

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia <b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>		Aprobado	Pág.	
		<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>1(109)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>INGENIERÍAS</b>
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>
<b>DIRECTOR</b>	<b>JUAN GUILLERMO GARCIA RINCON</b>
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO</b>

### **RESUMEN**

**(70 palabras aproximadamente)**

LA PROPUESTA PLANTEA LA CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA PARA LA PRODUCCION DE ABONO ORGANICO, ESTE PROYECTO SE FORMULA DE LA NECESIDAD DE DISEÑAR UN EQUIPO QUE TECNIFIQUE EL PROCESO DE ELABORACION Y PRODUCCION DE ABONO MEDIANTE RESIDUOS ORGANICOS, LA CUAL REQUIERE UN PROCESO ESPECIFICO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO, QUE PARA ESTE CASO EN PARTICULAR SE DARÁ CON EL USO DE UN SISTEMA DE RODILLOS DENTADOS Y LUEGO DE ESTE PROCESO EL PRODUCTO CONTINUA SU PROCESO EN UNA CAMARA DE MEZCLADO, LA CUAL NOS AYUDA A TENER COMO RESULTADO UN MATERIAL HOMOGENEO. ESTA PROPUESTA SE PLANTEA CON EL FIN DE SATISFACER LA NECESIDAD DE UN GRUPO CREADO EN EL SENA LLAMADO UNIDADES PRODUCTIVAS, EL CUAL VIO EN LOS RESIDUOS ORGANICOS UN PLAN DE SOSTENIMIENTO.

### **CARACTERÍSTICAS**

<b>PÁGINAS: 109</b>	<b>PLANOS:5</b>	<b>ILUSTRACIONES:38</b>	<b>CD-ROM:1</b>
---------------------	-----------------	-------------------------	-----------------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL. OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO  
ORGÁNICO**

**KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO  
JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA MECANICA  
OCAÑA  
2015**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO  
ORGÁNICO**

**KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO  
JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Mecánico**

**Director  
JUAN GUILLERMO GARCIA RINCON  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA MECANICA  
OCAÑA  
2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios primero que todo porque fue mi guía y mi fortaleza en los momento de dificultad.  
A mi madre Anabel Quintero quien me apoyaron desde el comienzo de mi formación y supo alentarme para seguir adelante..  
A mi pareja Elwin Jose Arias quien fue un apoyo incondicional en todo el proceso, su compañía y su amor han hecho este sueño posible.  
A mi hija Ady Minit Arias por ser un motor y una gran motivación para lograr mis objetivos.*

**KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO**

*A Dios primero que todo porque fue mi guía y mi fortaleza en los momento de dificultad.  
A mi madre Miller L. Carvajal y a mi padre José U. Ojeda quienes me apoyaron desde el comienzo de mi formación y supieron alentarme para seguir adelante.  
A mis compañeros de estudio y profesores quienes fueron un apoyo incondicional en todo el proceso, su compañía ha hecho este sueño posible.  
A mi familia por estar siempre con migo y aconsejarme en las situaciones por las cual pase.  
A mi pareja Mónica Quintero quien es un apoyo incondicional en mi vida, su compañía y su amor han hecho este sueño posible*

**JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por estar pendiente en todos los momentos de mi vida, iluminándome el camino; con su protección y bendición me ayudo a serle frente a todos los problemas durante mis estudios.*

*A mis padres por infundir en mi la lucha y el deseo de superación; resaltando el apoyo en los momentos de duda, desesperación y felicidad.*

*A mi pareja por estar con migo en los momentos de alegría y de tristeza; por su constante apoyo y comprensión.*

*A mis amigos de estudio a quienes admiro por sus esfuerzos para lograr su carrera y sus metas trazadas.*

# CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	12
1. TITULO.....	13
1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. General. ....	14
1.3.2 Objetivos Específicos. ....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.5 DELIMITACIONES .....	15
1.5.1 Delimitación temporal. ....	15
1.5.2 Delimitación geográfica. ....	15
1.5.3 Delimitación conceptual. ....	15
1.5.4 Delimitación operativa. ....	15
2. MARCO REFERENCIAL .....	16
2.1 MARCO HISTORICO .....	16
2.1.1 antecedentes históricos a nivel mundial. ....	16
2.1.2 antecedentes históricos a nivel nacional. ....	16
2.1.3 antecedentes históricos a nivel regional. ....	16
2.2 MARCO CONCEPTUAL. ....	17
2.2.1 Abono orgánico. ....	17
2.2.2 Tipos de abonos orgánicos. ....	17
2.2.3 Efectos benéficos del abono orgánico. ....	18
2.2.4 Tipos de trituración.....	18
2.2.5 Tipos de Trituradoras de Aplicación .....	19
2.2.6 Tipos de Trituradora por Choque .....	24
2.2.7 Sistemas de Mezclado. ....	25
2.2.8 tipos de mezcladores.....	25
2.3 MARCO TEORICO .....	28
2.4 MARCO LEGAL .....	28
2.4.1 Constitución política de Colombia .....	28

2.4.2 Universidad Francisco de Paula Santander. ....	30
3. DISEÑO METODOLOGICO .....	32
3.1 TIPO DE INVESTIGACION.....	32
3.2 FASES DEL PROYECTO DE UNVESTIGACION .....	32
3.2.1 FASE I. Revisión bibliográfica. ....	32
3.2.2 FASE II. Diseño de elementos. ....	32
3.2.3 FASE III. Simulación de elementos. ....	32
3.2.4 FASE IV. Construcción.....	32
4 PRESENTACION DE RESULTADOS .....	33
4.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL TIPO DE TRITURADOR Y MEZCLADOR.....	33
4.1.1 tipos de mecanismos de transmisión de movimiento .....	33
4.1.2 clasificación de los mezcladores.....	33
4.1.3 tipo seleccionado de mezclador.....	33
4.1.4 características del mezclador .....	34
4.1.5 mecanismos de trituración .....	35
4.1.6 tipo seleccionado de trituración.....	35
4.1.7 Operaciones del triturador y del mezclador.....	36
4.1.8 proceso de preparación del abono orgánico .....	36
4.2 DEFINICIÓN DE LOS CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA MAQUINA .....	38
4.2.1 Transmisión de potencia del motor al eje de trituración .....	38
4.2.2 Transmisión del eje trituración al eje del mezclador.....	45
4.2.3 Diseño de la Tolva.....	51
4.2.4 Sistema de mezclado .....	53
4.2.5 Sistema de trituración .....	55
4.2.6 diseño de la estructura metálica para la máquina. ....	69
4.2.7 cálculo del transportador sin fin. ....	71
4.3 SIMULACIÓN DE LAS PRINCIPALES PIEZAS DE LA MAQUINA .....	73
4.3.1 simulación de los rodillos de triturado .....	74
4.3.2 simulación de la tolva.....	75
4.3.3 simulación de la estructura que soporta la máquina. ....	76
4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA .....	78
4.4.1 Proceso de construcción de la máquina para producir abono orgánico.....	78
4.4.2 Materiales utilizados en la maquina .....	79

4.4.3 Instrumentos y equipos utilizados .....	79
4.4.4 Adquisición de materiales y equipos .....	79
4.5 ADMINISTRACION DEL PROYECTO .....	79
4.5.1 Recurso humano .....	79
4.5.2 Recursos Institucionales .....	80
4.5.3 Recursos financieros.....	80
4.5.4 Lista de los materiales dispuestos para construcción de la maquina con su respectivo precio .....	80
4.6 Construcción de la máquina. ....	81
4.4.6 Montaje de la máquina. ....	85
CONCLUSIONES .....	88
RECOMENDACIONES .....	89
BIBLIOGRAFIA .....	90
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS .....	91
ANEXOS .....	91

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Trituradora de mandíbula.	20
Figura 2. Estructura de la trituradora giratoria.	21
Figura 3. Trituradora de Cono.	22
Figura 4. Trituradora de tornillo sin fin.	22
Figura 5. Trituradora de sistema de rodillos lisos.	23
Figura 6. Trituradora de sistema de rodillos dentados.	24
Figura 7. Mezclador de cinta helicoidal.	34
Figura 8. Rodillo utilizado en la máquina.	36
Figura 9. Sección de la Banda en V.	42
Figura 10. Tensión de la banda tipo V.	42
Figura 11. Sección de banda en V.	48
Figura 12. Tensión en la banda tipo V.	48
Figura 13. Dimensiones de la tolva.	51
Figura 14. Diseño de la tolva.	52
Figura 15. Diseño del mezclador.	54
Figura 16. Diagrama de cargas sobre el rodillo	57
Figura 17. Diagrama de fuerza cortante.	57
Figura 18. Diagrama de momento flector.	57
Figura 19. Eje Redondo Con Filete En El Hombro De Flexión.	60
Figura 20. Eje Redondo Con Filete En El Hombro De torsión.	61
Figura 21. forma de la cuña y fuerzas que actúan en ella	65
Figura 22. Diseño de la estructura de la máquina.	71
Figura 23. Tensión de Von Mises.	74
Figura 24. Desplazamientos ocurridos en el rodillo.	74
Figura 25. Deformaciones unitarias en el rodillo.	75
Figura 26. Tensiones de Von Mises sobre la tolva.	75
Figura 27. Desplazamiento resultante en la tolva.	76
Figura 28. Deformaciones unitarias en la tolva.	76
Figura 29. Tensión de Von Mises sobre la estructura.	77
Figura 30. Desplazamiento resultante sobre la estructura.	77
Figura 31. Deformación unitaria sobre la estructura.	78
Figura 32. Construcción de la cámara de mezclado.	82
Figura 33. Construcción del sistema de trituración.	83
Figura 34. Construcción de la tolva de almacenamiento.	83
Figura 35. Construcción de la estructura metálica que soporta la máquina	85
Figura 36. Montaje de la tolva a la estructura.	86
Figura 37. Ensamble de la cámara de mezclado con el eje mezclador.	86
Figura 38. Ensamble de la maquina completa.	87

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Secciones de bandas en V estándar.....	93
Anexo 2. Circunferencias interiores de bandas en V estándar. ....	93
Anexo 3. Dimensiones de conversión de longitud. ....	93
Anexo 4. Factor de seguridad maquina impulsada.....	94
Anexo 5. Potencias nominales de bandas en V estándar.....	95
Anexo 6. Factor De Corrección Del Angulo De Contacto K1. ....	95
Anexo 7. Factor De Corrección De Longitud De Banda K2.....	96
Anexo 8. Parámetros de bandas en V.....	96
Anexo 9. Parámetros de durabilidad para algunas secciones de banda en V. ....	96
Anexo 10. Recomendaciones de seguridad y mantenimiento. ....	97
Anexo 11. Mantenimiento de la máquina para producir abono orgánico. ....	100
Anexo 12. Conservación de la maquina.....	101
Anexo 13. Cambio de bandas.....	101
Anexo 14. Manual del Usuario.....	103
Anexo 15. Instrucciones de operación.....	105
Anexo 16. Instrucciones para la fabricación del abono orgánico.....	107

## INTRODUCCION

El uso y aplicación de materia orgánica en agricultura es milenaria, sin embargo paulatinamente fue experimentando un decrecimiento considerable, probablemente a causa de la introducción de los fertilizantes químicos que producían mayores cosechas a menor tiempo. Sin embargo, durante los últimos años se ha observado un creciente interés sobre la materia orgánica, habiendo experimentado su mercado un gran auge ligado al tema de los residuos orgánicos que encuentran así, una aplicación y el desarrollo de nuevas tecnologías. El mantenimiento de la materia orgánica del suelo es un proceso clave relacionado con la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas, especialmente para los que están en suelos frágiles y manejados por agricultores de pocos recursos.

Durante las últimas dos décadas, muchas investigaciones han intentado desarrollar tecnologías simples en base del uso de la vegetación e insumos orgánicos para mejora la productividad y sostenibilidad de los agro ecosistemas. Estas tecnologías incluyeron el manejo de los residuos de los cultivos, abonos verdes, coberturas de leguminosas, y barbechos y forrajes mejorados, compost, etc. Se piensa que, en éste u otros sistemas que usan residuos orgánicos, muchos de los beneficios derivados del uso de estos materiales son debido a su habilidad de mantener la materia orgánica y estructura física del suelo y promover el reciclaje de nutrimentos, sin embargo, estas tecnologías no han sido evaluadas adecuadamente debido en gran medida a la falta de indicadores y metodologías apropiadas para cuantificar la dinámica de la materia orgánica. En los últimos años, se ha dado una revalorización de la biología de suelos, como un componente importante en los sistemas de producción y se han empezado a utilizar prácticas de manejo al nivel de finca que permitan restablecer la vida del suelo.

## **1. TITULO**

### **CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

En la actualidad, el uso de tecnologías de producción agrícola, pecuaria y forestal inadecuadas a las particularidades de los ecosistemas, vienen dando como resultado la destrucción de los recursos naturales y la contaminación del medio ambiente, envenenando literalmente al mundo, donde los ríos, los mares, la tierra y la atmósfera soportan descargas tóxicas nocivas, cuyos límites están llegando a extremos críticos, para desembocar finalmente en aberrantes secuelas de orden social, psicológico, económico, político y ecológico, que están deteriorando de manera acelerada las relaciones del hombre: con la naturaleza y con sus semejantes.

La generación, tratamiento y confinamiento final de los residuos, han dado origen a un nuevo e importante sector en la industria, en especial en países desarrollados. Las necesidades de manejo, minimización, aprovechamiento y confinamiento de los desechos, se ha convertido en uno de los factores de impulso de la investigación científica y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Con el avance y la apertura de los mercados internacionales, el sector agrícola colombiano se ha visto rezagado, ya que en la producción agrícola no se tienen las herramientas tecnológicas necesarias para la optimización de los métodos de cultivo, donde se pueda ser competitivo con otros mercados.

También, se registran bajas capacidades formativas y técnicas de los campesinos, desarrollos tecnológicos inapropiados y poca viabilidad en procesos de emprendimiento, insuficiente incorporación de sistemas agropecuarios promisorios, continuidad de los sistemas de producción tradicionales, insostenibles, deficientes y poco innovadores, debido a la escasa educación pertinente en el sector y a la baja cultura asociativa y empresarial.

Esta problemática no escapa al departamento de Norte de Santander y la provincia de Ocaña, su infraestructura y su deficiente desarrollo tecnológico ocasionan la poca producción agrícola, permitiendo el mal uso de los suelos dada su poca tecnificación.

Actualmente no existe una maquina en el mercado que cumpla con la función de triturar y mezclar a la vez el material de desecho orgánico que se produce a diario en los hogares, restaurantes, fincas y de más lugares donde se manejen desechos sólidos, para obtener como producto un abono orgánico.

La tecnificación de los procesos para un mejor aprovechamiento de los recursos, da como resultado que sumemos la tecnología a procesos que antiguamente se hacían sin un conocimiento y sin una posibilidad de poder ser eficientes y efectivos en el desarrollo de la tarea.

Tratando de dar una propuesta para la solución de problemas en la elaboración de abono orgánico, relacionando todo esto con la reducción del costo y mejoramiento de la eficiencia para procesarlo.

Es en este momento, en donde se debe realizar un cambio de actitud y comenzar a buscar soluciones alternativas a la necesidad de garantizar un proceso que desarrolle tecnológicamente una solución al problema. Es aquí donde se presenta un viejo y guardado concepto como es el de abono orgánico (o mejor conocido como compost).

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Una trituradora y mezcladora de material orgánico, se convertirá en una alternativa viable para la tecnificación del proceso de producción de abonos?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. General.**

Construir una máquina para la producción de abono orgánico.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Analizar los diferentes tipos de trituradoras y mezcladoras existentes para seleccionar el más eficiente.
- ✓ Realizar los cálculos de diseño de los sistemas de transmisión de potencia, ejes, sistema de engranes, y las fuerzas del sistema de trituración y mezclado de la máquina.
- ✓ Simular mediante el software SolidWorks las piezas de mayor importancia de la máquina.
- ✓ Construir el prototipo de máquina.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

La propuesta del uso de abonos orgánicos como opción para el mejoramiento de los cultivos, sin perjudicar a nuestro ecosistema, se vuelve una propuesta atractiva, teniendo en cuenta que las políticas internacionales se están involucrando más, para exigir un producto con cero insumos químicos y no permitir la importación de dichos productos. Otro de los factores para implementar la fabricación de abonos orgánicos, es la reducción de costos por insumos, porque la diferencia en costos de abonos orgánicos y químicos es de 4 a 1 y en algunos casos mayores; aunque la utilización de abonos orgánicos presenta la desventaja que las producciones pueden disminuir, pero esto se ve compensado, en un mejoramiento de suelo y un alto precio de los productos que tengan calificación de productos verdes.

En la elaboración de abonos orgánicos (de origen vegetal) hay tres factores, de importancia en el proceso, a uno de los que hacemos referencia es el de reducción de tamaño del residuo orgánico, esto se debe que al estar expuesto en mayor proporción al ambiente su degradación se produce con mucha mayor rapidez; este es el objetivo de este proyecto, es el de aprovechar la tecnología para efectuar esta operación con una mayor eficiencia y una alta rentabilidad.

Actualmente en el mercado no existe una máquina que cumpla con todas los requisitos para la elaboración de fertilizante orgánico, por lo que este proyecto resulta ser una solución atractiva para satisfacer las necesidades de una comunidad en específica y a un costo relativamente bajo con relación a las existentes.

La construcción de la trituradora y mezcladora aparece como una alternativa disponible para reducir los costos y menor demanda de equipamiento mientras se reduce la pérdida de suelo y se mejora sus propiedades, permitiendo obtener una mayor productividad y sostenibilidad en la producción.

La importancia de este proyecto sobre el diseño de la trituradora y mezcladora para pequeños agricultores se constituye en un desarrollo que les permita aplicar tecnología a los sistemas de siembra que tanto se hace énfasis en los planes de desarrollo nacional, departamental y municipal, además la aplicación de esta tecnología permitirá manejar y conservar los recursos naturales como el suelo y el mismo cultivo.

## **1.5 DELIMITACIONES**

### **1.5.1 Delimitación temporal.**

El presente proyecto tendrá una duración aproximada de 12 semanas a partir de la aprobación del anteproyecto, como se muestra en el cronograma de actividades.

### **1.5.2 Delimitación geográfica.**

El proyecto de investigación se llevara a cabo en la ciudad de Ocaña, para la universidad Francisco de Paula Santander, ubicada en la sede El algodonal.

### **1.5.3 Delimitación conceptual.**

Los términos referentes que se manejaran como referentes primarios del proyecto son: trituradoras, mezcladora, desechos orgánicos, abono.

### **1.5.4 Delimitación operativa.**

El cumplimiento de los objetivos del siguiente estudio puede ser afectado por distintos factores. De surgir en el desarrollo del mismo, algún inconveniente que amerite modificaciones significativas, estas serán consultadas con el director del mismo modo y comunicadas al Comité Curricular.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO HISTORICO

#### **2.1.1 antecedentes históricos a nivel mundial.**

Durante la investigación realizada para recopilar información acerca de los estudios académicos hechos sobre temas relacionados con este proyecto se encontraron publicaciones extranjeras.

Diseño y construcción de una mezcladora industrial para la elaboración de vino de frutas con capacidad de 2000 litros, realizado por, pablo francisco Erazo Soria y Ricardo Javier vizuete Benítez. Tesis de grado. Facultad de ingeniería mecánica, escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador (2011).

Diseño de una maquina mezcladora de materia orgánica para la elaboración de humus, realizado por, Darwin Paul y Christian Ramiro Peñafiel Moreno. Tesis de grado. Facultad de ingeniería mecánica, escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador (2011).

Diseño de una maquina picadora de rastrojo, para producción de abono orgánico, realizado por, Luis ramón Zambrano santana, tesis de grado. Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción. Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador (2004).

#### **2.1.2 antecedentes históricos a nivel nacional.**

Siguiendo con la documentación realizada para compilar la información, se obtuvo:

Diseño y construcción de una trituradora de mandíbula de excéntrica elevada, realizado por, Edgar José ortiz ortega y Ronal Julián tirado abril. Tesis de grado. Facultad de ciencias físico-mecánicas, universidad industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia (2005).

#### **2.1.3 antecedentes históricos a nivel regional.**

En la ciudad de Ocaña actualmente no existen reseñas, antecedentes o artículos sobre sobre la realización de estudios aplicados al diseño y/o construcción de una máquina para producir abono orgánico.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL.

**2.2.1 Abono orgánico.** Aunque la historia del compost (abono orgánico) se remonta a 1,000 años antes de Cristo en el valle de la Mesopotamia, no fue sino hasta en 1905 en la India, cuando el agrónomo inglés Albert Howard logró establecer la verdadera técnica del compost al combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método llamado Indore, se basaba en combinar tres partes de desechos vegetales con una de excrementos animales y voltearlos mientras se iban descomponiendo.

Los abonos orgánicos además de aportar al suelo sustancias nutritivas, influyen positivamente sobre la estructura del suelo y sirven de alimento a los microorganismos que lo habitan.

Constituyen un grupo muy diverso de materiales procedentes de residuos de animales y vegetales más o menos transformados y que presentan unos altos contenidos en materia orgánica, estos abonos se pueden utilizar de varias formas según sea su procedencia, cabe indicar que los abonos en su mayoría dependen de factores como la temperatura y la humedad existente en el medio, por lo cual variara en su proceso dependiendo del país donde se lo procese.

**2.2.2 Tipos de abonos orgánicos.** Los abonos orgánicos que se utilizan son principalmente: estiércol sólido, estiércol semilíquido, paja, compost y abono verde<sup>1</sup>.

**Estiércol sólido:** Se compone fundamentalmente de excrementos de animales domésticos y una pequeña cantidad de orina y paja. Contiene N orgánico y amoniacal, fósforo, potasio y micronutrientes como Cu, Zn, Fe y Mn.

**Estiércol semilíquido:** Se trata de una mezcla de excrementos y orina, a la que se le añade agua para facilitar su transporte y distribución.

**Paja:** La paja es pobre en nutrientes, pero suministra materia orgánica degradable, por ejemplo celulosa, lo que constituye una fuente energética. Dado que la descomposición de la paja es lenta, esta debe enterrarse con gran antelación a la siembra.

