ende su precio es más bajo en el mercado.

**Pregunta N° 2.- ¿Existe alguna máquina de reciclar plástico en la microempresa de Santa Anita?**

**Tabla N° 3**

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
SI	3	7%
NO	35	78%
DESCONOZCO	7	15%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 9**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** Se observa que de 45 personas los 3 encuestados manifiestan que si existe alguna máquina de reciclar plástico en la microempresa de Santa Anita, 35 señalan que no y 7 de la unidad de estudio desconoce.

**Interpretación:** Al no contar con una máquina de reciclaje de plástico el espacio que ocupan estas botellas causa un grado de contaminación visual y disminución de la capacidad operativa de la planta y por ello baja la productividad.

**Pregunta N° 3.- ¿Se desperdicia los espacios por acumulación de botellas?**

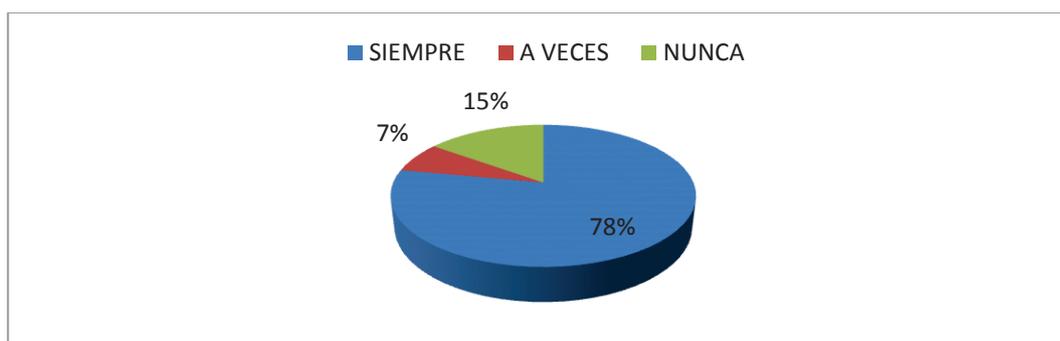
**Tabla N° 4**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
SIEMPRE	35	78%
A VECES	3	7%
NUNCA	7	15%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 10**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** De la población total de 45 los 35 encuestados manifiestan que siempre se desperdicia los espacios por acumulación de botellas, 3 señalan que a veces y 7 de la unidad de estudio nunca.

**Interpretación:** Para la acumulación de botellas se necesita contar con un espacio físico de grandes dimensiones debido al volumen de las botellas, este espacio se vería optimizado al implementar la máquina para moler PET.

**Pregunta N° 4.- ¿Existe plagas donde se almacena las botellas de reciclaje en la microempresa?**

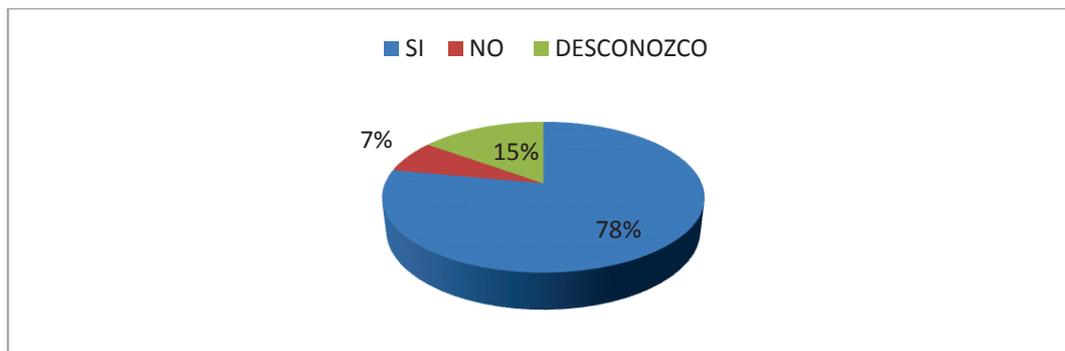
**Tabla N° 5**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	35	78%
NO	3	7%
DESCONOZCO	7	15%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 11**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** Se determina que de 45 personas los 35 encuestados manifiestan que si existe plagas donde se almacena las botellas de reciclaje en la microempresa, 3 señalan que no y 7 de la unidad de estudio desconozco.

**Interpretación:** El almacenamiento de botellas recicladas genera espacios donde proliferan plagas generando un problema para la microempresa ya que estas pueden ser perjudiciales para la salud de los empleados y también deteriorar las botellas.

**Pregunta N° 5.- ¿Cada que tiempo se realiza un movimiento de los envases de plásticos PET en el centro de acopio?**

**Tabla N° 6**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
1 VEZ POR SEMANA	12	27%
DOS VECES POR SEMANA	20	45%
TRES VECES POR SEMANA	13	28%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 12**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** Se analiza que de 45 personas los 12 encuestados manifiestan que 1 vez por semana cada que se realiza un movimiento de los envases de plásticos PET en el centro de acopio, 20 señalan que dos veces por semana y 13 de la unidad de estudio tres veces por semana.

**Interpretación:** El movimiento de los envases reciclados se dificulta debido al gran volumen, necesitando así varias horas para cumplir con el objetivo por lo que esta actividad resulta muy necesaria y no se la realiza con mucha frecuencia.

**Pregunta N° 6.- ¿Con que frecuencia se hace un saneamiento contra las plagas, que genera el almacenamiento de botellas plásticas?**

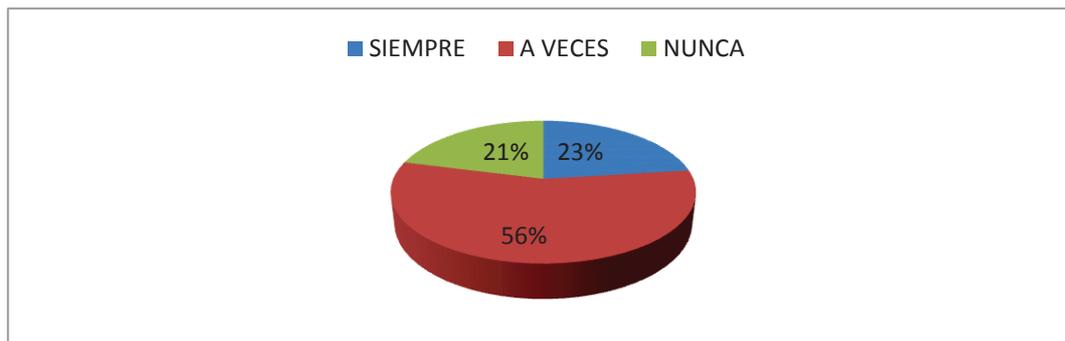
**Tabla N° 7**

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
SIEMPRE	10	23%
A VECES	25	56%
NUNCA	10	21%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 13**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** La investigación indica que de 45 personas encuestadas, 10 manifiestan que siempre se hace un saneamiento contra las plagas que genera el almacenamiento de botellas plásticas, 25 señalan que a veces y 10 de la unidad de estudio nunca.

**Interpretación:** A las plagas que se generan por el almacenamiento de envases reciclados no se le da una correcta solución entendiéndose que hace falta un cronograma de control de plagas y una mejor optimización del espacio físico.

**Pregunta N° 7.- ¿Existe métodos para evitar la acumulación de botellas plásticos PET en grandes espacios?**

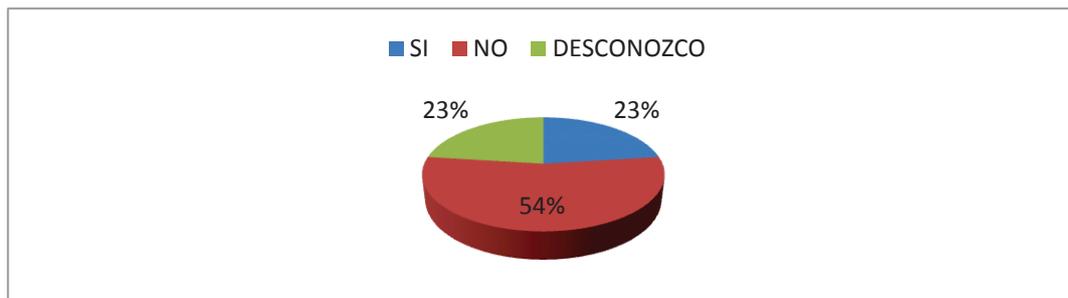
**Tabla N° 8**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	10	23%
NO	24	54%
DESCONOZCO	11	23%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 14**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** Es importante denotar de 45 personas los 10 encuestados manifiestan que si existe métodos para evitar la acumulación de botellas plásticos PET en grandes espacios, 24 señalan que no y 11 de la unidad de estudio desconozco.

**Interpretación:** La falta de conocimiento en los trabajadores implica que se lleve a cabo un solo método de almacenamiento de las botellas recicladas, pero este método no es tan eficaz ya que denota muchas falencias, por lo cual cambiaremos la forma de acopio del material reciclado.

**Pregunta N° 8.- ¿Está de acuerdo que se siga reciclando el plástico PET que acumula la microempresa de Santa Anita en otra empresa?**

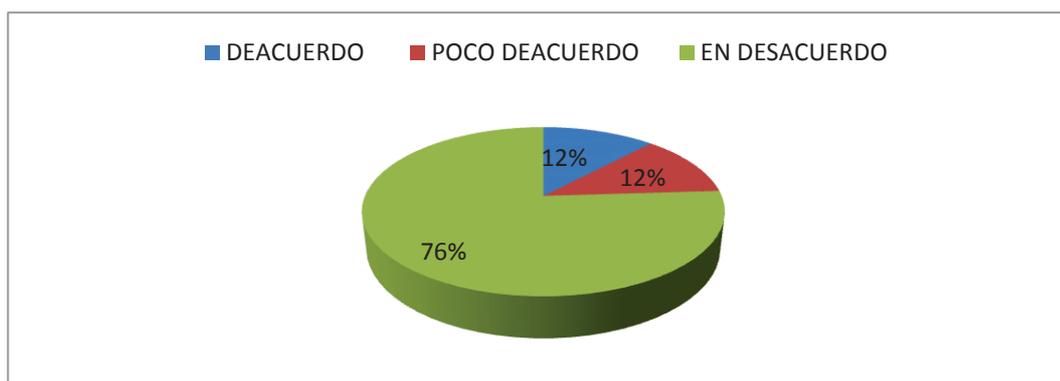
**Tabla N° 9**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
DEACUERDO	5	12%
POCO DEACUERDO	5	12%
EN DESACUERDO	35	76%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 15**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** Se puede determinar que de 45 personas los 5 encuestados manifiestan que está de acuerdo que se siga reciclando el plástico PET que acumula la microempresa de Santa Anita en otra empresa, 5 señalan que poco de acuerdo y 35 de la unidad de estudio en desacuerdo.

**Interpretación:** Se necesita cambiar la capacidad operativa de la planta con un método que disminuya espacio y volumen para los envases reciclados de tipo PET.

**Pregunta N° 9.- ¿Está de acuerdo que se agilice el ciclo de reciclaje de las botellas de plásticos PET en la microempresa Santa Anita?**

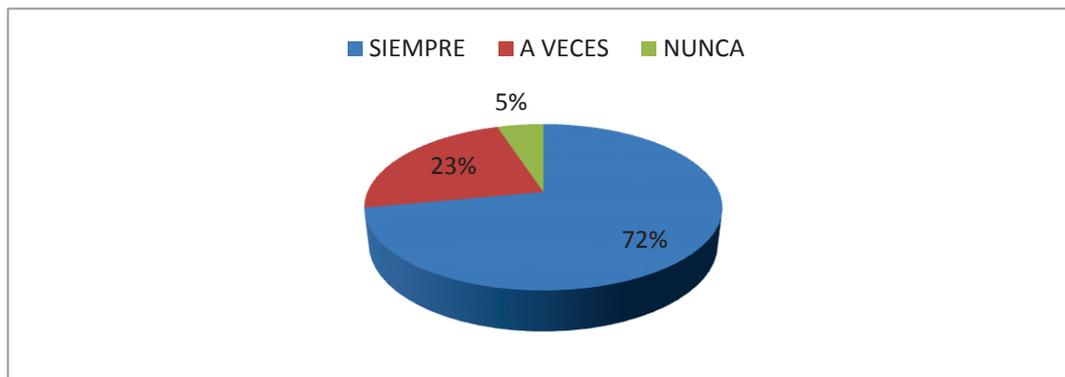
**Tabla N° 10**

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
SIEMPRE	32	72%
A VECES	10	23%
NUNCA	3	5%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 16**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** El análisis indica que de 45 personas los 32 encuestados manifiestan que siempre están de acuerdo que se agilice el ciclo de reciclaje de las botellas de plásticos PET en la microempresa Santa Anita, 10 señalan que a veces y 3 de la unidad de estudio nunca.

**Interpretación:** Al agilizar el proceso de reciclaje de envases tipo PET mediante una máquina se reduce el esfuerzo humano, se optimiza el tiempo y se obtiene mayor utilidad.

