

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

*Trabajo estructurado de manera independiente, previo a la
obtención del título de ingeniero mecánico*

TEMA:

**“ESTUDIO DE VOLTEADORAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN
DE COMPOST EN LA FLORICULTORA NEVADO ECUADOR DE LA
PARROQUIA MULALILLO”**

AUTOR: EDISSON ANTONIO LOZADA VINCES

TUTOR: ING. Mg. JUAN CORREA

AMBATO – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor de investigación, bajo el tema: “ESTUDIO DE VOLTEADORAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN LA FLORICULTORA NEVADO ECUADOR DE LA PARROQUIA MULALILLO”, desarrollado por el Sr. Edisson Antonio Lozada Vinces, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe ha sido revisado minuciosamente y reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, Agosto del 2013

Ing. Mg. Juan Correa
Tutor

AUTORÍA

Yo, Edison Antonio Lozada Vines con C.I. 180359287-0, declaro que el contenido del trabajo de investigación con el tema: “ESTUDIO DE VOLTEADORAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN LA FLORICULTORA NEVADO ECUADOR DE LA PARROQUIA MULALILLO”, Son absolutamente de mi autoría; a excepción de las referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Así mismo los criterios emitidos en el trabajo de investigación, contenidos, conclusiones, recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente trabajo.

Ambato, Agosto del 2013

Edisson Antonio Lozada Vines
180359287-0
Autor

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios por darme la fortaleza para alcanzar mis objetivos, a mi madre por brindarme su apoyo incondicional y su ejemplo lucha y perseverancia, a mi padre por darme la motivación y el apoyo para culminar mi carrera, a mi hermana y amigos por apoyarme en los momentos de felicidad y en los momentos difíciles.

Edisson Lozada

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, y la sabiduría para poder alcanzar mis objetivos, sobrellevar y por guiarme adecuadamente durante la vida estudiantil. A mi familia por haber depositado su confianza en mí, siendo la motivación para cumplir mis metas propuestas. Al Ing. Mg. Juan Correa quien fue mi tutor de tesis, por su colaboración y orientación durante la ejecución del presente estudio. A mis maestros que contribuyeron en mi formación académica y personal, enseñándome que en la vida deben prevalecer los valores para un buen proceder. A las personas que forman parte importante de mi vida, por su comprensión, apoyo incondicional, consideración y estima. A mis compañeros, amigos. A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por ser la entidad que me dio la oportunidad de emprender mi formación académica.

Edisson Lozada

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

Portada.....	I
Certificación.....	II
Autoría.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Índice general.....	VI
Índice de figuras.....	XV
Índice de tablas.....	XX
Resumen ejecutivo.....	XXIV

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico.....	3
1.2.3 Prognosis.....	4
1.2.4 Formulación del problema.....	4
1.2.5 Preguntas directrices.....	4
1.2.6 Delimitación del problema.....	5
1.2.6.1 Delimitación de contenido.....	5
1.2.6.2 Delimitación espacial.....	5
1.3 Justificación.....	5

1.4	Objetivos.....	6
1.4.1	Objetivo general.....	6
1.4.2	Objetivos específicos.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativos.....	7
2.2	Fundamentación filosófica.....	11
2.2.1	Proceso de compostaje.....	11
2.2.1.1	Factores que condicionan el proceso de compostaje.....	12
2.2.1.2	Períodos del proceso de compostaje.....	14
2.2.1.3	Transformación de la materia orgánica de la pila de compost.....	16
2.2.2	Producción de compost.....	18
2.2.2.1	Tipos de pilas de compost.....	18
2.2.2.2	Problemas de la producción de compost: Causas y soluciones.....	19
2.2.3	Ventajas y desventajas del compost.....	20
2.2.3.1	Ventajas.....	20
2.2.3.2	Desventajas.....	20
2.2.4	Compostaje en pilas.....	21
2.2.4.1	Volteo del compost.....	22
2.2.4.2	Criterios de madurez.....	24
2.2.4.3	Parámetros para determinar un compost de buena calidad.....	25
2.2.4.4	Condiciones ideales de compostaje.....	25
2.2.5	Toma de fuerza (TDF).....	26
2.2.6	Barra de tiro del tractor.....	27
2.2.7	Enganche de tres puntos.....	28

2.2.8 Ventajas y desventajas de la hidráulica	29
2.2.8.1 Ventajas de la oleo-hidráulica	30
2.2.8.2 Desventajas de la oleo-hidráulica	30
2.2.9 Volteadoras de compost.....	30
2.2.9.1 Alternativa 1.- Volteo de compost mediante pala mecánica.....	31
2.2.9.2 Alternativa 2.- Volteadora acoplada a la toma de fuerza del tractor.....	32
2.2.9.3 Alternativa 3.- Volteadora lateral a la toma de fuerza del tractor.....	33
2.2.9.4 Alternativa 4.- Volteadora de meseta (Marca Vermeer CT1010TX).....	35
2.2.9.5 Alternativa 5.- Volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec).....	36
2.3 Categorías fundamentales.....	37
2.4 Hipótesis.....	38
2.5 Señalamiento de variables.....	38

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque.....	39
3.2 Modalidad básica de la investigación.....	39
3.2.1 Investigación de campo.....	39
3.2.2 Investigación bibliográfica.....	39
3.2.3 Investigación documental.....	40
3.3 Nivel o tipo de investigación.....	40
3.3.1 Descriptiva.....	40
3.4 Población y muestra.....	40
3.4.1 Población.....	40
3.5 Operacionalización de variables	41
3.5.1 Variable independiente.....	41

3.5.2 Variable dependiente.....	42
3.6 Técnicas de recolección de la información.....	42
3.6.1 Pruebas de campo.....	42
3.6.2 Investigación bibliográfica.....	42
3.6.3 Investigación de campo.....	43
3.6.4 Observación directa.....	43
3.6.5 Encuesta.....	43
3.7 Procesamiento y análisis.....	44
3.7.1 Plan de procesamiento de la información.....	44
3.7.2 Análisis e interpretación de resultados.....	44

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados.....	45
4.1.1 Pregunta 1.....	45
4.1.1.1 Interpretación	46
4.1.1.2 Análisis.....	46
4.1.2 Pregunta 2	46
4.1.2.1 Interpretación.....	47
4.1.2.2 Análisis.....	47
4.1.3 Pregunta 3	48
4.1.3.1 Interpretación.....	49
4.1.3.2 Análisis.....	49
4.1.4 Pregunta 4	49
4.1.4.1 Interpretación.....	50

4.1.4.2 Análisis.....	50
4.1.5 Pregunta 5.....	50
4.1.5.1 Interpretación.....	51
4.1.5.2 Análisis.....	51
4.1.6 Pregunta 6.....	52
4.1.6.1 Interpretación.....	53
4.1.6.2 Análisis.....	53
4.1.7 Pregunta 7.....	54
4.1.7.1 Interpretación.....	54
4.1.7.2 Análisis.....	55
4.1.8 Pregunta 8	55
4.1.8.1 Interpretación	56
4.1.8.2 Análisis	56
4.1.9 Pregunta 9	56
4.1.9.1 Interpretación	57
4.1.9.2 Análisis	57
4.1.10 Pregunta 10	58
4.1.10.1 Interpretación	58
4.1.10.2 Análisis	59
4.1.11 Pregunta 11	59
4.1.11.1 Interpretación	60
4.1.11.2 Análisis	60
4.1.12 Pregunta 12.....	61
4.1.12.1 Interpretación.....	62
4.1.12.2 Análisis	62
4.1.13 Pregunta 13.....	62

4.1.13.1 Interpretación.....	63
4.1.13.2 Análisis.....	63
4.1.14 Pregunta 14.....	63
4.1.14.1 Interpretación.....	64
4.1.14.2 Análisis	64
4.1.15 Pregunta 15.....	65
4.1.15.1 Interpretación.....	66
4.1.15.2 Análisis.....	66
4.1.16 Conclusión de la encuesta.....	66
4.2 Estudio de los parámetros de producción de compost.....	66
4.2.1 Composición de la pila de compost y su relación Carbono/Nitrógeno.....	68
4.2.1.1 Desechos orgánicos vegetales.....	68
4.2.1.2 Desechos orgánicos animales.....	68
4.2.1.3 Relación C/N de los componentes de la pila de compost.....	69
4.2.2 Formación de la pila de compost.....	69
4.2.3 Diagrama del proceso para formar la pila del compost.....	73
4.2.4 Ensayo para encontrar la temperatura.....	74
4.2.5 Ensayo para encontrar la humedad.....	77
4.2.5.1 Materiales para realizar el ensayo de la humedad.....	77
4.2.5.2 Procedimiento para determinar la humedad.....	78
4.2.5.3 Recolección de datos de la humedad.....	80
4.2.5.4 Resultados de la evolución de la humedad.....	83
4.2.5.5 Ensayo para calcular el PH.....	86
4.2.5.6 Procedimiento para determinar el PH.....	87
4.2.5.7 Materiales para realizar el ensayo del PH.....	87
4.2.6 Tiempo de volteo de la pila de compost.....	89

4.2.7	Determinación de la madurez.....	90
4.3	Estudio de ventajas y desventajas de volteadoras.....	90
4.3.1	Alternativa 1.- Volteo de compost mediante pala mecánica (marca HANOMAG).....	90
4.3.1.1	Ventajas.....	91
4.3.1.2	Desventajas.....	91
4.3.2	Alternativa 2.- Volteadora acoplada a la toma de fuerza del tractor.....	91
4.3.2.1	Ventajas.....	91
4.3.2.2	Desventajas.....	92
4.3.3	Alternativa 3.- Volteadora lateral a la toma de fuerza del tractor.....	92
4.3.3.1	Ventajas.....	92
4.3.3.2	Desventajas.....	92
4.3.4	Alternativa 4.- Volteadora de meseta (marca vermeer ct1010tx).....	93
4.3.4.1	Ventajas.....	93
4.3.4.2	Desventajas.....	93
4.3.5	Alternativa 5.- Volteadora triangular SF 420 (Neuson ecotec).....	93
4.3.5.1	Ventajas.....	94
4.3.5.2	Desventajas.....	94
4.4	Selección de alternativas.....	95
4.4.1	Parámetros para la evaluación de alternativas.....	95
4.4.1.1	Costo.....	95
4.4.1.2	Versatilidad.....	96
4.4.1.3	Factibilidad de manufactura.....	96
4.4.1.4	Facilidad de mantenimiento.....	96
4.4.1.5	Operación.....	96
4.4.1.6	Capacidad de volteo.....	96

4.5 Método ordinal corregido de criterios ponderados.....	97
4.6 Valoración de parámetros para la selección de alternativas	97
4.6.1 Menor costo.....	98
4.6.2 Factibilidad de manufactura	99
4.6.3 Versatilidad.....	99
4.6.4 Capacidad de volteo	100
4.6.5 Menor tamaño.....	100
4.6.6 Facilidad de operación.....	101
4.6.7 Bajo mantenimiento.....	101
4.6.8 Sumatoria de la valoración de parámetros.....	102
4.7 Cálculo del tiempo de volteo utilizando la volteadora de compost seleccionada	102
4.7.1 Análisis del tiempo de volteo manualmente con respecto al tiempo de la volteadora de compost	103
4.7.2 Capacidad de producción (volteo manual).....	103
4.7.3 Capacidad de producción (volteo mecanizado).....	104
4.8 Distribución recomendada de las pilas en el área de compost.....	104

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	107
5.2 Recomendaciones.....	108

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos.....	110
-----------------------------	-----

6.2 Antecedentes de la propuesta	111
6.3 Justificación.....	111
6.4 Objetivos.....	112
6.4.1 Objetivo general.....	112
6.4.2 Objetivos específicos.....	112
6.5 Análisis de factibilidad.....	112
6.5.1 Factibilidad técnica.....	112
6.5.2 Factibilidad Económico-Financiero.....	112
6.6 Fundamentación.....	113
6.6.1 Características generales de la volteadora de compost seleccionada.....	113
6.6.1.1 Dimensiones de la volteadora de compost seleccionada.....	113
6.6.2 Diseño mecánico de la volteadora de compost con acople al TDF del tractor.....	114
6.6.2.1 Cálculo de las fuerzas ejercidas en el rotor.....	115
6.6.2.2 Diseño del cilindro rotor debido a la flexión.....	135
6.6.2.3 Diseño del rotor por resistencia a la fatiga.....	137
6.6.2.4 Selección de las chumaceras de pared.....	143
6.6.2.5 Diseño de la cubierta de la volteadora de compost.....	145
6.6.2.6 Análisis estructural de la cubierta.....	148
6.6.2.7 Diseño de la base de la volteadora de compost.....	153
6.6.2.8 Análisis estructural de la base de la volteadora de compost.....	158
6.6.2.9 Selección del cilindro hidráulico.....	162
6.6.2.10 Diseño de la cuña (chaveta).....	165
6.6.2.11 Diseño de los pasadores de la cubierta.....	167
6.6.2.12 Cálculo de los rodamientos de la base de la volteadora de compost....	170
6.6.2.13 Selección de la corona (reductor de velocidades).....	171

6.6.2.14 Selección del acoplamiento de cadena.....	174
6.7 Administración.....	176
6.7.2 Análisis de costos.....	176
6.7.2.1 Costos directos.....	176
6.7.2.2 Costos indirectos.....	177
6.7.2.3 Costo total.....	178
6.7.2.4 Análisis económico.....	178
6.7.2.5 Financiamiento.....	178
6.7.2.6 Depreciación de la máquina.....	179
6.8 Previsión de la evaluación.....	182
6.8.1 Resultados de las pruebas.....	183
6.8.2 Operación y mantenimiento.....	185
6.8.3 Conclusiones y recomendaciones.....	185
6.8.3.1 Conclusiones.....	185
6.8.3.2 Recomendaciones.....	186

MATERIALES DE REFERENCIA

1 Bibliografía.....	188
2 Linkografía.....	189
3 Anexos.....	190

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Ubicación de la parroquia Mulalillo.....	5
Fig. 2.1: Trituradora de desechos orgánicos.....	7
Fig. 2.2: Residuos triturados.....	7
Fig. 2.3: Área de compostaje de la floricultora Nevado Ecuador	8

Fig. 2.4: Pilas de compost distribuidas en el terreno (floricultora Nevado Ecuador).....	8
Fig. 2.5: Composición del abono orgánico.....	9
Fig. 2.6: Tanques que contienen sangre.....	9
Fig. 2.7: Volteo del compost de forma manual.....	10
Fig. 2.8: Pilas de compost emanando gases.....	10
Fig. 2.9: El compost.....	11
Fig. 2.10: Ciclo de vida en la pila de compost.....	12
Fig. 2.11: Períodos del proceso de compostaje.....	14
Fig. 2.12: Distribución de temperaturas en el interior de una pila de compost estática.....	15
Fig. 2.13: Transformación de la materia orgánica en compost.....	17
Fig. 2.14: Tipos de pilas de compost.....	18
Fig. 2.15: Formación de pilas triangulares.....	19
Fig. 2.16: Altura recomendada para el compostaje en pilas.....	21
Fig. 2.17: Compost maduro.....	24
Fig. 2.18: Tomas de fuerzas.....	27
Fig. 2.19: Ángulos de la barra de tiro del tractor.....	27
Fig. 2.20: Barra de tiro.....	28
Fig. 2.21: Enganche de 3 puntos.....	28
Fig. 2.22: Componente hidráulico.....	29
Fig. 2.23: Volteo de compost con pala mecánica (Marca HANOMAG).....	31
Fig. 2.24: Volteadora ST 200 (Marca Compost Systems).....	32
Fig. 2.25: Volteadora lateral (Marca Willibald TBU 3P).....	33
Fig. 2.26: Volteadora de meseta (Marca Vermeer CT1010TX).....	35
Fig. 2.27: Volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec).....	36
Fig. 2.28: Red de categorías fundamentales.....	37
Fig. 4.1: Resultados estadísticos - Pregunta N° 01.....	46
Fig. 4.2: Resultados estadísticos - Pregunta N° 02.....	47
Fig. 4.3: Resultados estadísticos - Pregunta N° 03.....	48
Fig. 4.4: Resultados estadísticos - Pregunta N° 04.....	50
Fig. 4.5: Resultados estadísticos - Pregunta N° 05.....	51

Fig. 4.6: Resultados estadísticos - Pregunta N° 06.....	53
Fig. 4.7: Resultados estadísticos - Pregunta N° 07.....	54
Fig. 4.8: Resultados estadísticos - Pregunta N° 08.....	55
Fig. 4.9: Resultados estadísticos - Pregunta N° 09.....	57
Fig. 4.10: Resultados estadísticos - Pregunta N° 10.....	58
Fig. 4.11: Resultados estadísticos - Pregunta N° 11.....	60
Fig. 4.12: Resultados estadísticos - Pregunta N° 12.....	61
Fig. 4.13: Resultados estadísticos - Pregunta N° 13.....	63
Fig. 4.14: Resultados estadísticos - Pregunta N° 14.....	64
Fig.4.15: Resultados estadísticos - Pregunta N° 15.....	65
Fig.4.16: Floricultora Nevado Ecuador.....	67
Fig. 4.17: Desechos orgánicos vegetales.....	68
Fig. 4.18: Composición del compost.....	68
Fig. 4.19: Tanques llenos de sangre.....	68
Fig. 4.20: Remolque para los desechos orgánicos.....	69
Fig. 4.21: Embarque de desechos orgánicos.....	69
Fig. 4.22: Transporte de desechos orgánicos.....	70
Fig. 4.23: Desechos en el área de compost.....	70
Fig. 4.24: Desembarque de residuos orgánicos.....	70
Fig. 4.25: Trituradora acoplada al tractor.....	71
Fig. 4.26: Trituradora en funcionamiento.....	71
Fig. 4.27: Materia orgánica triturada.....	71
Fig. 4.28: Formación de la pila de prueba.....	72
Fig. 4.29: Medidas de la pila de compost.....	72
Fig. 4.30: Termómetro de compost.....	74
Fig. 4.31: Temperaturas promedia durante el proceso de la pila de compost.....	76
Fig. 4.32: Estufa.....	77
Fig. 4.33: Balanza digital	77
Fig. 4.34: Espátula	77
Fig. 4.35: Cápsulas de porcelana.....	77
Fig. 4.36: Pinzas	78
Fig. 4.37: Desecador.....	78

Fig. 4.38: Muestras de compost.....	78
Fig. 4.39: Desecado de las capsulas.....	78
Fig.4.40: Peso inicial de las cápsulas	79
Fig.4.41: Peso de 10 g. de compost	79
Fig.4.42: Muestras colocadas en la estufa	79
Fig. 4.43: Muestras colocadas el desecador	80
Fig. 4.44: Evolución de la humedad VS tiempo del proceso del compost	86
Fig. 4.45: PH-metro.....	87
Fig. 4.46: Solución de compost	87
Fig. 4.47: Evolución del PH durante el proceso de la pila de compost	88
Fig. 4.48: Tiempo de volteo de la pila de compost	89
Fig. 4.49: Compost en su fase de madurez	90
Fig. 4.50: Comparación entre el tiempo de volt. manual y tiempo de la volteadora de compost.....	103
Fig. 4.51: Distancia recomendada de las pilas de compost.....	104
Fig. 4.52: Terreno del area de compost en la floricultura Nevado Ecuador	105
Fig. 6.1: Posiciones de la volteadora de compost	113
Fig. 6.2: Partes del rotor	115
Fig. 6.3 Fuerza del compost ejercida en la paleta (F_p).....	115
Fig. 6.4: Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores	120
Fig. 6.5: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 01	120
Fig. 6.6: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 02	121
Fig. 6.7: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 03	122
Fig. 6.8: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 04	123
Fig. 6.9: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 05	124
Fig. 6.10: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 06	125
Fig. 6.11: Diagrama de las reacciones del rotor	126
Fig. 6.12: Diagrama de momentos de la paleta N° 01	127
Fig. 6.13: Diagrama de momentos de la paleta N° 02	128

Fig. 6.14: Diagrama de momentos de la paleta N° 03	129
Fig. 6.15: Diagrama de momentos de la paleta N° 04	130
Fig. 6.16: Diagrama de momentos de la paleta N° 05	131
Fig. 6.17: Diagrama de momentos de la paleta N° 06	132
Fig. 6.18: Diagramas del cilindro rotor en el plano (y-z).....	133
Fig. 6.19: Diagramas del cilindro rotor en el plano (x-z).....	134
Fig. 6.20: Inercia del cilindro	135
Fig. 6.21: Inercia del eje	136
Fig. 6.22: Chumaceras de pared	143
Fig. 6.23: Cubierta de la volteadora de compost	145
Fig. 6.24: Estructura de la cubierta	149
Fig. 6.25: Simulación del diseño mecánico de la estructura de la cubierta	150
Fig. 6.26: Diagrama de Torsión en la viga 45	150
Fig. 6.27: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 45 (Plano y-x)	151
Fig. 28: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 45 (Plano x-z)	151
Fig. 6.29: Base de la volteadora de compost	153
Fig. 6.30: Estructura de la base	158
Fig. 6.31: Simulación del diseño mecánico de la estructura de la base	159
Fig. 6.32: Diagrama de torsión en la viga 8	160
Fig. 6.33: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 8 (Plano y-x)	160
Fig. 6.34: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 8 (Plano x-z)	161
Fig. 6.35: Cilindro hidráulico	163
Fig. 6.36: Sección transversal del eje y la chaveta	165

Fig. 6.37: Fuerzas aplicadas en el pasador 1.....	167
Fig. 6.38: Fuerzas aplicadas en el pasador 2	168
Fig. 6.39: Rodamiento de rodillos cilíndricos.....	170
Fig. 6.40: Corona de transmisión.....	174
Fig. 6.41: Acoplamiento de cadena.....	174
Fig. 6.42: Compost volteado.....	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Problemas del proceso de compost: Causas y Soluciones.....	19
Tabla 2.2: Condiciones ideales para el compostaje.....	26
Tabla 2.3: Normas ISO para tomas de fuerza de tractores.....	26
Tabla 2.4: Potencia de motores de tractores según su categoría.....	29
Tabla 2.5: Características técnicas de la pala mecánica (Marca HANOMAG)...	32
Tabla 2.6: Características técnicas volteadora st 200 (Marca Compost Systems).....	33
Tabla 2.7: Características técnicas volteadora lateral (Marca Willibald TBU 3P).....	35
Tabla 2.8: Características técnicas volteadoras de meseta (Marca Vermeer CT1010TX).....	36
Tabla 2.9: Características técnicas volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec).....	37
Tabla 3.1: Población para realizar el estudio del proceso del compost.....	40
Tabla 3.2: Operacionalización de la variable independiente.....	41
Tabla 3.3: Operacionalización de la variable dependiente.....	42
Tabla 4.1: Población de la pregunta 1.....	45
Tabla 4.2: Resultados de la pregunta 2.....	47
Tabla 4.3: Resultados de la pregunta 3.....	48
Tabla 4.4: Resultados de la pregunta 4.....	49

Tabla 4.5: Resultados de la pregunta 5.....	51
Tabla 4.6: Resultados de la pregunta 6.....	52
Tabla 4.7: Resultados de la pregunta 7.....	54
Tabla 4.8: Resultados de la pregunta 8.....	55
Tabla 4.9: Resultados de la pregunta 9.....	56
Tabla 4.10: Resultados de la pregunta 10.....	58
Tabla 4.11: Resultados de la pregunta 11.....	59
Tabla 4.12: Resultados de la pregunta 12.....	61
Tabla 4.13: Resultados de la pregunta 13.....	62
Tabla 4.14: Resultados de la pregunta 14.....	64
Tabla 4.15: Resultados de la pregunta 15.....	65
Tabla 4.16: Relación/Nitrógeno de los componentes utilizados en la composta...69	
Tabla 4.17: Diagrama del proceso para formar la pila de compost.....	73
Tabla 4.18: Resultados de la evolución de temperaturas en el proceso de la pila de compost.....	74
Tabla 4.19: Datos obtenidos de las muestras de la pila de compost antes del secado en la estufa.....	81
Tabla 4.20: Resultados de la humedad de la pila de compost después del secado en la estufa.....	83
Tabla 4.21: Resultados obtenidos del ensayo del PH.....	87
Tabla 4.22: Características generales de las alternativas de volteadoras de compost.....	95
Tabla 4.23: Valoración de los parámetros para la selección alternativas de volteadoras.....	98
Tabla 4.24: Valoración del costo de las alternativas de volteadoras de compost.....	98
Tabla 4.25: Valoración de la facilidad de manufactura.....	99
Tabla 4.26: Valoración de la versatilidad.....	99

Tabla 4.27: Valoración de la capacidad de volteo.....	100
Tabla 4.28: Valoración de las alternativas con relación a su menor tamaño.....	100
Tabla 4.29: Valoración de la facilidad de operación de las alternativas.....	101
Tabla 4.30: Valoración de las alternativas con relación a su bajo mantenimiento.....	101
Tabla 4.31: Selección de la alternativa más conveniente para el estudio.....	102
Tabla 4.32: Medidas recomendadas de las pilas de compost.....	105
Tabla 6.1: Datos generales de la propuesta.....	110
Tabla 6.2: Dimensiones de la volteadora de compost.....	114
Tabla 6.3: Densidades de los materiales utilizados para composta.....	114
Tabla 6.4: Parámetros del factor de modificación superficial.....	139
Tabla 6.5: Factores de confiabilidad ke correspondiente a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.....	140
Tabla 6.6: Características de la chumacera de pared.....	145
Tabla 6.7: Fuerzas aplicadas en la base de la volteadora de compost.....	159
Tabla 6.8: Características del cilindro hidráulico.....	164
Tabla 6.9: Rendimientos teóricos de reductores de velocidad.....	172
Tabla 6.10: Características de reductores de velocidad	173
Tabla 6.11: Dimensiones de acoplamiento de cadenas.....	175
Tabla 6.12: Potencia máxima que soporta los acoplamientos de cadenas.....	175
Tabla 6.13: Egresos por concepto de materiales.....	176
Tabla 6.14: Egresos indirectos.....	177
Tabla 6.15: Egresos totales.....	178
Tabla 6.16: Depreciación y valor en libros de la máquina.....	179
Tabla 6.17: Egresos anuales por el funcionamiento de la máquina.....	180
Tabla 6.18: Estado de resultados equivalente a la volteadora de compost.....	181

Tabla 6.19: Resultados de la prueba de funcionamiento N° 1.....	183
Tabla 6.20: Resultados de la prueba de funcionamiento N° 2.....	184
Tabla 6.21: Comparación del proceso del compost.....	185

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “ESTUDIO DE VOLTEADORAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN LA FLORICULTORA NEVADO ECUADOR DE LA PARROQUIA MULALILLO”.

Autor: Edison Antonio Lozada Vinces

Tutor: Ing. Mg. Juan Correa

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación consiste en el estudio del proceso del compost en la floricultora Nevado Ecuador perteneciente a la parroquia Mulalillo de la provincia de Cotopaxi, adicionalmente tiene como finalidad mejorar el volteo del compost, y mejorar el proceso.

Se realizaron investigaciones previas de campo y encuesta para conocer los parámetros y variables que intervienen durante el proceso, las cuales se detallan a continuación: temperatura, humedad, PH, aireación, y tiempo, estas variables fueron medidas y graficadas para conocer su evolución con estos resultados también se efectúa la investigación del mejoramiento de la producción tanto con el volteo manual como mecanizado, la máquina seleccionada para el volteo mecanizado fue elegida por el método de ponderación mediante el cual se elige la opción más conveniente para mejora el proceso y producción del compost.

Finalmente se diseña y construye una volteadora de compost acoplada al tractor que es la alternativa adecuada para mejorar la producción del compost en la empresa Nevado Ecuador.

Palabras claves: Estudio del compost, empresa Nevado Ecuador, parámetros del compost, volteadora de compost.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“ESTUDIO DE VOLTEADORAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN LA FLORICULTORA NEVADO ECUADOR DE LA PARROQUIA MULALILLO”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Las volteadoras son mecanismos que permiten realizar un volteo adecuado y uniforme de las pilas de compost, controlando parámetros que intervienen directamente en el proceso tales como la oxigenación, temperatura, olor, humedad y el tiempo que se demora el proceso, estos equipos pueden mejorar y tecnificar la producción de abono orgánico.

En los países industrializados las floricultoras que producen abono orgánico (también llamado compost) lo realizan tecnificadamente con la implementación de mecanismos cuando se trata de grandes cantidades, el objetivo de esto es mejorar la producción, gracias a esto se consigue facilitar el trabajo, realizarlo en menos tiempo, y ordenar las pilas de compost, esto les permite a las empresas minimizar recursos tanto humanos como económicos.

En el Ecuador las volteadoras de compost tienen un costo elevado comparado con los países industrializados, uno de los factores son los elevados aranceles en materia de

importación que suben considerablemente el precio inicial, este aspecto influye negativamente para que no se pueda tecnificar la producción de compost y por lo tanto no se adquieran estos equipos, en el Ecuador pocas son las haciendas florícolas que adquieren algún tipo de volteadoras obligando a que la producción de compost se la realice manualmente, para ello utilizan herramientas como palas, rastrillos o cualquier otro tipo de herramienta que facilite realizar esta actividad, esta situación impide que exista un desarrollo y que se pueda llevar adecuadamente el proceso del compost, induciendo a la adquisición de abonos químicos debido a que no existe suficiente producción de abono orgánico para cubrir la demanda en el sector floricultor, estos elementos químicos son perjudiciales para la salud, suelo, y medio ambiente.

En la floricultora Nevado Ecuador ubicada en la parroquia Mulalillo no es problema aparte ya que también se realiza la producción de compost de forma manual con la ayuda de palas y rastrillos, al voltear el compost de esta manera la oxigenación y la mezcla es inadecuada influyendo directamente en los nutrientes y calidad del producto final, en esta área las pilas de compost no se encuentran ordenadas y no tienen una forma definida, los obreros que se dedican a esta actividad tienen que hacer mucho esfuerzo físico y soportar un olor putrefacto producto de la descomposición de los desechos orgánicos, para poder trabajar tienen que ponerse mascarillas que mitiguen la intensidad de los olores, esta descomposición también atrae gran cantidad de moscas con las que tienen que convivir los obreros cada vez que voltean el compost convirtiéndose en un problema serio para la salud y medio ambiente, debido a estos factores se hace complicada la contratación de personal que quiera trabajar en esta área.

En el área de compostaje trabajan 7 personas, las cuales se encargan de la recolección de los desechos orgánicos, embarque, transporte, desembarque, trituración y procesamiento de las pilas de compost de las pilas de compost, las mismas que tienen un volumen aproximado de 1100 m³ en total, el volteo o aireación de todo el compost les lleva un periodo entre 4 a 5 días, esta actividad se realiza una vez cada 3 semanas y el proceso termina en un período de 10 a 12 semanas a partir

de la fecha de inicio, pero de igual forma se adquieren productos químicos ya sea estos fertilizantes o para combatir las plagas que en ocasiones se presentan durante el crecimiento de las rosas, estos productos afectan a los nutrientes del suelo y a la salud de los trabajadores que están en contacto directo.

Al realizar este estudio se podrá seleccionar un tipo de volteadora mediante el cual se pueda mejorar el procesamiento de las pilas de compost que se producen en la floricultora Nevado Ecuador, una de las ventajas de la utilización de este equipo es disminuir el tiempo en la producción, minimizar el esfuerzo físico de los trabajadores, voltear uniformemente y adecuadamente la materia orgánica en proceso, mantener ordenada las pilas de compost, controlar los olores producto de la descomposición orgánica, y controlar otros parámetros que influyen directamente en el proceso, permitiendo mejorar y tecnificar la producción de compost.

La documentación y experiencia del personal que trabaja en el campo son de gran valor técnico y científico dado que estos brindan conocimiento sobre el proceso de compostaje que se realiza en la floricultora Nevado Ecuador, estos recursos serán de mucha ayuda para seleccionar la volteadora de compost más adecuada con la finalidad de poder solucionar el problema que existe en la producción.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Es necesario realizar este estudio en la floricultora Nevado Ecuador para mejorar el producción del compost, debido a que el volteo es manual es complicado llevar un proceso adecuado, para ello es necesario estandarizar las medidas de las pilas e incorporar fichas de control de las variables que intervienen en el proceso para conocer el tiempo que tiene la pila y en qué fase se encuentra, los efectos que se presentan en los trabajadores es el cansancio por el excesivo esfuerzo físico que hacen para voltear el compost por tal motivo deben descansar períodos de tiempo, el efecto de esto es el retraso y demora en esta área de la empresa, para ello es necesario implementar mecanismos o equipos que faciliten el volteo y manejo de las pilas, que permitan controlar las variables que intervienen en el proceso, en cuanto a

los trabajadores minimizar el esfuerzo físico, evitar en lo posible el contacto directo con la materia orgánica en descomposición para prevenir de posibles consecuencias en la salud.

1.2.3 PROGNOSIS

En caso de no ser ejecutado el presente estudio, se influenciará indirectamente al subdesarrollo en la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador, debido a que las pilas no tienen formas y medidas estandarizadas será complicado saber el tiempo de proceso que tienen cada una, los trabajadores seguirán volteando el compost manualmente lo que significa hacer un desgaste físico y en mayor tiempo, expuestos soportar los olores putrefactos que emanan las pilas y estar en contacto directo con la materia orgánica en compostaje, hecho que podría acarrear consecuencias en la salud de los trabajadores, por parte de la empresa deberá adquirir fertilizantes químicos que significas gastos y disminución de las utilidades.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué tipo de volteadora permitirá mejorar la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Cuáles serán los factores que intervienen en el proceso de compost que permitan mejorar su producción?
- ¿Cuáles son los tipos de volteadoras para solucionar el problema en la producción de compost de la floricultora Nevado Ecuador?
- ¿Cuál será el tipo de volteadora más adecuada para mejorar la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 Delimitación de contenido

En el estudio de volteadoras para mejorar la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo están contempladas ciencias tales como: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Agronómica, Economía.

1.2.6.2 Delimitación espacial

El presente estudio se lo realizará en la floricultora Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo ubicado en la provincia de Cotopaxi, con una revisión bibliográfica en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

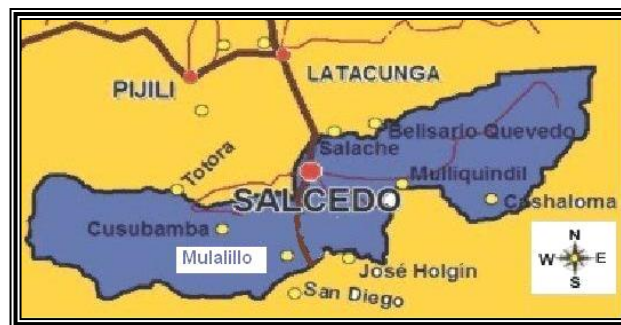


Fig. 1.1: Ubicación de la Parroquia Mulalillo

Fuente: www.ecomapsecuador.com.ec

1.3 JUSTIFICACIÓN

Para la floricultora Nevado Ecuador como para cualquier otra empresa es necesario que sus procesos se realicen de una manera rápida y eficiente, ya sea esto con la finalidad de optimizar recursos humanos o económicos, por tal motivo es necesario realizar este estudio que tendrá como beneficio mejorar el proceso que se lleva en el área de compost, lo que permitirá encontrar la alternativa técnica más adecuada para disminuir el esfuerzo físico que realizan los obreros cuando voltean el compost,

controlar parámetros que intervienen directamente en el proceso tales como la oxigenación, temperatura, olor, humedad y el tiempo que se demora el proceso, voltear adecuada y uniformemente las pilas, ordenar las pilas de compost, y minimizar la presencia de insectos.

El estudio de este proyecto beneficiará tanto a la floricultora Nevado Ecuador para mejorar su proceso en el área de compost como al encargado de realizar el estudio debido a que este trabajo servirá como tesis de graduación en Ingeniería Mecánica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la volteadora adecuada que permita mejorar la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los factores que intervienen en el proceso de compost que permitan mejorar su producción.
- Analizar los tipos de volteadoras para solucionar el problema en la producción de compost de la floricultora Nevado Ecuador.
- Proponer el tipo de volteadora más adecuada para mejorar la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la floricultura Nevado Ecuador desde hace mucho tiempo sus autoridades han querido mejorar el procesamiento de compost, de tal manera que se realice esta actividad adecuada, ordenada y técnicamente.

Los desechos orgánicos que genera diariamente son recolectados y luego llevados hasta el terreno del área de producción de compost, aquí son esparcidos en el terreno para ser triturados con una trituradora acoplada a la TDF (Toma de Fuerza del Tractor) como se muestra en la fig.2.1, finalizada esta actividad los residuos triturados son colocados junto a las pilas que ya están en proceso como se muestra en la fig. 2.2.



Fig. 2.1: Trituradora de desechos orgánicos

Fuente: El autor



Fig. 2.2: Residuos triturados

Fuente: El autor

En la actualidad las pilas de compost no están ordenadas ya que los desechos orgánicos son apilados y estas pilas no tienen medidas específicas, al voltear las pilas manualmente influye que no tengan formas definidas, si se tendría un proceso ordenado se facilitaría el manejo y control de las pilas de compost, como se muestra

en la fig. 2.3 la materia orgánica en proceso esta acumulada sin diferenciar cual compost está en su fase inicial, intermedia, y final.



Fig. 2.3: Área de compostaje de la floricultora Nevado Ecuador

Fuente: El autor

Esta actividad se la realiza en un terreno con una área de 2375,69 m², y la materia orgánica o abono orgánico que aquí se procesa tiene un volumen de aproximadamente 1100 m³.



Fig. 2.4: Pilas de compost distribuidas en el terreno (floricultora Nevado Ecuador)

Fuente: El autor

En la fig. 2.5 se observa que el abono orgánico que se procesa en la floricultora Nevado Ecuador está compuesto por los siguientes componentes: tallos, hojas, flores, desperdicios de pastos.



Fig. 2.5: Composición del abono orgánico

Fuente: El autor

Cuando los desechos orgánicos llegan a la compostera son mezclados con sangre en una relación de peso aproximada de 85% desechos orgánicos y 15% de sangre, la sangre proviene del camal del cantón Salcedo y de la fábrica de embutidos Don Diego por un convenio que se realizó con la floricultora Nevado Ecuador.



Fig. 2.6: Tanques que contienen sangre

Fuente: El autor

Luego de una entrevista con los trabajadores que procesan el compost ellos manifestaron que envían del camal de Salcedo de (3 – 5) tanques llenos de sangre a la semana y de la fábrica de embutidos Don Diego envían de 7-9 tanques cada semana, cada tanque tiene un volumen de 0,5443 m³. El volteo de las pilas de compost se realiza manualmente con la ayuda de trinchas de acero, pero este proceso no es adecuado y ordenado, para realizar esta actividad trabajan 7 personas para voltear las pilas, ellos manifestaron que en voltear todas las pilas de compost se

demoran de 3-5 días, esta actividad realizan 1 vez por semana, y el proceso del abono orgánico termina aproximadamente de 8-12 semanas.



Fig. 2.7: Volteo del compost de forma manual

Fuente: El autor

Uno de los factores que producen molestias o problemas para la salud de los trabajadores son los olores putrefactos y gases que emanan las pilas producto de la descomposición de los desechos orgánicos.



Fig. 2.8: Pilas de compost emanando gases

Fuente: El autor

Este problema puede ser controlado con un volteo periódico y adecuado, pero un volteo adecuado se lo puede realizar con la implementación de algún tipo de maquinaria o volteadora, de tal manera que permita disminuir el tiempo de volteo, minimizar el esfuerzo físico, voltear adecuadamente, formar pilas uniformes, llevar el proceso ordenadamente, controlar los olores producto de la descomposición

orgánica, controlar plagas e insectos, por lo que estos mecanismos tiene como objetivo mejorar la producción de compost.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El presente estudio se desarrolla para conocer el estado actual del trabajo que se realiza en la producción de compost, y encontrar la opción técnica y tecnológica más favorable que mediante los resultados obtenidos permitan desarrollar el trabajo que se realiza en el área de compost de la empresa Nevado Ecuador y mejorar el proceso y producción de compost.

2.2.1 PROCESO DE COMPOSTAJE

Es la materia orgánica biodegradable que imita a la naturaleza para transformar restos tanto de vegetales como de animales, en una mezcla llamada también abono orgánico que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos.



Fig. 2.9: *El compost*

Fuente: *Bioreactores-biotecnología practica aplicada, Diseño de bioprocesos*
<http://bioreactorcrc.wordpress.com/>

El compostaje se ha efectuado desde tiempos remotos y se conoce que fue practicada con diferentes nombres hasta ser conocida como actualmente se lo conoce, esta técnica se basa en un proceso biológico (lleno de vida), que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y se asegura la transformación higiénica de los residuos orgánicos de una masa homogénea y

altamente asimilable para el suelo. En este proceso biológico interviene la población microbiana como son las Bacterias, Actinomicetas y Hongos que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje.¹



Fig. 2.10: Ciclo de vida en la pila de compost

Fuente: (M.Sc. FERNÁNDEZ & M.Sc. SÁNCHEZ, 2007)

2.2.1.1 Factores que condicionan el proceso de compostaje

El proceso de compostaje se basa en aprovechar, monitorear y dirigir la actividad de los microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para éxito de la actividad de degradación de los microorganismos es necesario mantener las condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

- **Temperatura:** Durante el proceso de compostaje la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: Mesófila, Termófila, Enfriamiento y Maduración (Curado).

- **Humedad:** Para la realización óptima del proceso, la humedad del medio debe oscilar entre (40 – 60) %. Si el contenido de agua es mayor, ésta ocupará todos los

¹ (AVENDAÑO, 2003)

poros y espacios y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica y la materia orgánica se pudriría. Si la humedad es excesivamente baja el proceso se hace más lento.

Los niveles de humedad a mantener en el medio para optimizar la eficiencia del proceso dependerán de las características de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible se encuentra entre (75 – 85) % mientras que para material vegetal fresco debe mantenerse entre (50 – 60) %.

- **PH:** El PH del medio debe ser controlado y ajustado ya que puede afectar la supervivencia de los microorganismos y la eficiencia del proceso. La tolerancia de los hongos a las variaciones de PH está entre (5 – 8), mientras que las bacterias pueden sobrevivir entre márgenes de PH de (6.0 – 7.5).

- **Oxígeno:** Por ser el compostaje un proceso aeróbico, la presencia de oxígeno es esencial para su éxito, por lo que la masa debe voltearse con frecuencia. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

- **Relación C/N:** Para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre el carbono y el nitrógeno. Se estima que una relación C/N de (25 – 35) es la más adecuada, pero en realidad la proporción C/N depende directamente de las materias primas que integran la masa a compostar. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Cuando la relación C/N es muy baja se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Productos aptos para compostar ricos en carbono y pobres en nitrógeno son: paja, heno seco, hojas y ramas de árboles, turba y aserrín. Productos aptos para compostar pobres en carbono y ricos en nitrógeno son: vegetales jóvenes, deyecciones de animales y residuos de mataderos.

• **Población microbiana:** Intervienen en el proceso una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, los que desempeñan funciones específicas en las diferentes etapas del proceso.²

2.2.1.2 Períodos del proceso de compostaje

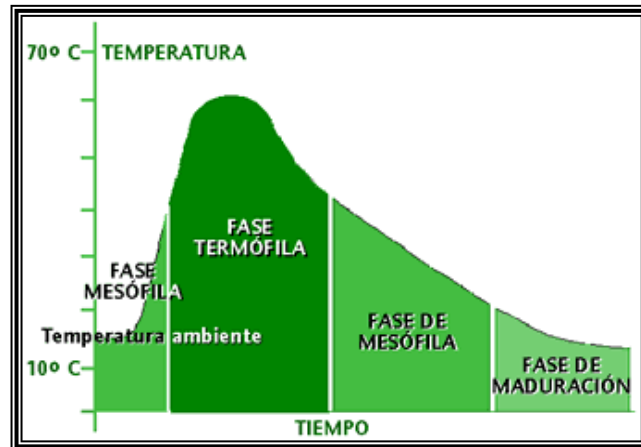


Fig. 2.11: Períodos del proceso de compostaje

Fuente: (M.Sc. FERNÁNDEZ & M.Sc. SÁNCHEZ, 2007)

El proceso de compostaje ocurre a través de las cuatro etapas siguientes: mesofílica, termofílica, de enfriamiento y maduración (cura). El desarrollo de estas etapas está íntimamente relacionado con la evolución de la temperatura en la pila.

En cada etapa predominan los microorganismos que se adaptan a sus condiciones de desarrollo. Los principales factores que afectan la velocidad del proceso son aquellos que influyen en la actividad biológica y descomposición de la pila.

Atendiendo a la evolución de la temperatura el proceso de compostaje se desarrolla en cuatro estados o etapas:

1) Mesofílico: La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica (Predominan las bacterias) la temperatura se eleva a gran velocidad hasta alcanzar

² Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos; <http://www.unido.org>

aproximadamente los 40 °C y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el PH, entre (5.0 – 5.5).

2) Termófilico: Se caracteriza por la presencia de elevadas temperaturas (por encima de los 40 °C), donde los microorganismos termófilos (predominan los hongos termófilos y actinomicetos) actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el PH del medio se hace alcalino, oscilando entre 8 y 9 a causa del consumo de los ácidos orgánicos por parte de los microorganismos y se origina la producción de iones, como potasio, magnesio y calcio.

En esta fase la temperatura está comprendida entre (60 - 70) °C, por encima de los 65° C los hongos termófilos cesan su actividad y preponderan las bacterias esporígenas y actinomicetos, si la pila pasa de los 70 °C los microorganismos mueren e inhiben drásticamente el proceso por lo que se puede generar malos olores, ya que la pila puede ser esterilizada y el proceso puede llegar a detenerse.³

En esta fase la generación de calor se iguala a la velocidad de pérdida de calor en la superficie de las pilas, esto marca el final de la fase termófila.

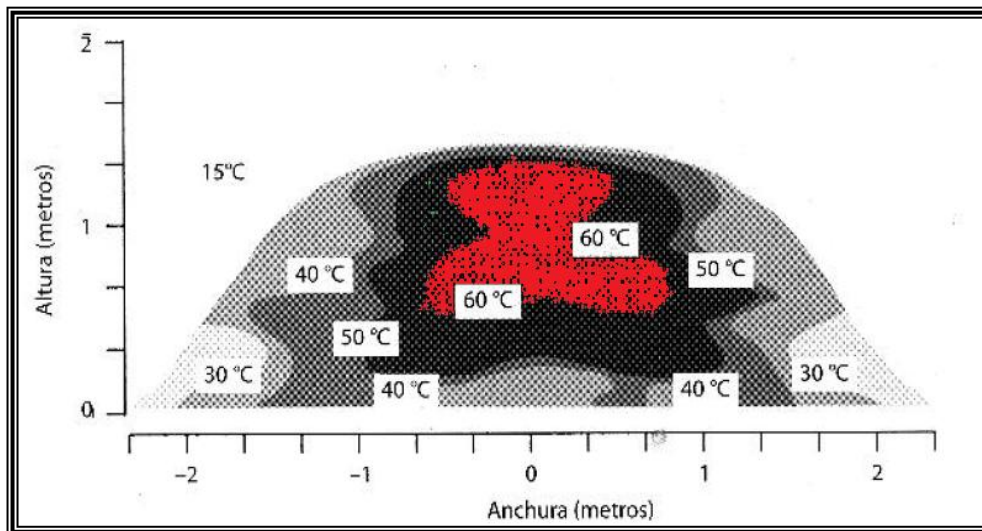


Fig. 2.12: Distribución de temperaturas en el interior de una pila de compost estática
Fuente: (RONALD, 2007)

³ (AVNIMELECH, EILAT, & PORAT)

La temperatura se debe controlar periódicamente, ya que, por una parte, las temperaturas bajas suponen una lenta transformación de los residuos, prolongándose los tiempos de retención, y sin embargo, las temperaturas elevadas determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos (pasteurización), fenómeno que sólo debe permitirse al final del compostaje, para asegurar la eliminación de patógenos.

3) Enfriamiento: En esta etapa ocurre un descenso paulatino de la temperatura hasta alcanzar los 40 °C, reactivándose los microorganismos mesófilos; cuando la temperatura se encuentra por debajo de los 60 °C reaparecen los hongos termófilos que re-invasen el mantillo y descomponen otra parte de la celulosa como la lignina y la lignoproteína y el PH del medio desciende ligeramente.

4) Maduración: Es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus. En esta etapa la temperatura de la pila disminuye continuamente hasta niveles cercanos a la temperatura ambiente.

Se produce la madurez o el enfriamiento del compost. Ocurre la disminución de las poblaciones microbiana y su PH del compost terminado oscila entre 7 y 8.⁴

2.2.1.3 Transformación de la materia orgánica de la pila de compost

En un proceso de compostaje termofílico y bio-oxidativo, adecuados niveles de oxígeno son esenciales para el desarrollo de los microorganismos. Un exceso de humedad reducirá los niveles de oxígeno, aumentando los de dióxido de carbono.

La adhesión de humedad como parte del proceso de compostaje es necesaria para mantener la vida microbiana. La transformación de los residuos ocurre principalmente a través de la acción de los microorganismos, pudiendo ser

⁴ (M.Sc. FERNÁNDEZ & M.Sc. SÁNCHEZ, 2007)

subdividida en dos etapas: una física (desintegración) y otra química (descomposición).

En la primera ocurre la quiebra mecánica de los residuos y en la última primeramente los desperdicios se descomponen en sus unidades estructurales básicas por la acción de enzimas extracelulares que posteriormente son absorbidas y oxidadas por los microorganismos a fin de obtener energía y nutrientes inorgánicos para su desarrollo, con la consecuente producción de biomasa.

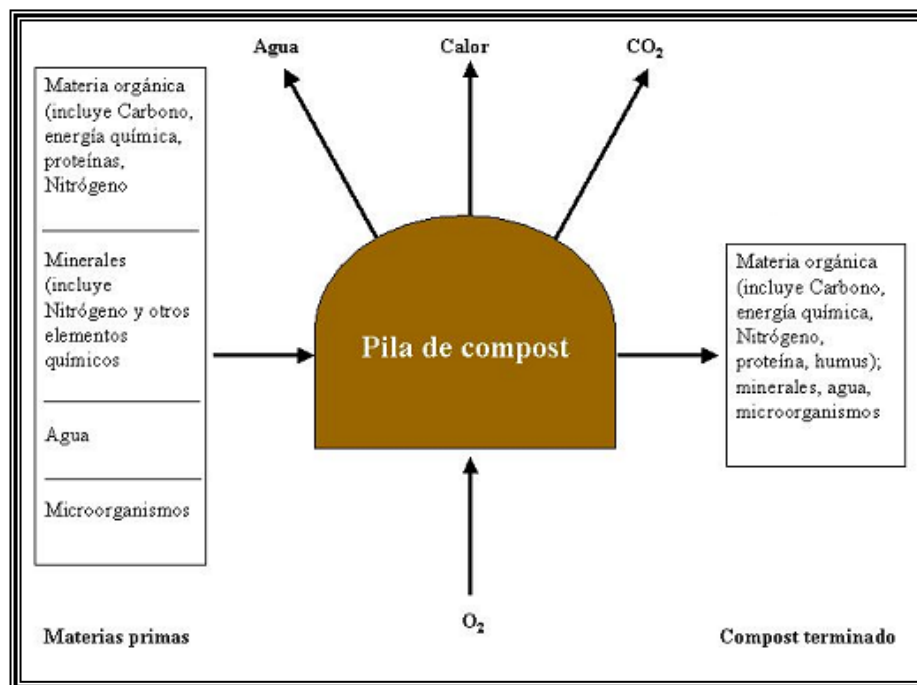


Fig. 2.13: Transformación de la materia orgánica en compost

Fuente: (M.Sc. FERNÁNDEZ & M.Sc. SÁNCHEZ, 2007)

La descomposición de la materia orgánica puede ocurrir por dos procesos:

- En presencia de oxígeno (aerobio)
- En ausencia de oxígeno (anaerobio)

De acuerdo con la disponibilidad de oxígeno libre, predominan los microorganismos aerobios o anaerobios, siendo los agentes más destacados los hongos, bacterias y actinomicetos, entre otros.

2.2.2 PRODUCCIÓN DE COMPOST

La elaboración del compost se basa en la construcción de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante realizar una mezcla correcta.

2.2.2.1 Tipos de pilas de compost⁵

- a) Cuadradas.
- b) Trapezoidales.
- c) Circulares.
- d) Triangulares (recomendadas).
- e) También existen pilas que no tienen una forma definida.

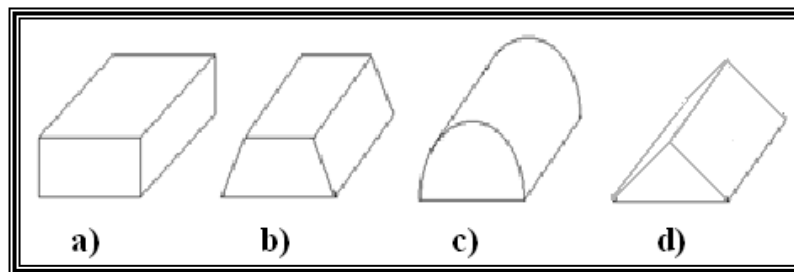


Fig. 2.14: Tipos de pilas de compost

Fuente: El autor

Los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales. Cuando los restos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva del montón lo que perjudica el proceso de compostaje.

El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación y deber estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercalarán entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil. La ubicación

⁵ (Manual de compostaje para Municipios)

del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar, en zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra durante los meses de verano.



Fig. 2.15: Formación de pilas triangulares
Fuente: Manual de compostaje para Municipios
www.ded.org.ec iml@loja.telconet.net

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1.5 metros, con una anchura de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada (20 – 30) cm de altura una fina capa de (2 – 3) cm de espesor de compost maduro o de estiércol para la facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos.⁶

2.2.2.2 Problemas de la producción de compost: Causas y soluciones

En la siguiente tabla 2.1 se indica una serie de posibles problemas que pueden ocurrir durante el proceso de producción de compost, también se indican las causas y se propone sus soluciones.

Tabla 2.1: Problemas del proceso de compost: Causas y soluciones.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
<i>Olores desagradables</i>	<i>Falta de oxígeno</i>	<i>Voltear con el removedor.</i>
<i>Compost húmedo y oloroso</i>	<i>Demasiado material verde (por ejemplo: hierba).</i>	<i>Voltear para favorecer la aireación. Reducir la cantidad de material verde y añadir material seco (hojas secas, aserrín, paja).</i>

⁶ Manual de Compostaje Para Municipios; www.ded.org.ec iml@loja.telconet.net

Tabla 2.1: Problemas del proceso de compost: Causas y soluciones. (Continuación)

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
<i>Compost muy seco</i>	<i>Evaporación del agua por altas temperaturas.</i>	<i>Regar hasta humedecer y mantener el cubo tapado</i>
<i>Vectores, moscas</i>	<i>Las larvas se alimentan de la vegetación, los adultos son atraídos por los restos de cocina.</i>	<i>Evitar el uso de plaguicidas, cubrir la masa con tierra, papel, compost viejo u hojas secas. Enterrar los restos de cocina.</i>
<i>La masa no se calienta suficiente</i>	<i>La mezcla no es adecuada. Falta material verde. Bajas temperaturas ambientales.</i>	<i>Añadir materiales ricos en nitrógeno, por ejemplo hierba, cortes recientes de pasto o restos de vegetales y frutas.</i>
<i>El proceso se ralentiza en invierno</i>	<i>Los microorganismos se activan con el calor.</i>	<i>Añadir activadores que aportan calor.</i>

Fuente: Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos
<http://www.unido.org>

2.2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL COMPOST

2.2.3.1 Ventajas

- Reduce la cantidad de residuos sólidos hasta en un 30%.
- Aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios y vertederos al reciclar los residuos en compost y reducir la cantidad de residuos enviados al vertedero.
- Contribuye a preservar los recursos naturales.
- Contribuye a disminuir las cargas contaminantes al aire y a las aguas.
- Contribuye a generar empleos.
- A través de la comercialización del compost se pueden recuperar parte de los costos de la recolección.
- El compost, utilizado como abono orgánico, es un mejorador de suelos.

Además de los efectos positivos y relativamente duraderos sobre la calidad de los suelos, el mal uso del compost también puede impactar negativamente sobre el medio ambiente.

2.2.3.2 Desventajas

- Altos costos de instalación y explotación.

- El compost no siempre es bien aceptado en el mercado.
- En el transcurso del proceso se pueden producir gases con olores desagradables si no se mantiene un buen monitoreo de las actividades productivas.
- Se requiere de espacio y organización.⁷

2.2.4 COMPOSTAJE EN PILAS

El compostaje en pilas es el sistema más antiguo y más sencillo. La operación de este sistema es muy fácil. Después de haber separado todo material foráneo (materiales no biodegradables) de la basura biodegradable que llega al relleno, el material se coloca en pilas triangulares.

El tamaño de las pilas es muy importante para el proceso de compostaje. No debe superar un cierto máximo, y tampoco debe quedarse bajo un volumen mínimo. Para asegurar la proliferación de los microorganismos que realizan el compostaje, se necesita una "masa crítica" mínima de (50 – 100) kg de desechos biodegradables.

Con esa masa, ya se puede comenzar y mantener durante un tiempo suficiente la reacción exotérmica del proceso aeróbico, que asegura las temperaturas necesarias para la higienización del material. Esta "masa crítica mínima" es especialmente importante para el compostaje individual.

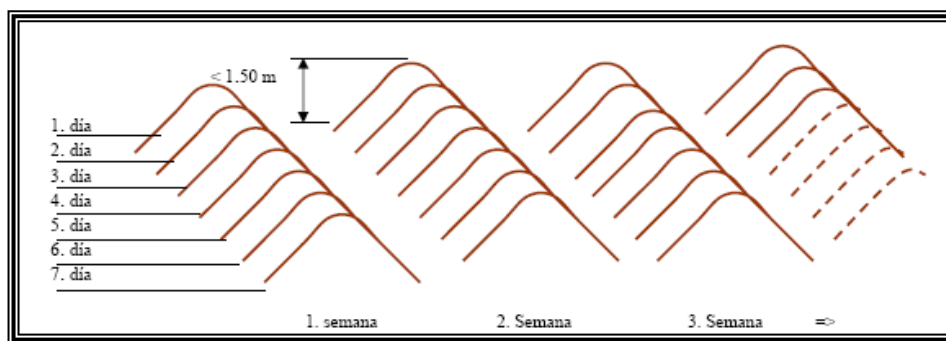


Fig. 2.16: Altura recomendada para el compostaje en pilas

Fuente: Manual de compostaje para Municipios

www.ded.org.ec iml@loja.telconet.net

⁷ Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos; <http://www.unido.org>.

Para el compostaje en pilas, es importante no superar el tamaño máximo de una pila., la altura recomendada de las pilas es de 1,50 m. como se muestra en la fig. 2.16 y si estas superan esta medida, la aireación natural se impide y pueden ocurrir condiciones anaeróbicas (para sistemas de compostaje con aireación artificial, ese límite es de (2.50 - 3.00) m.⁸

2.2.4.1 Volteo del compost

Una vez construida la pila, comienza un proceso metabólico en el cual actúan los microorganismos (bacterias, hongos y actinomycetes) que transforman la materia orgánica existente en compost, generando calor, lo cual aumenta la temperatura dentro de la pila.⁹

Los volteos sirven para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado.

Para que el proceso permanezca en forma aeróbica, debe existir una oxigenación mínima la cual es controlada por el volteo de las pilas. Para determinar cuándo y con qué frecuencia se debe voltear la pila, es muy importante mantener un programa de volteo. La frecuencia de volteo depende de la relación de descomposición, de la humedad contenida, la porosidad de la materia, el olor, la temperatura y el tiempo de compostaje deseado. Debido a que la relación de descomposición es grande al comienzo del proceso, la frecuencia de volteo también lo es.

La temperatura y el olor indican cuando el volteo es necesario. Bajas temperaturas y fuertes olores señalan la necesidad de una oxigenación mayor. Cuando el promedio de temperatura es bajo el nivel deseado la pila debe ser volteada, ya que esto

⁸ Manual de Compostaje para Municipios; www.ded.org.ec iml@loja.telconet.net

⁹ (TECH, 1997)

demuestra que hay un descenso en la actividad metabólica, por lo tanto no existe generación de calor, y a la vez comienzan a aparecer olores por el hecho que el proceso pasa a ser anaeróbico.

Al final de la primera semana de compostaje, el tamaño la pila disminuye apreciablemente, y aun mas al final de la segunda semana. Esto puede hacer prudente mezclar dos pilas en esta etapa y continuar volteando según lo programado, la frecuencia de volteo decrece con la edad la pila. Debido a que la mezcla es fácilmente degradable, y contiene alto contenido de nitrógeno, requiere volteos diarios al comienzo del proceso. Cuando el proceso continúa la frecuencia de volteo puede ser reducida a un volteo por semana.¹⁰

Con este método, la actividad de compostaje generalmente dura de (8 - 9) semanas dependiendo de las condiciones naturales de los materiales y la frecuencia de volteo.

El volteo de las pilas de compost controlará los parámetros de la pila. el equilibrio de estos es muy importante para la calidad final del compost, pues si una o más variables no son bien controladas, puede que varíe la calidad final del producto respecto a la proyectada.