**Compost:** Es un producto de descomposición de residuos vegetales y animales, con diversos aditivos. Este grupo es el más amplio de los abonos orgánicos; comprende desde materiales sin ninguna calidad, procedente de los basureros, hasta sustratos perfectamente preparados con alto poder fertilizante.

**Abono verde:** Se utilizan plantas enteras, o solamente residuos, como las raíces. El efecto del abonado verde consiste en la aportación de nitrógeno, de materia orgánica, así como la mejora de la estructura del suelo, y por último contribuye con gran cantidad de nutrientes asimilables, facilitando la movilidad de fosfatos y oligoelementos.

---

<sup>1</sup> ZAMBRANO, L.: Diseño de una maquina picadora de rastrojo, para producción de abono orgánico, escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador, 2004.

**2.2.3 Efectos benéficos del abono orgánico.** Los científicos agrícolas han reconocido los beneficios de la MOS para la productividad de los cultivos. Esos beneficios han sido sujeto de controversia por mucho tiempo y algunos se mantienen actualmente. Muchos de estos beneficios de la MOS han sido bien documentados, pero algunos efectos están íntimamente asociados con otros factores del suelo que es difícil atribuirle solo a la materia orgánica. Otro de los inconvenientes está ligado a la falta de precisiones para definir específicamente las varias fracciones dentro de la MOS.

El efecto benéfico de la MOS sobre la fertilidad de los suelos especialmente sobre aquellos altamente meteorizados es de una importancia dramática con relación a sus contenidos, pues está demostrado que incrementos mínimos benefician simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aunque la interacción de estas tres propiedades dificulta la cuantificación del efecto benéfico de la MOS, para complicar aún más la situación es muy factible que los distintos componentes de la MOS estén afectando simultáneamente y en forma distinta la dinámica, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Aunque no se conoce a ciencia cierta la naturaleza de los procesos implicados ni las fracciones de MOS que afectan las propiedades del suelo, es claro que ésta presenta efectos benéficos son los siguientes:

- Ayuda a la estabilización de la acidez del suelo.
- Actúa como agente quelatante del aluminio.
- Regula los fenómenos de adsorción especialmente la inactivación de plaguicidas.
- Mejora la capacidad de intercambio del suelo.
- Mejora la cohesión y estabilidad de los agregados del suelo.
- Aumenta la capacidad del suelo para retener agua.
- Es fuente energética de los microorganismos especialmente por sus compuestos de carbono.
- Estimula el desarrollo radicular y la actividad de los macro y microorganismos del suelo<sup>2</sup>.

**2.2.4 Tipos de trituración.** La trituración es el nombre de los diferentes métodos de procesamiento de materiales, es un proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda, además, se refiere a la producción de un material homogéneo a través de la mezcla. La trituración convierte la producción de residuos de post- consumo en un material a granel (material molido, partículas) lo más homogéneo posible<sup>3</sup>.

**Trituración primaria.** La trituración primaria reduce normalmente el tamaño de los trozos de mineral a un valor comprendido entre 8" a 6". A continuación, los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias.

---

<sup>2</sup> Taller de abonos orgánicos, 3 y 4 de marzo, 2003. Centro de investigaciones agronómicas de la universidad de costa rica y la cámara de insumos agropecuarios no sintéticos.

<sup>3</sup> Tipos de trituración, [online], [23 de febrero de 2015], disponible en internet, <http://www.ecured.cu/index.php/Trituraci%C3%B3n>

La trituración primaria se lleva a cabo normalmente en quebrantadoras de mandíbulas o en quebrantadoras giratorias. Las quebrantadoras de mandíbulas constan normalmente de dos planchas de acero al manganeso o mandíbulas, colocadas una frente a la otra, de las cuales una es fija y la otra es móvil y puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior. Mediante un dispositivo adecuado, se comunica a la mandíbula móvil un movimiento de oscilación alternativo hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido.

El mineral se carga en el espacio comprendido entre las mandíbulas, y de ellas, la móvil, en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la fija. Al retroceder la mandíbula móvil, el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

**Trituración secundaria.** En la trituración secundaria, el tamaño de las partículas se reduce a un valor comprendido entre 3" y 2", dejándolo en condiciones de poder pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar. Las quebrantadoras utilizadas en esta fase son por lo general e tipo giratorio o cónico. Estas quebrantadoras son similares a las utilizadas en la trituración primaria, diferenciándose solamente en que trabajan a velocidades relativamente altas (aproximadamente 500 r.p.m.) y en que la abertura de salida de los productos triturados es mucho menor.

### 2.2.5 Tipos de Trituradoras de Aplicación

**Trituradora de mandíbula<sup>4</sup>.** Una trituradora de mandíbulas utiliza la fuerza de compresión de la rotura de partículas. Esta presión mecánica se consigue mediante las dos mordazas de la trituradora de las cuales una es fija mientras que el otro se mueve alternativamente. Una trituradora de mandíbula o de palanca se compone de un conjunto de mordazas verticales, una de las mordazas se mantiene estacionaria y se llama como mordaza fija mientras que la otra mordaza, llamado como mandíbula oscilante, se mueve hacia adelante y hacia atrás con respecto a la misma, por un mecanismo de leva o Pitman, actuando como una palanca de clase II o un cascanueces. El volumen o cavidad entre las dos mordazas se llama como la cámara de trituración. El movimiento de la mandíbula oscilante puede ser muy pequeña, ya que no completa de trituración se lleva a cabo en un solo golpe. La inercia requerida para aplastar el material es proporcionada por un volante de inercia ponderada que mueve un eje de la creación de un movimiento excéntrico que hace que el cierre de la brecha.

Trituradoras de mandíbula son máquinas de trabajo pesado y por lo tanto deben ser de construcción robusta. El marco exterior es generalmente de hierro o acero. Las mordazas mismas están generalmente construidos a partir de acero fundido. Están equipadas con revestimientos reemplazables que están hechas de acero al manganeso o Ni-hard. Trituradoras de mandíbula se construyen normalmente en secciones para facilitar el proceso de transporte para que puedan ser tomadas bajo tierra para llevar a cabo las operaciones.

Trituradoras de mandíbula se clasifican sobre la base de la posición del pivote de la mandíbula oscilante:

---

<sup>4</sup>Tipos de trituradoras, [online], [23 de febrero de 2015], disponible en internet, [http://docsetools.com/articulos-noticias-consejos/article\\_146021.html](http://docsetools.com/articulos-noticias-consejos/article_146021.html)

- Blake-trituradora de la mandíbula oscilante se fija en la posición superior
- Esquivar trituradora de la mandíbula oscilante se fija en la posición más baja
- Universal-trituradora de la mandíbula oscilante se fija en una posición intermedia

**Figura 1. Trituradora de mandíbula.**



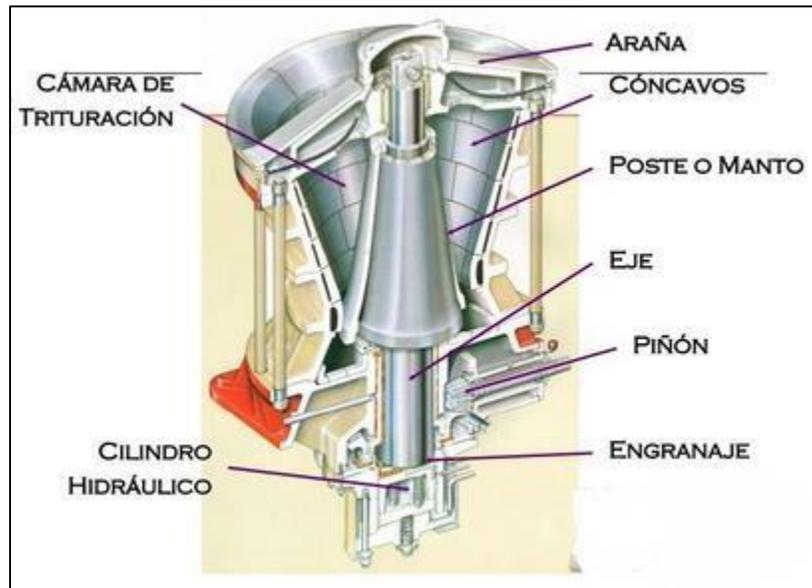
Fuente: Trituradora de mandíbula, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqigrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-trituradoras-y-molinos/>

**Trituradora giratoria.** Estos aparatos pueden encontrarse tanto en plantas de tratamiento situadas en la superficie como en etapas de pre machaqueo en el interior de la mina. Los materiales a triturar son reducidos por aplastamiento o compresión entre una pared cónica fija y un cuerpo troncocónico, montado un eje vertical, movido en su base por una excéntrica. En todo instante, la trituradora giratoria se comporta como una trituradora de mandíbulas, al igual que en las trituradora de mandíbulas, en la zona de descarga. Una modificación en las trituradoras giratorias son los conos, siendo el tipo Symons el más utilizado en los cuales el eje reposa, por medio del cuerpo troncocónico, sobre unos cojinetes esféricos. Esta disposición permite unas rotaciones rápidas y una disposición y alimentación fáciles. Suelen utilizarse para etapas de fragmentación con tamaños inferiores a las trituradoras de mandíbulas y trituradoras giratorias.

La trituradora giratoria está principalmente compuesta por el marco, cono circular de actividades, cono circular fijo, eje principal, engranaje cónico y el manguito excéntrico, etc. El eje principal de cono circular de actividades está en el punto fijo de suspensión por encima de la viga, la parte inferior del eje principal está en el manguito excéntrico. Cuando el cono

circular de actividades se acerca al cono circular fijo, el mineral está triturado. Cuando se aleja, el mineral triturado se derrama<sup>5</sup>.

**Figura 2. Estructura de la trituradora giratoria.**



Fuente: Tritrador giratorio, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://trituradoras-de-roca.com/wiki/Trituradoras-Giratorias-Primarias.html>

**Trituradora de cono.** Trituradoras de Cono es una trituradora giratoria modificada. La principal diferencia es el diseño aplanado de la cámara. La principal diferencia es el diseño aplanado de la cámara de trituración con el fin de lograr una alta capacidad y una alta razón de reducción del material.

El objetivo es retener el material por más tiempo en la cámara y así lograr una mayor reducción del material. El eje vertical de esta trituradora es más corto y no está suspendido como en la giratoria sino que es soportado en un soporte universal bajo la cabeza giratoria o cono. Tipos de Trituradoras de Cono: trituradora de Cono Standard Y trituradora de Cono de cabeza corta<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Tritrador giratorio, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://trituradoras-de-roca.com/wiki/Trituradoras-Giratorias-Primarias.html>

<sup>6</sup> triturador de cono, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://trituradoras-de-roca.com/wiki/1464.html>

**Figura 3. Trituradora de Cono.**



Fuente: triturador de cono, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://insutecmza.blogspot.com/2011/04/objetivo-reducir-el-tamano-de-los.html>

**Trituradora de tornillo sin fin.** El tiempo y el esfuerzo realizado en el proceso anterior, sumado a la poca productividad nos llevan a pensar en una diferente alternativa que realice el proceso de una mejor manera, con mayores producciones y con menor esfuerzo para el operador. Teniendo en consideración lo mencionado anteriormente, y considerando los inconvenientes que se tienen con la cantidad y con el tamaño de rastrojo a procesar, se presenta un mecanismo que funciona de la siguiente manera, el rastrojo se lo deposita en una tolva de alimentación, para que ingrese al sistema pausadamente, luego el rastrojo al caer es comprimido por el tornillo sin fin y llevado hacia unas cuchillas que hacen el trabajo de picado del producto<sup>7</sup>.

**Figura 4. Trituradora de tornillo sin fin.**



Fuente: CIFUENTES, K.; VEGA, H.: implementación de un prototipo de triturador para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de la parroquia tena-provincia napo en el 2014. Escuela politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2014.

---

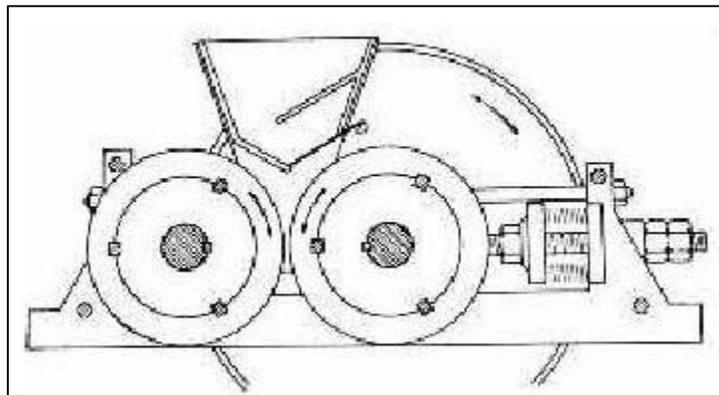
<sup>7</sup> CIFUENTES, K.; VEGA, H.: implementación de un prototipo de triturador para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de la parroquia tena-provincia napo en el 2014. Escuela politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2014.

**Trituradora de sistema de rodillos.** El sistema que se presentara a continuación, usualmente es usado en tractores cegadores y cosechadoras, que producen tamaños de rastrojos de grandes dimensiones, que no es conveniente, cuando se requieren longitudes de rastrojo pequeñas, pero si se dimensiona de tal manera que la separación de la distancia de corte de las cuchillas, es uno de los sistemas más eficientes.

Este último sistema, consiste en un rodillo provisto de cuchillas que se encuentran posicionadas de tal forma que permitan el acceso de parte del rastrojo, para de esta manera al completar la vuelta se pueda realizar el corte, en el rodillo se encuentra un canal interior por donde el rastrojo que es picado ingresa a una bandeja donde se almacena.

Rodillos lisos: Al girar el rodillo atrapa con sus picos la roca y la va desmenuzando obligándola a pasar por la separación entre rodillo y placa. Solo es apta para rocas muy friables y no muy duras o materiales blandos<sup>8</sup>.

**Figura 5. Trituradora de sistema de rodillos lisos.**



Fuente: Rodillos lisos, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-trituradoras-y-molinos>

Rodillos dentados: Es similar a la anterior pero con otro rodillo en vez de placa, estando los dientes o picos situados de tal forma que se alteran y pueden actuar además de cómo picas, como tamiz haciendo pasar rápidamente todos los tamaños inferiores ya producidos.

---

<sup>8</sup>Rodillos lisos, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-trituradoras-y-molinos>

**Figura 6. Trituradora de sistema de rodillos dentados.**



Fuente: trituradora de rodillos dentados, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-trituradoras-y-molinos/>

### **2.2.6 Tipos de Trituradora por Choque**

**Trituradora de martillos.** Esta máquina estaría constituida de dos sistemas, uno para procesar los rastrojos secos y otro para los verdes. La constitución de la máquina es muy sencilla y práctica, por lo cual facilita la utilización de la misma.

La máquina funciona de la siguiente forma: ingresa a la máquina el rastrojo por medio de una tolva de alimentación, el cual es picado por la cuchilla, después pasa por los martillos donde posteriormente es impulsado fuera de la misma.

Cuando se trabaja con rastrojos secos se utiliza un ciclón para la eliminación de polvos producidos en el proceso<sup>9</sup>.

**Trituradora de impacto.** Trituradoras de impacto<sup>10</sup> implican el uso de impacto en lugar de la presión para aplastar el material. El material está contenido dentro de una jaula, con aberturas en la parte inferior, extremo, lado o del tamaño deseado para permitir que el material pulverizado para escapar. Hay dos tipos de trituradoras de impacto: impactos de eje horizontal y de impactos de eje vertical.

Eje impactador/Molino de martillo Horizontal (HSI): Las trituradoras de HSI romper la roca por el impacto de la roca con martillos que se corrigen en el borde exterior de un rotor que gira. Máquinas HSI se venden en estacionario, remolque montado y montado sobre orugas

---

<sup>9</sup> CIFUENTES, op.cit, p.41

<sup>10</sup> Trituradora de impacto, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://xsmtrituradoras.com/projects/Trituradora-de-uso-comun.html>

configuraciones. De HSI se utilizan en el reciclaje, el hard rock y materiales blandos. En años anteriores el uso práctico de trituradoras de HSI se limita a materiales blandos y materiales no abrasivos, tales como piedra caliza, fosfato, yeso, pizarras resistido, sin embargo las mejoras en la metalurgia ha cambiado la aplicación de estos machines. HS

Impactos de eje vertical (VSI): Trituradoras VSI utilizan un enfoque diferente que implica un rotor de alta velocidad con puntas resistentes al desgaste y una cámara de trituración diseñada para 'tirar' la roca contra. Las trituradoras VSI utilizan la velocidad en lugar de fuerza superficial como la fuerza predominante para romper la roca.

### **2.2.7 Sistemas de Mezclado.**

Los sistemas de mezclado pueden clasificarse de acuerdo con las fases indicadas en el proceso las cuales pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas. Independientemente de cual sea el objetivo final perseguido, lo que se pretende con la mezcla es conseguir una distribución uniforme de los componentes por medio del flujo que se genera; normalmente efectuado por procedimientos mecánicos.

El grado de inconformidad alcanzable varía ampliamente. Si se trata de líquidos miscibles, o sólidos y líquidos en los que son solubles, es posible obtener mezclas muy íntimas. Si se trata de líquidos viscosos cuyas densidades sean muy distintas, la mezcla es más difícil. Lo mismo ocurre si la cantidad de los componentes es muy pequeña en relación con la del otro. En productos en forma de pasta y polvos secos, el grado de uniformidad es inferior<sup>11</sup>.

**2.2.8 tipos de mezcladores.** Son tres los principales tipos de mezcladores utilizados estos son:

El primer tipo consta de un depósito estacionario que contiene un agitador de aspas, paletas, etc., es decir estructuras diversas unidas a un eje que rota. Este tipo de agitadores son montados en tanques verticales son de uso para mezclar líquidos pocos viscosos, suspensiones de sólidos y líquidos de flujo libre. El segundo tipo está formado por un depósito estacionario que contiene paletas, cuchillas, aspas o tornillos móviles. Se han desarrollado para mezclar productos muy consistentes: líquidos viscosos, masa, pastas, etc. El tercer tipo puede ser constituido por un depósito móvil o estacionario, el cual se emplea para homogenizar productos de gran consistencia: masas, materiales plásticos<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> PALLO, P.; PEÑAFIEL, C.: diseño de una maquina mezcladora de materia orgánica para la elaboración de humus. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2011.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p.55

**Tabla 1. Tipos de Mezcladores.**

Tipo de mezcladores	Características	clases
Mezcladores de flujos o corrientes	Se introducen los materiales por medio de una bomba y la mezcla se produce por interferencia de sus flujos corrientes. Solo se emplean en los sistemas continuos o circulantes para la mezcla completa de fluidos miscibles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcladores de Chorro</li> <li>• Inyectores</li> <li>• Mezcladores de columnas con orificios o de turbulencia</li> <li>• Sistemas de circulación mixta</li> <li>• Bombas centrífugas</li> <li>• Torres rellenas y de rociado</li> </ul>
Mezcladores de paletas o brazos	Consisten de una o varias paletas horizontales, verticales o inclinadas unidas a un eje horizontal, vertical o inclinado que gira axialmente dentro del recipiente. De esta manera el material mezclado es empujado o arrastrado alrededor del recipiente siguiendo una trayectoria circular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcladores de brazos rectos o de paletas en forma de remos</li> <li>• Mezclador de rastrillo Paletas con lengüetas o dedos fijos intercalados</li> <li>• Paletas corredizas</li> <li>• Cubetas giratorias con paletas excéntricas</li> <li>• Paletas de doble movimiento</li> <li>• Paletas de movimiento planetario</li> <li>• Batidor o emulsificador</li> <li>• Agitador con elevador por aire</li> <li>• Amasador</li> </ul>
Mezcladores de hélices o helicoidales	Proporcionan un medio poco costoso, sencillo y compacto, para mezclar materiales en un gran número de casos. Su acción Mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales al girar empujan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hélices como dispositivos para mezclar gases</li> <li>• Hélice con ejes vertical</li> <li>• Hélice descentrada y con su eje inclinado</li> </ul>

	constantemente hacia delante. Realiza la mezcla de varios productos en polvo entre sí o granulares. Por su construcción y su sistema de funcionamiento estas máquinas tienen varias ventajas sobre otro tipo de mezcladoras, por tener una rapidez de maniobra, obteniéndose un perfecto mezclado final.	penetrando por arriba <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hélice al costado del recipiente</li> <li>• Hélice en un tubo de aspiración</li> </ul>
Mezcladores de turbinas o de impulsos centrífugos	Contiene una o varias bombas centrífugas trabajando en un recipiente casi sin contrapresión el material entra en el impulsor Axialmente por su abertura central. La turbina puede llevar una corona directriz con paletas curvas fijas (difusores) que desvían esas corrientes tangenciales hasta hacerlas radiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soplante de turbina o ventilador centrífugo</li> <li>• Mezclador Sencillo de turbina</li> <li>• Mezclador de turbina con paletas directrices fijas</li> <li>• Turbodispersador</li> <li>• Absorbedor turbogas</li> </ul>
Varios tipos diversos.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezclador de Tambor</li> <li>• El molino coloidal</li> <li>• El Homogeneizador</li> <li>• Votator</li> <li>• Mezclador de conos giratorios</li> </ul>

Fuente: tipo de mezcladores, [on line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet: <http://www.quiminet.com/articulos/los-tipos-de-mezcladores-16423.htm>

## 2.3 MARCO TEORICO

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo.

Basándose en lo anterior, se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer.

Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO<sub>2</sub> y de los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos.

Del 75 – 90 % de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de MOS está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc., y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular. Estas sustancias húmicas han sido divididas grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas. Los ácidos húmicos son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además presentan contenidos más altos de N, pero menor de grupos funcionales<sup>13</sup>.

## 2.4 MARCO LEGAL

Las bases legales que sustentan este proyecto están contempladas en la Constitución Política de Colombia, en la Universidad francisco de Paula Santander Ocaña y las normas internacionales que se mencionan a continuación.

### **2.4.1 Constitución política de Colombia**

**Artículo 71.** La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y la demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades.

---

<sup>13</sup> Taller de abonos orgánicos, 3 y 4 de marzo, 2003. Centro de investigaciones agronómicas de la universidad de costa rica y la cámara de insumos agropecuarios no sintéticos.