**Pregunta N° 10.- ¿Considera necesario que se implemente un molino de plástico para el reciclaje dentro de la microempresa?**

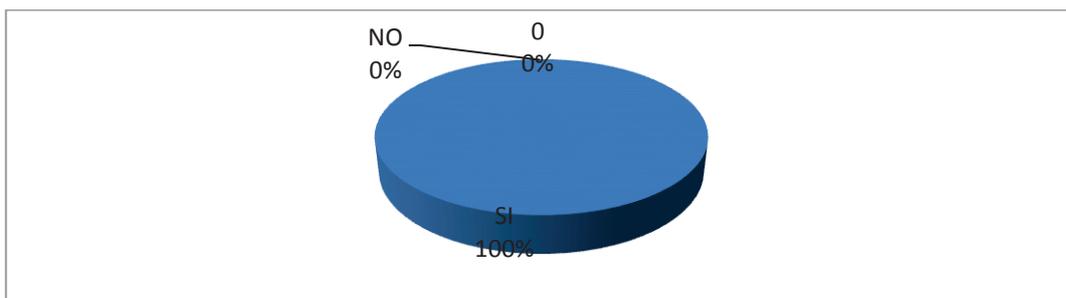
**Tabla No. 11**

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	45	100%
NO	0	0%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Gráfico N° 17**



**Fuente:** Trabajadores de la Microempresa Santa Anita

**Elaborado por:** Los Investigadores

**Análisis:** Se puede determinar que de 45 personas los 45 encuestados manifiestan que si considera necesario que se implemente un molino de plástico para el reciclaje dentro microempresa, 0 señala que no.

**Interpretación:** La implementación de una máquina para moler plástico PET beneficiaria a la microempresa de reciclaje “Santa Anita” y a sus trabajadores por lo que nuestro proyecto este encaminado a realizarse de forma práctica y así aplicar los conocimientos adquiridos en la Universidad.

## 2.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**Tabla N° 12.**Recolecciones de Información

N°	PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1	¿Para qué?	Para cumplir con los objetivos de la investigación y proponer una solución al problema.
2	¿De qué personas u objetos?	Dueños, empleados y Localidad del Barrio Económico.
3	¿Sobre qué aspectos?	Diseño y construcción de una máquina de moler plásticos P.E.T.
4	¿Quién? ¿Quiénes?	Sr: Diego Armando PilatasigLasluisa Sr: Freddy Rodolfo Pozo Correa y el Ing. Milton Herrera.
5	¿Cuándo?	Se realizará entre los meses comprendidos desde Septiembre 2013 hasta Abril del 2014
6	¿Dónde?	En elbarrio Económico del CantónSalcedo.
7	¿Cuántas veces?	Una vez
8	¿Qué técnicas de recolección?	Encuesta
9	¿Con qué instrumentos?	Cuestionario estructurado
10	¿En qué situación?	En el sitio de trabajo de los investigados

**Fuente:** Elaborado por los Investigadores (2014)

## 2.6. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El proceso consta de las siguientes etapas:

- Revisión crítica de la información
- Etapa depurativa (eliminación de información incompleta, defectuosa, incorrecta, no pertinente, etc.).
- Tabulación y ordenamiento a través de gráficos.
- Análisis e interpretación objetiva
- Verificación de hipótesis
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

## 2.7. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

### 2.7.1 Verificación de Hipótesis

Para el presente trabajo investigativo se utilizará el método estadístico conocido como chi cuadrado ( $X^2$ ), obtener la información para aceptar o rechazar la hipótesis

**H0.** El diseño y construcción de una máquina demoler plásticos P.E.T, **NO** inciden en el desarrollo de la microempresa Santa Anita del Barrio Económico del Cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi.

**H1.** El diseño y construcción de una máquina demoler plásticos P.E.T, **SI** inciden en el desarrollo de la microempresa Santa Anita del Barrio Económico del Cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi.

### 2.7.2 Selección del nivel de significación

Para la verificación de la hipótesis se utilizó el nivel de  $\alpha=0.01$

### 2.7.3 Descripción de la población

Se ha tomado como referencia para la investigación de campo con una población total de 45 empleados a quienes se empleó una encuesta a través de un cuestionario constituida.

### 2.7.4 Especificación del estadístico

Para lo cual se expresará un cuadro de contingencia de 3 filas y 3 columnas con el cual se determinará las frecuencias observadas, utilizando la siguiente fórmula

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \text{ donde:}$$

$X^2$  = chi o ji cuadrado

$\sum$  = Sumatoria

O = Frecuencia Observada

E = Frecuencia Esperada.

### 2.7.5 Especificación de las regiones de aceptación y rechazo

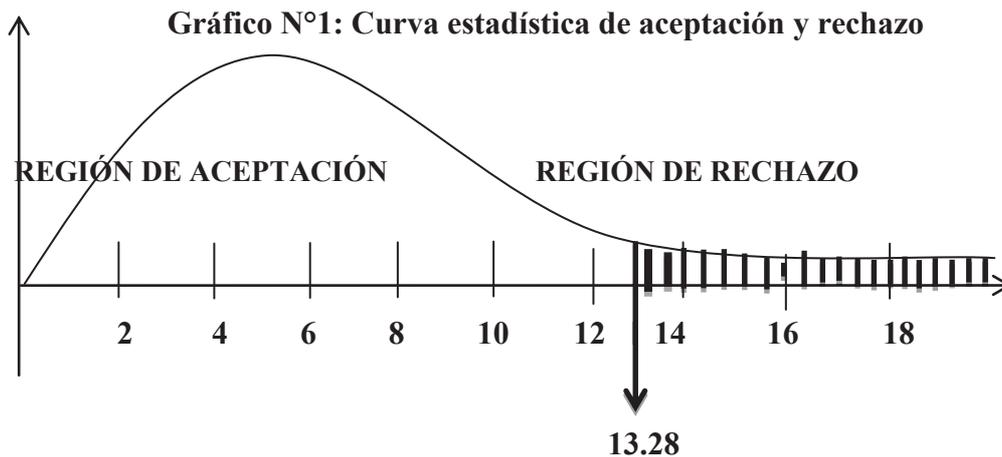
Se procede a determinar los grados de libertad considerando que el cuadro consta de 3 filas y 3 columnas.

**Tabla N° 13.** Grados de Libertad

GRADOS DE LIBERTAD		
Gl	FILAS	COLUMNAS
Gl	(3-1)	(3-1)
Gl	2	2
Gl	2*2	
Gl	4	$\chi^2 T = 13.28$

**Elaborado por: Los investigadores (2014)**

Entonces con 4 gl y un nivel de 0.01 tenemos en la tabla de  $X^2$  el valor de 13.28 por consiguiente se acepta la hipótesis nula para todo valor de ji cuadrado que se encuentra hasta el valor 13.28 y se rechaza la hipótesis nula cuando los valores calculados son mayores de 13.28. La representación gráfica sería:



Elaborado por: Los Investigadores (2014)

### 2.7.6 Recolección de datos y cálculos de lo estadístico

**Tabla N° 14.** Frecuencias Observadas

PREGUNTA	CATEGORIAS			SUBTOTAL
	SIEMPRE	AVECES	NUNCA	
1.- ¿Existe alguna clasificación para el tipo de plástico que se almacena en la microempresa Santa Anita?	7	28	10	<b>45</b>
	SI	NO	DESCONOCE	
7.- ¿Existe métodos para evitar la acumulación de botellas plásticos PET en grandes espacios?	10	24	11	<b>45</b>
	SI	NO	DESCONOCE	
10.- ¿Considera necesario que se implemente un molino de plástico para el reciclaje dentro de la microempresa?	45	0	0	<b>45</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>62</b>	<b>52</b>	<b>21</b>	<b>135</b>

Elaborado por: Los investigadores (2014)

## FRECUENCIAS ESPERADAS

**Tabla N° 15.**Frecuencias Esperadas

PREGUNTA	CATEGORIAS			SUBTOTAL
	SIEMPRE	AVECES	NUNCA	
1.- ¿Existe alguna clasificación para el tipo de plástico que se almacena en la microempresa Santa Anita?	20,67	17,33	7	<b>45</b>
	SI	NO	DESCONOCE	
7.- ¿Existe métodos para evitar la acumulación de botellas plásticos PET en grandes espacios?	20,67	17,33	7	<b>45</b>
	SI	NO	DESCONOCE	
10.- ¿Considera necesario que se implemente un molino de plástico para el reciclaje dentro de la microempresa?	20,67	17,33	7	<b>45</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>62</b>	<b>52</b>	<b>21</b>	<b>135</b>

Elaborado por: Los investigadores (2014)

## CALCULO DE JI CUADRADO

**Tabla N° 16.**Chi Cuadrado Calculado

O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> / E	
7	20,67	-13,67	186,87	9,04	
28	17,33	10,67	113,85	6,57	
10	7	3	9,00	1,29	
10	20,67	-10,67	113,85	5,51	
24	17,33	6,67	44,49	2,57	
11	7	4	16,00	2,29	
45	20,67	24,33	591,95	28,64	
0	17,33	-17,33	300,33	17,33	
0	7	-7	49,00	7,00	
<b>135</b>	<b>135</b>			<b>80.24</b>	<b>X<sup>2</sup>C</b>

Elaborado por: Los investigadores (2014)

Por lo tanto con 4 grados de libertad y a nivel 0.01 de significación la tabla de  $X^2T= 13.28$  y con el valor de ji cuadrado calculado es  $X^2C = 80.24$  se encuentra fuera de la región de aceptación, entonces se rechaza la hipótesis nula por lo que se acepta la hipótesis alternativa que dice “El diseño y construcción de una máquina de moler plásticos P.E.T, **SI** inciden en el desarrollo de la microempresa Santa Anita del Barrio Económico del Cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi.

## 2.8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### 2.8.1 Variable Independiente: Máquina trituradora de plástico

Tabla N° 17. Variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El Molino es un aparato que recibe el plástico por la parte superior, va cayendo poco a poco hasta llegar a su centro, el cual consta de un espacio con una pieza giratoria de acero –aleado con wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que le proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad que al girar rápidamente hace la función la cuchilla, de cortar el plástico en pequeños pedazos listos para ser usados y procesados nuevamente.	Clasificación de molinos: Triturador de plástico. Triturador de 2 y 4 ejes Cuchilla Monomotor Combinado Especial	Tipos de plásticos Clasificación de plásticos 65% de eficiencia Volumen de espacio reducido el 75%. Incomodidad de desempeño laboral. Rendimiento de 80%. Acumulación de mosquitos Incremento de 35 % de enfermedades.	1.- ¿Existe alguna clasificación para el tipo de plástico que se almacena en la microempresa Santa Anita? Siempre ( ) a veces ( ) Nunca ( ) 2.- ¿Existe alguna máquina de reciclar plástico en la microempresa de Santa Anita? Si ( ) No ( ) 3.-¿Se desperdicia los espacios por acumulación de botellas? Si ( ) No ( ) 4.- ¿Existe plagas donde se almacena las botellas de reciclaje en la microempresa? Si ( ) No ( ) Desconoce ( ) 5.- ¿Cada que tiempo se realiza un movimiento de los envases de plásticos PET en el centro de acopio? Una vez por semana ( ) dos vez por semana ( ) tres vez a la semana ( )	Técnicas: Encuestas aplicada al personal de la microempresa de reciclaje “Santa Anita”. Instrumentos: Cuestionario estructurado.
VON MEYSENBUG, Tecnología de plásticos para ingenieros, Editorial Hispano Europa, Múnich - Alemania, 2001				

Elaborado por: Los investigadores (2014)

## 2.8.2 Variable Dependiente: Microempresa de reciclaje

**Tabla N° 18.** Variable Dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS
<p>Es una serie de actividades, incluyendo recogida, la separación, y el procesado, mediante las cuáles los productos y otros materiales se recuperan desviándose de alguna manera de la corriente de residuos sólidos para ser utilizados en forma de materias primas en la producción de productos nuevos.</p> <p>CAPUZ, Rizo Salvador y GÓMEZ, Navarro Tomás (2002, pág. 146)</p>	<p>Actividades sanitarias en el proceso</p> <p>Desviación de materiales</p> <p>Materia prima</p>	<p>Saneamiento de plagas reduce al 25 %</p> <p>Reducción de espacio físico un 90%</p> <p>Entrega de materiales a terceros 15% de desvío.</p> <p>Restauración de materia prima acelerada 95%.</p>	<p>6.- ¿Con que frecuencia se hace un saneamiento contra las plagas, que genera el almacenamiento de botellas plásticas? Siempre ( ) a veces ( ) Nunca ( )</p> <p>7.- ¿Existe métodos para evitar la acumulación de botellas plásticos PET en grandes espacios? Si ( ) No ( ) Desconoce ( )</p> <p>8.- ¿Está de acuerdo que se siga reciclando el plástico PET que acumula la microempresa de Santa Anita en otra empresa? Acuerdo ( ) Poco de acuerdo ( ) desacuerdo ( )</p> <p>9.- ¿Está de acuerdo que se agilice el ciclo de reciclaje de las botellas de plásticos PET en la microempresa Santa Anita? Siempre ( ) a veces ( ) Nunca ( )</p> <p>10.- ¿Considera necesario que se implemente un molino de plástico para el reciclaje dentro de la microempresa? Si ( ) No ( ) Desconoce ( )</p>	<p>Técnicas: Encuesta aplicada al personal de la microempresa de reciclaje “Santa Anita”.</p> <p>Instrumento: Cuestionario estructurado.</p>

**Elaborado por:** Los Investigadores (2014)

## CAPITULO III

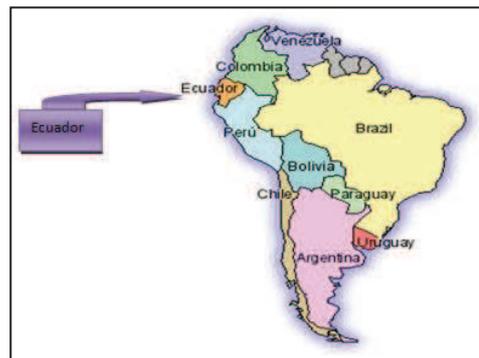
### DISEÑO DE LA PROPUESTA

**Tema:** Implementación de una máquina para moler plásticos P.E.T. para la microempresa de reciclaje “Santa Anita” ubicada en el Barrio Económico del Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi.