Las pilas deben ser volteadas en forma regular, ya sea con máquinas especialmente destinadas a éste fin (volteadoras) o también se pueden usar cargadores frontales, pero conlleva el riesgo de no lograr un mezclado apropiado del material en proceso, también se pueden voltear en forma manual.

El volteo cuando se utilizan volteadoras debe hacerse evitando que las máquinas pasen por encima de la pila y la compacten. Los lados de las pilas pueden ser tan verticales como lo permita el material acumulado, que normalmente conduce a pilas sobre dos veces más anchas que altas. El volteo debe ir disminuyendo a medida que pasa el tiempo, se recomienda, por ejemplo, que durante el primer mes se lo realice

¹⁰ (NATURAL-RESOURCE, AGRICULTURA, & ENGINEERING-SERVICE, 1992)

dos veces a la semana; en el segundo mes, una vez a la semana; el tercer mes, cada 15 días y los meses restantes, una vez al mes, dependiendo de la mezcla utilizada.¹¹

2.2.4.2 Criterios de madurez

Estos criterios son decisivos para juzgar si el compost está listo o no:

- El material final debe ser muy homogéneo. No debe notarse el material de origen que se utilizó al inicio de la preparación.
- El compost tiene un olor parecido a la tierra de los bosques. Esto es causado por los *Actinomycetes* que también están en esta tierra.
- La temperatura en el montón debe ser igual a la que está alrededor del montón, esto indicará que la transformación de los nutrientes causada por los microorganismos está concluida.

Debe conocerse qué resultados se desean obtener con la aplicación del compost. Cuando se utiliza el compost fresco, los microorganismos en el suelo transforman los nutrientes muy rápido y las raíces de las plantas pueden asimilarlas inmediatamente, pero el compost no es útil para mejorar la estructura del suelo.¹²



Fig. 2.17: *Compost maduro*

Fuente: *El autor*

¹¹ (INTEC, 1999)

¹² El compost como abono orgánico; <http://www.rapal.org>.

Cuando el compost es más viejo, los nutrientes, especialmente el nitrógeno, están fijados en la fracción húmica y los microorganismos del suelo tienen que transformarlos lentamente y durante un tiempo más largo.

Este compost es bueno para cultivos que tienen un tiempo de vegetación muy largo y para mejorar la estructura del suelo. Cuanto más viejo sea el compost más lenta es el proceso de transformación en el suelo.

El tiempo que dure un compost desde su instalación hasta su madurez depende de la materia prima, el manejo de la compostera y las condiciones climáticas. Varía entre 3 meses y 1 año.¹³

2.2.4.3 Parámetros para determinar un compost de buena calidad¹⁴

- PH neutro, oscilando entre 6,7 y 7,3.
- Contenidos de materia orgánica superiores a 28%.
- Nivel de nitrógeno superior a 2%.
- Relación C/N entre 9 y 13.
- Contenidos de cenizas no superiores a 27%.

2.2.4.4 Condiciones ideales de compostaje

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada.¹⁵

¹³ (ROBEN, 2002)

¹⁴ (M.Sc. FERNÁNDEZ & M.Sc. SÁNCHEZ, 2007)

¹⁵ (RINK, 1992)

Tabla 2.2: Condiciones ideales para el compostaje

<i>Parámetro</i>	<i>Rango aceptable</i>	<i>Condición Óptima</i>
Relación C/N	20:1-40:1	25:1-30:1
Humedad	40-65 %	50-60 %
Temperatura	55-75 °C	65-70 °C
Volteo	Cada semana	Depende de la temperatura y humedad
PH	5.5-9.0	6.5-8.0
Tamaño de Partícula	0.3-5.0 cm	0.5-1.0 cm
Tamaño del montón	0.8-1.2 m	Aprox. 0.8 m
Tiempo	2-3 meses	1-2 meses

Fuente: (RINK, 1992)

2.2.5 TOMA DE FUERZA (TDF)¹⁶

El tractor tiene diferentes puntos de enganche donde entrega potencia para los trabajos agrícolas, uno de estos puntos es la toma de fuerza (TDF), que consiste en un árbol estriado el mismo que ayuda al funcionamiento de equipos que son acoplados en su estructura, para ello se utiliza un cardan que transmite la fuerza en forma de movimiento rotativo. La velocidad angular, el sentido de rotación y las dimensiones de este árbol están normalizados por las normas ISO.

Tabla 2.3: Normas ISO para tomas de fuerza de tractores

TOMA DE FUERZA (ISO)				
<i>Tipo ISO</i>	<i>Rotación (rpm)</i>	<i>Diámetro (mm)</i>	<i>Numero de estrías</i>	<i>Potencia del motor (KW)</i>
1	540	35	6	48
2	1000	35	21	92
3	1000	45	20	132
ASAE 1 ³ / ₄	540	44	6	--

Fuente: (VALLEJOS, 1997)

¹⁶ (VALLEJOS, 1997)



Fig. 2.18: Tomas de fuerza

Fuente: (VALLEJOS, 1997)

2.2.6 BARRA DE TIRO DEL TRACTOR¹⁷

Está presente en todos los tractores agrícolas, tiene posibilidad de oscilar horizontalmente, de esta forma es posible enganchar equipos e implementos que se utilizan para trabajos agrícolas en forma excéntrica. La barra de tracción fue normaliza por primera vez en el año 1944. Esta forma de enganche está muy ligada en nuestro país, debido al tipo y tamaño de la explotación agrícola.

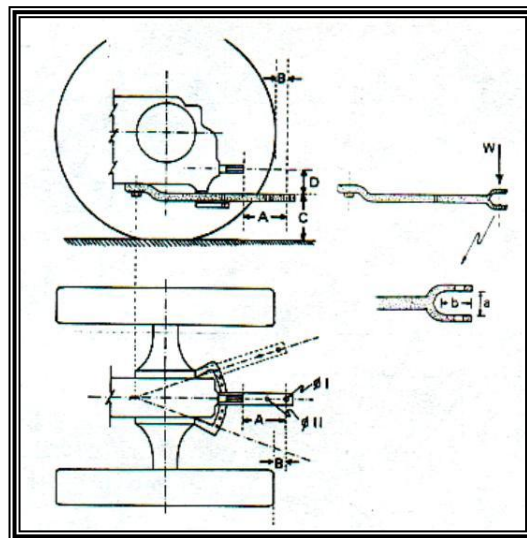


Fig. 2.19: Ángulos de la barra de tiro del tractor

Fuente: (VALLEJOS, 1997)

¹⁷ (VALLEJOS, 1997)

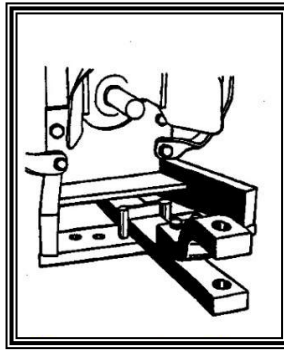


Fig. 2.20: Barra de tiro

Fuente: (VALLEJOS, 1997)

2.2.7 ENGANCHE DE TRES PUNTOS¹⁸

Está constituido por los brazos inferiores izquierdo y derecho y el brazo superior o tercer punto. Este tipo de enganche posee una mayor integración del implemento al tractor, que en el caso de la barra de tiro. El sistema se acciona por fuerza hidráulica y es posible levantar, nivelar y ajustar implementos montados al tractor.

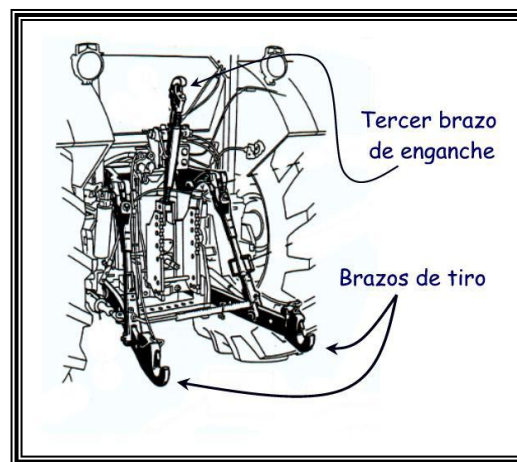


Fig. 2.21: Enganche de 3 puntos

Fuente: (VALLEJOS, 1997)

El enganche de tres puntos (o tripuntal), está normalizado por la ISO (norma 730) y existen las siguientes categorías:

¹⁸ (VALLEJOS, 1997)

Tabla 2.4: Potencia de motores de tractores según su categoría

<i>Categoría</i>	<i>Potencia del motor</i>
<i>I</i>	<i>Para tractores de hasta 48 kW de potencia del motor</i>
<i>II</i>	<i>Para tractores de hasta 92 kW de potencia del motor</i>
<i>II</i>	<i>Para tractores de 80 a 185 kW de potencia del motor</i>
<i>IV</i>	<i>Para tractores de 135 a 300 Kw de potencia del motor</i>
<i>IN</i>	<i>Para tractores estrechos (Fruteros)</i>

Fuente: (VALLEJOS, 1997)

Elaborado por: El autor

2.2.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDRÁULICA

Los sistemas de transmisión de energía oleo-hidráulicos son una garantía de seguridad, calidad y fiabilidad a la vez que reducen costos. La seguridad es de vital importancia en la navegación aérea y espacial, en la producción y funcionamiento de vehículos, en la minería y en la fabricación de productos frágiles. Por ejemplo, los sistemas oleo-hidráulicos se utilizan para asistir la dirección y el frenado de coches, camiones y autobuses.

Los sistemas de control oleo-hidráulico y el tren de aterrizaje son los responsables de la seguridad en el despegue, aterrizaje y vuelo de aviones y naves espaciales. Los rápidos avances realizados por la minería y construcción de túneles son el resultado de la aplicación de modernos sistemas oleo-hidráulicos y neumáticos.

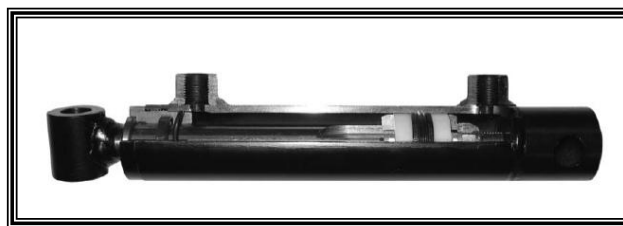


Fig. 2.22: Componente hidráulico

Fuente: www.mecanizadosalcoy.es

La fiabilidad y la precisión son necesarias en una amplia gama de aplicaciones industriales en las que los usuarios exigen cada vez más una mayor calidad.

La reducción en el costo es un factor vital a la hora de asegurar la competitividad de un país industrial. La tecnología moderna debe ser rentable y la respuesta se encuentra en los sistemas oleo-hidráulicos y neumáticos.

Entre otros ejemplos, cabe citar el uso generalizado de estos sistemas en la industria de carretillas elevadoras controladas hidráulicamente, las máquinas herramientas de alta tecnología, así como los equipos de fabricación para procesos de producción automatizada, las modernas excavadoras, las máquinas de construcción y obras públicas y la maquinaria agrícola.

2.2.8.1 Ventajas de la Oleo-hidráulica

- Permite trabajar con elevados niveles de fuerza o momentos de giro.
- El aceite empleado en el sistema es fácilmente recuperable.
- Velocidad de actuación fácilmente controlable.
- Instalaciones compactas.
- Protección simple contra sobrecargas.
- Cambios rápidos de sentido.

2.2.8.2 Desventajas de la Oleo-hidráulica

- El fluido es más caro.
- Perdidas de carga.
- Personal especializado para la mantención.
- Fluido muy sensible a la contaminación.

2.2.9 VOLTEADORAS DE COMPOST

Son máquinas que mediante diversos mecanismos remueven o trasladan el compost permitiendo su aireación. Muchos de ellos se basan en un eje rotor acanalado o dentado, remueven a lo largo de la pila, sin destruir su estructura.

Existen diversos modelos con diferentes diseños, adaptados a distintos tamaños de pilas, autopropulsados o bien acoplables a la toma de fuerza de un tractor para realizar su función.

2.2.9.1 ALTERNATIVA 1.- Volteo de compost mediante pala mecánica



Fig. 2.23: Volteo de compost con pala mecánica (Marca HANOMAG)

Fuente: Maquinaria HANOMAG

www. www.Maquinaria_HANOMAG.org.ec

Las palas cargadoras están basadas en máquinas excavadoras, generalmente articuladas y de ruedas, con dos brazos laterales de accionamiento hidráulico, a veces uno sólo central, se habla de palas de alto volteo, en cuyo extremo se dispone una cuchara frontal, empleada con frecuencia para movimiento de tierras, pero válida igualmente para el manejo de astillas y otros materiales incoherentes.

Existe la opción de llevar a cabo el volteo de las pilas de compost simplemente a través del llevado y posterior vaciado del compost de una pala mecánica. El operario ha de manipular el tractor de forma que todo el material de la pila quede volteado.

Este tipo de maquinaria se presenta como una de las opciones utilizadas, pues este tipo de maquinaria agrícola es común ya que puede realizar diferentes tipos de trabajos. Como punto contrapuesto, según estudios comparativos, el compost obtenido con este tipo de volteo es de menor calidad y textura menos homogénea,

con un tamaño de partícula grueso, la porosidad de las pilas no es homogénea. El tiempo de maduración del compost también aumenta utilizando este equipo.¹⁹

Tabla 2.5: Características técnicas de la pala mecánica (Marca HANOMAG)

Potencia requerida del tractor:	300 HP
Motor:	Diesel
Capacidad de volteo:	4,5–5 m ³ /cucharra
Incluye levantamiento hidráulico:	Si
Peso:	25 Ton

Fuente: Catálogo de Maquinaria HANOMAG

www.Maquinaria_HANOMAG.org.ec

2.2.9.2 ALTERNATIVA 2.- Volteadora acoplada a la toma de fuerza del tractor



Fig. 2.24: Volteadora ST 200 (Marca Compost Systems)

Fuente: Catálogo de la volteadora ST 200

www.Unideco.com.ec

Este tipo de volteadoras de compost son las más utilizadas para esta actividad debido a su fácil anclaje, operación y tamaño del equipo. Consiste en un equipo modular, a base de chasis, contrapesos y rotor en el cual se encuentran paletas, tirados y accionados por un tractor agrícola que le confiere la fuerza motriz. Las máquinas de volteo de tiro de tractor con levante hidráulico son equipos de gran eficiencia y versatilidad en operaciones de composteo de muy diversos tamaños.

¹⁹ (Pala Mecánica HANOMAG)

Al conferir la fuerza el tractor mediante el sistema cardan, se mueve el rotor de la máquina levantando los materiales colocados en la pila de una manera que quedan suspendidos temporalmente en el aire y vuelven a caer formando nuevamente la pila, el rotor debe tener un espacio de entre (3 - 6) pulg. con la parte posterior de la pila para garantizar la oxigenación del compost. Durante el proceso anterior sucede un mezclado uniforme, aireación y enfriamiento favoreciendo con ello una degradación aeróbica de los materiales orgánicos. El avance de la máquina es a través de las pilas y el tractor se desplaza por una calle lateralmente, trabajando ambos en escuadra a 90°.²⁰

Tabla 2.6: Características técnicas volteadora ST 200 (Marca Compost Systems)

Potencia requerida del tractor:	20 HP
Ancho máximo de pila:	2.2m
Alto máximo de pila:	1.1m
Dimensión geométrica triangular:	1.21m ²
Capacidad de volteo:	220 – 825 m ³ /h
Rotación de sinfín:	240 rpm
Incluye levantamiento hidráulico:	Si
Peso:	1400 Kg

Fuente: Proforma Unideco
www.Unideco.com.ec

2.2.9.3 ALTERNATIVA 3.- Volteadora lateral a la toma de fuerza del tractor



Fig. 2.25: Volteadora lateral (Marca Willibald TBU 3P)
Fuente: Características de la volteadora Willibald TBU 3P
<http://nexodesign.net>

²⁰ (Proforma Unideco)

Este tipo de volteadora también es denominada “elevadora de compost” y está compuesta por una correa transportadora metálica que tiene paletas que levantan el material en todo su ancho con cierta separación entre una y otra. Esta correa va montada sobre dos rodillos metálicos de manera que estos transmitan potencia y velocidad a la correa. Los rodillos están montados sobre una estructura metálica los cuales van conectados a un reductor de velocidad y un cardán que transmite potencia desde la toma fuerza del tractor.

La estructura de este equipo es un solo conjunto de perfiles soldados que se monta sobre los brazos hidráulicos posteriores de un tractor y su tercer punto, la altura de la máquina se regula subiendo o bajando los brazos posteriores del tractor. Una vez regulada la altura de la máquina se procede a elevar el compost de manera que el tractor se coloca paralelo a la pila de compostaje y este avanza a lo largo de ésta lentamente.

El compost sube a través de la correa transportadora y cae en la parte posterior oxigenándose y perdiendo calor mientras cae nuevamente al suelo, el compost se va ordenando en forma plana debido a que la correa también lo es. La volteadora se desplaza lateralmente y el proceso termina una vez que la máquina ha pasado por toda la pila, creando de esta forma una nueva pila paralela.

Otra forma de airear las pilas es mediante volteadoras que desplazan lateralmente la columna mediante una cinta transportadora transversal, creando de esta forma una nueva pila paralela. De este tipo de volteadora, existen modelos que funcionan a la toma de fuerza del tractor. El compost se va ordenando en forma plana debido a que la correa también lo es. El proceso termina una vez que la máquina elevadora atraviesa toda la pila.²¹

²¹(Características de la Volteadora Willibald TBU 3P)

Tabla 2.7: Características técnicas volteadora lateral (Marca Willibald TBU 3P)

Modo de anclaje:	Anclaje de 3 puntos para tractor de 140 HP
Accionamiento:	Sistema hidráulico del tractor.
Rendimiento:	Hasta 1200 m ³ /h (según potencia)
AlturaxAnchoxProfundidad:	4.85x2.45x3.45 m ³
Peso:	3200 Kg
Ancho de la cinta:	1000 mm
Capacidad de Volteo:	Hasta 1200 m ³ /h

Fuente: Características de la volteadora Willibald TBU 3P

<http://nexodesign.net>

2.2.9.4 ALTERNATIVA 4.- Volteadora de meseta (Marca Vermeer CT1010TX)



Fig. 2.26: Volteadora de meseta (Marca Vermeer CT1010TX)

Fuente: Catálogo de la volteadora Vermeer CT1010TX

<http://www.vermeer.com>

Esta máquina voltea el compost gracias a la extracción del material un mecanismo de transporta con cadena y la descarga del material descompactado a través de una correa transportadora.

Cuentan con un desatascador para evitar que existan paras en su trabajo, este equipo forma la pila en forma de meseta. Suelen ser máquinas que presentan un gran rendimiento, si bien es necesario más espacio para realizar el volteo, y es acta para trabajos a gran escala.²²

²² (Volteadora Vermeer CT1010TX)

Tabla 2.8: Características técnicas de la volteadora de meseta (Marca Vermeer CT1010TX)

Accionamiento:	Motor QSB6.7 L (Diesel); 160 kW, 215 HP
Rendimiento:	1 000 - 1 500 m ³ /h
Dimensiones de trabajo:	Long: 6,10 m x Ancho: 7,64 m x Alt: 4,12 m
Dimensiones de transporte:	Long: 5,46 m x Ancho: 3,70 m x Alt: 3,76 m
Ancho máx. de trabajo:	7,7 m
Altura máx. de trabajo:	6,0 m
Sección máx. del transportador de cadena:	6,0 m ²
Peso:	19,504.5 Kg

Fuente: Catálogo de la volteadora Vermeer CT1010TX

<http://www.vermeer.com>

2.2.9.5 ALTERNATIVA 5.- Volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec)



Fig. 2.27: Volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec)

Fuente: Catálogo de la volteadora triangular SF 420

<http://www.biometsa.es>

Este tipo de volteadora cuenta con un accionamiento hidrostático de rueda o de oruga, dependiendo de las exigencias y de la disponibilidad de espacio, presenta la ventaja de la maniobrabilidad y buena tracción en terrenos muy difíciles, forma pilas triangulares y una mezcla perfecta gracias al tambor de volteo. Existen diferentes modelos para rendimientos bajos o muy altos.²³

²³ (Volteadora Triangular SF 420)

Tabla 2.9: Características técnicas de la volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec)

Accionamiento:	Motor John Deere; 202 Hp
Combustible:	Diesel (60 Litros)
Rendimiento:	Aprox. 1800 m ³ /h
Dimensiones del equipo:	Long: 2,55 m x Ancho: 5,45 m x Alt: 3,20 m
Modo de transporte:	Cabina con conductor
Ventilación en la cabina:	Aire acondicionado
Ancho máx. de trabajo:	4,20 m
Altura máx. de trabajo:	2,10 m
Tipo de rodillo:	Rodillo de Vellón
Tipo de rotor:	Orugas de accionamiento hidrostático
Sistemas implementados:	Irrigación e Inoculación
Peso:	7 000 Kg

Fuente: Catálogo de la volteadora triangular SF 420

<http://www.biometsa.es>

2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

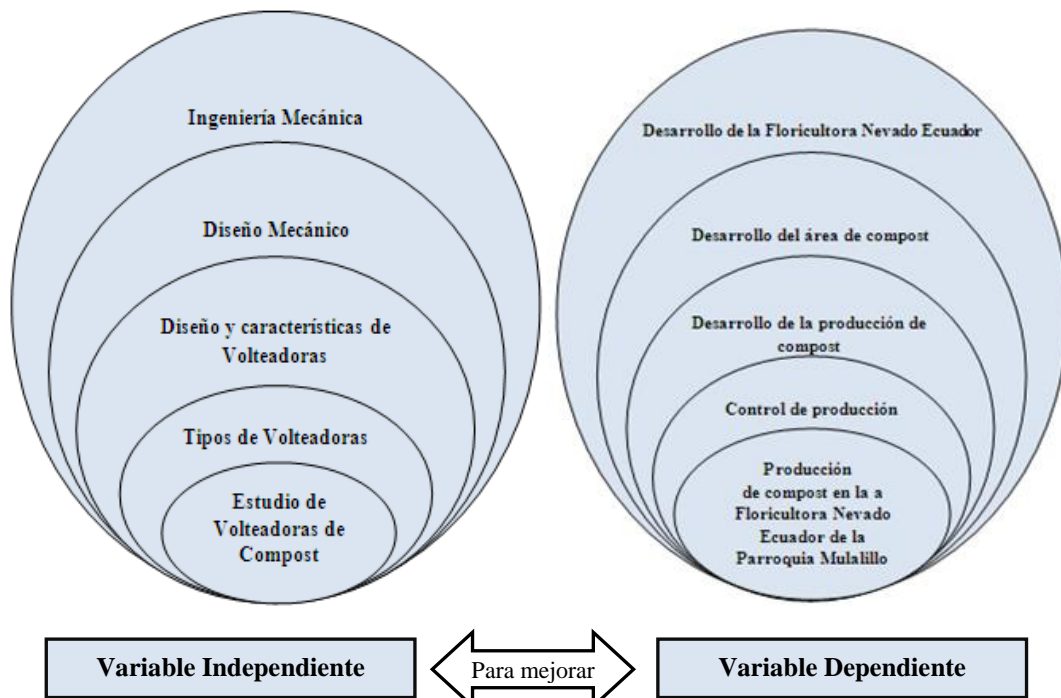


Fig. 2.28: Red de categorías fundamentales

Fuente: El autor

2.4 HIPÓTESIS

El estudio de volteadoras disminuirá el tiempo de volteo de compost en la floricultora Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo.

2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

- **Variable independiente:** Estudio de volteadoras.
- **Variable dependiente:** Producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

Las variables que se utilizarán en este estudio son de tipo cuantitativo y cualitativo, esto en función de los problemas y objetivos del estudio, siendo de gran aporte para el desarrollo de la producción de compost para la floricultura Nevado Ecuador, así mismo puede ser un soporte de investigación para el sector florícola. La información que se obtendrá será tanto de fuentes primarias como de fuentes secundarias, para posteriormente realizar un análisis de la información recopilada.

Las fuentes primarias nos proporcionan información de primera mano, tales como libros, encuestas, tesis, documentales, internet, etc. Las fuentes secundarias son resúmenes, escritos, y listados de referencias en distintas áreas del estudio.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación de campo se utilizará para la variable dependiente debido a que es necesario conocer el entorno donde se va a investigar, y conocer como se realiza su proceso que se realiza en el área de compost de la floricultura Nevado Ecuador.

3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

El propósito de esta investigación es recopilar la información necesaria de tal manera que ayude a ser parte de la solución del problema, para ello se utilizarán libros de diversos autores tanto para la variable independiente como para la variable

dependiente, esto servirá para conocer, comparar, ampliar, y profundizar los conocimientos acerca del desarrollo y producción de compost.

3.2.3 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Este tipo de investigación permitirá obtener información de documentos y archivos impresos que son de uso interno de la empresa Nevado Ecuador, así como otros documentos que permitan realizar este estudio.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 DESCRIPTIVA

El propósito de la investigación descriptiva es que el investigador describe situaciones, eventos, y fenómenos. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a un análisis.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para poder conocer cómo se maneja el proceso del compost se eligió una población que se detalla a continuación en la tabla 3.1.

3.4.1 POBLACIÓN

Tabla 3.1: Población para realizar el estudio del proceso del compost

UNIVERSO	DETALLE	CANTIDAD
El personal que trabaja en la floricultora Nevado Ecuador.	Personal que trabaja en el área de compost.	7
	Personal que trabaja en diferentes áreas de la empresa.	13
TOTAL		20

Fuente: El autor

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla 3.2: Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICA E INDICADORES
Estudio de volteadoras Es la investigación y análisis de los diferentes tipos de volteadoras de compost, sus tamaños y características de tal manera que se pueda seleccionar la opción más adecuada que permita solucionar el problema actual, y cumplir con los objetivos propuestos en este estudio.	Conceptualización del proceso.	Capacidad de volteo manual con relación a la volteadora de compost	¿Qué capacidad de compost necesita procesar el equipo?	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de campo
	Tipos de volteadoras	Formas y características	¿Cuáles son las formas y características de las volteadoras de compost?	<ul style="list-style-type: none"> • Internet • Investigación bibliográfica
	Manejo del equipo	Descripción del uso adecuado de la volteadora de compost	¿Cuáles son las condiciones adecuadas de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de observación
	Costo	Recursos económicos disponibles	¿Cuál es el valor final del proyecto?	<ul style="list-style-type: none"> • Cotización

Fuente: El autor

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Tabla 3.3: Operacionalización de la variable dependiente

<i>CONCEPTO</i>	<i>CATEGORÍAS</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>ITEMS</i>	<i>TÉCNICA E INDICADORES</i>
<p>Producción de compost en la floricultura Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo.</p> <p>La producción de compost permite mejorar el cultivo de flores en la floricultura Nevado Ecuador, entre los beneficios que puede traer este estudio es mejorar el proceso del compost de tal manera que se pueda voltear adecuadamente las pilas formando una mezcla homogénea, disminuir el tiempo de volteo, disminuir el esfuerzo físico de los trabajadores, minimizar la adquisición de fertilizantes químicos, y optimizar costos en la producción del compost.</p>	Optimizar el espacio del área donde se produce el compost	Plan recomendado de la distribución de las pilas de compost	¿Cómo beneficia una distribución adecuada de las pilas de compost en su producción?	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de campo • Investigación bibliográfica
	Optimizar los recursos humanos y económicos	Plan de control del proceso de las pilas de compost	¿Cuáles son las consecuencias de no optimizar los recursos humanos y económicos?	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de campo • Investigación de laboratorio

Fuente: El autor

3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.6.1 Pruebas de campo

Mediante una encuesta y entrevistas se podrá obtener información empírica de los trabajadores, adicionalmente se tomaran medidas de los parámetros de las variables que intervienen en el proceso del compost lo que servirá para mejorar su producción.

3.6.2 Investigación bibliográfica

Servirá para conocer los parámetros que interviene en el proceso del compost a fin de tener un proceso adecuado, de igual manera se podrá obtener información de diferentes tipos de volteadoras de compost con sus características lo que ayudará a seleccionar la más adecuada para el estudio.

3.6.3 Investigación de campo

Mediante las entrevistas de campo se recogerán datos y sugerencias de los trabajadores para realizar un volteo de las pilas de compost adecuadamente.

3.6.4 Observación directa

Servirá para conocer cuál es la manera adecuada de voltear el compost y conocer cuando termina su proceso el compost.

3.6.5 Encuesta

La encuesta será diseñada para satisfacer las siguientes inquietudes:

- Obtener información de los conocimientos que tienen los trabajadores que laboran en el área de compost.
- Obtener información de las actividades que se deben realizar para la producción del compost.
- Conocer el tiempo aproximado en el cual se termina el proceso del compost
- Conocer cuáles son las molestias que se presentan en el personal que trabaja en el área de compost.
- Determinar si es necesario adquirir maquinaria o herramientas para facilitar y mejorar el proceso.

Para conocer lo mencionado se muestra el modelo de la encuesta en el anexo C1.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Revisión crítica y analítica de cada pregunta de la encuesta que se realizará a los trabajadores que laboran en el área de compost.
- Obtener los resultados en las pruebas de campo, investigación de campo, y revisión en el registro específico.
- Porcentuar, obtener la relación porcentual del tiempo que se demoran los trabajadores en voltear manualmente con respecto al tiempo de volteo aproximado de la volteadora de compost seleccionada, con el resultado de los porcentajes se podrá graficar estos resultados que servirán para su análisis.
- Graficar, representar los resultados mediante gráficos estadísticos.
- Estudio estadístico de datos para presentación de resultados.
- Analizar e interpretar los resultados relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y la hipótesis.

3.7.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- El análisis de los resultados estadísticos se enfocará a tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos y la hipótesis.
- Se va a realizar una encuesta para obtener datos de los conocimientos de los trabajadores del área de compost.
- Se elaborará un cuadro de ponderación con los diferentes tipos de volteadoras de compost para este estudio a fin de elegir la más conveniente.
- La interpretación de los resultados del proceso del compost, se realizará con el apoyo del marco teórico para la mejor comprensión.
- La comprobación de la hipótesis, para este paso se hará un análisis entre el tiempo del volteo manual y el tiempo que se demora la volteadora de compost seleccionada.
- Al final de este proyecto se especificaran conclusiones de importancia en torno al tema.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación son obtenidos de la encuesta que se realizó en el área de compost de la floricultora Nevado Ecuador, quienes participaron de este proceso fueron: el personal que labora en diferentes áreas de la empresa y el personal que trabaja directamente en el campo volteando las pilas de compost.

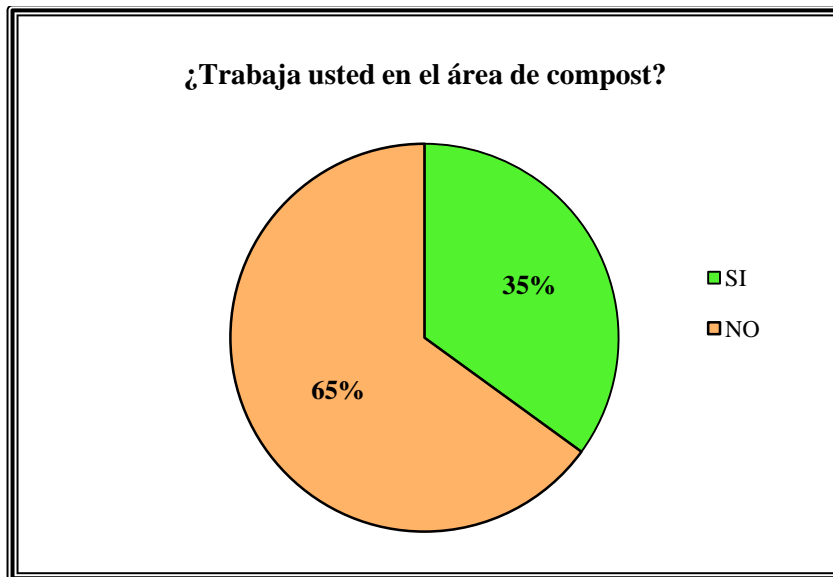
4.1.1 Pregunta 1

- ¿Trabaja usted en el área de compost?

Tabla 4.1: Resultados de la pregunta 1

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>7</i>	<i>35%</i>
<i>NO</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor



*Fig. 4.1: Resultados estadísticos - Pregunta N° 01
Elaborado por: El autor*

4.1.1.1 Interpretación

El 100% de las personas que fueron encuestadas trabajan en la floricultura Nevado Ecuador, de los cuales el 35 % si trabajan en el área de compost, y el 65 % restante trabajan en otras áreas de la empresa.

4.1.1.2 Análisis

El 65% de los encuestados no tienen el suficiente conocimiento de la producción del compost que se realiza en la empresa debido a que laboran realizando otras actividades, pero el 35% son los trabajadores que laboran directamente en el área de compost, debido a que día a día intervienen en el proceso de las pilas ellos pueden aportar con información importante para realizar este estudio y de esta manera ayudará a corregir los problemas que existen en la floricultura Nevado Ecuador.

4.1.2 Pregunta 2

- ¿Piensa usted que actualmente se le presta la atención necesaria al proceso que se realiza en el área de compost?

Tabla 4.2: Resultados de la pregunta 2

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>3</i>	<i>15%</i>
<i>NO</i>	<i>17</i>	<i>85%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

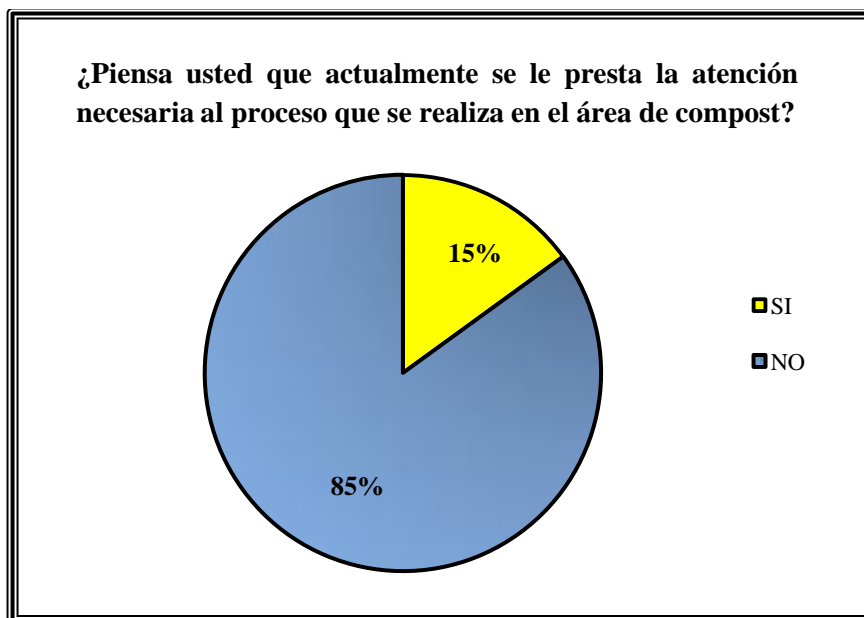


Fig. 4.2: Resultados estadísticos - Pregunta N° 02

Elaborado por: El autor

4.1.2.1 Interpretación

El 85% de los trabajadores encuestados contestaron que no se da la atención necesaria al proceso que se realiza en el área de compost, y el 15% de los encuestados contestaron que si.

4.1.2.2 Análisis

Las personas que contestaron no son el grupo mayoritario, cuando se les preguntó las razones supieron manifestar que la actividad que se desarrolla en el área de compost

esta rezagada y no se le da la atención necesaria para realizar un buen proceso ya que comparando con otras áreas de la empresa esta no ofrece beneficios económicos directos como lo hacen las otras áreas, estos rubros directos son los que sustentan el funcionamiento de la empresa.

4.1.3 Pregunta 3

- ¿Cuándo se utiliza abono orgánico en los cultivos se consigue mejorar la producción florícola de la empresa?

Tabla 4.3: Resultados de la pregunta 3

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>
<i>NO</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>DESCONOCE</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

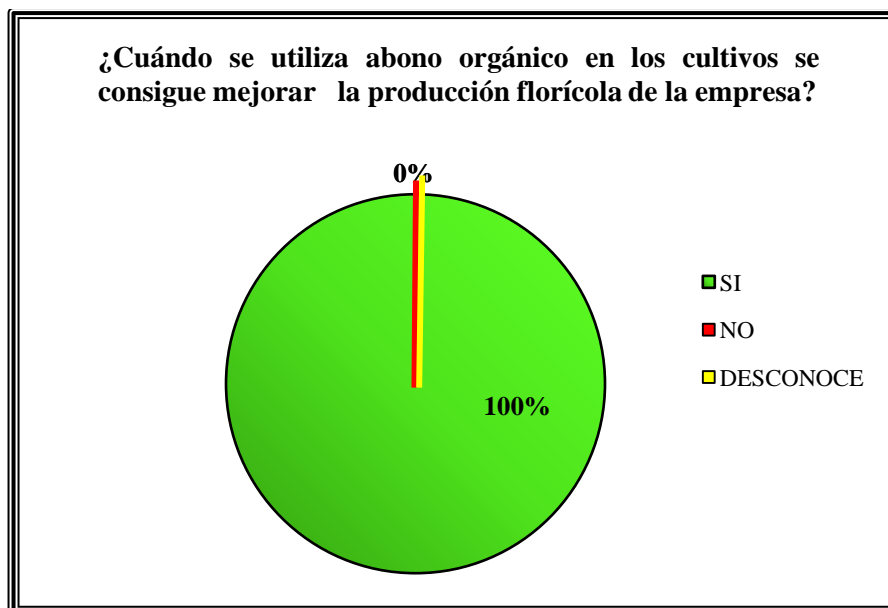


Fig. 4.3: Resultados estadísticos - Pregunta N° 03

Elaborado por: El autor

4.1.3.1 Interpretación

El 100% de los encuestados contestaron que si se consigue mejorar la producción florícola de la empresa cuando se utiliza abono orgánico en los cultivos.

4.1.3.2 Análisis

Como se puede apreciar en la fig. 4.3, todos los encuestados contestaron que si mejora la producción florícola cuando se utiliza el abono orgánico ya que fertiliza el suelo, aumenta la retención de humedad en el suelo, reaviva a las plantas cuando se están marchitando, etc. El trabajo diario les ha hecho ver los beneficios de este producto en los cultivos.

4.1.4 Pregunta 4

- ¿Conoce los parámetros que intervienen en la producción de compost?

Tabla 4.4: Resultados de la pregunta 4

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>3</i>	<i>15%</i>
<i>NO</i>	<i>17</i>	<i>85%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

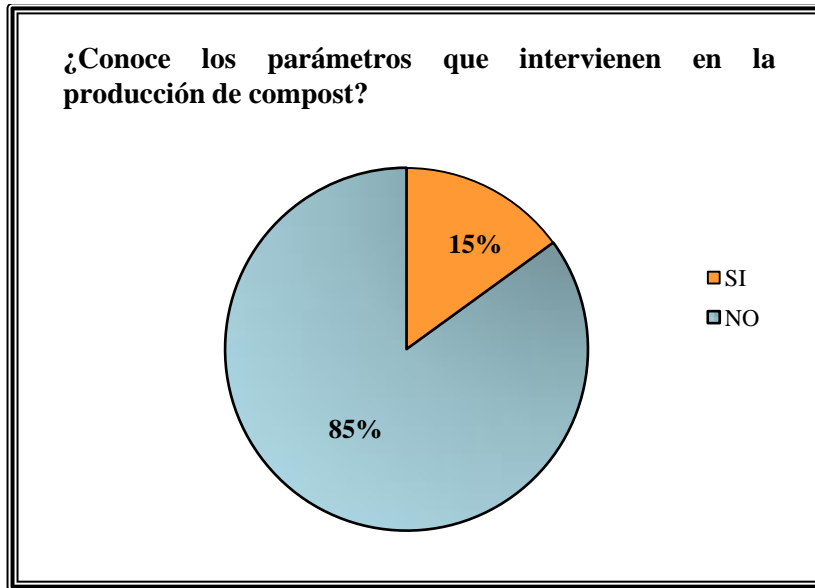


Fig. 4.4: Resultados estadísticos - Pregunta N° 04

Elaborado por: El autor

4.1.4.1 Interpretación

El 85% respondió que no conocen los parámetros que intervienen en la producción de compost, y el 15% respondió que si los conocen.

4.1.4.2 Análisis

Claramente se aprecia que el 85% de las personas que se les realizó la encuesta no conocen cuales son los parámetros que intervienen en la producción de compost, uno de los factores para que se produzca esta situación se da debido a que no han recibido información acerca de este proceso, mientras que el 15% indicó que si conocían los parámetros que intervienen en la producción de compost pero cuando se les preguntó ¿Cuales son? nadie los conoce en su totalidad.

4.1.5 Pregunta 5

- ¿Se miden los parámetros que intervienen en el proceso de compost?

Tabla 4.5: Resultados de la pregunta 5

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>NO</i>	<i>7</i>	<i>35%</i>
<i>DESCONOCE</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

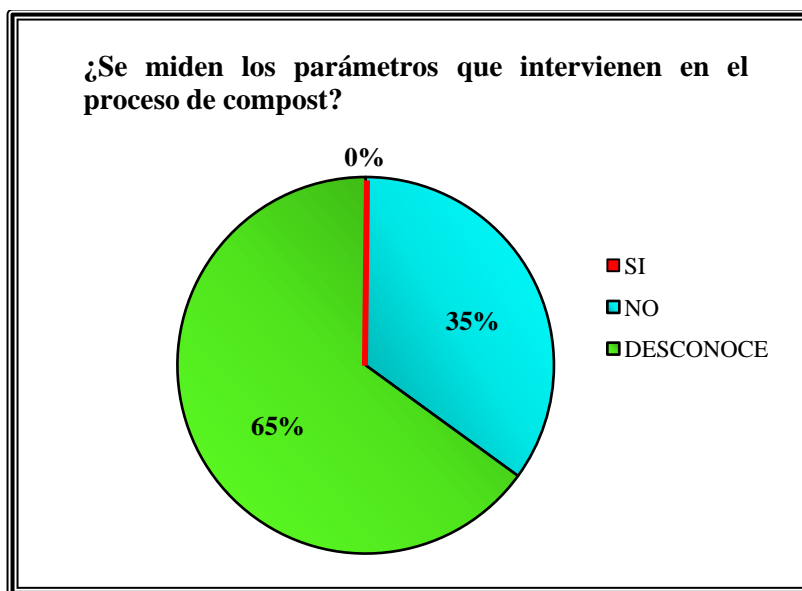


Fig. 4.5: Resultados estadísticos - Pregunta N° 05

Elaborado por: El autor

4.1.5.1 Interpretación

El 35% de las personas a las que se les realizó la encuesta indicaron que no se toma ninguna medida en el proceso de compost, mientras que el 65% desconoce de estas mediciones.

4.1.5.2 Análisis

El 35% se refiere al personal que trabaja en la producción de abono orgánico conocen las actividades que se realizan diariamente en este proceso, ellos afirmaron

que no se toma ninguna medida alguna durante el todo que dura el proceso del compost, uno de los factores por los que no se miden las variables de este proceso es la falta de equipos que permitan obtener datos reales los mismos que siendo utilizados adecuadamente pueden ayudar a mejorar la producción del compost.

Mientras que el 65% restante de la población desconocen las variables que deben ser controladas durante la producción del abono orgánico, esto se da ya que estas personas no trabajan en el área de compost.

4.1.6 Pregunta 6

- ¿Se lleva un registro de las actividades que se realiza en la producción de compost?

Tabla 4.6: Resultados de la pregunta 6

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>NO</i>	<i>7</i>	<i>35%</i>
<i>DESCONOCE</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

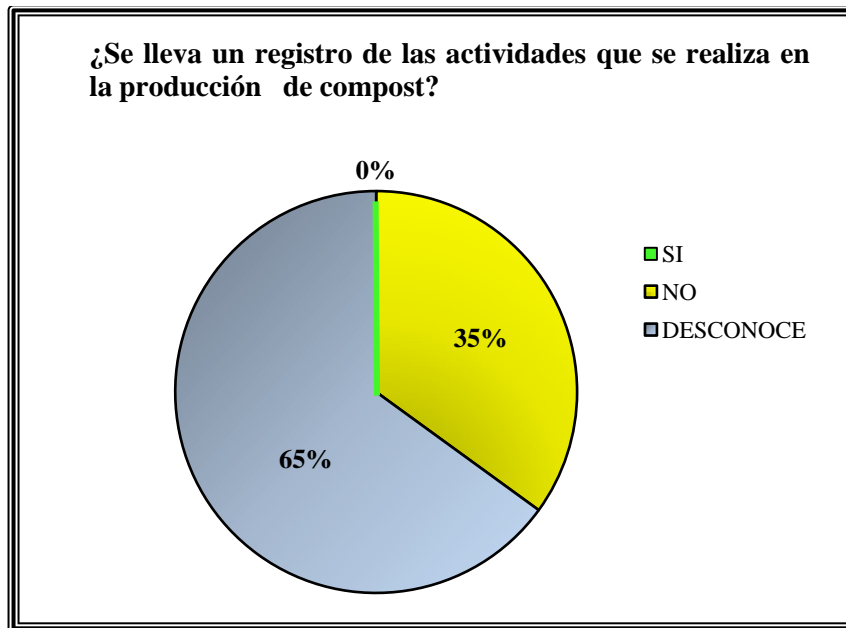


Fig. 4.6: Resultados estadísticos - Pregunta N° 06

Elaborado por: El autor

4.1.6.1 Interpretación

El 35% indicó que no se lleva un registro de las actividades que se realizan en la producción de compost, y el 65% manifestó que desconoce.

4.1.6.2 Análisis

En la fig. 4.6 se puede observar que el 35% de los encuestados es decir las personas que laboran en el área de compost indicaron que no se lleva ningún registro de la evolución de los parámetros que intervienen durante el proceso del compost, es conveniente tener una ficha de programación en la cual se puedan registrar la evolución de las variables en el proceso de las pilas de compost, mediante este control se podría manejar adecuadamente y ordenadamente este proceso, adicionalmente se conocería cuando realmente a finalizado su proceso, mientras que el 65% de la población encuestada desconoce de las actividades que se realizan en el área de compost por tal razón no saben si se tiene o no registros de la producción del compost.

4.1.7 Pregunta 7

- ¿Cree usted que se le debería ofrecer mayor información sobre la producción de compost?

Tabla 4.7: Resultados de la pregunta 7

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>19</i>	<i>95%</i>
<i>NO</i>	<i>1</i>	<i>5%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

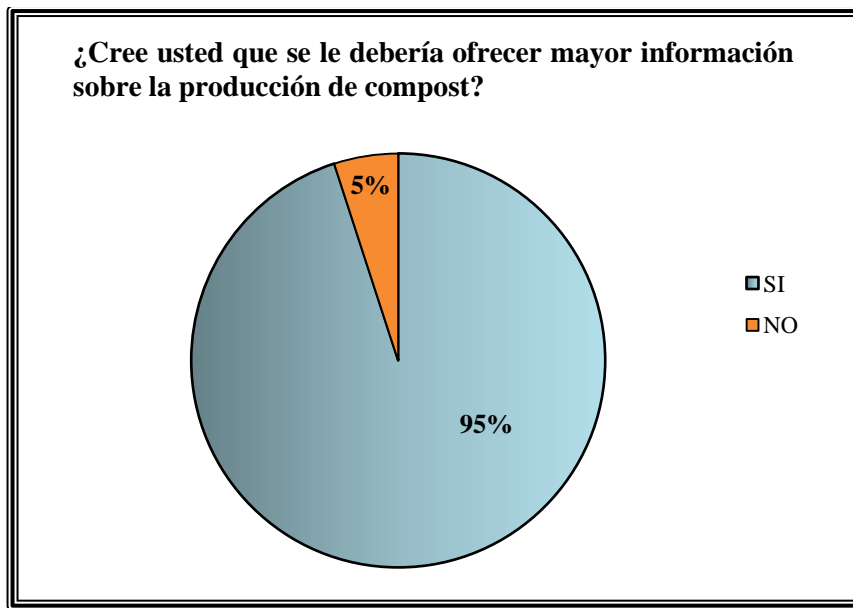


Fig. 4.7: Resultados estadísticos - Pregunta N° 07

Elaborado por: El autor

4.1.7.1 Interpretación

El 95% de la población encuestada opina que si se debería ofrecer mayor información sobre la producción de compost, y el 5% opina que no se debería dar ninguna información.

4.1.7.2 Análisis

Como se puede apreciar claramente en la fig. 4.7 la gran mayoría de trabajadores llegando a un 95% de la población total encuestada está de acuerdo con que se de mayor información para conocer como se lleva la producción de compost en la floricultora Nevado Ecuador, y apenas un 5% de la población encuestada opinan que no es necesario dar información acerca de esta actividad.

4.1.8 Pregunta 8

- ¿Cuál es el tiempo total que se demora en la producción de abono orgánico?

Tabla 4.8: Resultados de la pregunta 8

Alternativas	Personas encuestadas	Total %	Motivo	Nro. Personas que indicaron	Porcentaje
SI	7	35%	2-3 meses	5	25%
			3-4 meses	2	10%
			4-o más meses	0	0%
DESCONOCE	13	65%	No voltean el compost	13	65%
TOTAL	20	100%		20	100%

Elaborado por: El autor

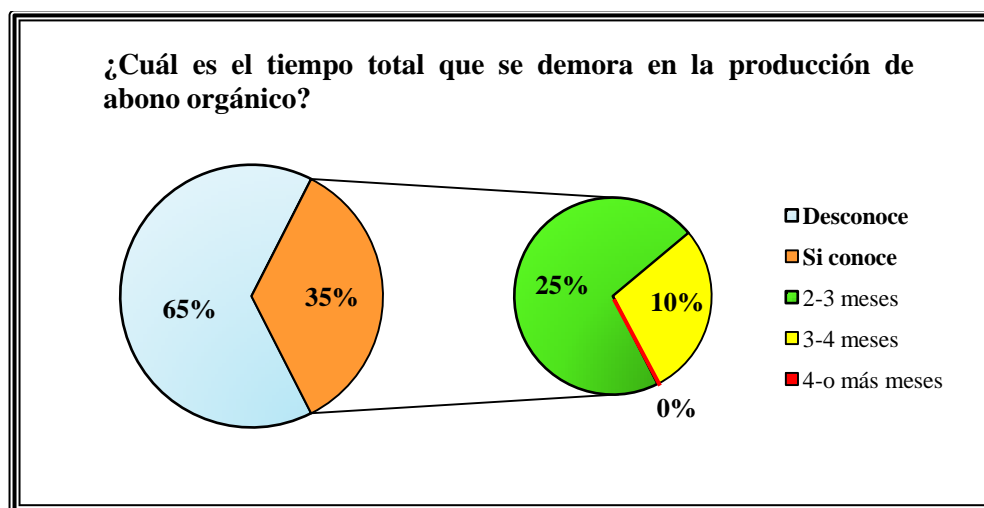


Fig. 4.8: Resultados estadísticos - Pregunta N° 08

Elaborado por: El autor

4.1.8.1 Interpretación

El 65% indicó que desconoce cuál es el tiempo total de demora en la producción de abono orgánico, mientras que el 35% que es el personal que trabaja volteando el compost indicaron que si tienen conocimiento.

4.1.8.2 Análisis

Según los resultados de la encuesta el 65% de los trabajadores manifestaron que desconocen cuál es el tiempo total que se demora la producción de abono orgánico, mientras que el 35% si tiene conocimiento debido a que es el grupo de los trabajadores que voltean al abono orgánico, de los cuales el 25% dijo que el proceso se demora de (2 - 3) meses, y el 10% indicó que se demora el proceso de (3 - 4) meses.

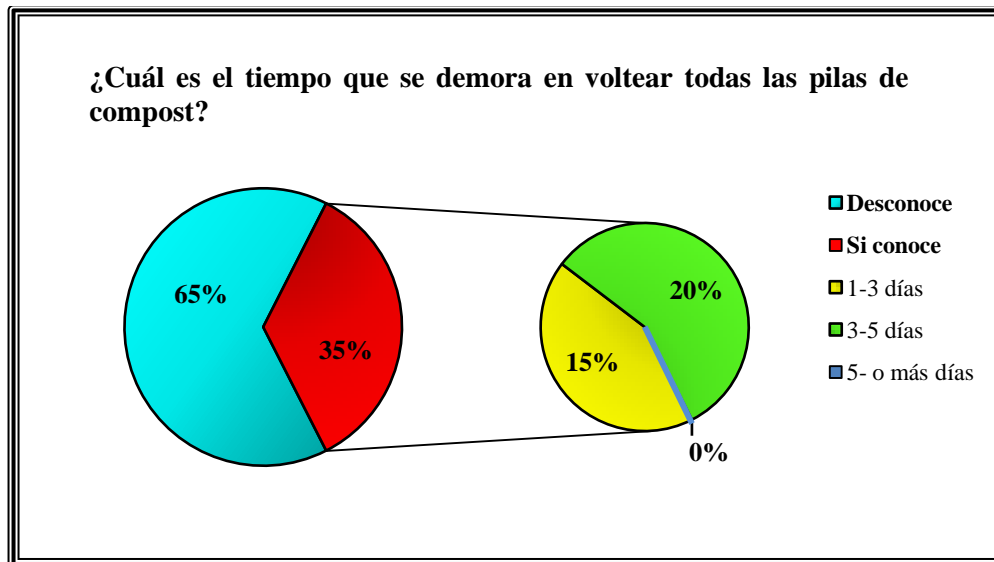
4.1.9 Pregunta 9

- ¿Cuál es el tiempo que se demora en voltear todas las pilas de compost?

Tabla 4.9: Resultados de la pregunta 9

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Total %</i>	<i>Motivo</i>	<i>Nro. Personas que indicaron</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>7</i>	<i>35%</i>	<i>1-3 días</i>	<i>3</i>	<i>15%</i>
			<i>3-5 días</i>	<i>4</i>	<i>20%</i>
			<i>5- o más días</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>DESCONOCE</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>	<i>No voltean el compost</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>		<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor



*Fig. 4.9: Resultados estadísticos - Pregunta N° 09
Elaborado por: El autor*

4.1.9.1 Interpretación

El 65% desconoce el tiempo que se demora en voltear todas las pilas de compost que se procesan en la empresa, y el 35% si conoce el tiempo total que se demora en voltear todas las pilas de compost.

4.1.9.2 Análisis

El 65% de la población desconoce debido a que pertenece al grupo que no voltea el compost, mientras que el 35% pertenece a los trabajadores que voltean el compost, de este último porcentaje el 15% supo manifestar que se demoran de (1 - 3) días volteando todas la pilas de compost, uno de los efectos que se pudo visualizar en una prueba de campo cuando se volteaba el compost es que esta actividad trae como efecto excesivo cansancio físico por lo que tienen que descansar para continuar con esta actividad, esta es una de las razones que hacen que la mezcla no forme una masa homogénea y bien oxigenada, mientras que el 20% restante señalaron que se demoran de (3 - 5) días, se pudo comprobar que les toma mayor tiempo pero que el volteo de las pilas era de mejor manera, hay que mencionar que el volteo del compost se lo hace con palas.

4.1.10 Pregunta 10

- ¿Se siente cómodo cuando trabaja volteando el compost?

Tabla 4.10: Resultados de la pregunta 10

Alternativas	Personas encuestadas	Total %	Motivo	Nro. Personas que indicaron	Porcentaje
SI	2	10%	Costumbre	2	10%
NO	5	25%	Por el mal olor	6	16%
			Por la presencia de moscas	4	11%
			Demasiado esfuerzo físico	3	8%
NO VOLTEA	13	65%	No voltean el compost	13	65%
TOTAL	20	100%		20	100%

Elaborado por: El autor

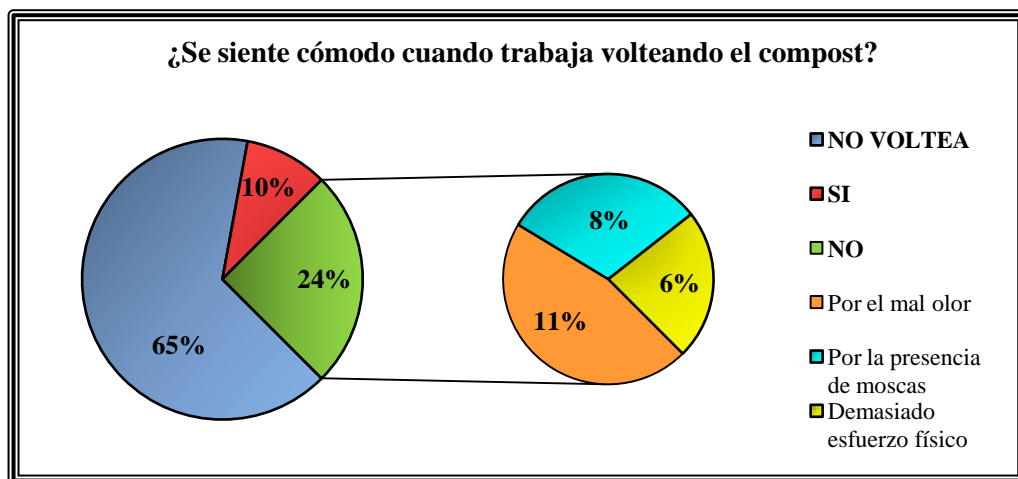


Fig. 4.10: Resultados estadísticos - Pregunta N° 10

Elaborado por: El autor

4.1.10.1 Interpretación

El 65% de las personas que llenó la encuesta no voltean el compost, el 10% si se siente cómodo volteando el compost, y el 25% no se siente cómodo volteando el compost.

4.1.10.2 Análisis

Del total de la población es decir del 100% de los trabajadores que fueron encuestados en la floricultora Nevado Ecuador, podemos observar en la fig. 4.10 que el 65% no voltean el compost, el 10% dijo que si se siente cómodo cuando voltean el compost, ¿Por qué?: Debido a que ya están acostumbrados a este trabajo, todo lo que ello con lleva, y dicen descansar en cierto de tiempo para hacer que esta actividad sea más llevadera. El 25% de los trabajadores señalaron que no se sienten cómodos cuando voltean el compost, y cuando se les preguntó ¿Por qué?: El 11% indicó que era por el mal olor que sale de la materia orgánica producto de la descomposición del compost, el 8% indicó que era por la presencia de moscas que son atraídas por el mal olor, y el 6% señalaron que era porque como el trabajo se hace de forma manual con la ayuda de palas los trabajadores realizan demasiado esfuerzo físico.

4.1.11 Pregunta 11

- ¿El volteo de compost le ha producido alguna molestia o problemas para su salud?

Tabla 4.11: Resultados de la pregunta 11

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Total %</i>	<i>Motivo</i>	<i>Nro. Personas que indicaron</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>7</i>	<i>35%</i>	<i>Gripe</i>	<i>5</i>	<i>9%</i>
			<i>Vómito</i>	<i>2</i>	<i>4%</i>
			<i>Fiebre</i>	<i>3</i>	<i>5%</i>
			<i>Dolor de espalda</i>	<i>3</i>	<i>6%</i>
			<i>Dolor de garganta</i>	<i>2</i>	<i>4%</i>
			<i>Dolor de cabeza</i>	<i>4</i>	<i>7%</i>
<i>NO</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>	<i>---</i>	<i>---</i>	<i>---</i>
<i>NO VOLTEA</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>	<i>No voltean el compost</i>	<i>---</i>	<i>65%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>			<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

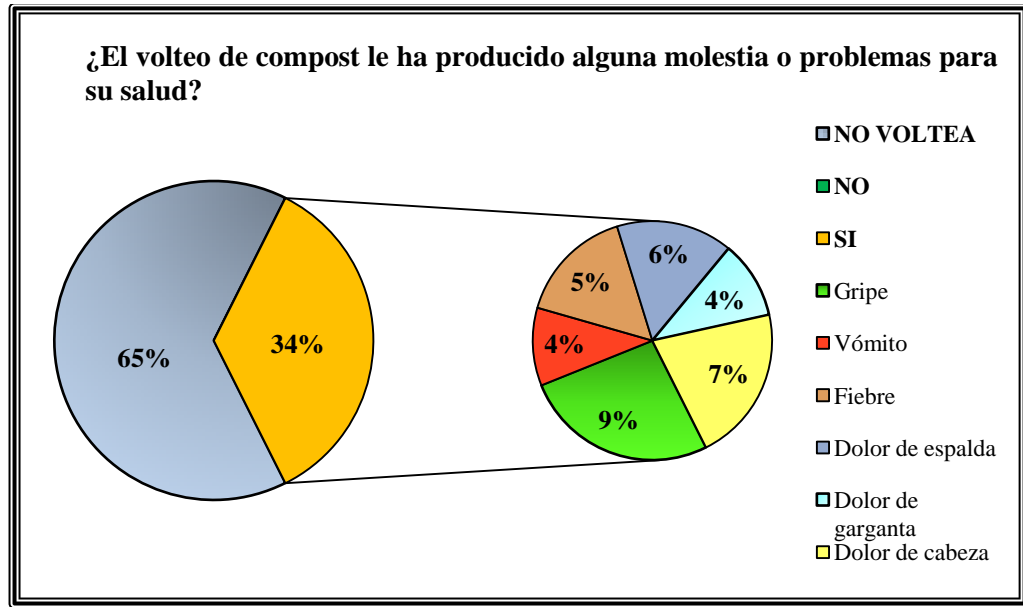


Fig. 4.11: Resultados estadísticos - Pregunta N° 11

Elaborado por: El autor

4.1.11.1 Interpretación

El 65% no voltean el compost por lo tanto no han sentido ninguna molestia o problemas en su salud, mientras que el 35% restante si han sentido alguna molestia o problemas en su salud.