## **Normatividad general**

La Constitución Política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a través de los siguientes principios fundamentales:

### **Derecho a un ambiente sano**

En su Artículo 79, la Constitución Nacional (CN) consagra que: “ Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines ”.

Esta norma constitucional puede interpretarse de manera solidaria con el principio fundamental del derecho a la vida, ya que éste sólo se podría garantizar bajo condiciones en las cuales la vida pueda disfrutarse con calidad.

### **El medio ambiente como patrimonio común**

La CN incorpora este principio al imponer al Estado y a las personas la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales (Art. 8), así como el deber de las personas y del ciudadano de proteger los recursos naturales y de velar por la conservación del ambiente (Art. 95). En desarrollo de este principio, en el Art. 58 consagra que: “ la propiedad es una función social que implica obligaciones y, como tal, le es inherente una función ecológica ”; continúa su desarrollo al determinar en el Art. 63 que: “ Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la Ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.

### **Desarrollo Sostenible**

Definido como el desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades, la CN en desarrollo de este principio, consagró en su Art. 80 que: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en zonas fronterizas ”. Lo anterior implica asegurar que la satisfacción de las necesidades actuales se realice de una manera tal que no comprometa la capacidad y el derecho de las futuras generaciones para satisfacer las propias.

## **Decreto 2811 de 1974 parte VII**

**Artículo 1°.-** El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

**Artículo 179°.-** El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora.

En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.

**Artículo 180°.-** Es deber de todos los habitantes de la República colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

Las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligados a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

### **2.4.2 Universidad Francisco de Paula Santander.**

**Acuerdo 065 de 1996.** El cual establece el estatuto estudiantil que es el regente actual en la institución.

**Artículo 140.** El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

**a. Proyecto de Investigación**

Monografía

Trabajo de Investigación: Generación o aplicación de conocimientos

Sistematización del conocimiento.

**b. Proyecto de Extensión.**

Trabajo social

Labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la Universidad.

Pasantía

Trabajo dirigido

**PARÁGRAFO 1.** El estudiante podrá optar como componente alterna al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académica o exámenes preparatorios.

**PARÁGRAFO 2°.** Para algunos Planes de Estudio y de acuerdo a sus características el Consejo Académico podrá obviar la presentación del trabajo de grado.

**Artículo 141.** El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

**a.** Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.

b. Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.

c. Sustentación de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto.

PARÁGRAFO. Para todas las modalidades de proyecto de grado, el estudiante deberá presentar un informe final avalado por su director.

**Artículo 142.** Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios.

PARÁGRAFO. La Universidad incorporará los trabajos de grado, como componente básico de su hacer y creará bancos de proyectos en los Departamentos Académicos y en la Vicerrectoría Asistente de Investigación y Extensión.

### **3. DISEÑO METODOLOGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACION**

Para darle solución al proyecto se realizó una revisión bibliográfica de todo lo concerniente al abono orgánico, el diseño y la construcción de la máquina.

Este proyecto se basó en una investigación de tipo exploratorio<sup>14</sup>, teniendo por objeto esencial familiarizarnos con un tópico desconocido o poco estudiado o novedoso.

#### **3.2 FASES DEL PROYECTO DE UNVESTIGACION**

Para el desarrollo de la propuesta se establecen fases que cumplen con los objetivos específicos: se formula cada una de las fases y sus respectivas actividades a fin de diseñar y construir la máquina:

**3.2.1 FASE I. Revisión bibliográfica.** En esta fase se cumplió con el primer objetivo específico de analizar los diferentes tipos de trituradoras y de mezcladoras existentes para seleccionar la más eficiente, analizando la información recolectada para la selección de la trituradora y mezcladora que permitan cumplir con el objetivo.

**3.2.2 FASE II. Diseño de elementos.** En esta fase se cumplió con el segundo objetivo específico de definir los cálculos de diseño de los diferentes elementos y partes que integran la máquina.

**3.2.3 FASE III. Simulación de elementos.** En esta fase se cumplió con el tercer objetivo de simular mediante el software SolidWorks las piezas de mayor importancia, donde se hizo el análisis de mayores esfuerzos a los que son sometidos las piezas.

**3.2.4 FASE IV. Construcción.** En esta última fase se cumplió con el cuarto objetivo específico de construir la máquina, para la puesta en funcionamiento.

---

<sup>14</sup> SAMPIERI, R. et. al.: metodología de la investigación, McGraw-Hill, Mexico, D.F. 5ed.

## **4 PRESENTACION DE RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL TIPO DE TRITURADOR Y MEZCLADOR**

Por mezclado se entiende aquella operación destinada a reducir la heterogeneidad de un sistema, cambiando la distribución de dos o más componentes que inicialmente se encuentran segregados, hasta conseguir una adecuada distribución de ambos.

El triturado es también el nombre del proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda. La trituración es también denominada desintegración y las máquinas que la producen trituradoras, desintegradoras, quebrantadoras o machacadoras según los diversos autores.

#### **4.1.1 tipos de mecanismos de transmisión de movimiento**

Los mecanismos de transformación pueden ser agrupados en cuatro grandes grupos:

- Mecanismos de transformación circular-lineal: el elemento de entrada tiene movimiento circular, mientras el elemento de salida tiene movimiento lineal.
- Mecanismos de transformación circular-alternativa: El elemento de entrada tiene movimiento circular, mientras el elemento de salida tiene movimiento alternativo.
- Mecanismos de transformación circular: el elemento de entrada y el elemento de salida tienen movimiento circular.
- Mecanismos de transformación lineal: el elemento de entrada y el elemento de salida tienen movimientos lineales<sup>15</sup>.

#### **4.1.2 clasificación de los mezcladores**

Los mezcladores se clasifican en cuatro tipos, que son los siguientes:

- Mezcladores de flujo o corrientes
- Mezcladores de paletas o brazos
- Mezcladores de hélices o helicoidales
- Mezcladores de turbinas o de impulsos centrífugos

#### **4.1.3 tipo seleccionado de mezclador**

El mezclado es el proceso en el cual varios ingredientes se ponen en contacto, de tal forma que al final de la operación, se obtenga un sistema homogéneo a cierta escala. Para diseñar o proyectar bien un mezclador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Un elemento mezclador muy bueno puede resultar inútil en

---

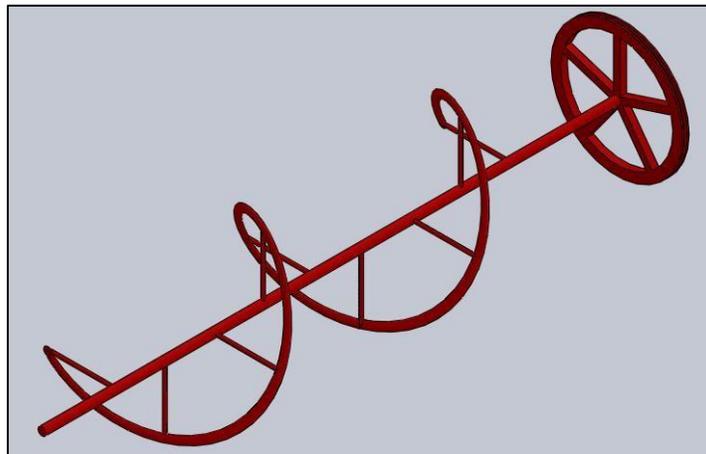
<sup>15</sup> CAIZA, M. Raúl.: diseño, construcción y operación de un mezclador para producir abono orgánico a partir de los residuos orgánicos, universidad politécnica salesiana sede Guayaquil, Ecuador.2013

un recipiente inadecuado. Además, no debe perderse de vista el resultado exacto que se quiere alcanzar, de modo que pueda obtenerse una mezcla ampliamente suficiente para conseguir dicho resultado con un coeficiente de seguridad bastante grande. Puesto que la mezcla es una parte fundamental del proceso, es importante hacerla bien. Un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación.

**Mezclador de cinta helicoidal.** El mezclador de cinta es extensivamente utilizado en las industrias alimenticia, farmacéutica, química fina, química y petróleo, pesticida, recubrimientos, cosmética, plástico y pigmentos.

El mezclador de cinta helicoidal consiste de un tambor horizontal con un eje axial de soporte, varillas de cinta espiral y partes de transmisión. El mezclador de cinta es adecuado para mezclar materiales en diferentes industrias. La rotación alrededor del eje de una sola cinta produce movimiento radial alrededor de la parte interna del mezclador, al mismo tiempo otra cinta curvada produce movimiento axial alrededor de la parte interna del mezclador<sup>16</sup>. En este tipo de mezcladoras, el alimento se mezcla de la misma forma que las revolvedoras de concreto en teoría, pueden efectuar un buen mezclado cuando se les llena a la capacidad recomendada y se le da un tiempo de adecuado de mezclado<sup>17</sup>.

**Figura 7. Mezclador de cinta helicoidal.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

#### **4.1.4 características del mezclador**

- La máquina mezcladora de cinta cuenta con una amplia envergadura. Se utiliza para mezclar polvo con polvo y batir líquido con polvo. Este mezclador de cinta también sirve como equipo de reacción química y máquina de secado.

<sup>16</sup> BORBOR, H. Ana; CRESPO, O. Alex: Diseño de una línea de producción de fertilizantes pulverizados usando molinos de pines, Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador. 2012.

<sup>17</sup> FERNANDEZ, P. Cesar.; QUINTERO, S. Vlucher.: diseño y construcción de una mezcladora de balanceo para pollos parrilleros. Maquina con una capacidad de 1000Kg/h. Escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador.2014.

- El mezclador de cinta tiene un mezclado homogéneo de calidad, el cual puede mezclar materiales del mismo ratio 1:10000. Mezclar las sustancias con diferentes tipos de gravedad mostrará evidentemente sus ventajas.
- Las ventajas del mezclador de cinta helicoidal incluyen un proceso de mezclado, alta eficiencia, bajo consumo de energía y menor ruptura.
- Con un diseño especial, el mezclador de cinta cumple con los requisitos estándares de GMP.
- Esta máquina mezcladora de cinta tiene las siguientes características: mezclado rápido, factor de carga grande, fácil de cuidar, operación sencilla y larga duración de servicio<sup>18</sup>.

**Ventajas y desventajas del mezclador.** La Mezcladora Helicoidal es la máquina indicada para efectuar mezcla de varios productos en polvo entre sí o granulares. Por su construcción y su sistema de funcionamiento estas máquinas tienen varias ventajas sobre otro tipo de mezcladoras, siendo una de las principales la rapidez de maniobra, pues a medida que van siendo incorporados los polvos se pueden poner los brazos helicoidales en movimiento con lo que se logra homogenización parcial que redundará en un perfecto mezclado final. En cinco o diez minutos se obtiene la mezcla de productos tales como talcos, harinas, etc., mientras que en casos desfavorables como ser azúcar con cacao y otros ingredientes podemos calcular aproximadamente unos veinte minutos. Es de hacer notar, que no solamente admiten para el mezclado productos completamente secos, pues dan excelente resultado en casos de mezclas hasta con un 7% de humedad e inclusive grasas<sup>19</sup>.

#### 4.1.5 mecanismos de trituración

Se disponen de aparatos de tipos y tamaños diferentes para la trituración de los productos alimenticios. Los tipos más grandes de trituradoras groseras, tales como las trituradoras de mandíbulas y las trituradoras giratorias no se utilizan normalmente en la industria de alimentos. A continuación se muestran los tipos de máquinas utilizadas corrientemente<sup>20</sup>:

- Trituradora de rodillos
- Molino de martillos
- Molinos de disco de frotamiento
- Molinos de gravitatorios

#### 4.1.6 tipo seleccionado de trituración

Para la trituración del material orgánico, previo al mezclado, se disponen de un sistema de trituración por rodillos.

---

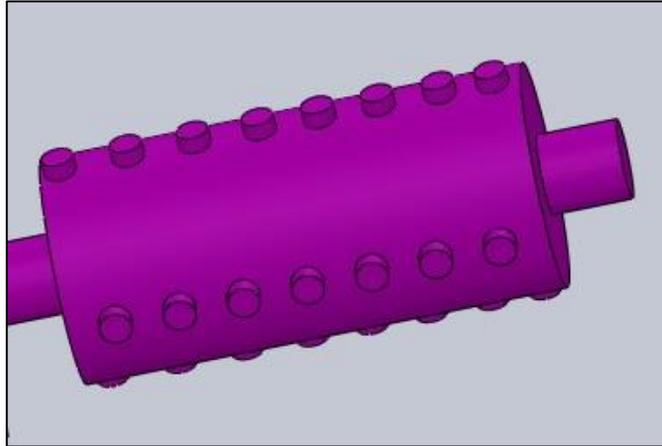
<sup>18</sup> Tipo de hélice, [on line], [8 de abril de 2015], disponible en internet:<http://www.topmixermachine.com.es/helical-ribbon-mixing-agitator.html>

<sup>19</sup> Hélice helicoidales, [on line], [8 de abril de 2015], disponible en internet:en <http://www.molinoscoloidales.com.ar/es/equipos/ind/mezhor.pdf>

<sup>20</sup> BALCAZAR, D. Maritza.: diseño de un triturador de cacao, escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador.2009.

El sistema de triturado dispone de dos rodillos que giran uno hacia el otro. Las partículas de la carga son atrapadas y arrastradas entre los rodillos, sufriendo una fuerza de compresión que las tritura.

**Figura 8. Rodillo utilizado en la máquina.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

#### **4.1.7 Operaciones del triturador y del mezclador**

La máquina posee una tolva donde se ingresa el material orgánico de desecho a procesar, luego, este material se dispone a pasar por medio de dos rodillos que se encargan de triturarlo. La máquina luego de triturar el material la hace pasar a una cámara de mezclado que gira a 219 rpm o a 1/4 de la velocidad de trituración, encargándose de darle uniformidad a material procesado. El sistema consiste en hacer girar la mezcla, luego por medio de un sinfín de cintas helicoidales se produce el mezclado y se dispone a través de malla en una bandeja que se encuentra en la parte inferior del cilindro. En la cámara de mezclado donde todos los componentes formaran una mezcla uniforme para producir una material de mejor calidad y garantizar igual características, el proceso consiste en un eje girando con la mezcla y por medio de una malla empieza a salir el material, luego, el material se dispone en una bandeja que se encuentra en la parte inferior del cilindro.

#### **4.1.8 proceso de preparación del abono orgánico**

El abono orgánico es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos de vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otras fuentes orgánicas y natural.

Para obtener la cantidad necesaria de abono orgánico se necesita tener el suficiente material y poder realizar los siguientes pasos:

- Colocar los materiales ordenadamente en diferentes tipos de capas. (No tiene orden).
- La mezcla de los materiales (ingredientes) se hace en seco en forma desordenada.
- Los ingredientes se subdividen en partes iguales, facilitando la mezcla.
- Se humedecen (60%-65%) y mezclan los componentes de manera homogénea.
- Se cubre los materiales durante las primeras horas.

- Con un termómetro se mide la temperatura del abono, a partir del segundo día de fabricación, sin sobrepasar los 50 grados.
- A partir del segundo día, comenzar la mezcla del abono una vez en la mañana y otra en la tarde hasta finalizar el proceso.

Realizando los procesos mencionados, esto nos permite dar aireación y enfriamiento hasta lograr la estabilidad de la temperatura que se logra en el quinto y octavo día. Después se recomienda mezclar una vez al día<sup>21</sup>.

Algunos agricultores gastan en la fabricación del abono orgánico 12 a 20 días. Comúnmente en lugares fríos el proceso de duración dura más tiempo que en lugares cálidos. El tiempo requerido depende del incremento de la actividad microbiológica en el abono, que comienza con la mezcla de los componentes.

### **Fermentación del abono orgánico.**

Los abonos orgánicos deben prepararse en un lugar protegido de lluvias, sol y vientos, ya que interfieren en forma negativa en proceso de fermentación.

Una vez terminada la etapa de la mezcla de todos los ingredientes del abono y controlada la uniformidad de la humedad, la mezcla se extiende en el piso, de tal forma que la altura del montón no sobrepasa los 50 cm. Algunos recomiendan cubrir el abono con sacos de fibra o un plástico durante los tres primeros días con el objetivo de acelerar la fermentación. La temperatura del abono se debe controlar todos los días con un termómetro, a partir del segundo día de su fabricación. No es recomendable que la temperatura sobrepase los 50 C. La temperatura en los primeros días de fermentación tiende a subir a más de 80 C, lo cual no se debe permitir. Para evitar temperaturas altas se recomienda hacer dos volteadas diarias, una por la mañana y otra por la tarde. Todo esto permite dar aireación y enfriamiento al abono hasta lograr la estabilidad de la temperatura que se logra el quinto y el octavo día. Después se recomienda dar una volteada al día. A los 10 a 15 días, el abono orgánico fermentado ya ha logrado su maduración y la temperatura del abono es igual a la del ambiente, su color es gris claro, seco, con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta.

### **Utilización del abono orgánico fermentado.**

La utilización del abono orgánico fermentado no se rige por recetas, sino por las necesidades del agricultor en la finca. Se sugiere algunos usos:

1. Para la preparación de sustratos en invernadero, sea para el relleno de bandejas o para almácigos en el suelo.

Se utiliza de un 10 a 40% de abono orgánico fermentado, de preferencia abonos que tengan de 1 a 3 meses de añejado, en mezclas con suelo seleccionado.

---

<sup>21</sup> CAIZA, M. Raul.: diseño, construcción y operación de un mezclador para producir abono orgánico a partir de los residuos orgánicos, universidad politécnica salesiana sede Guayaquil, Ecuador.2013.

## 2. Aplicación a plantas de recién trasplante.

- Aplicación en la base del hoyo donde se coloca la planta en el trasplante, cubriendo el abono con un poco de suelo para que la raíz no entre en contacto directo con el abono, ya que el mismo podría quemarla y no dejarla desarrollar en forma normal.
- Aplicación a los lados de la plántula. Este sistema se recomienda en cultivos de hortalizas ya establecidos y sirve para abonadas de mantenimiento en los cultivos. Al mismo tiempo estimula el rápido crecimiento del sistema radical hacia los lados.
- El abono debe taparse con suelo, aprovechando para ello el aporque. Así se evitan pérdidas por lavado debido a lluvias o riego<sup>22</sup>.

## 4.2 DEFINICIÓN DE LOS CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA MAQUINA

### 4.2.1 Potencia de molienda

Según la ecuación de Bond podemos determinar la potencia que se necesita para triturar el material con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{4}{3} [0.8043 W_i * (\frac{1}{\sqrt{D_A}} - \frac{1}{\sqrt{D_p}}) * T] \quad (\text{Ec. 1 Potencia de la Molienda})$$

Donde:

W<sub>i</sub>: Índice de trabajo, se asume 6.30 kW\*h/ton ya que no existe un valor para el tipo de material a triturar,

T: capacidad máxima de molienda 200kg/h, equivale a 0.003333 ton/min

D<sub>p</sub>: tamaño de alimentación aproximado (20 mm=0.020m)

D<sub>A</sub>: tamaño del producto (0.5 mm=0.0005 m)

El proceso de transmisión del movimiento con correa es un proceso de elevado rendimiento (95-98%) y precio reducido. Teniendo en cuenta lo anterior hemos seleccionado este tipo de transmisión de potencia.

$$p = \frac{4}{3} [0.8043(6.30) * (\frac{1}{\sqrt{0.0005}} - \frac{1}{\sqrt{0.02}}) * 0.0033 \text{ ton/min}]$$

$$p = 0.822243 \text{ h} \cong 1 \text{ h}$$

### 4.2.2 Transmisión de potencia del motor al eje de trituración

Anteriormente calculamos la potencia del motor 1 HP y escogimos una velocidad media estándar de 1715 rpm y una potencia de 2 Hp, este tipo de máquina no requiere de altas velocidades, se asumieron los siguientes datos:

Diámetro de la polea menor: 3 pulgadas

Diámetro de la polea mayor: 6 pulgadas

<sup>22</sup> Abono orgánico, [on line], [8 de abril de 2015], disponible en internet: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/AnonimoProduccionAbonosOrganicos.pdf>

#### 4.2.2.1 Selección Del Tipo De Sección

Para transmitir la potencia requerida de 2 HP se selecciona una banda en V de sección A para rango de 1/4-10 HP, Ver anexo E

Espesor  $b = 7/16$  (pulg)

Ancho  $a = 21/32$  (pulg)

$D =$  Diámetro polea impulsada  $= 5.4$  (pulg)

$d = 3$  (pulg) diámetro de la polea impulsada por el motor

$n_1 = 1715$  rpm velocidad angular del motor

$$\frac{D}{d} = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{Ec. 2 Relación de Velocidades})$$

$$\frac{5.4}{3} = \frac{1715}{n_2}$$

$$n_2 = 857,5 \text{ rpm}$$

#### Velocidad optima de buen funcionamiento.

La velocidad optima de una banda en v debe estar entre el rango de 1000 a 5000 ft/min

$$V_{\text{opt}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{12} \quad (\text{Ec. 3 Velocidad Óptima})$$

$$V_{\text{opt}} = \frac{\pi \cdot (3 \text{ pulg}) \cdot (1715 \text{ rpm})}{12}$$

$$V_{\text{opt}} = 1347 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

$V_{\text{opt}} =$  Se encuentra dentro del rango.

#### Distancia entre centros

Esta distancia no debe superar tres veces la suma de los diámetros de las poleas y a su vez no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor.

$$D \leq C \leq 3(D + d)$$

$$6 \text{ pulg} \leq C \leq 3(6 \text{ pulg} + 3 \text{ pulg})$$

$$6 \text{ pulg} \leq C \leq 27 \text{ pulg}$$

Se toma una distancia entre centros  $C = 20$  pulg

#### Longitud de paso de la Banda. ( $L_P$ )

$$L_p = 2L + 1,57(L + L) + \frac{(L - L)^2}{4L}$$

(Ec. 4 Longitud de Paso)

$$C_p = 2(20 \text{ pulg}) + 1,57(6 \text{ pulg} + 3 \text{ pulg}) + \frac{(6 \text{ pulg} - 3 \text{ pulg})^2}{4(20 \text{ pulg})}$$

$$C_p = 54.2425 \text{ pulg}$$

Se selecciona para una sección b una longitud estándar inferior, ver anexo 2.

$$C_t = 53$$

Se toma el valor de F sección B, f= 1.8 ver anexo 3.