#### 3.1 Fundamentación

En la actualidad en el Ecuador encontramos sin número de microempresas que se dedica al reciclaje de materiales de plásticos, cauchos y metales; es decir aproximadamente 76 microempresas que tiene la misma función, pero únicamente existe contadas empresas que posee una máquina trituradora de plásticos PET ubicadas en grandes Ciudades como es en Quito, Guayaquil y Cuenca; por lo tanto la Provincia de Cotopaxi aún no cuenta con esta iniciativa innovadora y novedosa.

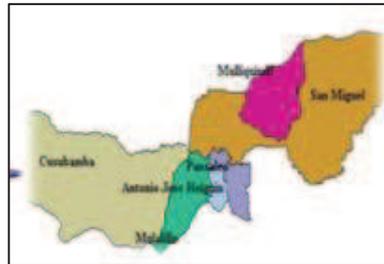
**Gráfico N° 19.** Macro localización



**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

Especialmente el Cantón Salcedo cuenta con 13 microempresas que almacenan plástico de forma empírica y utilizando un método de reducción de volumen por ende al implementar esta iniciativa en el sector la economía de la parroquia de Santa Ana del Cantón Salcedo se pretende ser un modelo a seguir por las demás es decir como un instrumento de investigación para las futuras generaciones.

**GráficoN° 20.**Meso localización



**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

La microempresa de reciclaje “SANTA ANITA” ubicada en la Provincia de Cotopaxi del Cantón Salcedo Parroquia Santa Ana sector la Economía, se dedica al reciclaje de plásticos desde hace varios años atrás, en un almacenaje empírico y rudimentario de este tipo de material, desperdiciando espacios y creando una guarida de roedores por los espacios huecos que forma la acumulación de botellas.

La Empresa necesita de manera urgente que este material plástico se compacte de alguna manera disminuyendo su espacio posicional de almacenamiento, lo que genera una necesidad urgente de adquirir algún sistema que pueda moler estos plásticos para disminuir espacios, y así contribuir al mejoramiento de impacto ambiental que produce el reciclaje de este tipo de material a través de la utilización de la Electromecánica, debido a esta necesidad surge la idea y originalidad del presente proyecto.

**GráficoN°21. Micro localización**



**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

### **Misión de la microempresa Santa Anita**

Contribuir responsablemente con el cuidado de nuestro medio ambiente en el manejo adecuado de sus residuos sólidos, generar fuentes de trabajo alternativo y mantener constante la esperanza de que con nuestra actividad evitemos la contaminación del planeta, ofreciendo soluciones ambientales técnicas en el manejo y disposición final de residuos reciclables.

### **Visión de la microempresa Santa Anita**

Alcanzar a través del trabajo, esfuerzo de sus colaboradores y gestión de sus directivos ser la empresa Ecuatoriana líder en los procesos de reciclaje, contribuir a la creación de una cultura de reciclaje en la sociedad.

### **Valores de la microempresa Santa Anita**

El trabajar con transparencia, entusiasmo y honestidad, ha logrado dar seguridad y confianza a nuestros clientes y proveedores.

Existe en los miembros de la empresa el compromiso de trabajar solidariamente, con mística de trabajo, poniendo al servicio del cliente su capacidad, talento y honradez.

### **3.2 Justificación**

El diseño y construcción de la máquina para moler plásticos de tipo PET para la microempresa de reciclaje “Santa Anita” ubicada en el Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi cobra gran importancia tecnológica porque se cuenta con los conocimientos necesarios para la ejecución del proyecto, además con la autorización y apoyo de la empresa para la implementación de esta máquina, a parte que posee una novedad científica puesto que es una manera de ayudar al mejoramiento del impacto ambiental para la zona en donde se realiza el acopio de envases, por lo que, el plástico por su composición, se degrada muy lentamente, es decir puede estar entre 400 – 500 años en un vertedero. Reciclarlo significa reducir su presencia y acumulación en vertederos, disminuyendo el volumen de basura acumulada. Por otra parte, se ahorra materia prima (petróleo y energía) y disminuye la contaminación del agua, puesto que la fabricación del plástico utiliza muchos productos químicos contaminantes y sirven como fuente de refugio de roedores e insectos.

Los beneficios de éste equipo son el de reducir la cantidad de material que se acumula en los espacios de almacenamiento de la microempresa de Santa Anita, ya que los materiales plásticos no tienen un peso elevado pero si ocupan un volumen considerable; otro beneficio muy importante también pudiera ser la generación de empleos o la capacitación de los empleados que ya trabajan en la microempresa.

En síntesis, se puede asegurar, que la problemática con el plástico PET es que su producción es muy elevada y que el reciclaje o reutilización de este, a nivel nacional, mundial, se podría considerar demasiado bajo, es por ello que se ha decidido trabajar en ésta área proponiendo el diseño de una trituradora (actualmente en vías de construcción) que tendrá la capacidad de triturar entre 2000-4000 kg de PET en dependencia del horario de trabajo que se establezca en la microempresa de Santa Anita.

### **3.3 Objetivos**

#### **3.3.1 General**

- Diseñar y construir una máquina para moler plásticos P.E.T, para la microempresa de reciclaje “Santa Anita” ubicada en el Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi.

#### **3.3.2 Específicos**

- Describir la Fundamentación teórica del diseño y construcción de una máquina para moler plásticos P.E.T, para la microempresa de reciclaje “Santa Anita”
- Seleccionar los elementos idóneos que permitirá visualizar el producto terminado que es una máquina para moler plásticos acorde a nuestra realidad y necesidad.
- Construir una máquina para moler plásticos P.E.T, para la microempresa de reciclaje “Santa Anita” con sus instructivos, planos, cálculos.

### **3.4 Análisis de Factibilidad Técnica**

De acuerdo a la investigación realizada, la Implementación de una máquina es factible ya que se tiene la predisposición de parte del ejecutor de la propuesta y también Dueños de la Microempresa Santa Anita, además no requiere de gastos elevados para la ejecución.

### **3.4.1 Factibilidad Social**

En el ámbito social, hay factibilidad ya que con esta propuesta se beneficiarán los dueños de la Microempresa, 45 empleados y mejoramiento de status de vida social del Barrio Económico del Cantón Salcedo. Sin ninguna excepción de genero estatus económicos, social, cultural, político, religioso, etc.

### **3.4.2 Factibilidad Económica**

La propuesta si es factible realizarlo ya que los gastos de investigación lo asumirá el propio investigador desde el inicio hasta cuando se realice una evaluación de la propuesta. Además la administración, directiva del Barrio y el líder de los Empleados, están dispuesto a participar de esta Implementación de una máquina de moler plásticos P.E.T, en el cual también se verán beneficiado todos en conjuntos.

### **3.4.3 Factibilidad Ambiental**

La ejecución de la propuesta no generara impactos negativos pues que se realizará en áreas limitadas y adecuadas para el público; conjuntamente se implementarán técnicas de bajo impacto para la ejecución del objeto de esta investigación, los efectos serán positivos ya que reducirá tiempo, espacio y conciencia ambiental en el entorno.

### **3.5 Desarrollo de la Propuesta**

#### **3.5.1 Reciclaje mecánico**

Se puede decir que el reciclar, representa uno de los mejores intentos de sanear el planeta en busca de un balance con el medio ambiente en el siglo XX. Se pueden mencionar como los beneficios del reciclado considerados como los más importantes los siguientes:

- La conservación de recursos,
- La reducción de contaminantes,
- Ahorros de energía,
- Creación de trabajos y menor necesidad de rellenos sanitarios e incineradores.

Mediante este proceso se recogen los plásticos de los procesos de fabricación de las diferentes industrias petroquímica o transformadora. El procesamiento de materiales plásticos utilizados consiste en trocear el material plástico para introducirlo posteriormente en una máquina para luego molerlo.

Este tipo de reciclado al que se refiere en este proyecto presenta dos problemas fundamental:

1. El plástico ya utilizado pierde parte de sus propiedades, lo que obliga a emplearlos en la fabricación de otro tipo de productos con menos exigencias;
2. La dificultad para separar los distintos tipos de plásticos es inminente.

Se debe conocer que el proceso de reciclado se puede realizar varias veces, pero considerando que cada vez que se desarrolla el mismo, el material tiende a perder entre los 5 y 10% de sus propiedades mecánicas, y estos se recuperan agregándole ciertos aditivos para restituirlos.

Mediante el reciclado mecánico también se pueden fabricar otros tipos de materiales derivados, como pudieran ser un ejemplo los aglomerados, teniendo en cuenta que este proceso genera también algunos residuos. Hay que reconocer, que estos aglomerados son útiles para aislamiento o para revestimiento de baja calidad.

### **3.5.2 Propiedades del PET**

A continuación se describen las propiedades y las características del plástico TEREFALATO DE POLIETILENO (PET).

- Alta rigidez y dureza
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes
- Superficie barnizable.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

El PET es un plástico técnico de gran calidad para numerosas aplicaciones.

Entre ellas destacan:

- Fabricación de piezas técnicas.
- Fibras de poliéster.
- Fabricación de envases.

Por ello, entre los materiales más fabricados destacan: envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos.

GráficoN° 22.Propiedades del PET

<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	
Absorción de agua - Equilibrio (%)	< 0,7
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,3 - 1,4
Índice refractivo	1,58 - 1,64
Inflamabilidad	Auto extinguable
Resistencia a los ultravioletas	Buena

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	
Coefficiente de fricción	0,2 - 0,4
Dureza – Rockwell	M94 – 101
Resistencia a la tracción (Mpa)	190 – 160
Resistencia al impacto (Jm <sup>-1</sup> )	13 – 35

<b>RESISTENCIA QUÍMICA</b>	
Ácidos concentrados	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Grasas y aceites	Buena
Halógenos	Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET Reciclado, 2004.

### **3.6 Diseño del equipo**

Para comenzar se debe argumentar, que a través del tiempo, la molienda de los materiales plásticos en específico, ha sido considerada muy importante para el reciclado de forma general; Antiguamente, la molienda de materiales plásticos no era una operación de alta tecnología pero en la actualidad, se han desarrollado equipos capaces de procesar grandes cantidades de material con gran eficacia.

Hoy en día, se han diseñado equipos que realizan en una sola etapa los procesos de lavado y triturado del plástico, aunque lo conveniente sería, desarrollar los procesos de lavado y triturado por separado.

Se puede añadir que en principio el desarrollo de una trituradora con características para moler cualquier volumen de plásticos, debe incluir una tolva diseñada para eliminar el ruido que se produce u ocasiona durante la molienda del plástico, se debe incluir también una criba que permite pasar las hojuelas de plástico con las dimensiones que se propongan como pueden ser por ejemplo, en una máquina que molera 275 kg/hr, las dimensiones de las hojuelas oscilarían entre 2" o  $\frac{3}{4}$ " según los criterios que sean requeridos.

Por lo general, los molinos diseñados para capacidades de 200-300 kg/hr y 300-500 kg/hr, contienen motores de 10, 15 y 30 hp respectivamente; éstos molinos son del tipo rotor abierto, posibilitando estas características moler las botellas de PET enteras sin la necesidad de aplastarlas antes de alimentarlas a la trituradora.

### **3.7 Características constructivas de un molino de plásticos**

#### **3.7.1 Cámara De Molienda**

Pueden ser construidas completamente con placas de acero rectificadas, de 6.35mm o ajustarse las medidas según el tamaño del mismo. Su diseño debe incluir un fácil acceso para una rápida y cómoda operación de limpieza.

### 3.7.2 Cuchillas

Deben ser fabricadas con un acero resistente que garantice una alta resistencia al impacto y la máxima durabilidad de los filos de corte, como lo es el acero D-2 con alto contenido de cromo y tratadas técnicamente a 58/59 rc.