4.1.11.2 Análisis

En la fig. 4.11 se aprecia que el 65% de los encuestados no trabajan volteando el compost por lo que no han tenido jamás alguna molestia o problemas en su salud, y el 35% trabaja volteando el compost y fueron quienes señalaron que si han tenido en algún momento alguna molestia o problemas en su salud, y cuando se les preguntó ¿Cuáles?, estos respondieron:

El 9% indicó que les había dado gripe en muchas ocasiones debido a que están expuestos a la humedad que contiene el compost, el 4% señaló que les había dado vómito, ya que tienen que regar la sangre en los desechos orgánicos de las plantas y esta viene con un fuerte olor (putrefacto), al 5% le ha dado fiebre ya que están expuestos a bacterias que se presentan en la materia descompuesta, otro 6% señala

que les duele la espalda ya que tienen que trabajar inclinados para mover o voltear el compost, al 4% le ha dado dolor de garganta debido a que aspiran gases y malos olores, y el 7% señaló que le ha dado dolor de cabeza.

4.1.12 Pregunta 12

- ¿Usted cree que debería mejorarse el proceso que se lleva en el área de compost?

Tabla 4.12: Resultados de la pregunta 12

Alternativas	Personas encuestadas	Total %	Motivo	Nro. Personas que indicaron	Porcentaje
SI	18	90%	Para disminuir moscas	3	16%
			Para no voltear el compost con palas	5	26%
			Para mejorar el producto	3	16%
			Para ordenar las pilas de compost	2	11%
			Para disminuir el mal olor	4	21%
NO	2	10%	El proceso está bien	---	10%
TOTAL	20	100%			100%

Elaborado por: El autor

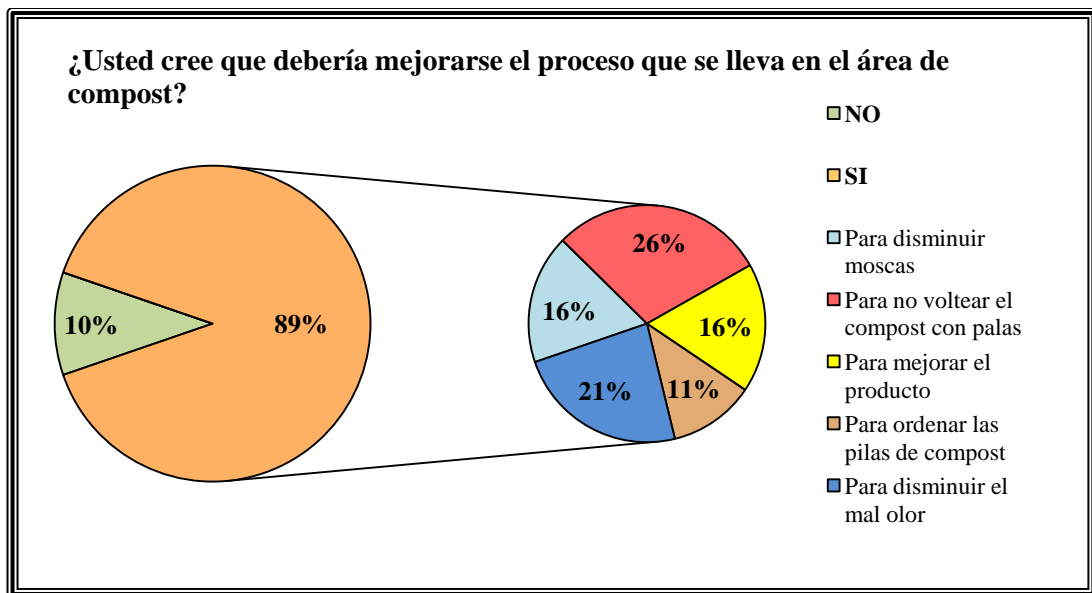


Fig. 4.12: Resultados estadísticos - Pregunta N° 12

Elaborado por: El autor

4.1.12.1 Interpretación

El 10% cree que no debería mejorarse el proceso que se lleva en el área de compost, mientras que el 90% de la población encuestada cree que si se lo debería mejorar.

4.1.12.2 Análisis

Se puede observar en la fig. 4.12 que la mayoría de la población encuestada llegando al 90% creen que si se debería mejorar el proceso que se lleva en el área de compost, y cuando se les preguntó ¿Por qué?: El 16% dijo que se lo debería hacer para disminuir la presencia de moscas, el 26% indicó que se debería mejorar para no voltear el compost manualmente con palas, el 11% dijo para mejorar el producto, el 16% manifestó para ordenar y distribuir mejor las pilas de compost en el área total del terreno, y el 21% dijo que se lo debería mejorar para disminuir y minimizar el mal olor, y el restante 10% que opina que no debería mejorarse el proceso que se lleva en el área de compost cuando se les preguntó ¿Por qué?: señalaron que están conformes como se lleva actualmente el proceso.

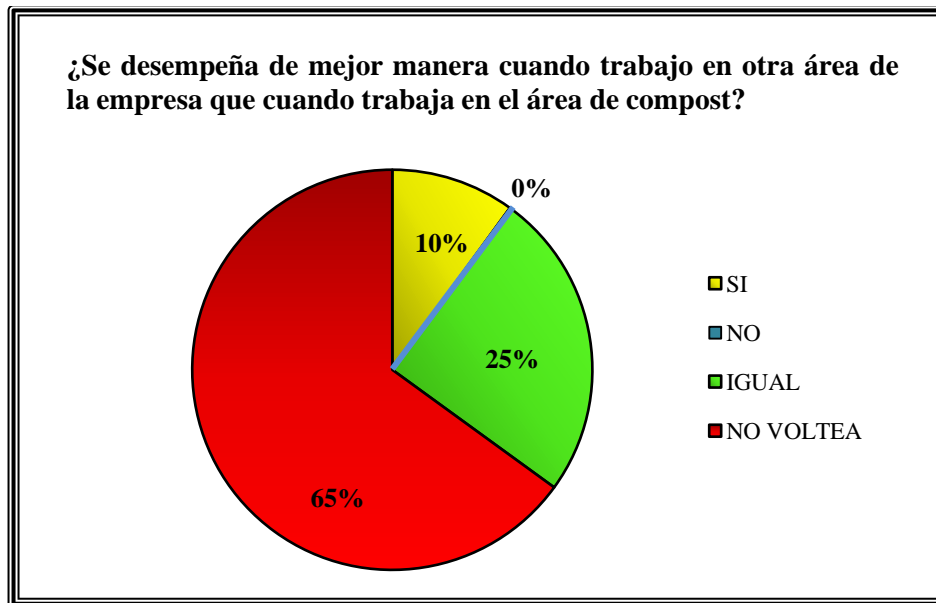
4.1.13 Pregunta 13

- ¿Se desempeña de mejor manera cuando trabajo en otra área de la empresa que cuando trabaja en el área de compost?

Tabla 4.13: Resultados de la pregunta 13

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>2</i>	<i>0%</i>
<i>NO</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>IGUAL</i>	<i>5</i>	<i>35%</i>
<i>NO VOLTEA</i>	<i>13</i>	<i>65%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor



*Fig. 4.13: Resultados estadísticos - Pregunta N° 13
Elaborado por: El autor*

4.1.13.1 Interpretación

El 10% manifestó que si se desempeña de mejor manera cuando trabaja en otra área de la empresa, el 25% opinó que trabajan igual en cualquier área de la empresa, y el 65% no voltea el abono orgánico.

4.1.13.2 Análisis

La fig. 4.13 indica que el 10% dicen que si se desempeña de mejor manera cuando trabaja en otra área de la empresa, una de las razones para que suceda esto es por el olor que sale de las pilas de compost, el 25% dice que se desempeña igual en cualquier área debido a que pueden realizar cualquier trabajo que se pueda realizar dentro de la empresa, mientras que el 65% de la población se dedican a otra actividad y no voltean el compost.

4.1.14 Pregunta 14

- ¿Conoce algún tipo de máquina que facilite la elaboración de abono orgánico?

Tabla 4.14: Resultados de la pregunta 14

<i>Alternativas</i>	<i>Personas encuestadas</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>SI</i>	<i>0</i>	<i>0%</i>
<i>NO</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20</i>	<i>100%</i>

Elaborado por: El autor

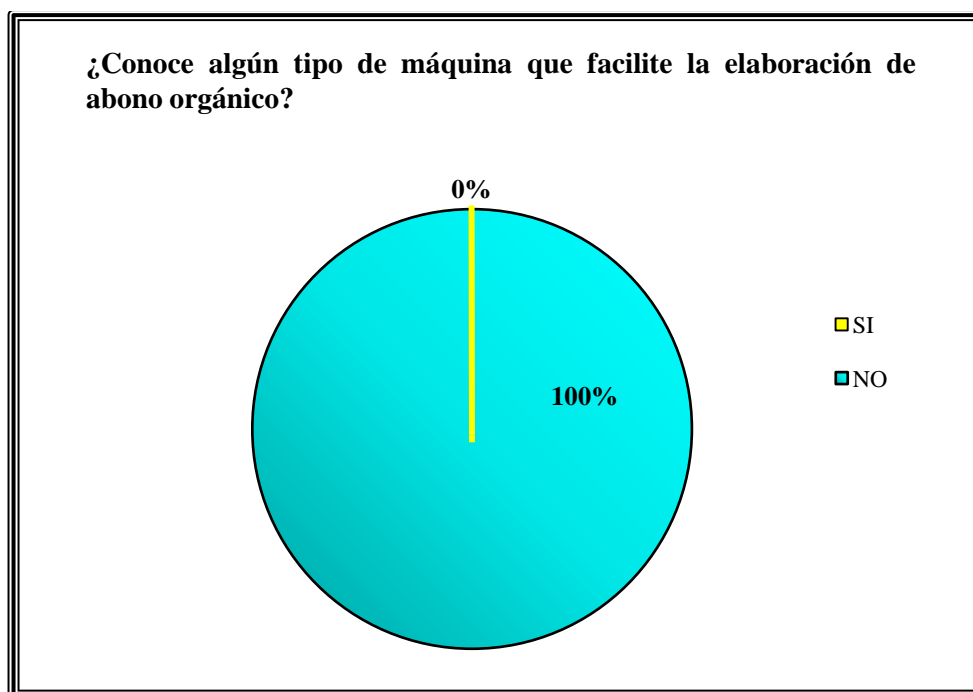


Fig. 4.14: Resultados estadísticos - Pregunta N° 14

Elaborado por: El autor

4.1.14.1 Interpretación

El 100% de las personas encuestadas no conocen algún tipo de máquina que facilite la elaboración de abono orgánico.

4.1.14.2 Análisis

Se aprecia en la fig. 4.14 que todos los trabajadores encuestados manifestaron que no conocen ningún tipo de maquinaria que facilite la elaboración de abono orgánico,

esto se da ya que ellos están más relacionados con el trabajo agrícola y les desprecupan los equipos que puedan mejorar la producción de compost.

4.1.15 Pregunta 15

- ¿Cree usted que sería de gran ayuda para el área de compost la implementación de una volteadora de compost?

Tabla 4.15: Resultados de la pregunta 15

Alternativas	Personas encuestadas	Total %	Motivo	Nro. Personas que indicaron	Porcentaje
SI	20	100%	Para mejorar la producción de abono orgánico.	13	40%
			Para disminuir el esfuerzo físico.	3	9%
			Para no voltear el compost con palas.	6	18%
			Para disminuir problemas en la salud.	6	18%
			Para disminuir el mal olor y moscas.	5	15%
NO	0	0%	---	---	---
TOTAL	20	100%			100%

Elaborado por: El autor

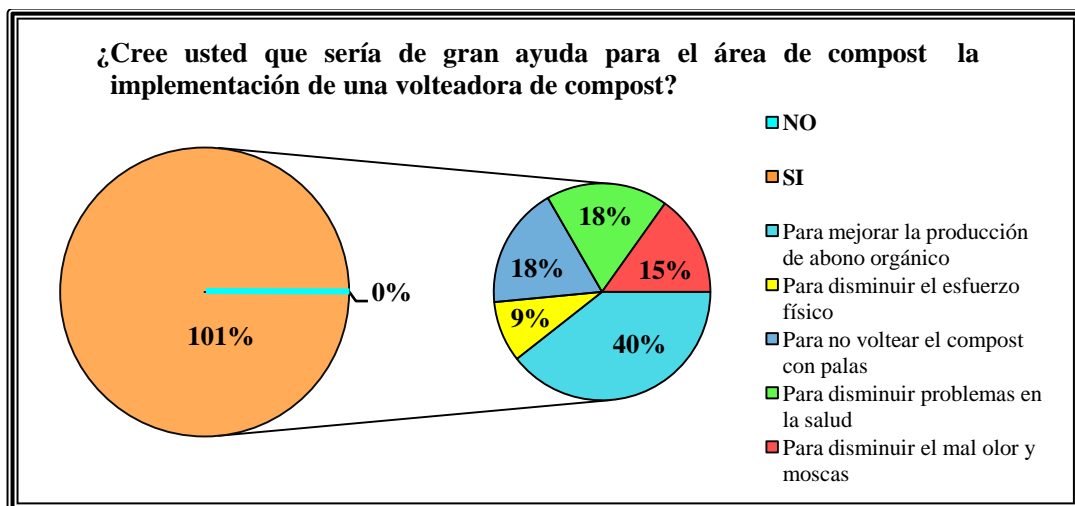


Fig.4.15: Resultados estadísticos - Pregunta N° 15

Elaborado por: El autor

4.1.15.1 Interpretación

El 100% de los encuestados es decir las personas que trabajan en otras actividades de la empresa y los trabajadores que voltean el compost están de acuerdo que sería de gran ayuda para el área de compost la implementación de una volteadora de compost.

4.1.15.2 Análisis

Según se muestra en la fig. 4.15 del 100% de las población encuestada que indicaron si cuando se les preguntó ¿Por qué?: El 40% dijo que sería buena opción para mejorar la producción de abono orgánico, el 9% indicó que ayudaría a disminuir el esfuerzo físico, el 18% para no voltear manualmente el compost con la ayuda de palas, el 18% para disminuir los problemas en la salud, el 15% para disminuir el mal olor y las moscas.

4.1.16 Conclusión de la encuesta

Esta encuesta ha traído buenos resultados para este estudio, los conocimientos empíricos de los trabajadores han aportado mucho para conocer aspectos que podrían mejorarse como es el caso de la distribución de las pilas que deben estar ordenadas y tener medidas generalizadas, esto facilitaría el control de las variables que intervienen durante todo su proceso. Es recomendable unir dos pilas que se encuentran en la misma fase con el objetivo de minimizar el espacio que ocuparían estas pilas, existe otro factor que debería cambiarse, es el caso del volteo manual que genera excesivo esfuerzo físico, molestias para los trabajadores, y pérdida de tiempo para ello debería implementarse una volteadora de compost que facilite y mejore todo el proceso.

4.2 ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE COMPOST

El presente estudio se inicia el día Lunes, 17 de septiembre del 2012, y para desarrollarlo se diseñará una pila de compost destinada para este fin, estará

conformada por los residuos orgánicos que se producen diariamente en la floricultora Nevado Ecuador, a la misma que se le dará el seguimiento de sus parámetros durante el período que lleve su proceso. Los parámetros que favorecen a un buen compostaje según (INTEC, 1999) está dado por el control de los siguientes parámetros:

- Relación Carbono/Nitrógeno.
- Tamaño de la partícula.
- Tamaño del montón.
- Temperatura.
- Humedad.
- PH.
- Tiempo.

Por lo tanto estas variables serán las que se van a controlar durante el proceso y producción de la pila de compost diseñada para este proyecto, a continuación se muestra un croquis de la floricultora Nevado Ecuador.

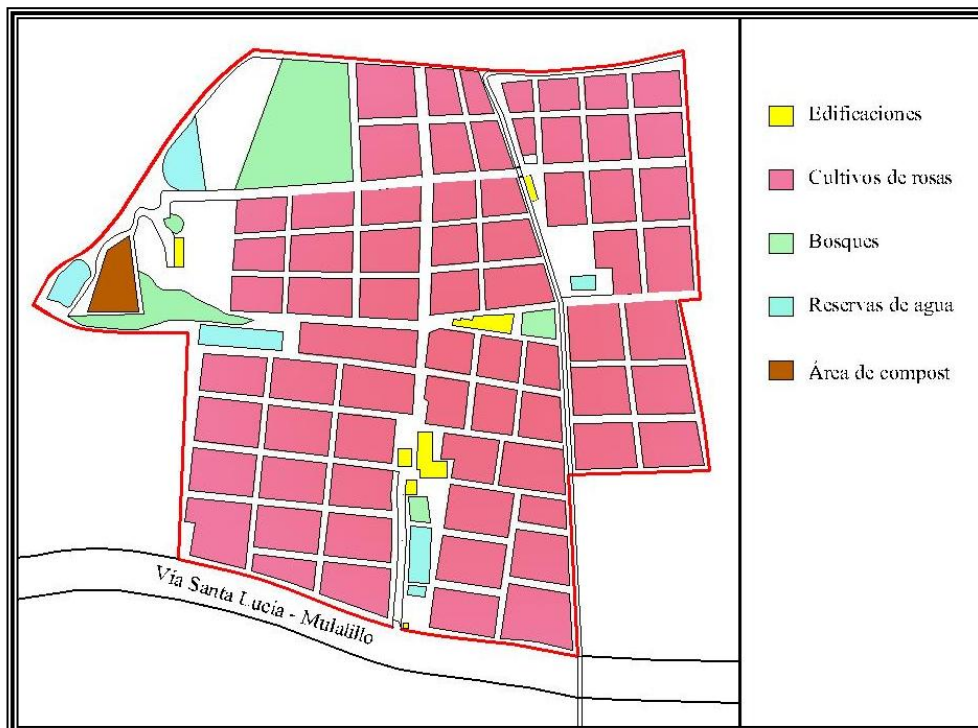


Fig. 4.16: Floricultora Nevado Ecuador

Fuente: El autor

4.2.1 Composición de la pila de compost y su relación Carbono/Nitrógeno

4.2.1.1 Desechos orgánicos vegetales

La composición del compost está dada por los siguientes elementos orgánicos tales como flores, tallos, hojas, y pastos, estos componentes son ricos en carbono, como producto del procesamiento de las rosas se obtienen estos residuos.



Fig. 4.17: Desechos orgánicos vegetales
Fuente: El autor



Fig. 4.18: Composición del compost
Fuente: El autor

4.2.1.2 Desechos orgánicos de animales

Para alcanzar una buena relación C/N es necesario mezclar los desechos orgánicos vegetales con los desechos orgánicos animales, en la floricultura Nevado Ecuador se utiliza sangre la cual es proveniente del “camal de Salcedo” y de la empresa de embutidos “Don Diego”.



Fig. 4.19: Tanques llenos de sangre
Fuente: El autor

4.2.1.3 Relación C/N de los componentes de la pila de compost

Tabla 4.16: Relación/Nitrógeno de los componentes utilizados en la composta

COMPONENTES DE LA PILA DE COMPOST	
<i>Material</i>	<i>Relación Carbono/Nitrógeno</i>
Hojas frescas	40-80/1
Flores	35/1
Tallos	42/1
Pastos	10/1
Sangre	3/1

Fuente: (ORTIZ, 2007)

La materia orgánica con respecto a la cantidad de sangre se utilizará es una relación de 3,575 m³ de desechos orgánicos vegetales a 0,5443 m³ (un tanque) de sangre.

4.2.2 Formación de la pila de compost

Paso 1.- Recolección de desechos orgánicos

El personal que trabaja en la producción de compost es la encargada de recolectar los desechos orgánicos que se generan diariamente en la floricultora, estos desechos son colocados en un lugar predestinado para este fin de tal manera que pueda ingresar un remolque para que los trabajadores puedan llenarlo como se muestra en la fig. 4.21.



Fig. 4.20: Remolque de desechos orgánicos

Fuente: El autor



Fig. 4.21: Embarque de desechos orgánicos

Fuente: El autor

Paso 2.- Transporte de los desechos orgánicos

Para el transporte de los remolques que están cargados con desechos orgánicos se utiliza un tractor que es el encargado de llevarlos hasta el terreno donde son depositados para su procesamiento.



Fig. 4.22: Transporte de desechos orgánicos

Fuente: El autor

Paso 3.- Desembarque de los desechos orgánicos

Cuando llegan los remolques al área donde se produce el compost se desembarca los desechos orgánicos y posteriormente son esparcidos a lo largo del terreno, para esta actividad los trabajadores utilizan herramientas que facilitan su trabajo en este caso utilizan rastrillos.



Fig. 4.23: Desechos en el área de compost

Fuente: El autor



Fig. 4.24: Desembarque de residuos orgánicos

Fuente: El autor

Paso 4.- Trituración de desechos orgánicos

Los desechos orgánicos son esparcidos en el terreno con la finalidad de facilitar su trituración, para esta actividad se utiliza una trituradora que es anclada al tractor y acoplada a la toma de fuerza para su funcionamiento como se ve en la fig. 4.25, y cuando ya está en funcionamiento en la fig. 4.26, la trituración de la materia orgánica facilita y acelera su descomposición.



Fig. 4.25: Trituradora acoplada al tractor
Fuente: El autor



Fig. 4.26: Trituradora en funcionamiento
Fuente: El autor

Paso 5.- Verificar el tamaño de las partículas de la materia orgánica triturada.

Según la tabla 2.2 en la cual se muestran las “condiciones ideales para el compostaje”, aquí se indica que el tamaño recomendable de las partículas de los desechos orgánicos triturados debe estar entre el rango de (0,5 - 1,0) cm.



Fig. 4.27: Materia orgánica triturada
Fuente: El autor

Paso 6.- Formación de la pila de compost

Los desechos orgánicos triturados son apilados para formar la pila que servirá de prueba y en la cual se medirán parámetros del proceso del abono orgánico.



Fig. 4.28: Formación de la pila de prueba
Fuente: El autor

Paso 7.- Medir el tamaño de la pila de compost

El tamaño de la pila de compost es un factor importante para realizar un buen procesamiento, la pila que se muestra en la fig. 4.19 fue diseñada específicamente para este estudio.



Fig. 4.29: Medidas de la pila de compost
Fuente: El autor

En esta pila de compost se medirán las variables que intervienen en el proceso tales como la temperatura, humedad, PH, y el tiempo de volteo manual, sus dimensiones son las siguientes: base = 2,2 m; altura = 1,1m; largo = 18 m, con estos valores se puede conocer el volumen de materia orgánica que esta compuesta la pila (V_p) que se muestra a continuación:

$$V_p = \left(\frac{\text{base} * \text{altura}}{2} \right) * \text{largo} = \left(\frac{2,2m * 1,1m}{2} \right) * 18m = 21,78 m^3$$

4.2.3 Diagrama del proceso para formar la pila de compost

Tabla 4.17: Diagrama del proceso para formar la pila de compost

Descripción del proceso del compost	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (horas)
Recolección de desechos orgánicos	●	□	⇒	D	▽	3h
Transporte de los desechos orgánicos	○	□	⇒	D	▽	0,25 h.
Trituración de desechos orgánicos	●	□	⇒	D	▽	0,75 h
Verificar el tamaño de las partículas de la materia orgánica triturada	○	■	⇒	D	▽	0,16 h
Formación de la pila de compost	●	□	⇒	D	▽	0,5 h
Medir los parámetros de las pila de compost	○	■	⇒	D	▽	0,83 h
					TOTAL	5,49 h

Fuente: Elaborado por el autor

El tiempo total que se demora el personal del área de compost en formar la pila de compost es de 5,49 h.

4.2.4 Ensayo para encontrar la temperatura

Para medir la temperatura utilizaremos un termómetro que se introduce en la pila de compost a 1m de profundidad, debido a que esta variable no es igual en toda la pila se tomarán cuatro medidas en diferentes puntos, dos en los extremos de la pila (*Temp. 1* y *Temp. 4*) y dos en la mitad (*Temp. 2* y *Temp. 3*), todas a la misma profundidad, con estas temperaturas se sacará una temperatura media para graficar la evolución de esta variable desde su inicio hasta la culminación de este proceso, el termómetro con el cual se tomarán las medidas se muestra en la fig. 4.30.



Fig. 4.30: Termómetro de compost

Fuente: El autor

Tabla 4.18: Resultados de la evolución de temperaturas en el proceso de la pila de compost.

RESULTADOS DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA					
Tiempo (días)	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)	Temp. 3 (°C)	Temp. 4 (°C)	Promedio (°C)
2	39	37	38	37	38
3	45	46	47	45	46
4	54	55	54	53	54
5	47	49	48	47	48
6	63	63	63	62	63

Elaborado por: El autor

Tabla 4.18: Resultados de la evolución de temperaturas en el proceso de la pila de compost.

(Continuación)

RESULTADOS DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA					
Tiempo (días)	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)	Temp. 3 (°C)	Temp. 4 (°C)	Promedio (°C)
8	66	69	67	69	68
9	76	73	74	75	75
10	67	69	72	68	69
11	72	70	73	70	71
12	70	73	72	71	72
15	72	75	71	73	73
17	74	73	76	73	74
22	64	64	65	67	65
23	73	72	72	74	73
25	71	69	67	68	69
29	67	64	63	65	65
32	73	70	71	74	72
34	70	74	72	75	73
36	66	67	64	68	66
38	66	68	65	67	67
43	60	63	62	61	62
46	56	59	60	57	58
48	52	53	55	49	52
51	54	55	52	56	54
53	51	52	49	51	51
57	41	41	43	39	41
64	49	49	51	52	50
71	53	50	52	54	52
73	52	52	54	56	54
78	46	47	45	47	46
82	43	40	43	44	43
88	42	47	46	43	45
90	42	40	41	42	41
92	40	40	39	41	40

Elaborado por: El autor

En la fig. 4.31 se observa la evolución de las temperaturas promedias durante el período a lo largo del proceso de compostaje.

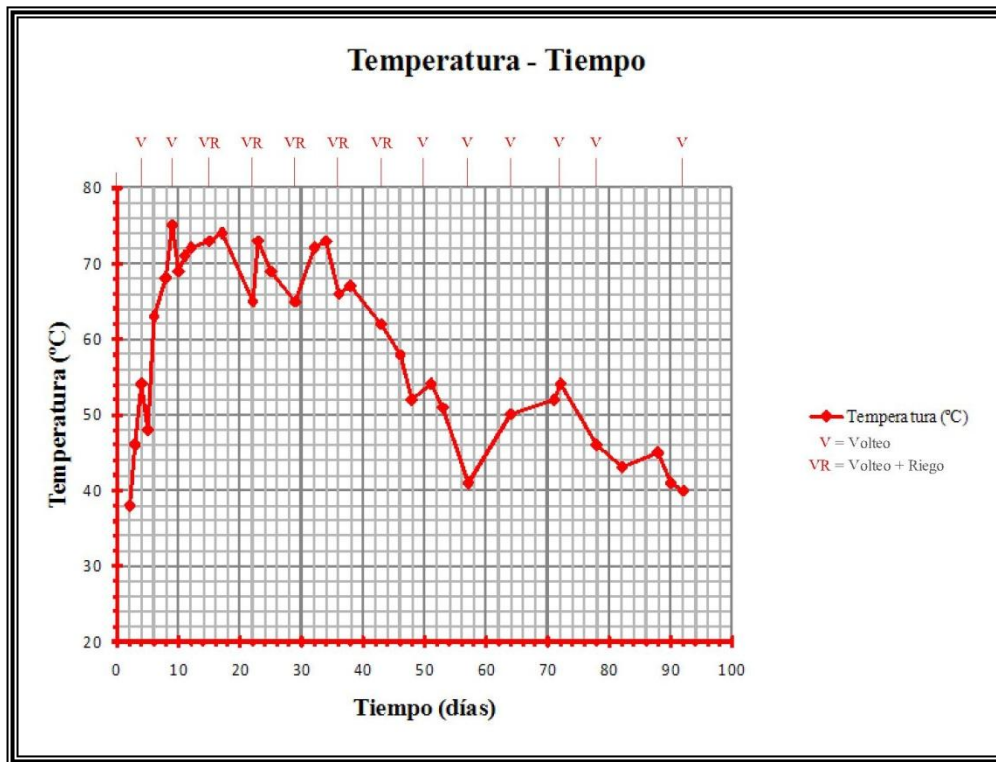


Fig. 4.31: *Temperaturas promedio durante el proceso de la pila de compost*
Elaborado por: *El autor*

Las operaciones de volteo y riego tienen una gran influencia sobre los parámetros a los cuales se les ha dado seguimiento. Si se analiza en la fig. 4.31, en los primeros 8 días cada volteo provoca un aumento brusco de la temperatura, este fenómeno se produce debido al aumento de la actividad microbiana, sin embargo, a partir del día 8 hasta el día 36 las temperaturas superan los 70 °C, y si la pila pasa de los 70 °C los microorganismos mueren e inhiben drásticamente el proceso por lo que se generan malos olores, ya que la pila puede ser esterilizada y el proceso se detiene, por esta razón es recomendable controlar periódicamente la temperatura para mantenerla en el rango de (60 – 65) °C, para disminuir la temperatura es necesario voltear totalmente la pila de compost, aquí la materia orgánica experimenta caídas de temperatura como se muestran en la fig. 4.31, sin embargo a partir de la cuarta semana inicia la etapa de enfriamiento y comienza a decaer la temperatura hasta alcanzar los 40 °C, lo recomendable es voltear la pila de compost cuando se eleva la temperatura pero debido a que se voltear manualmente es complicado llevar un proceso adecuado ya que los trabajadores a más de voltear las pilas tienen que recolectar los desperdicios orgánicos producidos diariamente por la empresa, sería de

gran ayuda la implementación de un equipo que facilite esta actividad de tal manera que se la pueda realizar cuando se la requiera, y otros beneficios adicionales serán la disminución del tiempo del proceso, disminución del esfuerzo físico y el control de los olores emanados por las pilas.

4.2.5 Ensayo para encontrar la humedad

El ensayo de la humedad contenida en la pila de compost se lo realizará en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, los resultados serán obtenidos por el “Método de secado por estufa”.

4.2.5.1 Materiales para realizar el ensayo de la humedad



Fig. 4.32: Estufa
Fuente: El autor



Fig. 4.33: Balanza digital
Fuente: El autor



Fig. 4.34: Espátula
Fuente: El autor



Fig. 4.35: Cápsulas de porcelana
Fuente: El autor

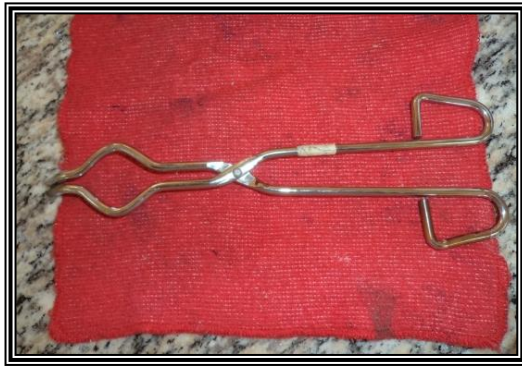


Fig. 4.36: Pinzas
Fuente: El autor



Fig. 4.37: DeseCADOR
Fuente: El autor



Fig. 4.38: Muestras de compost
Fuente: El autor

4.2.5.2 Procedimiento para determinar la humedad

- DeseCADOR las cápsulas de porcelana en la estufa a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por un período de 20 minutos, luego enfriarlas en el desecador.



Fig. 4.39: DeseCADOR de las cápsulas
Fuente: El autor

- Calibrar la balanza digital y pesar todas las cápsulas determinándose de esta manera la tara inicial.



Fig.4.40: *Peso inicial de las cápsulas*
Fuente: *El autor*

- Agregar las muestras de compost con la espátula y medir la cantidad de 10 g.



Fig.4.41: *Peso de 10 g. de compost*
Fuente: *El autor*

- Colocar las muestras en la estufa por el período de dos horas a una temperatura de 105 °C.



Fig.4.42: *Muestras colocadas en la estufa*
Fuente: *El autor*

- Sacar de la estufa y colocar en el desecador por 25 minutos.



Fig. 4.43: Muestras colocadas en el desecador

Fuente: El autor

- Pesar, y anotar la medida final de las cápsulas luego de todo el procedimiento.
- Reemplazar en la fórmula los datos obtenidos para encontrar el porcentaje de humedad del compost

4.2.5.3 Recolección de datos de la humedad

Para el ensayo de la humedad se tomaran 2 muestras de diferentes partes del interior de la pila de compost y para tener resultados más aproximados a la humedad real se harán replicas a cada muestra con la finalidad de obtener más datos y poder conocer la humedad promedio que hay en la pila conforme va evolucionando el tiempo.

Donde:

H = Muestra de la humedad tomada del interior de la pila de compost.

HR = Replica de la muestra de la humedad tomada del interior de la pila de compost.

En la tabla 4.19 se pueden apreciar los datos que se obtuvieron de la humedad de las muestras que se tomaron del interior de la pila de compost, y los valores de sus respectivas replicas antes del proceso de secado en la estufa.

Tabla 4.19: Datos obtenidos de las muestras de la pila de compost antes del secado en la estufa.

DATOS DE LA HUMEDAD DE LA PILA DE COMPOST					
<i>Ensayo</i>	<i>Tiempo (días)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Cápsula vacía gr. (m0)</i>	<i>Cápsula+Muestra antes del desecado (m1)</i>	<i>Cápsula+Muestra después del desecado (m2)</i>
1	15	H 1.1	69,2	79,2	75,1
		H 1.2	82,1	92,1	87,9
		HR 1.1	83,2	93,2	89,2
		HR 1.2	84,9	94,9	90,8
2	15	H 2.1	47,2	57,2	52,2
		H 2.2	69,3	79,3	73,7
		HR 2.1	44,1	54,1	48,7
		HR 2.2	46,5	56,5	51,3
3	22	H 3.1	44,1	54,1	50,5
		H 3.2	69,3	79,3	75,7
		HR 3.1	46,3	56,3	52,4
		HR 3.2	47,2	57,2	53,5
4	22	H 4.1	69,4	79,4	74,7
		H 4.2	137,3	147,3	142,7
		HR 4.1	83,2	93,2	88,3
		HR 4.2	84,9	94,9	90
5	29	H 5.1	46,3	56,3	53,5
		H 5.2	46,5	56,5	53,3
		HR 5.1	44,1	54,1	51,2
		HR 5.2	69,4	79,4	76,4
6	29	H 6.1	83,2	93,2	88
		H 6.2	44,1	54,1	49,1
		HR 6.1	47,2	57,2	52
		HR 6.2	46,7	56,7	51,6
7	36	H 7.1	69,1	79,1	74,9
		H 7.2	66,4	76,4	72
		HR 7.1	74,5	84,5	80,6
		HR 7.2	72,1	82,1	78
8	36	H 8.1	44,6	54,6	49,5
		H 8.2	47,7	57,7	52,8
		HR 8.1	69,9	79,9	74,9
		HR 8.2	45,5	55,5	50,4

Elaborado por: El autor

Tabla 4.19: Datos obtenidos de las muestras de la pila de compost antes del secado en la estufa. (Continuación)

DATOS DE LA HUMEDAD DE LA PILA DE COMPOST					
<i>Ensayo</i>	<i>Tiempo (días)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Cápsula vacía gr. (m0)</i>	<i>Cápsula+Muestra antes del desecado (m1)</i>	<i>Cápsula+Muestra después del desecado (m2)</i>
9	43	H 9.1	44,2	54,2	50,4
		H 9.2	85,7	95,7	91,6
		HR 9.1	88,9	98,9	95
		HR 9.2	76,8	86,8	82,8
10	43	H 10.1	94,3	104,3	99,2
		H 10.2	94,8	104,8	99,9
		HR 10.1	68,9	78,9	73,9
		HR 10.2	46,6	56,6	51,7
11	51	H 11.1	47,5	57,5	52,8
		H 11.2	69,6	79,6	74,8
		HR 11.1	44,7	54,7	49,7
		HR 11.2	136,9	146,9	142,2
12	57	H 12.1	83,3	93,3	88,7
		H 12.2	85,9	95,9	91,5
		HR 12.1	44,3	54,3	49,8
		HR 12.2	69,5	79,5	74,9
13	64	H 13.1	44,3	54,3	50
		H 13.2	70,1	80,1	76,1
		HR 13.1	47,3	57,3	53
		HR 13.2	46,3	56,3	52,2
14	73	H 14.1	69,4	79,4	75,4
		H 14.2	47,4	57,4	53,5
		HR 14.1	69,6	79,6	75,3
		HR 14.2	44,1	54,1	50
15	78	H 15.1	47,2	57,2	53,4
		H 15.2	46,5	56,5	52,4
		HR 15.1	69,4	79,4	75,2
		HR 15.2	137,3	147,3	143,2
16	92	H 16.1	83,2	93,2	89,2
		H 16.2	84,9	94,9	91
		HR 16.1	44,1	54,1	50,1
		HR 16.2	69,3	79,3	75,2

Elaborado por: El autor

Con los datos obtenidos en la tabla 4.19 se obtendrá la humedad aplicando la Ec. 4.1 que se describe a continuación:

$$H = \frac{m1-m2}{m1-mo} * 100 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

m_o = Masa de la cápsula vacía [gr].

m_1 = Masa de la cápsula con la muestra antes de la desecación [gr].

m_2 = Masa de la cápsula con la muestra después de la desecación [gr].

H = Porcentaje de Humedad que contienen las pilas de compost [%].

4.2.5.4 Resultados de la evolución de la humedad

Tabla 4.20: Resultados de la humedad de la pila de compost después del secado en la estufa.

RESULTADOS DE LA HUMEDAD				
<i>Ensayo</i>	<i>Tiempo (días)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Humedad</i>	<i>Promedio</i>
1	15	H 1.1	41	41
		H 1.2	42	
		HR 1.1	40	
		HR 1.2	41	
2	15	H 2.1	50	53
		H 2.2	56	
		HR 2.1	54	
		HR 2.2	52	
3	22	H 3.1	36	37
		H 3.2	36	
		HR 3.1	39	
		HR 3.2	37	

Elaborado por: El autor

Tabla 4.20: Resultados de la humedad de la pila de compost después del secado en la estufa.

(Continuación)

RESULTADOS DE LA HUMEDAD				
<i>Ensayo</i>	<i>Tiempo (días)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Humedad</i>	<i>Promedio</i>
4	22	H 4.1	47	48
		H 4.2	46	
		HR 4.1	49	
		HR 4.2	49	
5	29	H 5.1	28	30
		H 5.2	32	
		HR 5.1	29	
		HR 5.2	30	
6	29	H 6.1	52	51
		H 6.2	50	
		HR 6.1	52	
		HR 6.2	51	
7	36	H 7.1	42	42
		H 7.2	44	
		HR 7.1	39	
		HR 7.2	41	
8	36	H 8.1	51	50
		H 8.2	49	
		HR 8.1	50	
		HR 8.2	51	
9	43	H 9.1	38	40
		H 9.2	41	
		HR 9.1	39	
		HR 9.2	40	
10	43	H 10.1	51	50
		H 10.2	49	
		HR 10.1	50	
		HR 10.2	49	
11	51	H 11.1	47	48
		H 11.2	48	
		HR 11.1	50	
		HR 11.2	47	

Elaborado por: El autor

Tabla 4.20: Resultados de la humedad de la pila de compost después del secado en la estufa.

(Continuación)

RESULTADOS DE LA HUMEDAD				
<i>Ensayo</i>	<i>Tiempo (días)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Humedad</i>	<i>Promedio</i>
12	57	H 12.1	46	45
		H 12.2	44	
		HR 12.1	45	
		HR 12.2	46	
13	64	H 13.1	43	42
		H 13.2	40	
		HR 13.1	43	
		HR 13.2	41	
14	73	H 14.1	40	41
		H 14.2	39	
		HR 14.1	43	
		HR 14.2	41	
15	78	H 15.1	38	41
		H 15.2	41	
		HR 15.1	42	
		HR 15.2	41	
16	92	H 16.1	40	40
		H 16.2	39	
		HR 16.1	40	
		HR 16.2	41	

Elaborado por: El autor

Para poder visualizar como se comporta la humedad dentro del proceso de la pila de compost se tomarán los datos de la humedad promedio para graficar su evolución que se muestra a continuación en la fig. 4.44.

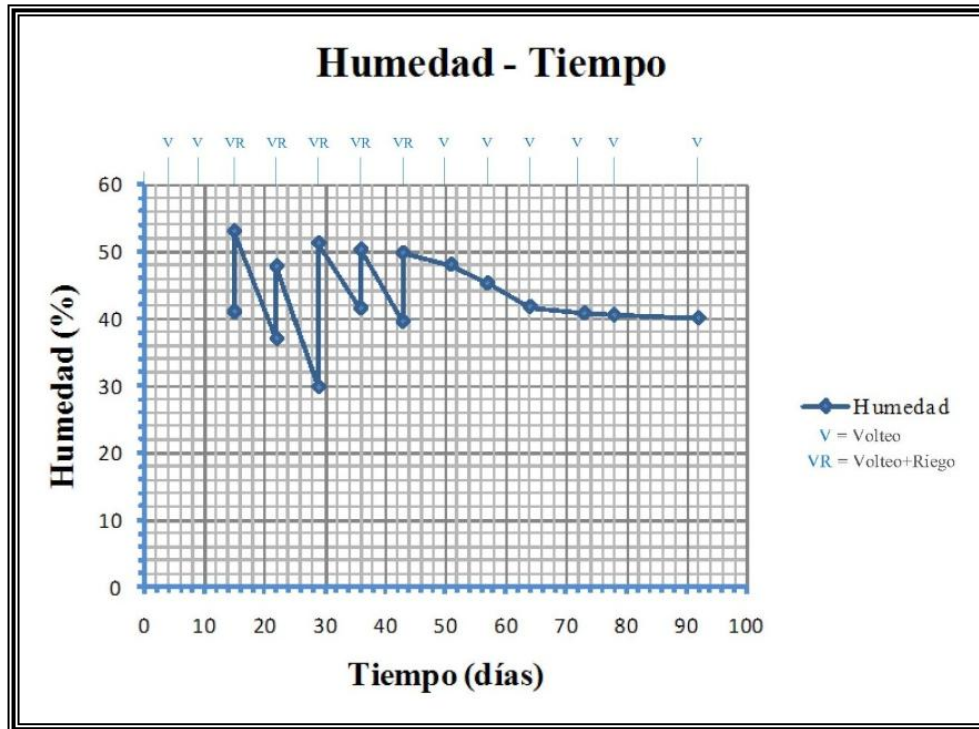


Fig. 4.44: Evolución de la humedad VS tiempo del proceso del compost

Elaborado por: El autor

Como se puede apreciar en la fig. 4.44, luego de cada operación de volteo y riego la humedad se eleva considerablemente llegando a valores de entre (51 - 53) % en las primeras fases del proceso, mientras que en la parte final del compostaje la humedad disminuye hasta estabilizarse en valores del 40%, este valor se sitúa en la humedad mínima para llevar a cabo el proceso de compostaje en condiciones optimas debe estar entre (40 - 60) %, es importante notar el hecho de que en las primeras semanas las operaciones de riego son imprescindibles para no llegar a valores cercanos o incluso inferiores al mínimo, la excesiva humedad se puede controlar volteando las pilas de compost.

4.2.5.5 Ensayo para calcular el PH

Los valores del PH serán medidos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, para este ensayo se tomará como referencia la norma INEN 526 para la determinación de PH.

4.2.5.6 Procedimiento para determinar el PH

- Pesarse exactamente 10 g de muestra y colocarse en un vaso de precipitación; añadir 100 ml de agua destilada recientemente hervida y enfriada.
- Agitar hasta que las partículas queden uniformemente mezcladas a temperatura ambiente, luego dejar el líquido en reposo para que se decante.
- Determinar el PH por lectura directa introduciendo el electrodo en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que este no toque las paredes de recipiente ni las partículas sólidas.

4.2.5.7 Materiales para realizar el ensayo del PH



Fig. 4.45: PH-metro

Fuente: El autor

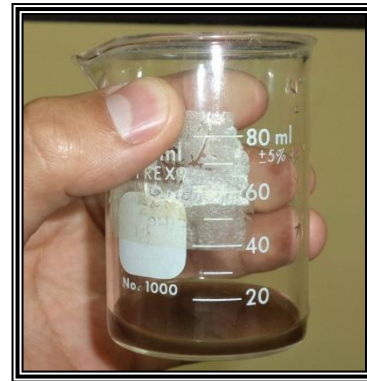


Fig. 4.46: Solución de compost

Fuente: El autor

Tabla 4.21: Resultados obtenidos del ensayo del PH

RESULTADOS DEL PH	
Tiempo (días)	PH
1 Formación de la pila	5,6
7	5,2
14	4,6
21	4,7
28	5,1
35	6,2

Elaborado por: El autor

Tabla 4.21: Resultados obtenidos del ensayo del PH (Continuación)

RESULTADOS DEL PH	
Tiempo (días)	PH
42	7,2
49	8,2
56	7,6
63	7,4
70	7,4
77	7,4
84	7,4
92	7,4

Elaborado por: El autor

En la fig. 4.47 se muestra la evolución del PH durante el proceso de la pila de compost con los datos obtenidos de la tabla 4.21.

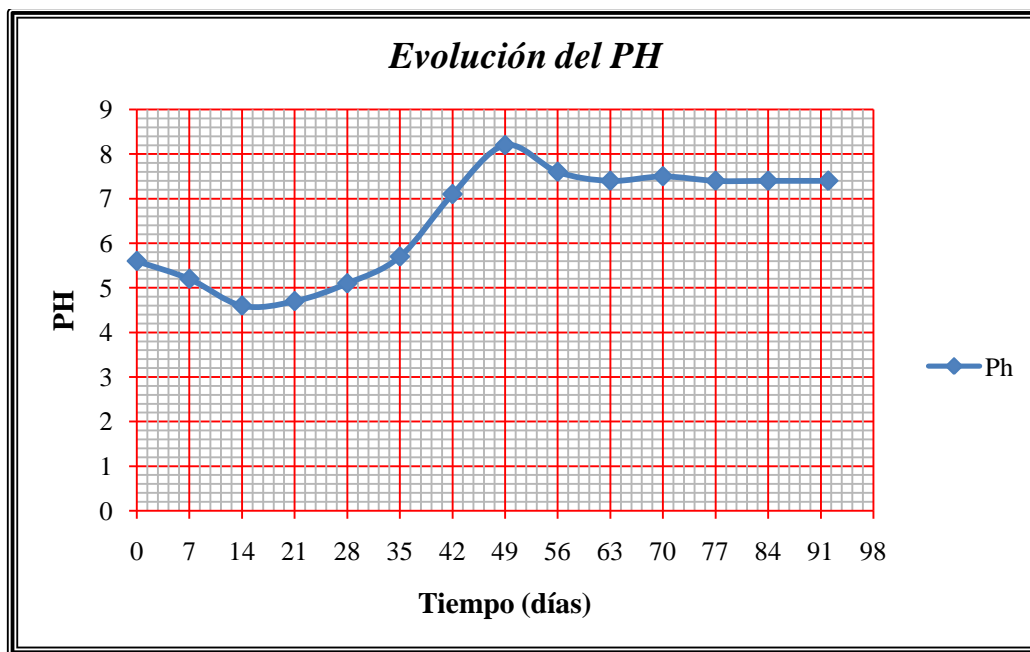


Fig. 4.47: Evolución del PH durante el proceso de la pila de compost

Elaborado por: El autor

Como todos los parámetros que intervienen en el proceso y sufren una variación lo mismo sucede con el PH, el descenso del PH en la fase inicial coincide con el ascenso de temperatura de la fase mesofílica a la fase termofílica, esta fase se

denomina acidogénica. Se da una gran producción de CO y liberación de ácidos orgánicos. Durante la fase termofílica se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de la materia en descomposición, el resultado de estos procesos hacen que se produzca una subida en el PH. Al terminar el proceso del compost el PH se estabiliza llegando a un valor de 7,4 que es un PH neutro.

4.2.6 Tiempo de volteo de la pila de compost

Para realizar el estudio del tiempo de volteo se volteará manualmente la pila de compost diseñada para este estudio, y se medirá el tiempo que se demoran los trabajadores en voltear la pila, esta actividad será realizada por 2 personas que laboran en el área de compostaje, como herramienta de ayuda utilizarán rastrillos.

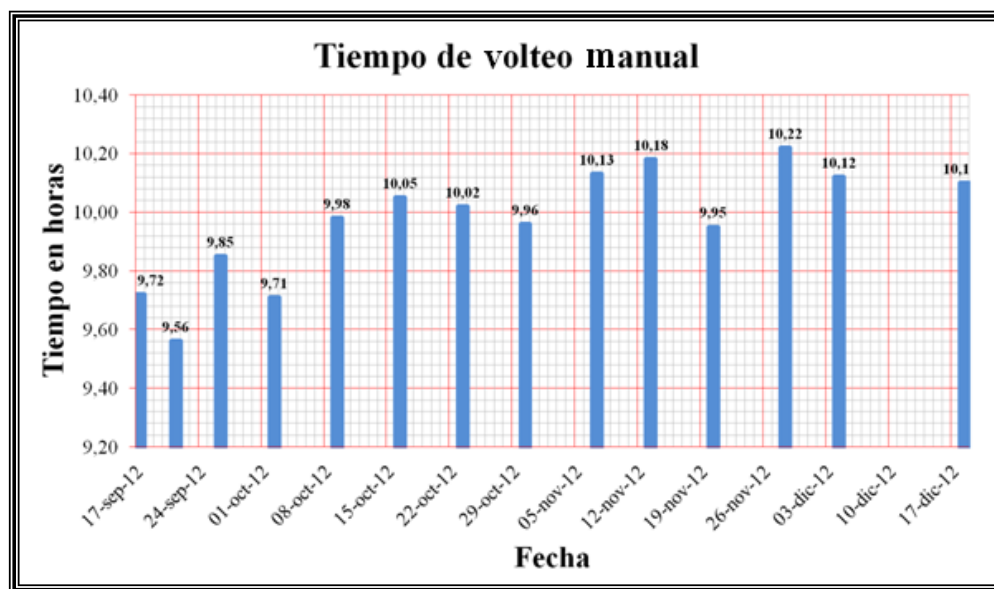


Fig. 4.48: Tiempo de volteo de la pila de compost

Fuente: El autor

En la fig. 4.48 se puede ver que es muy elevado el tiempo de volteo realizado de forma manual llegando a tener un tiempo promedio de 9,95 horas de trabajo, el tiempo de volteo aumenta conforme va evolucionando el proceso, y una de las causas era que a medida que pasaba el tiempo iba disminuyendo el volumen y por ende aumentaba la densidad, lo que hacía que los trabajadores tengan que realizar mayor trabajo, debido al esfuerzo físico que realizan los obreros tienen que descansar

durante períodos cortos de tiempo, aproximadamente de 2 minutos en el menor de los casos y 5 minutos, se pudo apreciar que al final de las operaciones de volteo la mezcla no era homogénea y el volteo no era adecuado, el tiempo empleado en esta actividad puede ser reducido en gran porcentaje con la implementación de una máquina destinada para este fin como son las volteadoras de compost.

4.2.7 Determinación de la madurez



Fig. 4.49: Compost en su fase de madurez.

Fuente: El autor

La fase de madurez se la pudo determinar por la prueba de auto calentamiento a la que se le dio un seguimiento de la temperatura interna de la pila de compost indicando un descenso considerable de esta variable estabilizándose en aproximadamente (40 - 42) °C, y el PH que se equilibró entre (7,3 – 7,6), el color del compost es café oscuro y con un olor similar a tierra, en la fig. 4.49 se aprecia de compost que ya ha terminado su proceso. El tiempo total que duró en terminar el proceso de la pila de compost fue de 92 días, terminando el Martes, 18 de diciembre del 2012.

4.3 ESTUDIO DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VOLTEADORAS

4.3.1 ALTERNATIVA 1.- Volteo de compost mediante pala mecánica (Marca HANOMAG)

4.3.1.1 VENTAJAS

- La principal ventaja es su disponibilidad, puesto que son máquinas relativamente comunes.
- Puede realizar diversos tipos de trabajos donde se requiera aplicar la fuerza.
- Transporta materiales de un lugar a otro con gran facilidad.

4.3.1.2 DESVENTAJAS

- El principal inconveniente de las palas cargadoras es su falta de polivalencia (la cuchara trabaja bien con astillas, pero peor con materiales irregulares, tales como el compost y su relativo alto coste en comparación con otras máquinas alternativas, como los cargadores telescópicos.
- Además, son muy pesadas, al tratarse de máquinas concebidas para el manejo de áridos u otras cargas de alta densidad, por lo que están sobredimensionadas en potencia para lo necesario para la carga de astillas por ejemplo, una pala Komatsu (WA480-6 e) entre 4,5 y 5 metros cúbicos de capacidad de cuchara tiene una potencia de 300 HP y un peso en orden de marcha de 25 Ton.
- No voltea ni oxigena correctamente el compost.
- Las pilas no tienen una mezcla homogénea.
- Se requiere de una persona calificada para manejar esta máquina.

4.3.2 ALTERNATIVA 2.- Volteadora acoplada a la toma de fuerza del tractor

4.3.2.1 VENTAJAS

- Óptima forma de las pilas triangulares y perfecta mezcla gracias al giro de las paletas que se encuentran de forma espiral sobre el cilindro volteador.
- Características óptimas de transporte en pocos minutos, se puede cambiar de la posición de transporte a la posición de trabajo o viceversa mediante un levantamiento hidráulico.

- La pila es volteada completamente con una sola pasada del tractor con la volteadora a lo largo de ella, la pila es volteada por el movimiento del rotor.
- Esta volteadora es acoplable a la toma de fuerza del tractor, es uno de los modelos mas pequeños.
- Fácil operación, es manejada por una sola persona.
- Posición del conductor con total visibilidad fuera de la zona de gases con puesto de trabajo ergonómico.
- Fácil montaje y desmontaje.
- Alta eficiencia de volteo.
- Disminuye considerablemente el tiempo de volteo.
- Construcción robusta.
- Fácil y bajo mantenimiento.
- El rotor es altamente eficaz con un extraordinario mezclado.
- Peso aproximado 1400 Kg.

4.3.2.2 DESVENTAJAS

- Capacidad de volteo 220 – 825 m³/h.

4.3.3 ALTERNATIVA 3.- Volteadora lateral acoplada a la toma de fuerza del tractor

4.3.3.1 VENTAJAS

- Esta tipo de volteadora es acoplable a la toma de fuerza y montada sobre los tres puntos del tractor.
- Fácil montaje y desmontaje.
- Buena resistencia al desgaste.

4.3.3.2 DESVENTAJAS

- Requiere de un terreno extenso para trabajar adecuadamente.

- La forma de la pila es plana.
- La volteadora se desplaza lateralmente y el proceso termina una vez que la máquina ha pasado por toda la pila, creando de esta forma una nueva pila paralela.

4.3.4 ALTERNATIVA 4.- Volteadora de meseta (Marca Vermeer CT1010TX)

4.3.4.1 VENTAJAS

- Actualmente, es la volteadora de compostaje en meseta con el rendimiento más alto voltear entre 1000 y 1500 m³/h es perfectamente posible trabajar con un ancho de extracción de 2 m y una altura de la meseta de 3,5 m.
- Alta resistencia al desgaste de las herramientas, dientes intercambiables en los listones de transporte.
- Chasis de neumáticos anchos muy maniobrable, con dirección pivotante y accionamiento hidrostático de rueda de dos escalones: hasta 3 km/h durante el volteo, hasta 11 km/h para maniobras rápidas.
- Posición del conductor con total visibilidad fuera de la zona de vapores con puesto de trabajo ergonómico: palanca multifunción, informador, de serie con aire acondicionado, filtro de polvo y radio, preparado para ventilación protectora.
- Fácil multiuso en diversas instalaciones: medidas compactas de transporte gracias a la transportadora plegable y la cabina orientable.

4.3.4.2 DESVENTAJAS

- Requieren más espacio para realizar su trabajo con relación a los otros tipos de volteadoras.
- Costo elevado para su adquisición.

4.3.5 ALTERNATIVA 5.- Volteadora triangular SF 420 (Neuson Ecotec)

4.3.5.1 VENTAJAS

- Cuentan con accionamiento hidrostático de rueda o de oruga, dependiendo de las exigencias y de la disponibilidad de espacio.
- Presentan la ventaja de la maniobrabilidad y buena tracción en terrenos muy difíciles.
- Da una óptima forma de la pila triangular y mezcla perfecta gracias al tambor de volteo. Existen diferentes modelos para rendimientos bajos o muy altos.
- La potencia requerida 202 HP. con una capacidad de volteo de 1 800 m³/h.
- La volteadora de compost SF420 es una máquina construida con piezas de larga duración, siendo la alternativa perfecta a máquinas más caras y grandes.
- Es capaz de voltear pilas de hasta 2.1 m de altura máx. y 4.2 m de anchura máx.
- Ideal para producir compost de calidad ya que se garantiza una disponibilidad de oxígeno óptima para bacterias aeróbicas.
- Forma pilas triangulares, idóneo para trabajar con compost, lodos residuales, tierras contaminadas.
- Cabina climatizada, ventanas ahumadas, insonorización, cuadro de mandos ergonómicos.
- Ideal para trabajos en grandes plantas de compostaje.

4.3.5.2 DESVENTAJAS

- Costo elevado.
- Configuración compleja de la maquina.
- Elevado costo de mantenimiento.
- Toma mucho tiempo adquirir los repuestos.
- Grande espacio ocupacional.
- Complejo proceso de construcción.

En la tabla 4.22 se indican las características de cada una de las alternativas de volteadoras de compost la cual facilita la comparación entre equipos.

Tabla 4.22: Características generales de las alternativas de volteadoras de compost

Características:	(Alternativa 1) Pala mecánica	(Alternativa 2) Volteadora acoplada a la toma de fuerza del tractor	(Alternativa 3) Volteadora lateral a la toma de fuerza del tractor	(Alternativa 4) Volteadoras de meseta	(Alternativa 5) Volteadora triangular
Marca:	(HANOMAG)	(ST 200) (Compost Sístems)	(TBU 3P)	(CT1010TX) (Vermeer)	(SF 420) (Neuson Ecotec)
Potencia requerida de trabajo:	300 HP.	20 HP.	140 HP.	215 HP.	202 HP.
Ancho máx. de trabajo:	–	2.2 m	2.45 m	7,7 m	4,2 m
Altura máx. de la pila:	–	1.1 m	4.85 m	6,0 m	2.1 m
Sección máx. de la pila:		1.21 m ²	-	--	4,41 m ²
Capacidad de volteo:	4,5–5 m ³ /cucharra	220 - 825 m ³ /h	1200 m ³ /h	1 000-1 500 m ³ /h	1800 m ³ /h
Tipo de Transporte:	Autopropulsada	Acoplado al tractor	Acoplado al tractor	Autopropulsada	Autopropulsada
Peso:	25 Ton.	1 400 Kg.	3 200 Kg.	19,504.5 Kg	7 000 kg.
Costo:	Aprox. € 200 000	Aprox. \$ 38 622	Aprox. € 60.180	Aprox. € 100.000	Aprox. € 180.000

Elaborado por: El autor

4.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

4.4.1 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Existen varios criterios de evaluación del diseño mecánico como son la seguridad, la confiabilidad, la facilidad de fabricar, facilidad de operación, costo de operación y mantenimientos bajos, tamaño reducido, poco peso, materiales adecuados, la apariencia, la ergonomía; a continuación se presentan los criterios que se consideran los más apropiados para ser utilizados en el proceso de selección de alternativas.

4.4.1.1 Costo

Representa un parámetro determinante al momento de seleccionar una alternativa ya que se involucra no solo el costo inicial de la máquina (materiales, accesorios, manufactura, y tecnología), sino también los costos de operación y mantenimiento. En el caso de la máquina que se desea diseñar, el costo debe ser más competitivo que el de las máquinas usadas y nuevas que se pueden encontrar en el mercado sin dejar de lado la eficiencia y la estética.

4.4.1.2 Versatilidad

Se refiere al comportamiento de cada sistema en un solo conjunto. Es decir, el desempeño de todos los elementos al acoplarse al funcionamiento normal para el que fue diseñada la máquina. Es de gran importancia este parámetro dentro de las máquinas destinadas a la producción.

4.4.1.3 Factibilidad de manufactura

Este criterio implica simplificar los sistemas sin dejar a un lado los beneficios de la tecnología actual. Además, las partes que constituyen los diferentes sistemas deben poder ser construidos con tecnología nacional, con materiales disponibles en el mercado local y componentes de fácil compra.

4.4.1.4 Facilidad de mantenimiento

El mantenimiento en una máquina es vital para prolongar su vida útil. Todos los sistemas y elementos que comprenden la máquina están sujetos a fallos por lo que deben ser diseñados de tal manera que exista la posibilidad de repararlos o reemplazarlos. Esto implica que en la selección de alternativas se debe considerar la facilidad para llegar a un determinado elemento dentro de un conjunto, para la realización de tareas de ensamble y/o mantenimiento.