Recalculando longitud de paso

$$C_p = C_t + f$$

$$C_p = 53 \text{ pulg} + 1.8$$

$$C_p = 54.8$$

Se selecciona una BANDA (B55)

### Distancia Real Entre Centros

$$C = 0.25 \left[ \left( C_p - \frac{\pi}{2} (C_t + C) \right) + \sqrt{\left( C_p - \frac{\pi}{2} (C_t + C) \right)^2 - 2(C_t - C)^2} \right]$$

(Ec. 5 Distancia Real Entre Centros)

$$C = 0.25 \left[ \left( 55 \text{ pulg} - \frac{\pi}{2} (6 \text{ pulg} + 3 \text{ pulg}) \right) + \sqrt{\left( 55 \text{ pulg} - \frac{\pi}{2} (6 \text{ pulg} + 3 \text{ pulg}) \right)^2 - 2(6 \text{ pulg} - 3 \text{ pulg})^2} \right]$$

Numero De Correas  $C = 20.376$  Distancia real entre centros

Hi = Potencia Indicada. (2 Hp)

Hd = Potencia de diseño.

$$H_d = H_i + H_p$$

(Ec. 6 Potencia de Diseño)

Para máquinas de molienda con un trabajo por debajo de 6 horas se recomienda un  $k_s=1.2$

$$H_d = 2 \text{ Hp} \times 1.2 = 2.4 \text{ Hp} = 1.789 \text{ KW}$$

Potencia corregida (Ha')

$$H_a' = H_a \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (\text{Ec. 7 Potencia corregida})$$

Numero de correas

$$N_c = \frac{H_a'}{H} \quad (\text{Ec. 8 Numero de Correas})$$

$N_c$  = Numero de correas.

$K_1$  = Factor de corrección del Angulo de cobertura.

$K_2$  = Factor de corrección de longitud de banda.

Calculando  $H_a$  con la velocidad óptima para una sección B y diámetro de polea 3 pulg. Ver anexo 5. Se tiene:

Para una velocidad óptima 1347 ft/min

$H_a = 2.1899$  HP

$$K_1 = \frac{6 \cdot \frac{D_2}{D_1} - 3}{20.376 \cdot \frac{D_2}{D_1}} = 0.147$$

Con este valor obtenemos los siguientes datos, ver anexo 6.

$$\Theta \text{ grados} = 170.556$$

$$K_1 = 0.7696 \text{ para banda plana en V}$$

Ahora hallamos el valor de corrección de longitud de banda  $K_2$ .

$K_2 = 0.2$  Factor de corrección de longitud de banda para  $L_p$  entre 48 a 60 pulg.

Reemplazamos

$$H_a' = 0.7696 \cdot 0.9 \cdot 2.1899 H = 1.5168 H \text{ HP}$$

Calculando el numero de correas:

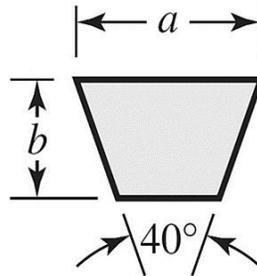
$$N_c = \frac{2.4 H}{1.5168 H}$$

$$N_c = 1.5822 \cong 2 \text{ bandas}$$

Designación 2B-55

Sección de la banda

Figura 9. Sección de la Banda en V.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas shigley 8 edición

Espesor  $b = 7/16$  (pulg)

Ancho  $a = 21/32$  (pulg)

**Angulo de contacto**

$$\phi = \theta_p = 2 \sin^{-1} \frac{D - d}{2C} \quad (\text{Ec. 9 Angulo de contacto})$$

**Polea menor**

$$6 \sin^{-1} \frac{D - d}{2C} - 3$$

$$\phi = 2 \sin^{-1} \frac{20.276 - 2}{2(20.276 - 2)}$$

$$\phi =$$

$$5.3435$$

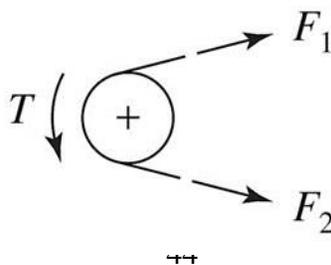
La Gates Rubber Company declara que su coeficiente de fricción efectivo.  
 $f = 0.5123$

$$e^{(f\phi)}$$

$$e^{(0.5123 \times 5.3435)} = 15.448$$

**4.2.2.2 Distribución de las fuerzas de la polea**

Figura 10. Tensión de la banda tipo V.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas shigley 8 edición

Variación de la fuerza

$$\Delta F =$$

$$\frac{63025}{2} \quad (\text{Ec. 10 Variación de la Fuerza})$$

Fuerza en la correa

$$F_c = \left( \frac{1347}{1000} \right)^2 \quad (\text{Ec. 11 Fuerza en la correa})$$

Se toma el valor para Kc=0.965, ver anexo 8.

$$F_c = 0.965 \left( \frac{1347}{1000} \right)^2$$

$$F_c = 1.75$$

$$\Delta F = \frac{63025 * \frac{2.4 H}{2}}{1715 * \frac{3}{2}}$$

$$\Delta F = 29.4 * \frac{4.448}{1} = 130.77$$

\*

Con este valor nos disponemos hallar el valor de F<sub>1</sub>

$$F_1 = 1.75 + \left( \frac{29.4 * 4.448}{15.448} \right)$$

$$F_1 = 33.1848 + \frac{15.448 - 1}{4.448} = 147.6$$

\*\*\*

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 147.6 - 130.77 = 16.828$$

#### 4.2.2.3 Calculo de tensiones

$$F_2 = F_1 + (F_2)_1 \quad (F_2)_1 = 192$$

$$F_3 = F_1 + (F_3)_2 \quad (F_3)_2 = 384$$

Se toma el valor para Kb para tipo B, Kb = 576, Ver anexo 8.

$$\frac{576}{3} = 192$$

$$(F_p)_2 = \frac{576}{6} = 96 \text{ (???)}$$

$$K = 33.1848 \text{ (???)} + 192 \text{ (???)} = 225.1848 \text{ (???)}$$

$$K = 33.1848 \text{ (???)} + 96 \text{ (???)} = 129.1848 \text{ (???)}$$

#### 4.2.2.4 Calculo de la vida de la banda

La expresión con la cual podemos conocer aproximadamente la vida de la banda es la siguiente:

$$h = \frac{K}{N_p} \quad (\text{Ec. 12 Vida en horas de la banda})$$

Donde:

$N_p$ : número de pasadas

$$720 \text{ (???)}$$

Para una banda tipo B este valor tiene como constante, ver anexo 9.

K: 1193

b: 10,926

Y se calcula de la siguiente forma:

$$N_p = \left[ \left( \frac{K}{h} \right)^{-b} + \left( \frac{K}{h} \right)^{-1} \right]^{-1} \quad (\text{Ec. 13 Numero de Pasadas})$$

$$N_p = \left[ \left( \frac{1193}{225.18 \text{ (???)}} \right)^{-10.926} + \left( \frac{1193}{129.18 \text{ (???)}} \right)^{-10.926} \right]^{-1}$$

$$N_p = 81.404 \times 10^6$$

$$\text{81.404.000.000 (???)}$$

$$h = \frac{(81.404 \times 10^6)(54.2425 \text{ (???)})}{720 (1347)}$$

$$h = 4553$$

$$h \text{ (???)}$$

#### 4.2.2.5 Factor de seguridad de la banda

$$F_p = \frac{2 H_p}{F} \quad (\text{Ec. 14 Factor de Seguridad de la Banda})$$

$$\frac{1.5168 * 2}{F}$$

$$F_p = 2 H_p * 1.2$$

Como el factor de seguridad calculado nos da mayor que 1 podemos garantizar seguridad y

confiabilidad.

### 4.2.3 Transmisión del eje trituración al eje del mezclador

Anteriormente calculamos la velocidad del eje de trituración 857.5 rpm, conocemos el diámetro de la polea menor y asumimos el diámetro de la polea que genera el movimiento en el eje de tambor de mezclado.

Diámetro de la polea menor: 6 pulgadas

Diámetro de la polea mayor: 24 pulgadas

#### 4.2.3.1 Selección Del Tipo De Sección

Para transmitir la potencia requerida de 2 HP se selecciona una banda en V de sección A para rango de 1/4-10 HP, Ver anexo 1.

Espesor  $b = 7/16$  (pulg)

Ancho  $a = 21/32$  (pulg)

$D =$  Diámetro polea impulsada = 24 (pulg)

$d = 6$  (pulg) diámetro de la polea impulsada por el motor

$n_1 = 1715$  rpm velocidad angular del motor

$$\frac{D}{d} = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{Ec. 15 Relación de Velocidades})$$

$$\frac{24}{6} = \frac{1715}{n_2} = 214.375$$

#### Velocidad óptima de buen funcionamiento.

La velocidad óptima de una banda en v debe estar entre el rango de 1000 a 5000 ft/min

$$V_{opt} = \frac{\pi D n}{12} \quad (\text{Ec. 16 Velocidad Óptima})$$

$$V_{opt} = \frac{\pi (24 \text{ pulg}) (214.375 \text{ rpm})}{12}$$

$$V_{opt} = 1347$$

$V_{opt} =$  Se encuentra dentro del rango.

#### Distancia entre centros

Esta distancia no debe superar tres veces la suma de los diámetros de las poleas y a su vez no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor.

$$D \leq C \leq 3(D + d)$$

$$24 \text{ pulg} \leq C \leq 3(24 \text{ pulg} + 6 \text{ pulg})$$

$$24 \text{ pulg} \leq C \leq 90 \text{ pulg}$$

Se toma una distancia entre centros  $C = 33$  pulg

**Longitud De paso de la Banda. (LP)**

$$L_p = 2C + 1,57(\frac{D_1 + D_2}{2}) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4C} \quad (\text{Ec. 17 Longitud de Paso de la Banda})$$

$$L_p = 2(33 \text{ pulg}) + 1,57(24 \text{ pulg} + 6 \text{ pulg}) + \frac{(24 \text{ pulg} - 6 \text{ pulg})^2}{4(33 \text{ pulg})}$$

$$L_p = 115.55$$

Se selecciona para una sección b una longitud estándar inferior, ver anexo 2.

$$L_p = 112$$

Se toma el valor de F sección B,  $f = 1.8$  ver anexo 3.

Recalculando longitud de paso

$$L_p = L_p + \frac{L_p}{F}$$

$$L_p = 112 + \frac{112}{1.8}$$

$$L_p = 113.8$$

Se selecciona una BANDA B112

**Distancia Real Entre Centros**

$$C = 0.25 \left[ \left( L_p - \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) \right) + \sqrt{\left( L_p - \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) \right)^2 - 2(D_1 - D_2)^2} \right]$$

(Ec. 18 Distancia Real Entre Centros)

$$C = 0.25 \left[ \left( 113.8 \text{ pulg} - \frac{\pi}{2}(24 \text{ pulg} + 6 \text{ pulg}) \right) + \sqrt{\left( 113.8 \text{ pulg} - \frac{\pi}{2}(24 \text{ pulg} + 6 \text{ pulg}) \right)^2 - 2(24 \text{ pulg} - 6 \text{ pulg})^2} \right]$$

$\phi = 35.85 \phi^3$  Distancia real entre centros  
**Numero De Correas**

Hi = Potencia Indicada. (2 Hp)

Hd = Potencia de diseño.

$$\phi^3 = \phi^2 + \phi \quad (\text{Ec. 19 Potencia de Diseño})$$

Para máquinas de molienda con un trabajo por debajo de 6 horas se recomienda un  $k_s=1.2$

$$H_d = 2 \text{ Hp} \times 1.2 H_d = 2.4 \text{ Hp} = 1.789 \text{ kW}$$

Potencia corregida (Ha')

Numero de correas

$$\begin{aligned} H_{a'} &= \frac{H_d}{k_s} \\ &= \frac{2.4}{1.2} = 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

(Ec. 20 Potencia Corregida)

(Ec. 21 Numero de Correas)

$N_c$  = Numero de correas.

$K_1$  = Factor de corrección del Angulo de cobertura.

$K_2$  = Factor de corrección de longitud de banda.

Calculando  $H_a$  con la velocidad óptima para una sección B y diámetro de polea 6 pulg. Ver anexo 5. Se tiene:

Para una velocidad óptima 1347 ft/min

$H_a=2.1899 \text{ HP}$

$$K_1 = \frac{24 - 6}{35.85} = 0.50$$

Con este valor obtenemos los siguientes datos, ver anexo 6.

$$\Theta \text{ grados} = 151$$

$$K_1 = 0.81 \text{ para banda plana en V}$$

Ahora hallamos el valor de corrección de longitud de banda  $K_2$ .

$K_2 = 1.05$  Factor de corrección de longitud de banda para  $L_P$  entre 105 a 120 pulg.

Reemplazamos

$$\begin{aligned} H_{a'} &= 0.81 * 1.05 * 2.1899 H_a \\ &= 1.86 \text{ HP} \end{aligned}$$

Calculando el numero de correas:

$$\begin{aligned} N_c &= \frac{2.4 H_d}{1.86 H_{a'}} \\ &= 1.3 \cong 1 \text{ bandas} \end{aligned}$$

D

e

s

i

g

n

a

c

i

o

n

1

B

-

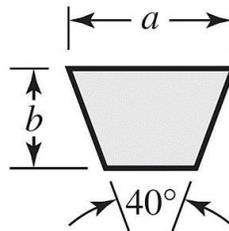
1

1

2

## Sección de la banda

Figura 11. Sección de banda en V.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas shigley 8 edición

Espesor  $b = 7/16$  (pulg)

Ancho  $a = 21/32$  (pulg)

## Angulo de contacto

$$\phi = \theta_p = 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2c} \quad (\text{Ec. 22 Angulo de Contacto})$$

## Polea menor

$$c = 2 \sin^{-1} \frac{24 - 6}{2(32.075)}$$

$$c = 2.57$$

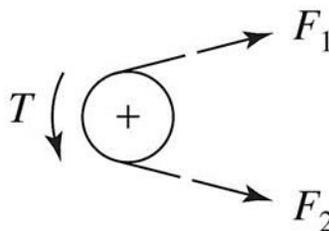
La Gates Rubber Company declara que su coeficiente de fricción efectivo.  
 $f = 0.5123$

$$f(c)$$

$f^{(0.5123 \times 2.57)} = 3.73$

### 4.2.3.2 Distribución de las fuerzas de la polea

Figura 12. Tensión en la banda tipo V.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas shigley 8 edición

Variación de la fuerza

$$\Delta F = \frac{63025}{2} \quad (\text{Ec. 23 Variación de la Fuerza})$$

Fuerza de la correa

$$F_c = \left(\frac{?}{1000}\right)^2 \quad (\text{Ec. 24 Fuerza en la Correa})$$

Se toma el valor para Kc=0.965, ver anexo 8.

$$F_1 = \frac{F_c + \Delta F}{K_c - 1}$$

$$F_1 = \frac{1347}{0.965 - 1}$$

$$F_c = 1.75 \frac{2.4 H}{63025 * 1} = 58.8$$

$$\Delta F = \frac{857.5 * \frac{6}{4.448}}{1} = 261.54$$

Con este valor nos disponemos hallar el valor de F1

$$F_1 = 1.75 + \left( \frac{29.4 * 15.448}{15.448 - 1} \right)$$

$$F_1 = 33.1848 \frac{4.448}{1} = 147.6$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 147.6 - 130.77 = 16.828$$

#### 4.2.3.3 Calculo de tensiones

$$T_1 = F_1 + (F_c)_1 \quad (F_c)_1 = \frac{?}{2}$$

$$\diamond_2 = F_1 + (F_{\diamond})_2 \quad (F_{\diamond})_2 = \overline{\diamond_2}$$

Se toma el valor para Kb para tipo B, Kb = 576, Ver anexo 8.

$$(F_{\diamond})_1 = \frac{576}{3} = 192 \diamond\diamond\diamond$$

$$(F_{\diamond})_2 = \frac{576}{6} = 96 \diamond\diamond\diamond$$

$$\diamond = 33.1848 \diamond\diamond\diamond + 192 \diamond\diamond\diamond = 225.1848$$

$$\diamond\diamond\diamond$$

$$\diamond = 33.1848 \diamond\diamond\diamond + 96 \diamond\diamond\diamond = 129.1848$$

$$\diamond\diamond\diamond$$

#### 4.2.3.4 Calculo de la vida de la banda

La expresión con la cual podemos conocer aproximadamente la vida de la banda es la siguiente:

$$\diamond = \frac{\diamond\diamond\diamond\diamond\diamond}{\diamond}$$

(Ec. 25 Vida de la banda)

Donde:

N<sub>p</sub>: número de pasadas

$$720 \diamond$$

Para una banda tipo B este valor tiene como constante

K: 1193

b: 10,926

Y se calcula de la siguiente forma:

$$\diamond = \left[ \left( \frac{\diamond}{\diamond} \right)^{-\diamond} + \left( \frac{\diamond}{\diamond} \right)^{-\diamond} \right]^{-1} \quad (\text{Ec. 26 Numero de pasadas})$$

$$\diamond = \left[ \left( \frac{1193}{225.18 \diamond\diamond\diamond} \right)^{-10.926} + \left( \frac{1193}{129.18 \diamond\diamond\diamond} \right)^{-10.926} \right]^{-1}$$

$$\diamond = 81.404 \times 10^6$$

$$\diamond\diamond\diamond\diamond\diamond\diamond$$

$$\diamond = \frac{(81.404 \times 10^6)(54.2425 \diamond\diamond\diamond\diamond)}{720 (1347)}$$

$$\diamond = 4553$$

$$h \diamond \diamond \diamond \diamond$$

#### 4.2.3.5 Factor de seguridad de la banda

$$F_s = \frac{N}{1.5168 * 2} \quad (\text{Ec. 27 Factor de seguridad de la banda})$$

Como el factor de seguridad calculado nos da mayor que 1 podemos garantizar seguridad y confiabilidad.

#### 4.2.4 Diseño de la Tolva

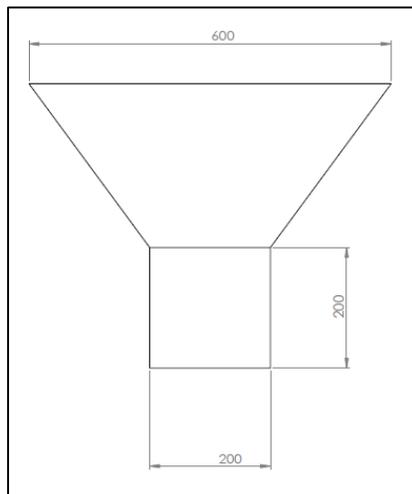
La tolva tiene por función recibir el material orgánico que se dispone a triturar y mezclar, directamente de los operadores. La geometría de la tolva dependerá del sistema adoptado para recoger el material, la forma de la tolva puede ser una pirámide regular invertida (de base rectangular o cuadrada). La para que la materia orgánica fluya bien, es importante establecer las dimensiones de la tolva: longitud, ancho de la base y profundidad<sup>23</sup>.

Las tolvas no presentan mayores complicaciones y su diseño se reduce a su dimensionamiento. Para esto es necesario conocer el volumen que ocupa la carga, con este valor se definen las relaciones entre las áreas superior e inferior, así como la altura que debe tener.

El material utilizado es un acero 1020hr con un  $S_y=440\text{MPa}$

En la figura 13 se observa las dimensiones de la tolva, con las unidades en Milímetros.

**Figura 13. Dimensiones de la tolva.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

<sup>23</sup> BORBOR, H. Ana; CRESPO, O. Alex: Diseño de una línea de producción de fertilizantes pulverizados usando molinos de pines, Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador. 2012.

## Área del prisma irregular

Donde:  $A = 2 \times A_b + P_b + H$  (Ec. 28 Área del prisma)

$A_b =$  área de la base =  $400 \text{ cm}^2$   
 $P_b =$  perímetro de la base =  $80 \text{ cm}$   
 $H =$  altura =  $30 \text{ cm}$

Entonces:

$$A = 2 \times (400 \text{ cm}^2) + 80 \text{ cm} + 30 \text{ cm}$$

$$A = 910 \text{ cm}^2$$

## Volumen del prisma

$V = A_b \cdot H$  (Ec. 29 Volumen del prisma)

$$V = 400 \text{ cm}^2 \cdot 30 \text{ cm} = 12000 \text{ cm}^3$$

## Área de la base cuadrada

$$A = 20 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 400 \text{ cm}^2$$

## Volumen de la base cuadrada

$$V = 20 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 8000 \text{ cm}^3$$

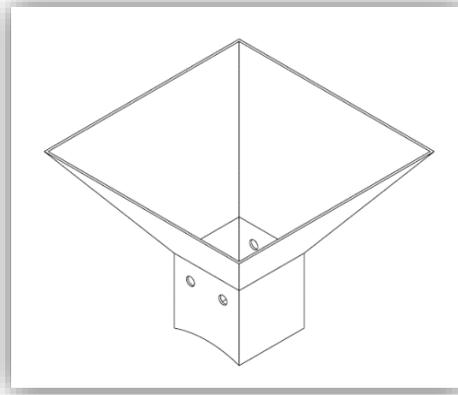
## Área total

$$A_t = 400 \text{ cm}^2 + 910 \text{ cm}^2 = 1310 \text{ cm}^2 = 0.1310 \text{ m}^2$$

## Volumen total

$$V_t = 8000 \text{ cm}^3 + 12000 \text{ cm}^3 = 20000 \text{ cm}^3 = 0.02 \text{ m}^3$$

Figura 14. Diseño de la tolva.



Fuente: autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

La figura 14 es el diseño de la tolva, la parte superior de forma piramidal y la base cuadrada.  
 Para realizar el cálculo de la presión, se trabaja asumiendo recipiente de pared delgada<sup>24</sup>

### Presión sobre las paredes

$$W = 200 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1962 \text{ N}$$

$$P = \frac{W \cdot \sin 35^\circ}{A} \quad (\text{Ec. 30 Presión sobre la tolva})$$

$$P = \frac{1962 \text{ N} * \sin 35^\circ}{0.1310 \text{ m}^2} = 8590.5 \text{ Pa} = 8.59 \text{ kPa}$$

### Espesor de la pared

$$t = \frac{P \cdot r}{\sigma} \quad (\text{Ec. 31 Espesor de la pared de la tolva})$$

Donde:  
 P=presión sobre las paredes  
 n= factor de seguridad

$$t = \frac{8590.5 \text{ Pa} * 0.8 * 2}{2 * 440 * 10^6} = 1.56 * 10^{-5} \text{ m}$$

## 4.2.5 Sistema de mezclado

Para el diseño del mezclador se parte de la base de cálculo de procesamiento que sea necesaria para operarlo considerando un mezclador de tipo tambor con un eje de hélices helicoidales, debido a las ventajas que presenta facilitando la homogenización de la mezcla.