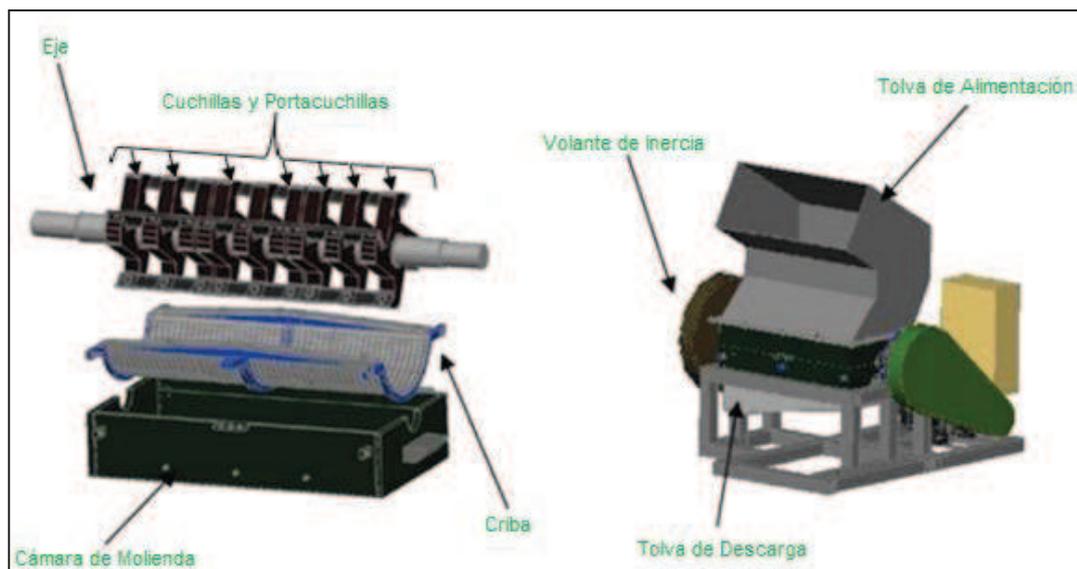
### 3.7.3 Poleas

Maquinadas de placa de acero, son sujetadas al rotor por medio de asiento cónico y cuñero de seguridad. Evidentemente, un adecuado efecto de inercia asegura una operación suave y uniforme.

### 3.7.4 Cribas

Es un sencillo sistema de sujeción que posibilita ser removidas en muy pocos segundos, se pueden fabricar en placas roladas de acero de alta calidad. Se pueden diseñar en diferentes diámetros de barrenos.

**GráficoN° 23.** Componentes de la Trituradora convencional



**Fuente:** Investigadores

La molienda del Polietileno de Tereftalato (PET) se debe realizar dentro de un molino de cuchillas giratorias, y estas cuchillas tienen como función triturar las botellas hasta convertirlas en hojuelas con dimensiones determinadas y específicas, estas cuchillas van unidas a portacuchillas; los portacuchillas a su vez van unidos a un eje rotatorio por medio de cuñas y colocado sobre un par de chumaceras; en un extremo del eje se encuentra acoplado un volante de inercia, este tiene como función el almacenamiento de energía para moderar las fluctuaciones de la velocidad a la que gira el eje cuando se esté triturando el Polietileno de Tereftalato (PET), y por el otro extremo del eje está unida una polea que forma parte del sistema de transmisión de potencia, como se aprecia en la figura antes expuesta.

Es necesario conocer que para determinar la capacidad de un molino de plástico, se debe considerar la cantidad de plástico que se desea triturar, la velocidad con la que el material será alimentado y la forma y el cómo el material será transportado después de que se obtiene. Todos los factores antes expuestos, ayudan a determinar el tamaño o dimensiones apropiadas de la trituradora y sus partes, como pueden ser:

- El sistema de alimentación,
- La cámara de molienda,
- La disposición del rotor y las cuchillas,
- La velocidad de giro del rotor,
- La potencia del motor,
- La configuración de la criba y
- El sistema de extracción del material molido.

Otro aspecto que se vuelve necesario para el proceso de molienda lo es también conocer apropiadamente todas las características que posee el material que se va a pretender moler, debido a que sobre las bases de estas características se determinará el material en el que se elaborarán las cuchillas y sus respectivas dimensiones.

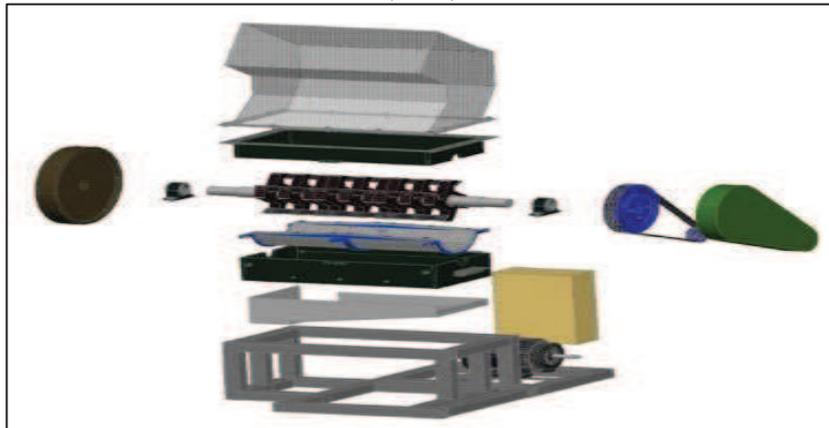
El molino debe estar constituido por una tolva en su parte superior, la cual tendrá dentro de sus funciones posicionar el PET directamente al sistema de trituración.

Se debe acentuar que para obtener las dimensiones exactas de las hojuelas de PET es completamente imprescindible y necesario incluir al sistema una criba; este, es un componente fundamental para la trituradora, debido a que es el factor determinante de las dimensiones de las hojuelas resultantes del proceso de molienda.

La potencia del aparato se debe determinar considerando la velocidad de alimentación de PET a la cámara de molienda y en la inercia de cada uno de los componentes del sistema, tomando en cuenta que la inercia es la energía que adquiere el eje, los portacuchillas, la polea y el volante de inercia cuando se encuentran en movimiento. Para transmitir esta potencia que se genera por el motor eléctrico se debe calcular la transmisión de potencia por medio de bandas.

En esta figura: 2 muestra el desarme despiece de un equipo de trituración convencional.

**GráficoN° 24.** Trituradora o molino de plástico para Polietileno de Tereftalato (PET)

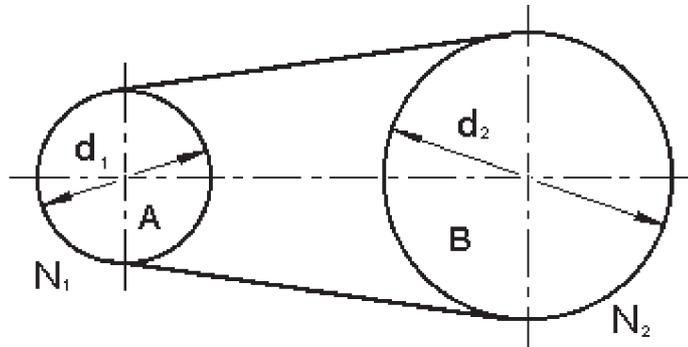


**Fuente:** Investigador

Para determinar las medidas de las partes más importantes que conformaran la máquina, es necesario realizar los siguientes cálculos:

### 3.8 REVOLUCIONES DEL EJE

Gráfico N° 25. Transmisión por poleas



Fuente: <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/imagenes/poleas.gif>

Fórmula:

$$N_1 d_1 = N_2 d_2$$

Dónde:

$N_1$  = Velocidad de la polea de entrada (Velocidad del motor)

$d_1$  = Diámetro de la polea de entrada

$N_2$  = Velocidad de la polea de salida (Velocidad del eje)

$d_2$  = Diámetro de la polea de salida

Los siguientes datos, son los valores de poleas y revoluciones del motor:

$N_1 = 1800 \text{ RPM}$

$d_1 = 4.5 \text{ plg} = 11.43 \text{ cm}$

$d_2 = 6.0 \text{ plg} = 15.24 \text{ cm}$

$$N_2 = \frac{N_1 d_1}{d_2} = \frac{1800RPM * (11.43cm)}{15.24cm} = 1350RPM$$

### 3.9 CÁLCULO DE LA FUERZA SOBRE LA CUCHILLA

Para determinar la fuerza sobre la cuchilla, debemos considerar la potencia del Motor:

$$\text{Potencia} = 10HP * \frac{745.699872 \text{ W}}{1HP} = 7457 \text{ W} .$$

$$\text{Velocidad del Eje} = 1350 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1rev} * \frac{1min}{60seg} = 141.37 \text{ rad/seg}$$

Capacidad del molino = 40 Kg/h

$$\text{Torque} = \frac{\text{Potencia}}{\text{velocidad angular}} = \frac{7457 \text{ W}}{141.37 \text{ rad/seg}} = 52.75 \text{ Nm}$$

Diámetro del eje = 3plg = 76mm, Radio del eje = 38mm=0.038m

$$\text{Fuerza sobre la cuchilla} = \frac{\text{Torque}}{\text{radio}} = \frac{52.75 \text{ Nm}}{0.038m} = 1388.16 \text{ N}$$

A continuación se detalla los cálculos realizados:

**Tabla N° 19.** Cálculos para la Fuerza sobre la cuchilla

<b>Potencia (HP)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>W (rad/seg)</b>	<b>Torque (Nm)</b>	<b>Radio (m)</b>	<b>Fuerza (N)</b>	<b>Capacidad (Kg/h)</b>
10	7457	141.37	52.75	0.038	1388.16	40

**Elaborado por:** Los Investigadores

### 3.10 CÁLCULO DE BANDAS Y POLEAS

Las poleas del motor y del eje del molino tienen un diámetro de 4.5" y 6" respectivamente, además se tiene que:

Potencia del motor: 10 HP

RPM del motor: 1800rpm

RPM del eje del molino: 1350rpm

Diámetro polea mayor: 6 pulgadas= 15.24cm

Diámetro polea menor: 4 pulgadas=11.43cm

### 3.11 LONGITUD DE LA BANDA

Fórmula:

$$L = 2C \cos \theta + \frac{\pi D + d}{2} + \frac{\pi\theta(D - d)}{180^\circ}$$

Dónde:

L= Longitud de la banda

C=Longitud de centro a centro

D=Diámetro mayor

d=Diámetro menor

$$\theta = \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \text{ en Grados}$$

Para lo cual, se tiene que la longitud de centro a centro es 20.56"=52.21cm, reemplazando, los datos se obtiene la longitud de la banda.

$$\theta = \sin^{-1} \frac{D - d}{2C} = \sin^{-1} \frac{15.24cm - 11.43cm}{2(52.21cm)} = 2.09^\circ$$

$$L = 2(52.21) \cos 2.09^\circ + \frac{\pi 15.24 + 11.43}{2} + \frac{\pi 2.09^\circ (15.24 - 11.43)}{180^\circ} \text{ cm}$$

$$L=146.38cm =57.63"$$

Para comprobar que la longitud de la banda es la correcta se puede aplicar la siguiente fórmula, que requiere que todas las longitudes se encuentren con la respectiva conversión a pulgadas:

Fórmula:

$$L = 2C + 1.57 D + d + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 2(20.56") + 1.57 6" + 4.5" + \frac{(6" - 4.5")^2}{4(20.56")}$$

$$L = 57.63" * \frac{2.54cm}{1"} = 146.38cm$$

### 3.12 FACTOR DE SERVICIO

Es un indicador de la capacidad de sobrecarga que puede soportar un motor eléctrico, en un determinado tiempo de operación, más no es recomendable sobrecargar la potencia del motor. Este factor de servicio es una capacidad adicional que el motor ejerce ante una sobrecarga, por ello un motor sobrecargado recibe mayor corriente eléctrica que la nominal, produciéndose calentamiento y reduciendo su vida útil, y baja la eficiencia de operación del motor. Se ha determinado que el factor de servicio por lo general para un motor de 10 HP es de 1.15.

**Tabla N° 20.** Factor de servicio

<b>Motores eléctricos (Trifásicos AC)</b>	<b>Factor de servicio</b>
Máquina de elemento giratorio y vibratorio	1.15

**Elaborado por: Los Investigadores (2014)**

### 3.12 CÁLCULO DE LA POTENCIA ANTE SOBRECARGAS

La potencia de sobrecarga del motor es producto de potencia nominal por el Factor de servicio ante sobrecargas, también es conocida como potencia de diseño o potencia efectiva, para cálculos posteriores se tomará con dato para la potencia de transmisión para el número de bandas.

$$Potenciaefectiva = PotenciaNominal * FactordeServicio$$

$$Potenciaefectiva = 10 HP * (1.15)$$

$$Potencia efectiva = 11.5HP$$

### 3.13 FACTOR DE CARGA

La potencia nominal de un motor eléctrico indica la potencia mecánica de salida, o en otras palabras la potencia que puede entregar el motor en su eje. Por lo tanto el factor de carga es un índice que determina la potencia que proporciona o entrega el motor cuando ya se encuentra en funcionamiento o en operación, con relación a la potencia que puede entregar, entonces se tiene que:

Fórmula:

$$Factor\ de\ carga = \frac{Potencia\ real\ entregada}{Potencia\ de\ la\ placa\ del\ motor}$$

Para un motor de 10HP el factor de carga es equivalente a 89.5%, por lo tanto; despejando la potencia real entregada, es:

$$Potencia\ real = Factor\ de\ carga * Potencia\ de\ la\ placa\ del\ motor$$

$$Potencia\ real\ entregada = \frac{89.5\%}{100\%} * 10HP$$

$$Potencia\ real\ entregada = 8.95HP$$

Por ello la justificación técnica para un motor de 10 HP, ya que la potencia entregada por los motores eléctricos en operación disminuye por el factor de carga.