4.4.1.5 Operación

La máquina debe ser operada por personal con experiencia o previamente capacitado, por lo que no cualquier persona la puede manejar, la operación debe ser revisada en el manual de operación de la máquina para mayor facilidad, el operador debe saber manejar el tractor y los componentes que se acoplen a la máquina.

4.4.1.6 Capacidad de volteo

La capacidad de volteo está dada por el volumen que puede voltear el equipo en un determinado tiempo, de este parámetro depende el tiempo de demora en voltear todo el compost.

4.5 MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS²⁴

El método ordinal corregido de criterios ponderados, se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- **1** si el criterio de las filas es superior (o mejor;>) que el de las columnas.
- **0,5** si el criterio de las filas es equivalente (=) al de las columnas.
- **0** si el criterio de las filas es inferior (o peor;<) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

4.6 VALORACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE VOLTEADORAS

La valoración de los parámetros está dada en la tabla 4.23 y está valorada de acuerdo a su importancia, se cuantifica desde el parámetro más importante hasta el menos importante.

²⁴ (RIBA ROMEVA, 2002)

Tabla 4.23: Valoración de los parámetros para la selección alternativas de volteadoras

Costo > Manufactura > Versatilidad > Cap. de Volteo > Tamaño > Operación = Mantenimiento

Parámetro	Costo	Manufactura	Versatilidad	Cap. de Volteo	Tamaño	Operación	Mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Costo	1	1	1	1	1	1	1	7	0,25
Manufactura	0	1	1	1	1	1	1	6	0,21
Versatilidad	0	0	1	1	1	1	1	5	0,18
Cap. de Volteo	0	0	0	1	1	1	1	4	0,14
Tamaño	0	0	0	0	1	1	1	3	0,11
Operación	0	0	0	0	0	1	0,5	1,5	0,055
Mantenimiento	0	0	0	0	0	0,5	1	1,5	0,055
								28	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.1 MENOR COSTO

Tabla 4.24: Valoración del costo de las alternativas de volteadoras de compost

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 4 > Alternativa 5 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 2	1	1	1	1	1	5	0,33
Alternativa 3	0	1	1	1	1	4	0,27
Alternativa 4	0	0	1	1	1	3	0,20
Alternativa 5	0	0	0	1	1	2	0,13
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.2 FACILIDAD DE MANUFACTURA

Tabla 4.25: Valoración de la facilidad de manufactura

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 4 = Alternativa 5 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 2	1	1	1	1	1	5	0,33
Alternativa 3	0	1	1	1	1	4	0,27
Alternativa 4	0	0	0,5	1	1	2,5	0,165
Alternativa 5	0	0	0,5	1	1	2,5	0,165
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.3 VERSATILIDAD

Tabla 4.26: Valoración de la versatilidad

Alternativa 2 = Alternativa 3 = Alternativa 4 = Alternativa 5 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 2	0,5	0,5	0,5	1	1	3,5	0,233
Alternativa 3	0,5	0,5	0,5	1	1	3,5	0,233
Alternativa 4	0,5	0,5	0,5	1	1	3,5	0,233
Alternativa 5	0,5	0,5	0,5	1	1	3,5	0,233
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.4 CAPACIDAD DE VOLTEO

Tabla 4.27: Valoración de la capacidad de volteo

Alternativa 5 > Alternativa 4 > Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 5	Alternativa 4	Alternativa 3	Alternativa 2	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 5	1	1	1	1	1	5	0,33
Alternativa 4	0	1	1	1	1	4	0,27
Alternativa 3	0	0	1	1	1	3	0,20
Alternativa 2	0	0	0	1	1	2	0,13
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.5 MENOR TAMAÑO

Tabla 4.28: Valoración de las alternativas con relación a su menor tamaño

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 5 > Alternativa 4 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 5	Alternativa 4	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 2	1	1	1	1	1	5	0,33
Alternativa 3	0	1	1	1	1	4	0,27
Alternativa 5	0	0	1	1	1	3	0,20
Alternativa 4	0	0	0	1	1	2	0,13
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.6 FACILIDAD DE OPERACIÓN

Tabla 4.29: Valoración de la facilidad de operación de las alternativas

Alternativa 2 = Alternativa 3 > Alternativa 4 = Alternativa 5 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 2	1	0,5	1	1	1	4,5	0,30
Alternativa 3	0,5	1	1	1	1	4,5	0,30
Alternativa 4	0	0	1	0,5	1	2,5	0,165
Alternativa 5	0	0	0,5	1	1	2,5	0,165
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.7 BAJO MANTENIMIENTO

Tabla 4.30: Valoración de las alternativas con relación a su bajo mantenimiento

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 5 > Alternativa 4 > Alternativa 1

Parámetro	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 5	Alternativa 4	Alternativa 1	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 2	1	1	1	1	1	5	0,33
Alternativa 3	0	1	1	1	1	4	0,27
Alternativa 5	0	0	1	1	1	3	0,20
Alternativa 4	0	0	0	1	1	2	0,13
Alternativa 1	0	0	0	0	1	1	0,07
						15	1,00

Elaborado por: El autor

4.6.8 SUMATORIA DE LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS

Tabla 4.31: Selección de la alternativa más conveniente para el estudio

Parámetro	Costo	Manufactura	Versatilidad	Cap. de Volteo	Tamaño	Operación	Mantenimiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,49	5
Alternativa 2	0,33	0,33	0,233	0,13	0,33	0,30	0,33	1,983	1
Alternativa 3	0,27	0,27	0,233	0,20	0,27	0,30	0,27	1,813	2
Alternativa 4	0,20	0,165	0,233	0,27	0,13	0,165	0,13	1,293	4
Alternativa 5	0,13	0,165	0,233	0,33	0,20	0,165	0,20	1,423	3

Elaborado por: El autor

La alternativa que más se ajusta a nuestras necesidades y conveniente para este estudio es la Alternativa N° 2 con el nombre de volteadora de compost acoplada a la toma de fuerza del tractor.

4.7 CÁLCULO DEL TIEMPO DE VOLTEO UTILIZANDO LA VOLTEADORA DE COMPOST SELECCIONADA

Para este cálculo se elegirá el volumen inicial de la pila de compost que fue diseñada para este estudio, el cual es igual a 21,78 m³, se tomará en cuenta que la volteadora de compost acoplada a la toma de fuerza (alternativa N°2) tiene un rango de capacidad de volteo de (220 – 825) m³/h, esta capacidad depende de la potencia del tractor, para este cálculo se elegirá el rango inferior que es de 220 m³/h que sería en el caso de tener un tractor de baja potencia.

$$\text{Capacidad de volteo} = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$\text{tiempo} = \frac{\text{volumen}}{\text{Capacidad de volteo}}$$

$$tiempo = \frac{21,78 \text{ m}^3}{220 \text{ m}^3/h} = 0,1 \text{ h}$$

4.7.1 Análisis del tiempo de volteo manualmente con respecto al tiempo de la volteadora de compost

Tomando el tiempo promedio del volteo manual del compost que es igual a 9,95 horas y considerando el tiempo que se tarda la volteadora de compost con una capacidad de volteo de 220 m³/h que es igual a 0,195 horas, se puede apreciar en la fig. 4.50 que el tiempo es reducido considerablemente y es más conveniente voltear la pila de compost con la máquina seleccionada que voltear manualmente.

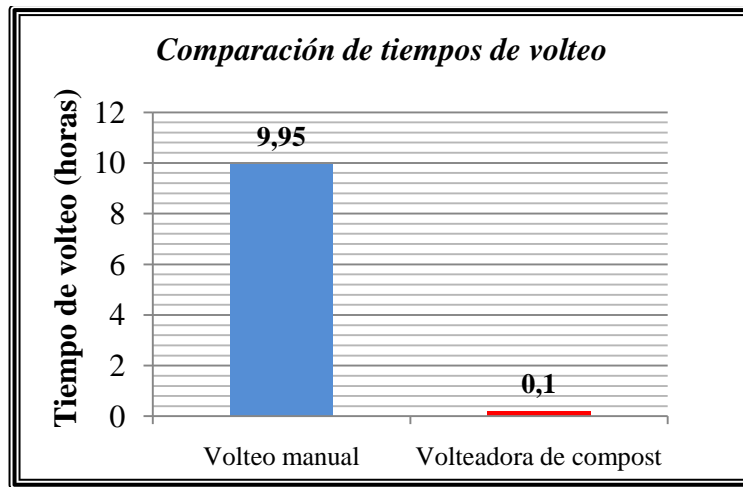


Fig. 4.50: Comparación entre el tiempo de volteo manual y tiempo de la volteadora de compost

Fuente: El autor

La operación de la volteadora de compost disminuye el tiempo de operación en un 98,99 % aproximadamente con respecto al volteo manual, con esto se demuestra que la máquina es altamente eficiente, por lo que se recomienda la utilización de este tipo de equipos destinados para el volteo de compost los mismos que permiten ahorrar tiempo y dinero.

4.7.2 Capacidad de producción (volteo manual)

$$Cp1 = \frac{1}{t_{manual}} = \frac{1}{9,95 h} = 0,1 \frac{pila}{h}$$

4.7.3 Capacidad de producción (volteo mecanizado)

$$Cp2 = \frac{1}{t_{manual}} = \frac{1}{0,1 h} = 10 \frac{pila}{h}$$

La capacidad de volteo mecanizado es mucho mayor que la capacidad de volteo manual por lo que se demuestra que es conveniente el sistema mecanizado.

$$Cp2 > Cp1 \text{ ok.}$$

4.8 DISTRIBUCIÓN RECOMENDADA DE LAS PILAS EN EL ÁREA DE COMPOST

El terreno donde se procesa y se produce el compost tiene una área de aproximadamente 2 375,69 m², es necesario llevar un proceso ordenado y adecuado de tal manera que permita facilitar el trabajo y manejo de las pilas de compost. En la fig. 4.51 se puede ver las medidas de las pilas de compost y la distancia recomendable entre pila y pila cuando se utilice la volteadora de compost, están medidas dadas para facilitar la movilización de la máquina, y en la fig. 4.52 se muestra la distribución recomendada de las pilas en toda el área de compost de la floricultora Nevado Ecuador, esta distribución está dada con la finalidad de optimizar esta área y que almacene la mayor cantidad de compost.

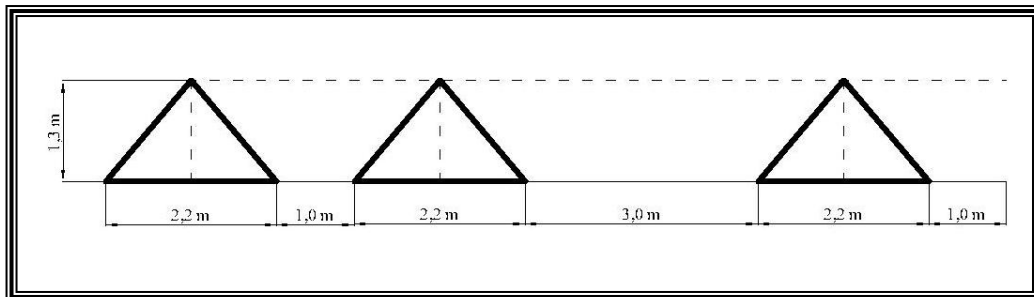


Fig. 4.51: Distancia recomendada de las pilas de compost

Fuente: El autor

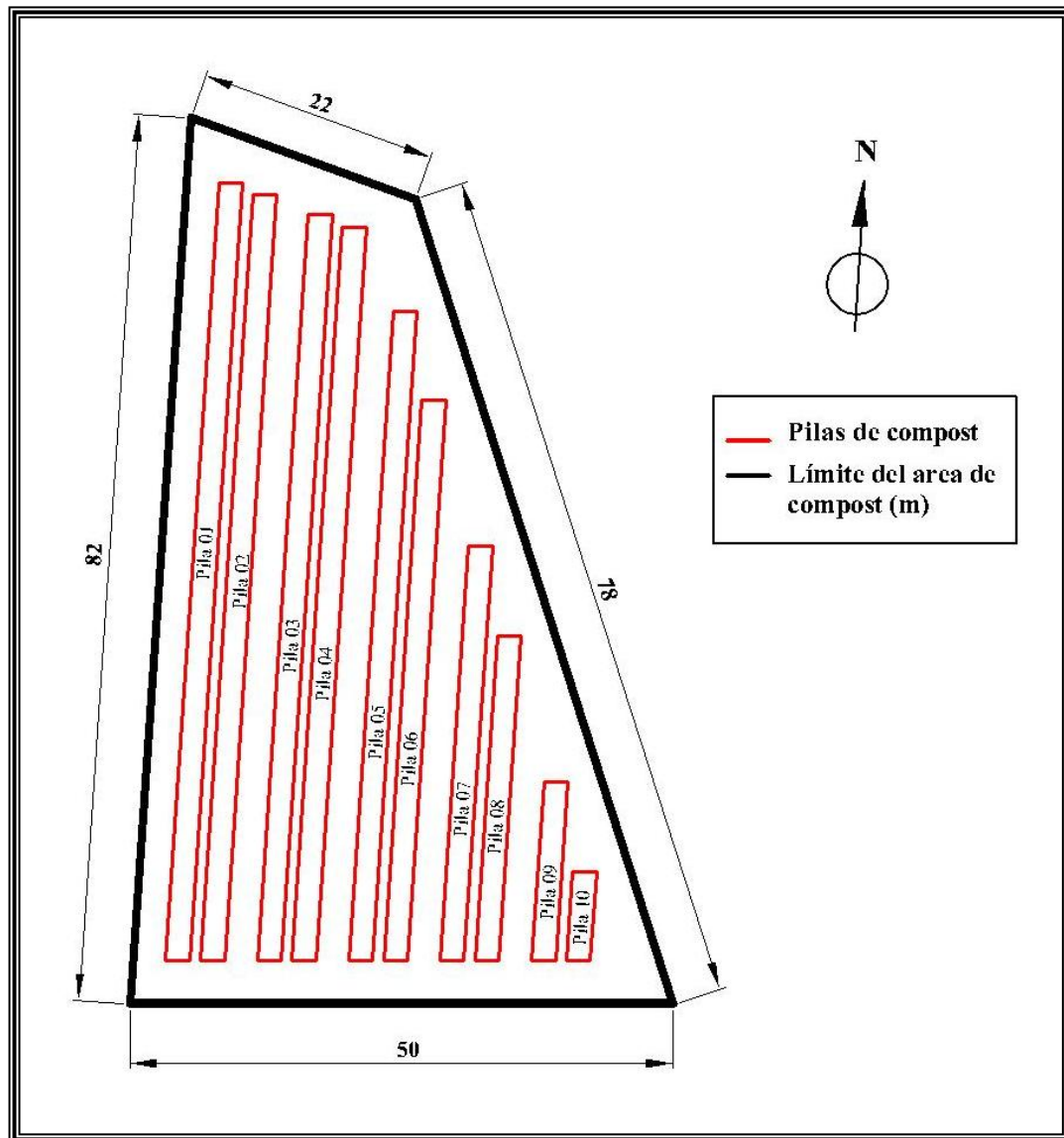


Fig. 4.52: Terreno del área de compost en la floricultora Nevado Ecuador

Fuente El autor

Tabla 4.32: Medidas recomendadas de las pilas de compost

Nº de Pila	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Área de base (m ²)	Volumen del compost (m ³)
1	2,2	1,3	72	158,4	205,92
2	2,2	1,3	71	156,2	203,06
3	2,2	1,3	69	151,8	197,34
4	2,2	1,3	68	149,6	194,48
5	2,2	1,3	60	132	171,6

Fuente: El autor

Tabla 4.32: Medidas recomendadas de las pilas de compost (continuación)

N° de Pila	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Área de base (m²)	Volumen del compost (m³)
6	2,2	1,3	52	114,4	148,72
7	2,2	1,3	38	83,6	108,68
8	2,2	1,3	30	66	85,8
9	2,2	1,3	17	37,4	48,62
10	2,2	1,3	8	17,6	22,88
TOTAL				1067	1387,10

Fuente: El autor

El área útil del terreno es de 1067 m² donde se alojarán las pilas de compost y el volumen total aproximado de compost que puede ser procesado y distribuido adecuadamente es de 1387,10 m³, para la selección de la volteadora de compost es recomendable elegir una que su capacidad de volteo sea mínima ya que la producción de compost en esta empresa es para su autoconsumo y no es a gran escala.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El compost que se produce en la floricultora Nevado Ecuador está compuesta por los desechos orgánicos que se generan en el interior de la empresa, estos son los restos de la producción de rosas y pastos, entre los componentes que tenemos son: tallos, flores, hojas, y pastos.

Se concluye que el historial de las variables que intervienen en el compostaje es indispensable para llevar un proceso ordenado y adecuado, a fin de conocer que parámetros hay que medir y el tratamiento que debe tener cada pila de compost.

El tamaño inicial de la materia orgánica triturada influye directamente en el proceso ya que esto hace que se eleve rápidamente la temperatura interna de la pila de compost, y por lo tanto acelera su tiempo de producción.

Las pilas deben ser volteadas en forma regular, ya sea de forma manual, con máquinas especialmente destinadas a éste fin (volteadoras de compost) o también se pueden usar cargadores frontales, pero conlleva el riesgo de no lograr un mezclado apropiado del material en proceso.

Las operaciones de volteo sirven para homogenizar la mezcla y su temperatura, con el objetivo de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, elevándose otra vez en caso que el proceso no haya terminado.

La temperatura y el olor indican cuando es necesario voltear la pila, los olores fuertes, las elevadas y bajas temperaturas señalan la necesidad de oxigenación. La variación de las temperaturas durante el proceso deben considerarse ideales en el siguiente rango: Fase Mesofílica (5.0 – 5.5) °C. Fase Termofílica (60 - 70) °C, Fase de Enfriamiento (70 -40) °C, Fase de maduración (Se estabiliza en 40 °C).

Al final de la primera semana de compostaje, el tamaño la pila disminuye apreciablemente, y aun mas al final de la segunda semana. Esto puede hacer prudente mezclar dos pilas en la misma etapa y continuar volteando según lo programado, así se gana espacio y se puede procesar mas pilas de compost.

El análisis de resultados de las capacidades de producción dio como resultado positivo al volteo mecanizado frente al volteo manual siendo necesario un mecanismo que facilite el proceso.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar un historial de cada pila de compost, desde el inicio, y hasta el final de la evolución de sus parámetros, lo que permitirá realizar un cronograma de actividades para llevar un proceso adecuado y ordenado de las pilas de compost.

El tamaño inicial de la materia orgánica triturada debe estar en el rango de (0,5 – 1,0) cm para que se eleve rápidamente la pila de compost y se pueda acelerar la producción de abono orgánico.

Preparar adecuadamente la capa superficial del terreno durante el proceso de las pilas de compost para proteger que no se filtren los lixiviados y se contaminen las capas internas del suelo.

Es recomendable dar un mantenimiento adecuado a los equipos que son utilizados para la producción de abono orgánico, con la finalidad de llevar un proceso continuo

de las pilas de compost, y no existan tiempos de pare que influirían en el tiempo de finalización del proceso.

El cuadro de ponderaciones muestra que la alternativa recomendable para implementarse es la número 2 (Volteadora de compost acoplada al tractor).

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

La propuesta consiste en el diseño y construcción de una volteadora de compost destinada para la producción de abono orgánico en el área de compost de la floricultora Nevado Ecuador. Esta máquina estará presente cuando se requiera hacer operaciones de volteo durante el proceso de las pilas de compost.

Tabla 6.1: Datos generales de la propuesta

DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA	
Ejecutor:	<i>Edisson Antonio Lozada Vinces</i>
Descripción:	<i>Volteadora de compost</i>
Capacidad de Volteo:	<i>375 m³/h</i>
Construcción:	<i>Taller particular</i>
Lugar de ensayos:	<i>Área de compost de la floricultora Nevado Ecuador</i>
Beneficiario:	<i>Floricultora Nevado Ecuador</i>
Tiempo de ejecución:	<i>2 meses</i>
Costo:	<i>\$ 6 807,30</i>

Fuente: El autor

La máquina está compuesta por diferentes elementos mecánicos como:

- a) Cubierta.
- b) Rotor.
- c) Caja reductora de velocidades.
- d) Base de la volteadora.
- e) Llantas.

f) Cilindro hidráulico.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Las volteadoras de compost permiten mejorar la producción del abono orgánico durante el tiempo que dure su proceso, los parámetros que controla esta máquina son: disminución considerable en el tiempo de volteo y oxigenación del compost, ordenar el proceso, controlar la temperatura interna de la pila, reduce el tiempo total de producción, minimiza el esfuerzo físico, tecnifica este tipo de trabajo.

El terreno donde se realizarán las pruebas de funcionamiento de la volteadora de compost que se diseñará y construirá para este estudio pertenece al área de compostaje de la empresa Nevado Ecuador.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran cantidad de desperdicios de origen orgánico que se generan diariamente en la floricultora Nevado Ecuador es necesario aprovecharlos para que no se conviertan en un problema que contamine al medio ambiente y se conviertan en utilidades, para conseguir esto debemos tecnificar el proceso de compost que se realiza dicha empresa, el objetivo es utilizar estos desperdicios para producir abono orgánico y que sirva para su autoconsumo.

Esta actividad se convierte en un beneficio directo para mejorar la producción florícola en la empresa y en el ámbito económico un ahorro considerable, por lo que se recomienda tecnificar este proceso con la implementación de máquinas que operen eficientemente, con los antecedentes de este estudio se justifica la implementación de la volteadora de compost, de tal manera que se reduzcan los egresos económicos por concepto de volteo.

El propósito es cambiar el manejo de las pilas y mantenerlas ordenadas para facilitar su proceso.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

Diseñar y construir una volteadora de compost para mejorar el proceso del abono orgánico en la floricultora Nevado Ecuador y que cumpla con los requerimientos de trabajo de las personas que laborarán en ella.

6.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características generales de la volteadora de compost seleccionada tomando en consideración la capacidad de volteo requerida.
- Establecer una configuración sencilla para la volteadora de compost seleccionada que permita su fácil ensamblaje y mantenimiento.
- Estimar la eficiencia de la capacidad de volteo real producida por la volteadora de compost con respecto al volteo manual.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.5.1 Factibilidad Técnica

La propuesta se puede llevar a efecto debido a que se dispone de la información necesaria para el diseño y construcción de la volteadora de compost seleccionada. En base al estudio que se realizó del proceso del compost realizado en la floricultora Nevado Ecuador, se puede dimensionar la máquina de manera adecuada para que cumpla con los requerimientos necesarios. En cuanto a la construcción, sí existe disponibilidad de los materiales necesarios para el funcionamiento satisfactorio de la máquina.

6.5.2 Factibilidad Económico - Financiero

La factibilidad económico - financiera se refiere al egreso total de dinero necesario para la construcción de la volteadora de compost seleccionada y el financiamiento de dichos gastos.

Para este estudio sí existe factibilidad económica debido a que la empresa Nevado Ecuador financia la construcción. Los beneficios de la implementación serán varios como ya se ha mencionado.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VOLTEADORA DE COMPOST SELECCIONADA

6.6.1.1 Dimensiones de la volteadora de compost seleccionada

El diseño se inicia con las medidas que van a tener las pilas de compost, para tener un proceso ordenado las medidas de estas deben ser generalizadas para lo cual tendrán las siguientes medidas: base = 2,20 m, altura = 1,10 m, y la longitud varía de acuerdo a las dimensiones del terreno, tomando en cuenta dichas medidas la máquina tendrá las medidas que se muestran en la fig. 6.1 y tabla 6.2.

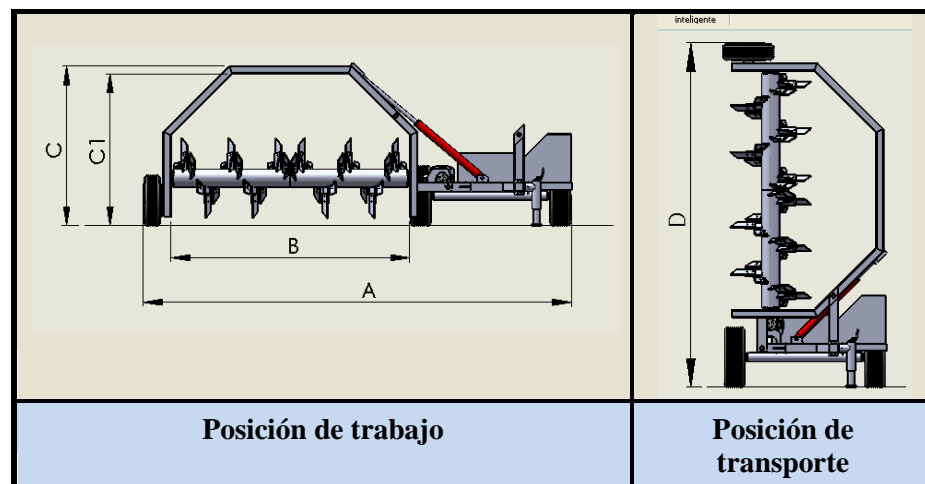


Fig. 6.1: Posiciones de la volteadora de compost

Fuente: El autor

Tabla 6.2: Dimensiones de la volteadora de compost

Designación	Denominación	Unidades	Medidas
A	Ancho total	(m)	4,50
B	Ancho de paso	(m)	2,50
C	Alto total	(m)	1,55
C1	Alto de paso	(m)	1,63
D	Alto de transporte	(m)	3,60

Elaborado por: El autor

6.6.2 DISEÑO MECÁNICO DE LA VOLTEADORA DE COMPOST CON ACOPLA AL TDF DEL TRACTOR

Datos de diseño:

- Salida de la toma de fuerza del tractor (TDF): 540 rpm.
- Rotación de la barra sin fin: 270 rpm
- Altura máx. de la pila: 1,1 m
- Base máx. de la pila: 2,2 m
- Área triangular de la pila: 1,21 m²
- Capacidad de volteo: 375 m³/h
- Longitud de la paleta: 0,275 m

Para diseñar la volteadora de compost debemos tener claro el material con el que se va a trabajar, en este caso se va a seleccionar el material más denso debido a que esta sería la opción más desfavorable para la máquina.

Tabla 6.3: Densidades de los materiales utilizados para composta

COMPONENTE	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
Materia orgánica	250
Guano (estiércol)	500
Compost maduro	850
Lodo	1200

Elaborado por: El autor

Debido a que el lodo es el componente más denso dentro de los componentes de la tabla 6.3 por lo tanto será seleccionado para el diseño de la volteadora de compost.

6.6.2.1 CÁLCULO DE LAS FUERZAS EJERCIDAS EN EL ROTOR

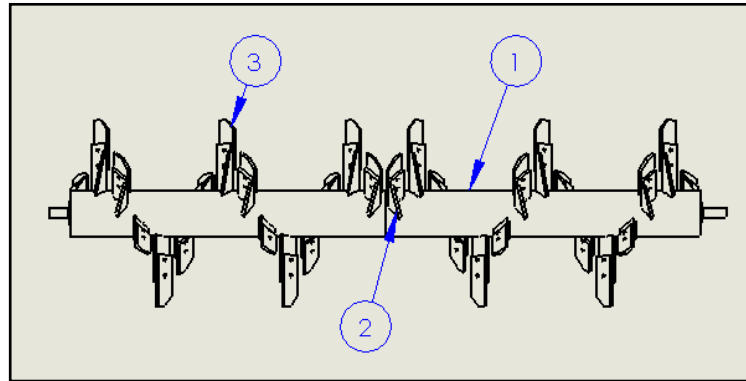


Fig. 6.2: Partes del rotor
Fuente: El autor

- 1) Cilindro.
- 2) Base de la paleta.
- 3) Paleta.

Cálculo de la fuerza que soporta la paleta para levantar el compost

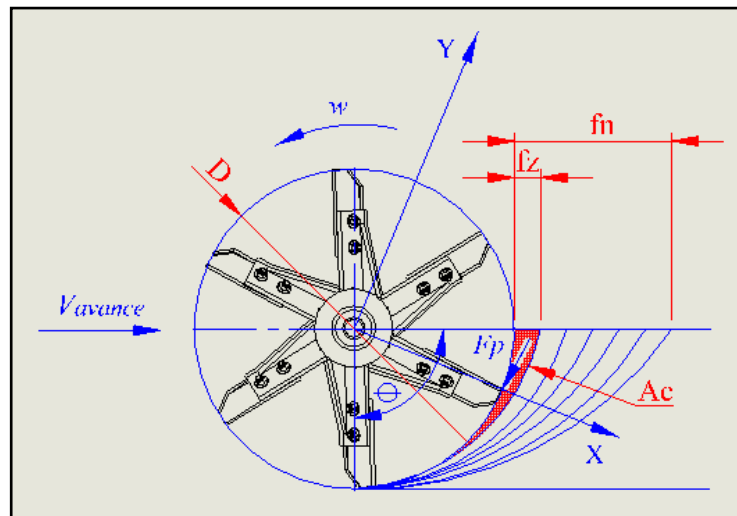


Fig.6.3: Fuerza del compost ejercida en la paleta (F_p)
Fuente: El autor

$$t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{1 \text{ rev}}{270 \text{ rpm}} = 3,70 \times 10^{-3} \text{ min} = 0,22 \text{ seg}$$

La velocidad de avance del rotor (v_{avance}) es la siguiente:

$$\dot{V} = V \cdot \omega$$

$$V = A_{pila} \cdot e$$

$$e = v_{avance} \cdot t$$

$$\dot{V} = A_{pila} \cdot e \cdot \omega$$

$$\dot{V} = A_{pila} \cdot v_{avance} \cdot t \cdot \omega$$

$$v_{avance} = \frac{\dot{V}}{A_{pila} \cdot t \cdot \omega} \left[\frac{m}{seg} \right] \quad \text{Ec. (6.1)}$$

Donde:

v_{avance} = Velocidad lineal del rotor. [m/seg]

\dot{V} = Flujo volumétrico del compost. [m³/seg]

A = Área triangular de la pila de compost. [m²]

t = Tiempo que se demora en girar 1 rev. [seg]

ω = Velocidad angular del rotor. [rev/seg]

Al reemplazar valores, se tiene:

$$v_{avance} = \frac{0,104 \text{ m}^3/\text{seg}}{1,21 \text{ m}^2 \cdot 0,22 \text{ seg} \cdot 4 \text{ rev/seg}} = 0,097 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 5,82 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Flujo másico del compost (\dot{m})

La masa del compost volteada en minutos será:

$$\dot{m} = \dot{V} * \delta_{lodo} \quad Ec. (6.2)$$

Donde:

\dot{m} = Flujo másico del compost. [kg/min]

\dot{V} = Flujo volumétrico. [m³/min]

δ_{lodo} = Densidad del lodo [kg/m³]

$$\dot{m} = 6,25 \frac{m^3}{min} * 1200 \frac{kg}{m^3} = 7500 \frac{kg}{min}$$

Avance por cada paleta (f_z)

$$f_z = \frac{v_{avance}}{\omega \cdot Z} \quad Ec. (6.3)$$

Donde:

f_z = Avance del rotor por cada paleta. [m]

ω = Velocidad angular del rotor. [rpm]

Z = Número de paletas en 1 revolución

$$f_z = \frac{5,82 \frac{m}{min}}{270rpm * 6_{paletas}} = 3,60 * 10^{-3} \frac{m}{paleta}$$

Avance del rotor por cada revolución (f_n)

$$f_n = f_z * Z \quad Ec. (6.4)$$

$$f_n = 3,60 * 10^{-3} \frac{m}{paleta} * 6_{paleta}$$

$$f_n = 0,0215 m$$

Longitud efectiva de trabajo (L_o)

$$L_o = \theta * D_t \quad \text{Ec. (6.5)}$$

Donde:

L_o = Longitud efectiva de trabajo de las paletas. [m]

θ = Ángulo efectivo de trabajo. [rad]

D_t = Diámetro de trabajo del rotor. [m]

$$L_o = \frac{\pi \text{ rad}}{2} * 731,4 \text{ mm} = 1\,148,88 \text{ mm} = 1,15 \text{ m}$$

Sección del compost que levantará cada paleta (A_c)

$$A_c = L_o * f_n \quad \text{Ec. (6.6)}$$

$$A_c = 1,15 \text{ m} * 0,0215 \text{ m} = 0,0247 \text{ m}^2$$

Volumen del compost que levantará cada paleta (V_c)

$$V_c = A_c * S \quad \text{Ec. (6.7)}$$

$$V_c = 0,0247 \text{ m}^2 * 0,0818 \text{ m} = 2,02 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_c = 2,02 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

Masa del compost que levantará cada paleta (m_p)

$$m_p = V_c * \delta_{\text{todo}} = 2,02 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2,43 \text{ kg}$$

Fuerza ejercida por cada paleta (F_p)

$$F_p = m_p * g = 2,43 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 23,84 \text{ N}$$

Fuerza total ejercida por las paletas (F_{TP})

$$F_{TP} = F_p * 30_{\text{paletas}} = 23,84 \text{ N} * 30 = 715,20 \text{ N}$$

Torque ejercido por el rotor (T_r)

$$T_r = F_{TP} * R_t \quad \text{Ec. (6.8)}$$

$$T_r = 715,20 \text{ N} * 0,3657 \text{ m} = 261,55 \text{ N.m}$$

Potencia requerida para girar el rotor (H_r)

$$H_r = T_r * \omega = 261,55 \text{ N.m} * 28,27 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 7\,394,02 \text{ W} = 9,91 \text{ HP}$$

Diagrama de fuerza en la paleta

La carga ejercida sobre la paleta en condiciones normales es distribuida, pero para la condición más crítica se le toma como puntual en el extremo de la paleta ($F_{TP} = P1$) como se puede observar en la fig. 6.4 que se muestra a continuación.

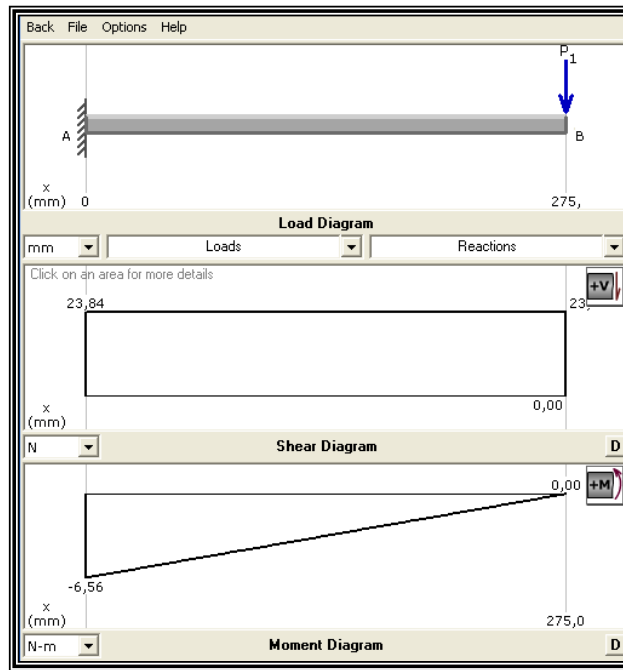


Fig. 6.4: Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores
Fuente: El autor

Cálculo de las fuerzas ejercidas en las paletas

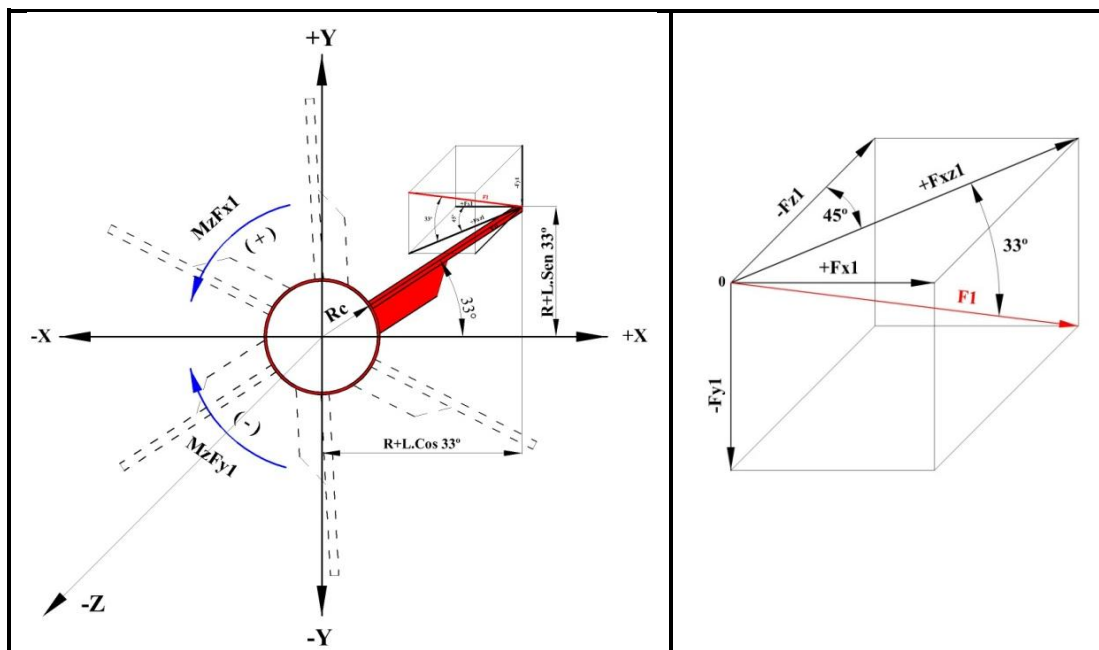


Fig. 6.5: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 01 (33°)
Fuente: El autor

$$F_{y1} = -F_p * \text{Sen } 33^\circ = -23,84 \text{ N} * \text{Sen } 33^\circ = -13 \text{ N}$$

$$F_{xz1} = F_p * \text{Cos } 33^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Cos } 33^\circ = + 20 \text{ N}$$

$$F_{x1} = F_{xz1} * \text{Sen } 45^\circ = 20 \text{ N} * \text{Sen } 45^\circ = + 14,14 \text{ N}$$

$$F_{z1} = -F_{xz1} * \text{Cos } 45^\circ = -20 \text{ N} * \text{Cos } 45^\circ = - 14,14 \text{ N}$$

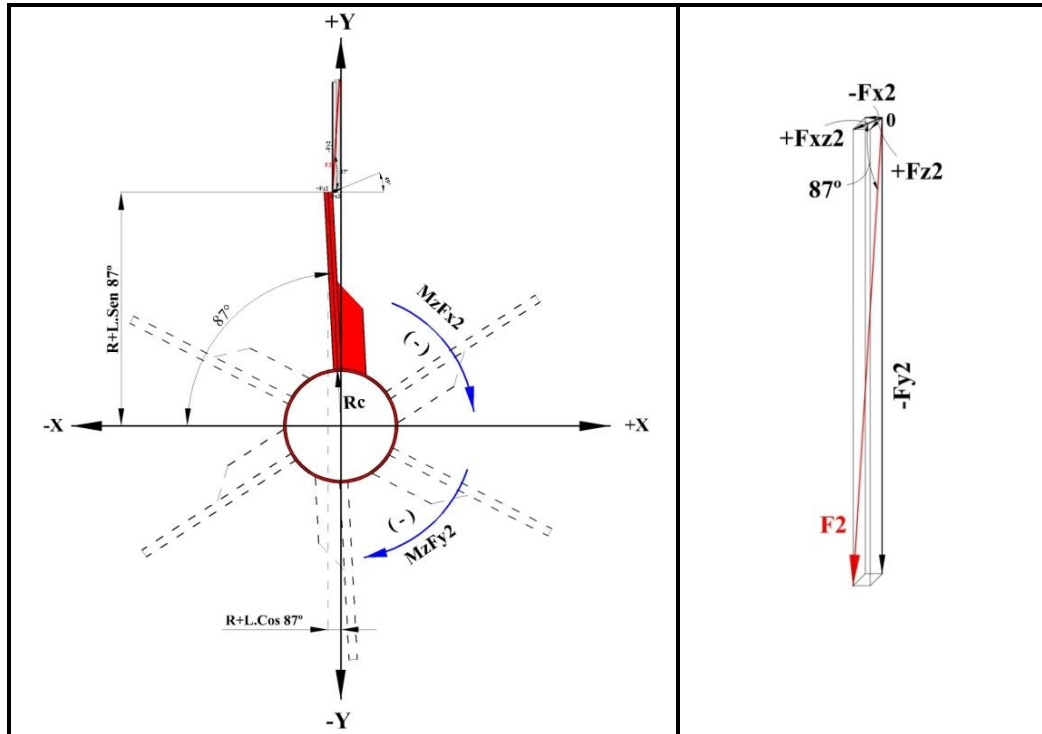


Fig. 6.6: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 02 (93°)

Fuente: El autor

$$F_{y2} = -F_p * \text{Sen } 87^\circ = -23,84 \text{ N} * \text{Sen } 87^\circ = - 23,80 \text{ N}$$

$$F_{xz2} = F_p * \text{Cos } 87^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Cos } 87^\circ = + 1,25 \text{ N}$$

$$F_{x2} = -F_{xz2} * \text{Sen } 45^\circ = -1,25 \text{ N} * \text{Sen } 45^\circ = - 0,88 \text{ N}$$

$$F_{z2} = F_{xz2} * \text{Cos } 45^\circ = 1,25 \text{ N} * \text{Cos } 45^\circ = + 0,88 \text{ N}$$

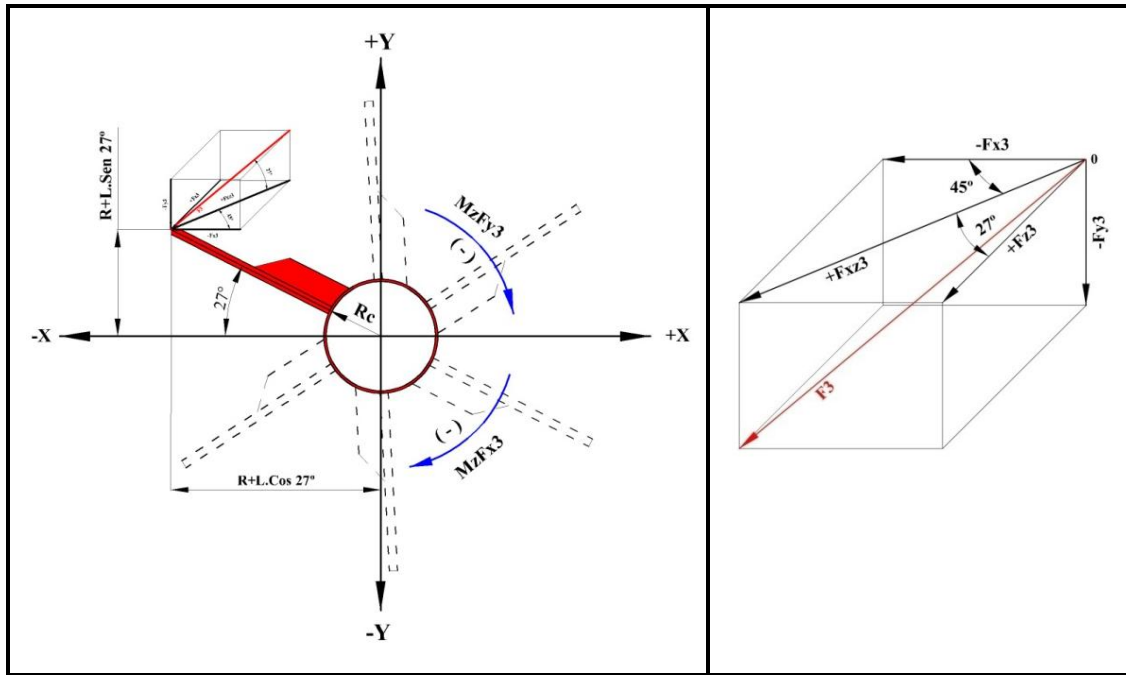


Fig. 6.7: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 03 (153°)

Fuente: El autor

$$F_{y3} = -F_p * \text{Sen}27^\circ = -23,84 \text{ N} * \text{Sen} 27^\circ = - 10,82 \text{ N}$$

$$F_{xz3} = F_p * \text{Cos} 27^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Cos} 27^\circ = + 21,24 \text{ N}$$

$$F_{x3} = -F_{xz3} * \text{Sen} 45^\circ = -21,24 \text{ N} * \text{Sen} 45^\circ = - 15 \text{ N}$$

$$F_{z3} = F_{xz3} * \text{Cos} 45^\circ = 21,24 \text{ N} * \text{Cos} 45^\circ = + 15 \text{ N}$$

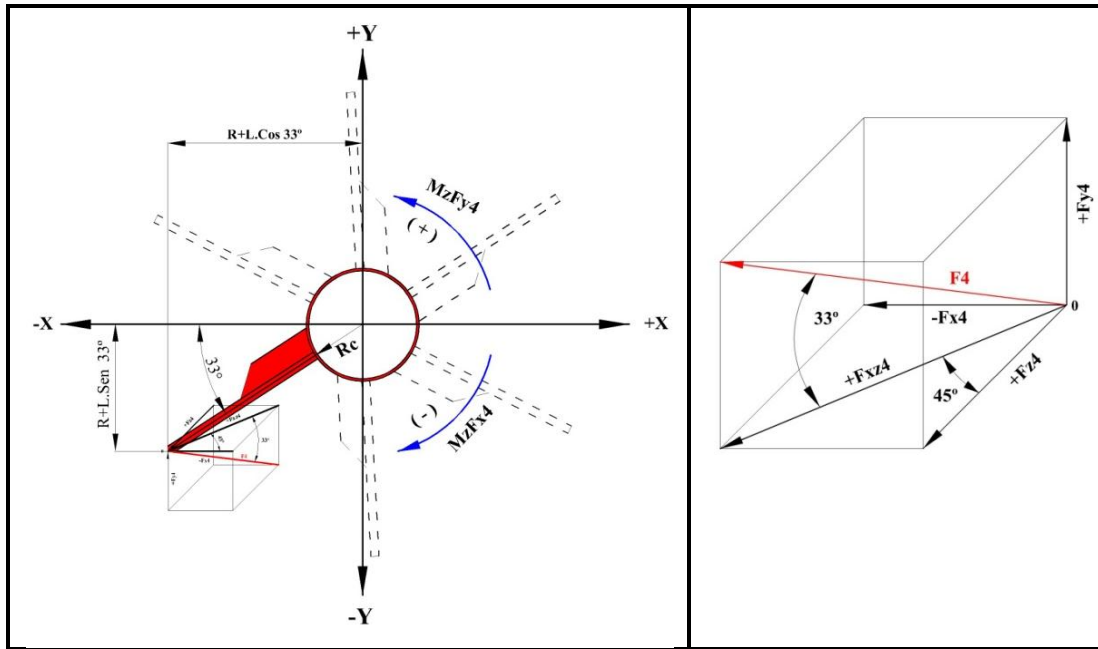


Fig. 6.8: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 04 (213°)

Fuente: El autor

$$F_{y4} = F_p * \text{Sen } 33^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Sen } 33^\circ = +13 \text{ N}$$

$$F_{xz4} = F_p * \text{Cos } 33^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Cos } 33^\circ = +20 \text{ N}$$

$$F_{x4} = -F_{xz4} * \text{Sen } 45^\circ = -20 \text{ N} * \text{Sen } 45^\circ = -14,14 \text{ N}$$

$$F_{z4} = F_{xz4} * \text{Cos } 45^\circ = 20 \text{ N} * \text{Cos } 45^\circ = +14,14 \text{ N}$$

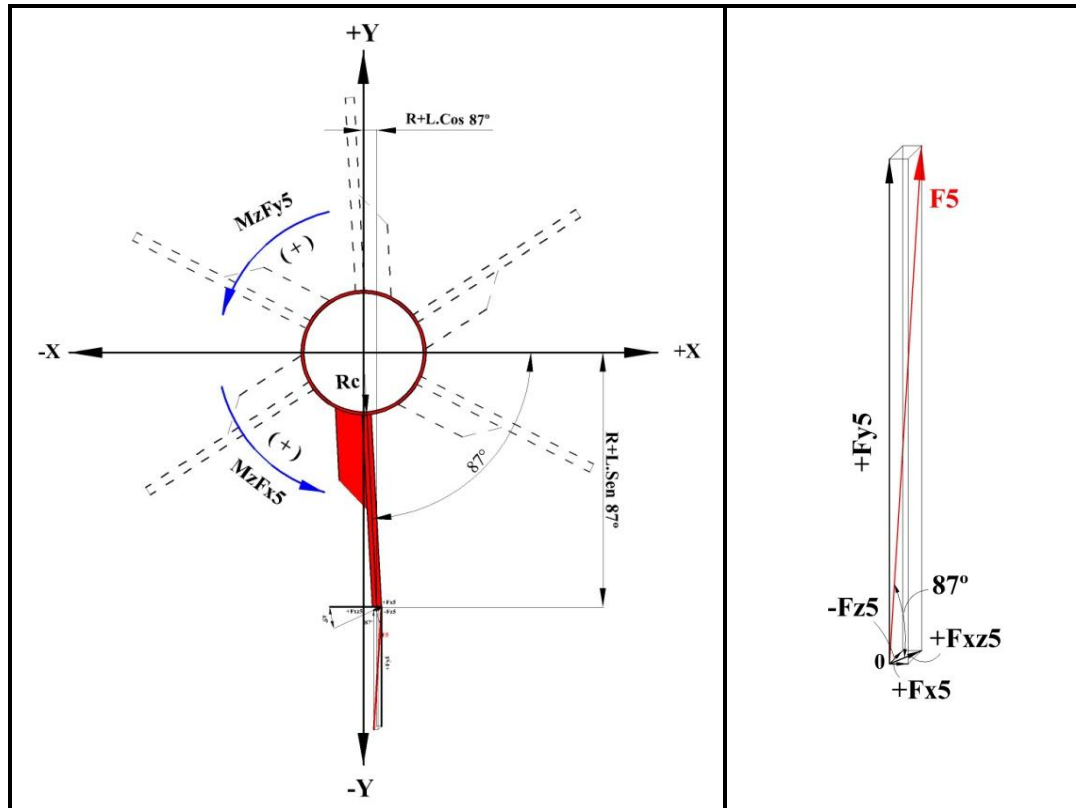


Fig. 6.9: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 05 (273°)

Fuente: El autor

$$F_{y5} = F_p * \text{Sen } 87^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Sen } 87^\circ = + 23,80 \text{ N}$$

$$F_{xz5} = F_p * \text{Cos } 87^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Cos } 87^\circ = + 1,25 \text{ N}$$

$$F_{x5} = F_{xz5} * \text{Sen } 45^\circ = 1,25 \text{ N} * \text{Sen } 45^\circ = + 0,88 \text{ N}$$

$$F_{z5} = - F_{xz5} * \text{Cos } 45^\circ = -1,25 \text{ N} * \text{Cos } 45^\circ = - 0,88 \text{ N}$$

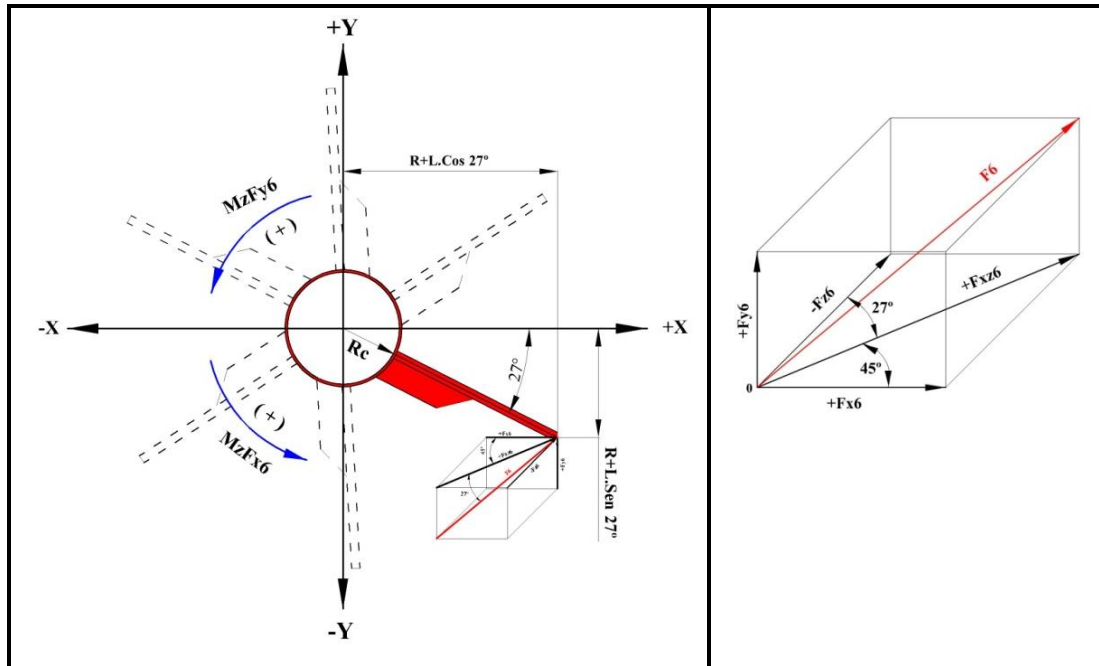


Fig. 6.10: Diagrama de fuerzas de la paleta N° 06 (333°)

Fuente: El autor

$$F_{y6} = F_p * \text{Sen } 27^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Sen } 27^\circ = +10,82 \text{ N}$$

$$F_{xz6} = F_p * \text{Cos } 27^\circ = 23,84 \text{ N} * \text{Cos } 27^\circ = +21,24 \text{ N}$$

$$F_{x6} = F_{xz6} * \text{Sen } 45^\circ = 21,24 \text{ N} * \text{Sen } 45^\circ = 15 \text{ N}$$

$$F_{z6} = - F_{xz6} * \text{Cos } 45^\circ = -21,24 \text{ N} * \text{Cos } 45^\circ = - 15 \text{ N}$$

Debido a que el rotor está compuesto por dos espirales de 2,5 revoluciones cada una, se calcularon las fuerzas de las primeras 6 paletas que es el número de componentes en una revolución, esto debido a que las fuerzas se repiten al continuar el cálculo de la espiral, con estos resultados se pueden calcular las reacciones producidas en el rotor, este cálculo se demuestra a continuación:

Cálculo de las reacciones producidas en el rotor

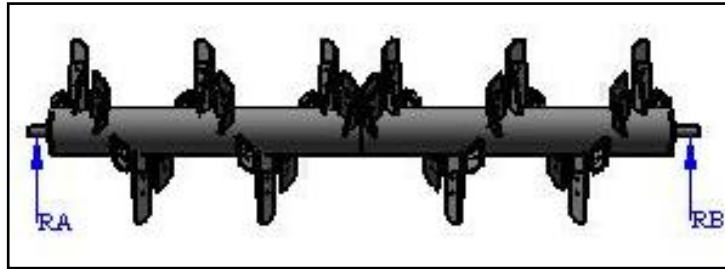


Fig. 6.11: Diagrama de las reacciones del rotor

Fuente: El autor

Reacciones en el plano (y -z)

$$\Sigma F_y^{\uparrow} = 0$$

$$RA_y - 13N - 23,80N - 10,82N - 10,82N - 23,80N - 13N + RB_y = 0$$

$$RA_y + RB_y - 95,24 N = 0$$

$$RA_y = +47,62 N$$

$$RB_y = +47,62 N$$

Reacciones en el plano (x -z)

$$\Sigma F_x^{\rightarrow} = 0$$

$$RA_x + 14,14N - 0,88N - 15N - 15N - 0,88N + 14,14N + RB_x = 0$$

$$RA_x + RB_x - 3,48 N = 0$$

$$RA_x = +1,74 N$$

$$RB_x = +1,74 N$$

Cálculo de los momentos en las paletas

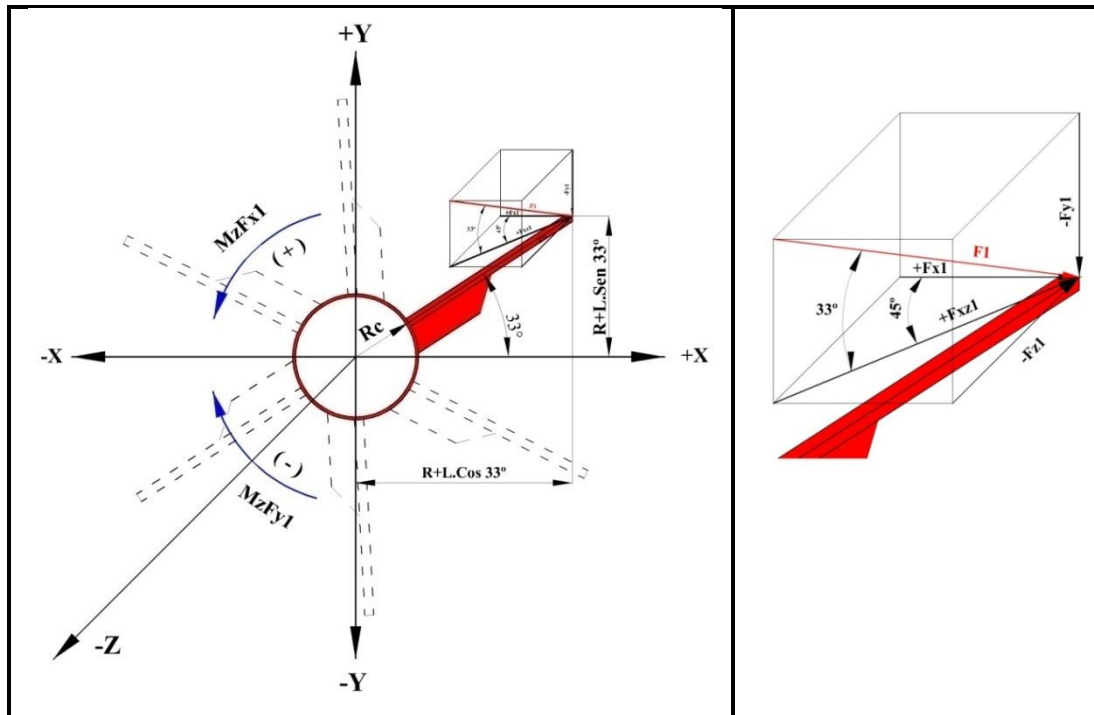


Fig. 6.12: Diagrama de momentos de la paleta N° 01 (33°)

Fuente: El autor

$$M_z F_{y1} = -F_{y1} * d = F_{y1} * (R + L \cdot \cos 33^\circ)$$

$$M_z F_{y1} = -13\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \cos 33^\circ)\text{m} = -4,15 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_z F_{x1} = +F_{x1} * d = F_{x1} * (R + L \cdot \sin 33^\circ)$$

$$M_z F_{x1} = +14,14\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \sin 33^\circ)\text{m} = +3,37 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_y F_{z1} = -F_{z1} * d = F_{z1} * (R + L \cdot \cos 33^\circ)$$

$$M_y F_{z1} = -14,14\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \cos 33^\circ)\text{m} = -4,52 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_x F_{z1} = -F_{z1} * d = F_{z1} * (R + L \cdot \sin 33^\circ)$$

$$M_x F_{z1} = -14,14\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \sin 33^\circ)\text{m} = -3,37 \text{ N} \cdot \text{m}$$

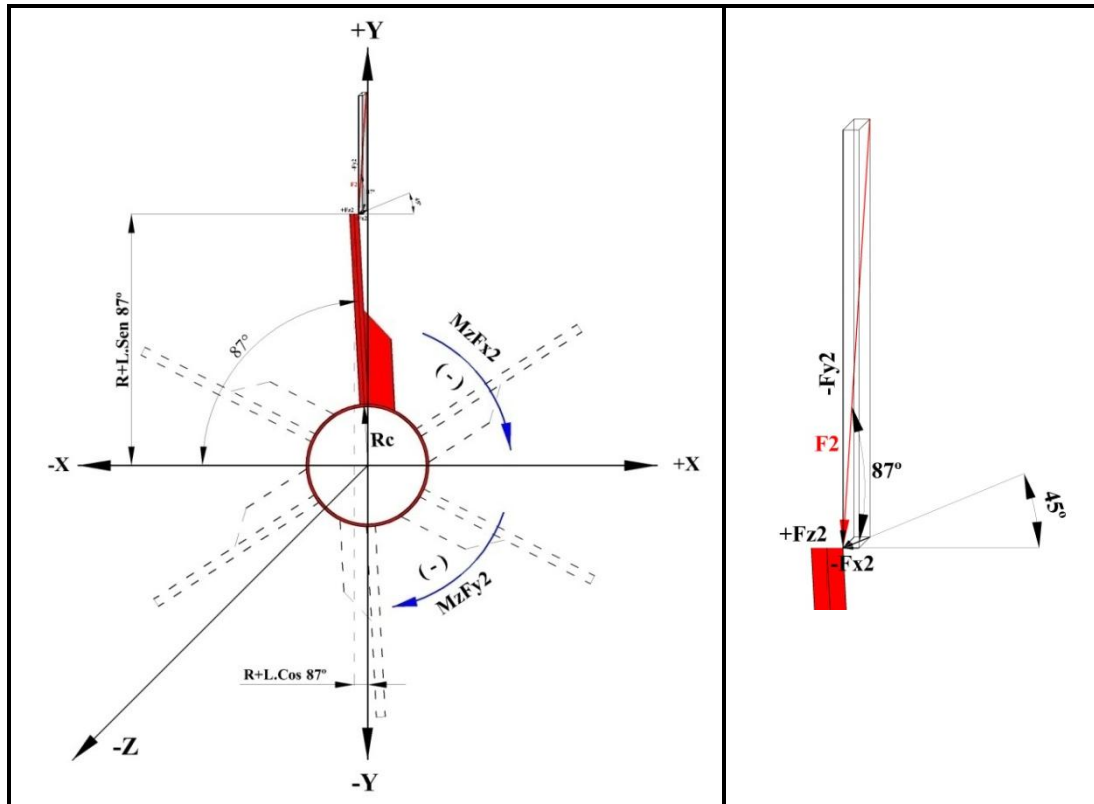


Fig. 6.13: Diagrama de momentos de la paleta N° 02 (93°)
Fuente: El autor

$$M_z F_{y2} = -F_{y2} * d = F_{y2} * (R + L \cdot \text{Cos } 87^\circ)$$

$$M_z F_{y2} = -23,80\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Cos } 87^\circ)\text{m} = -2,46 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_z F_{x2} = -F_{x2} * d = F_{x2} * (R + L \cdot \text{Sen } 87^\circ)$$

$$M_z F_{x2} = -0,88\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Sen } 87^\circ)\text{m} = -0,32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_y F_{z2} = +F_{z2} * d = F_{z2} * (R + L \cdot \text{Cos } 87^\circ)$$

$$M_y F_{z2} = +0,88\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Cos } 87^\circ)\text{m} = +0,1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_x F_{z2} = +F_{z2} * d = F_{z2} * (R + L \cdot \text{Sen } 87^\circ)$$

$$M_x F_{z2} = +0,88\text{N}(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Sen } 87^\circ)\text{m} = +0,32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