### 4.2.5.1 Calculo del volumen de la cámara de mezclado

Para calcular el volumen del mezclador debemos conocer el área, se asumió un diámetro de 1.2 metros y una longitud 1.6 metros, luego aplicamos la siguiente formula:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (\text{Ec. 32 Área de la cámara})$$

Donde:  
 A=área de la tapa de la cámara de mezclado

<sup>24</sup> Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill, 2008.p.108.

D=diámetro del cilindro

Se asumió un diámetro de 1.2m, y luego se reemplaza en la ecuación (38).

$$V = \frac{\pi}{4} (1.2)^2$$

$$V = 1.131$$

Determinamos el volumen del cilindro para conocer la capacidad que posee:

$$V = h r^2 \quad (\text{Ec. 33 Volumen del cilindro})$$

$$V = (1.6) (0.6)^2$$

$$V = 1.81$$

Figura 15. Diseño del mezclador.



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

#### 4.2.5.2 Calculo de la fuerza

Para calcular la fuerza necesaria que se requiere para mover el mezclador, vamos a usar la fórmula de Newton:

$$F = m \cdot a \quad (\text{Ec. 34 Fuerza para mover el mezclador})$$

Donde:

$$F = (m \cdot a) \cdot h$$

$F$  = Fuerza necesaria para mover el mezclador

$\gamma$  = Peso promedio de Las materias primas =  $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$g$  = Gravedad =  $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$h$  = Altura de recipiente

$A$  = Área

$$F = (800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.6 \text{ m}) * 1.31 \text{ m}^2 = 6168.53 \text{ N} \approx 6.168 \text{ kN}$$

## 4.2.6 Sistema de trituración

### 4.2.6.1 Diseño de los rodillos de trituración

Los rodillos deben tener un diámetro mínimo requerido para arrastrar y triturar las partículas de material orgánico.

Donde:

$D_t$  = diámetro de partículas que entran

$D_f$  = diámetro de partículas que salen

$D_r$  = diámetros de rodillos

$$\frac{D_t^2 - D_f^2}{2} = D_r \quad (\text{Ec. 35 Diámetro de los rodillos})$$

Atracción del material al rodillo por fricción. En el caso de que las partículas sean arrastradas por fricción, donde  $\mu$  entre el acero y el material orgánico es de 0.090 y reemplazando en la ecuación (54) se tiene que:

$$\mu^2 = \frac{\alpha^2}{2} \quad (\text{Ec. 36 Coeficiente de atracción})$$

$$\alpha = 2 \tan^{-1} \mu = 2 * [\tan^{-1}(0.090)] = 10.28^\circ = 0.179 \text{ rad}$$

Que es el ángulo de separación entre los rodillos.

### Capacidad de trituración

$$Q = 60 * L * \alpha * \mu * \rho * \gamma \quad (\text{Ec. 37 Capacidad de trituración})$$

Donde:

$L$  = longitud del rodillo

### Superficie de contacto

El arco de contacto entre los rodillos y el material de desecho, se obtiene al reemplazar los valores en la ecuación (44).

$$l = \frac{D_r A^2}{4} \quad (\text{Ec. 38 Superficie de contacto})$$

Donde:

$l$  = longitud de arco entre el rodillo y el material  
 $D_r$  = diámetro del rodillo  
 $A$  = Angulo de contacto en radianes

Una vez encontrado el ángulo de contacto se reemplaza en las correspondientes ecuaciones anteriores, obteniéndose los respectivos valores, entonces:

$$r = \frac{0.6 \cos\left(\frac{A}{2}\right) - 0.39}{1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)}$$

$$r = \frac{0.6 \cos\left(\frac{10.28^\circ}{2}\right) - 0.39}{1 - \cos\left(\frac{10.28^\circ}{2}\right)} = 51.62 = 2$$

$$l = \frac{r A^2}{4} \longrightarrow l = \frac{51.62 * 0.179}{4} = 2.273$$

### Carga de los rodillos

Las cargas que se producen en los rodillos dependen directamente de la resistencia a la compresión y corte del material de desecho.

El material tiene un esfuerzo de compresión y corte promedios de 19.6N/mm<sup>2</sup> y 1.47 N/mm<sup>2</sup> respectivamente.

Esfuerzo de compresión unitario

$$q = \sigma * l \quad (\text{Ec. 39 Esfuerzo de compresión})$$

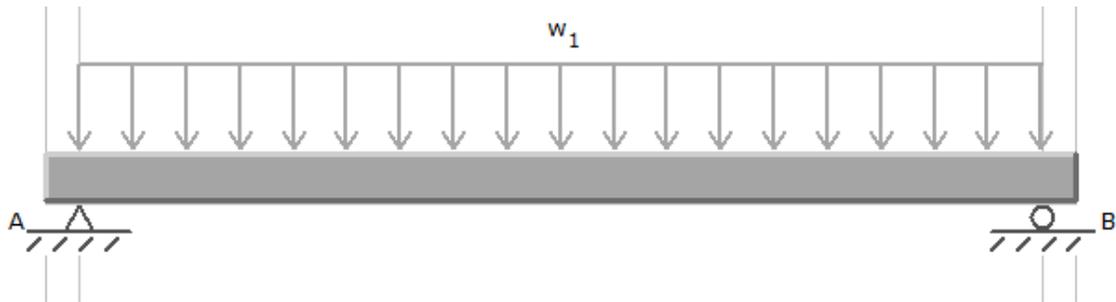
$$q = 19.6 \text{ N/mm}^2 * 2.273 = 44.5508 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo de corte unitario

$$q = \sigma * l \quad (\text{Ec. 40 Esfuerzo de corte})$$

$$q = 1.47 \text{ N/mm}^2 * 2.273 = 3.34131 \text{ N/mm}^2$$

**Figura 16. Diagrama de cargas sobre el rodillo**

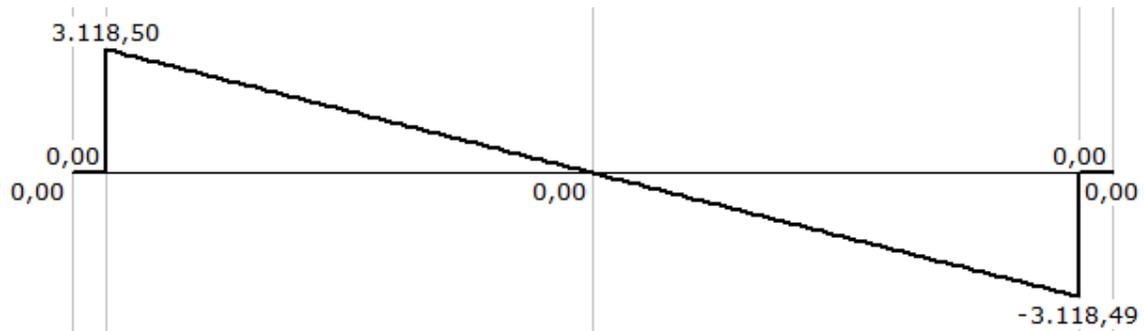


Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software MDSolid.

Las reacciones calculadas por el software gratuito MDSolid son:

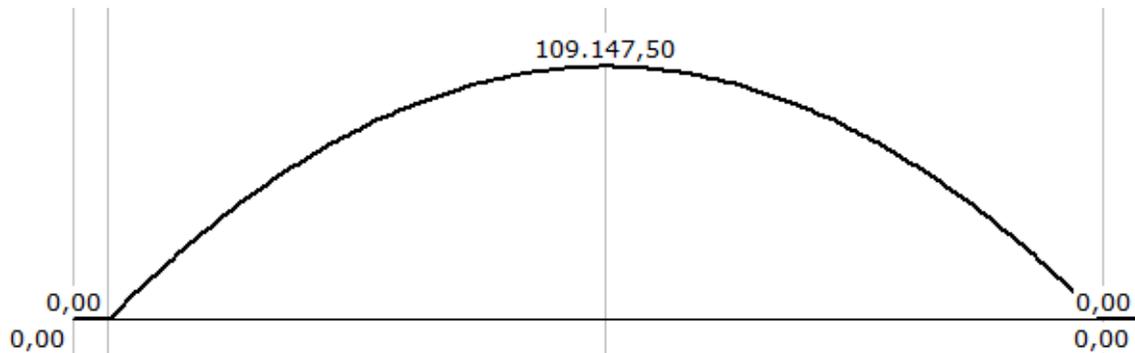
$$A_y = B_y = 3118.50\text{N} = 3.118\text{k}$$

**Figura 17. Diagrama de fuerza cortante.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software MDSolid.

**Figura 18. Diagrama de momento flector.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software MDSolid

$M_{\max}$  = Momento flexiónate máximo

$\tau_{\max}$  = Cortante máximo

Se selecciona un acero 1020 HR. Ver anexo O.

$S_{ut} = 380\text{ Mpa}$     $S_y = 210\text{ Mpa}$    Dureza Brinell 111

### Diámetro Del Eje

$$d = \left[ \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau} \left( 4 \cdot \sigma^2 + 3 \tau^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ec. 41 Diámetro del eje})$$

$$d = \left[ \frac{16 \cdot 12}{\pi \cdot 210} \left( 4 \cdot (109147.50)^2 + 3(3118.5)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d \cong 19.05 \text{ mm} = \frac{3}{4} \text{ pulgadas}$$

### Análisis Punto Crítico Punto A.

Límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = S_u \cdot C_L \cdot C_G \cdot C_S \cdot C_T \cdot C_D \cdot C_W \quad (\text{Ec. 42 Limite a la fatiga})$$

Factor de superficie  $K_a$ .

$$K_a = a \cdot d^{-b} \quad (\text{Ec. 43 Factor de superficie})$$

Los valores de a y b son datos constantes que se escogen según como se trabajó el material, laminado en caliente. Ver anexo Q.

$$a = 58.1$$

$$b = -0.719$$

$$K_a = (58.1) \cdot (380)^{-0.719}$$

$$K_a = 0.81154$$

Factor de modificación de tamaño  $K_b$ .

La expresión con la cual podemos hallar este valor varía según el tamaño de eje, en nuestro caso el rango se encuentra entre  $0.11 \leq d \leq 2$  pulgadas y la ecuación es la siguiente:

$$K_b = 1.24 \cdot d^{-0.107} \quad (\text{Ec. 44 Factor de modificación } K_b)$$

Con un diámetro de eje 25.4 mm

$$K_b = 1.24(25.4)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.8772$$

Factor de carga  $K_c$   
 Los parámetros de fatiga con carga a flexión  
 $K_c = 1$ , Ver anexo R.

Factor de temperatura  $K_d$   
 No existen efectos de temperatura por tanto  
 $K_d = 1$

Factor de efectos varios.  
 Escogemos un valor para los esfuerzos residuales  
 $K_e = 1$

### Límite De Resistencia A La Fatiga En Vida Rotatoria.

$$S'_e =$$

$$0.506(S_{e0})$$

$$S'_e = 0.506(380 \text{ MPa})$$

$$S'_e = 192.28 \text{ MPa}$$

Reemplazando tenemos:

$$S_e = (0.81154) \cdot (0.8772) \cdot (1) \cdot (1) \cdot (1) \cdot (192.28 \text{ MPa})$$

$$S_e = 136.96 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de Von mises  $\sigma'$

$$S'_e = \left[ \sigma_e^2 + 3\tau_e^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec. 45 Esfuerzo de Von mises})$$

De donde:

$$\tau_e = \frac{32}{\pi} \frac{M}{d^3}$$

$$\tau_e$$

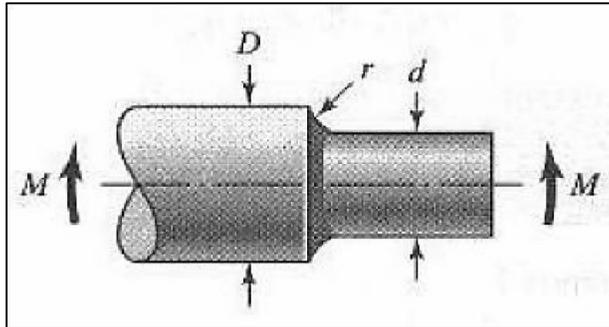
$K_f$  = Concentración de esfuerzos por fatiga

$$K_t = 1 + q(K_f - 1) \quad (\text{Ec. 46 Concentración de esfuerzos})$$

$K_t$  = Factor de concentración de esfuerzos relacionado con el esfuerzo de von mises máximo.

$$K_f = 0.622 + 0.38 \left( \frac{r}{d} \right)^{-4.4} + \left[ \frac{0.5}{1.8075} \times \sqrt{\frac{-0.322 - 0.277 \left( \frac{D}{d} \right)^2 + 0.599 \left( \frac{D}{d} \right)^4}{1 - 2.55 \left( \frac{D}{d} \right)^4 + 5.27 \left( \frac{D}{d} \right)^2}} \right]$$

Figura 19. Eje Redondo Con Filete En El Hombro De Flexión.



FUENTE: Diseño De Elemento De Maquinas Shigley 6 Edición.

D=30mm  
d=25.4m  
r = 1.5 mm

$$K_f = 0.622 + 0.38 \left( \frac{1.5}{25.4} \right)^{-4.4} + \left[ \frac{0.5}{1.8075} \times \sqrt{\frac{-0.322 - 0.277 \left( \frac{30}{25.4} \right)^2 + 0.599 \left( \frac{30}{25.4} \right)^4}{1 - 2.55 \left( \frac{30}{25.4} \right)^4 + 5.27 \left( \frac{30}{25.4} \right)^2}} \right]$$

$$K_f = 0.622 + 0.38 (0.05905)^{-4.4} + \left[ \frac{0.5}{1.8075} \times \sqrt{\frac{-0.322 - 0.277 (1.1811)^2 + 0.599 (1.1811)^4}{1 - 2.55 (1.1811)^4 + 5.27 (1.1811)^2}} \right]$$

q = Sensibilidad a la muesca con r = 1.5 mm y S<sub>ut</sub> = 55 Kpsi

Reemplazando.

$$K_f = 0.68$$

$$K_t = 1 + 0.68(1.8075 - 1)$$

$$K_t = 1.4591$$

Ahora hallamos la torsión

$$\tau_{\mathbb{Z}^2} = \frac{16}{3}$$

(Ec. 47 Torsión)

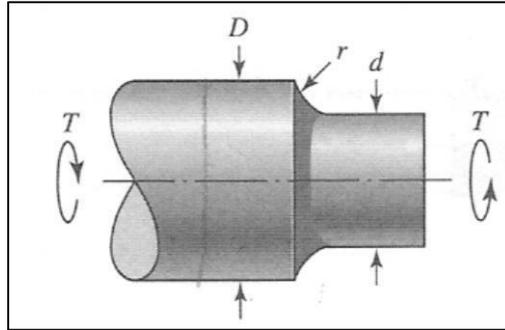
$K_{fs}$  = Concentración de esfuerzo por torsión.

$$K_{fs} = 1 + q_s(K_{ts} - 1) \quad (\text{Ec. 48 Concentración de Torsión})$$

$K_{ts}$  Factor de concentración de esfuerzos relacionado con el esfuerzo de von mises máximo a torsión.

=

Figura 20. Eje Redondo Con Filete En El Hombro De torsión.



FUENTE: Diseño De Elemento De Maquinas Shigley 6 Edición.

$$K_{ts} = 0.78 + 0.2 \left(\frac{D}{d}\right)^{-10} + \frac{0.46}{\left(\frac{D}{d}\right)} \times \sqrt{\frac{-0.002 - 0.125 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0.123 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2.75 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 2.55 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

(Ec. 42 Factor de concentración de esfuerzos relacionada con el torque)

$$q_s = 1.4503$$

$q_s$  = Sensibilidad a la muesca con  $r = 1,5 \text{ mm}$  y  $\text{BHN} = 111$  (acero 1020 HR)

Reemplazando se tiene

$$q_s = 0.9$$

$$K_{ts} = 1 + 0.9(1.4503 - 1)$$

$$K_{ts} = 1.4052$$

$$K_{fs}' = \left[ \frac{K_{ts}^2}{3} + \left(\frac{D}{d}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$K_{fs}' = \left[ \left(\frac{32}{3} \left(\frac{D}{d}\right)^2\right) + 3 \left(\frac{16}{d^2} \left(\frac{D}{d}\right)^2\right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$$M = 109147.50 \text{ N.m.}$$

$$T = 3118.5 \text{ N.m.}$$

$$K_{fs} = 1.4052$$

$$K_f = 1.4591$$

$$d = 25.4 \text{ mm}$$

Reemplazando los valores:

$$\sigma' = \left[ (1.4591 \times \frac{32}{(109147.5)} )^2 + 3 \times (1.4052 \frac{16 (3118.5)}{(25.4)^3})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 99.0767$$

### Factor De Seguridad

$$n = \frac{\sigma_u}{\sigma'}$$

(Ec. 49 Factor de seguridad)

$$n = \frac{136.96}{99.0767}$$

$$n = 1.3823$$

Como  $n > 1$  asegura que el eje no fallara por el filete de la muestra donde los diámetros seleccionados son los adecuados  $d = 25,4 \text{ mm}$  y un cambio de sección  $D = 30\text{mm}$ .

### Vida Del Eje Principal.

Se emplea las ecuaciones SAG para aceros  $BHN \leq 500$ .

$$n = \left( \frac{\sigma_f'}{\sigma} \right)^{\frac{1}{a}}$$

(Ec. 50 Vida del Eje)

$a$  = Constante de resistencia a la fatiga.

$\sigma_f'$  = Esfuerzo verdadero- deformación verdadera

$$\sigma_f' = 345 + 345 \left( \frac{\sigma}{345} \right)^{\frac{1}{a}}$$

$$\sigma_{\diamond} = 380 \diamond\diamond\diamond + 345 \diamond\diamond\diamond$$

$$\sigma_{\diamond} = 725 \diamond\diamond\diamond$$

$$k = \frac{\sigma'}{\log(2 \cdot 10^3)}$$

$N_e$  = Numero de ciclos esfuerzos vida infinita ( $10^6$ ).

$$k = \frac{\log(725)}{10^6 - \log(2 \cdot 10^3)}$$

Fracción de  $S_{ut}$  para  $10^6$  ciclos.

$$k = -0.1148$$

$$k = \frac{\sigma'}{2 \times 10^3}$$

$$k = \frac{725}{380} (2 \times 10^3)^{-0.1148}$$

$$k = 0.7972$$

$$k = \frac{\sigma'^2}{380^2}$$

$$k = \frac{(0.7972)^2 \cdot (380)^2}{136.96}$$

Vida esperada.

$$k = 670.0512$$

$$k = \left( \frac{1}{99.0767} \right)^{-0.1148}$$

$$670.0512$$

$$k = 17.02756 \times 10^6$$

Vida infinita por que supera los  $10^6$  ciclos.

$$17.02756 \times 10^6$$

**Selección De Ajustes y sujeciones.**

**Ajuste De Soporte Al Eje.**

Se selecciona un ajuste de holgura localizada que proporciona un ajuste firme para la ubicación de partes estacionarias pero se pueden ensamblar y desensamblar libremente.

Ajuste H<sub>7</sub>/h<sub>6</sub> Ver Anexo Z.

Con diámetro de agujero soporte D = 25mm.

$\Delta d_{IT} = 0,013$       $iT_6 = 0,016$   
Ver anexo AA.

$\delta f(h) = 0$       $\delta f(s) = -0,009$   
Ver anexo BB

$$D_{max} = D + \delta f(h) \quad (\text{Ec. 51 Diámetro máximo del ajuste})$$

$$D_{max} = 25 + 0$$

$$D_{max} = 25$$

$$d_{min} = D + \delta f(h) - \Delta d_{IT}$$

$$d_{min} = 25 + 0 - 0,013$$

$$d_{min} = 24,987$$

Se selecciona: D=25 mm  
soporte d=24.987 mm  
para el eje

### Sistema De Sujeción De La Polea Al Eje.

Método que se selecciona para fijar la polea al eje principal por medio de cuñero y cuña para evitar el desplazamiento de la polea sobre el eje.

Con un diámetro de eje d = 25mm.

Cuña cuadrada

Tamaño de la cuña

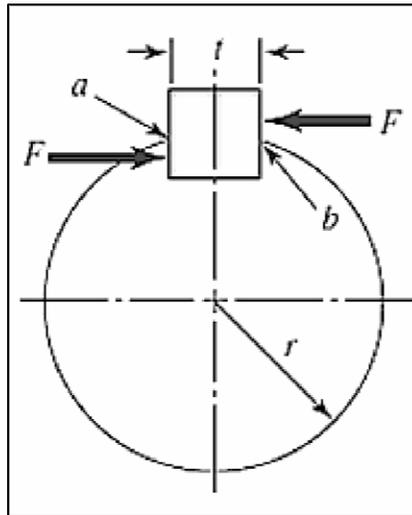
$$b = \frac{1}{4} D, \quad h = \frac{1}{4} D, \quad \frac{1}{8} D$$

$$\text{Torque} = 3118.49 \text{ N.m} = 3118490 \text{ N.mm}$$

Selección del material para la cuña Acero AISI 1035 CD.

S<sub>y</sub> = 460 Mpa     S<sub>ut</sub> = 550 Mpa     BHN = 163

**Figura 21. forma de la cuña y fuerzas que actúan en ella**



FUENTE: Diseño de elementos de máquinas shigley 8 edición

### **Cuña Seleccionada**

Acero AISI 1035 CD

Cuña cuadrada

Ancho =  $\frac{1}{4}$ ''

Alto =  $\frac{1}{4}$ ''

Longitud = 5mm

Profundidad del cuñero =  $\frac{1}{8}$ ''

### **Sistema De Sujeción Para el eje del rodillo**

Este eje solo presenta fuerzas axiales, por esta razón se determina que la sujeción se puede realizar por medio de anillos de retención.