### 3.14 SELECCIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA BANDA TIPO V

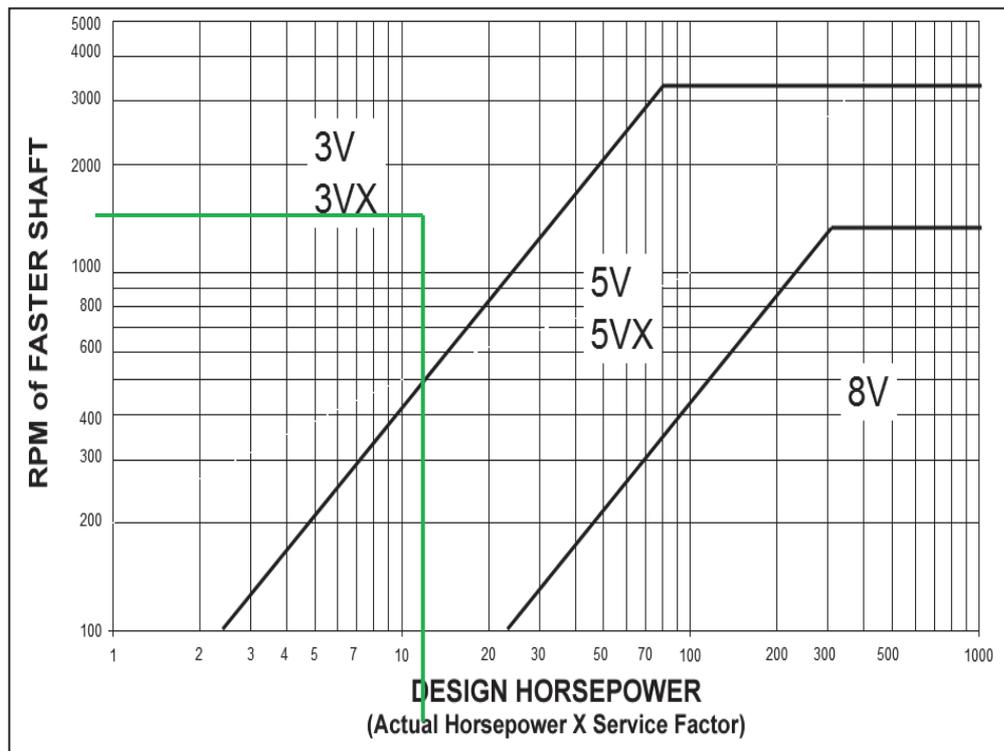
Mediante la tabla de selección de bandas tipo 3V, 5V y 8V, se determina el tipo de banda tipo V, considerando los siguientes datos:

Potencia efectiva=11.5HP

Revoluciones del motor=1800RPM

Revoluciones del eje=1350RPM

**Gráfico N° 26.**Selección de sección transversal



**Fuente:** [https://www.bestorq.com/Library/media/wedge\\_xselect358.gif](https://www.bestorq.com/Library/media/wedge_xselect358.gif)

La selección adecuada para los requerimientos de diseño es una banda tipo 3V, de acuerdo al diagrama de sección transversal de bandas.

### 3.15 HP POR BANDA Y FACTOR DE CORRECCIÓN DE LONGITUD

Diámetro de la polea motor, diámetro de la polea del eje, Hp por banda, tamaño de la banda y factor corrección de longitud.

**Tabla N° 21. Datos de la polea**

Ø DE LA POLEA MOTOR	Ø DE LA POLEA DEL EJE	TAMAÑO DE LA BANDA	HP POR BANDA	FACTOR DE CORRECCIÓN DE LONGITUD
4.5"	6"	57.63"	2	0.83

**Fuente:** Elaborado por los Investigadores

### 3.16 ARCO DE CONTACTO

La polea que afecta directamente en la vida útil de la banda es la del diámetro menor, por ello es necesario determinar el ángulo de contacto sobre esta polea. El cálculo del ángulo de contacto ( $A$ ) de la banda sobre la polea menor se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$A = 180 - 57 \frac{(D - d)}{C}$$

Dónde:

$A$  es el ángulo de contacto sobre la polea menor, en °

$C$  es la distancia entre ejes de poleas;

$d$  es el diámetro de la polea menor;

$D$  es el diámetro de la polea mayor.

Reemplazando datos se obtiene:

$$A = 180 - 57 \frac{(6'' - 4.5'')}{20.56''}$$

$$A = 175.84^\circ$$

**Tabla N° 22.** Factor de corrección respecto al Arco de contacto

FACTOR DE CORRECCIÓN		
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86
127°	0.85	0.85
124°	0.84	0.84
120°	0.82	0.82
118°	0.81	0.81
115°	0.80	0.80
113°	0.79	0.79
110°	0.78	0.78
108°	0.77	0.77
106°	0.77	0.77
104°	0.76	0.76
102°	0.75	0.75
100°	0.74	0.74
98°	0.73	0.73
96°	0.72	0.72
4°	0.71	0.71

**Fuente:**<http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/factorfca.jpg>

### 3.17 NÚMERO DE BANDAS

El número de bandas se calcula a partir de la Potencia base (Pb), que es la potencia del motor (10HP), afectada por los coeficientes correctores por la

longitud de la banda ( $F_{bL}=0.83$ ) y por el arco de contacto de la banda con la polea menor ( $F_{cA}=0.76$ ), para la Potencia efectiva por banda se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pe = Pb * Fbl * FcA$$

$$Pe = (10HP) * 0.83 * 0.76$$

$$Pe = 6.308HP$$

Para el cálculo de las bandas requeridas es necesario la potencia de transmisión y la potencia efectiva por la banda, entonces se tiene:

$$\text{Número de bandas} = \frac{\text{Potencia de transmisión}}{\text{Potencia efectiva por banda}}$$

$$\text{Número de bandas} = \frac{11.5HP}{6.308HP}$$

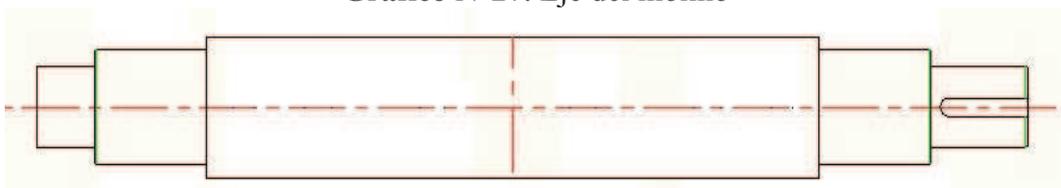
$$\text{Número de bandas} = 1.82 \approx 2 \text{ BANDAS}$$

Para la transmisión de potencia entre polea mayor y menor es requerido 2 bandas tipo 3V, del motor de 1800 RPM a la polea del eje con una velocidad de 1350 RPM.

### 3.18 LONGITUD Y DIÁMETRO DEL EJE

La longitud de diseño del eje es de 76.52 cm y el diámetro del eje es de 76mm, como se detalla en la figura siguiente:

**Gráfico N°27.** Eje del molino



**Elaborado por:** Los Investigadores (2014)

### 3.19 CARACTERÍSTICAS DEL METAL DEL EJE

Esta hecho del siguiente metal: ACERO AISI-SAE 1045, que tiene las siguientes características técnicas:

**Tabla N° 23.** Acero aisi-sae 1045

<p><b>1.</b> Descripción: es un acero utilizado cuando la dureza y resistencia son necesarios en condición de suministro. Por su dureza y tenacidad es 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. Ante prácticas de soldadura, presenta una soldabilidad adecuada.</p>
<p><b>2.</b> Normas involucradas: ASTM A108</p>
<p><b>3.</b> Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb), Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI), Esfuerzo máximo: 565 MPa (81900 PSI), Elongación 16% (en 50 mm), Reducción de área (40%), Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI) Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)</p>
<p><b>4.</b> Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup>, (0.284 lb/in<sup>3</sup>)</p>
<p><b>5.</b> Propiedades químicas: 0.43 – 0.50 % C, 0.60 – 0.90 % Mn, 0.04 % P máx, 0.05 % S máx.</p>
<p><b>6.</b> Usos: los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.</p>
<p><b>7.</b> Tratamientos térmicos: se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C</p>

**Fuente:**<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>

### 3.20 CARACTERÍSTICAS DEL METAL DE LA CUCHILLA

Las cuchillas del molino son maquinadas en Acero D2, acero que tiene las siguientes características técnicas:

**Tabla N° 24.** Acero D2

<p><b>1.</b> Características: Acero al alto carbón y alto cromo. Dimensionalmente estable de excelente rendimiento al corte y resistencia al desgaste. Especialmente apto para temple al aire.</p>
<p><b>2.</b> Composición: C (1.5%), Mn (0.35%), Si (0.35%), Cr (11.80), Mo (0.85%), V (0.85%)</p>
<p><b>3.</b> Normas: SAE/AISI (D2), DIN 1.2379, JIS SKD11</p>
<p><b>4.</b> Propiedades físicas: Módulo de elasticidad (30psix106), Densidad: 7695 Kg/m3.</p>
<p><b>5.</b> Aplicaciones típicas: Estampado y formado, matrices y punzones, troquelado y perforado, rodillos, troquelado fino, dados para acuñado, herramientas de roscado, trituradoras de llantas, partes de desgaste, dados de laminación, insertos para moldes, cuchillas, slitters y cizallas, husillos y puntas para inyección de plástico, cuchillas para molino de plástico, cuchillas para molino de plástico.</p>

**Fuente:** <http://sisal.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20D2.pdf>

### 3.21 CÁLCULO DE FUERZAS SOBRE EL EJE Y REACCIONES SOBRE CHUMACERAS.

Para determinar este cálculo se trabajará con la densidad del metal del eje y la densidad del metal de las cuchillas. Para el peso del eje se tiene: Densidad= 7.83g/cm<sup>3</sup>, L= 76.52cm, D=76,2mm, R=3.81cm, por lo tanto:

$$V = A * L$$

$$V = \pi R^2 * L$$

$$V = \pi(3.81cm)^2 * (76.52cm)$$

$$V = 3489.60cm^3$$

$$m = d * V = 7.83 \frac{g}{cm^3} * 3489.60cm^3 * \frac{1kg}{1000g} = 27.32kg$$

$$P(eje) = m * g = 27.32kg * 9.8 \frac{m}{s^2} = 267.64 N$$

Para el peso de la cuchilla se tiene: Densidad= 7695kg/m<sup>3</sup>= 7.695g/cm<sup>3</sup>, Espesor (e)= 20mm=2cm, D=36cm, R=18cm, por lo tanto:

$$V = A * L$$

$$V = \pi R^2 * L$$

$$V = \pi(18cm)^2 * (2cm)$$

$$V = 2035.75cm^3$$

Se debe restar el siguiente volumen (91.20cm<sup>3</sup>) equivalente al agujero de la cuchilla por el eje, ya que la cuchilla se acopla al mismo, entonces:

$$V = 2035.75cm^3 - 91.20cm^3$$

$$V = 1944.55cm^3$$

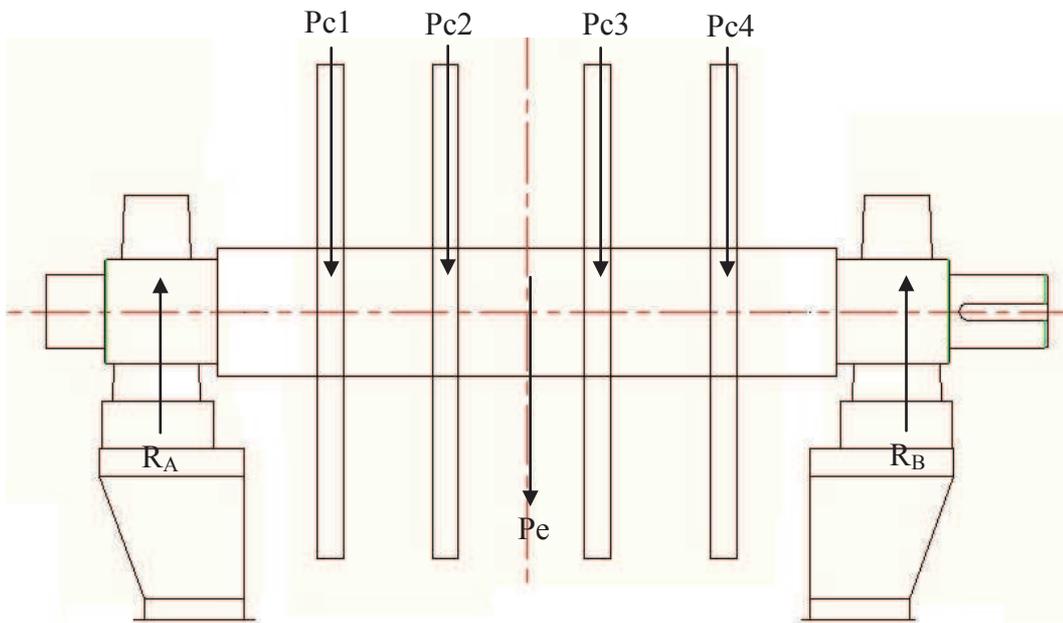
$$m = d * V = 7.695 \frac{g}{cm^3} * 1944.55 cm^3 * \frac{1kg}{1000g} = 14.96kg$$

$$P(eje) = m * g = 14.96kg * 9.8 \frac{m}{s^2} = 146.61 N$$

Se toma en cuenta el peso adicional por segundo que soportará el eje por la carga de 40Kg/h equivalente a 0.01kg, que tiene un peso de:

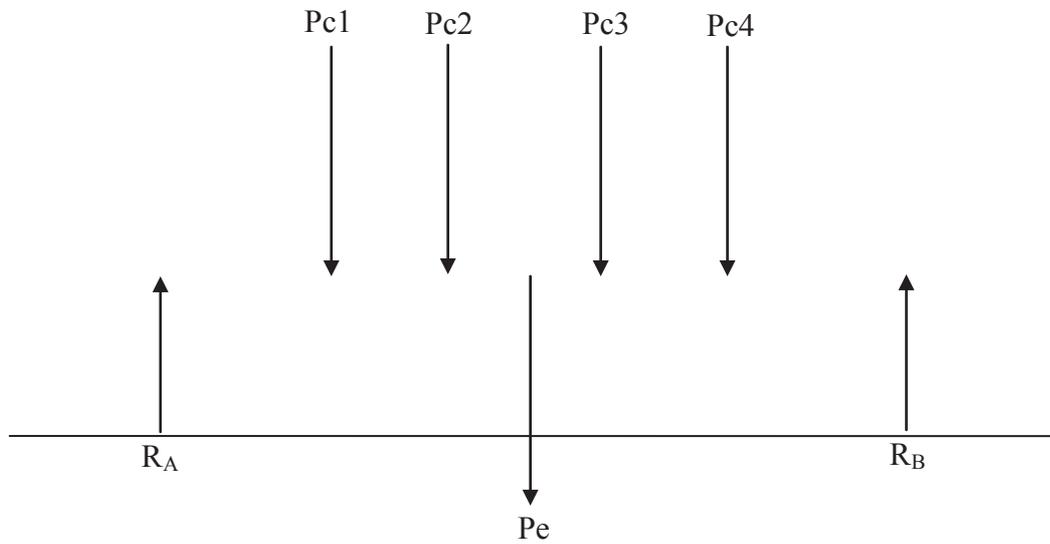
$P=m*g=(0.01Kg)(9.8m/s^2)=0.11N$  que por ser un valor bajo, se lo considera despreciable.

**Gráfico N°28. Diagrama de Fuerzas**



**Elaborado por: Los Investigadores**

**Gráfico N° 29.** Distancias entre Fuerzas



**Elaborado por: Los Investigadores**

$$R_A P_{c1} = 13.30 \text{ cm} = 0.133 \text{ m}$$

$$R_A P_{c2} = 22.10 \text{ cm} = 0.221 \text{ m}$$

$$R_A P_e = 28.27 \text{ cm} = 0.2827 \text{ m}$$

$$R_A P_{c3} = 33.75 \text{ cm} = 0.3375 \text{ m}$$

$$R_A P_{c4} = 43.30 \text{ cm} = 0.433 \text{ m}$$

$$R_A R_B = 56.60 \text{ cm} = 0.566 \text{ m}$$

Dónde:

$R_A$  = Reacción en la chumacera A

$R_B$  = Reacción en la chumacera B

$P_e$  = Peso del eje = 267.74 N

$P_c$  = Peso de la cuchilla = 146.61 N

$P_{c1}$  = Peso en la cuchilla 1 y así sucesivamente con las siguientes cuchillas, todas tienen el mismo peso.

Por condición de equilibrio:

$$F_y = 0$$

$$R_A + R_B - P_{c1} - P_{c2} - P_{c3} - P_{c4} - P_e = 0$$

$$R_A + R_B = 4P_c + P_e$$

$$R_A + R_B = 4(146.61\text{N}) + 267.74\text{N}$$

$$R_A + R_B = 854.18\text{N}$$

$$R_A P_{c1} = 13.30\text{cm} = 0.133\text{m}$$

$$R_A P_{c2} = 22.10\text{cm} = 0.221\text{m}$$

$$R_A P_e = 28.27\text{cm} = 0.2827\text{m}$$

$$R_A P_{c3} = 33.75\text{cm} = 0.3375\text{m}$$

$$R_A P_{c4} = 43.30\text{cm} = 0.433\text{m}$$

$$R_A R_B = 56.60\text{cm} = 0.566\text{m}$$

$$M_A = 0$$

$$R_B R_A R_B - P_{c1} R_A P_{c1} - P_{c2} R_A P_{c2} - P_{c3} R_A P_{c3} - P_{c4} R_A P_{c4} - P_e R_A P_e = 0$$

$$R_B = \frac{P_{c1} R_A P_{c1} + P_{c2} R_A P_{c2} + P_{c3} R_A P_{c3} + P_{c4} R_A P_{c4} + P_e R_A P_e}{R_A R_B}$$

$$R_B = \frac{P_{c1} R_A P_{c1} + P_{c2} R_A P_{c2} + P_{c3} R_A P_{c3} + P_{c4} R_A P_{c4} + P_e R_A P_e}{R_A R_B}$$

$$R_B = \frac{P_c (R_A P_{c1} + R_A P_{c2} + R_A P_{c3} + R_A P_{c4}) + P_e R_A P_e}{R_A R_B}$$

$$R_B = \frac{146.61 \cdot 0.133 + 0.221 + 0.3375 + 0.433 + 267.74 \cdot 0.2827}{0.566} \text{ N}$$

$$R_B = 425 \text{ N}$$

$$R_A = 854.18\text{N} - R_B$$

$$R_A = 854.18\text{N} - 425\text{N}$$

$$R_A = 429.18\text{N}$$

### 3.22 CÁLCULO DE ESFUERZOS EN CHUMACERAS

El esfuerzo es la intensidad de la distribución interna en cuerpo, de las fuerzas que resisten los cambios propulsado por fuerzas externas. Se mide en unidades de fuerza por unidad de área, una vez determinado las reacciones en las chumaceras, se puede determinar el esfuerzo, para ello debemos tomar en cuenta el área de:

$$A = l * l$$

$$A = 5.39\text{cm} * 8.58\text{cm}$$

$$A = 0.0539\text{m} * 0.0858\text{m}$$

$$A = 4.625 * 10^{-3}\text{m}$$

Chumacera A:

$$S_A = \frac{R_A}{A}$$

$$S_A = \frac{429.18\text{N}}{4.625 * 10^{-3}\text{m}}$$

$$S_A = 92795.68\text{Pa} = 93\text{KPa}$$

Chumacera B:

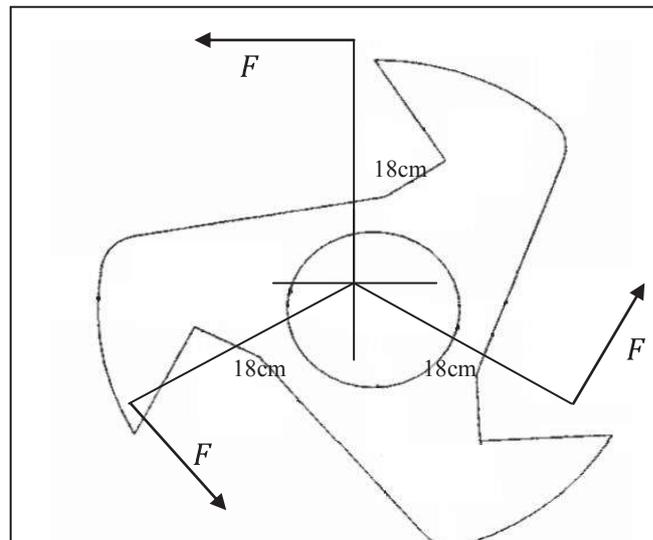
$$S_B = \frac{R_B}{A}$$

$$S_A = \frac{425N}{4.625 * 10^{-3}m}$$

$$S_A = 91891.9Pa = 92KPa$$

### 3.23 TORQUE SOBRE LA CUCHILLA

**Gráfico N°30. Chuchilla del molino vista frontal**



**Elaborado por: Los Investigadores**

Considerando el diámetro de la cuchilla = 36cm, por ende la dimensión del radio es 18cm, la fuerza sobre la cuchilla es 1388.16N, se puede determinar el torque sobre la cuchilla:

$$\text{Torque} = \text{Fuerza} * \text{radio}$$

$$T = 1388.16N * 0.18m$$

$$T = 249.87 Nm$$

### **3.24 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOLINO DE PLÁSTICO**

Modelo: 40030-MP

Medida Caja de Corte: 400\*300mm

Largo de Cuchillas Móviles: 385mm (x3)

Largo de Cuchillas Fijas: 400mm (x2)

Diámetro de Rotor: 300 mm

Dimensiones: 1300 x1700 x 1000 mm

Numero de Cuchillas Móviles: 3

Numero de Cuchillas Fijas: 2

Estas Cuchillas serán de Material ACERO D2

Eje Acero 1045 –Diámetro 3 Pulgadas (76mm)

Poleas en Aluminio

Rodamientos de Tipo Pie

Diámetro de Agujeros Zaranda: 13mm.

Peso Total: 320Kg

Potencia de Motor:

### **3.24.1 MOTOR ELECTRICO DE POTENCIA 10 HP**

Motor de Procedencia China con Sello de Aprobación en Laboratorio de Motores EPLI-PERU

Velocidad=1800 rpm

Voltaje=220V

Frecuencia=60Hz

Capacidad General: 30-120 kilos por hora, granulometría a obtener 40kg/hora, tamaño granulometría 1/2” .

### **3.25 COMPONENTES DEL MOLINO**

El Molino está compuesto de 5 partes Principales

#### **1.El Bastidor**

Que es la armadura soporte de la caja está compuesto de viga 140 mm de ala y ángulos 65x65x6mm que están soldados con electrodo soldadura E-7018 y en una máquina eléctrica de soldar marca Lincoln Tipo, cuenta con 4 hojalillos para fijar o anclar al piso, usar 04 pernos de  $\frac{1}{2}$ ".

#### **2.Caja Inferior de Corte**

Que está fijado al bastidor por medio de 6 pernos de  $\frac{1}{2}$ "x  $1\frac{1}{2}$ ", está compuesto de planchas en acero A-36 soldados eléctricamente con electrodo soldadura E-7018, espesor de la placa lateral 15mm,este componente aloja al eje rotor de cuchillas móviles (3 unidades) así como a las cuchillas fijas (2 unidades).

### **3.Eje Rotor de Cuchillas**

Está formado de un acero-1045 de diámetro 3" (76mm), en el cual esta mecanizado por la máquina herramienta (torno) el lado derecho para el Soporte de pie rodamiento y la parte izquierda para el otro soporte de pie rodamiento y para alojar a la polea de transmisión.

En la parte central están fijados por soldadura eléctrica los soportes de espesor 25mm fijados en forma perpendicular al eje con diseño óptimo para alojar a las 3 cuchillas móviles en sus asientos de espesor de 20mm. Se usan para fijar las cuchillas móviles 3 pernos de  $\frac{1}{2} \times 2$ ".

### **4.Caja Superior de Corte**

Está formada por planchas de espesor 15 mm ,6 mm, 3 mm y 2 mm soldados eléctricamente con electrodo E-7018 y con E-6011 la parte de la entrada de la tolva.

#### **3.25.1 Producto ha Moler**

Conforma la parte de cierre del molino y que tiene diseño que permite facilitar la molienda

#### **(5) -Motor Eléctrico**

Es el componente que da la energía al molino está ubicado en el bastidor por medio de 4 pernos de medidas  $\frac{7}{16} \times 1\frac{1}{2}$

### **3.26 MODO DE FUNCIONAMIENTO**

Establecer el giro horario respecto al lado de transmisión.

### **3.26.1 Afilado de Cuchillas**

Afilarse cada 8 horas de trabajo diario moliendo botellas P.E.T. y cada 20 horas para moler plástico de inyección tipo gavetas, cajas.

### **3.26.2 Engrase de Chumaceras**

Cada 24 horas de trabajo continuo.

### **3.26.3 Ajuste de Pernos**

Cada 8 horas de trabajo continuo

### **3.26.4 Normas de seguridad**

Los molinos de plásticos, por sus características de diseño, generan una gran cantidad de polvos, debido a que estos trituran los pedazos de plástico que son alimentados por la entrada del mismo, el material plástico pasa por entre las cuchillas que giran a gran velocidad y por las altas revoluciones que genera el motor eléctrico en este proceso, por lo que gran parte de la materia sólida se desintegra.

Como ya se conoce, la desintegración de la materia física, evidentemente genera polvos de diferentes tamaños, los cuales salen por diferentes aberturas dentro del molino de plástico, provocando que se aprecie en el medio ambiente laboral, la presencia de estos contaminantes, exponiendo a los operadores de éstos durante toda la jornada laboral.