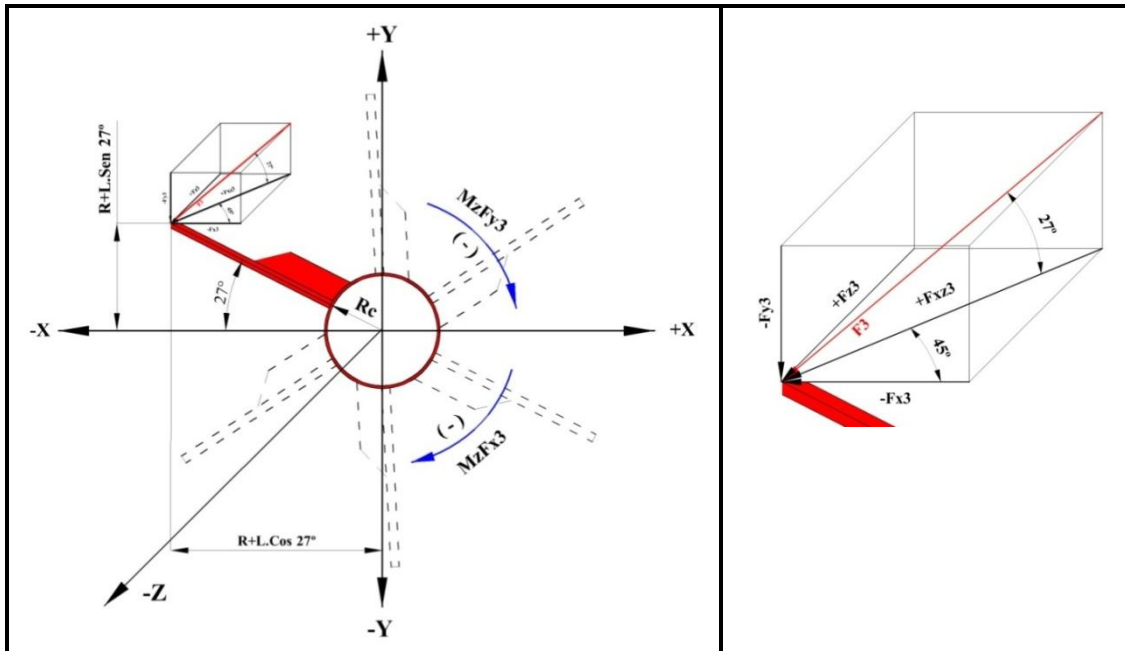


Fig. 6.14: Diagrama de momentos de la paleta N° 03 (153°)

Fuente: El autor

$$M_z F_{y3} = -F_{y3} * d = F_{y3} * (R + L \cdot \text{Cos } 27^\circ)$$

$$M_z F_{y3} = -10,82N(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Cos } 27^\circ)m = -3,61 \text{ N} \cdot m$$

$$M_z F_{x3} = -F_{x3} * d = F_{x3} * (R + L \cdot \text{Sen } 27^\circ)$$

$$M_z F_{x3} = -15N(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Sen } 27^\circ)m = -3,20 \text{ N} \cdot m$$

$$M_y F_{z3} = +F_{z3} * d = F_{z3} * (R + L \cdot \text{Cos } 27^\circ)$$

$$M_y F_{z3} = +15N(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Cos } 27^\circ)m = +5 \text{ N} \cdot m$$

$$M_x F_{z3} = +F_{z3} * d = F_{z3} * (R + L \cdot \text{Sen } 27^\circ)$$

$$M_x F_{z3} = +15N(0,0889 + 0,275 \cdot \text{Sen } 27^\circ)m = +3,20 \text{ N} \cdot m$$

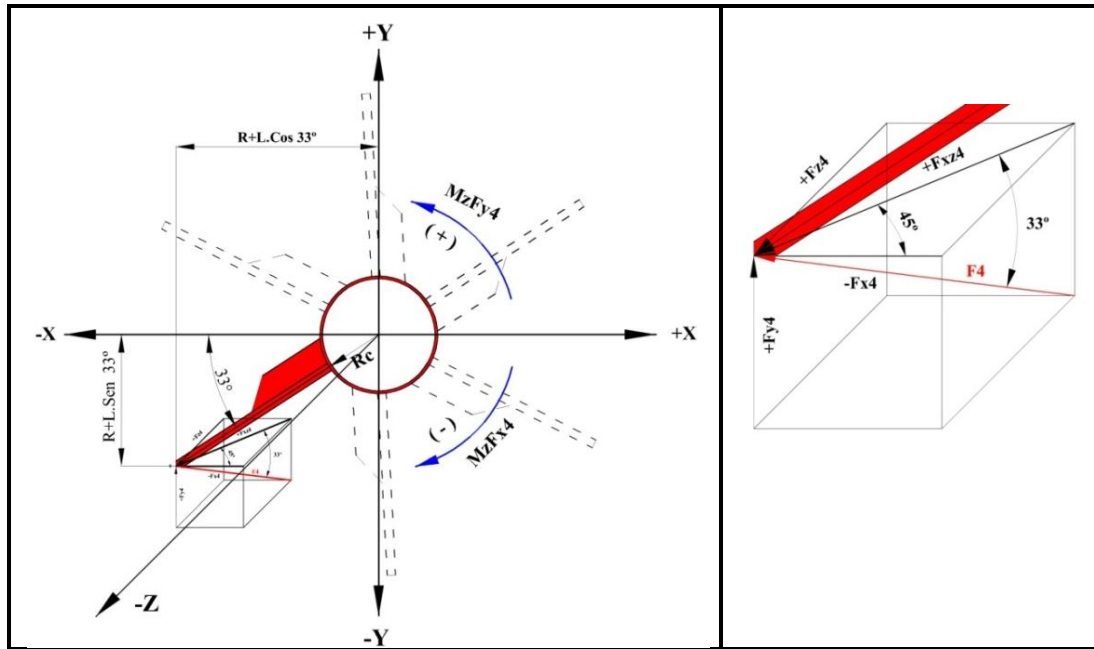


Fig. 6.15: Diagrama de momentos de la paleta N° 04 (213°)

Fuente: El autor

$$M_z F_{y4} = +F_{y4} * d = F_{y4} * (R + L.Cos 33^\circ)$$

$$M_z F_{y4} = +13N(0,0889 + 0,275.Cos 33^\circ)m = +4,15 N.m$$

$$M_z F_{x4} = -F_{x4} * d = F_{x4} * (R + L.Sen 33^\circ)$$

$$M_z F_{x4} = -14,14N(0,0889 + 0,275.Sen 33^\circ)m = -3,37 N.m$$

$$M_y F_{z4} = +F_{z4} * d = F_{z4} * (R + L.Cos 33^\circ)$$

$$M_y F_{z4} = +14,14N(0,0889 + 0,275.Cos 33^\circ)m = + 4,52 N.m$$

$$M_x F_{z4} = +F_{z4} * d = F_{z4} * (R + L.Sen 33^\circ)$$

$$M_x F_{z4} = +14,14N(0,0889 + 0,275.Sen 33^\circ)m = +3,37 N.m$$

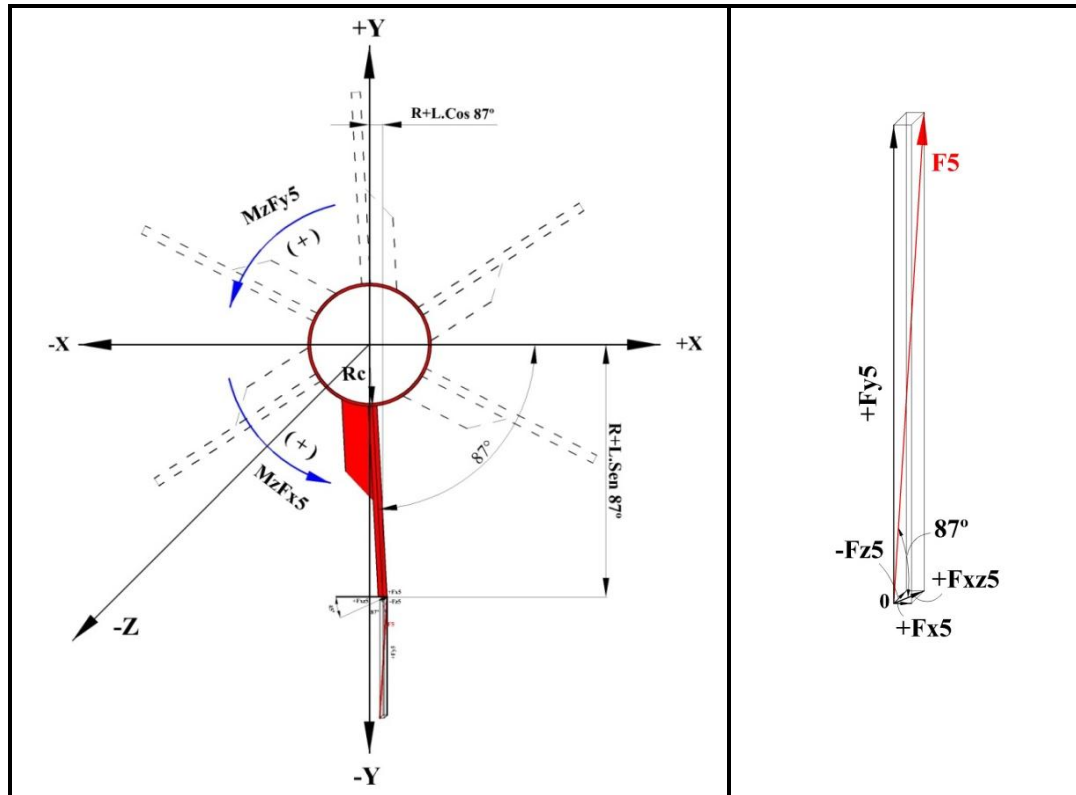


Fig. 6.16: Diagrama de momentos de la paleta N° 05 (273°)

Fuente: El autor

$$M_z F_{y5} = +F_{y5} * d = F_{y5} * (R + L \cdot \cos 87^\circ)$$

$$M_z F_{y5} = +23,80N(0,0889 + 0,275 \cdot \cos 87^\circ)m = +2,46 N \cdot m$$

$$M_z F_{x5} = +F_{x5} * d = F_{x5} * (R + L \cdot \sin 87^\circ)$$

$$M_z F_{x5} = +0,88N(0,0889 + 0,275 \cdot \sin 87^\circ)m = +0,32 N \cdot m$$

$$M_y F_{z5} = -F_{z5} * d = F_{z5} * (R + L \cdot \cos 87^\circ)$$

$$M_y F_{z5} = -0,88N(0,0889 + 0,275 \cdot \cos 87^\circ)m = -0,1 N \cdot m$$

$$M_x F_{z5} = -F_{z5} * d = F_{z5} * (R + L \cdot \sin 87^\circ)$$

$$M_x F_{z5} = -0,88N(0,0889 + 0,275 \cdot \sin 87^\circ)m = -0,32 N$$

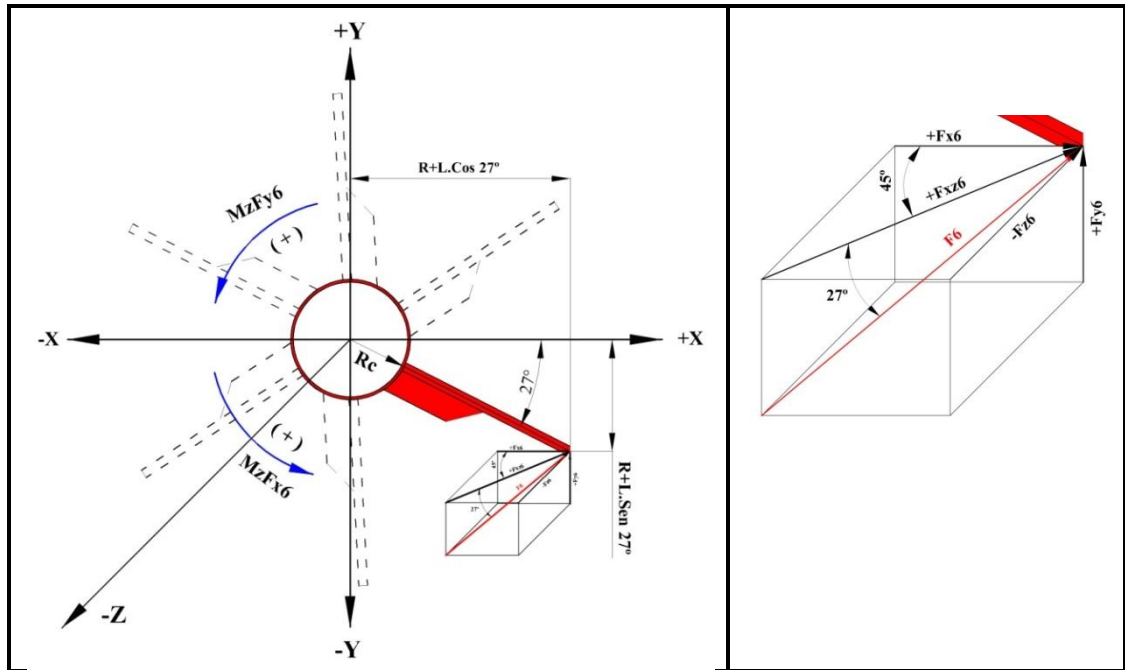


Fig. 6.17: Diagrama de momentos de la paleta N° 06 (333°)
Fuente: El autor

$$M_z F_{y6} = +F_{y6} * d = F_{y6} * (R + L. \text{Cos } 27^\circ)$$

$$M_z F_{y6} = +10,82N(0,0889 + 0,275. \text{Cos } 27^\circ)m = +3,61 N.m$$

$$M_z F_{x6} = +F_{x6} * d = F_{x6} * (R + L. \text{Sen } 27^\circ)$$

$$M_z F_{x6} = +15N(0,0889 + 0,275. \text{Sen } 27^\circ)m = +3,20 N.m$$

$$M_y F_{z6} = -F_{z6} * d = F_{z6} * (R + L. \text{Cos } 27^\circ)$$

$$M_y F_{z6} = -15N(0,0889 + 0,275. \text{Cos } 27^\circ)m = -5 N.m$$

$$M_x F_{z6} = -F_{z6} * d = F_{z6} * (R + L. \text{Sen } 27^\circ)$$

$$M_x F_{z6} = -15N(0,0889 + 0,275. \text{Sen } 27^\circ)m = -3,20 N.m$$

Con los resultados de los momentos se grafica los diagramas de cuerpo libre, cortante, y momento flexionante tanto para el plano (y-z) como para el plano (x-z).

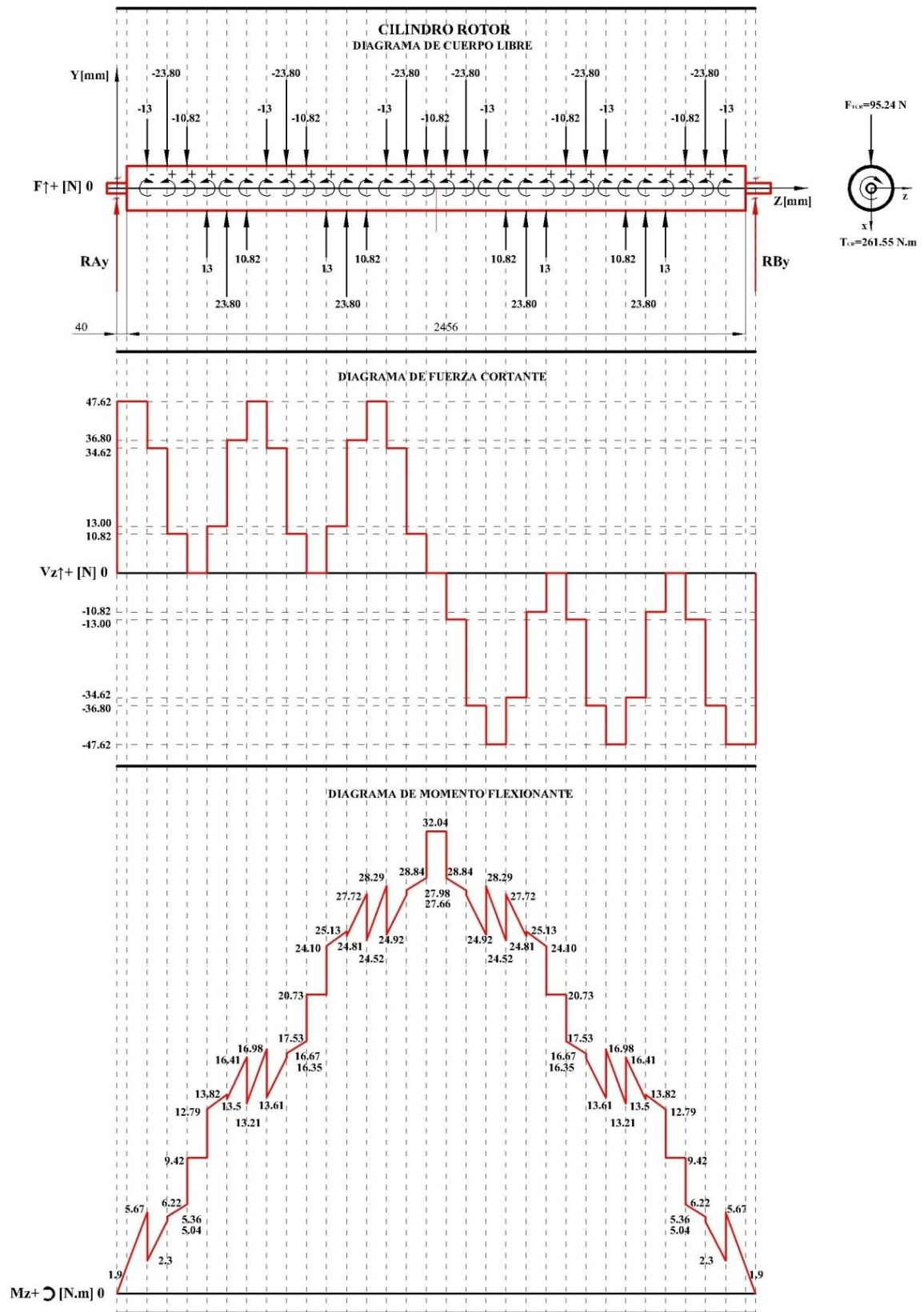
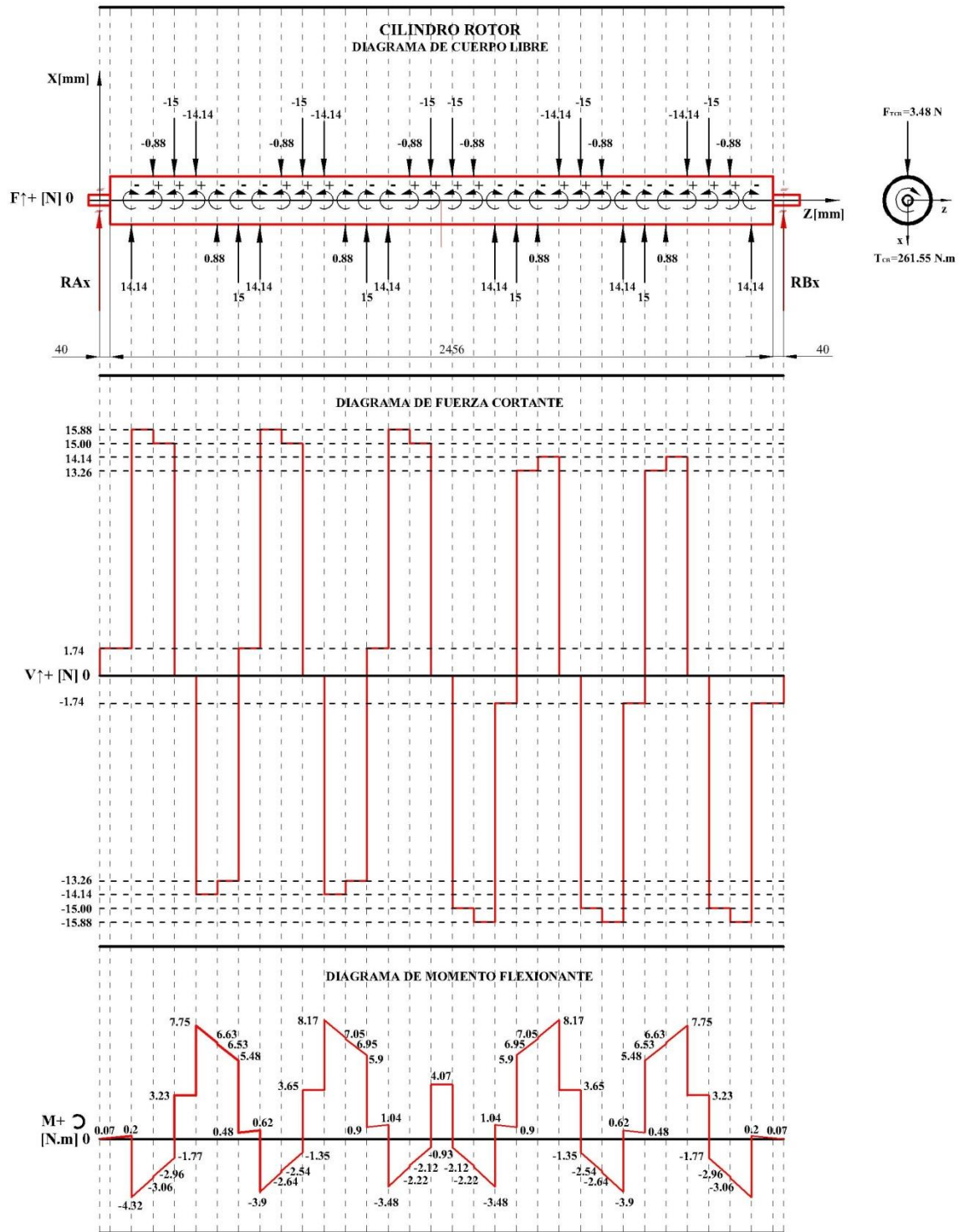


Fig.6.18: Diagramas del cilindro rotor en el plano (y-z)

Fuente: El autor



Fuente: El autor

6.6.2.2 DISEÑO DEL CILINDRO ROTOR DEBIDO A LA FLEXIÓN

Con los momentos máximos de las fig. (6.18) y (6.19) se calcula los momentos flexionantes máximos para el cilindro rotor (M_{CR}) y para el eje (M_e) se acopla a la chumacera.

$$M_{CR} = \sqrt{(M_{\text{máx } y-z})^2 + (M_{\text{máx } x-z})^2} \quad \text{Ec. (6.9)}$$

$$M_{CR} = \sqrt{(32,04\text{N.m})^2 + (4,07\text{N.m})^2} = 32,30 \text{ N.m}$$

$$M_e = \sqrt{(M_{\text{máx } y-z})^2 + (M_{\text{máx } x-z})^2} \quad \text{Ec. (6.10)}$$

$$M_e = \sqrt{(1,90 \text{ N.m})^2 + (0,07 \text{ N.m})^2} = 1,90 \text{ N.m}$$

Inercia del cilindro rotor

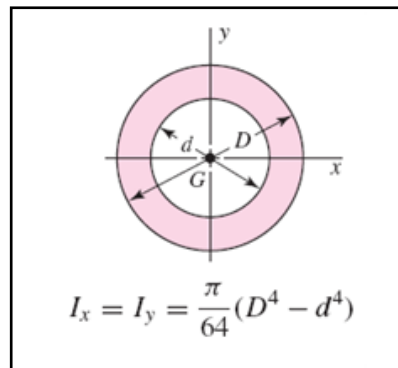


Fig. 6.20: Inercia del cilindro

Fuente: (SHIGLEY & MISCHKE, 2008)

$$I_{xCR} = \frac{\pi}{64}(0,1778^4 - 0,1698^4)m^4$$

$$I_{xCR} = 8,25 \times 10^{-6} m^4$$

Inercia del eje

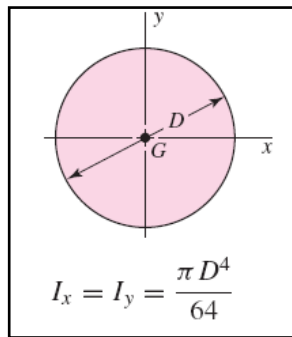


Fig. 6.21: Inercia del eje

Fuente: (SHIGLEY & MISCHKE, 2008)

$$I_{xe} = \frac{\pi}{64} (0,04)m^4 = 1,26 \times 10^{-7} m^4$$

Con los momentos flexionantes y el torque se procede a calcular el esfuerzo normal y cortante para cada elemento.

$$\sigma_{xCR} = \frac{M_{max} \cdot r}{I} = \frac{32,30 \text{ N.m}(0,0889m)}{8,25 \times 10^{-6} m^4} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xe} = \frac{M_{max} \cdot r}{I} = \frac{(1,90 \text{ N.m})(0,02m)}{1,26 \times 10^{-7} m^4} = 0,30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xyCR} = \frac{T_r \cdot r}{2I} = \frac{(261,55 \text{ N.m})(0,0889m)}{2(8,25 \times 10^{-6} m^4)} = 1,41 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xye} = \frac{T_r \cdot r}{2I} = \frac{(261,55 \text{ N.m})(0,04m)}{2(1,26 \times 10^{-7} m^4)} = 41,51 \text{ MPa}$$

El cilindro es de Acero ASTM A500, y el eje es Acero AISI 1018 cuyas propiedades son las siguientes (Anexo D8):

ASTM A500: Límite de fluencia (S_y) = 228 MPa; Límite de Rotura (S_u) = 310 MPa.

AISI 1018: Límite de fluencia (S_y) = 220 MPa; Límite de Rotura (S_u) = 400 MPa.

A continuación se calculará el factor de seguridad para cada elemento, para lo cual se aplica la teoría de falla de la energía de distorsión o de Von Mises (Recomendada), que se utiliza para materiales dúctiles. Las ecuaciones (6.11) y (6.12) se utilizan para encontrar el esfuerzo efectivo (σ') y el factor de seguridad (n) para el cilindro rotor y el eje:

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2} \quad \text{Ec. (6.11)}$$

$$\sigma'_{CR} = \sqrt{(0,35 \text{ MPa})^2 + 3(1,41 \text{ MPa})^2} = 2,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_e = \sqrt{(0,30 \text{ MPa})^2 + 3(41,51 \text{ MPa})^2} = 71,90 \text{ MPa}$$

$$n_{CR} = \frac{Sy}{\sigma'} \quad \text{Ec. (6.12)}$$

$$n_{CR} = \frac{228 \text{ MPa}}{2,47 \text{ MPa}} = 92,30$$

$$n_e = \frac{220 \text{ MPa}}{71,90 \text{ MPa}} = 3,06$$

En cilindro rotor tiene un factor de seguridad alto $n_{CR} = 92,30$, sin embargo no se reducirá el diámetro exterior del cilindro ya que se debe tener el espacio suficiente para poder soldar la base de las paletas, y el compost pueda pasar entre ellas.

El eje del cilindro rotor que se anclará sobre las chumaceras tiene un factor de seguridad de $n_e = 3,06$, este valor se encuentra en condiciones optimas y sus medidas facilitarán la manipulación y anclaje del rotor.

6.6.2.3 DISEÑO DEL ROTOR POR RESISTENCIA A LA FATIGA

Utilizando las ecuaciones desde (6.13), a la (6.17) de la teoría de Marin se puede determinar si las dimensiones del cilindro rotor son las adecuadas para resistir a la fatiga.

$$Se = ka * kb * kc * kd * ke * kf * Se' \text{ [MPa]} \quad Ec. (6.13)$$

$$\sigma_m = \left(\frac{\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{m\acute{i}n}}{2} \right) \text{ [MPa]} \quad Ec. (6.14)$$

$$\sigma_a = \left(\frac{\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{m\acute{i}n}}{2} \right) \text{ [MPa]} \quad Ec. (6.15)$$

$$Sa = Se * \left(1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \right) \text{ [MPa]} \quad Ec. (6.16)$$

$$n = \frac{Sa}{\sigma_a} \quad Ec. (6.17)$$

Donde:

Se = Límite de fatiga de un elemento de máquina. [MPa]

Se' = Límite de fatiga de una probeta de viga rotatoria. [MPa]

ka = Factor de acabado superficial. [adimensional]

kb = Factor de tamaño. [adimensional]

kc = Factor de carga. [adimensional]

kd = Factor de temperatura. [adimensional]

ke = Factor de confiabilidad. [adimensional]

kf = Factor de efectos diversos. [adimensional]

$\sigma_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo fluctuante máximo. [MPa]

$\sigma_{m\acute{i}n}$ = Esfuerzo fluctuante mínimo. [MPa]

σ_a = Amplitud de esfuerzo. [MPa]

σ_m = Esfuerzo a medio intervalo. [MPa]

Sa = Esfuerzo alternante. [MPa]

El factor de seguridad se calculará con los datos del eje, debido a que en el diseño estático es el elemento que puede fallar.

Factor de superficie (*ka*)

Tabla 6.4: Parámetros del factor de modificación superficial.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: (SHIGLEY & MISCHKE, 2008)

k_a se calcula con la ecuación (6.18), donde los factores a y b tienen los valores de 57,7 y -0,718 respectivamente (tabla 6.4).

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad \text{Ec. (6.18)}$$

$$k_a = 57,70 * 400^{-0,718} = 0,782$$

Factor de tamaño (k_b)

El factor k_b se determina mediante la ecuación (6.19) que se utiliza para flexión y torsión para diámetros (d) comprendidos entre $2,79 \leq d \leq 51$ mm.

$$k_b = 1,24 * d^{-0,107} \quad \text{Ec. (6.19)}$$

$$k_b = 1,24 * (40)^{-0,107}$$

$$k_b = 0,84$$

Factor de carga (k_c)

$k_c = 1$ para flexión

Factor de temperatura (k_d)

$k_d = 1$ para la temperatura ambiente

Factor de confiabilidad del 95% (k_e)

Tabla 6.5: Factores de confiabilidad k_e correspondiente a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_o	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*.

$$k_e = 0.868$$

Factor de concentración de esfuerzos a la fatiga (k_f)

$k_f = 1$ el material no tiene ninguna sensibilidad en la muesca

El valor del límite de fatiga S_e se obtiene de la ecuación (6.20)

$$\text{Si } S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa} \rightarrow S_e = 0.504 * S_{ut} \text{ [MPa]} \quad \text{Ec. (6.20)}$$

$$S_e = 0.504 * 400 \text{ MPa} = 201.6 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.782 * 0.84 * 1 * 1 * 0.868 * 1 * 201.6 \text{ MPa} = 114.95 \text{ MPa}$$

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{xe} = 71,90 \text{ MPa}; \sigma_{min} = -\sigma_{xe} = -71,90 \text{ MPa}$$

Al reemplazar los valores en las ecuaciones (6.14), (6.15), (6.16) y (6.17) se determina el factor de seguridad para la resistencia a la fatiga (n_r):

$$\sigma_m = \left(\frac{71,90 \text{ MPa} - 71,90 \text{ MPa}}{2} \right) = 0$$

$$\sigma_a = \left(\frac{71,90 \text{ MPa} + 71,90 \text{ MPa}}{2} \right) = 71,90 \text{ MPa}$$

$$S_a = 114,95 \text{ MPa} \left(1 - \frac{0 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \right) = 114,95 \text{ MPa}$$

$$n_{ef} = \frac{114,95 \text{ MPa}}{71,90 \text{ MPa}} = 1,60$$

El factor de seguridad (n_{ef}) es adecuado por lo que no se presentará fallas por fatiga.

Si se analiza la posible fluencia del cilindro rotor a causa de la fatiga se tiene el siguiente factor de seguridad.

$$n_{CRf} = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{S_y}{\sigma_a} = \frac{220 \text{ MPa}}{2,47 \text{ MPa}} = 89,07$$

Por lo tanto el cilindro rotor tampoco fallará por fluencia debido a la fatiga.

Fuerza ejercida por el peso del rotor

- **Masa del cilindro rotor ($m_{cilindro}$)**

$$V_{cilindro} = \frac{\pi}{4} * (0,1778 \text{ m})^2 * 2,456 \text{ m} - \frac{\pi}{4} * (0,1698 \text{ m})^2 * 2,456$$

$$+ \frac{\pi}{4} * (0,1698)^2 * 0,01 * 2 + \frac{\pi}{4} * (0,04)^2 * 0,18$$

$$V_{cilindro} = 6,04 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m_{cilindro} = V_{cilindro} * \delta_{acero}$$

$$m_{cilindro} = 6,04 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 47,14 \text{ kg}.$$

- **Masa de las bases de las paletas ($m_{Base\ paleta}$)**

$$V_{Base\ paleta} = 0,18 \text{ m} * 0,075 \text{ m} * 0,0127 \text{ m} + \frac{0,045 \text{ m} * (0,15 \text{ m})}{2} * 0,0127 \text{ m}$$

$$- \frac{\pi(0,0127 \text{ m})^2}{4} * 0,0127 \text{ m} * 2$$

$$V_{Base\ paleta} = 2,11 * 10^{-4} m^3$$

$$m_{Base\ paleta} = V_{Base\ paleta} * \delta_{acero}$$

$$m_{Base\ paleta} = 2,11 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{kg}{m^3} = 1,65 kg.$$

La masa total de la base de la paleta se multiplica por 30 que son la cantidad de paletas por las que está compuesta el rotor.

$$m_{TBP} = m_{Base\ paleta} * 30_{paletas} = 1,65 kg * 30 = 49,50 kg$$

- **Masa de las paletas (m_{TP})**

$$V_{paleta} = 0,2m * 0,075m * 9,525 * 10^{-3}m - \frac{\pi(0,0127m)^2}{4} * 9,525 * 10^{-3}m * 2$$

$$- \frac{0,04m(0,04m)}{4} * 9,525 * 10^{-3}m$$

$$V_{paleta} = 1,33 * 10^{-4} m$$

$$m_{paleta} = V_{paleta} * \delta_{acero}$$

$$m_{paleta} = 1,33 * 10^{-4} m * 7850 \frac{kg}{m^3} = 1,04 kg$$

A la masa de la paleta se debe multiplicar por 30 que son el total de las paletas presentes en el rotor.

$$m_{TP} = m_{paleta} * 30_{paletas} = 1,04 kg * 30_{paletas} = 31,2 kg$$

- **Masa del rotor (m_r)**

$$m_r = m_{cilindro} + m_{TBP} + m_{TP}$$

$$m_r = 47,14 \text{ kg} + 49,50 \text{ kg} + 31,2 \text{ kg} = 127,84 \text{ kg}$$

La fuerza ejercida por el peso del rotor (F_r) se calcula a continuación:

$$F_r = m_r * g \quad \text{Ec (6.21)}$$

$$F_r = 127,84 \text{ kg} * \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) = 1254,11 \text{ N}$$

6.6.2.4 SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS DE PARED

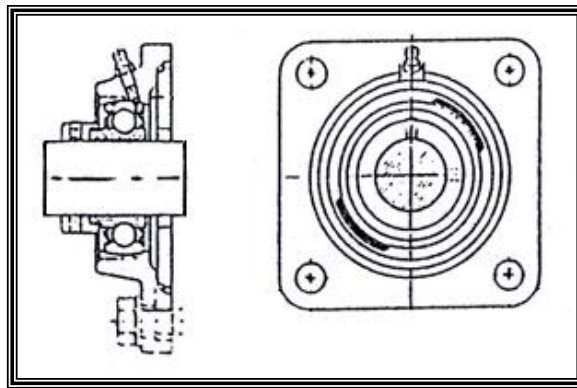


Fig. 6.22: Chumacera de pared

Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Del catálogo del fabricante SKF, se seleccionaran las chumaceras de pared (Rodamiento especial rígido de bolas para cargas elevadas), son 2 chumaceras similares por lo tanto se realizará el cálculo para 1 chumacera, para la selección se requiere de la fuerza radial bruta ($F_{TCR} = 95,24 \text{ N}$) mas la fuerza ejercida por el peso del rotor ($F_r = 1254,11 \text{ N}$), este valor se divide para 2 chumaceras las cuales sostienen al rotor, ubicada cada una en los extremos del cilindro rotor.

$$F_{1ch} = \frac{95,24 \text{ N} + 1254,11 \text{ N}}{2} = 674,68 \text{ N}$$

Las siguientes ecuaciones permiten calcular los soportes de brida (Chumaceras de pared) con una confiabilidad del 90% y una temperatura de funcionamiento de ≤ 40 °C.

$$C_o = S_o * P_o \text{ [N]} \quad \text{Ec. (6.22)}$$

$$P_o = F_{radial} = F_{1ch} \text{ [N]} \quad \text{Ec. (6.23)}$$

$$C = P * \sqrt[3]{\frac{60 * L_{10h} * n}{10^6}} \text{ [N]} \quad \text{Ec. (6.24)}$$

$$P = F_{radial} = F_{1ch} \text{ [N]}$$

Donde:

C_o = Capacidad de carga estática del rodamiento. [N]

C = Capacidad de carga dinámica del rodamiento. [N]

S_o = Factor de seguridad estático. [adimensional]

F_{radial} = Carga radial real. [N]

P_o = Carga estática equivalente. [N]

P = Carga dinámica equivalente. [N]

L_{10h} = Duración nominal del rodamiento. [h]

n = Velocidad constante de rotación. [rpm]

El factor de seguridad estático S_o toma un valor de 1 para condiciones de trabajo medias y situaciones normales de vibración. Con las ecuaciones (6.22), (6.23) y (6.24) se tiene:

$$P_o = F_{radial} = 674,68 \text{ N}$$

$$C_o = 1 * 674,68 \text{ N} = 674,68 \text{ N}$$

La duración del rodamiento es de 30 000 h en máquinas para la Industria mecánica en general, y la velocidad de rotación equivale a la velocidad de rotación del rodillo ($n = n_{CR}$).

$$C = 674,68 \text{ N} * \sqrt[3]{\frac{60 * 30\,000 * 270}{10^6}} = 5\,304,50 \text{ N}$$

Tabla 6.6: Características de la chumacera de pared

Dimensiones									Capa-	Massa	Designaciones	Soporte	Rodamiento Y
d	A	A ₁	A ₂	D _a	J	L	G	C	cidad de carga	kg	Unidad completa		
mm									N	kg	-		
20	40	29	11	68,3	63,5	86	10	9 800	0,62		FY 20 KG	FY 504	362004 BTN
40	56	37	14	115,9	101,5	130	12	23 600	2,00		FY 40 FJ	FY 506	238206 B02LS

Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Se podría elegir la chumacera FY 20 KG ya que soporta una carga de 9800 N, pero debido a que el diámetro del eje que soporta el rotor mide 40 mm se seleccionó la chumacera que se muestra en la tabla 6.6 que soporta una carga de 23 500 N y su designación es FY 40 FJ del catálogo de SFK (Anexo D10), asegurando su funcionamiento ya que la carga de trabajo es de 674,68 N.

6.6.2.5 DISEÑO DE LA CUBIERTA DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

CÁLCULO DEL PESO DE LA CUBIERTA

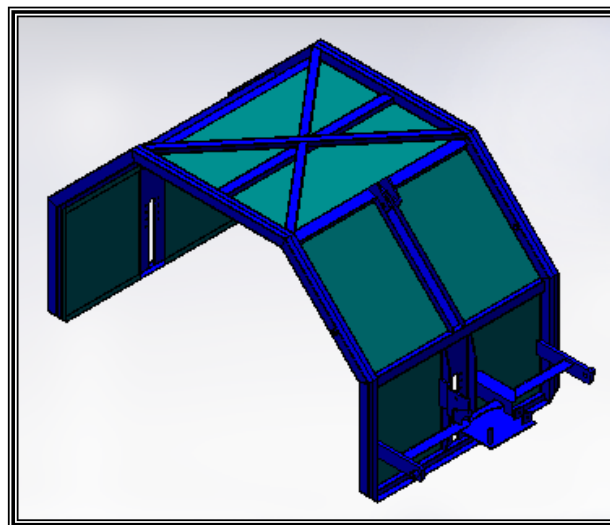


Fig. 6.23: Cubierta de la volteadora de compost

Fuente: El autor

- **Tubo cuadrado (tc1)**

$$A_{tc1} = (80 * 80 - 72 * 72)mm^2 = 1216mm^2 = 1,216 * 10^{-3}m^2$$

$$L_{tc1} = 844,1mm * 4 + 976,27mm * 4 + 1279,35mm * 2 = 9840,18 mm \\ = 9,84m$$

$$V_{tc1} = A_{tc1} * L_{tc1} = 1,216 * 10^{-3}m^2 * 9,84m = 0,012 m^3$$

$$m_{tc1} = V_{tc1} * \delta_{acero} = 0,012 m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 94,20 Kg$$

- **Canal “U”**

$$A_{cu1} = (80 * 40 - 72 * 36)mm^2 = 608mm^2 = 6,08 * 10^{-4}m^2$$

$$L_{cu1} = (1420mm * 6 + 891,62mm) = 9411,62 mm = 9,41m$$

$$V_{cu1} = A_{cu1} * L_{cu1} = 6,08 * 10^{-4} m^2 * 9,41m = 5,72 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{cu1} = V_{cu1} * \delta_{acero} = 5,72 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 44,90 Kg$$

- **Tubo rectangular (TR)**

$$A_{TR} = (40 * 60 - 34 * 54)mm^2 = 564 mm^2 = 5,64 * 10^{-4} m^2$$

$$L_{TR} = 1857,55 mm * 2 + 1420 mm = 5135,1 mm = 5,135 m$$

$$v_{TR} = A_{TR} * L_{TR} = 5,64 * 10^{-4} m^2 * 5,135 m = 2,9 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{tc1} = V_{TR} * \delta_{acero} = 2,9 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 22,76 Kg$$

- **Canal “U” 2 (cu2)**

$$A_{cu2} = (220 * 70 - 202 * 61)mm^2 = 3078 mm^2 = 3,078 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{cu2} = (730,95 mm * 2) = 1461,9 mm = 1,462 m$$

$$v_{cu2} = A_{cu2} * L_{cu2} = 3,078 * 10^{-3} m^2 * 1,462 m = 4,5 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{cu2} = V_{cu2} * \delta_{acero} = 4,5 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 35,32 Kg$$

- **Ángulo L1**

$$A_{AL1} = (50.8 * 50.8 - 44.45 * 44.45)mm^2 = 604,83 mm^2 = 6,05 * 10^{-4} m^2$$

$$L_{AL1} = 1420 mm = 1,42 m$$

$$v_{AL1} = A_{AL1} * L_{AL1} = 6,05 * 10^{-4} m^2 * 1,42 m = 8,60 * 10^{-4} m^3$$

$$m_{AL1} = V_{AL1} * \delta_{acero} = 8,60 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 6,75 Kg$$

- **Platina**

$$A_p = (80 * 5)mm^2 = 400 mm^2 = 0.4 m^2$$

$$L_p = 113,14 mm * 4 + 1424,14 mm * 2 = 3300,84 mm = 3,3 m$$

$$v_p = A_p * L_p = 0.4 m^2 * 3,3 m = 1,32 m^3$$

$$m_p = V_p * \delta_{acero} = 1,32 m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 10.36 Kg$$

- **Ángulo L2**

$$A_{AL2} = (80 * 80 - 74 * 74)mm^2 = 924 mm^2 = 9,24 * 10^{-4} m^2$$

$$L_{AL2} = 1369 mm = 1,369 m$$

$$v_{AL2} = A_{AL2} * L_{AL2} = 9,24 * 10^{-4} m^2 * 1,369 m = 1,26 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{AL2} = V_{AL2} * \delta_{acero} = 1,26 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 9,83 Kg$$

- **Ángulo L3**

$$A_{AL3} = (100 * 100 - 93,65 * 93,65)mm^2 = 1229,68 mm^2 = 1,23 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{AL3} = 370 mm = 0,37 m$$

$$v_{AL3} = A_{AL3} * L_{AL3} = 1,23 * 10^{-3} m^2 * 0,37 m = 4,55 * 10^{-4} m^3$$

$$m_{AL3} = V_{AL3} * \delta_{acero} = 4,55 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 3,57 Kg$$

- **Plancha**

$$A_{pl} = (1500 * 2)mm^2 = 3000 mm^2 = 3 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{pl} = (910 mm * 2 + 816mm * 2 + 1213mm) = 4665 mm = 4,67 m$$

$$v_{pl} = A_{pl} * L_{pl} = 3 * 10^{-3} m^2 * 4,67 m = 0,014 m^3$$

$$m_{pl} = V_{pl} * \delta_{acero} = 0,014 m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 109,90 Kg$$

- **Platina soporte 1 (ps1)**

$$A_{ps1} = (100 * 25,4)mm^2 = 2540 mm^2 = 2,54 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{ps1} = 440 mm * 2 = 880 mm = 0,88 m$$

$$v_{ps1} = A_{ps1} * L_{ps1} = 2,54 * 10^{-3} m^2 * 0,88 m = 2,23 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{ps1} = V_{ps1} * \delta_{acero} = 2,23 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 17,50 Kg$$

Masa total de la cubierta (m_{TC})

$$m_{TC} = m_{TC1} + m_{cu1} + m_{TR} + m_{cu2} + m_{AL1} + m_p + m_{AL2} + m_{AL3} + m_{p1} + m_{p3}$$

$$m_{TC} = (94,2 + 44,90 + 22,76 + 35,32 + 6,75 + 10,36 + 9,89 + 3,57 + 109,90 + 17,50)kg$$

$$m_{TC} = 355,15 Kg$$

Peso de la cubierta (W_C)

$$W_C = m_{TC} * g = 355,15kg * 9,81 \frac{m}{seg} = 3484,02 N$$

6.6.2.6 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA

Para poder conocer el comportamiento de las vigas que conforman la cubierta se utilizará programas de análisis estructural los cuales realizan simulaciones por el método de elementos finitos, estos programas permiten identificar los elementos que se encuentran sometidos a esfuerzos críticos.

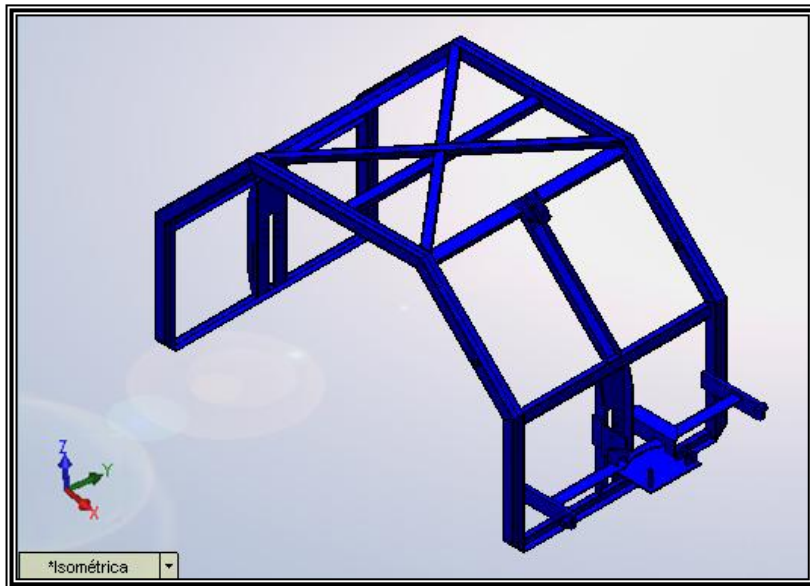


Fig. 6.24: Estructura de la cubierta

Fuente: El autor

Las fuerzas que actúan sobre la estructura de la cubierta se las describe a continuación:

$$FA_z = FB_z = -47,62 \text{ N}$$

$$FA_y = FB_y = +1,74 \text{ N}$$

Con estas fuerzas se realizará la simulación del comportamiento de las vigas que conforman la estructura y se seleccionará la viga con esfuerzos más críticos para su posterior análisis estructural.

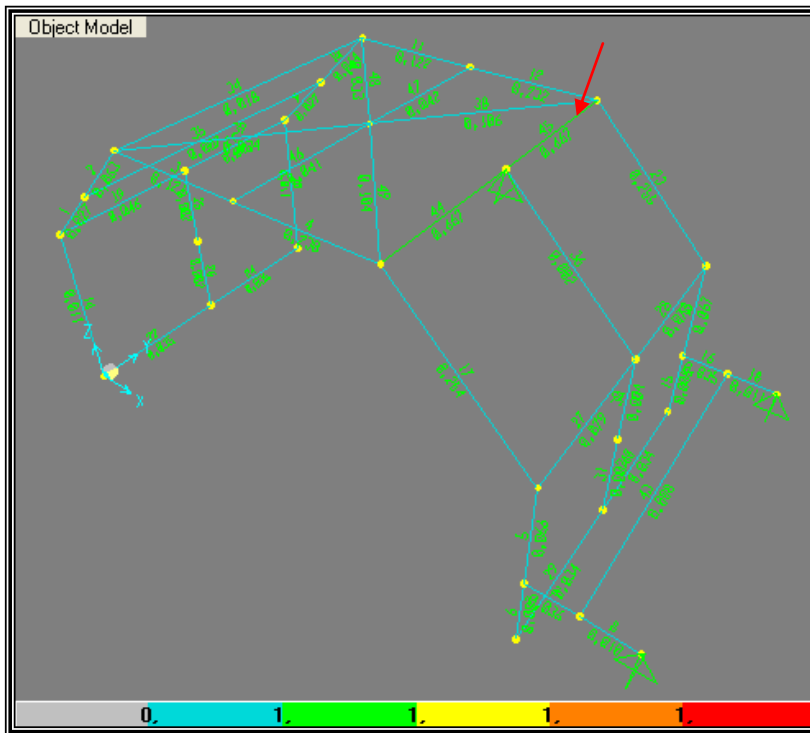


Fig. 6.25: Simulación del diseño mecánico de la estructura de la cubierta
Fuente: El autor

La viga que está sometida a mayores esfuerzos es la número 45 como se muestra en la fig. 6.25 a continuación se muestra las fuerzas que actúan sobre la viga y los diagramas de fuerza cortante, momento flexionante.

Diagramas de esfuerzos en la viga número 45

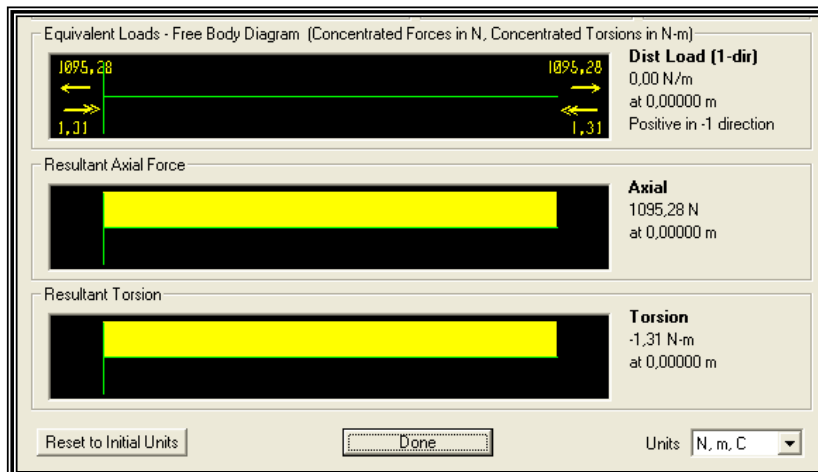


Fig. 6.26: Diagrama de Torsión en la viga 45
Fuente: El autor

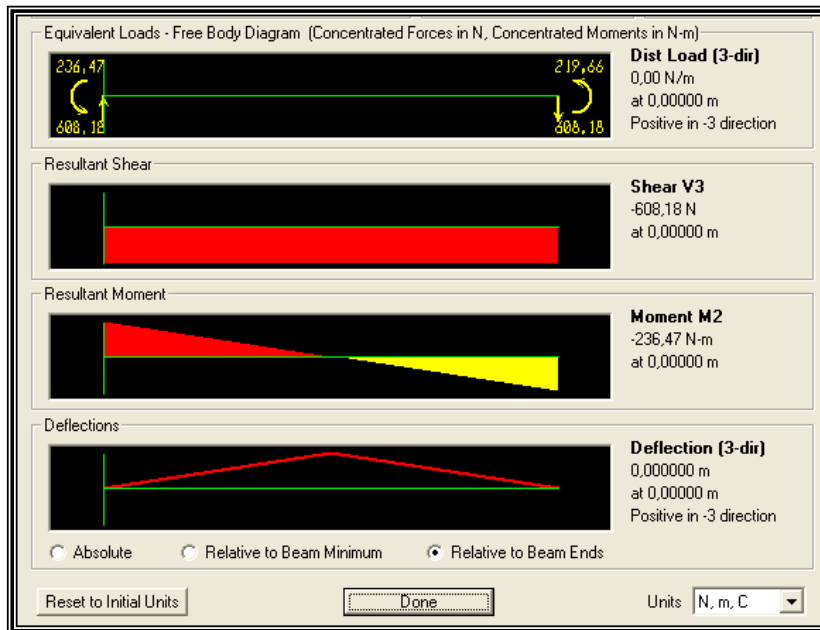


Fig. 6.27: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 45 (Plano y-x)

Fuente: El autor

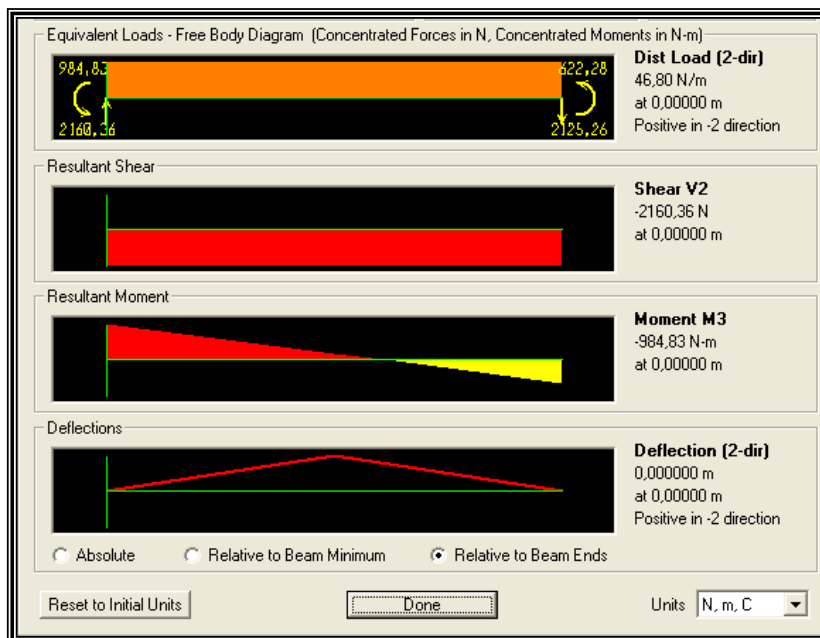


Fig. 6.28: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 45 (Plano x-z)

Fuente: El autor

Con los momentos máximos de las fig. (6.27) y (6.28) se calcula los momentos flexionantes máximos de la viga número 45 (M_{viga}).

$$M_{viga} = \sqrt{(M_{m\acute{a}x\ y-x})^2 + (M_{m\acute{a}x\ x-z})^2} \quad Ec. (6.25)$$

$$M_{viga} = \sqrt{(236,47\ N.m)^2 + (984,83\ N.m)^2} = 1\ 012,82\ N.m$$

Para verificar si la viga número 45 esta seleccionada satisfactoriamente se utilizará la teoría de “Esfuerzos combinados”, la cual está representada por la ecuación (6.29), este miembro es un canal U de 80x40x4 ($A = 5,87\ cm^2$, $S_x=13,90\ cm^3$, $r_y=1,23\ cm$) con una longitud de 0,75 m.

$$f_a = \frac{P}{A_{viga}} \quad Ec. (6.26)$$

$$F_a = 15\ 000 - \frac{1}{4} \left(\frac{L}{r} \right)^2 \quad Ec. (6.27)$$

$$f_b = \frac{M_{viga}}{S_x} \quad Ec. (6.28)$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1,0 \quad Ec. (6.29)$$

Donde:

f_a = Esfuerzo axial de la viga. [MPa]

F_a = Esfuerzo permisible si sólo se tuviesen esfuerzos axiales. [MPa]

f_b = Esfuerzo de flexión. [MPa]

F_b = Esfuerzo permisible si sólo se tuviesen presentes esfuerzos de flexión. [MPa]

P = Fuerza axial sobre el elemento. [N]

A_{viga} = Área de la viga. [m²]

M_{viga} = Momento máximo de la viga. [N.m]

S_x = Módulo de sección. [m³]

Reemplazando los valores en las ecuaciones (6.26), (6.27) y (6.28) se tiene:

$$f_a = \frac{1\,095,28\text{ N}}{5,87 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,86\text{ MPa}$$

$$F_a = 15\,000 - \frac{1}{4} \left(\frac{0,75\text{ m}}{0,0123\text{ m}} \right)^2 = 14,07\text{ MPa}$$

$$f_b = \frac{1\,012,82\text{ N}\cdot\text{m}}{1,39 \times 10^{-5} \text{ m}^3} = 72,86\text{ MPa}$$

Para el acero A36 el esfuerzo mínimo de fluencia es de $F_y = 36\text{ Klb/pulg}^2 = 248,22\text{ MPa}$

$$F_b = 0,66 * F_y = 0,66 * 248,22\text{ MPa} = 163,82\text{ MPa}$$

$$\frac{1,86\text{ MPa}}{14,07\text{ MPa}} + \frac{72,86\text{ MPa}}{163,82\text{ MPa}} \leq 1,0$$

$$0,13 + 0,44 \leq 1,0$$

$$0,57 \leq 1,0$$

El miembro es satisfactorio

6.6.2.7 DISEÑO DE LA BASE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

CALCULO DEL PESO DE LA BASE

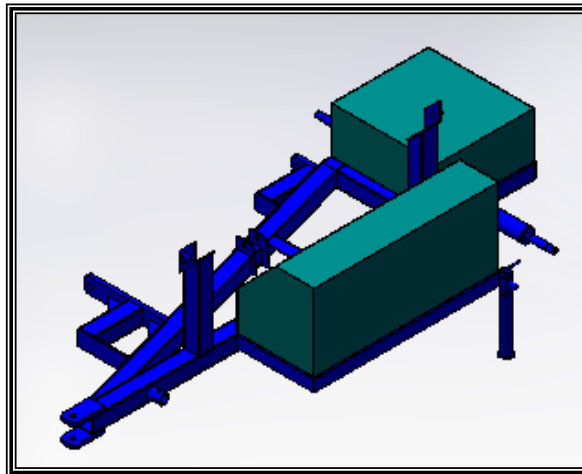


Fig. 6.29: Base de la volteadora de compost

Fuente: El autor

- **Tubo cuadrado (TC2)**

$$A_{TC2} = (100 * 100 - 88 * 88)mm^2 = 2256 mm^2 = 2,256 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{TC2} = 8540 mm = 8,54 m$$

$$v_{TC2} = A_{TC2} * L_{TC2} = 2,256 * 10^{-3} m^2 * 8,54 m = 0,0193 m^3$$

$$m_{TC2} = V_{TC2} * \delta_{acero} = 0,0193 m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 151,54 Kg$$

- **Platina soporte 2 (ps2)**

$$A_{ps2} = (100 * 25,4)mm^2 = 2540 mm^2 = 2,54 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{ps2} = 1070 mm = 1,07 m$$

$$v_{ps2} = A_{ps2} * L_{ps2} = 2,54 * 10^{-3} m^2 * 1,07 m = 2,72 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{ps2} = V_{ps2} * \delta_{acero} = 2,72 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 21,35 Kg$$

- **Platina base 1 (pb1)**

$$A_{pb1} = (100 * 9)mm^2 = 900 mm^2 = 9 * 10^{-4} m^2$$

$$L_{pb1} = 446 mm = 0,446 m$$

$$v_{pb1} = A_{pb1} * L_{pb1} = 9 * 10^{-4} m^2 * 0,446 m = 4,014 * 10^{-4} m^3$$

$$m_{pb1} = V_{pb1} * \delta_{acero} = 4,014 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 3,15 Kg$$

- **Platina base 2 (pb2)**

$$A_{pb2} = (50 * 10)mm^2 = 500 mm^2 = 5 * 10^{-4} m^2$$

$$L_{pb2} = 200 mm = 0,2 m$$

$$v_{pb2} = A_{pb2} * L_{pb2} = 5 * 10^{-4} m^2 * 0,2 m = 1 * 10^{-4} m^3$$

$$m_{pb2} = V_{pb2} * \delta_{acero} = 1 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 0,785 Kg$$

- **Ángulo base 1 (ab1)**

$$A_{ab1} = (80 * 80 - 73,65 * 73,65)mm^2 = 975,67 mm^2 = 9,76 * 10^{-4} m^2$$

$$L_{ab1} = 2555,70 mm = 2,55 m$$

$$v_{ab1} = A_{ab1} * L_{ab1} = 9,76 * 10^{-4} m^2 * 2,55 m = 2,5 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{ab1} = V_{ab1} * \delta_{acero} = 2,5 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 19,63 Kg$$

- **Tubo circular base 1 (tcb1)**

$$A_{tcb1} = \frac{\pi}{4} (88,90^2 - 73,66^2)mm^2 = 1945,75 mm^2 = 1,94 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{tcb1} = 1180 mm = 1,18 m$$

$$v_{tcb1} = A_{tcb1} * L_{tcb1} = 1,94 * 10^{-3} m^2 * 1,18 m = 2,28 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{tcb1} = V_{tcb1} * \delta_{acero} = 2,28 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 17,90 Kg$$

- **Eje base (eb)**

$$A_{eb} = \frac{\pi}{4} (0,04^2)mm^2 = 1,25 * 10^{-3} m^2$$

$$L_{eb} = 170 * 2 mm = 340 mm = 0,34m$$

$$v_{eb} = A_{eb} * L_{eb} = 1,25 * 10^{-3} m^2 * 0,34m = 4,27 * 10^{-4} m^3$$

$$m_{eb} = V_{eb} * \delta_{acero} = 4,27 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 3,35 Kg$$

- **Tubo circular base 2 (tcb2)**

$$A_{tcb2} = \frac{\pi}{4} (50,80^2 - 38,10^2)mm^2 = 55,42 mm^2 = 5,54 * 10^{-5} m^2$$

$$L_{tcb2} = 464 mm = 0,464 m$$

$$v_{tcb2} = A_{tcb2} * L_{tcb2} = 5,54 * 10^{-5} m^2 * 0,464 m = 2,57 * 10^{-5} m^3$$

$$m_{tcb2} = V_{tcb2} * \delta_{acero} = 2,57 * 10^{-5} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 0,2 Kg$$

- **Platina soporte base (psb)**

$$v_{psb} = (125 * 6,35 * 142 + 80 * 12,7 * 142)mm^3 = 1'271\ 3971mm^3$$

$$= 1,27 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{psb} = V_{psb} * \delta_{acero} = 1,27 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 9,97 Kg$$

Pesa lateral de concreto

Está situada en la parte lateral y fue diseñada para contrarrestar la fuerza que ejerce la cubierta con sus demás componentes para ser levantada y pasar a la posición de transporte, es de concreto recubierta de tol.