El cual se selecciona teniendo en cuenta el diámetro del eje porta martillos, se escoge un anillo de retención de ensamble externo **MSH 19**

### **Ajuste Para el eje del rodillo**

Se selecciona

Holgura ajuste suelto de operación H11/C11

Para el agujero

$$D_{\text{max}} = D + \Delta D \qquad d_{\text{min}} = d$$

Para el eje Ajuste holgado

$$D_{\text{max}} = D + \delta_f \qquad d_{\text{min}} = d + \delta_f - \Delta D$$

$\delta_f$  = Desviación fundamental

Para un  $D = d = 19\text{mm}$  con ajuste holgado H11/C11 se tiene:

$$\Delta D_{\text{IT11}} = 0,130 \qquad \Delta d_{\text{IT11}} = 0,130$$

( $\delta_{f c}$ ) = -0,11 Ver anexo BB

$$D_{\text{max}} = 19,05 + 0,13$$

$$d_{\text{min}} = 19,05$$

$$D_{\text{max}} = 19,05 + (-0,11) \qquad d_{\text{min}} = 18,94$$

$$d_{\text{min}} = 19,05 + (-0,11) - 0,13$$

$$d_{\text{min}} = 18,81$$

Máxima interferencia

$$D_{\text{max}} - \frac{D_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2}$$

=

$$D_{\text{max}} = \frac{-18,94 - 19,05}{2}$$

Se selecciona para el agujero.

$$D_{\text{max}} = -0,055$$

$$D = D_{\text{max}} = 19,18\text{mm},$$

$$d = d_{\text{min}} = 18,81\text{mm}$$

#### 4.2.6.2 Diseño del sistema de Engranés

P= 2 Hp

N=15 dientes

d= 8 cm; 80 mm

$n = 875.5 \text{ rpm}$

Los engranes que se acoplaron a la máquina, tanto piñón como corona tienen las mismas características, su función es transmitir movimiento sin necesidad de alterar su velocidad.

Modulo

$$m = 2$$

(Ec. 52 Modulo)

$$m = \frac{80}{15}$$

$$m = 5.333$$

$$m = 5.333$$

Hallamos la geometría del engranes

$$m = 1 \times m$$

$$m = 1 \times 5.333$$

$$m = 5.333$$

$$m = 5.333$$

$$m = 5.333$$

$$m = 5.333$$

$$r = 40 + 5.333, \quad r = 45.333$$

$$r = r \cos \phi$$

$$r = 40 \cos 20, \quad r = 37.5877$$

$$r = 37.5877$$

$$r = 37.5877$$

$$r = 40 + 40, \quad r = 80$$

$$r = \sqrt{45.333^2 - 37.5877^2} + \sqrt{45.333^2 - 37.5877^2} - r \sin \phi$$

$$r = \sqrt{(45.333)^2 - (37.5877)^2} + \sqrt{(45.333)^2 - (37.5877)^2} - (80) \sin 20$$

$$r = 23.3235$$

Paso circular

$$m = 2$$

(Ec. 53 Paso Circular)

$$r = 2(5.333/2), \quad r = 16.7541$$

$$r = r \cos \phi$$

$$r = 16.7541 \cos 20$$

$$r = 15.7437$$

Para que exista un buen contacto en teoría el  $m_p=1$ ; en práctica  $m_p \geq 1$ .

$$m_p = \frac{23.3235}{15.7437}$$

$$k_s = 1.4814$$

El diseño cumple con los parámetros establecidos.

### **Velocidad de los engranes**

$$V = \frac{\pi d n}{60} \quad (\text{Ec. 54 Velocidad de los Engranes})$$

$$V = \frac{\pi \cdot (80) \cdot (875.5)}{60000}$$

$$V = 3.6672 \frac{\text{m}}{\text{seg}}, \quad H = 721.8897 \text{ kg/m}^2$$

### Carga en el engrane

$$H = \frac{W \cdot 33000}{2 H} \quad (\text{Ec. 55 Carga en el engrane})$$

$$2 H \times 33000$$

$$H = 721.8897 \text{ kg/m}^2, \quad H = 91.4267 \text{ kg}$$

$$H = H \tan \phi, \quad H = 91.4267 \text{ kg} \tan 20, \quad H = 33.2766$$

### Análisis de cargas

$$F = H \times r$$

$$r = 40 \text{ mm} = 1.5748 \text{ pulg}$$

$$F = 91.4267 \text{ kg} \times 1.5748$$

$$F = 143.9787 \text{ kg}$$

Como es un plano simétrico las reacciones en ambos apoyos son iguales:

$$R_1 = R_2 = \frac{91.4267}{2} = 45.7133 \text{ kg}$$

$$R_3 = R_4 = \frac{33.2766}{2} = 16.6383 \text{ kg}$$

### Recomendaciones

La distancia del eje  $0.7r_G + F/2$

$$F = 3 \text{ kg}$$

$$F = 3 \times 16.7541 \text{ kg}$$

$$F = 50.26 \text{ kg}, \quad F = 1.97 \text{ kg}$$

$$0.7(1.5748) + \frac{1.97}{2}$$

$$2 \times 2.0873 = 4.1746$$

**Distancia a cada lado del engrane**

Hallamos las fuerzas en cada eje:

Plano XY

Momento flector

$$M_{xy} = F_y \times L_y \quad (\text{Ec. 56 Momento flector})$$

$$M_{xy} = 16.6383 \text{ Kg} \times 2.0873$$

Plano XZ

Momento flector

$$M_{xz} = 34.7291 \text{ Kg}$$

Momento máximo

$$M_{xy} = F_y \times L_y$$

$$M_{xy} = 45.7133 \text{ Kg} \times 2.0873$$

$$M_{xz} = 95.4173 \text{ Kg}$$

$$M_{max} = \sqrt{M_{max\ xy}^2 + M_{max\ xz}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(34.7291 \text{ Kg})^2 + (95.4173 \text{ Kg})^2}$$

$$M_{max} = 101.5409 \text{ Kg}$$

Tipo de material

Acero 1020 HR

S<sub>ut</sub> = 55 kpsi

#### 4.2.7 diseño de la estructura metálica para la máquina.

Peso aproximado de la maquina 420 Kg

$$W = 420 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 4120.2 \text{ N}$$

Tamaño	Espesor	Peso	Área	Sy	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo de elasticidad
40 mm	2.50 mm	2.81 Kg/m	3.58 cm <sup>2</sup>	350MPa	8.22cm <sup>4</sup>	1.52cm	4.11cm <sup>3</sup>

Fuente: catalogo COLMENA

Los soportes están sometidos a esfuerzos de compresión que se calculan de la siguiente

manera así:

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

(Ec. 57 Esfuerzo de compresión)

Donde:

$W$  = peso total de la maquina  
 $A$  = área transversal del soporte

Reemplazando en la ecuación, obtenemos:

$$\sigma_n = \frac{4120.2}{3.58 \cdot 10^{-4} \cdot 350} = 11.5$$

**Análisis de estabilidad**

Por ser soportes largos, tenemos:

$$11.5 = 30.4$$

$$\frac{L}{r} = \frac{80}{1.52} = 52.63 \quad \text{(Ec. 58 Relación de esbeltez)}$$

Donde:

K=constante que depende del extremo fijo, 0.25<sup>25</sup>

r=radio de giro, 1.52cm

L= longitud del soporte, 80cm

Reemplazando los valores en la ecuación obtenemos:

$$\frac{0.25 \cdot 80}{1.52} = 13.15$$

$$\frac{L}{r} = 52.63$$

Relación de esbeltez de transición

$$\frac{L}{r} = \frac{L}{r} \quad \text{(Ec. 59 Relación de esbeltez de transición)}$$

Donde:

E= modulo elástico, 205939.6 MPa

Sy= resistencia a la fluencia

Reemplazando los valores tenemos:

$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{2 \cdot 205939.6}{350}} = 107.77$$

Como la relación de esbeltez es menor que la relación de esbeltez de transición, aplicamos la formula parabólica, o formula de J.B Johnson

$$\frac{\sigma}{E} \leq \left( \frac{L}{r} \right)^2$$

---

<sup>25</sup> **Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett.** Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill, 2008. P. 176.

$$\frac{P}{A} = \left( \frac{P}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{E} \quad (\text{Ec. 60 Formula de J.B Johnson})$$

$$P = 350 - \left( \frac{350}{2 * 13.15} \right)^2 * \frac{1}{(107.77) * (205939.6)} = 350$$

Carga critica

$$P_{cr} = 350 * \left( \frac{350}{2 * 13.15} \right)^2 * \frac{1}{(107.77) * (205939.6)} = 125.3$$

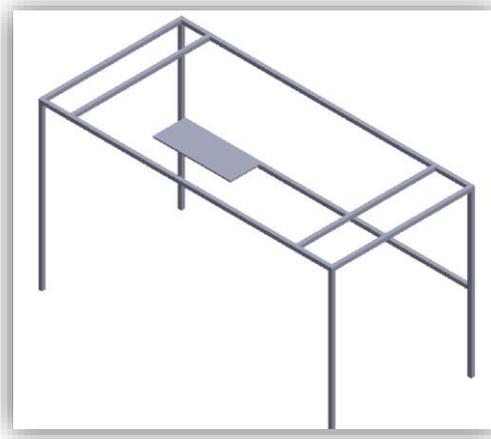
(Ec. 61 Carga critica)

**Factor de seguridad**

$$n = \frac{125.3 * 10^3}{4120.2} = 30.41$$

Debido al factor de seguridad obtenidos, este material cumple con los requisitos necesarios para la construcción de la estructura metálica que soporta la máquina.

**Figura 22. Diseño de la estructura de la máquina.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

#### 4.2.8 cálculo del transportador sin fin.

El tornillo sin fin se diseña bajo el método de cálculo que se establece en las normas UNE 58-244-88<sup>26</sup>.

El caudal transportado para mezclar del material orgánico es aproximadamente de  $0.2 \text{ m}^3/h$ . Y suponiendo una densidad de  $1.406 \text{ kg/m}^3$ . Con la ecuación 64 Se determina el caudal transportado en función del diámetro del eje mezclador. Donde se tiene:

<sup>26</sup> RUEDA, P. Pablo; SOLIS, P. Gendry: propuesta tecnológica para el aumento en un 25% de la capacidad de producción de la arenera camilo Cienfuegos. Universidad pinar del rio, Cuba. 2011.

$$Q_v = 60 * \phi * \frac{\pi}{4} * D^2 * S * N \quad (\text{Ec. 62 Caudal transportado})$$

Donde:

4

Qv= caudal transportado

$\phi$  = coeficiente de llenado= 0.45

D= diámetro del tornillo

S= paso de la hélice

N= rpm del tornillo

En la práctica la capacidad de un tornillo sin fin esta expresado por:

$$Q_v = C * D^3$$

$$C = 1.406 * 0.2 = 0.2812 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por otro lado, la potencia necesaria por el transportador a plena carga se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = P_h + P_n + P_{st} \quad (\text{Ec. 63 Potencia para mezclar})$$

Donde:

P= potencia del transportador a plena carga.

P<sub>H</sub> = potencia necesaria para el desplazamiento del material.

P<sub>N</sub> = potencia para el accionamiento del tornillo en vacío.

P<sub>st</sub> = potencia requerida por la inclinación.

La potencia necesaria para desplazar el material es:

$$P_h = \frac{L * \lambda * g}{3600}$$

Donde:

$$P_h = \frac{L * \lambda * g}{3600} * Q_v$$

P<sub>H</sub>= potencia necesaria para desplazar el material.

L= longitud del transportador.

$\lambda$ = coeficiente de resistencia al desplazamiento=1.9

g= aceleración de la gravedad=9.81

La potencia P<sub>n</sub> es proporcional al diámetro y la longitud del tornillo. En la práctica viene dada por la formula siguiente:

$$P_n = \frac{D * L}{20}$$

Donde:

$$P_n =$$

D= diámetro del tornillo.

La potencia requerida por la inclinación, es el producto de la capacidad por la altura a salvar y por la aceleración de la gravedad.

$$P_{st} = \frac{Q_v * H}{3600}$$

$$P_{st} =$$

Dónde:

H= altura del transportador.

Fijando como algunos datos de partida se obtiene para la ecuación 64 obtenemos el diámetro del eje mezclador:

Donde:

n= 214.375rpm

$Q_v = 0.2 \text{ m}^3/h$

$\phi = 0.45$

Reemplazado estos valores obtenemos un diámetro de **D=0.03885m**, aproximado a 1.5 pulgadas.

Una vez calculado el diámetro, conociendo la longitud, la altura del transportador y el coeficiente de resistencia al desplazamiento, se procede a calcular la potencia:

La potencia necesaria para desplazar el material

$$P_h = \frac{0.2812 * 1.8}{3600} * 1.9 * 9.81 = 2.62 * 10^{-3}$$

$$P_r = \frac{0.03885 * 1.8}{20} = 3.4965 * 10^{-3}$$

$$P_{\text{total}} = \frac{0.2812 * 0.6 * 9.81}{3600} = 4.5997 * 10^{-4}$$

$$P = 4.5997 * 10^{-4} + 3.4965 * 10^{-3} + 2.62 * 10^{-3} = 6.56910^{-3}$$

Dicha potencia no tiene en cuenta rozamientos en el mecanismo de reducción de tornillo sinfín empleado ni en el sistema de articulación con transmisión de giro, por lo que supondremos una potencia necesaria que considere un margen para los casos antes mencionados, además de las sobrecargas que se producen durante la operación del equipo por diversas causas.

### 4.3 SIMULACIÓN DE LAS PRINCIPALES PIEZAS DE LA MAQUINA

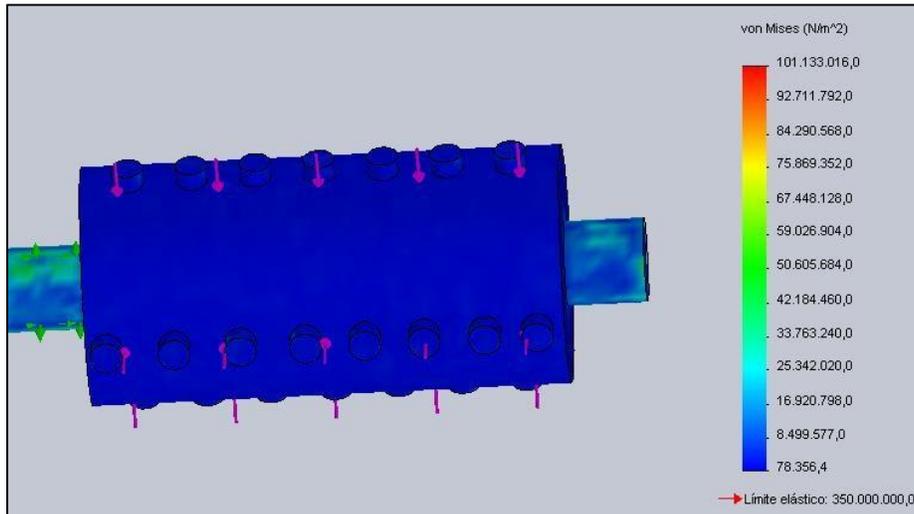
El análisis estático a algunas de las piezas que conforman la máquina para producir abono orgánico, tales como: los rodillos de triturado, la tolva y la estructura metálica que soporta la máquina, muestra los esfuerzos de von mises, los desplazamientos y las deformaciones de cada una de estos elementos importantes a la hora de construir la máquina.

La simulación se basa en un análisis estático de las piezas, con una malla de tipo solida estándar teniendo en cuenta una temperatura ambiente de 298 K.

### 4.3.1 simulación de los rodillos de triturado

La simulación nos muestra una tensión mínima de Von Mises de  $78356.4 \text{ N/m}^2$  y una máxima tensión de  $1.01133 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . El rodillo, según los datos arrojados por la simulación se encuentra en la capacidad de soportar las cargas de triturado.

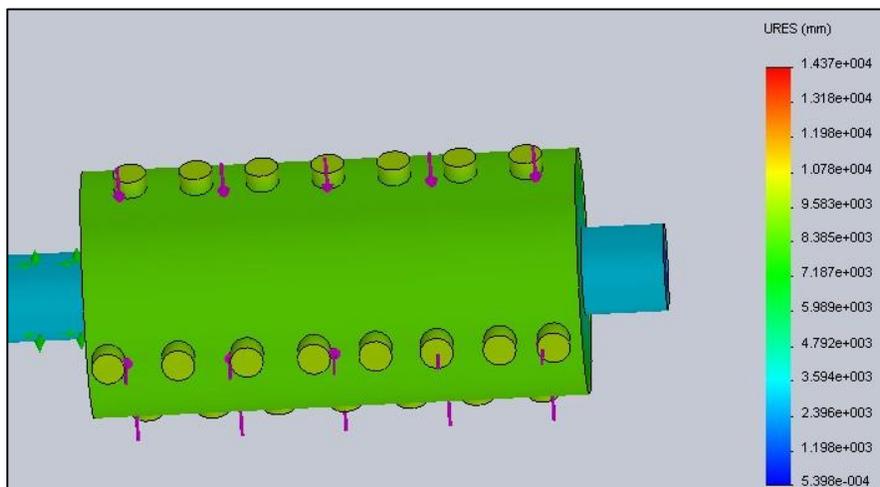
Figura 23. Tensión de Von Mises.



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

El desplazamiento resultante sobre el rodillo debido a las cargas serán de  $0.000539834 \text{ mm}$  y  $14374.8 \text{ mm}$  mínimo y máximo respectivamente.

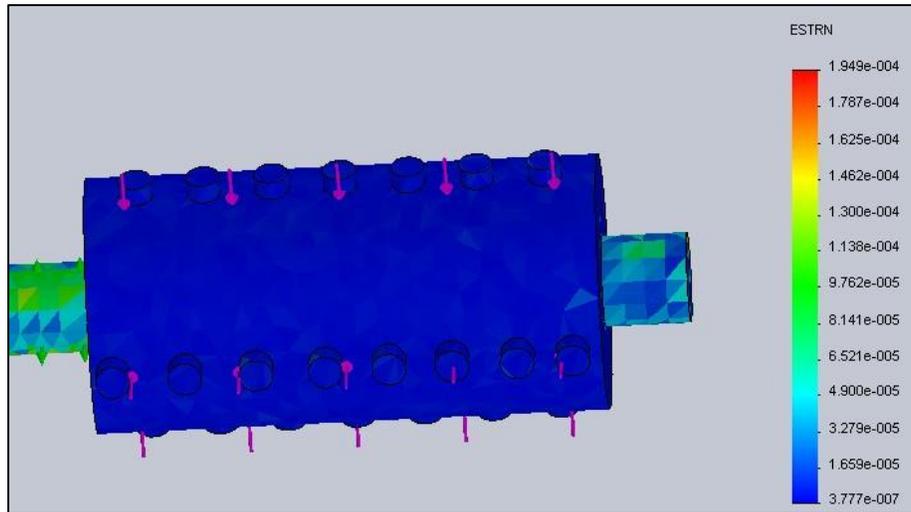
Figura 24. Desplazamientos ocurridos en el rodillo.



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

Las deformaciones unitaria máximas ocurridas sobre el rodillo es de 0.000194866

**Figura 25. Deformaciones unitarias en el rodillo.**

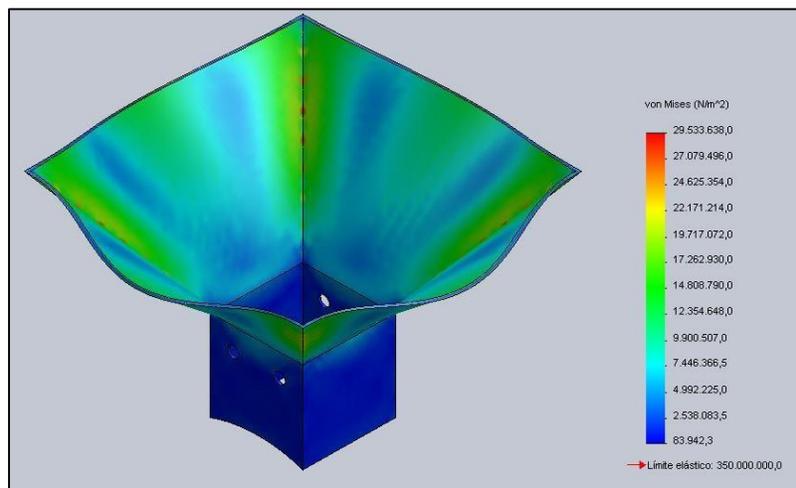


Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

#### 4.3.2 simulación de la tolva

La tensión mínima de Von Mises sobre la tolva es de  $83942.3 \text{ N/m}^2$  y la máxima es de  $29533.638 \text{ N/m}^2$ .

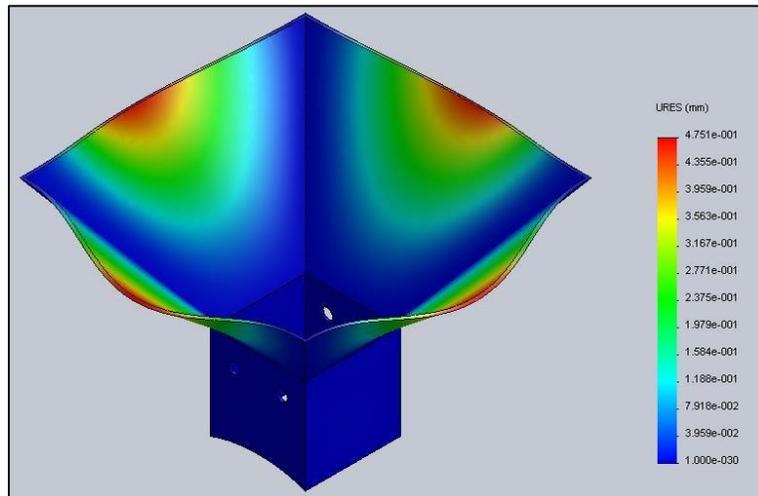
**Figura 26. Tensiones de Von Mises sobre la tolva.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

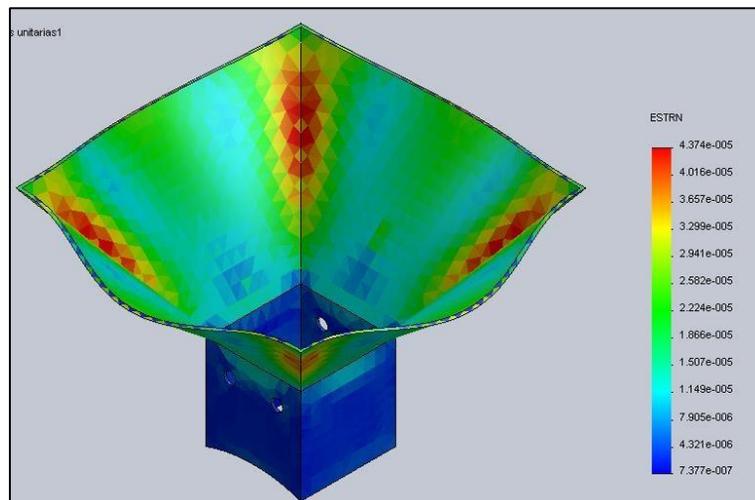
El máximo desplazamiento ocurrido sobre la tolva es de 0.475077 mm.