Dentro de la importancia de este proyecto que se desarrolla, se encuentra la reducción del riesgo de adquirir una enfermedad laboral generada por la presencia de polvos que circulan en el medio ambiente y lugar de trabajo luego de implementar el molino triturador de plástico en la microempresa Santa Anita.

Basados en la Norma Oficial ISO: 1401 vigente al momento de la realización del mismo, se puede argumentar, que esta indica que se hará el reconocimiento de los polvos que existen en el centro de trabajo, además, se determinarán las características físicas de los mismos, utilizando las hojas de datos de seguridad del PET que se muele, los que generan los polvos, luego se describirán las vías de ingreso de estos polvos, el tiempo y la frecuencia de la exposición a la que se encuentran sometidos los trabajadores.

Segunda fase: Se determinará el número de trabajadores que se exponen al polvo para el cálculo la muestra, luego, mediante la selección de un método cuantitativo a través de encuestas, se determinará la cantidad de polvo que se encuentra dentro del ambiente de trabajo, utilizando algún método gravimétrico, los cuales se encuentran descritos en la Norma Oficial ISO: 1401 vigente.

Tercera fase: Ya en función de los resultados de la medición, se desarrollará el control del contaminante, sobre la base a los criterios establecidos en la ISO: 1401 donde se determinarán las acciones y controles necesarios en vías de disminuir el riesgo de desarrollo de enfermedades ocupacionales del personal que se expone al polvo.

Si al establecerse la comparación contra los niveles establecidos en la normatividad referida indica que se está ante una situación segura, entonces se llevaría a cabo un control periódico para determinar si se sigue en la misma línea y de la misma manera. Si fuese lo contrario, y se encontrara que la situación es peligrosa, entonces, se tendrá que actuar de inmediato sobre los contaminantes, a través de un control ambiental, que será propuesto según sea el caso.

Sobre la base de lo anterior, se ejecutará para el cumplimiento de los objetivos propuestos dentro de esta propuesta de trabajo de protocolo de tesis, evaluar el área laboral donde se ubicará el molino de la microempresa Santa Anita.

### **3.26.5 Clasificación de los polvos**

Existen diferentes clasificaciones de los polvos: sobre la base a su tamaño, forma, composición y efectos diversos, considerando lo expuesto, los polvos se pueden sedimentar en base a su forma y tamaño, de lo que dependerá hasta que parte de nuestro sistema respiratorio este pueda penetrar, entre más pequeñas sean las partículas del polvo, mayor será la probabilidad de afectación al sistema respiratorio del trabajador que se encuentre expuesto al mismo sin medios de protección.

Los polvos se pueden apreciar o ser vistos a simple vista (Mayor de  $40\mu$ ) e inhalado (Con tamaño menor a  $10\mu$ ). E incluso respirado al interior del organismo (puede penetrar a hasta los pulmones. Con tamaño inferior a  $5\mu$ )

### **3.26.6 Toxicología de los Polvos**

REPETTO M. describe a los polvos como “un sólido, partícula mecánicamente producida de tamaño que van desde lo microscópico hasta lo macroscópico”. Pág. 47

Una vez que se haya realizado un análisis para determinar las características fisiológicas de los polvos de PET, se procederá entonces a la determinación de si estas características, junto con las concentraciones que se pudieran encontrar, pueden conducir a una enfermedad profesional o no.

Para el manejo del molino de plásticos como en todo tipo de manejos de equipos, se corren diversos riesgos, principalmente riesgos físicos, por lo tanto es necesario llevar protección entre ellas:

Tipos de Protecciones a utilizar para operar el molino de plástico:

- Guantes mixtos
- Casco de seguridad
- Protección auditiva
- Protección de los ojos
- Protección del aparato respiratorio
- Protección de extremidades inferiores
- Ropa de trabajo

### **3.26.7 Guantes mixtos:**

La palma de la mano deberá ser cubierta de cuero en su totalidad, la parte que cubre el dorso de la mano es de lona con una cinta de cuero que cubre tanto las yemas, uñas de los dedos y nudillos, a diferencia de los guantes de cuero estos cubren la mano hasta la altura de la muñeca y son utilizados en toda actividad en la que se dé aplicación de fuerza, levantamiento de cargas o en toda actividad en la que los trabajadores le den utilidad.

Son los más utilizados dentro de la planta pero de la misma forma son los que con mayor frecuencia son cambiados.

Esta clase de guante deberá cumplir con la norma del INEN 876 (Guantes de cuero para uso industrial, requisitos) que es la que rige en nuestro país o en su defecto deberá tener el marcado CE el mismo que nos indica que el guante cumple con los requisitos establecidos en Europea (R.D. 1407/92) y por lo tanto estarán aptos para ser utilizados. INEN 876.

**Peso mediano:** Estos responden a las especificaciones para los de la clase de peso pesado, diferenciándose de aquellos por el espesor del cuero y por el dorso que podrá ser de la misma clase de cuero, de piel de carnero u oreja curtida o de tela de lona.

**Gráfico N° 31. Guantes**



**Fuente:** <http://promainseguridadindustrial.com/imagenes/58.jpg>

**Características de los guantes de peso mediano fabricados con lona:**

La lona que se emplea para el dorso de los guantes de las clases de mediano será de fibra de algodón con la siguiente especificación:

**Tabla N° 25. Características de los guantes**

Peso g/m <sup>2</sup>	Número de hilos por centímetro		número de cabos		Resistencia mínima a la tracción (kg/cm)	
	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama
195 ± 5%	20	13	2	2	15	13

Fuente: INEN 876, Guantes de cuero para uso industrial, 1982. p. 3

**3.26.8 Casco de seguridad:**

El casco de protección para la industria es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, trabajador u obrero, destinado esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo.

Para conseguir esta capacidad de protección y reducir las consecuencias destructivas de los golpes en la cabeza, el casco debe estar dotado de una serie de elementos cuyo funcionamiento conjunto sea capaz de cumplir las siguientes condiciones:

- Limitar la presión aplicada al cráneo, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible,
- Desviar los objetos que caigan por medio de una forma adecuadamente lisa y redondeada.
- Disipar y dispersar la energía del impacto de modo que no se transmita en su totalidad a la cabeza y el cuello.

De esta manera el casco elegido deberá poseer la norma ANSI Z89.1 + la misma que nos proporcionara la protección contra riesgos mecánicos, riesgos térmicos (salpicaduras de material fundido) y riesgos eléctricos.

**GráficoN° 32.Casco común**



**Fuente:**[http://www.prolavinet.com/sites/default/files/imagecache/product\\_full/images/QUARTZ-III.gif](http://www.prolavinet.com/sites/default/files/imagecache/product_full/images/QUARTZ-III.gif)

### **3.26.9 Protección auditiva:**

Para comenzar, los protectores auditivos que serán utilizadas dentro de la microempresa de reciclaje “Santa Anita” deberán ser capaces de proporcionar la suficiente restricción al ruido y de esta forma evitar problemas auditivos de los trabajadores.

### **3.26.10 Características de las Orejeras:**

Es un arnés de cabeza de metal o de plástico que sujeta dos casquetes hechos casi siempre de plástico. Este dispositivo encierra por completo el pabellón auditivo externo y se aplica herméticamente a la cabeza por medio de una almohadilla de espuma plástica o rellena de líquido. Casi todas las orejeras tienen un revestimiento interior que absorbe el sonido transmitido a través del armazón diseñado para mejorar la atenuación por encima de aproximadamente 2.000 Hz.

Es necesario argumentar que la norma que las orejeras deberán poseer es la norma EN 352-1+ la misma que nos da el respaldo de que es un elemento conforme al marcado CE y podrá soportar riesgos mecánicos y térmicos.

**Gráfico N° 33. Orejera**



**Fuente:**[http://dmtienda.com/files/2010/08/26/img1\\_orejera-auditiva-jyr-802\\_0.jpg](http://dmtienda.com/files/2010/08/26/img1_orejera-auditiva-jyr-802_0.jpg)

### **3.26.11 Protección de los ojos:**

Las gafas de protección a utilizar deben ser resistentes a fuertes impactos, deben evitar la penetración de limallas de esmerilado en los ojos, además, deberán ser resistentes a productos químicos ya sea por salpicadura o por caída en los mismos.

Estas gafas de protección deberán sobre todo, cumplir con la norma ANSI Z87+ la misma que nos proporciona la suficiente garantía de que estas gafas serán resistentes a los riesgos citados anteriormente.

**Gráfico N° 34. Gafas de Protección**



**Fuente:**<http://1.bp.blogspot.com/g8ut71v8qEU/TptDtBor6VI/AAAAAAAAABY/PhHgmKI9zho/s1600/gafas+de+seguridad.jpg>

### **3.26.12 Protección del aparato respiratorio:**

Entre los riesgos más comunes en toda empresa se encuentra la presencia de polvo, es por esta razón que los implementos de seguridad destinados a resguardar el aparato respiratorio debe ser bien escogido, por medio del estudio de polvos que se debe realizar en el área destinado a la producción o molienda del plástico, se determinará el tipo de mascarillas a utilizar por los obreros y que deberán retener partículas de hasta 5  $\mu\text{m}$  que son dañinas para el organismo.

Estas mascarillas deberán poseer la norma NIOSH N95 que garantiza una retención de partículas menores de 5  $\mu\text{m}$ .

**Gráfico N° 35.** Mascarillas de Protección



**Fuente:** [http://foto-metal.com/galeria/albums/userpics/normal\\_seguridad-industrial07.jpg](http://foto-metal.com/galeria/albums/userpics/normal_seguridad-industrial07.jpg)

### **3.26.13 Protección de extremidades inferiores:**

#### **Calzado:**

El calzado como implemento de protección debe cumplir con las diferentes características que la norma INEN 1 926 presenta. La cual tiene como objetivo principal el resguardo de las extremidades inferiores debido a que estas son las más propensas a los riesgos de caída de objetos y estar expuestas a superficies irregulares.

#### **Clase:**

Dentro de toda la gama de calzado de tipo industrial que esta norma presenta se tiene que considerar el más apropiado para realizar el trabajo que realizará el obrero a partir de que se implemente el molino de plástico. Solo entonces se escogerá el tipo y la clase del calzado a utilizar. Razón por la cual será elegido el calzado que proporcionará una mayor seguridad y comodidad.

**Gráfico N° 36. Calzado**



**Fuente:**<http://zapatosmoda.org/wp-content/uploads/2010/09/Zapato-de-seguridad.jpg>

### **Ropa de trabajo:**

En referencia a este punto la indumentaria de trabajo se divide en casaca y pantalón Jean el mismo que deberá tener un peso de 14.5 onzas por yarda. Además se les deberá dotar de una camiseta de algodón para una mayor comodidad de los trabajadores.

### **3.26.14 Impacto ambiental**

Actualmente, en todo el planeta, incluyendo Ecuador, existe una problemática importante por la contaminación de los recursos naturales: el agua, aire y suelo, ocasionado esto, en gran medida por los grandes volúmenes de residuos y desechos generados por la humanidad diariamente y que reciben escaso tratamiento, para evitar dicha contaminación.

Esta situación cada día se agrava más debido a que la basura se conforma por residuos de composición muy variada, por lo general se junta y se mezcla durante las labores de recolección de la misma, lo que dificulta su manejo final o clasificación. Estadísticamente, los plásticos representan un riesgo para el ambiente porque no pueden ser degradados por el entorno, incluso demora cientos de años en comenzar dicho proceso de degradación.

Hoy en día, se desarrollan algunos proyectos para la creación de plásticos biodegradables, pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones que se requieren en la mayoría de los vertederos de basura. Por lo tanto su eliminación se convierte en un problema ambiental de dimensiones considerables.

Se debe acentuar, que el reciclado mecánico es un proceso que no repercute de manera considerable al medio ambiente. Al utilizar el molino de plástico, la molienda obtenida luego se procesa para la fabricación de nuevos materiales de distinta calidad como pueden ser: fibras para alfombra, ropa y geotextiles.

Esto definitivamente, hace que el equipo sea amigable con el medio ambiente debido a que el producto destinado a almacenarse en los vertederos y basureros de la ciudad o de la mini industria de Santa Anita, tendrá como destino la fabricación de productos nuevos en su tipo y resultando una disminución considerable de los residuos plásticos, y un aporte discreto a la conservación del medio ambiente.

### **3.26.15 Beneficios del proyecto**

Como es de apreciar, el consumo de materiales plásticos en Ecuador y en el mundo es muy elevado, de lo cual sólo un pequeño porcentaje de éstos es reciclado para darle un nuevo uso o el uso correcto.

Una trituradora se puede diseñar para triturar desde una modesta cantidad de plásticos, hasta toneladas de plástico de polietileno de tereftalato (PET) por día, este porcentaje de plástico, sin ser reciclado, sería enviado a un vertedero de basura y donde se generarían grandes volúmenes de plástico, esta cantidad a largo plazo provocaría el pronto abastecimiento del vertedero de basura.