- **Plancha 1 pesa lateral (pl1)**

$$A_{pl1} = (250 * 500 + 250 * 500 + 250 * 250/2)mm^2 * 2 = 437\ 500 mm^2$$

$$= 0,4375m^2$$

$$v_{pl1} = A_{pl1} * e = 0,4375m^2 * 3,175 * 10^{-3}m = 1,40 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{pl1} = V_{pl1} * \delta_{acero} = 1,40 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 10,99 Kg$$

- **Plancha 2 pesa lateral (pl2)**

$$A_{pl2} = (500 * 1200 + 250 * 1200)mm^2 * 2 + (353,55 * 1200)mm^2 * 2$$

$$= 2'224\ 260 mm^2 = 2,22 m^2$$

$$v_{pl2} = A_{pl2} * e = 2,22 m^2 * 3,175 * 10^{-3}m = 7,06 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{pl2} = V_{pl2} * \delta_{acero} = 7,06 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 55,42 Kg$$

- **Masa del concreto 1 (mc1)**

$$v_{c1} = A_{c1} * l_{c1} = 0,21875 m^2 * 1,2m = 0,2625 m^3$$

$$m_{c1} = V_{c1} * \delta_{concreto} = 0,2625 m^3 * 2200 \frac{Kg}{m^3} = 577,50 Kg$$

Presión ejercida por la pesa lateral (plt)

$$m_{plt} = m_{pl1} + m_{pl2} + m_{c1} = (10,99 + 55,42 + 577,50)Kg = 643,91 Kg$$

$$F_{plt} = m_{plt} * g = 643,91 Kg * 9,81 \frac{m}{seg} = 6 316,75 N$$

$$P_{plt} = \frac{F_{plt}}{A} = \frac{6 316,75 N}{(1,2 * 0,5)m^2} = 10,53 KPa$$

Pesa posterior de concreto

Está situada en la parte posterior y fue diseñada para contrarrestar la fuerza que ejerce la cubierta con sus demás componentes, de igual asegura que la base no sea levantada cuando se eleve el equipo a la posición de transporte, es de concreto recubierta de tol.

- **Plancha 3 pesa posterior (pp1)**

$$A_{pp1} = (300 * 688 * 2 + 300 * 628 * 2)mm^2 + (628 * 688)mm^2$$

$$A_{pp1} == 1'221 664 mm^2 = 1,22 m^2$$

$$v_{pp1} = A_{pp1} * e = 1,22 m^2 * 3,175 * 10^{-3}m = 3,87 * 10^{-3} m^3$$

$$m_{pl2} = V_{pl2} * \delta_{acero} = 3,87 * 10^{-3} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3} = 30,38 Kg$$

- **Masa de concreto 2 (c2)**

$$v_{c2} = A_{c2} * l_{c2} = (0,628 * 0,3 * 0,688)m^3 = 0,13 m^3$$

$$m_{c2} = V_{c2} * \delta_{concreto} = 0,13 m^3 * 2200 \frac{Kg}{m^3} = 286 Kg$$

Presión ejercida por la pesa posterior (ppt)

$$m_{ppt} = m_{pl2} + m_{c2} = (30,38 + 286)Kg = 316,38 Kg$$

$$F_{plt} = m_{ppt} * g = 316,38 Kg * 9,81 \frac{m}{seg} = 3 103,68 N$$

$$P_{plt} = \frac{F_{plt}}{A} = \frac{3 103,68 N}{(0,7 * 0,7)m^2} = 6,33 KPa$$

Masa total de la base de la cubierta (m_{tb})

$$m_{tb} = (151,54 + 21,35 + 3,15 + 0,785 + 19,63 + 17,90 + 3,35 + 0,2 + 9,97 + 10,99 + 55,42 + 577,50 + 30,38 + 286)\text{kg}$$

$$m_{tb} = 1\,188,17\text{ kg}$$

Peso de la base (W_b)

$$W_b = m_{tb} * g = 1\,188,17\text{kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 11\,655,95\text{ N}$$

6.6.2.8 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA BASE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

De igual manera como se hizo el análisis estructural de la cubierta se hará con la base de la volteadora de compost, se utilizará programas de análisis estructural, los cuales realizan simulaciones por el método de elementos finitos, estos programas permiten identificar los elementos que se encuentran sometidos a esfuerzos críticos.

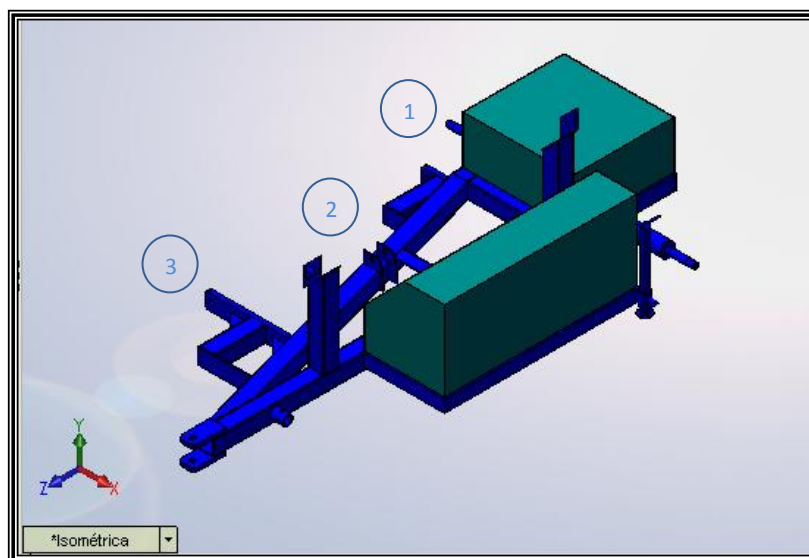


Fig. 6.30: Estructura de la base

Fuente: El autor

Las fuerzas que actúan sobre la estructura de la cubierta se las describe a continuación:

Tabla 6.7: Fuerzas aplicadas en la base de la volteadora de compost

Punto 1	Punto 2	Punto 3
$F_{1y} = -31,40 \text{ N}$	$F_{2y} = +0,02 \text{ N}$	$F_{3y} = +16,11 \text{ N}$
$F_{1x} = -591,64 \text{ N}$	$F_{2x} = +1\ 148,83 \text{ N}$	$F_{3x} = -557,19 \text{ N}$
$F_{1z} = -335,25 \text{ N}$	$F_{2z} = +4\ 407,13 \text{ N}$	$F_{3z} = -337,01 \text{ N}$

Fuente: Elaborado por el autor

Con estas fuerzas se realizará la simulación del comportamiento de las vigas que conforman la estructura de la base de la volteadora de compost.

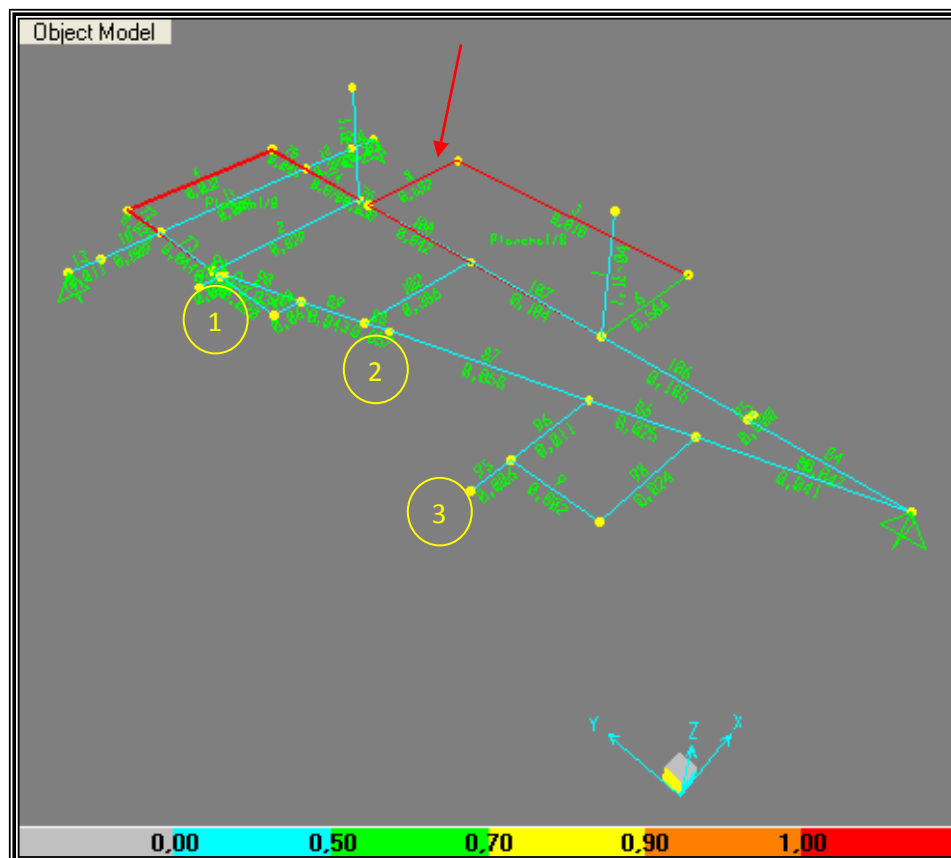


Fig. 6.31: Simulación del diseño mecánico de la estructura de la base

Fuente: El autor

La viga que está sometida a mayores esfuerzos es la número 8 como se muestra en la fig.6.31 a continuación se muestra las fuerzas que actúan sobre la viga y los diagramas de fuerza cortante, momento flexionante.

Diagramas de esfuerzos en la viga número 8

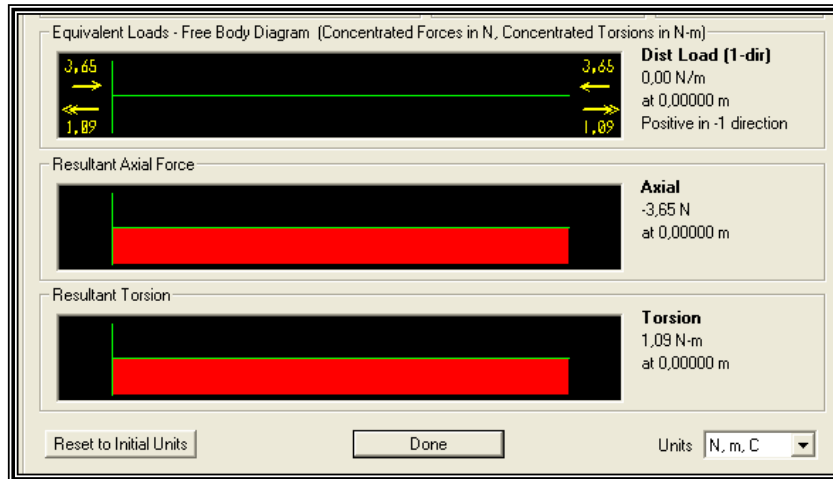


Fig. 6.32: Diagrama de Torsión en la viga 8

Fuente: El autor

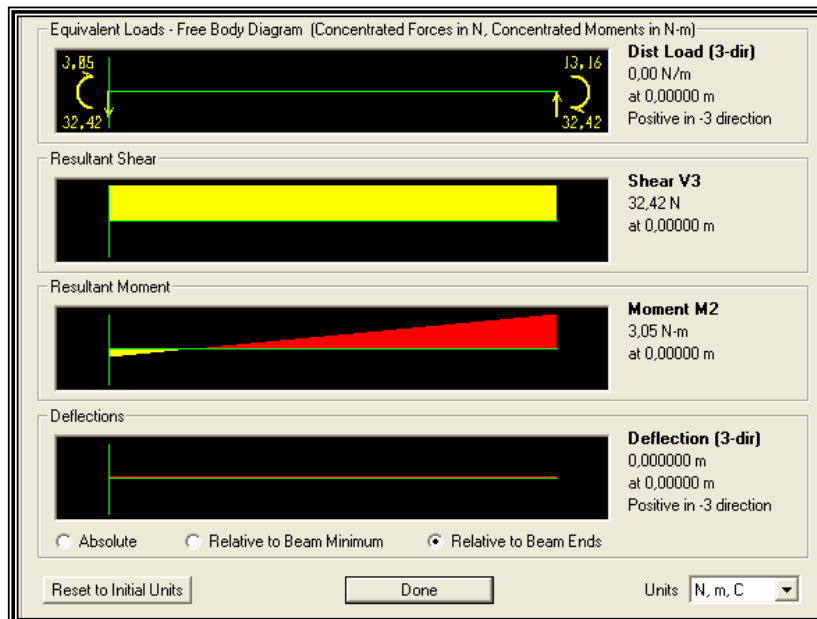


Fig. 6.33: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 8 (Plano y-x)

Fuente: El autor

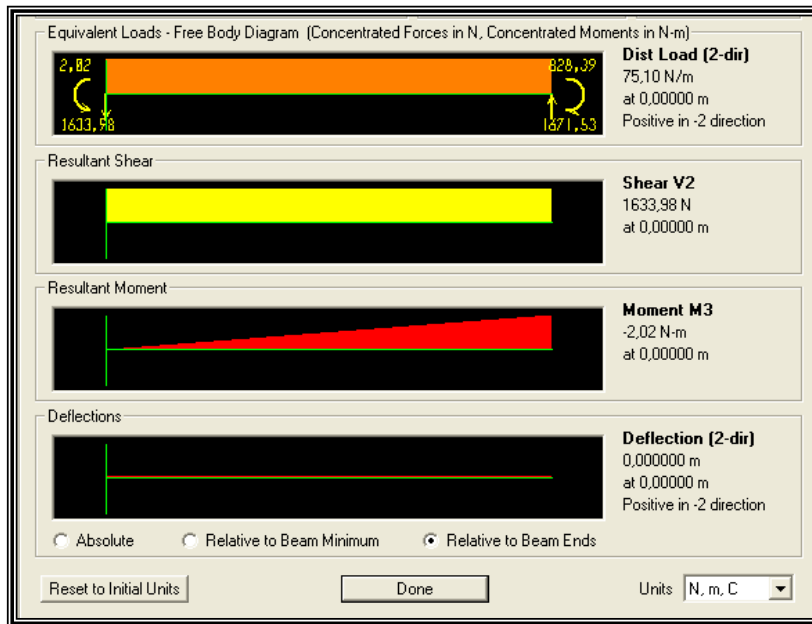


Fig. 6.34: Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante de la viga 8 (Plano x-z)

Fuente: El autor

Con los momentos máximos de las Fig. (6.33) y (6.34) se calcula los momentos flexionantes máximos de la viga número 8 (M_{viga}) la ecuación que se utiliza es la 6.25.

$$M_{viga} = \sqrt{(3,05 \text{ N.m})^2 + (2,02 \text{ N.m})^2} = 3,66 \text{ N.m}$$

Para verificar si la viga número 8 esta seleccionada satisfactoriamente se utilizará la teoría de “Esfuerzos combinados”, la cual está representada por la ecuación (6.29), este miembro es un Ángulo AL de 80x80x6. ($A=9,0 \text{ cm}^2$, $S_x=9,80 \text{ cm}^3$, $r_y=2,49 \text{ cm}$) con una longitud de 0,50 m, para este cálculo se utilizará las ecuaciones (6.26), (6.27), y (6.28), a continuación se reemplaza los valores:

$$f_a = \frac{3,65 \text{ N}}{9 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 4,05 \text{ KPa}$$

$$F_a = 15\,000 - \frac{1}{4} \left(\frac{0,5 \text{ m}}{0,0249 \text{ m}} \right)^2 = 14,89 \text{ KPa}$$

$$f_b = \frac{3,66 \text{ N.m}}{9,8 * 10^{-6} m^3} = 0,37 \text{ MPa}$$

Para el acero A36 el esfuerzo mínimo de fluencia es de $F_y = 36 \text{ Klb/pulg}^2 = 248,22 \text{ MPa}$.

$$F_b = 0,66 * F_y = 0,66 * 248,22 \text{ MPa} = 163,82 \text{ MPa}$$

$$\frac{4,05 \text{ KPa}}{14,89 \text{ KPa}} + \frac{0,37 \text{ MPa}}{163,82 \text{ MPa}} \leq 1,0$$

$$0,27 + 2,26 * 10^{-3} \leq 1,0$$

$$0,27 \leq 1,0$$

El miembro es satisfactorio

Peso de la llanta Rin 13"

La masa es de aproximadamente 20 kg. para llantas rin 13" mas el aro.

$$W_{llanta13} = m_{llanta13} * g = 20 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{seg^2} = 196,2 \text{ N}$$

6.6.2.9 SELECCIÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO

Peso total que levanta el cilindro hidráulico (W_{pch})

El cilindro hidráulico es el encargado de poner a la volteadora de compost tanto en la posición de trabajo como en la posición de transporte.

$$W_{pch} = W_C + W_{F_r} + W_{llanta13} = (3\ 484,02 + 1\ 254,11 + 196,2) \text{ N} = 4\ 934,33 \text{ N}$$

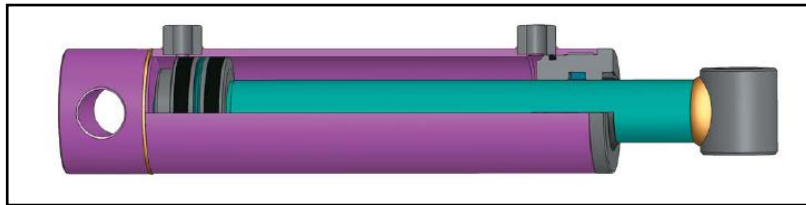


Fig. 6.35: Cilindro hidráulico

Fuente: El autor

El dato principal que se utiliza para la selección es el peso total que levantará el cilindro hidráulico ($W_{pch} = 4\,934,33\text{ N}$), para garantizar el funcionamiento del equipo se multiplicará el W_{pch} por un factor de seguridad (n_{ch}) de 3, dando como resultado la fuerza que permita seleccionar el cilindro hidráulico (F_{Ch}).

$$F_{Ch} = W_{pch} * n_{ch} = 4\,934,33\text{ N} * 3 = 14\,803\text{ N}$$

La ecuación (6.30) sirve para obtener el A_{ch} .

$$P_{aceite} = \frac{F_{Ch}}{A_{ch}} \quad \text{Ec. (6.30)}$$

Donde:

F_{Ch} = Fuerza de trabajo del pistón. [N]

P_{aceite} = Presión del aceite. [20 MPa catálogo]

A_{ch} = Área del vástago. [m²]

Despejando el A_{ch} y reemplazando valores:

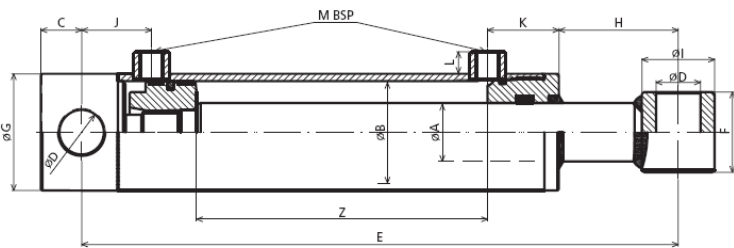
$$A_{ch} = \frac{F_{Ch}}{P_{aceite}} = \frac{14\,803\text{ N}}{20 * 10^6\text{ Pa}} = 7,403 * 10^{-4}\text{ m}^2$$

$$A_{ch} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A_{ch}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 7,403 * 10^{-4} m^2}{\pi}} = 0,033 m = 33 mm$$

El diámetro del vástago que permite seleccionar el cilindro hidráulico es de 33 mm, debido a que el catálogo no cuenta con diámetros de la medida calculada se recomienda elegir el siguiente de diámetro mayor, para este caso se elegirá el vástago con diámetro de 40 mm. que cuenta con una carrera (Z) de 700 mm que es la que se necesita para que la cubierta se coloque en la posición de trabajo, la floricultora proporcionará el cilindro hidráulico con las especificaciones requeridas para la construcción de la volteadora de compost, el cilindro hidráulico requerido se indica en la tabla (6.8).

Tabla 6.8: Características del cilindro hidráulico



REF.	Ø A	Ø B	Z CARRERA STROKE	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	Vol. (L)	Peso Weight (Kg.)
704/2			200	410											0,77	10,0
704/3			300	510											1,15	11,9
704/4			400	610											1,54	13,7
704/5			500	710											1,92	15,6
704/6			600	810											2,31	17,5
704/7	40	70	700	910	28	25,4	55	80	82	50	48	49	15	3/8	2,69	19,4

Fuente: Catálogo de Cilindros y Cromados S.L.

www.Cilindros_y_Cromados.com/

Los cilindros de doble efecto no cuentan con un resorte para devolver el vástago a su posición de equilibrio, su fuerza no disminuye en la carrera de avance, pero sí en su carrera de retroceso debido a la disminución del área del émbolo por la existencia del vástago.

$$F_{avance} = P_{aceite} * \frac{\pi * D^2}{40} \quad Ec. (6.31)$$

$$F_{retroceso} = P_{aceite} * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{40} \quad Ec. (6.32)$$

Con el diámetro del vástago del cilindro hidráulico se reemplaza los valores en las ecuaciones (6.31) y (6.32).

$$F_{avance} = 20 * 10^6 \frac{N}{m^2} * \frac{\pi * (0,07)^2 m^2}{40} = 7,69 \text{ KN}$$

$$F_{retroceso} = 20 * 10^6 \frac{N}{m^2} * \frac{\pi * (0,07^2 - 0,04^2) m^2}{40} = 5,18 \text{ KN}$$

6.6.2.10 DISEÑO DE LA CUÑA (CHAVETA)

La cuña (chaveta) sirve para transmitir la potencia desde la salida de la corona al eje del cilindro rotor. El eje de transmisión es de acero AISI 4340 templado y revenido (TyR) con una resistencia a la fluencia de 1590 MPa, tiene un diámetro de 40 mm, girando a 270 rpm.

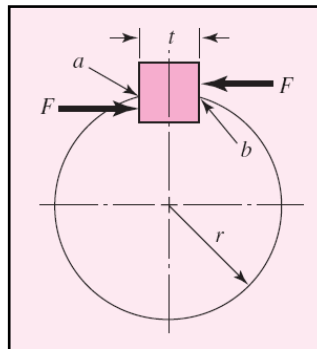


Fig. 6.36: Sección transversal del eje y la chaveta

Fuente: (SHIGLEY & MISCHKE, 2008)

Se elige una cuña (chaveta) cuadrada de $\frac{5}{16}$ pulg. usando un acero AISI 4340 templado y revenido (TyR). El diseño se basa en la resistencia a la fluencia de 1 590MPa.

A partir de la fig. 6.36 la fuerza en la superficie del eje es:

$$F_{cuña} = \frac{T_r}{r} \quad Ec. (6.33)$$

$$F_{cuña} = \frac{261,55 \text{ N.m}}{0,04\text{m}} = 6\,538,75 \text{ N}$$

Mediante la teoría de la energía de distorsión, la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = 0,577S_y = 0,577 * 1\,590\text{MPa} = 917,43\text{MPa}$$

La falla por cortante a lo largo del área ab creará un esfuerzo de $\tau = F/tl$.
Sustituyendo τ por la resistencia dividida entre el factor de seguridad.

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F_{cuña}}{tl}$$

$$n_{cuña} = \frac{S_{sy} * tl}{F_{cuña}} = \frac{917,43 * 10^6\text{Pa} * 7,9375 * 10^{-3}\text{m} * 0,03\text{m}}{6\,538,75 \text{ N}} = 33,41$$

Como se puede observar el factor de seguridad es considerablemente alto ($n_{cuña} = 33,41$) con el objetivo de garantizar que no se produzcan daños o fallas en el eje de transmisión y aumentar su tiempo de vida útil.

Para comprobar si resiste el aplastamiento, se utiliza el área de la mitad de la cara de la cuña:

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F_{cuña}}{tl/2}$$

$$n = \frac{S_y * tl/2}{F_{cuña}} = \frac{1\,590 * 10^6\text{Pa} * (7,9375 * 10^{-3}\text{m} * 0,03\text{m}/2)}{6\,538,75 \text{ N}} = 28,95$$

Se comprobó que de igual manera no se producirán fallas por aplastamiento.

6.6.2.11 DISEÑO DE LOS PASADORES DE LA CUBIERTA

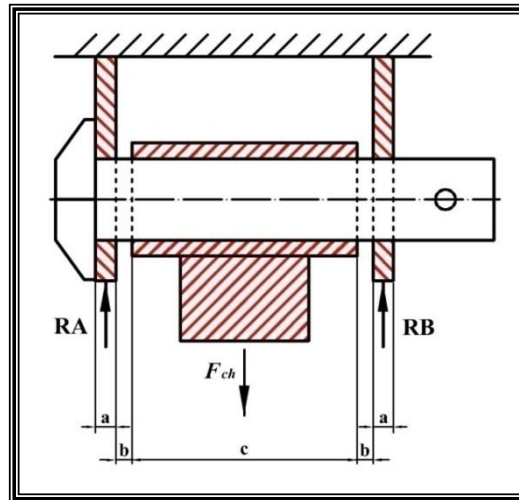


Fig. 6.37: Fuerzas aplicadas en el pasador 1
Fuente: El autor

Para el diseño del pasador 1 se toma la fuerza con la cual se seleccionó el cilindro hidráulico ($F_{Ch} = 14\ 803\ \text{N}$), es de acero AISI 1018.

$$M_{max} = \frac{F_{Ch}}{2} \left(\frac{a + 2(b) + c}{2} \right) - \frac{F_{Ch}}{2} \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{c}{2} + b \right) \quad \text{Ec. (6.34)}$$

$$M_{max} = \frac{14\ 803\ \text{N}}{2} \left(\frac{12,7 + 2(9,8) + 55}{2} \right) \text{mm} - \frac{14\ 803\ \text{N}}{2} \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{55}{2} + 9,8 \right) \text{mm}$$

$$M_{max} = 185\ 037,50\ \text{N} \cdot \text{mm} = 185,04\ \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_Y = \frac{F_{Ch}}{A} = \frac{F_{Ch}}{c \cdot D} = \frac{14\ 803\ \text{N}}{0,055 \cdot 0,0254} = 11\ \text{MPa}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \cdot M_{max}}{\pi \cdot D^3} = \frac{32 \cdot 185,04\ \text{N} \cdot \text{m}}{\pi \cdot (0,0254\ \text{m})^3} = 115,02\ \text{MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{4(F_{Ch}/2)}{3A_{pasador}} = \frac{4(F_{Ch}/2)}{3\pi D^2/4} = \frac{4(14\,803\text{ N}/2)}{3\pi(0,0254\text{ m})^2/4} = 19,48\text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \text{ [MPa]} \quad \text{Ec. (6.35)}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{115,02\text{ MPa} - 11\text{ MPa}}{2}\right)^2 + (19,48\text{ MPa})^2} = 55,54\text{ MPa}$$

La resistencia a la fluencia S_y del acero AISI 1018 es 220 MPa y la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = S_y/2 = 220\text{ MPa}/2 = 110\text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \frac{110\text{ MPa}}{55,54\text{ MPa}} = 1,98$$

El pasador 1 tiene un factor de seguridad adecuado.

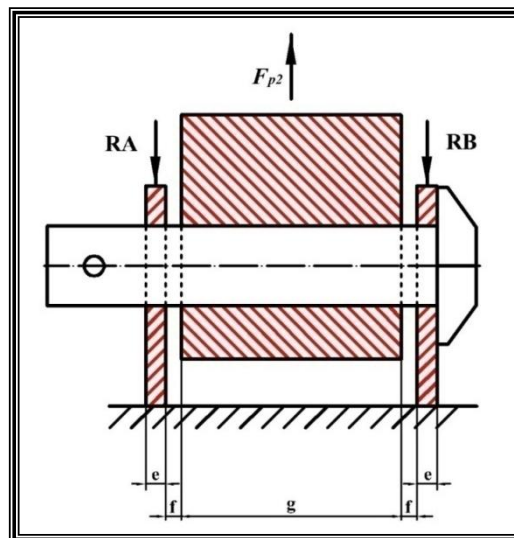


Fig. 6.38: Fuerzas aplicadas en el pasador 2

Fuente: El autor

Para el diseño del pasador 2 se toma la fuerza con la cual se seleccionó el cilindro hidráulico ($F_{Ch} = 14\ 803\text{ N}$) mas la fuerza que ejerce el peso del cilindro hidráulico (F_{wch}), el material del que está construido es de acero AISI 1018.

$$F_{wch} = 19,40Kg * 9,81 \frac{m}{seg^2} = 190,31\text{ N}$$

$$F_{p2} = F_{Ch} + F_{wch} = 14\ 803\text{ N} + 190,31\text{ N} = 14\ 993,31\text{ N}$$

$$M_{max} = \frac{F_{p2}}{2} \left(\frac{e + 2(f) + g}{2} \right) - \frac{F_{p2}}{2} \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{g}{2} + f \right) \quad Ec. (6.36)$$

$$M_{max} = \frac{14\ 993,31\text{ N}}{2} \left(\frac{6,35 + 2(5) + 80}{2} \right) mm - \frac{14\ 993,31\text{ N}}{2} \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{80}{2} + 5 \right) mm$$

$$M_{max} = 192\ 476,62\text{ N} \cdot mm = 192,48\text{ N} \cdot m$$

$$\sigma_Y = \frac{F_{p2}}{A} = \frac{F_{p2}}{c \cdot D} = \frac{14\ 993,31\text{ N}}{0,055 * 0,0254} = 10,73\text{ MPa}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \cdot M_{max}}{\pi \cdot D^3} = \frac{32 * 192,48\text{ N} \cdot m}{\pi * (0,0254m)^3} = 119,64\text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{4(F_{p2}/2)}{3A_{pasador}} = \frac{4(F_{p2}/2)}{3\pi D^2/4} = \frac{4(14\ 993,31\text{ N}/2)}{3\pi(0,0254m)^2/4} = 19,72\text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad [MPa] \quad Ec. (6.37)$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{119,64\text{ MPa} - 10,73\text{ MPa}}{2} \right)^2 + (19,72\text{ MPa})^2} = 57,92\text{ MPa}$$

La resistencia a la fluencia S_y del acero AISI 1018 es 220 MPa y la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = S_y/2 = 220 \text{ MPa}/2 = 110 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \frac{110 \text{ MPa}}{57,92 \text{ MPa}} = 1,90$$

El pasador 2 tiene un factor de seguridad adecuado.

6.6.2.12 CÁLCULO DE LOS RODAMIENTOS DE LA BASE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

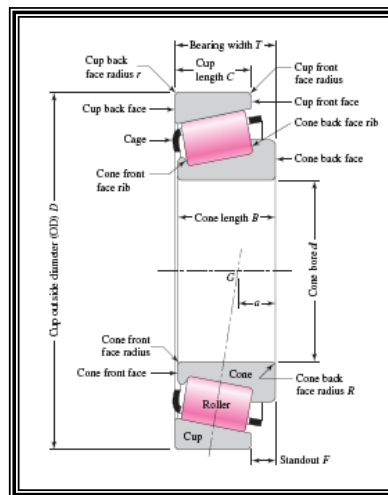


Fig. 6.39: Rodamiento de Rodillos cilíndricos

Fuente: (SHIGLEY & MISCHKE, 2008)

Para que se pueda transportar la volteadora de compost la base estará compuesta por dos discos donde se acoplan los aros de la llantas rin 15, cada disco gira alrededor de dos rodamientos de rodillos cónicos con una fuerza radial de $F_{radial} = 5067,80 \text{ N}$ esta fuerza fue tomada del programa que se hizo la simulación de la base de la volteadora y una fuerza axial $F_a = 0 \text{ N}$, con una confiabilidad del 95 % y temperatura de funcionamiento $\leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$. La duración del rodamiento es de 30 000 h en máquinas para la industria mecánica en general debido a su semejanza y

condiciones de montaje se elegirá un solo rodamiento, para esta selección se utilizarán las ecuaciones (6,22),(6,23), y (6,24).

$$P_o = F_{radial} = 5067,80 \text{ N}$$

$$C_o = S_o * P_o = 1 * 5067,80 \text{ N} = 5067,80 \text{ N}$$

$$P = F_{radial} = 5067,80 \text{ N}$$

$$C = P * \sqrt[3]{\frac{60 * L_{10h} * n}{10^6}} = 5067,80 \text{ N} * \sqrt[3]{\frac{60 * 30\,000 * 270}{10^6}} = 39\,844,18 \text{ N}$$

El rodamiento de hilera de rodillos cónicos seleccionado es el 32006x 3CD del catálogo SKF (Anexo D16).

6.6.2.13 SELECCIÓN DE LA CORONA (REDUCTOR DE VELOCIDADES)

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

Características de operación

- Potencia. [HP tanto de entrada como de salida]
- Velocidad. [RPM de entrada como de salida]
- Torque máximo a la salida. [N.m]
- Relación de reducción. [I]

El tractor según sus especificaciones tiene una velocidad angular (n_e) de 540 rpm, el rotor tiene un ($T_r = 261,55 \text{ N.m}$), una potencia requerida para girar de $H_r = H_s = T_r = 9,91 \text{ HP}$, y una velocidad angular de (n_s) 270 rpm= 28,27 rad/seg.

Para la selección de la corona se requiere:

n_e = Velocidad de entrada. [rpm]

n_s = Velocidad de salida. [rpm]

H_e = Potencia transmisible por el reductor. [HP]

H_s = Potencia necesaria en el eje de salida. [Hp]

H_T = Potencia de salida del tractor. [HP]

r = Rendimiento teórico del reductor. [adimensional]

F_s = factor de seguridad = 3. [adimensional]

Cálculo de la relación de transmisión (i)

$$i = \frac{n_e}{n_s} \quad \text{Ec. (6.38)}$$

$$i = \frac{540 \text{ rpm}}{270 \text{ rpm}} = 2$$

Mediante la (i) se puede seleccionar en la tabla 6.9 el rendimiento teórico (r) y determinar la potencia de entrada necesaria en el reductor para el servicio y la velocidad de salida estipulados.

Tabla 6.9: Rendimientos teóricos de reductores de velocidad

TABLA DE RENDIMIENTOS TEORICOS (r)								
Relación nominal i	Velocidad de entrada r.p.m.	MODELO REDUCTOR						
		20	21	22	23	24	25	26
	1500	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.93	0.94
	1000	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.92	0.92
2	750	0.83	0.84	0.85	0.87	0.87	0.91	0.91
	500	0.81	0.82	0.83	0.85	0.85	0.89	0.90
	300	0.79	0.80	0.81	0.83	0.83	0.87	0.88

Fuente: (MARTÍNEZ, Motorreductores, 2012)

$$H_e = \frac{H_s * F_s}{r} \quad \text{Ec. (6.39)}$$

$$H_e = \frac{9,91 \text{ Hp} * 3}{0,83} = 35,82 \text{ Hp}$$

Las recomendaciones indican que se debe seleccionar el motor con el valor más próximo al de H_e , pero como la máquina estará acoplada a la toma de fuerza del tractor y este es el que transmite la potencia para su funcionamiento se debe verificar sus especificaciones, el tractor que tiene la empresa Nevado Ecuador es un (FORD 6000) con una potencia de 80 Hp por lo que no habría inconvenientes y el equipo funcionaría adecuadamente.

Se debe comprobar en la ecuación (6.40) que:

$$\frac{H_T * r}{F_S} \geq H_s \quad \text{Ec. (6.40)}$$


$$\frac{80 \text{ Hp} * 0,83}{3} \geq 9,91 \text{ Hp}$$

$$22,13 \text{ Hp} \geq 9,91 \text{ Hp}$$

Una vez comprobado los cálculos de selección se procede a seleccionar el reductor de velocidades de la tabla 6.10.

Tabla 6.10: Características de reductores de velocidad

Potencia Entrada		Velocidad de Entrada aprox. (RPM)	Velocidad de Salida aprox (RPM)	Modelo	Factor de Seguridad (F ₂)	Momento Util (Kgr cm)
CV	KW					
10	3.00	1420	710	26HR 400	1.20	17500
			750	26HR 400	1.28	15550
			790	26HR 400	1.50	14325



Fuente: (MARTÍNEZ, 2012)

Se elige un reductor que se muestra en la tabla 6.10 el cual cumple con los requerimientos de trabajo, pero debido a su precio elevado y con la finalidad de minimizar costos se procederá a comprar una corona de vehículo con una potencia de salida de 95 HP según sus características, con una relación de transmisión de la corona ($i_r=2$), y con un costo menor el mismo que se detalla en la tabla (6.13) y se puede ver en la fig. 6.40.



Fig. 6.40: Corona de transmisión

Fuente: El autor

6.6.2.14 SELECCIÓN DEL ACOPLAMIENTO DE CADENA

Se colocará un acoplamiento de cadena de transmisión de doble hilera para conectar el eje de salida de la corona (reductor de velocidades) hasta la entrada del eje del cilindro rotor, con la finalidad de evitar el descentramiento y el eje sufra sobreesfuerzos que puedan generar su rotura.

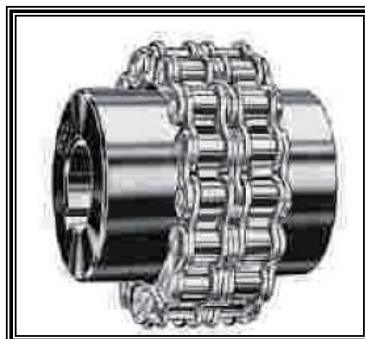


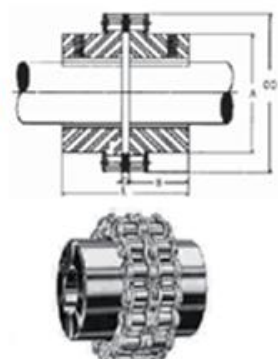
Fig. 6.41: Acoplamiento de cadena

Fuente: (NARANJO, 2009)

Con la potencia necesaria para que gire el eje de salida ($H_s = H_r = 7,4 \text{ kW} = 9,91 \text{ H}$) de la corona (reductor de velocidades), con un $T_r = 261,55 \text{ N.m}$ y una $\omega = 270 \text{ rpm}$ se procede a seleccionar de tabla (6.9) y (6,10) el acoplamiento de cadena.

Tabla 6.11: Dimensiones de acoplamientos de cadenas

DIMENSIONES (ACOPLAMIENTOS CIEGOS Y MECANIZADOS)							
TIPO					AGUJERO		RPM
REFERENCIA	A	B	C	L	OD	MAX	MAX
AC08B12	33	28	7	63	61	22	5000
AC08B16	50	28	7	63	77	32	5000
AC10B16	60	30	9	69	96	42	4000
AC10B18	70	30	9	69	106	45	3600
AC12B18	80	35	11	81	127	56	3000
AC12B20	80	35	11	81	139	60	2500
AC12B22	90	40	11	91	151	70	2500
AC16B18	100	45	14	104	169	80	2000
AC16B20	100	45	14	104	185	80	2000
AC20B20	120	50	18	118	231	100	1800
AC24B18	140	60	21	141	254	120	1500



Fuente: (NARANJO, 2009)

En la tabla 6.12 se muestra las características del acoplamiento de cadena las cuales son: $H_s = 7,41 \text{ kW}$ a $\omega = 400 \text{ rpm}$ y con un par de torsión de $T_r = 350 \text{ N.m}$, por lo que es acoplamiento seleccionado.

Tabla 6.12: Potencia máxima que soporta los acoplamientos de cadenas

VALORES DE POTENCIA (máxima en Kw)														
Tipo	rpm													PAR MAX (Nm) permitido por debajo de 50 rpm
	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	1800	2000	
AC08B12	1,15	1,73	2,63	3,46	4,15	4,96	5,67	7,01	8,53	9,68	11,6	13,7	14,8	200
AC08B16	2,06	3,09	4,69	6,17	7,41	8,85	10,1	12,5	15,3	17,3	21	24,4	26,3	350
AC10B16	3,91	5,86	8,92	11,7	14,1	16,8	19,2	23,8	28,9	32,9	39,9	46,4	50	700
AC10B18	4,95	7,43	11,3	14,9	17,8	21,3	24,4	30,1	36,6	41,6	50,5	58,8		900
AC12B18	9,33	14	21,3	28	33,6	40,1	45,9	56,8	69,1	78,4	95,2	111		1.700
AC12B20	10,9	16,4	24,9	32,8	39,4	47,1	51	64,1	81,1	91,7	112			2.000
AC12B22	12,5	18,8	28,6	37,7	45,3	54,1	61,9	76,5	93,1	105	128			2.300
AC16B18	20,7	31	47,2	62,1	74,5	89	101	126	153	174	211			3.500
AC16B20	25,1	37,7	57,2	75,5	90,2	108	123							4.500
AC20B20	46,6	70	106	140	168	200	229	283	345					8.000
AC24B18	70,2	105	160	210	252	302	345	426						12.000
AC24B22	90,7	136	206	272	326	390	446							15.000

NOTA: Mantenimiento recomendado de lubricación: A mensual - B semanal - C constante.

Fuente: (NARANJO, 2009)

6.7 ADMINISTRACIÓN

6.7.2 Análisis de costos

6.7.2.1 Costos directos

Los costos directos son los egresos por concepto de materiales, la tabla 6.13 muestra en detalle dichos costos.

Tabla 6.13: Egresos por concepto de materiales.

EGRESOS POR CONCEPTO DE MATERIALES					
Ítem	Concepto	Unidad	Canti- dad	Costo [USD]	
				Unitario	Total
1	Tubo cuadrado 100X6 mm	m	9	9,65	86,85
2	Platina 100x1pulg	m	2	12,47	24,94
3	Tubo circular de 3 pulgx7,62 mm de espesor	m	1,5	15	22,5
4	Plancha PL de 244X122X1/8 pulg de espesor	u	0	93,5	0
5	Plancha PL de 244X122X2mm de espesor	u	3	82,26	246,78
6	Angulo L 80mmX6 mm de espesor	m	6	6,6	39,6
7	Platina PLT 100X9 mm	m	1	4,25	4,25
8	Perfil U 80X40X4 mm	m	21	7,55	158,55
9	Perfil UPN 220	m	1,5	12,75	19,125
10	Perfil U 100X50x3 mm	m	1,5	3,75	5,625
11	Platina 75X3/8 pulg de espesor	m	10	6,42	64,2
12	Platina 75X1/2 pulg de espesor	m	18	6,66	119,88
13	Cilindro de 7 pulg Ø X 4 mm	m	2,5	39,46	98,65
14	Eje 1-1/2 pulg de diámetro	m	2	21,5	43
15	Pernos ½ pulg X 30 mm	u	100	0,15	15
16	Tuerca ½ pulg	u	118	0,08	9,44
17	Pernos de ½ pulg X 40 mm	u	18	0,17	3,06
18	Eje 1 pulg	m	0,5	8,54	4,27
19	Eje 1-1/4 pulg	m	0,2	9,1	1,82
20	Electrodos 6013	lb	32	2,05	65,6
21	Electrodos 7018	lb	22	2,56	56,32
22	Pernos M 12X 30 mm	u	4	0,17	0,68
23	Tuerca M12	u	4	0,08	0,32
24	Prisioneros	4	5	0,2	1
25	Pasadores	u	4	0,25	1

Fuente: El autor

Tabla 6.13: Egresos por concepto de materiales (Continuación).

EGRESOS POR CONCEPTO DE MATERIALES					
Ítem	Concepto	Unidad	Canti- dad	Costo [USD]	
				Unitario	Total
26	Cadena	u	1	10,5	10,5
27	Chumaceras Laterales	u	2	9,47	18,94
28	Corona de transmisión	u	1	600	600
29	Aro RIN 15	u	2	45	90
30	Aro RIN 13	u	1	35	35
31	Llanta Rin 15	u	2	115	230
32	Llanta Rin 13	u	1	85	85
33	Pintura anticorrosiva	lt	4	10,82	43,28
34	Pintura esmalte	lt	8	5,72	45,76
35	Tiñer	lt	10	1,48	14,8
36	Plancha PL de 244X122X1/8 pulg de espesor	u	1	93,5	93,5
37	Plancha PL de 244X122X2mm de espesor	u	1	82	82
38	Cemento	qq	3	7,86	23,58
39	Cardan de transmisión	u	1	400	400
40	Embrague	u	1	350	350
41	Mangueras de alta presión	u	2	57,75	115,5
42	Acoples hidráulicos	u	2	23,5	47
43	Cilindro hidráulico	u	1	300	300
44	Trnsporte de la maquina	-	-		150
TOTAL			-		3827,3

Fuente: El autor

6.7.2.2 Costos Indirectos

Tabla 6.14: Egresos indirectos

COSTOS INDIRECTOS	
Concepto	Costo [USD]
Alquiler de taller y mano de obra	2000
Alquiler de tractor para pruebas	350
Transporte del equipo	130
Transporte personal	180
Gastos informáticos	200
Otros	120
TOTAL	2980

Fuente: El autor

Los costos indirectos representan los egresos económicos por motivo de mano de obra, y alquiler del taller. La tabla 6.14 muestra un resumen de dichos gastos.

6.7.2.3 Costo Total

El costo total de la inversión está constituido por los costos directos e indirectos. La tabla 6.15 da a conocer su valor.

Tabla 6.15: Egresos totales.

COSTO TOTAL	
Concepto	Costo [USD]
Adquisición de materiales	3827,30
Egresos indirectos	2980,00
TOTAL	6807,30

Fuente: El autor

6.7.2.4 Análisis económico

El presente estudio se centra únicamente en uno de los procesos que constituyen la producción del abono orgánico, el beneficio es directamente para la empresa Nevado Ecuador. Durante el período de vida útil de la máquina no se tendrán egresos económicos por concepto de volteo, la duración del proyecto (volteadora de compost) en funcionamiento se estima de 5 años, iniciando en el 2013.

6.7.2.5 Financiamiento

El financiamiento de los egresos por concepto de materiales, alquiler del taller, y mano de obra la realizará la empresa Nevado Ecuador, mientras que el resto de egresos serán cubiertos por el autor del presente estudio.

6.7.2.6 Depreciación de la máquina

Para establecer la depreciación (D) de la máquina se utiliza el método de suma de dígitos de los años:

Donde:

D = Depreciación del activo. [\\$]

n = Vida útil o período de recuperación de la inversión. [años]

t = Tiempo de análisis. [años]

P = Valor inicial del activo a depreciar, inversión. [\\$]

VS = Valor de salvamento o valor de venta del activo al final de su vida útil. [\\$]

$$D = \left[\frac{n - (t - 1)}{n * \frac{(n+1)}{2}} \right] * (P - VS) \text{ [\$]} \quad \text{Ec. (6.41)}$$

El tiempo de vida útil para máquinas se estima un tiempo de 5 años, el valor inicial de activo es \$ 6807,30 (ver tabla 6.13) y el valor de salvamento es el 60% del valor inicial. Las depreciaciones para cada año de estudio se muestran en la tabla 6.16.

Tabla 6.16: Depreciación y valor en libros de la máquina.

DEPRESIACION DE LA MÁQUINA				
<i>Inversión</i>	<i>V. Salvamento</i>	<i>Año</i>	<i>Depreciación</i>	<i>Valor en Libros</i>
6807,3	4084,38	0	0	6807,3
		1	907,64	5899,66
		2	726,11	5173,55
		3	544,58	4628,96
		4	363,06	4265,91
		5	181,53	4084,38

Fuente: El autor

Ingresos anuales

Se estima que el ahorro por el funcionamiento de la maquina es de \$ 400 mensuales por lo tanto al año son \$ 4800 lo que significa que este ahorro se lo toma con un ingreso económico para la floricultora Nevado Ecuador.

Costos anuales

Para este análisis se tomó un estimado de 16 horas de trabajo al mes, las cuales son suficiente para voltear toda la producción de compost, con este número de horas se calcula el egreso que se le cancela al operador y el costo del combustible.

Tabla 6.17: Egresos anuales por el funcionamiento de la máquina.

EGRESOS ANUALES	
Concepto	Costo [USD]
Combustible	984,96
Sueldo Operador	339,36
Anticorrosivos	22
Mantenimiento	40
TOTAL	1386,32

Fuente: El autor

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

La TMAR con y sin inflación con las ecuaciones (6.42) y (6.43):

$$TMAR_{f=0} = i \quad \text{Ec. (6.42)}$$

$$TMAR = i + f + (i.f) \quad \text{Ec. (6.43)}$$

Donde:

i: Tasa de interés a la que se desea que crezca la inversión o premio al riesgo. [%]

f: Tasa de inflación. [%]

La tasa de interés toma un valor de 15%. La inflación es de 0,38 %, valor que se obtuvo del promedio de enero a julio de 2013 según la superintendencia de bancos.

$$TMAR_{f=0} = 15\%$$

$$TMAR = 0,15 + 0,0038 + (0,15*0,0038)=0,1544=15,44 \%$$

Estado de resultados

Con los valores encontrados se procede a realizar el estado de resultados equivalente al proceso del compost con la volteadora.

Tabla 6.18: Estado de resultados equivalente a la volteadora de compost

ESTADO DE RESULTADOS					
Tiempo [Años]	1	2	3	4	5
SALDO INICIAL ENTRADA		2742,18	5059,19	7090,61	8944,60
(+)Ingreso por la máquina	4800	5280,00	5808,00	6388,80	7027,68
(=)1 TOTAL ENTRADA	4800	8022,176	10867,185	13479,4079	15972,28
SALIDAS					
(+)Combustible	984,96	1034,21	1085,92	1140,21	1197,23
(+)Sueldo Operador	399,36	419,33	440,29	462,31	485,42
(+)Anticorrosivos	22	23,10	24,26	25,47	26,74
(+)Mantenimiento	40,00	42,00	44,10	46,31	48,62
(+)Depreciación	907,66	726,12	544,58	363,06	181,53
(=)2TOTAL SALIDAS	2353,98	2244,76	2139,15	2037,36	1939,54
(1-2)U. antes de Impuesto	2446,02	5777,42	8728,04	11442,05	14032,74
Imp.a la renta 25%	611,50	1444,36	2182,01	2860,51	3508,18
(=)U. después de Impuesto	1834,51	4333,07	6546,03	8581,54	10524,55
(+) Depreciación	907,66	726,12	544,58	363,06	181,53
Flujo Neto Efectivo (FNE)	2742,18	5059,19	7090,61	8944,60	10 706,08

Fuente: (BACA URBINA, 2003)

Como se puede apreciar en la tabla 6.18 al 3er año ya se recupera la inversión con un excedente de 283,31 USD.

Cálculo del VAN

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad [\$] \quad Ec. (6.44)$$

$$VAN = -6807,30 + \frac{2742,18}{(1+0,15)^1} + \frac{5059,19}{(1+0,15)^2} + \dots + \frac{10\,706,08}{(1+0,15)^5} = 14\,501,78\$$$

Cálculo del TIR

La TIR es la tasa de interés que se obtiene por iteración cuando el VAN es nulo.

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+TIR)^n}$$

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+TIR_{f=0})^1} + \frac{FNE_2}{(1+TIR_{f=0})^2} + \dots + \frac{FNE_5}{(1+TIR_{f=0})^5}$$

$$TIR_{f=0} = 0,1643 = 16,43 \%$$

La TIR_f con inflación (TIR) se calcula de la siguiente forma:

$$TIR_f = TMAR_f + (1+f) * (TIR_{f=0} - TMAR_{f=0})$$

$$TIR_f = 0,1544 + (1+0,038) * (0,1643 - 0,1544) = 0,1647$$

Debido a que el $VAN \geq 0$ y la $TIR \geq TMAR$, se establece que el proyecto es rentable.

6.8 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En la presente sección se muestra los resultados de las pruebas realizadas de la máquina, además se establece un plan de mantenimiento (Anexo E) para que ésta tenga un funcionamiento óptimo y alargar su tiempo de vida útil.

6.8.1 Resultados de las Pruebas

El propósito de la realización de las pruebas de funcionamiento de la máquina está centrado en verificar su correcta operación, previamente se verificó el acoplamiento de las mangueras hidráulicas, lubricación de las articulaciones entre la cubierta y la base de la volteadora, y el correcto enganche de la base a la barra de tiro del tractor.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron en el campo específicamente en el área de compost de la floricultora Nevado Ecuador, se voltearon dos pilas de compost las mismas que debían cumplir con los parámetros de diseño de la máquina, en las tablas (6.19) y (6.20) se puede ver los resultados de las pruebas.

Tabla 6.19: Resultados de la prueba de funcionamiento N° 1

	
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO N°1	
<i>Base de la pila:</i>	2,20 m
<i>Altura de la pila:</i>	1,10 m
<i>Longitud de la pila:</i>	22 m
<i>Volumen:</i>	26,62 m ³
<i>Tiempo de volteo:</i>	12 min

Fuente: El autor

Tabla 6.20: Resultados de la prueba de funcionamiento N° 2

	
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO N°2	
<i>Base de la pila:</i>	2.20 m
<i>Altura de la pila:</i>	1,10 m
<i>Longitud de la pila:</i>	42 m
<i>Volumen:</i>	50,82 m ³
<i>Tiempo de volteo:</i>	27 min

Fuente: El autor

Luego del paso de la volteadora a través de la pila el compost queda mezclado de forma homogéneo como se muestra en la fig. de compost.



Fig. 6.42: Compost volteado

Fuente: El autor

También se mejoró el proceso de las pilas de compost que permite un mejor manejo y volteo.

Tabla 6.21: Comparación del proceso del compost



Elaborado por: El autor

En base a las pruebas realizadas se estima que la eficiencia de la volteadora de compost será del (75 – 85) %, debido a que el tiempo del proceso de la pila influye en su densidad, mientras menos denso más rápido será el volteo y mientras más denso más lento será el volteo.

6.8.2 Operación y mantenimiento

En el Anexo E se detalla la operación y mantenimiento para un correcto funcionamiento de la volteadora de compost.

6.8.3 Conclusiones y Recomendaciones

6.8.3.1 Conclusiones

- El tiempo del proceso de las pilas depende mucho del tamaño de la materia orgánica triturada, ya que cuanto más triturada y pequeña sea su tamaño el proceso se demora menos.
- Las pilas de compost al estar colocadas de forma ordenada facilitan las operaciones de volteo y para medir las variables que intervienen en el proceso, hay que tomar en cuenta que este factor permite disminuir el tiempo en la producción de compost.
- La máquina funciona en optimas condiciones cuando las pilas tienen las medidas de diseño, caso contrario comienza a vibrar excesivamente por el sobre esfuerzo que hace para voltear el compost.
- Con la implementación de la volteadora se facilita el volteo y manejo de las pilas de compost, de igual manera los trabajadores que anteriormente volteaban manualmente ya no tienen efectos en su salud y se encuentran conformes trabajando en otras aéreas de la floricultora.

6.8.3.2 Recomendaciones

- Se debe medir diariamente los parámetros que intervienen en el proceso de las pilas de compost, esto permitirá conocer en que fase se encuentra la pila y si requiere de un volteo.
- Es necesario utilizar los (EPP) equipos de protección personal para voltear las pilas de compost, ya que debido a que las pilas despiden gases producto de la descomposición de la materia orgánica puede traer consecuencias en la salud.
- Las medidas de las pilas de compost no deben pasar de las medidas indicadas en el manual de operación, se debe seguir esta recomendación para incrementar la vida útil de la máquina y evitar sobre esfuerzos que produzcan algún dalo en los componentes internos de la volteadora.

- Es necesario seguir las instrucciones que se indican en el manual de operación para no tener problemas e inconvenientes en las operaciones de volteo.

MATERIALES DE REFERENCIA

1 BIBLIOGRAFÍA

- [1]. AVENDAÑO, D. (2003). *El proceso de compostaje*. Santiago de Chile.
- [2]. AVNIMELECH, Y., EILAT, R., & PORAT, Y. *Factors Affecting The Rate Of Windrow Composting In Field Studies*. (T. I. Department of Agricultural Eng., Ed.) Haifa, Israel.
- [3]. BACA URBINA, G. (2003). *Fundamentos de ingeniería económica*. México.
- [4]. INTEC. (1999). *Manual de compostaje. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile*. Santiago, Chile.
- [5]. J. GRAU i CALVÓ, A. S. (2007). *Sistemas de compostaje en pilas volteadas, Estudio de la planta de compostaje*. Barcelona, España: Escola Universitària Politècnica del Medi Ambient.
- [6]. McCORMAC, J. (2006). *Diseño de Estructuras Metálicas* (4ta Edición ed.). México D.F.: Alfaomega.
- [7]. NATURAL-RESOURCE, AGRICULTURA, & ENGINEERING-SERVICE. (1992). *On-Farm composting handbook*.
- [8]. ORTIZ, L. F. (2007). *Manual de elaboración de composta*. México: METROCERT.
- [9]. RIBA ROMEVA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Cataluña, España: Universidad Politècnica de Catalunya.
- [10]. RINK, R. (1992). *On - Farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering service. Cooperative*. New York,, USA.

- [11].RONALD, M. (2007). *Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos*. Medellín: Puerta Echeverri.
- [12].SHIGLEY, J., & MISCHKE, C. *Diseño de Ingeniería Mecánica* (8va Edición ed.). McGraw-Hill.
- [13].TECH, V. (1997). *On Farm Composting. A Guide to Principles, Planning & Operations*. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [14].VALLEJOS, A. G. (1997). *Departamento de Agronomía. U.N.S.El tractor agrícola*.