**Figura 27. Desplazamiento resultante en la tolva.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS. La deformación máxima ocurrida en la tolva es de  $4.3740 \times 10^{-5}$ .

**Figura 28. Deformaciones unitarias en la tolva.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

### 4.3.3 simulación de la estructura que soporta la máquina.

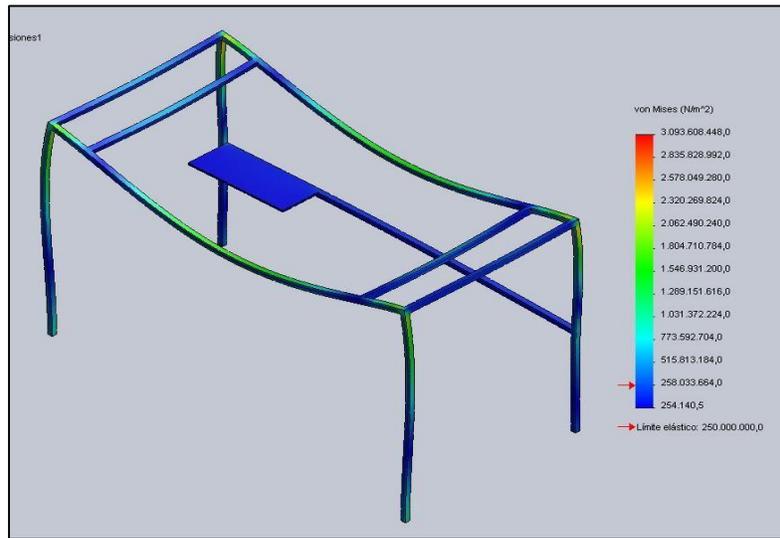
La figura 26 muestra la tensión máxima de Von Mises sobre la estructura que es de

$3.09361 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ .

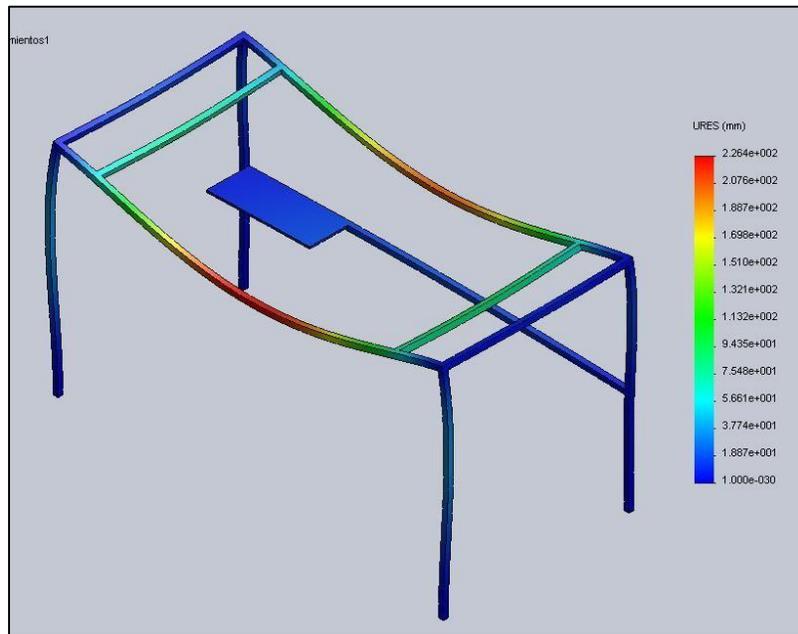
La figura 27 muestra el desplazamiento resultante ocurrido en la estructura, siendo el máximo desplazamiento de 226.4mm.

Por último, en la figura 28 se observa que la máxima deformación unitaria es de 0.00887625.

**Figura 29. Tensión de Von Mises sobre la estructura.**

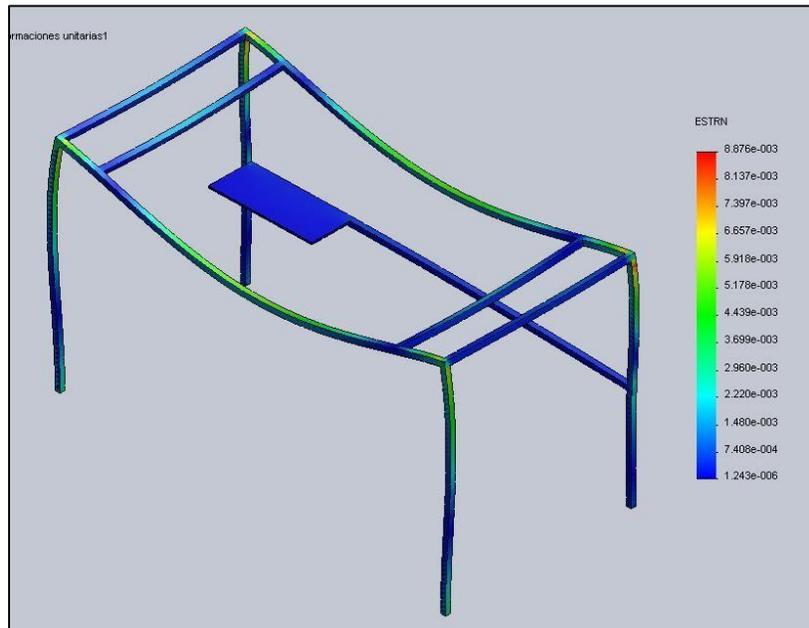


Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.  
**Figura 30. Desplazamiento resultante sobre la estructura.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

**Figura 31. Deformación unitaria sobre la estructura.**



Fuente: Autores del proyecto. Dibujo realizado en el software CAD SOLIDWORKS.

#### **4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA**

En esta sección se hace referencia a los detalles del proceso de construcción de la máquina para producir abono orgánico, se describen de manera secuencial los procesos tales como: requerimientos de material, las herramientas utilizadas, lugares de adquisición, soldadura.

##### **4.4.1 Proceso de construcción de la máquina para producir abono orgánico.**

Para la construcción se hace necesario los siguientes procesos:

- Elaborar la lista de los materiales necesarios.
  - Elaborar la lista de los equipos a utilizar.
  - Adquirir los materiales.
  - Construir la máquina de acuerdo al diseño.
1. Sistema de trituración
  2. Tolva de almacenamiento
  3. Sistema de mezclado
  4. Sistema de transmisión de potencia
  5. Cámara de mezclado

#### **4.4.2 Materiales utilizados en la maquina**

Los materiales utilizados en la construcción de máquina para producir abono orgánico se enlistan a continuación:

- Tubo cuadrado de 1" y calibre 14
- Lamina de acero 1020hr
- Rodamientos de F2G4
- Motor eléctrico de 2Hp
- Poleas sencillas
- Poleas dobles
- Correas
- Engranajes de 15 dientes
- Tornillos de ajuste

#### **4.4.3 Instrumentos y equipos utilizados**

- Dobladora
- Soldadora
- Electrodo
- Mesa de trabajo
- Escuadras
- Torno

#### **4.4.4 Adquisición de materiales y equipos**

Los materiales utilizados, fueron comprados con nuestros propios recursos, la construcción de la maquina se realizó con los equipos existentes en el Tecnoparque.

Luego de preparar todos los elementos seleccionados, se procede a verificar las coincidencias en las dimensiones trazadas. Se constató que la cámara de mezclado no presenta fugas y ningún tipo de desperfecciones en el tanque, que el mecanismo de triturado funcione correctamente y que la estructura metálica funcione en equilibrio a carga.

### **4.5 ADMINISTRACION DEL PROYECTO**

#### **4.5.1 Recurso humano**

A continuación se nombran cada uno de los contribuyentes de forma directa e indirecta en el desarrollo del proyecto de investigación, los cual son:

Estudiante: **KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO**  
**JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL**

Director: **JUAN GUILLERMO GARCIA RINCON**, Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

#### 4.5.2 Recursos Institucionales

La propuesta de investigación se desarrollara apoyada en toda la Información que pueda ser suministrada por:

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.  
BIBLIOTECA DE LA U.F.P.S.O  
HEMEROTECA

#### 4.5.3 Recursos financieros

##### INGRESOS

KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO  
JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL \$1.707.900

##### EGRESOS

Asesoría profesional	\$ 200.000	
Papelería	\$ 60.000	
Transporte y otro	\$ 300.000	
Imprevistos	\$ 300.000	
Personal	\$ 140.000	
Materiales	\$ 707.900	
TOTAL (sumas iguales)		\$ 1.707.900

#### 4.5.4 Lista de los materiales dispuestos para construcción de la maquina con su respectivo precio

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO
1 UND	(LAMINA(MALLA))	\$105000
1 CILINDRADA	(MALLA)	\$60000
2 CILINDRADA	(LAMINA)	\$60000
2 UND	DISCOS DE CORTE 4 PULG	\$7000
1 UND	DISCOS DE CORTE 7 PULG	\$6300
32 UND	TORNILLOS DE 5/16X1/2 PULG	\$9600
4 UND	TORNILLOS DE 5/16X1 1/2 PULG	\$2000
2 Y 1/2 METROS	VARILLA 3/8	\$7500
1/2 GALON	ANTICORROSIVO	\$25000
2 UND	PLATINAS 5/16	\$14000
4 UND	CHUMACERAS 3/4 PULG	\$80000
2 UND	CHUMACERAS 1 PULG	\$40000

16 UND	TORNILLOS 7/16 X 1 PULG	\$8000
4 UND	TORNILLOS 1/2 X 2 PULG	\$4000
4 UND	ARANDELAS 3/4 PULG	\$1000
4 UND	TORNILLOS 5/16 X 1 PULG	\$1000
1 UND	POLEA 2 CARRILES TB 2 PULG	\$15000
1 UND	POLEA 1 CARRILES TB 4 PULG	\$20000
1 UND	POLEA 1 CARRILES TB 16 PULG	\$76000
2 METROS	VARILLA LISA 1 PULG	\$30000
6 METROS	VARILLA CORRUGADA 3/8 PULG	\$10000
2 METROS	VARILLA LISA 1/2 PULG	\$10000
3 METROS	PLATINA 1 X 3/16 PULG	\$12000
4 UND	PASADORES PARA POLEA	\$2000
7 DOBLECES	LAMINA	\$17500
2 UND	PIÑONES	\$60000
1 AMPLIACION	EJES HUECOS DE LA POLEA	\$25000
	TOTAL	\$707900

#### 4.6 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.

Para el montaje de la maquina se fabricaron los siguientes componentes:

- Cámara de mezclado.
- Sistema de triturado.
- Tolva
- Soporte de la estructura metálica

En las figuras 21 a la figura 24 se muestra el proceso de construcción de la máquina para producir abono.

**Figura 32. Construcción de la cámara de mezclado.**

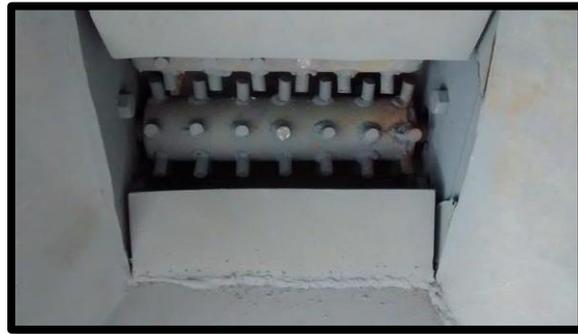


Fuente. Autores del proyecto.



Fuente. Autores del proyecto.

**Figura 33. Construcción del sistema de trituración.**



Fuente. Autores del proyecto.

**Figura 34. Construcción de la tolva de almacenamiento.**



Fuente. Autores del proyecto.



Fuente. Autores del proyecto.



Fuente. Autores del proyecto.

**Figura 35. Construcción de la estructura metálica que soporta la máquina.**



Fuente. Autores del proyecto.

#### **4.4.6 Montaje de la máquina.**

Para realizar el montaje de la máquina se debe llevar el siguiente orden:

- Ensamble de la estructura
- Ensamble de la tolva
- Fijación de la tolva
- Armado y ubicación de la cámara de mezclado
- Acople del sistema de transmisión por poleas

**Figura 36. Montaje de la tolva a la estructura.**



Fuente: Autores del proyecto.

**Figura 37. Ensamble de la cámara de mezclado con el eje mezclador.**



Fuente: Autores del proyecto.

**Figura 38. Ensamble de la maquina completa.**



Fuente: Autores del proyecto.



Fuente: Autores del proyecto.

## CONCLUSIONES

La máquina fue diseñada con una capacidad de 200 kg/hora, una transmisión de potencia de correa, con materiales de fácil adquisición en el mercado.

Los resultados obtenidos en los cálculos realizados a todas las partes y a la estructura de la máquina nos demuestran que los materiales usados son óptimos para el trabajo.

En la elaboración del abono orgánico, se pudieron identificar los siguientes parámetros críticos más significativos del proceso. Entre los punto identificados tenemos la agitación, el tiempo de giro, la fuerza de aplicación y el tamaño de residuo.

La selección de materiales aplicadas en el diseño y cálculo se encuentra fácilmente en el mercado de nuestra región, por lo tanto se garantiza su adquisición para el reemplazo y reparación de algunas piezas mecánicas del sistema.

De acuerdo con las teorías de diseño mecánico y análisis por elementos finitos se pudo evidenciar la eficiencia de los materiales seleccionados para el diseño ya que los factores de seguridad mayores que 1.

## **RECOMENDACIONES**

Adaptar el lugar donde se va instalar el equipo de trabajo principalmente con buena acometida eléctrica, iluminación adecuada, ventilación natural, piso de concreto y los soportes de ajuste adecuados para la estructura se encuentren bien ubicados para anclar la máquina.

Seguir las indicaciones de uso establecidas para evitar percances a la hora de operar la máquina, tener en cuenta las normas de seguridad para prevenir accidentes.

No ingresar en la máquina objetos fuera de los establecidos.

Esta máquina no está diseñada para la trituración de granos o materiales de alta resistencia, en el proyecto se especifica la materia a procesar, además estos materiales señalados son los que darán resultado a que el producto final sea de alta calidad.

Las bandas a instalar en la transmisión deben ser del tamaño y tipo seleccionadas, pues son las más adecuadas para el tipo de trabajo a realizar, además se debe tener la precaución de utilizar bandas del mismo fabricante.

## **BIBLIOGRAFIA**

BORBOR, H. Ana; CRESPO, O. Alex: Diseño de una línea de producción de fertilizantes pulverizados usando molinos de pines, Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador. 2012.

CAIZA, M. Raúl.: diseño, construcción y operación de un mezclador para producir abono orgánico a partir de los residuos orgánicos, universidad politécnica salesiana sede Guayaquil, Ecuador.2013

CIFUENTES, K.; VEGA, H.: implementación de un prototipo de triturador para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de la parroquia tena-provincia napo en el 2014. Escuela politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2014.

FERNADEZ, P. Cesar.; QUINTERO, S. Vlucher.: diseño y construcción de una mezcladora de balanceo para pollos parrilleros. Maquina con una capacidad de 1000Kg/h. Escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador.2014.

PALLO, P.; PEÑAFIEL, C.: diseño de una maquina mezcladora de materia orgánica para la elaboración de humus. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2011.

Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill, 2008.

SAMPIERI, R. et. al.: metodología de la investigación, McGraw-Hill, México, D.F. 5ed.

Taller de abonos orgánicos, 3 y 4 de marzo, 2003. Centro de investigaciones agronómicas de la universidad de costa rica y la cámara de insumos agropecuarios no sintéticos.

ZAMBRANO, L.: Diseño de una maquina picadora de rastrojo, para producción de abono orgánico, escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador, 2004.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Tipo de mezcladores, [on line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet: <http://www.quiminet.com/articulos/los-tipos-de-mezcladores-16423.htm>

Tipos de trituración, [online], [23 de febrero de 2015], disponible en internet, <http://www.ecured.cu/index.php/Trituraci%C3%B3n>

Triturador de cono, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://insutecmza.blogspot.com/2011/04/objetivo-reducir-el-tamano-de-los.html>

Triturador de cono, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://tritadoras-de-roca.com/wiki/1464.html>

Tritadora de impacto, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://xsmtritadoras.com/projects/Tritadora-de-uso-comun.html>

Tritadora de rodillos dentados, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-tritadoras-y-molinos/>

Tritador giratorio, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <http://tritadoras-de-roca.com/wiki/Tritadoras-Giratorias-Primarias.html>

Rodillos lisos, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-tritadoras-y-molinos>

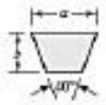
Tritadora de mandíbula, [On Line], [23 de febrero de 2015], disponible en internet en: <https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-tritadoras-y-molinos/>

<https://1aaditiqgrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-tritadoras-y-molinos/>

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Secciones de bandas en V estándar

**Tabla 17-9**  
Secciones de bandas en V estándar



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

## Anexo 2. Circunferencias interiores de bandas en V estándar.

**Tabla 17-10**  
Circunferencias interiores de bandas en V estándar

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

## Anexo 3. Dimensiones de conversión de longitud.

**Tabla 17-11**  
Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

#### Anexo 4. Factor de seguridad maquina impulsada.



CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 10	Más de 10	Menos de 10	De 10 a 10	Más de 10
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresoras centrífugas. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7.5 Kw.	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Mediano	Amasadores. Cizallas y prensas. Cintas rotativas y vibrantes. Generadores y excitadores. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7.5 Kw.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadoras. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

## Anexo 5. Potencias nominales de bandas en V estándar.

Tabla 17-12		Velocidad de la banda, pie/min				
Sección de la banda	Diámetro de paso de la pulea, pulg	Potencias nominales de bandas en V estándar				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
	7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
	D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09
11.0		5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
12.0		5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
13.0		6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
14.0		6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
15.0		7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
16.0		7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
17.0 y mayor		8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

## Anexo 6. Factor De Corrección Del Angulo De Contacto K1.

Tabla 17-13	$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , grados	VV	$K_1$	Plana en V
Factor de corrección del ángulo de contacto	0.00	180	1.00		0.75
$K_1$ para transmisiones de banda plana VV* y en V	0.10	174.3	0.99		0.76
	0.20	166.5	0.97		0.78
	0.30	162.7	0.96		0.79
	0.40	156.9	0.94		0.80
	0.50	151.0	0.93		0.81
	0.60	145.1	0.91		0.83
	0.70	139.0	0.89		0.84
	0.80	132.8	0.87		0.85
	0.90	126.5	0.85		0.85
	1.00	120.0	0.82		0.82
	1.10	113.3	0.80		0.80
	1.20	106.3	0.77		0.77
	1.30	98.9	0.73		0.73
	1.40	91.1	0.70		0.70
	1.50	82.8	0.65		0.65

\*Un ajuste de curvo de la columna VV en términos de  $\theta$  es  $K_1 = 0.143543 + 0.007468\theta - 0.000015052\theta^2$  en el intervalo de  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ .

## Anexo 7. Factor De Corrección De Longitud De Banda K2.

Factor de corrección de longitud de banda $K_2^*$	Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
		Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85		Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90		38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95		48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00		60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05		78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10		96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15		120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20			195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

\*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

## Anexo 8. Parámetros de bandas en V.

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

\*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

## Anexo 9. Parámetros de durabilidad para algunas secciones de banda en V.

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

Fuente: M. E. Spotts, *Design of Machine Elements*, 6a. ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1985.

### **Anexo 10. Recomendaciones de seguridad y mantenimiento.**

La trituradora de rodillo está diseñado para trabajar con seguridad, sin embargo, deberá tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Antes de poner en marcha la trituradora de rodillo, se debe Sujetar en un lugar fijo atornillándolo a la base donde se desea instalar o directamente al piso.
- ✓ El área donde se instale la trituradora de rodillo se debe delimitar.
- ✓ Antes y después de cada jornada de trabajo, limpie e inspeccione la máquina para detectar posibles fallas y desajustes.
- ✓ Asegúrese de que no se encuentren personas cerca de las partes móviles la trituradora de rodillo antes de ponerla a trabajar.
- ✓ Utilice siempre elementos de seguridad como tapa bocas, tapa oídos, gafas y casco.
- ✓ Evite el uso de prendas que puedan ser enganchadas por las partes móviles de la trituradora de rodillo.
- ✓ Asegúrese que el personal que manipule la trituradora, este capacitado para realizar estas actividades.
- ✓ Antes de aproximarse a la máquina para efectuar cualquier operación de mantenimiento apague el motor y espere a que se detenga totalmente.
- ✓ Utilice refacciones originales y siempre emplee la herramienta adecuada para cualquier reparación o ajuste.
- ✓ No haga modificaciones a la máquina, ya que pueden generarse accidentes.
- ✓ El operador precavido es la mejor garantía para prevenir accidentes.

## NORMAS DE SEGURIDAD

- No se acerque a las partes de la máquina que estén en movimiento.



- No manipule ninguna de las partes de la máquina hasta que ésta no esté completamente parada.



- No abra ni extraiga nunca los dispositivos protectores con la máquina en marcha.



- Manténgase alejado de las superficies calientes (motor, piezas móviles.)



- El mantenimiento, limpieza y ajuste, así como la extracción de los dispositivos protectores sólo deberá llevarse a cabo una vez que el motor esté apagado, y el equipo operativo parado.