El principal objetivo de este proyecto es el buen manejo de grandes cantidades de plástico, para de esta manera, evitar que éste se acumule en los vertederos, generando e incrementando las fuentes de trabajo y la reutilización del plástico triturado.

### 3.27 Recursos Necesarios.

#### 3.27.1 Presupuesto del Capital Humano.

**Tabla N° 26.** Talento o capital humano

<b>TALENTO O CAPITAL HUMANO</b>		
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>REMUNERACIÓN</b>
1	Director de Tesis	0
2	Asesores	0
2	Aspirantes	500
1	Auxiliares de Investigación	300
	<b>TOTAL</b>	<b>800</b>

**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

#### 3.27.2 Presupuesto de Materiales

**Tabla N° 27.** Presupuesto de Materiales

<b>PRESUPUESTO MATERIALES</b>			
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
8	Cartuchos Epson	9.60	76.80
2	Resmas de Papel A4	6.50	13.00
400	Copias	0.3	12.00
3	Anillados	4.80	14.40
4	Bolígrafos	0.30	1.20
2	Portaminas	1.25	2.50
2	Borradores de queso	0.35	0.70
	Uso de Internet	30.0	30.0
	<b>TOTAL</b>	<b>53.10</b>	<b>150.60</b>

**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

#### 3.27.3 Presupuesto Técnico.

**Tabla N° 28.**Presupuesto Técnico

<b>PRESUPUESTO TÉCNICO</b>			
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Costo de materiales para la construcción del equipo	1.000	2.000
1	Costo de materiales para la instalación eléctrica.	500	500
1	Costo de transporte.	80	80
1	Costo por mano de obra.	120	120
	<b>TOTAL</b>		<b>2700.00</b>

**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

#### **3.27.4 Presupuesto Tecnológico.**

**Tabla N° 29.**Presupuesto Tecnológico

<b>PRESUPUESTO TECNOLÓGICO</b>			
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Cámara Digital Sony	250.00	250.00
4	Cd's con lightscribe	5.00	20.00
2	Flash Memory de 4GB	5.00	10.00
1	Internet Banda Ancha	60.00	60.00
	<b>TOTAL</b>		<b>340.00</b>

**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

#### **3.27.5 Presupuesto General.**

**Tabla N° 30.**Presupuesto General

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>		
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Capital Humano	800.00
1	Presupuesto Materiales	150.60
1	Presupuesto Técnico	2700.00
1	Presupuesto Tecnológico	340.00
1	Imprevistos	100.00
	<b>TOTAL</b>	<b>3140</b>

**Elaborado por:** Los investigadores (2014)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

De la investigación realizada hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- La microempresa de reciclaje Santa Anita necesita la intervención de una máquina para moler plásticos P.E.T, ubicada en el Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi.
- Existe disponibilidad de información teórica en el cual se encuentra sustentado la forma de realizar el diseño y construcción de una máquina para moler plásticos P.E.T, para la microempresa de reciclaje “Santa Anita”.
- La investigación permite la localización de un marco metodológico que permite diferenciar datos para comprender la realidad dentro de la microempresa de reciclaje “Santa Anita”
- De acuerdo a los resultados de la investigación se ha priorizado la construcción de una máquina para moler plásticos P.E.T, para la microempresa de reciclaje “Santa Anita” con sus instructivos, planos y cálculos.

## RECOMENDACIONES

A continuación mencionaremos algunas recomendaciones para el eficaz y eficiente funcionamiento de la máquina de moler plásticos.

- El mantenimiento de la máquina debe ser regular, esto dependerá del uso que se le dé a la máquina, se debe procurar revisar el estado de los rodamientos y el correcto afilado de las cuchillas.
- Triturar los plásticos sólidos previamente extrayendo materiales como cauchos, y plásticos blancos (fundas, etiquetas, etc.)
- El mantenimiento lo puede realizar cualquier persona que tenga un conocimiento básico del mismo ya que la máquina no es compleja.
- Realizar una limpieza de la cámara de trituración después de la utilización de la máquina para evitar la acumulación de residuos plásticos en las zonas donde se asienta la criba.
- Procure utilizar los implementos de seguridad como son los guantes, el casco y el overol con su respectiva mascarilla, para evitar posibles accidentes tomando en cuenta todas las precauciones del caso.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- (1) AZA Gerdau, 82002) "Compendio de normas para productos de acero", 1ra edición, Chile.
  - (2) BUDYNAS R. NISBETT K. (2008) "Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley", Ed. Mc Graw Hill, 8va edición, México.
  - (3) ELIAS Xavier, (2009) "Reciclaje de residuos Industriales", Ed. Díaz
  - (4) FAG, (2000) "Catalogo de rodamientos 41 520/3 SB", Ed. FAG, España.
  - (5) MANGONON Pat L. (2001) "Ciencias de Materias: Selección y Diseño". Ed. Prentice Hall, 4ta Edición, México.
  - (6) NOGUES F. GARCIA D., (2010) "Energía de la Biomasa", Ed. Pressas Universitarias de Zaragoza, 1ra. Edición, España.
  - (7) RIBA Carles, (2002) "Diseño Concurrente", Ed. UPT, 1ra. Edición, Barcelona.
  - (8) RONALD H. Fleck, (1953) "Plásticos: su estudio científico y tecnológico", Ed. Gustavo Gili, 1ra. Edición, Barcelona.
  - (9) SHIGLEY Joseph, (1989) "Manual de Diseño Mecánico", Ed. Mc Graw Hill, Tomo 1; 4ta Edición, México.
  - (10) The GoodYear Tire and Ruber Company, (1990) "Engineering data for multiple V – belts", ed. GoodYear, USA.
  - (11) VAN DER VEGT A.K GOVAERT L. E, (2005) "Polymeren: van KetentotKunstof", mEd. CentraalBoekhuis, Germany.
- SHIGLEY JOSEPH E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Mc Graw Hill, México Septiembre de 1990.
- MOTT ROBERT L., Diseño de Elementos de Máquinas, Editorial Prentice Hall, segunda edición, México 1995

KENNETH BUDINSIKI & MICHAEL BUDINSIKI. Engineering  
Materials. Prentice Hall, New Jersey 1994

### **BIBLIOGRAFÍA CITADA**

VON MEYSENBUG, Tecnología de plásticos para ingenieros, Editorial Hispano Europa, Múnich - Alemania, (2001) Pág. 225.

MATEO Pedro, GONZÁLEZ Agustín, GONZÁLEZ Diego, (2008) Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, Sexta Edición, Editorial Fundación CONFEMETAL, Madrid - España. Pág. 278.

GREIG, Michaeli, VOSSEBURGER, Kaufmann: Tecnología de los plásticos, Editorial Hanser, Barcelona - España en su libro clasifica a los tipos de molinos de plásticos. Pág. 169 - 183.

Según JUTZ, Scharkus: Prontuario de materiales, tercera edición, Editorial GorgWesterman. (1,984) Pág. 167-173.

CORBITT, Robert A, Manual de referencia de la ingeniería ambiental. Editorial Me Graw Hill, México DF - México, 2000.

CAPUZ, Rizo Salvador y GÓMEZ, Navarro Tomás (2002, pág. 146) en su libro titulado Ecodiseño de envases: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo expresa que

CHAUSIN, Manual de plásticos, Editorial Hispano Europa, Barcelona - España, (2002)

GUTIÉRREZ, Toca Manuel (2006, pág. 22) en su libro titulado Juegos ecológicos con botellas de plástico

## PÁGINAS WEB

<http://www.solostocks.com/img/molino-triturador-de-plasticos-6414822z1.jpg>

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/aago.pdf>

[www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_14\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_14_MEC01.pdf)

<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/PET/OPCIONES%20DE%20RECUPERACION.htm>

[http://www.trittonxxi.com/ri-triturador-trituradores-trituradora-trituradoras/molino-triturador-precios/plasticos/carton/18\(21/07/20012\)](http://www.trittonxxi.com/ri-triturador-trituradores-trituradora-trituradoras/molino-triturador-precios/plasticos/carton/18(21/07/20012))

[http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06\\_Apunte%20Molienda.pdf\(21/07/20012\)](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf(21/07/20012))

[http://trituradoras-de-roca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-de-martillos.html\(22/07/20012\)](http://trituradoras-de-roca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-de-martillos.html(22/07/20012))

[http://www.multiplastic.com.mx/productos/detalle\\_producto/4/292/industrial/\(21/07/20012\)](http://www.multiplastic.com.mx/productos/detalle_producto/4/292/industrial/(21/07/20012))

[http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf\(02/11/20012\)](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf(02/11/20012))

[http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/SWHelp\\_List.html?id=8\(16/01/2013\)](http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/SWHelp_List.html?id=8(16/01/2013))

[http://www.bucorp.com/files/aisi\\_o1.pdf\(22/01/2013\)](http://www.bucorp.com/files/aisi_o1.pdf(22/01/2013))

[http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130\(23/01/2013\)](http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130(23/01/2013))

[http://iirsacero.com.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&I\(25/01/2013\)](http://iirsacero.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=26&I(25/01/2013))

## ANEXOS

### MATERIALES:

#### Anexo 1: Pernos Acerados



Fuente: Los investigadores

#### Anexo 2: Moladora



Fuente: Los investigadores

**Anexo 3: Soldadora**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 4: Corta hierro**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 5: Taladro**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 6: Motor y tablero**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 7:Chumaceras**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 8:Poleas**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 9:Ángulo**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 10:Tol de acero**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 11: Porta Cuchillas**



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 12: Plásticos P.E.T.**



**Fuente:** Microempresa de Reciclaje “Santa Anita”

## CONSTRUCCIÓN:

### Anexo 12: Soldado de la cámara de corte



**Fuente:** Los investigadores

### Anexo 13: Soldado de porta cuchillas



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 14:**Colocación de cuchillas fijas y móviles



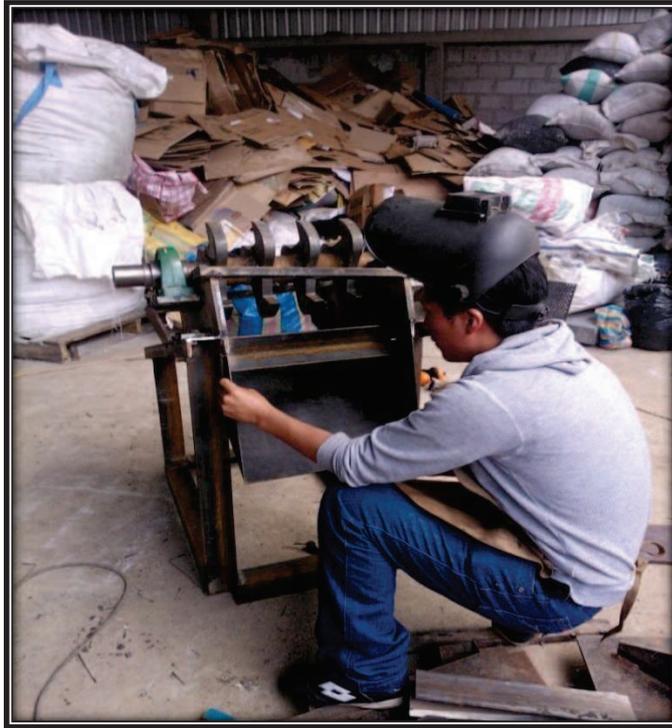
**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 15:**Soldando las cuchillas



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 16:** Colocación de tolva de descarga



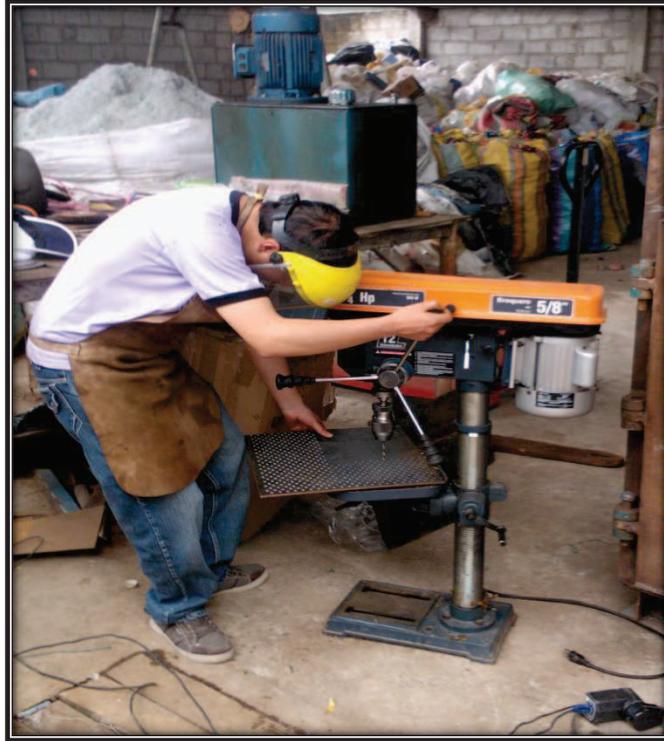
**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 17:** Cámara de corte



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 18:**Perforación de la criba



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 19:**Criba perforada



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 20:** Colocación de la Criba



**Fuente:** Los investigadores

**Anexo 21:** Ensamblaje final del molino de PET



**Fuente:** Los investigadores