2 LINKOGRAFÍA



- [15].BIOMASA (Ed.). (2012). *Pala Mecánica HANOMAG*. Obtenido de www.Maquinaria_HANOMAG.org.ec
- [16].BIOMETSA (Ed.). (2010). *Volteadora Triangular SF 420*. Obtenido de <http://www.biometsa.es>
- [17].BRECHELT, A. (2008). *El compost como abono orgánico*. (F. a. ambiente, Productor) Obtenido de <http://www.rap-al.org>.
- [18].DAVILA, R. (2010). *Características de la volteadora Willibald TBU 3P*. (JournalMex, Editor) Obtenido de <http://nexodesign.net/v1/trabajos/unoreciclaje.com>
- [19].LENTAX. (s.f.). *Motorreductores*. Obtenido de www.LENTAX.com
- [20].M.Sc. FERNÁNDEZ, A., & M.Sc. SÁNCHEZ, M. (2007). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. Obtenido de <http://www.unido.org/>
- [21].NARANJO, L. (2009). *Acoplamiento de cadenas*. Obtenido de www.equitrans96.es

- [22].ROBEN, E. (2002). *Manual de compostaje para Municipios*. (D. I. Loja, Editor) Obtenido de www.ded.org.ec iml@loja.telconet.net
- [23].TORRES ACUÑA, R. (2010). *Bioreactores-biotecnología practica aplicada, Diseño de bioprocesos*. Obtenido de <http://bioreactorcrc.wordpress.com/>
- [24].UNIDECO, S. (2012). *Proforma Unideco*. Obtenido de www.unideco.com/ec.
- [25].VERMEER, C. (2012). *Volteadora Vermeer CT1010TX*. Obtenido de <http://www.vermeer.com>

ANEXO A

COTIZACIÓN DE LA VOLTEADORA DE COMPOST ACOPLADA A LA (TDF) TOMA DE FUERZA DEL TRACTOR

ANEXO A1

 <i>always with nature</i>	
	
Señor Edisson Lozada Presente:	Quito a 13.08.2012
Proforma Nro. AL-2012-032	NEVADO ECUADOR
Equipos para Compostaje	
De nuestras consideraciones	
Reciba Ud. un cordial y atento saludo de quienes conformamos UNIDECO S.A.	
Aireadora – Volteadora ST 200 (Halada por tractor) marca COMPOST SYSTEMS	
Fabricada en Austria	
Potencia requerida del tractor: 20 HP Requiere tractor con marcha Superlenta – Creeper Recomendamos nuestro tractor LAMBORGHINI Rekord 70	
Ancho máximo de pila:	2.2m
Alto máximo de pila:	1.0m
Dimensión geométrica triangular:	1.21m ²
Capacidad de volteo:	220 – 825m ³ /h
<ul style="list-style-type: none">- Incluye barra de irrigación- Incluye juego adicional de aspas- Incluye eje cardán- Incluye contrapesa de concreto- Incluye acople para remolque	
VALOR EN US\$ 38'622.- exento de IVA	
UNIDECO S.A. le agradece por el interés mostrado. Cualquier inquietud, no dude en comunicarse con nosotros.	
Muy cordiales saludos	
UNIDECO S.A. www.unideco.com	
UNIDECO S.A.	
<small>Panamericana Norte Km 5.5 junto al parque de los Recuerdos Quito – Ecuador Telf: (+593-2) 2476-830 Fax: (+593-2) 2471-315 Sucursal Cañar: Av 24 de Mayo y carrera Cuenca Telf: 072 237-088 Móvil: 098 255-109 Sucursal San Gabriel: Panamericana Norte vía a Tulcán junto al colegio Eloy Alfaro Telf: 062 292-290 www.unideco.com e-mail:unideco@unideco.com</small>	

Fuente: www.Unideco.com.ec

ANEXO B

CARACTERÍSTICAS DE VOLTEADORAS DE COMPOST

ANEXO B1

Vermeer®

CT1010TX

The self-propelled CT1010TX is the largest elevating-face compost turner in our line and is a great choice for compost operations wanting to optimize space. With its patented elevating-face technology, the CT1010TX lifts, inverts and aerates organic material on a single pass, whether in a continuous stack or a 20' (6.1 m) wide by 9' (2.7 m) high windrow configuration.

Equipped with an optional side discharge conveyor and SmartTrack advanced ground drive control system, the CT1010TX allows for efficient continuous stacking to save space and time. The two-speed planetary track-drive system helps reduce transport times, while also providing more control in wet, heavy material. The CT1010TX also reduces plugging via a single-touch switch that staggers the start times of the conveyor and elevating face.



CT1010TX Specifications

General Dimensions

Max width (operational): 25.1' (7.7 m)
Max width (transport): 12' (3.7 m)
Max height (operational): 19.6' (6 m)
Max height (transport): 12.3' (3.8 m)
Max length (operational): 20' (6.1 m)
Max length (transport): 17.9' (5.5 m)
Max ground clearance: 10" (25.4 cm)
Weight: 43,000 lb (19,504.5 kg)
Weight with optional conveyor: 48,000 lb (21,772.4 kg)

Engine

Make and model: Cummins QSB6.7 L
Number of cylinders: 6
Horsepower: 215 hp (160.3 kW)
Battery: 2 – 950 CCA

Processing Size

Stack width: Infinite/Endless
Stack height: 9' (2.7 m)

Turning System – Elevating Face

Face width: 10' (3 m)
Face height: 10' (3 m)
Teeth type: 2-bolt cup cutter
Teeth quantity: 517
Pump flow @ max rpm: 61 gpm (230.9 L/min)
System relief pressure: 3500 psi (241.3 bar)

Discharge Conveyor System

Conveyor type: Belt 24' x 48" (7.3 m x 121.9 cm)
Max belt speed: 750 fpm (228.6 m/min)
Stacking height: 10.5' x 13.5' (3.2 m x 4.1 m)
Pump flow @ max rpm: 43 gpm (162.8 L/min)
System relief pressure: 3500 psi (241.3 bar)

Controls

Display type: LCD readout and LED warning
Gauges: Engine rpm, fuel level, temperature
Controls: Ground drive, lift, throttle, face chain, conveyor

Cab

Climate-controlled

Ground Drive – Tracks




Track type: D4 triple grouser
Track width: 24" (61 cm)
High-speed travel: 3.2 mph (5.1 km/h)
Low-speed travel: 6.5 fpm (2 m/min)

For a complete list of specifications, visit [vermeer.com](http://www.vermeer.com).

Fuente: Volteadora Vermeer CT1010TX

<http://www.vermeer.com>

ANEXO B2

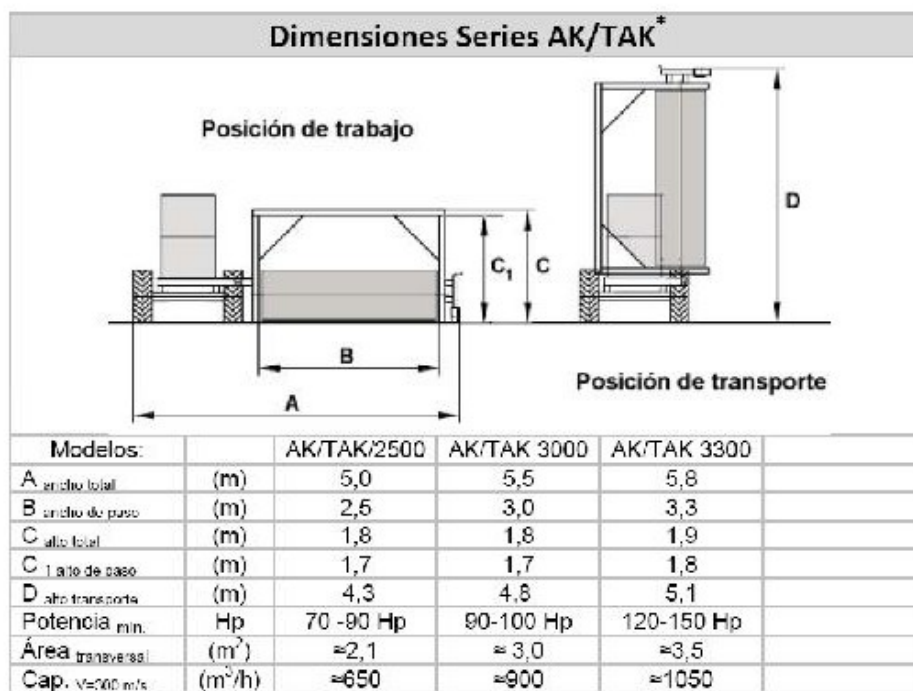
 <h3 style="display: inline;">Datos Técnicos SF 420</h3> 	
Datos principales	<p>Descripción volteadora autopropulsada, principio túnel</p> <p>Peso tara ~ 7.000 kg</p> <p>Ancho / largo / alto 5,45 x 2,55 x 3,20 m</p>
Zonas de aplicación	<p>Forma de las pilas triangulares</p> <p>Idóneo para compost, lodos residuales, tierras contaminadas</p>
Potencia	<p>Capacidad de compostaje hasta 1800 m³/h</p> <p>Anchura máxima de trabajo 4,20 m</p> <p>Altura máxima de trabajo 2,10 m</p> <p>Rotor desplazable</p>
Datos del motor	<p>Motor John Deere</p> <p>Tipo turbo Diesel</p> <p>Potencia 202 HP / 149 kW</p> <p>Cilindrada 6,8 l</p> <p>Sistema de refrigeración refrigerado por agua</p> <p>Tanque de combustible 235 l</p>
Chasis	<p>Chasis cadenas de oruga de caucho reforzadas con acero</p> <p>Rotor (impulso hidrostático) 0-145 r/min</p> <p>Velocidad en modo no operativo con progresión continua 0-4,0 km/h</p> <p>Velocidad en modo operativo con progresión continua 0-2,0 km/h</p> <p>Altura ajustable 30 cm</p> <p>Palas laterales de giro hidráulico</p>
Sistema hidráulico	<p>Sistema hidráulico sistema de tracción completamente hidráulico</p> <p>Motor hidráulico rotor – poder rotativo</p> <p>Tanque hidráulico chasis - Bosch Rexroth</p> <p>150 l</p>
Cabina	<p>Sistema de sobrepresión A/C con filtro de carbón activo y filtros de partículas</p> <p>Espejos panorámicos excelente vista panorámica</p>
Medidas de transporte	<p>Largo / ancho / alto sin rodillo para geotextil 4,87 x 2,55 x 3,20 m</p> <p>Largo / ancho / alto con rodillo para geotextil 5,10 x 2,55 x 3,20 m</p>
Opciones	<ul style="list-style-type: none"> • Rodillo para geotextil • Sistema de riego • Sistema de inoculación <p>mezclado y enrollado en un solo paso control óptimo de la humedad en las pilas optimización del proceso</p>
Las ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Alta calidad de compactaje • Excelente aireación del compostaje y alto enriquecimiento de oxígeno • Cobertura de GFK • Extraordinario mezclado • Rotor altamente eficaz • Sistema de aceite hidráulico de alta calidad • Control electrónico del motor, sistemas hidráulico y de seguridad • Cabina climatizada, ventanas ahumadas, insonorización, cuadro de mandos ergonómico
	
<p><i>Neuson Ecotec GmbH, Actuelstraße 32, A-4053 Haid, Tel: +43 (0) 7229 75000-0</i> <i>Fax: +43 (0) 7229 78 000-100 E-mail: office@neuson-ecotec.com</i> <i>Página web: www.neuson-ecotec.com - Nos reservamos el derecho de modificaciones.</i></p>	

Fuente: <http://www.biometsa.es>

ANEXO B3

IWK *ecoturner*

Volteadoras de compost Serie AK / TAK



IWK Maschinenbau
Soporte de Aplicación
Latino América y Caribe

Carrera 11 #13-60 , Of. 301 (m) +57 314 473 8463
Sogamoso – Boyacá (e) iwkm.lac@gmail.com
Colombia (w) www.iteq-lac.com

Fuente: www.iteq-lac.com

ANEXO C

FORMATO DE LA ENCUESTA

ANEXO C1 (Continuación)

9.- ¿Cuál es el tiempo que se demora en voltear todas las pilas de compost?

- a) 1-3 días
- b) 3-5 días
- c) 5- o más días
- d) Desconoce

10.- ¿Se siente cómodo cuando trabaja volteando el compost?

SI () NO () NO VOLTEA ()

¿Por qué?.....
.....

11.- ¿El volteo de compost le ha producido alguna molestia o problemas para su salud?

SI () NO () NO VOLTEA ()

¿Cuál?.....
.....

12.- ¿Usted cree que debería mejorarse el proceso que se lleva en el área de compost?

SI () NO ()

¿Por qué?.....
.....

13.- ¿Se desempeña de mejor manera cuando trabajo en otra área de la empresa que cuando trabaja en el área de compost?

SI () NO () IGUAL ()

14.- ¿Conoce algún tipo de máquina que facilite la elaboración de abono orgánico?

SI () NO ()

¿Cuál?.....
.....

15.- ¿Cree usted que sería de gran ayuda para el área de compost la implementación de una volteadora de compost?

SI () NO ()


¿Por qué?.....
.....

ANEXO D

TABLAS, FIGURAS, Y CATÁLOGOS DE PRODUCTOS

ANEXO D1

CANALES "U"



DIPAC®

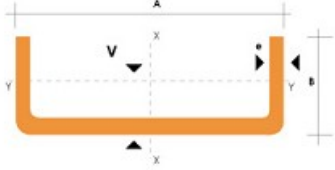
PRODUCTOS DE ACERO

PERFILES ESTRUCTURALES

CANALES "U"

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A36
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm2	I	W	I	I	W	I	x
						cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54


también en galvanizado e inoxidable

2
www.dipacmanta.com

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D2


PLANCHAS



DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

PLANCHAS

PL



REDUCCION DE FRACCIONES DE PULGADAS A MILIMETROS					
PULGADAS		MILIMETROS		PULGADAS	
1/128 = 0.20	25/64 = 9.92	27/32 = 21.43	55/64 = 21.83	7/8 = 22.23	57/64 = 22.62
1/64 = 0.40	13/32 = 10.32	29/32 = 23.02	59/64 = 23.42	15/16 = 23.81	61/64 = 24.21
3/128 = 0.60	27/64 = 10.72	63/64 = 25.00	1 = 25.40	11/10 = 27.00	11/8 = 28.60
1/40 = 0.64	7/16 = 11.11	18/16 = 30.20	11/4 = 31.70	15/16 = 33.30	13/8 = 34.90
1/32 = 0.79	29/64 = 11.51	11/4 = 31.70	15/16 = 33.30	13/8 = 34.90	17/16 = 36.50
1/25 = 1.02	15/32 = 11.91	11/2 = 38.10	19/10 = 39.70	15/8 = 41.30	111/16 = 42.90
3/64 = 1.19	31/64 = 12.30	11/2 = 38.10	15/8 = 41.30	13/4 = 44.40	113/16 = 46.00
1/20 = 1.27	1/2 = 12.70	11/2 = 38.10	15/8 = 41.30	3/4 = 49.05	17/8 = 47.60
1/16 = 1.59	33/64 = 13.10	11/2 = 38.10	15/8 = 41.30	25/32 = 19.84	115/16 = 49.20
5/64 = 1.98	17/32 = 13.49	2 = 50.80		51/64 = 20.24	13/16 = 20.64
3/32 = 2.38	35/64 = 13.89			53/64 = 21.03	
7/64 = 2.78	9/16 = 14.29				
1/8 = 3.18	37/64 = 14.68				
9/64 = 3.57	19/32 = 15.08				
5/32 = 3.97	39/64 = 15.48				
11/64 = 4.37	5/8 = 15.88				
3/16 = 4.76	41/64 = 16.27				
13/64 = 5.16	21/32 = 16.67				
7/32 = 5.56	46/64 = 17.07				
15/64 = 5.95	11/16 = 17.46				
1/4 = 6.35	45/64 = 17.86				
17/64 = 6.75	23/32 = 18.26				
9/32 = 7.14	47/64 = 18.65				
19/64 = 7.54	3/4 = 19.05				
5/16 = 7.94	49/64 = 19.45				
21/64 = 8.33	25/32 = 19.84				
11/32 = 8.73	51/64 = 20.24				
23/64 = 9.13	13/16 = 20.64				
3/8 = 9.53	53/64 = 21.03				

DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPESOR	KG
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	206.86
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	689.54

METODO PRACTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

NOMENCLATURA

L = Largo (mm)
A = Ancho (mm)
E = Espesor (mm)
Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1,000.00}$$


Ejemplo: $(L = 1220\text{mm} \times A = 2440 \text{ mm} \times E = 1,0\text{mm}) \times 7,85 = 23.368 \text{ Kg}$

18
www.dipacmanta.com

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D3

ANGULOS "L" DOBLADO



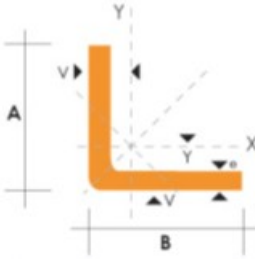
PERFILES ESTRUCTURALES

ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

- Calidad
- Otras calidades
- Largo normal
- Otros largos
- Espesores
- Acabado
- Otro acabado

- ASTM A36 SAE 1008
- Previa consulta
- 6.0m
- Previa consulta
- Desde 1,5mm hasta 12.0mm
- Natural
- Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			EJE X-X		EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	2.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

6

www.dipacmanta.com

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D4




TSC

TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS CEDULA 80

Especificaciones Generales

Norma: ASTM - A53 GrB para conducción de fluidos

Recubrimiento: Negro o galvanizado

Largo normal: 6.00m

Otros largos: Previa Consulta




NOMINAL	DIAMETRO		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO
	EXTERIOR	e					
	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm2	lb/pulg2	kg/m
1/4"	13.70	0.54	3.02	0.11	60	850	0.80
3/8"	17.10	0.37	3.20	0.12	60	850	1.10
1/2"	21.30	0.84	3.73	0.14	60	850	1.62
3/4"	26.70	1.05	3.91	0.15	60	850	2.19
1"	33.40	1.31	4.55	0.17	60	850	3.23
1 1/4"	42.20	1.66	4.85	0.19	134	1900	4.47
1 1/2"	48.30	1.90	5.08	0.20	134	1900	5.41
2"	60.30	2.37	5.54	0.21	176	2500	7.48
2 1/2"	73.00	2.87	7.01	0.27	176	2500	11.41
3"	88.90	3.50	7.62	0.30	176	2500	15.27
4"	114.30	4.50	8.56	0.33	197	2800	22.31
6"	168.30	6.62	10.97	0.43	193	2740	42.56


Composición Química	Máximo porcentaje
Carbon	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06

www.dipacmanta.com
31

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D5






PLATINAS

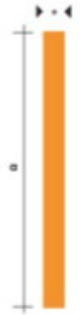
PERFILES LAMINADOS PLATINAS

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00




www.dipacmanta.com

9


Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D6



DIPAC®

PRODUCTOS DE ACERO




UPN

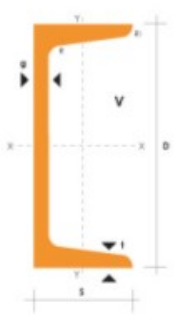
PERFILES LAMINADOS UPN

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6.00m y 12.00m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta




DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PESOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80




www.dipacmanta.com
13

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D7






EJES

EJES

ACERO DE TRANSMISION

Especificaciones Generales

Material	AISI 1018
Dureza HRC	60
Limite de influencia	235 N/mm2
Aplicaciones	LEVAS, UNIONES, BUJES, PINES, PIVOTES, PERNOS GRADO 3



EJES DE TRANSMISION DE BAJA RESISTENCIA AL TORQUE

DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
7/8"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

www.dipacmanta.com
53

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

ANEXO D8

Tabla A-18

Propiedades
geométricas

Parte 1 Propiedades de las secciones

A = área

G = ubicación del centroide

$$I_x = \int y^2 dA = \text{segundo momento de área con respecto al eje } x$$

$$I_y = \int x^2 dA = \text{segundo momento de área con respecto al eje } y$$

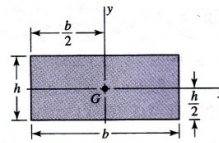
$$I_{xy} = \int xy dA = \text{momento mixto de área con respecto a los ejes } x \text{ y } y$$

$$J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$$

= segundo momento polar de área con respecto al eje que pasa por G

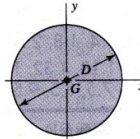
$k_x^2 = I_x/A$ = radio de giro al cuadrado con respecto al eje x

Rectángulo



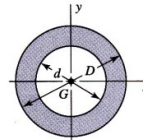
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Círculo hueco



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño de Ingeniería Mecánica.

ANEXO D9

Tabla A-20

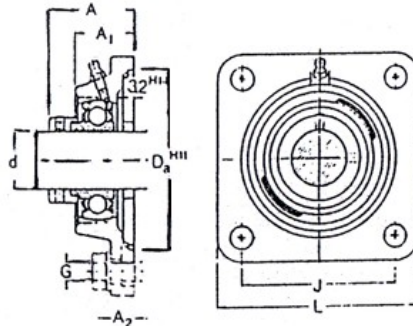
Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg)]. Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

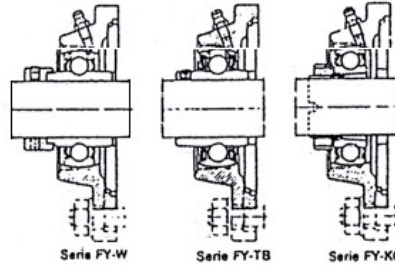
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño de Ingeniería Mecánica.

ANEXO D10

Soportes de brida con rodamientos
con brida cuadrada
d 20-60 mm.



Serie FY-FJ



Dimensiones									Capacidad de carga C	Masa kg	Designaciones Unidad completa	Soporte	Rodamiento Y
d	A	A ₁	A ₂	D _a	J	L	G	N					
mm													
20	43	29	11	68.3	63.5	86	10	9 800	0.65	FY 20 FJ	FY 504	238204 B02LS	
	46	29	11	68.3	63.5	86	10	9 800	0.63	FY 20 W	FY 504	446204 D	
	32.3	29	11	68.3	63.5	86	10	9 800	0.64	FY 20 TB	FY 504	630304 BA	
	40	29	11	68.3	63.5	86	10	9 800	0.62	FY 20 KG	FY 504	362004 BTN	
25	43	30	12	74.6	70	95	10	10 800	0.70	FY 25 FJ	FY 505	238205 B02LS	
	48	30	12	74.6	70	95	10	10 800	0.66	FY 25 W	FY 505	446205 D	
	35.8	30	12	74.6	70	95	10	10 800	0.70	FY 25 TB	FY 505	630305 BA	
	40	30	12	74.6	70	95	10	10 800	0.67	FY 25 KG	FY 505	362005 BTN	
30	47	33	13	93.7	82.5	108	10	15 000	1.15	FY 30 FJ	FY 506	238206 B02LS	
	51	33	13	93.7	82.5	108	10	15 000	1.25	FY 30 W	FY 506	446206 D	
	39.7	33	13	93.7	82.5	108	10	15 000	1.15	FY 30 TB	FY 506	630306 BA	
	43.3	33	13	93.7	82.5	108	10	15 000	1.10	FY 30 KG	FY 506	362006 BTN	
35	51	34	13	106.4	92	118	12	19 600	1.60	FY 35 FJ	FY 507	238207 B02LS	
	54	34	13	106.4	92	118	12	19 600	1.65	FY 35 W	FY 507	446207 D	
	44.4	34	13	106.4	92	118	12	19 600	1.55	FY 35 TB	FY 507	630307 BA	
	46.1	34	13	106.4	92	118	12	19 600	1.45	FY 35 KG	FY 507	362007 B	
40	56	37	14	115.9	101.5	130	12	23 600	2.00	FY 40 FJ	FY 508	238208 B02LS	
	58	37	14	115.9	101.5	130	12	23 600	2.05	FY 40 W	FY 508	446208 D	
	50.2	37	14	115.9	101.5	130	12	23 600	2.00	FY 40 TB	FY 508	630308 BA	
	50.3	37	14	115.9	101.5	130	12	23 600	1.90	FY 40 KG	FY 508	362008 B	
45	56	37	14	119.1	105	137	14	25 500	2.25	FY 45 FJ	FY 509	238209 B02LS	
	58	37	14	119.1	105	137	14	25 500	2.35	FY 45 W	FY 509	446209 D	
	51.2	37	14	119.1	105	137	14	25 500	2.20	FY 45 TB	FY 509	630309 BA	
50	59	41	15	125.4	111	143	16	27 000	2.75	FY 50 FJ	FY 510	238210 B02LS	
	65	41	15	125.4	111	143	16	27 000	2.80	FY 50 W	FY 510	446210 D	
	54.6	41	15	125.4	111	143	16	27 000	2.70	FY 50 TB	FY 510	630310 BA	
55	73	45	16	150.8	130	162	16	33 500	3.60	FY 55 W	FY 511	446211 D	
60	77	49	17	161.9	143	175	16	36 500	4.70	FY 60 W	FY 512	446212 D	

SKF


Fuente: Catálogo de rodamientos SKF.

ANEXO D11

PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES					
Designación de la ASTM	Tipo de Acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mín de fluencia, kpsi	Resistencia mín a la tensión, kpsi
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Edificios, puentes y otras estructuras atornilladas o soldadas	36, pero 32 si el espesor es mayor de 8 pulg	58-80
A529	Al carbono	Perfiles y placas hasta de 1/2 pulg	Similar al A36	42-50	60-100
A572	Columbio-vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta de 6 pulg	Construcción soldada o atornillada. No para puentes soldados con S _y grado 55 o mayor	42-65	60-80
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión	Perfiles, placas y barras hasta de 5 pulg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas; técnica de soldado muy importante	42-50	63-70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras hasta de 4 pulg	Construcción atornillada	42-50	63-70
A852	Aleación templada y revenida	Placas sólo hasta de 4 pulg	Construcción soldada o atornillada, principalmente para puentes y edificios soldados. Proceso de soldadura de importancia fundamental	70	90-110
A514	Baja aleación templada y revenida	Placas sólo de 2 1/2 a 6 pug	Estructura soldada con gran atención a la técnica; no se recomienda si la ductilidad es importante	90-100	100-130

Fuente: McCormac. Diseño de Estructuras de Acero.

ANEXO D12

<h3>Cilindros hidráulicos de simple y doble efecto</h3>	<h3>Single and double acting hydraulic cylinders</h3>
<h4>Características técnicas</h4>	<h4>Technical Data</h4>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Presión de utilización máxima: 200 Kg/cm² (200 bar; 2.842 psi). ■ Velocidad de utilización máxima: 0,5 m/s. ■ Temperatura: -30° C + 90° C. ■ Aceite: hidráulico mineral. <p>ESTANQUEIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vástago <ul style="list-style-type: none"> - Collarín: Junta compacta termoplástica de poliuretano de doble labio. - Rascador metálico. ■ Pistón <ul style="list-style-type: none"> - Pistón monoblock: Junta de poliuretano que incorpora junta tórica más guías para un preciso y suave recorrido del pistón que facilita la disminución de las vibraciones mecánicas. - De dos piezas: Elemento de resistencia elástico en caucho nitrílico de múltiples labios. ■ Estático <ul style="list-style-type: none"> - Junta tórica NBR 70 shore. - Guía estanca freno de poliamida. <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vástago <ul style="list-style-type: none"> - Acero F-1140 cromado (20 µm min.), tolerancia sobre el diámetro ISO f7 y dureza mínima sobre el recubrimiento de 900 HV. ■ Tubo <ul style="list-style-type: none"> - Acero ST 52.3 BK según norma DIN 2393. - Acero ST 52 BK+S según norma DIN 2391. ■ Cabeza <ul style="list-style-type: none"> - Acero F-1140 tratado (nitruado). <p>ACABADOS</p> <p>Imprimación en color negro (posibilidad de otros acabados, consultar).</p> <p>RECOMENDACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteger el circuito del cilindro con un limitador de presión de 200 Kg/cm² y un filtro. - Purgar el circuito desatornillando ligeramente los racores de alimentación antes del primer servicio. - No soldar sobre el tubo, desmontar el cilindro para soldar sobre el vástago o sobre el fondo. - Para almacenamiento prolongado a la intemperie, el vástago debe de estar completamente introducido en el tubo, en caso contrario el vástago debe estar engrasado. - Para limpiezas del cilindro a alta presión previamente debe protegerse el vástago. - En ningún caso el cilindro debe ser usado como tope mecánico. - Verificar el estado de pureza del fluido (cuerpos extraños). - Para cilindros de doble efecto que vayan a trabajar como simple efecto es recomendable conectar el racor no utilizado al tanque. 	<div style="text-align: right; font-weight: bold; margin-bottom: 10px;">01</div> <ul style="list-style-type: none"> ■ Maximum working pressure: 200 Kg/cm² (200 bar; 2.842 psi). ■ Maximum working speed: 0,5 m/s. ■ Temperature: -30°C to +90°C. ■ Oil: mineral hydraulic. <p>SEALS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Rod <ul style="list-style-type: none"> - Piston seal: solid thermoplastic polyurethane seal with double lip. - Metal wiper. ■ Piston <ul style="list-style-type: none"> - Monoblock piston: polyurethane seal plus rubber O-ring and guide-seals for a precise and smooth course of the piston and to reduce mechanic vibrations. - Two-piece piston: multiple-lip elastic resistance device in nitrilic rubber. ■ Static <ul style="list-style-type: none"> - NBR Rubber O-ring 70 shore. - Polyamid brake guide-seal. <p>MATERIALS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Rod <ul style="list-style-type: none"> - Hard chrome plated steel F-1140 (20 µm min.), tolerance on diameter ISO f7 and minimum hardness on surface 900 HV. ■ Tube <ul style="list-style-type: none"> - Steel ST 52.3 BK according to norm DIN 2393. - Steel ST 52 BK+S according to norm DIN 2391. ■ Guide-bushing <ul style="list-style-type: none"> - Nitrited steel F-1140 (nitride hardening). <p>FINISH</p> <p>Black prime painting (for other possibilities, please consult).</p> <p>RECOMMENDATIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protect the cylinder circuit by means of a 200 kg/cm² relief valve and a filter. - Bleed the air from the circuit by slightly loosening the fittings before the first operation. - Do not weld on the tube. Dismount the cylinder to weld on the rod or on the base. - In case of a long storage in bad weather conditions, the rod must be completely retracted or it must be greased instead. - For high pressure cleaning of the cylinder, you must protect the rod first. - In any case should the cylinder be used as a mechanical limit stop. - For double acting cylinders working as single acting, it is essential to connect the unused oil port to the tank.
<p><small>SOMOS LOS ÚNICOS FABRICANTES DE CILINDROS HIDRÁULICOS DEL MUNDO QUE SOLDAMOS CON TECNOLOGÍA LASER WE ARE THE ONLY HYDRAULIC CYLINDER MANUFACTURERS IN THE WORLD THAT WELD WITH LASER TECHNOLOGY</small></p>	 <p>CILINDROS Y CROMADOS, S.L. <small>Polígono Industrial Maniquet de Duartes, Parroquia de 34210 Duartes (Palencia) ESPAÑA</small></p>

Fuente: www.cilindros_y_cromados.com.

ANEXO D13

Cilindros hidráulicos de simple y doble efecto	Single and double acting hydraulic cylinders
Cilindros estándar de doble efecto LÁSER	LÁSER double acting standard cylinders

PANDEO BUCKLING	FUERZA DE EMPUJE UPWARD THRUST	FUERZA DE TRACCIÓN TRACTIVE EFFORT
--------------------------	---	---

Z Carrera | Stroke (mm)

P (bar)

ø A/B (mm)

Toneladas | Ton

P (bar)

ø B (mm)

Toneladas | Ton

P (bar)

ø A/B (mm)

8

CILINDROS Y CROMADOS, S.L.
Fábrica Industrial Mariscal de Duarte, Parcela 42
 34270 Duque de Paredes (Palencia) ESPAÑA

SOMOS LOS ÚNICOS FABRICANTES DE CILINDROS HIDRÁULICOS DEL MUNDO QUE SOLDAMOS CON TECNOLOGÍA LÁSER

WE ARE THE ONLY HYDRAULIC CYLINDER MANUFACTURERS IN THE WORLD THAT WELD WITH LASER TECHNOLOGY


Fuente: www.cilindros_y_cromados.com.

ANEXO D14

Cilindros hidráulicos de simple y doble efecto				Single and double acting hydraulic cylinders												
Cilindros estándar de doble efecto LÁSER				LÁSER double acting standard cylinders												
REF.	Ø A	Ø B	Z CARRERA STROKE	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	Vol. (L)	Peso Weight (Kg.)
700/05	20	32	50	205	16	16,2	35	40	28	30	47	35	9,5	1/4	0,04	1,7
700/10			100	255											0,08	2,0
700/15			150	305											0,12	2,3
700/20			200	355											0,16	2,6
700/30			300	455											0,24	3,2
701/1	25	40	100	270	17,5	20,25	40	50	64,5	35	38,5	40	15	3/8	0,13	2,9
701/2			200	370											0,25	3,8
701/3			300	470											0,38	4,7
701/4			400	570											0,50	5,7
701/5			500	670											0,63	6,6
702/1	30	50	100	300	22	25,25	45	60	85	40	43	43	15	3/8	0,20	4,3
702/2			200	400											0,39	5,6
702/3			300	500											0,59	6,8
702/4			400	600											0,79	8,0
702/5			500	700											0,98	9,5
702/6			600	800											1,18	10,5
702/7			700	900											1,37	11,7
703/1	30	60	100	300	22	25,25	45	70	83	40	43	45	15	3/8	0,28	5,4
703/2			200	400											0,57	7,0
703/3			300	500											0,85	8,1
703/4			400	600											1,13	9,5
703/5			500	700											1,41	10,8
703/6			600	800											1,70	12,2
703/7			700	900											1,98	13,5
704/2	40	70	200	410	28	30,5	55	80	82	50	48	49	15	3/8	0,77	10,0
704/3			300	510											1,15	11,9
704/4			400	610											1,54	13,7
704/5			500	710											1,92	15,6
704/6			600	810											2,31	17,5
704/7			700	910											2,69	19,4
705/2			40	80											200	410
705/3	300	510			1,51	14,0										
705/4	400	610			2,01	16,0										
705/5	500	710			2,51	18,1										
705/6	600	810			3,02	20,1										
705/7	700	910			3,52	22,1										
706/3	50	100			300	525	28	30,5	70	115	75	60	48	60	17	1/2
706/4			400	625	3,14	28,5										
706/5			500	725	3,93	31,4										
706/7			700	925	5,50	37,2										
706/9			900	1125	7,07	43,0										
707/5	70	120	500	770	40	40,5	80	140	55	80	65	82	17	1/2	5,65	60,0
707/10			1000	1270											11,31	90,0

Unidades en mm. | All measures in mm.

SOMOS LOS ÚNICOS FABRICANTES DE CILINDROS HIDRÁULICOS DEL MUNDO QUE SOLDAMOS CON TECNOLOGÍA LÁSER
WE ARE THE ONLY HYDRAULIC CYLINDER MANUFACTURERS IN THE WORLD THAT WELD WITH LASER TECHNOLOGY

 **CILINDROS Y CROMADOS, S.L.**
Paseo Industrial Municipal de Cuatros, Parcela 42
36210 Daxos (Palencia) ESPAÑA

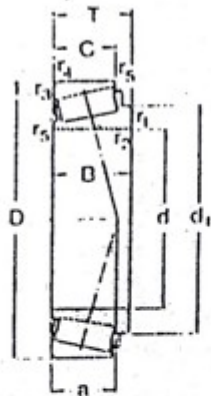
Fuente: www.cilindros_y_cromados.com.

ANEXO D15

CAPÍTULO 7 Ejes, flechas y sus componentes 381					
Tamaño de la cuña		Altura <i>b</i>	Corrimiento <i>e</i>	Profundidad de la ranura	
<i>w</i>	<i>D</i>			Eje	Maza
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$	0.109	$\frac{1}{64}$	0.0728	0.0372
$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	0.172	$\frac{1}{64}$	0.1358	0.0372
$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{8}$	0.172	$\frac{1}{64}$	0.1202	0.0529
$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{2}$	0.203	$\frac{3}{64}$	0.1511	0.0529
$\frac{3}{32}$	$\frac{5}{8}$	0.250	$\frac{1}{16}$	0.1981	0.0529
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.203	$\frac{3}{64}$	0.1355	0.0685
$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{8}$	0.250	$\frac{1}{16}$	0.1825	0.0685
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	0.313	$\frac{1}{16}$	0.2455	0.0685
$\frac{5}{32}$	$\frac{5}{8}$	0.250	$\frac{1}{16}$	0.1669	0.0841
$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{4}$	0.313	$\frac{1}{16}$	0.2299	0.0841
$\frac{5}{32}$	$\frac{7}{8}$	0.375	$\frac{1}{16}$	0.2919	0.0841
$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{4}$	0.313	$\frac{1}{16}$	0.2143	0.0997
$\frac{3}{16}$	$\frac{7}{8}$	0.375	$\frac{1}{16}$	0.2763	0.0997
$\frac{3}{16}$	1	0.438	$\frac{1}{16}$	0.3393	0.0997
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	0.375	$\frac{1}{16}$	0.2450	0.1310
$\frac{1}{4}$	1	0.438	$\frac{1}{16}$	0.3080	0.1310
$\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	0.547	$\frac{5}{64}$	0.4170	0.1310
$\frac{5}{16}$	1	0.438	$\frac{1}{16}$	0.2768	0.1622
$\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{4}$	0.547	$\frac{5}{64}$	0.3858	0.1622
$\frac{5}{16}$	$1\frac{1}{2}$	0.641	$\frac{7}{64}$	0.4798	0.1622
$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	0.547	$\frac{5}{64}$	0.3545	0.1935
$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	0.641	$\frac{7}{64}$	0.4485	0.1935

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica.*

ANEXO D16



Dimensiones principales			Capacidad de carga dinám.		Límite de velocidad		Masa	Designación	Serie de dimensiones según ISO 355	
d	D	T	C	estát. Co	Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	kg	-	-	
mm			N		r/min					
35	62	18	40 200	30 500	6 000	8 000	0,22	32007 X	4CC	
	72	18,25	48 400	32 500	5 300	7 000	0,32	30207	3DB	
	72	24,25	61 600	45 000	5 300	7 000	0,43	32207	3DC	
	72	24,25	57 200	42 500	5 300	7 000	0,44	32207 B	5DC	
	72	28	79 200	62 000	4 800	6 300	0,56	33207	2DE	
	80	22,75	68 200	45 000	5 000	6 700	0,52	30307	2FB	
	80	22,75	57 200	39 000	4 500	6 000	0,52	31307	7FB	
	80	32,75	89 700	65 500	4 800	6 300	0,73	32307	2FE	
	80	32,75	88 000	67 000	4 500	6 000	0,80	32307 B	5FE	
	40	68	19	49 500	40 000	5 300	7 000	0,27	32008 X	3CD
		75	20	74 800	58 500	5 000	6 700	0,51	33108	2CE
		80	19,75	58 300	40 000	4 800	6 300	0,42	30208	3DB
80		24,75	70 400	50 000	4 800	6 300	0,53	32208	3DC	
80		32	96 800	78 000	4 300	5 600	0,77	33208	2DE	
85		33	114 000	90 000	4 500	6 000	0,90	T2EE 040	2EE	
90		25,25	80 900	56 000	4 500	6 000	0,72	30308	2FB	
90		25,25	69 300	46 500	4 000	5 300	0,72	31308	7FB	
90		35,25	110 000	83 000	4 000	5 300	1,00	32308	2FD	
45		75	20	55 000	44 000	4 800	6 300	0,34	32009 X	3CC
		80	26	79 200	64 000	4 500	6 000	0,56	33109	3CE
		85	20,75	62 700	44 000	4 500	6 000	0,48	30209	3DB
	85	24,75	74 800	56 000	4 500	6 000	0,58	32209	3DC	
	85	32	101 000	81 500	4 000	5 300	0,82	33209	3DE	
	95	29	84 200	63 000	3 600	4 800	0,92	T7FC 045	7FC	
	95	36	140 000	110 000	4 000	5 300	1,20	T2ED 045	2ED	
	100	27,25	101 000	72 000	4 000	5 300	0,97	30309	2FB	
	100	27,25	85 800	60 000	3 400	4 500	0,95	31309	7FB	
	100	38,25	132 000	102 000	3 600	4 800	1,35	32309	2FD	
	100	38,25	128 000	102 000	3 600	4 800	1,45	32309 B	5FD	


Fuente: Catálogo de rodamientos SKF.

ANEXO D17



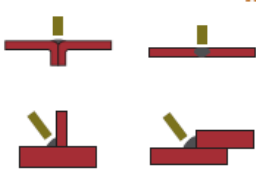
TABLA DE RENDIMIENTOS TEORICOS (η)								
Relación nominal 1	Velocidad de entrada r.p.m.	MODELO REDUCTOR						
		20	21	22	23	24	25	26
2	1500	0.87	0.86	0.89	0.90	0.90	0.93	0.94
	1000	0.85	0.80	0.87	0.88	0.89	0.92	0.92
	750	0.83	0.84	0.80	0.87	0.87	0.91	0.91
	500	0.81	0.82	0.83	0.85	0.85	0.89	0.90
	300	0.79	0.80	0.81	0.83	0.83	0.87	0.88
3	1500	0.81	0.83	0.85	0.80	0.88	0.90	0.91
	1000	0.78	0.80	0.82	0.84	0.80	0.89	0.90
	750	0.76	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.89
	500	0.74	0.70	0.78	0.79	0.83	0.85	0.87
	300	0.71	0.73	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84
4	1500	0.79	0.81	0.83	0.84	0.80	0.89	0.90
	1000	0.70	0.78	0.81	0.82	0.84	0.87	0.88
	750	0.74	0.77	0.79	0.80	0.82	0.85	0.87
	500	0.72	0.74	0.70	0.77	0.80	0.83	0.85
	300	0.69	0.71	0.73	0.74	0.77	0.80	0.82
5	1500	0.73	0.75	0.70	0.82	0.83	0.87	0.80
	1000	0.69	0.72	0.73	0.80	0.80	0.85	0.83
	750	0.67	0.69	0.71	0.77	0.78	0.83	0.82
	500	0.64	0.60	0.67	0.75	0.75	0.81	0.79
	300	0.61	0.63	0.64	0.72	0.72	0.78	0.75

Fuente: www.LENTAX.com

ANEXO D18



Selección de electrodos según la junta...

DELGADO	TAMAÑO DEL MATERIAL	MATERIAL	
<p>PIEZAS DELGADAS Baja corriente Electrodo 3/32" - 1/8" DC -, arco abierto Una pasada</p> 		<p>PIEZAS GRUESAS Alta corriente Electrodo 5/32" - 3/16" DC+, arco concentrado Varias pasadas</p> 	
<p>E6013 E7018</p> <p>JUNTAS ABIERTAS No se requiere penetración</p> <p>Una pasada: E6013 - E7018</p> <p>Varias pasadas: Raíz: E6010 Relleno: E6013 - E7018</p>	<p>TIPO DE JUNTA</p> 	<p>E6011</p> <p>JUNTAS CERRADAS Se requiere penetración</p> <p>Una pasada: E6011</p> <p>JUNTAS GRUESAS Varias pasadas: Raíz: E6010 Relleno: E6013 - E7018</p>	

Fuente: Catálogo de productos Dipac.

ANEXO E

MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO E1

SECCIÓN 01

1 SEGURIDAD

1.1 SEGURIDAD Y SÍMBOLOS DE ALERTA

¡PELIGRO!: Indica una eminente situación de riesgo que si no es evitada puede resultar en daños serios o muerte. Esta señal es colocada para limitar operaciones en situaciones extremas.

¡ADVERTENCIA!: Indica una potencial situación de peligro que si no es evitada puede resultar en daños serios o muerte. Estas señales son colocadas para que no se realicen prácticas inseguras.

¡PRECAUCIÓN!: Indica una situación de riesgo que si no es evitada puede resultar en daños moderados o de menor grado. Estas señales son colocadas para alertar de prácticas inseguras.

1.2 OPERADOR – EQUIPAMIENTO PERSONAL

Condición física del operador

El operador tiene que estar en buenas condiciones físicas y mentales para operar la máquina, y no bajo la influencia de sustancias no permitidas como: alcohol, drogas, fármacos, etc. Ya que le pueden producir fatiga, pérdida de concentración, disminución de la visión, disminución del control motriz, entre otros efectos.

Equipamiento personal



La ropa no debe tener elementos libres que puedan tener contacto con las piezas en movimiento, evite utilizar bufandas, chaquetas, joyas, cabello largo o cualquier cosa que pueda tener contacto con las piezas móviles de la máquina.



Los guantes mejoran el agarre y protege sus manos.



Las botas son muy importantes, se necesitan botas con punta de acero que eviten el deslizamiento o caídas y proteja los pies.



Para reducir el riesgo de daños en los ojos del operador de la volteadora es necesario utilizar gafas que protejan adecuadamente toda la parte exterior del ojo.



El ruido del motor puede dañar la capacidad auditiva del operador y debe utilizar tapones regularmente.

1.3 ETIQUETAS DE SEGURIDAD DE LA MÁQUINA



Fuente: El autor



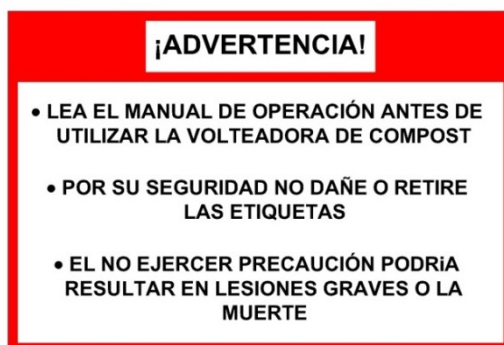
Fuente: El autor



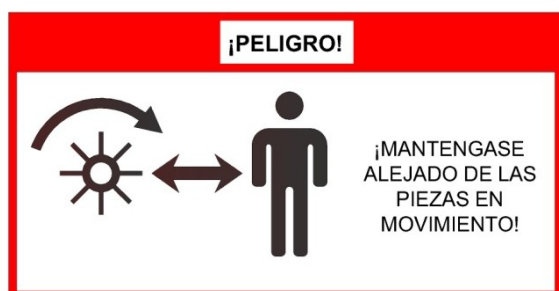
Fuente: El autor



Fuente: El autor



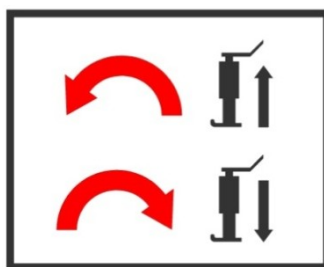
Fuente: El autor



Fuente: El autor



Fuente: El autor



Fuente: El autor

1.4 REVISIÓN DE SEGURIDAD DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

- Antes de operar la volteadora de compost, se debe leer, entender y seguir las instrucciones que se indican en el manual de operación.
- La volteadora de compost tiene que ser operada solamente por personal capacitado, y en el caso de novatos se requiere supervisión y adiestramiento.
- Se requiere de un tractor con una potencia mínima de 70 HP.
- **El operador no debe poner en funcionamiento la máquina cuando el terreno, el estado del tiempo, las medidas de las pilas de compost, no estén en buenas condiciones.**
- Controle periódicamente que no existan partes rotas o averiadas, y en caso de existir hacer las reparaciones necesarias.

- Cuando se instale el cardan se lo deberá hacer con las seguridades necesarias y fijamente para que no se produzcan daños y funcione adecuadamente la máquina.
- No se debe instalar el cardan con la cubierta elevada o en la posición de transporte, esta acción puede provocar daños en la Toma de Fuerza (TDF) o en la corona.
- Antes de bajar completamente la cubierta de la volteadora el quipo deberá estar en un lugar seguro.
- Retire los objetos grandes como rocas, pedazos de madera antes de voltear las pilas de compost. Los objetos grandes pueden averiar la máquina provocando daños serios en el rotor o en la corona.
- Las personas que se encuentren en el área de compost están obligados a mantener distancia cuando la máquina este en funcionamiento por su seguridad, excepto el operador que debe manejar los controles del tractor.
- Nunca se coloque en la parte superior de la cubierta a no ser que el motor del tractor este apagado y el rotor no esté girando.
- Nunca se descuide de los controles del tractor mientras la maquina este en movimiento.
- Tenga un cuidado extremo cuando esté operando en terrenos áridos, desnivelados, o empinados. **Evite la operación en terrenos excesivamente áridos, desnivelados y empinados. El daño podría ser serio y la maquina podría dañarse y dejar de voltear.**
- Las revoluciones de la Toma de Fuerza (TDF) no deben superar las 540 RPM.

1.5 REMOLQUE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

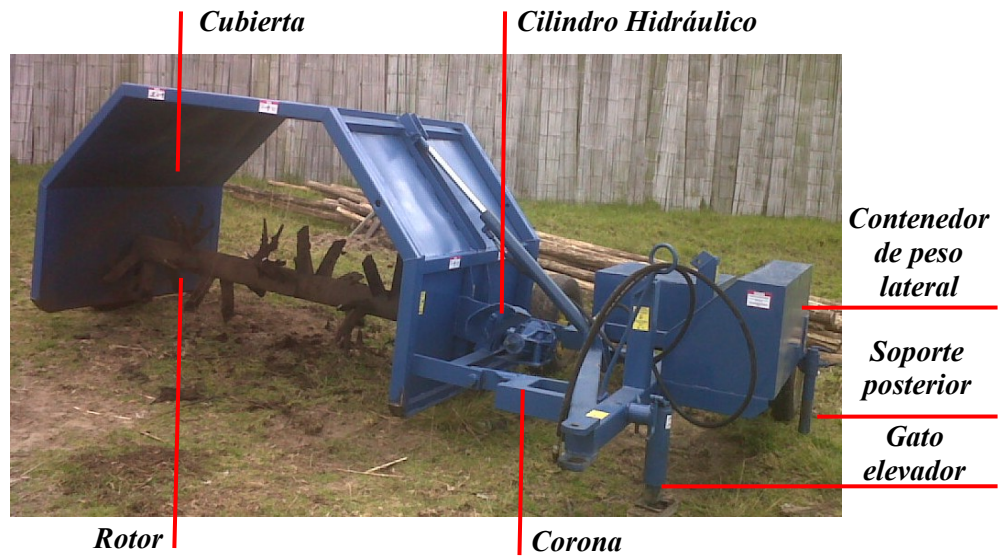
- El conductor necesita tener licencia profesional para remolcar la volteadora de compost en carreteras, perimetrales, y autopistas.
- Se requiere de buen criterio para conducir despacio en terrenos áridos, desnivelados, o empinados.
- Los frenos deben estar ajustados correctamente y los pedales de pie del tractor bien acoplados.
- La velocidad máxima para el transporte de la volteadora de compost es de 20 Km/h.
- Controle las luces, frenos, señales de seguridad, y el enganche antes de transportar la máquina. Los movimientos de giros deben ser lentos y seguros.

ANEXO E2

SECCIÓN 02

2 COMPONENTES Y OPERACIÓN

2.1 COMPONENTES DE LA VOLTEADORA DE COMPOST



Fuente: El autor



Fuente: El autor

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

La volteadora de compost está diseñada para mezclar pilas de materia orgánica en proceso con una base de 2,20 m y una altura de 1,10 m (Tolerancia máx. de las dimensiones + 10 cm), debido a que el rotor tiene las paletas en forma espiral y en diferentes sentidos la máquina luego de su paso deja la pila con una geometría triangular, puede voltear pilas más pequeñas, pero no está diseñada para voltear pilas con una base mayor y con una altura mayor a las especificadas.



NOTA: La volteadora de compost no está diseñada para girar rocas, pedazos de madera, u otros objetos sólidos, saque estos objetos antes de mezclar la pila de compost.

Fuente: El autor

2.2.1 ROTOR

El rotor es la parte principal de la volteadora de compost. Está compuesto por paletas en forma hileras espirales y en dos sentidos diferentes, esto hace que el compost sea enviado hacia el centro y luego de su paso la pila de compost tenga una geometría triangular.



Fuente: El autor

2.2.2 CUBIERTA

La cubierta es el marco en el cual se encuentra anclado el rotor, impide que el material se quede en el lugar que esta la pila y no sea esparcido por el rotor.



Fuente: El autor

2.2.3 BASE DE LA VOLTEADORA

La base de la volteadora sostiene el peso de la cubierta y el rotor, permite colocar a la cubierta en la posición de trabajo y transporte de todo el equipo.



Fuente: El autor

2.2.4 CORONA

Se encarga de transmitir la potencia desde la Toma de Fuerza (TDF) con una entrada de 540 RPM y una salida al rotor de 270 RPM.



Fuente: El autor

2.2.5 GATO ELEVADOR

Facilita el enganche de la base de la volteadora de compost con la barra de tiro del tractor, sube o baja la base dependiendo de las necesidades, hasta que el enganche sea fijo y seguro.



Fuente: El autor

2.2.6 SOPORTE POSTERIOR DE LA BASE

Este soporte ayuda a resistir el peso de la base cuando la máquina se encuentra estacionada.



Posición de Estacionamiento

Fuente: El autor



Posición de Transporte

Fuente: El autor

2.2.7 PASADORES DE SEGURIDAD DE LA CUBIERTA

Estos pasadores sirven para asegurar la cubierta en la base para su transporte.



Fuente: El autor



Fuente: El autor

2.2.8 CILINDRO HIDRÁULICO

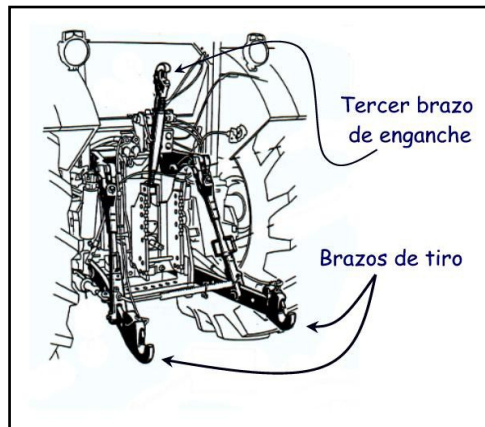
El cilindro hidráulico es el encargado de mover la cubierta de la posición de transporte a la posición de trabajo o viceversa, funciona cuando se acoplan las mangueras a las entradas de la válvula hidráulica del tractor.



Fuente: El autor

2.3 INSTALACIÓN DEL CARDAN

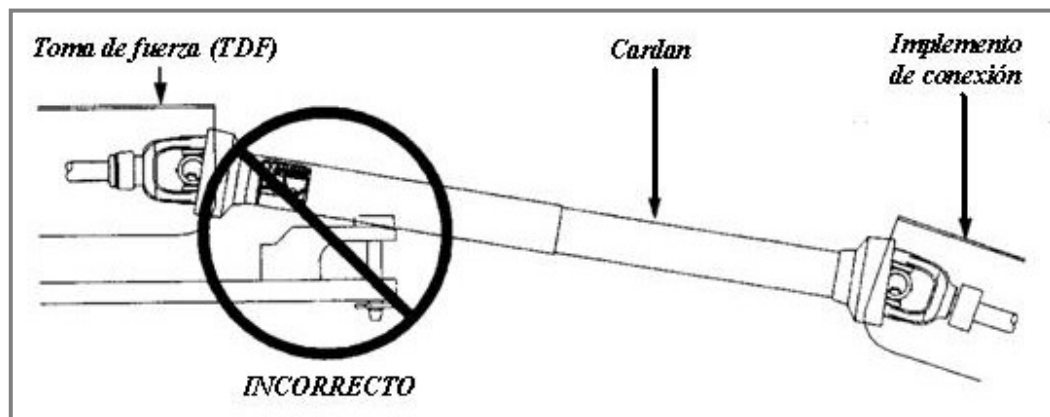
Los 3 puntos de enganche pueden causar interferencia con el cardan, deben ser movidos a una distancia que no afecte el funcionamiento y movimiento del cardan.



Enganche de 3 puntos

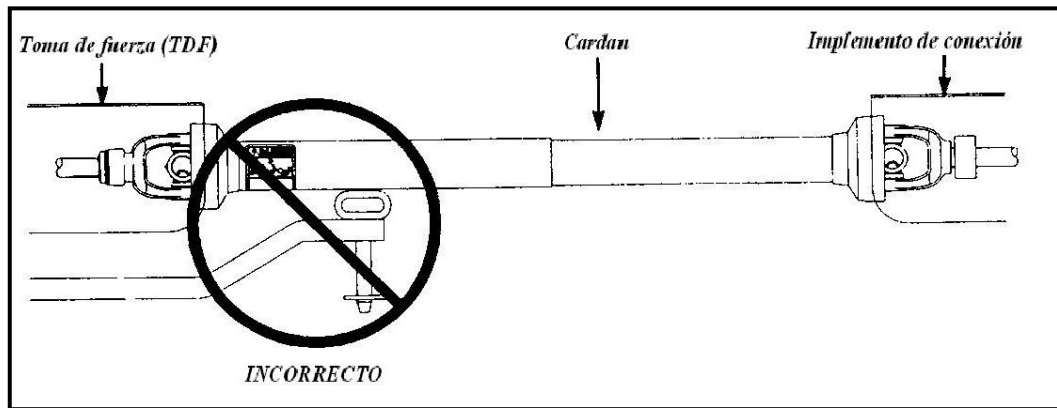
Fuente: (VALLEJOS, 1997)

Tenga cuidado que el cardan no tenga contacto con la base de la volteadora de compost.



Fuente: (VALLEJOS, 1997)

El enganche no debe tener contacto con el cardan.



Fuente: (VALLEJOS, 1997)

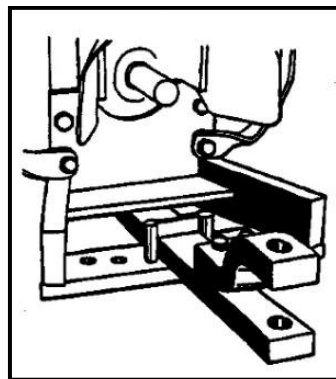
2.4 CONEXIÓN DE LAS MANGUERAS HIDRÁULICAS

Los conectores de las mangueras deben ser instalados en las entradas de la válvula hidráulica del tractor, hay que verificar que estén sujetadas y bien acopladas, permiten accionar el cilindro hidráulico que eleva y baja la cubierta.



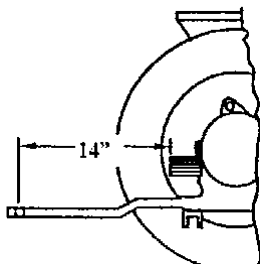
Fuente: El autor

2.5 ÁNGULOS MÁXIMOS DE GIRO DEL TRACTOR



Barra de tiro

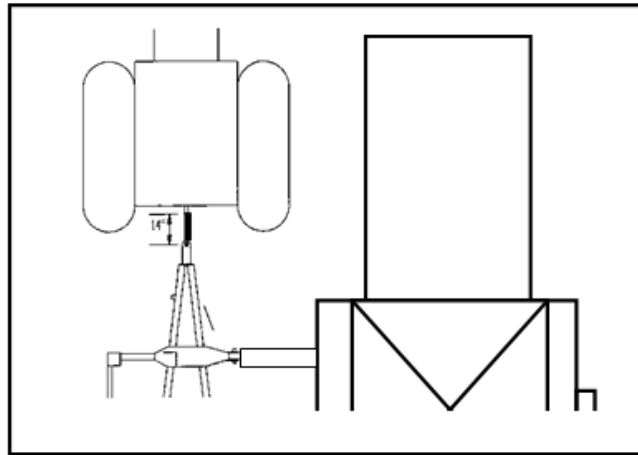
Fuente: (VALLEJOS, 1997)



Para prevenir daños en la Toma de Fuerza, la longitud de la barra de tiro debe medir 14 pulgadas, desde su agujero hasta la TDF.

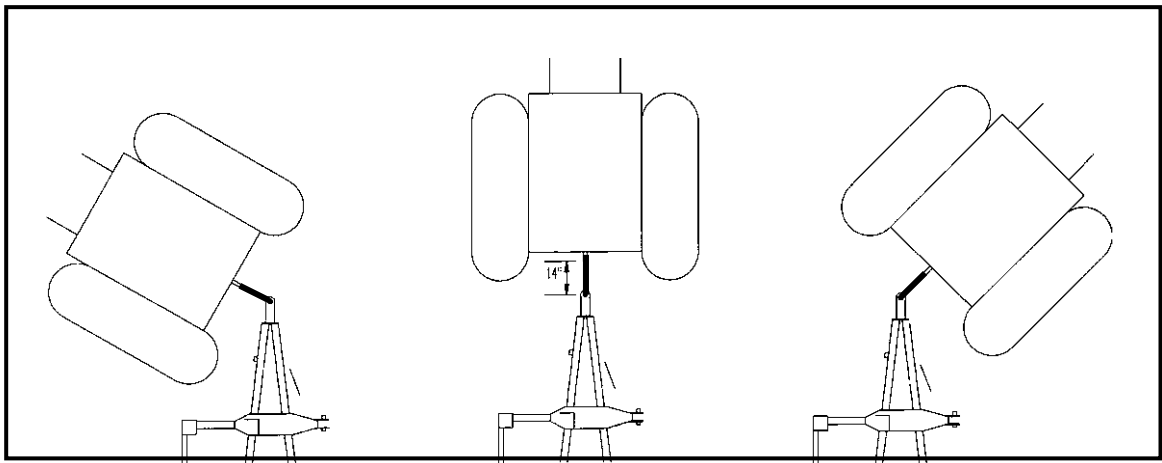
Cuando la máquina vaya a funcionar tiene que desplazarse en línea recta y de forma paralela a la pila de compost.