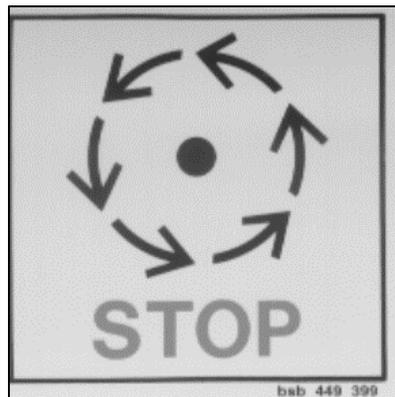
- Antes de ponerla máquina en funcionamiento, verifique que no existan elemento extraño, como trozos de hierro, piedras, etc.



- No introduzca las manos en la zona de alimentación hasta que los rodillos estén totalmente parados y el motor apagado.



- Antes de empezar a usar la trituradora, asegúrese de que está firme y estable.



#### **Anexo 11. Mantenimiento de la máquina para producir abono orgánico.**

- Compruebe el apriete de las tuercas y tornillos, fijación y estado de los componentes en general.
- Inspeccione y limpie del cilindro triturador y el sistema de mezclado.
- Compruebe la tensión de las bandas.
- Verifique también periódicamente el estado de conservación de las bandas. Si presenta desgaste excesivo y/o daños deben ser reemplazadas.

Aunque apenas una de las bandas de un conjunto presente daños, es obligatorio el cambio de todas ellas para que siga habiendo una operación equilibrada entre las poleas. Adquiera y ensamble un nuevo juego de bandas.

## **Anexo 12. Conservación de la maquina**

- Tan importante como el mantenimiento preventivo es la conservación de la máquina. Proteja la trituradora de la intemperie y de los efectos corrosivos de algunos productos.
- Quite todos los residuos del producto que permanecieron en el depósito y en el interior de la máquina y lávela ligeramente si es necesario.
- Muy importante: guarde siempre la maquina en un local protegido del sol y de la lluvia, sin este cuidado no habrá conservación. Cuando la maquina va a permanecer parada por largo tiempo se hace necesario adoptar los cuidados a seguir con el fin de obtener la mayor vida útil.
- Haga un lavado completo y esmerado de la trituradora y deje que seque el sol
- Retoque la pintura en los puntos donde haya necesidad de hacerlo
- Conserve la trituradora en un local cubierto protegido de la acción del tiempo.
- Para el buen funcionamiento de la trituradora de rodillo es necesario seguir un plan de mantenimiento preventivo que permita alargar su vida útil.
- Verificar el desgaste de los rodillos y llevar a cabo el intercambio si es necesario, con el fin de aprovechar al máximo su desempeño.
- Revise a diario la tensión y alineación de las bandas. Tenga en cuenta que las correas nuevas sufren un alargamiento.
- Para un funcionamiento óptimo y la durabilidad de la trituradora y sus elementos rotativos, este requiere de mantenimiento general donde se debe revisar todas sus piezas para evaluar el estado en que se encuentran. La frecuencia de estas revisiones depende del aseo y mantenimiento que se le dé a los mismos.
- Después de finalizar el trabajo, limpiar la máquina y en especial la parte inferior de los rodillos para eliminar los residuos que puedan obstruirla.
- Verifique periódicamente el ajuste de los tornillos y alineación del eje principal con respecto a los soportes para evitar vibraciones y daños futuros.
- Se debe realizar engrase a los soportes de los rodamientos y cada 48 horas de trabajo, debido a que funcionan a elevada velocidad y durante un tiempo considerable.
- Según la condición de trabajo a los cuales van a ser sometidos los rodamientos es necesario chequearlos periódicamente con el fin de verificar si hay desgaste que ocasione vibraciones perjudiciales.

## **Anexo 13. Cambio de bandas.**

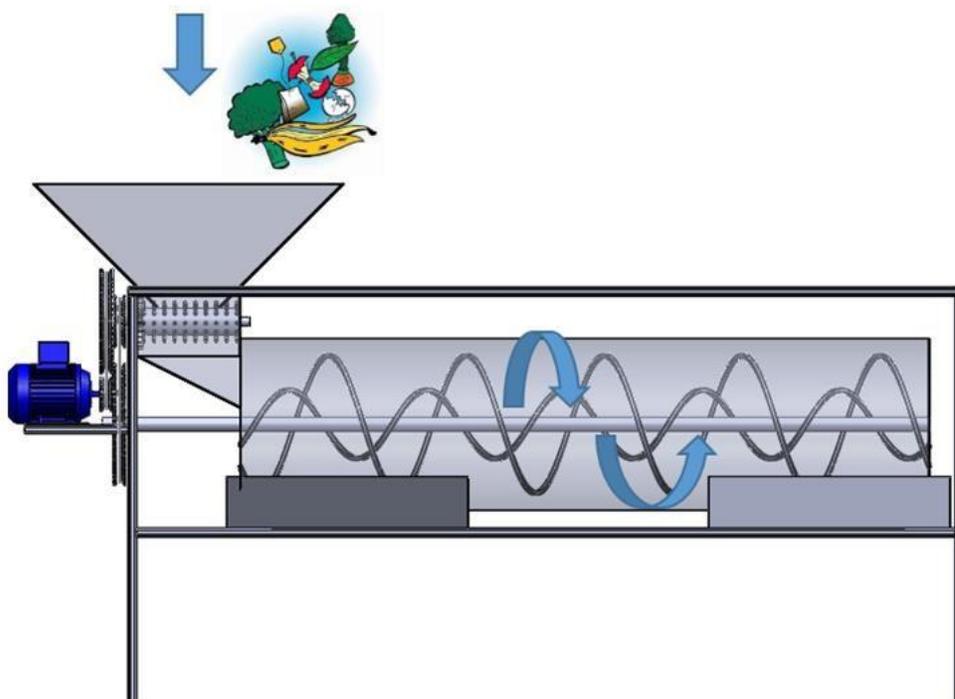
Cuando las bandas sufran un deterioro, deberán cambiarse procediendo de la siguiente manera:

- ✓ Afloje los pernos de ajuste de tensión de las bandas y retírelas.
- ✓ Coloque las bandas nuevas y vuelva a tensarlas de manera correcta mediante los pernos.
- ✓ Inspeccione el montaje y el alineamiento de las poleas, ya que al estar desalineadas puede causar un mal funcionamiento en su transmisión.
- ✓ Aplique la tensión correcta a la transmisión, la mejor tensión para una transmisión es en la cual las bandas no patinen bajo una carga total.

- ✓ Ajuste la transmisión hasta que las bandas entren holgadamente en las ranuras de las poleas.
- ✓ Ponga a funcionar la transmisión unos 10 min., para “asentar” las bandas, después aplique la carga máxima, si las bandas patinan, ajústelas hasta que no patinen al aplicar la carga máxima.
- ✓ Recuerde que también la tensión excesiva acorta la duración de la banda y de los cojinetes.

# TRITURADORA DE RODILLO

## EQUIPO: Código 001



**KAREN LORENA MADARIAGA QUINTERO**  
**JOSE LUIS OJEDA CARVAJAL**



**FICHA TÉCNICA**

<b>EQUIPO</b>	<b>TRITURADORA DE RODILLO</b>	<b>CÓDIGO 001</b>
---------------	-------------------------------	-------------------

	<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
	<b>MOTOR</b>	MONOFASICO
	<b>MARCA</b>	EBERLE
	<b>POTENCIA</b>	2 HP
	<b>VOLTAJE</b>	110/220 V
	<b>AMPERAJE</b>	19 A
	<b>VELOCIDAD</b>	1715 RPM
	<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz

**CARACTERÍSTICAS**

**DIMENSIONES:** Ancho: 200 cms; Alto: 160 cms; Profundidad: 80 cms

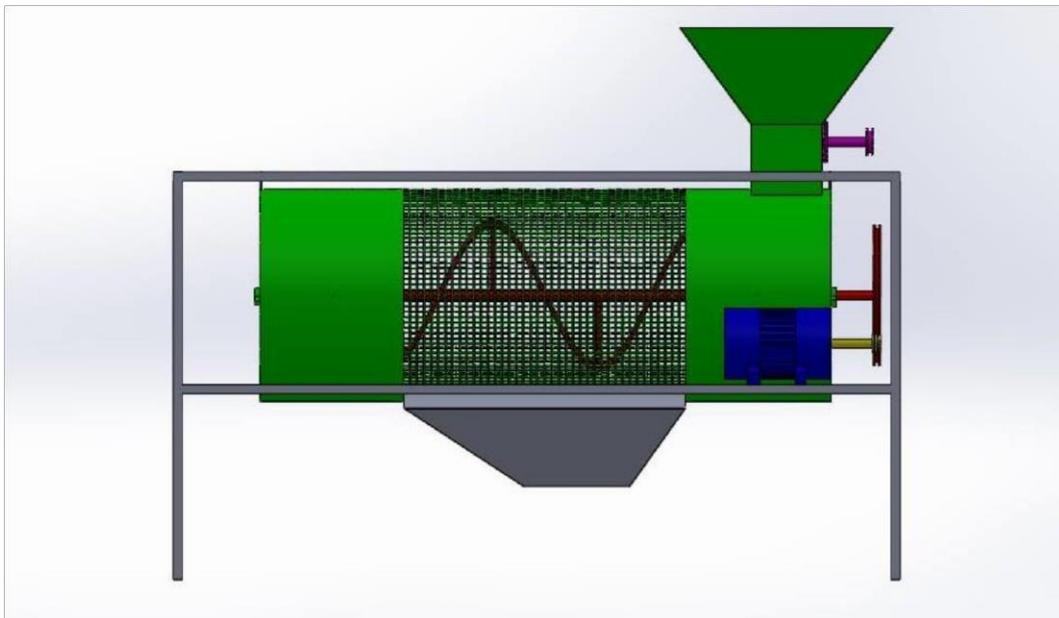
**TRANSMICIÓN DE POTENCIA**

<b>TIPO DE TRANSMICIÓN</b>	FLEXIBLE
<b>NUMERO DE BANDAS</b>	3
<b>DESIGNACIÓN</b>	1B-112 2B-55

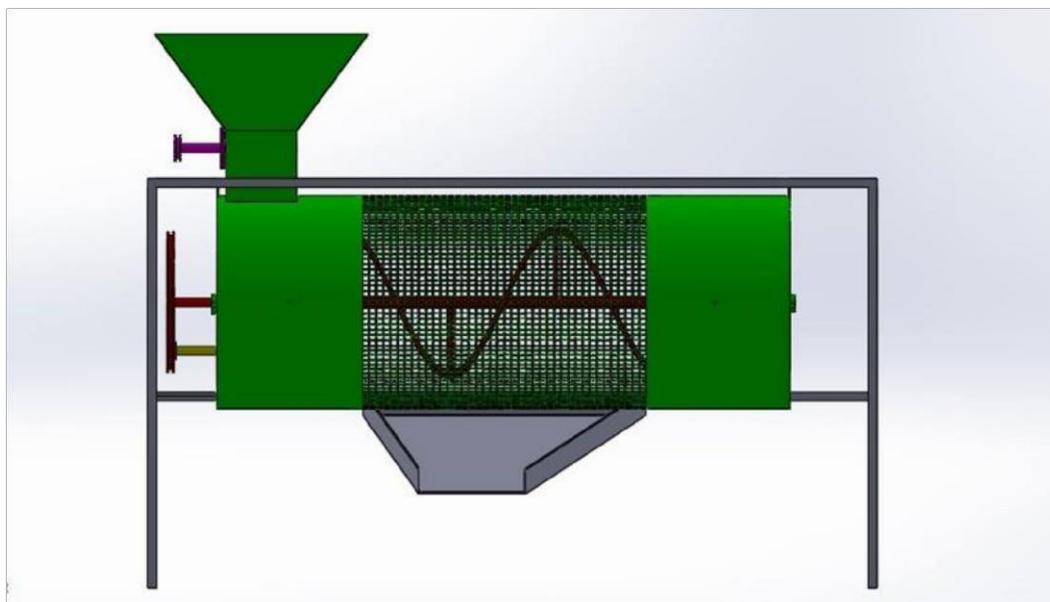
**PIEZAS DEL EQUIPO**

<b>SOPORTE CON RODAMIENTOS</b>	6 UNIDADES
<b>DESIGNACION DE LOS RODAMIENTOS</b>	F2G4
<b>POLEA SENCILLA</b>	1 UNIDAD
<b>POLEA DOBLE</b>	1 UNIDAD
<b>ENGRANES</b>	2 UNIDADES
<b>EJE PORTA RODILLO</b>	2 UNIDADES
<b>EJE DE ELISE</b>	1 UNIDAD

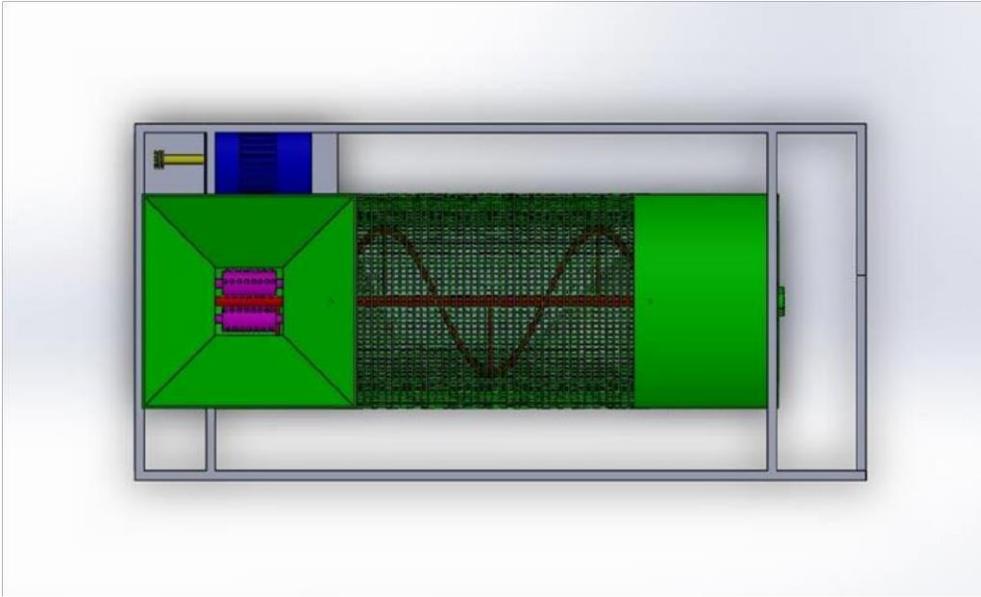
## PLANOS DE LA MAQUINA



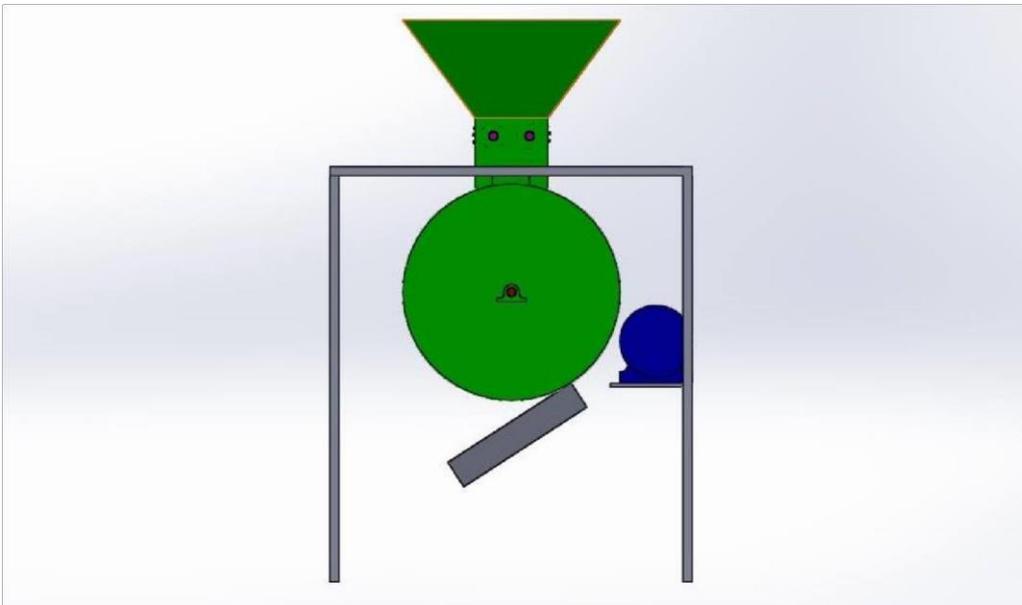
**Vista frontal.**



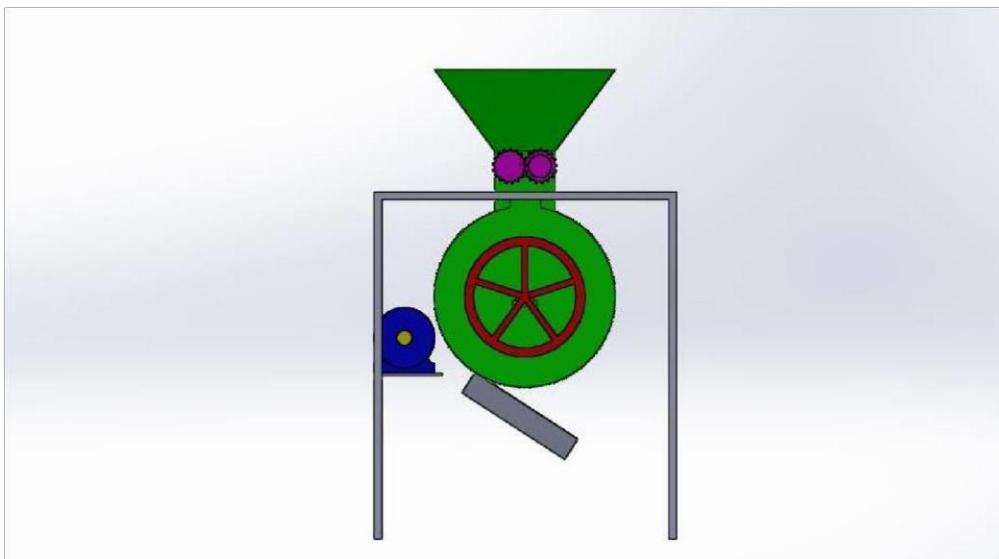
**Vista posterior.**



**Vista superior.**



**Vista lateral izquierda.**



**Vista lateral derecha.**

## **Anexo 15. Instrucciones de operación**

### **PASOS PARA OPERAR LA TRITURADORA DE RODILLO**

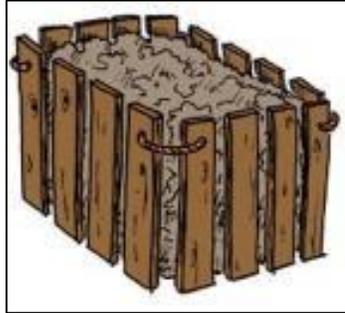
- ✓ Revise la tensión y el alineamiento correcto de las bandas.
- ✓ Revise que no se encuentren elementos extraños dentro de la cámara de trituración ni sobre la tolva de alimentación.
- ✓ Trabaje la trituradora sin carga durante unos segundos con el fin de estabilizarlo.
- ✓ Cuando la trituradora alcance su velocidad de operación proceda a alimentarlo.

## **Anexo 16. Instrucciones para la fabricación del abono orgánico.**

1. Crear una compostadora: un sitio donde el material procesado sea almacenado, debe estar en contacto directo con la tierra, nunca sobre asfalto o cemento, para que accedan los organismos que hacen el compost. Además, la tierra absorbe la humedad excesiva.

Se pueden fabricar los siguientes tipos de compostadoras:

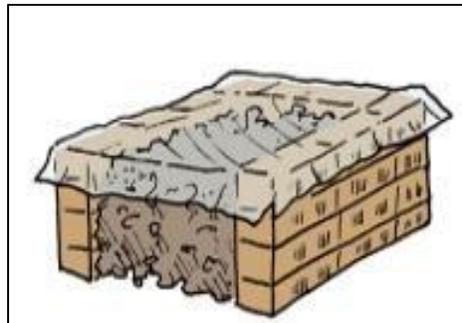
- ✓ Compostadora de palés



- ✓ Compostadora redonda de malla



- ✓ Compostadora de ladrillos



2. Base de material leñoso: Debemos colocar una base de ramas o de paja de un grosor de entre 10 y 15 cm., de manera que facilitemos la circulación de aire dentro de la compostadora y evitemos la compactación de los materiales recién introducidos.

3. Selección de materiales:

- Rastrojos(hojas secas y raíces)

- Excremento de vaca
  - Afrecho(cascara de arroz)
  - Aserrín
  - Desechos orgánicos.
4. Triturado y mezclado de materiales en la maquina diseñada.
  5. Almacenamiento del compostaje: Debemos rellenar la compostadora hasta los 2/3 con los materiales acumulados previamente. El proceso se verá facilitado si los materiales tienen un tamaño de entre 5 y 10 cm. En los días siguientes iremos añadiendo los distintos materiales que generemos, intentando siempre que haya el doble de materia húmeda que seca. En el mercado existen diversos productos artificiales para acelerar el proceso de compostaje llamados activadores, pero si quieres usar alguno, te recomendamos los que se encuentran en la misma naturaleza, como el estiércol o el propio compost.
  6. Retirada del compost: La duración estimada del proceso de compostaje es de 4 a 6 meses. Transcurrido ese tiempo, se comprueba que el compost ya esté hecho y se procede a su retirada, por la parte de abajo, con la ayuda de una pala.
  7. Cribado del compost: Con una criba o tamiz se separa el compost de los materiales aún sin descomponer. Conviene que el tamaño de luz de la criba esté entre 0.5 y 1 cm. A menor tamaño, más fina será la textura del compost. El compost ya cribado es un producto estable; cuanto mayor sea el tiempo de maduración, más estable será el producto. El compost debe reposar durante 15 días antes de aplicarse como abono; para que los organismos que aún pueda contener desaparezcan. Removemos el material nuevo con el anterior y cubrimos los materiales más húmedos (como los restos de comida) con material seco, o los enterramos bien para evitar la proliferación de moscas de la fruta y mantener las condiciones óptimas de temperatura. Si el compost está muy seco, podemos regarlo para que esté más húmedo, pero sin llegar nunca a encharcarlo.