Fuente: (VALLEJOS, 1997)



Fuente: El autor


Es necesario que el operador tenga mucha precaución cuando realice un giro agudo para que la llanta del tractor no tenga contacto con las partes de la volteadora de compost.



Fuente: El autor

Paso 1. El tractor puede girar una vuelta aguda a la izquierda o a la derecha cuando el cardan no esté acoplado o instalado, **No se puede realizar giros cuando el cardan este instalado ya que se pueden dañar las parte de la Toma de Fuerza (TDF) o de la corona, por lo que es necesario retirarlo cada vez que se quiera girar.**

Paso 2. Repetir este procedimiento para dar vueltas de manera correcta.



NOTA: No se puede realizar giros cuando el cardan este instalado, ya que se puede dañar la Toma de Fuerza (TDF) o de la corona, por lo que se recomienda retirarlo inmediatamente al terminar de voltear la pila y colocarlo nuevamente cuando la máquina esté lista para mezclar otra pila.

Fuente: El autor

2.6 ENGANCHE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST A UN TRACTOR

1. Movilice el tractor hasta que el agujero de la barra de tiro este concéntrico con el agujero del enganche de la base de la volteadora.
2. Suba o baje el elevador principal hasta que se enganche adecuadamente.
3. Conecte las manqueras hidráulicas.
4. Cambie el gato elevador de la posición vertical a la posición horizontal para que no tope el terreno cuando se movilice el equipo.



Fuente: El autor



NOTA: No olvide cambiar el gato elevador de la posición vertical a la posición horizontal para su transporte, si no lo hace puede topar en el suelo y dañarse.

Fuente: El autor

2.7 DESENGANCHE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST DE UN TRACTOR

1. Desplace la volteadora de compost a una posición segura y nivelada.
2. Baje la cubierta a la posición de trabajo.
3. Asegúrese que el rotor no esté girando, apague el motor para poder liberar la presión y retirar las mangueras hidráulicas.
4. Bloquee las llantas de modo que la máquina no se pueda mover.
5. Coloque el gato elevador en la posición vertical y desplácelo hacia abajo, de igual forma baje el soporte posterior.
6. Retire el pasador de enganche y retire el tractor.

2.8 OPERACIÓN DE MÁQUINA

- El sistema hidráulico solo funciona para subir y bajar la cubierta y el rotor, ya sea para trabajar o para voltear.
- La velocidad del motor tiene que variar según la cantidad de material que vaya a ser volteado. **Cuando está empezando o terminando de voltear la pila el rotor debe ir despacio, a menos de 130 RPM. la velocidad operativa variará según la medida de la pila, una pila que sea más pequeña a las medidas de la pila diseñada para esta máquina (base 2,20m; altura 1,10 m) debe ser volteada a menor velocidad que la pila normal.**
- Después de terminar de voltear la pila de compost inmediatamente desenganche el cardan, traslade la volteadora hasta la próxima pila y cuando ya esté listo para trabajar

nuevamente coloque el cardan. **No se olvide que el tractor no puede realizar giros agudos con el cardan acoplado porque se pueden producir daños en TDF o el la volteadora de compost.**

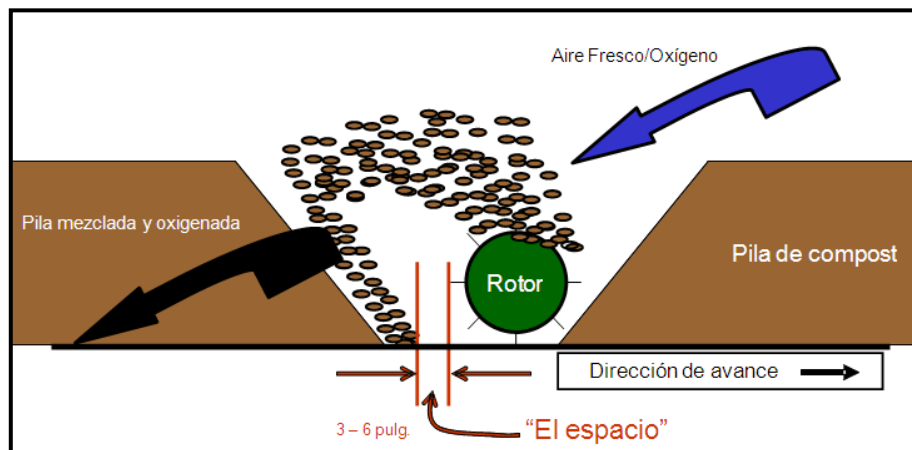
- Cuando el tiempo este extremadamente frio gire el rotor sin aplicarle carga por un periodo corto de tiempo para que la corona se caliente.

2.9 AJUSTE DE LA ALTURA DE LA CUBIERTA

Se recomienda que la cubierta tenga una altura de 1 pulg. para pilas que estén sobre asfalto y 1-1/2 pulg. en pilas sobre tierra. La cubierta debe estar ajustada de modo que sea poco el compost que no sea volteado y pasar por la longitud de la pila.

2.10 VELOCIDAD DE AVANCE

La velocidad de avance la puede controlar el operador del tractor, **el material orgánico no debe tapar el rotor ya que se sobre esfuerza a la corona y a sus componentes interiores, entre el rotor y la parte posterior de la pila debe existir un espacio de 3-6 pulgadas para que se pueda oxigenar adecuadamente el compost. Por lo general la velocidad de avance es de 15-20 pies/min. Por favor siga las instrucciones.**



Fuente: El autor

2.11 PREPARACIÓN PARA EL TRANSPORTE

1. Está diseñada para un trasporte fácil.
2. Revisar que los frenos estén ajustados adecuadamente.
3. La cubierta debe estar subida totalmente.
4. El gato elevador tiene que estar en posición horizontal y el soporte posterior subido totalmente.
5. Colocar los pasadores de seguridad de la cubierta.
6. Controle las luces, señales de seguridad, y el



Fuente: El autor

anclaje antes de transportar la máquina. Los movimientos de giros deben ser lentos y seguros.

2.12 PREPARACION PARA EL ALMACENAMIENTO

- Limpiar la volteadora de compost de cualquier barro, suciedad, grasa y otro material externo que no sea de la máquina, se recomienda lavar con una manguera de agua que tenga alta presión,
- La cubierta de estar bajada para evitar que las llantas se desinflen, se la debe proteger la parte exterior con una tela impermeable, plástico, u otra cobertura protectora.
- El lugar donde se vaya almacenar tiene que ser un lugar seco y fresco. Almacenar en un lugar seco y fresco.
- Recubra el eje del cilindro hidráulico, y manténgalo limpio.
- Revise que no existan partes dañadas y en caso de existir haga su reparación o cambio.

ANEXO E3

SECCIÓN 03

3 MANTENIMIENTO GENERAL

3.1 SERVICIO Y MANTENIMIENTO

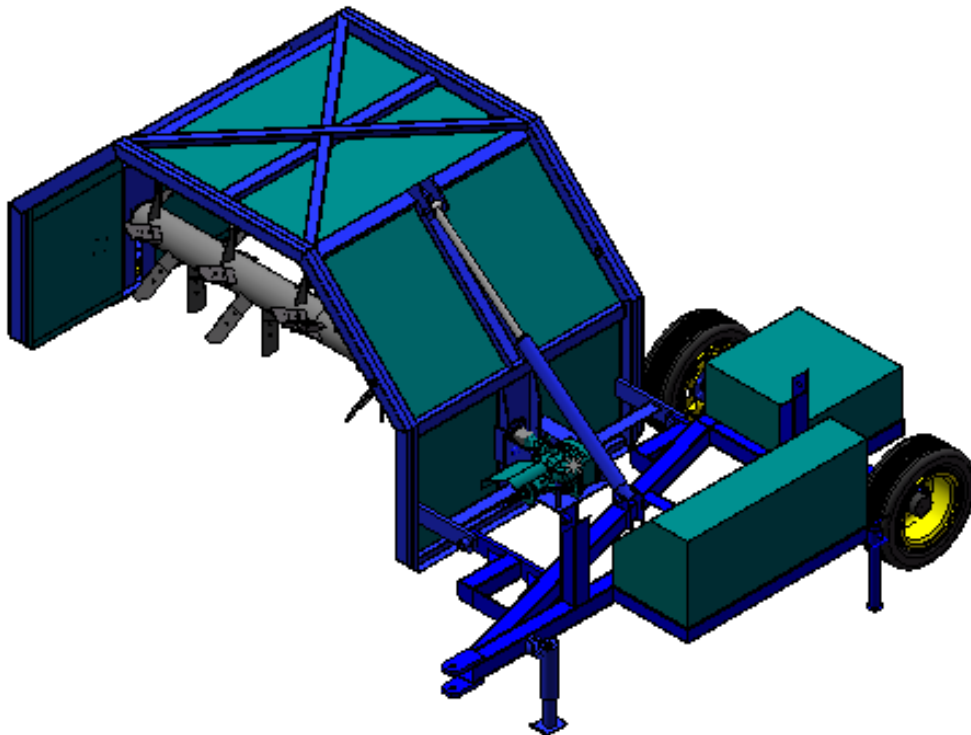


¡Precaución! Para realizar cualquier tipo de mantenimiento se lo debe realizar con la máquina parada y no en movimiento.

Fuente: El autor

3.2 INSTRUCCIONES DE LUBRICACIÓN

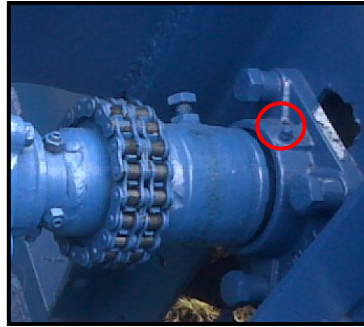
Para la lubricación se requiere de una pistola de grasa. A continuación se detalla los puntos donde se requiere lubricación:



Fuente: El autor

3.2.1 LUBRICACIÓN EN LAS CHUMACERAS

Las chumaceras y su eje tendrían que ser ajustados y lubricados anualmente, preferentemente se debe limpiar la grasa y reemplazar por una nueva, si es necesario es recomendable retirar las chumaceras para realizar un buen mantenimiento y luego se las debe reinstalar.



Fuente: El autor



Fuente: El autor

3.2.2 LUBRICACIÓN EN LAS ARTICULACIONES

Periódicamente hay que aplicar grasa en las articulaciones entre la cubierta y la base de la volteadora.



Fuente: El autor



Fuente: El autor

3.2.3 LUBRICACIÓN EN EL CILINDRO HIDRÁULICO

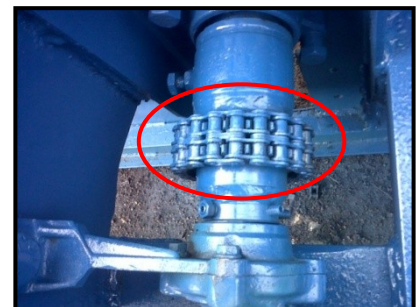
Las articulaciones en las cuales está conectado el cilindro hidráulico se tiene que lubricar cuando se visualice poca presencia de grasa.



Fuente: El autor

3.2.4 LUBRICACIÓN DE LA CADENA

La lubricación en la cadena facilita su movimiento y disminuye su desgaste, es necesario lubricar con grasa, cuando se visualice que este seca o sucia.



Fuente: El autor

3.2.5 LUBRICACIÓN DE LA CORONA

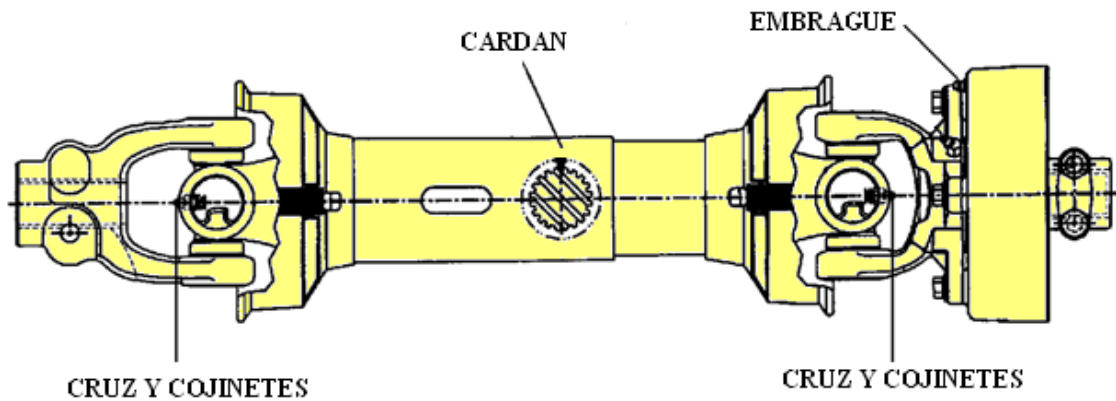
Para lubricar la corona se necesita Aceite SAE 90, se reemplazará anualmente o luego de 500 horas de operación.



Fuente: El autor

3.2.6 LUBRICACIÓN EN EL CARDAN

La lubricación en el cardan se realizará en las cruces y en los cojinetes, adicionalmente en el embrague, se requiere grasa.



Fuente: (VALLEJOS, 1997)

3.2.7 AROS Y LLANTAS

Las llantas necesitan un chequeo periódico para comprobar que no haya daños o desgaste, deben ser inflados a una presión de 36 psi. Los aros no deben presentar partiduras en caso de haber hay que reemplazarlo.

3.2.8 ASPECTO GENERAL

Limpe la unidad frecuentemente con aire de alta presión o agua para facilitar los chequeos de mantenimiento, no utilice ningún químico para limpiar, es más fácil chequear la unidad limpia.

3.3 PROBLEMAS FRECUENTES

Aquí se describen algunos problemas que se presentan en la volteadora de compost y sus soluciones:

- **Rozamiento de la cubierta con el suelo**, la base de la cubierta y las paletas pueden pegarse al suelo, es recomendable ajustar la altura recomendada en el punto 2.9.
- **La Toma de Fuerza (TDF)**, puede averiarse por varias maneras. La causa más común es el daño por girar bruscamente.
- **Sobre esfuerzo de la corona**, se produce por trabajar con pilas de dimensiones mucho mayores para las cuales fue diseñada la volteadora de compost, puede dañarse considerablemente y dejar de voltear, se debe trabajar con las dimensiones indicadas en este manual. El compost no debe cubrir totalmente el rotor.



Dimensiones correctas

Fuente: El autor



Dimensiones incorrectas

Fuente: El autor

- **Elevada velocidad de avance del rotor**, tiene que estar en el rango establecido (15-20) pies/min, si el material esta recién triturado o está en las fases iniciales del proceso la velocidad debe ser mayor y si el material esta en sus fases finales la velocidad de avance debe ser menor ya que el material es mas compacto.
- **Roturas de las paletas**, las paletas se rompen cuando las paletas del rotor chocan con objetos sólidos y pesados como rocas, pedazos de madera, u otros. Deben ser retirados antes de voltear las pilas.

ANEXO F

PLANOS DE LA VOLTEADORA DE COMPOST

1

2

3

4

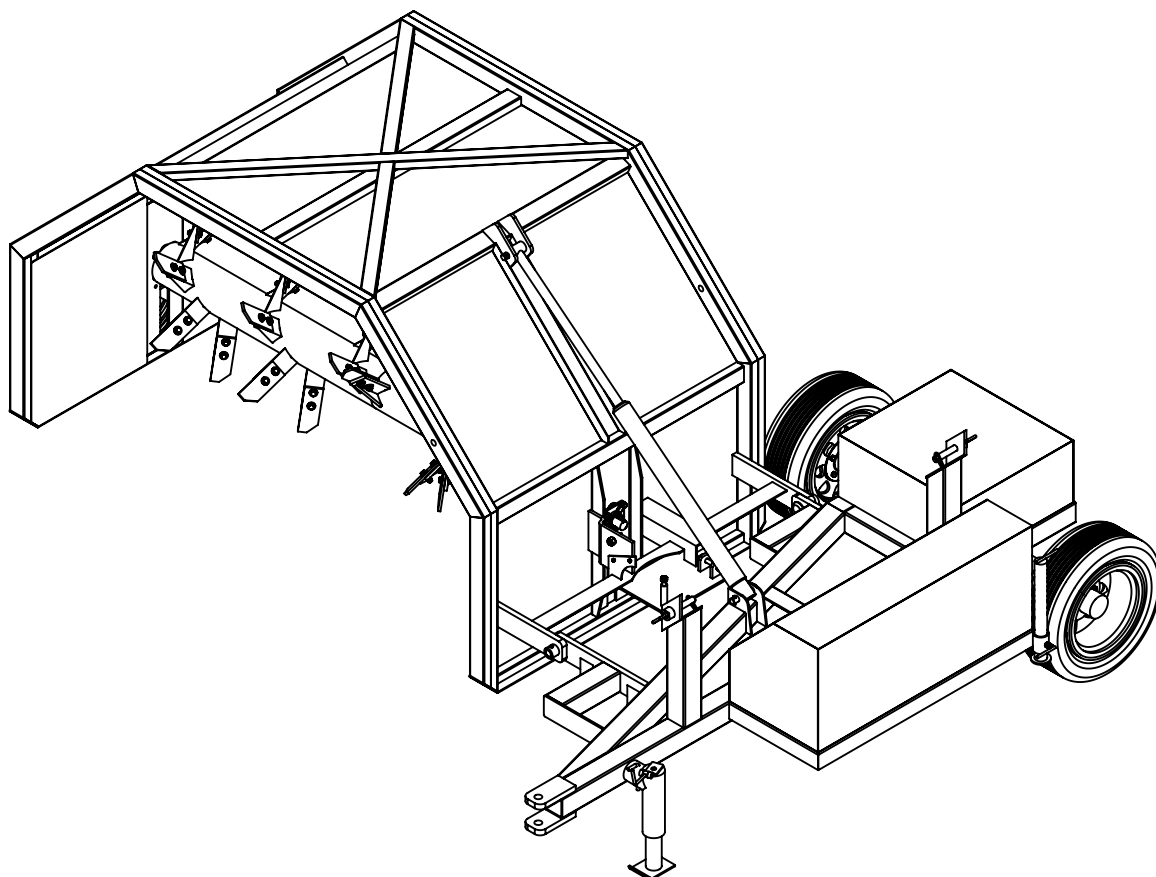
A

B

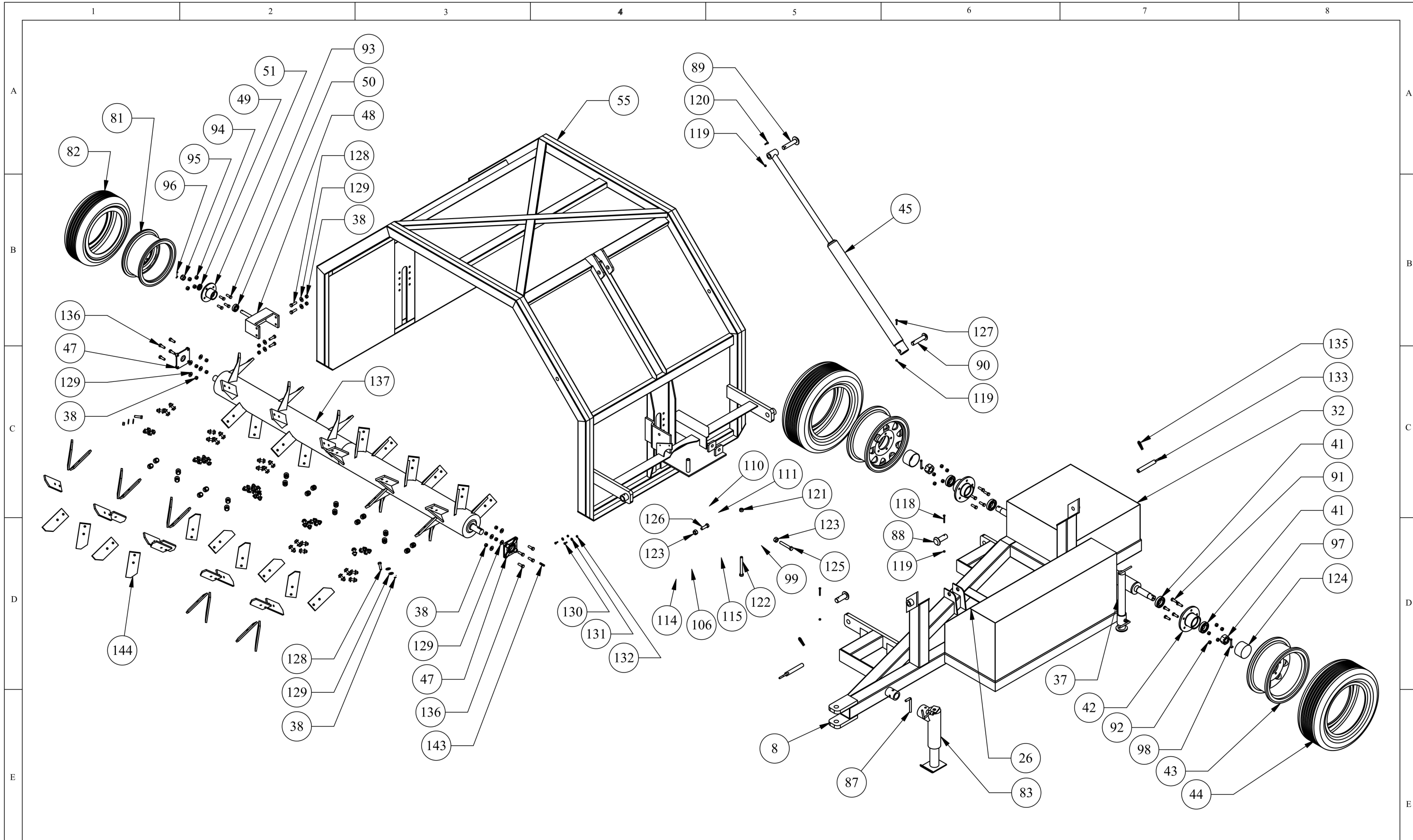
C

D

E



				Tolerancia: ± 10	Peso: 2100 Kg.	Materiales:	
				Fecha: Dibujó 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: VOLTEADORA DE COMPOST	Escala: 1:20
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 01 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

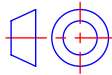


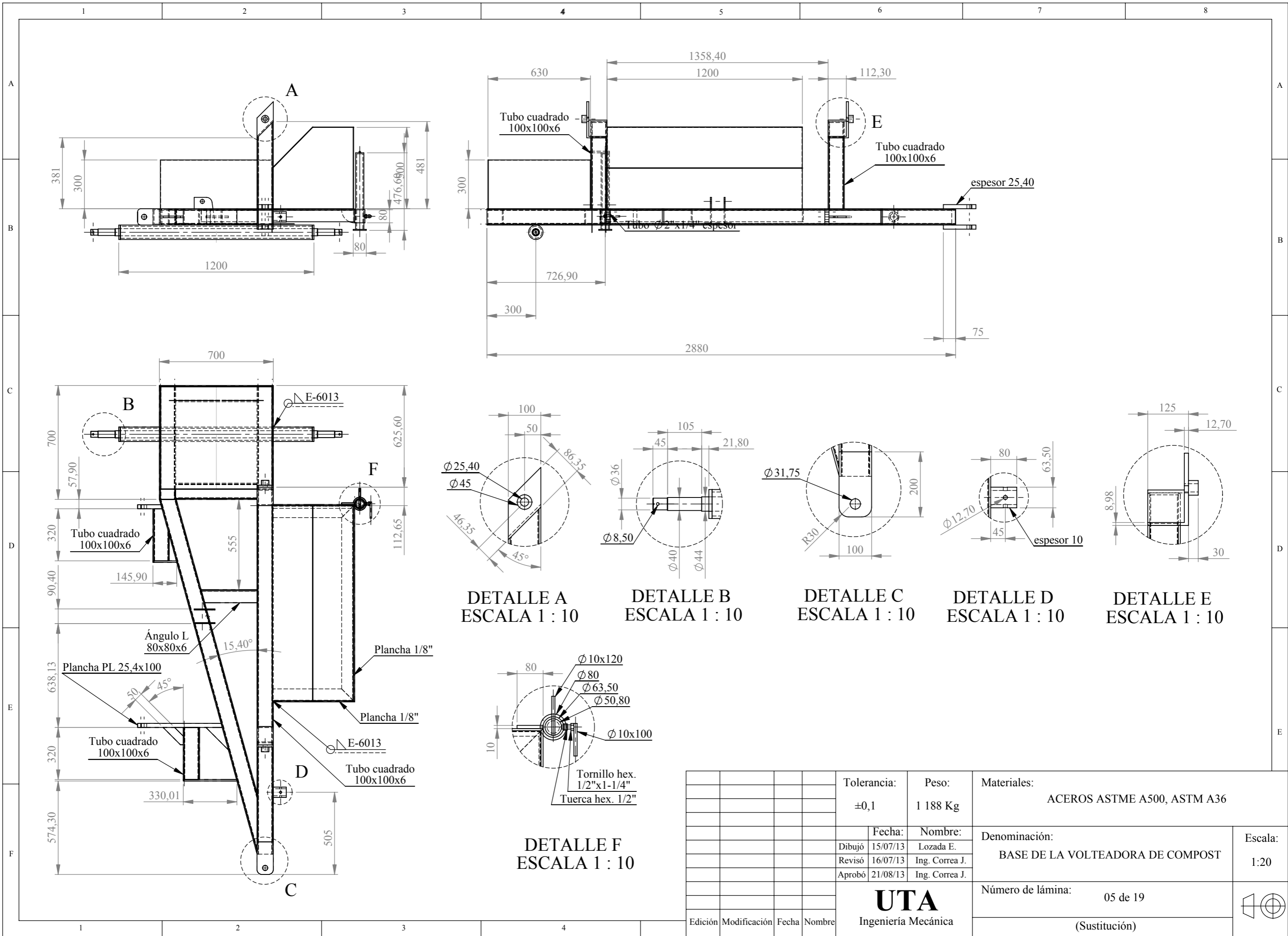
				Tolerancia: ±0,1	Peso: 2100 Kg	Materiales:	
						Denominación: VOLTEADORA DE COMPOST (EXPLOSIÓN)	
				Fecha: 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Escala: 1:20	
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 01/07/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 02 de 19	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

Nº de orden	Nº de piezas	Denominación	Nº de dibujo	Material	Observaciones
01	1	Base de la Volteadora de compost	05	Aceros ASTM A500, ASTM A36	Construido
02	1	Caja de concreto lateral	-	-	Construido
03	1	Caja de concreto posterior	-	-	Construido
04	1	Soporte posterior de la base	-	-	Construido
05	73	Tuerca hexagonal de 1/2 pulg.	-	-	Adquirido
06	4	Rodamientos SKF - 7208 BE - 12	-	-	Adquirido
07	2	Disco para aro Rin 15"	06	Acero ASTM A36	Adquirido
08	2	Aro Rin 15"	-	-	Adquirido
09	2	Llanta Rin 15"	-	-	Adquirido
10	1	Cilindro hidráulico	-	-	Adquirido
11	2	Chumacera de pared	-	-	Adquirido
12	1	Soporte de la llanta lateral Rin 13"	07	Acero ASTM A500	Construido
13	1	Rodamiento SKF - 16004 - 12	-	-	Adquirido
14	1	Rodamiento SKF - 6304 - 8	-	-	Adquirido
15	1	Disco para aro Rin 13"	08	Acero ASTM A36	Construido
16	1	Cubierta de la Volteadora de compost	09	Aceros ASTM A500, ASTM A36	Construido
17	1	Protector de la corona	10	Acero ASTM A36	Construido
18	1	Aro Rin 13"	-	-	Adquirido
19	1	Llanta Rin 13"	-	-	Adquirido
20	1	Gato elevador	-	-	Construido
21	1	Pasador del Gato elevador	11	Acero ASTM A36	Construido
22	2	Pasador de la Cubierta	12	Acero AISI 1018	Construido
23	1	Pasador del Cilindro hidráulico 1	13	Acero AISI 1018	Construido
24	1	Pasador del Cilindro hidráulico 2	14	Acero AISI 1018	Construido
25	10	Tornillo hexagonal ϕ 1/2"x1.5"	-	-	Adquirido
26	10	Tuerca hexagonal de ϕ 1/2"	-	-	Adquirido
27	4	Tornillo hexagonal, ϕ M12 x 35mm	-	-	Adquirido
28	4	Tuerca hexagonal, ϕ M12	-	-	Adquirido
29	1	Tuerca hexagonal ranurada, ϕ M20	-	-	Adquirido
30	1	Pasador sujetador de la llanta Rin 13"	-	-	Construido
31	2	Tuerca hexagonal ranurada, ϕ M36	-	-	Adquirido
32	2	Pasador sujetador de la llanta Rin 15"	-	-	Construido
33	1	Corona	-	-	Adquirido
34	1	Acople del cardan	15	Acero ASTM A500	Construido
35	1	Catalina de transmisión de la Corona	-	-	Adquirido

				Tolerancia: $\pm 0,1$	Peso: 2100 Kg.	Materiales:	
						Denominación: VOLTEADORA DE COMPOST (TABLA DE MATERIALES)	Escala: -
				Fecha:	Nombre:		
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 03 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N° de orden	N° de piezas	Denominación	N° de dibujo	Material	Observaciones
36	1	Chaveta del eje de salida de la Corona	-	-	Construido
37	4	Tornillo hexagonal, ϕ 3/8"x0.75"	-	-	Adquirido
38	8	Tuerca hexagonal, ϕ 3/8"	-	-	Adquirido
39	2	Tornillo hexagonal, ϕ 1/4"x2.25"	-	-	Adquirido
40	6	Tuerca hexagonal, ϕ 1/4"	-	-	Adquirido
41	1	Tornillo hexagonal, ϕ 1/4"x1.25"	-	-	Adquirido
42	1	Tuerca hexagonal, ϕ 5/8"	-	-	Adquirido
43	1	Tornillo hexagonal, ϕ 5/8"x5.75"	-	-	Adquirido
44	2	Tuerca hexagonal, ϕ 5/8"	-	-	Adquirido
45	2	Protector del disco Rin 15"	16	Acero ASTM A36	Construido
46	1	Tornillo hexagonal, ϕ 5/8"x4"	-	-	Adquirido
47	1	Tornillo hexagonal, ϕ 5/8"x2"	-	-	Adquirido
48	1	Tornillo hexagonal, ϕ 1/4"x1.375"	-	-	Adquirido
49	64	Tornillo hexagonal, ϕ 1/2"x1.75"	-	-	Adquirido
50	132	Arandela plana, ϕ 1/2"	-	-	Adquirido
51	2	Tornillo hexagonal, ϕ 1/4"x0.75"	-	-	Adquirido
52	2	Arandela plana, ϕ 1/4"	-	-	Adquirido
53	2	Seguro de la cubierta	17	Acero ASTM A36	Construido
54	2	Pasador del seguro de la cubierta	-	-	Construido
55	8	Tornillo hexagonal, ϕ 1/2"x1.5"	-	-	Adquirido
56	1	Rotor	18	Acero ASTM A500, AISI 1018	Construido
57	1	Catalina de transmisión del rotor	-	-	Adquirido
58	1	Chaveta del rotor	-	-	Construido
59	30	Paleta	19	Acero ASTM A500	Construido

				Tolerancia: $\pm 0,1$	Peso: 2100 Kg.	Materiales:	
						Denominación: VOLTEADORA DE COMPOST (TABLA DE MATERIALES)	Escala: -
				Fecha:	Nombre:		
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 04 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE A
ESCALA 1 : 10

DETALLE B
ESCALA 1 : 10

DETALLE C
ESCALA 1 : 10

DETALLE D
ESCALA 1 : 10

DETALLE E
ESCALA 1 : 10

DETALLE F
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia: ±0,1	Peso: 1 188 Kg	Materiales: ACEROS ASTM A500, ASTM A36	
				Fecha: 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: BASE DE LA VOLTEADORA DE COMPOST	Escala: 1:20
				Revisó: 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó: 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 05 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

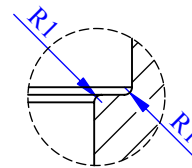
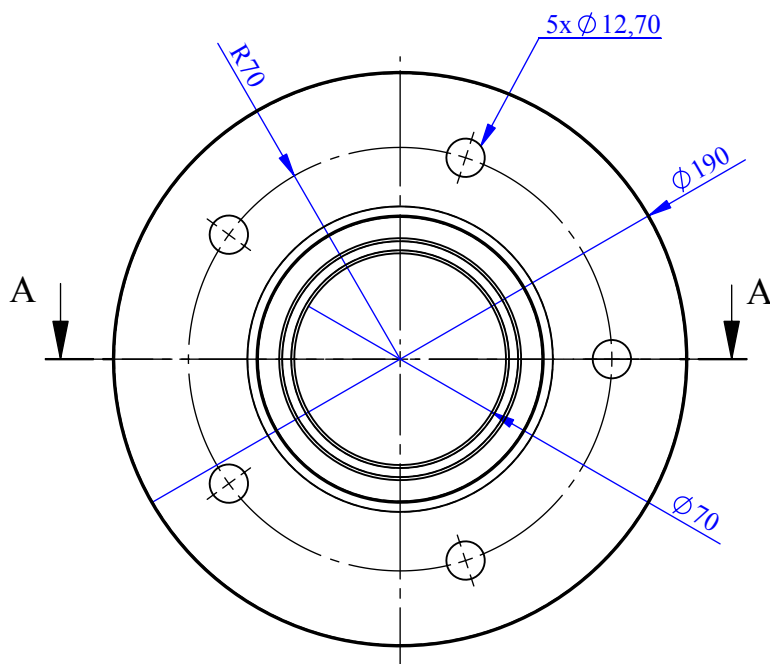
1

2

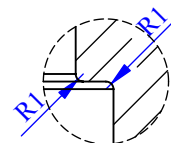
3

4

A



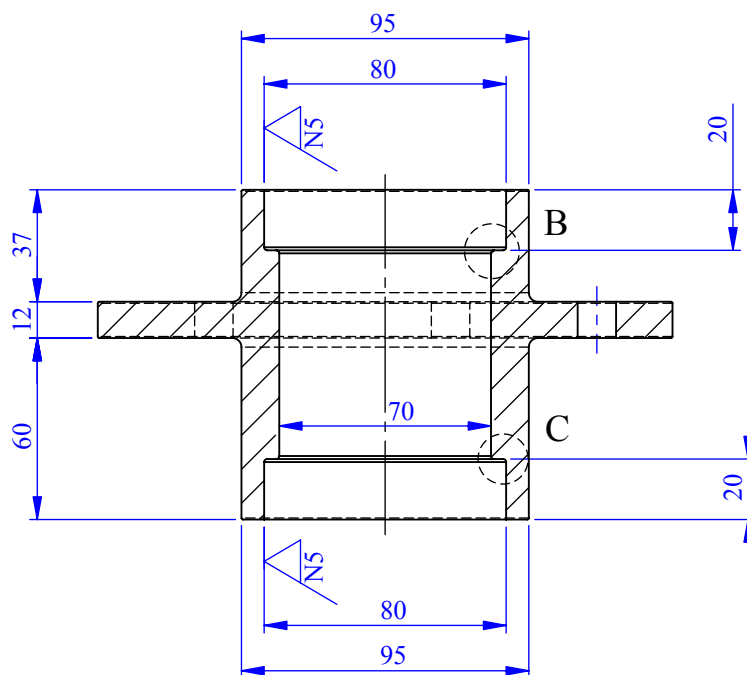
DETALLE B
ESCALA 1 : 1



DETALLE C
ESCALA 1 : 1

B

C



D

E

SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2.5

				Tolerancia: ± 0,1	Peso: 2 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A36	
				Fecha: 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: DISCO DE LA LLANTA RIN 15"	Escala: 1:2.5
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 06 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

N9

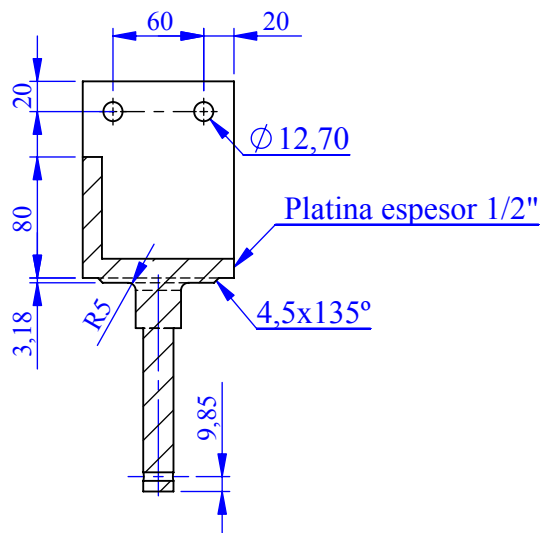
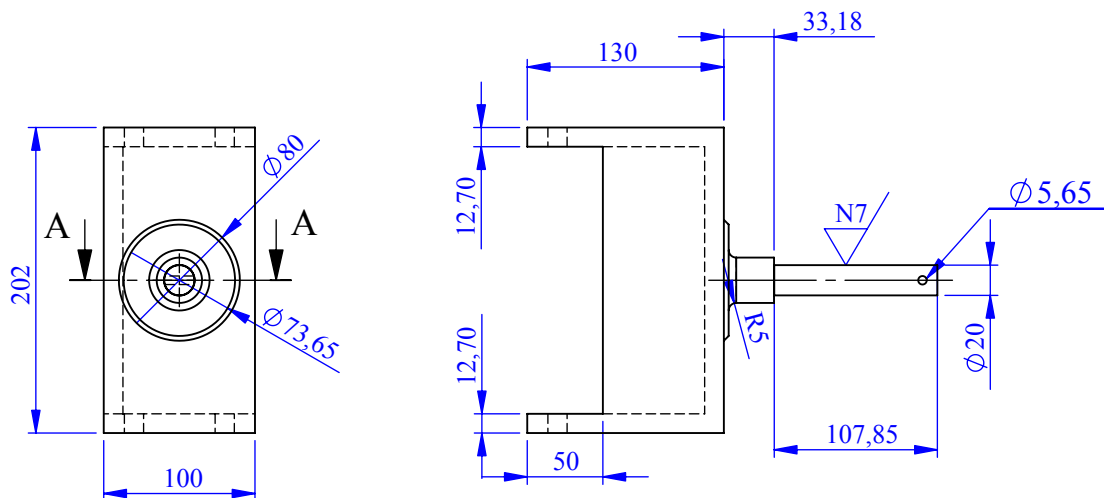
A

B

C

D

E



SECCIÓN A-A

				Tolerancia: ± 0,1	Peso: 3,20 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A500	
				Fecha:	Nombre:	Denominación: SOPORTE DE LA LLANTA RIN 13"	Escala: 1:5
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 07 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

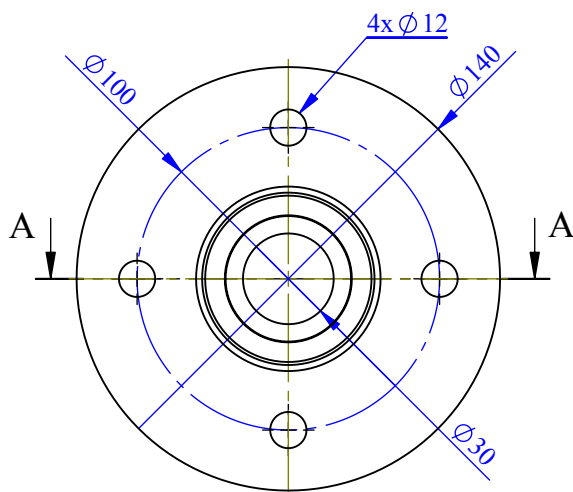
3

4

A

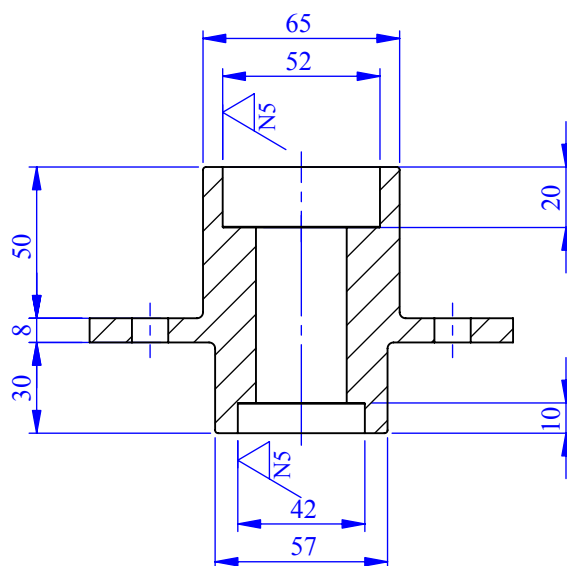


B



C

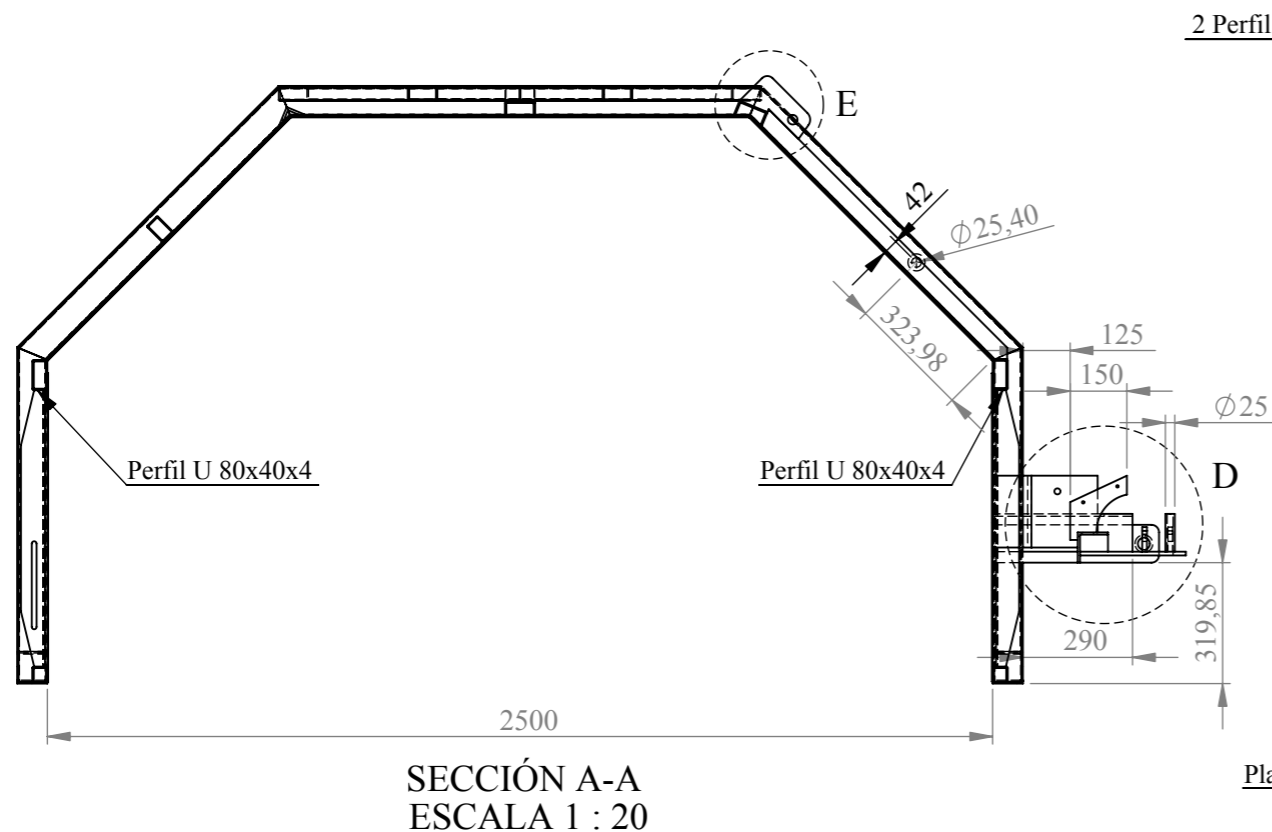
D



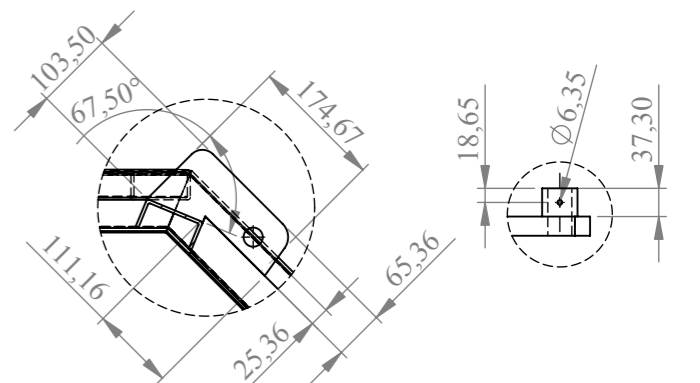
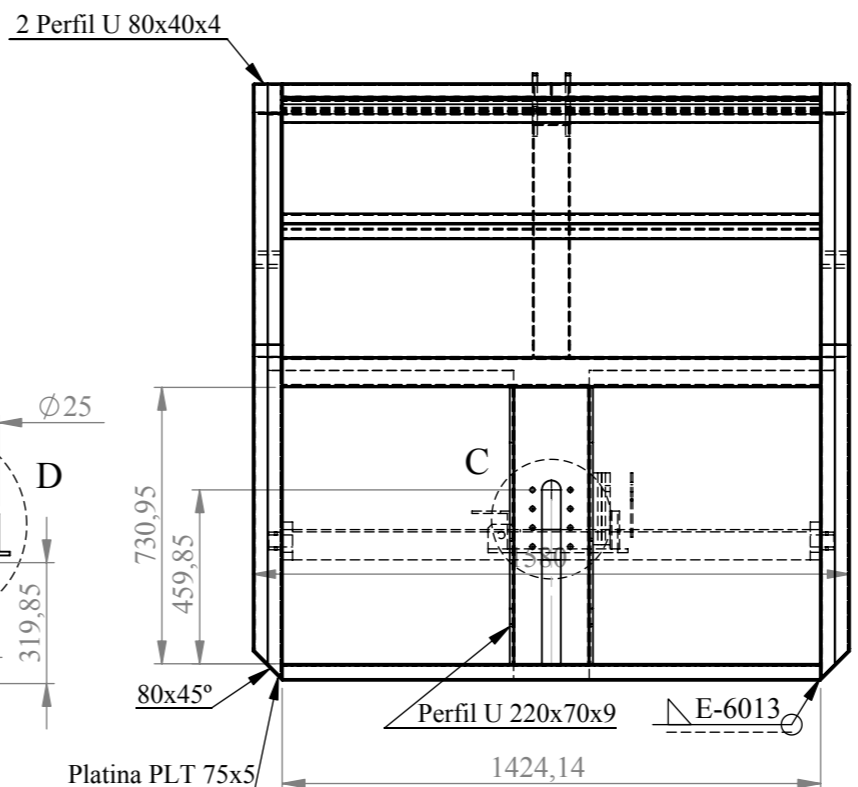
E

SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2.5

				Tolerancia: ± 0,1	Peso: 2,60 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A36	
				Fecha: 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: DISCO DE LA LLANTA RIN 13"	Escala: 1:2.5
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 08 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

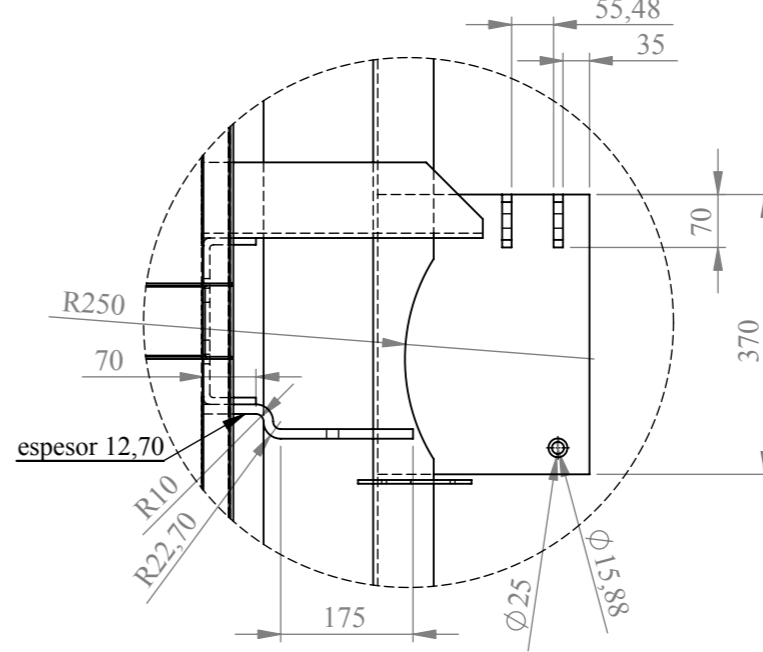
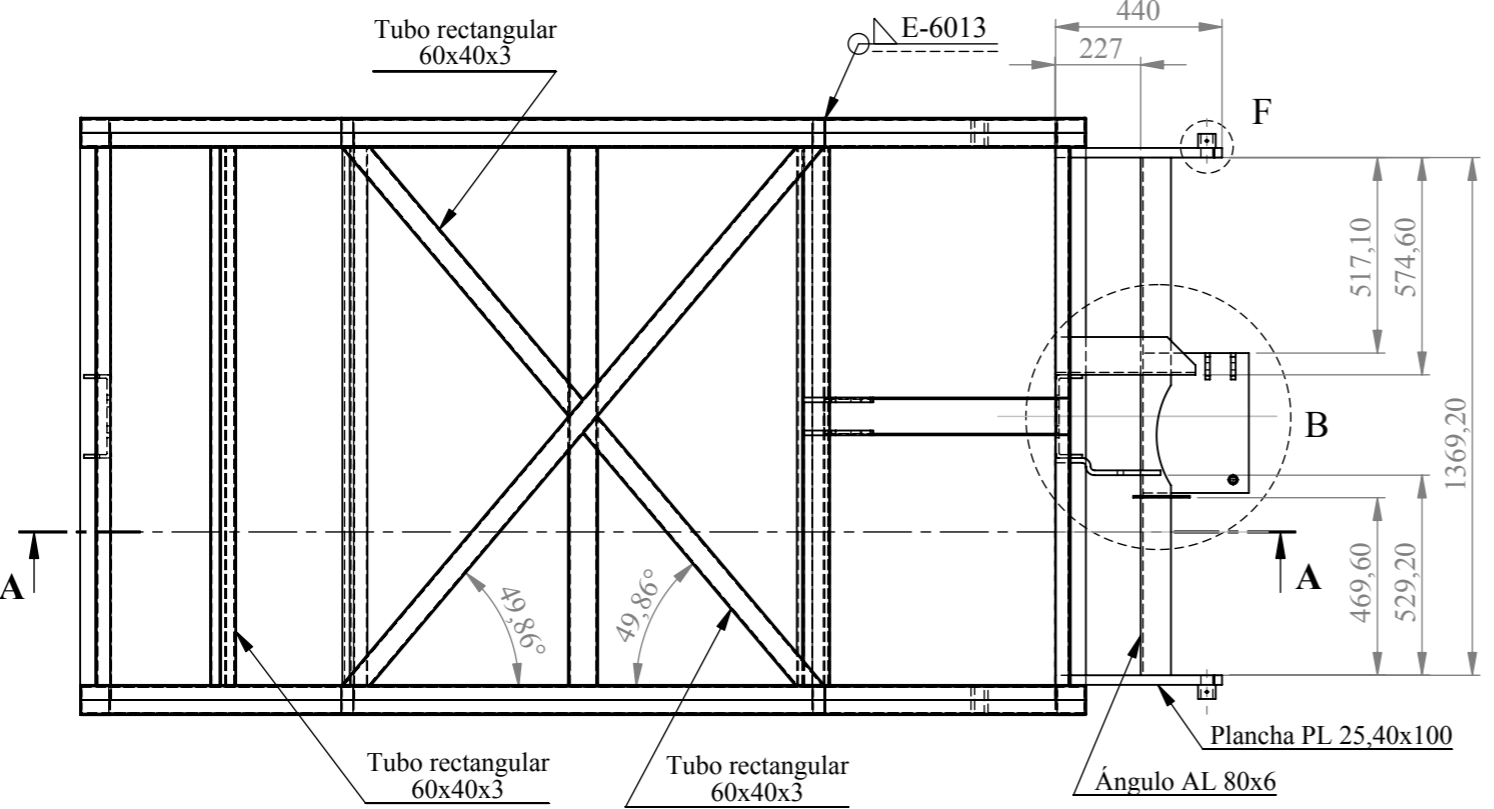


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20

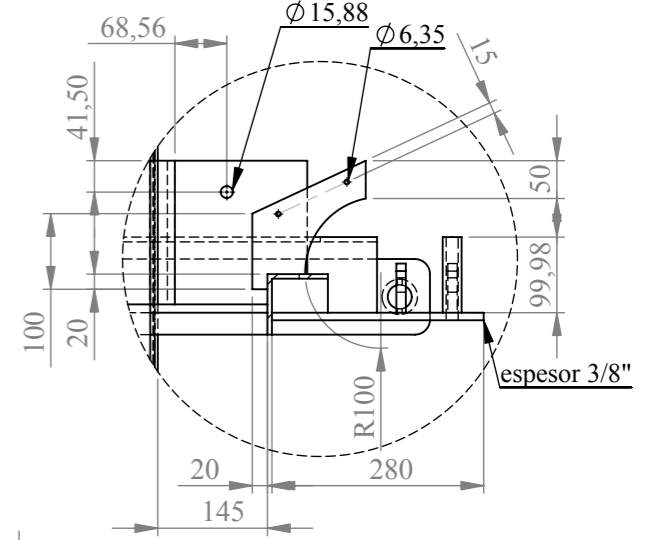


DETALLE E
ESCALA 1 : 10

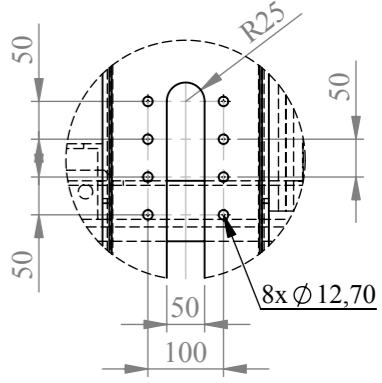
DETALLE F
ESCALA 1 : 10



DETALLE B
ESCALA 1 : 10

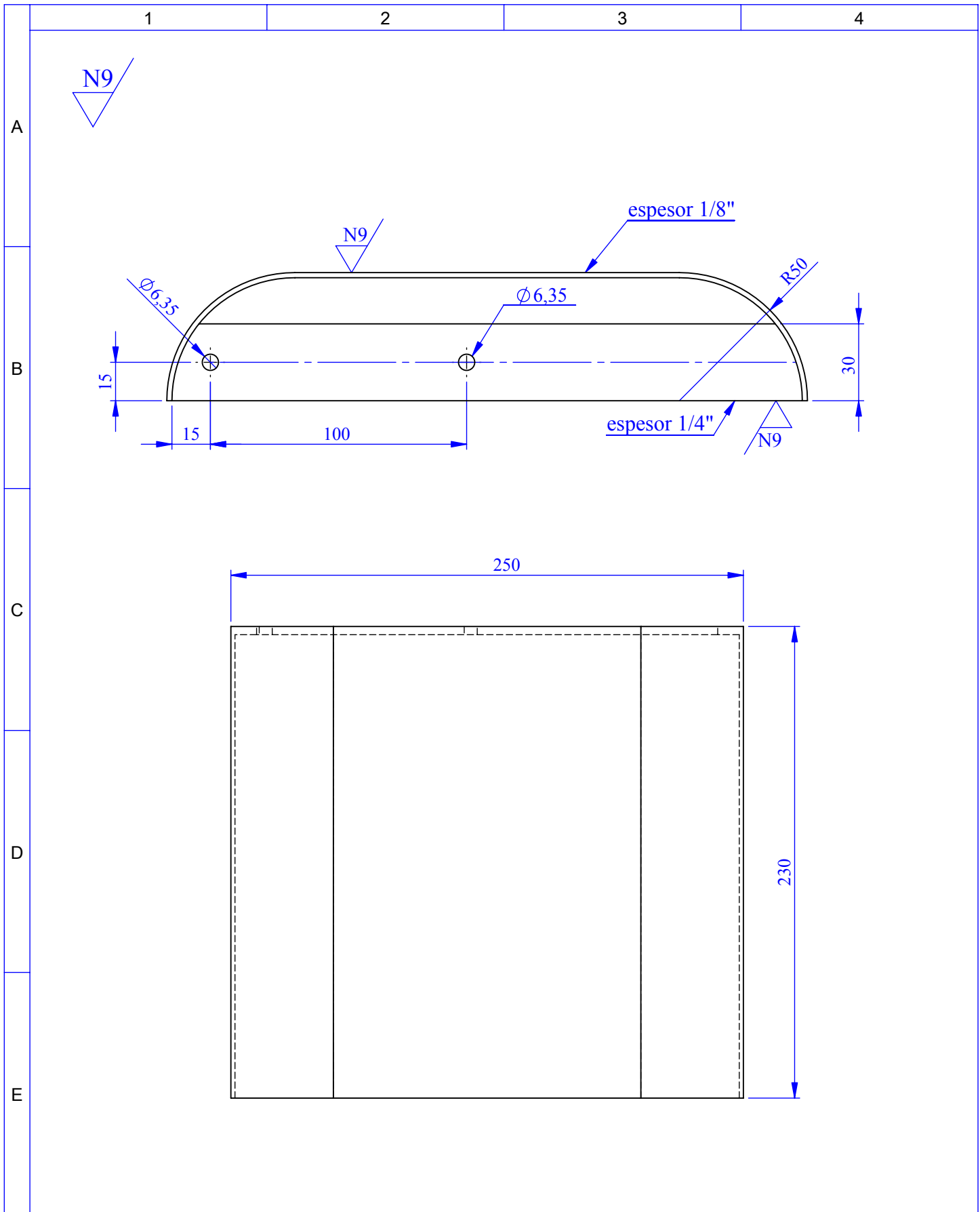


DETALLE D
ESCALA 1 : 10



DETALLE C
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia: ±0,1	Peso: 355 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500, ASTM A36	
				Fecha: 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: CUBIERTA DE LA VOLTEADORA DE COMPOST	Escala: 1:20
				Revisó: 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó: 21/08/13	Ing. Correa J.		
				<p style="text-align: center;">UTA Ingeniería Mecánica</p>		Número de lámina: 09 de 19	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia: ± 1,0	Peso: 1,12 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A36	
				Fecha: Dibujó 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: PROTECTOR DE LA CORONA	Escala: 1:2.5
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/01/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 10 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

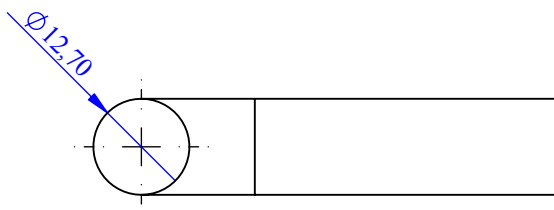
1

2

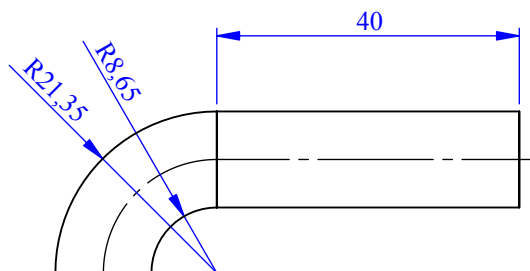
3

4

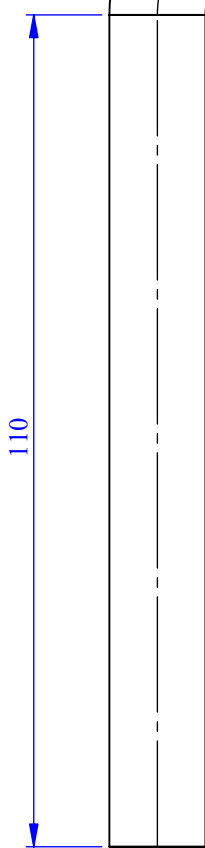
A



B



C



D

E

				Tolerancia: ± 0,2	Peso: 0,1 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A36	
				Fecha:	Nombre:	Denominación: PASADOR DEL GATO ELEVADOR	Escala: 1:1
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 11 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

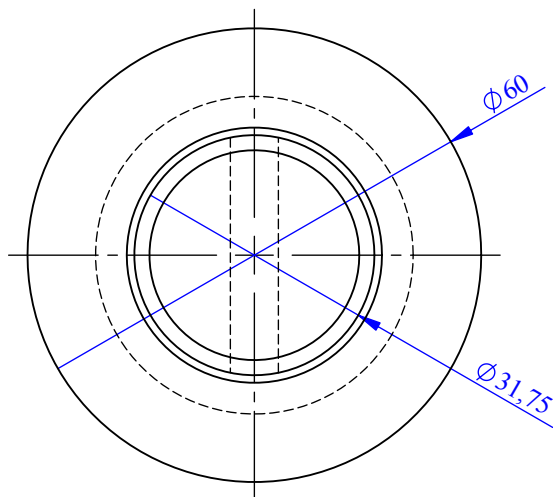
3

4

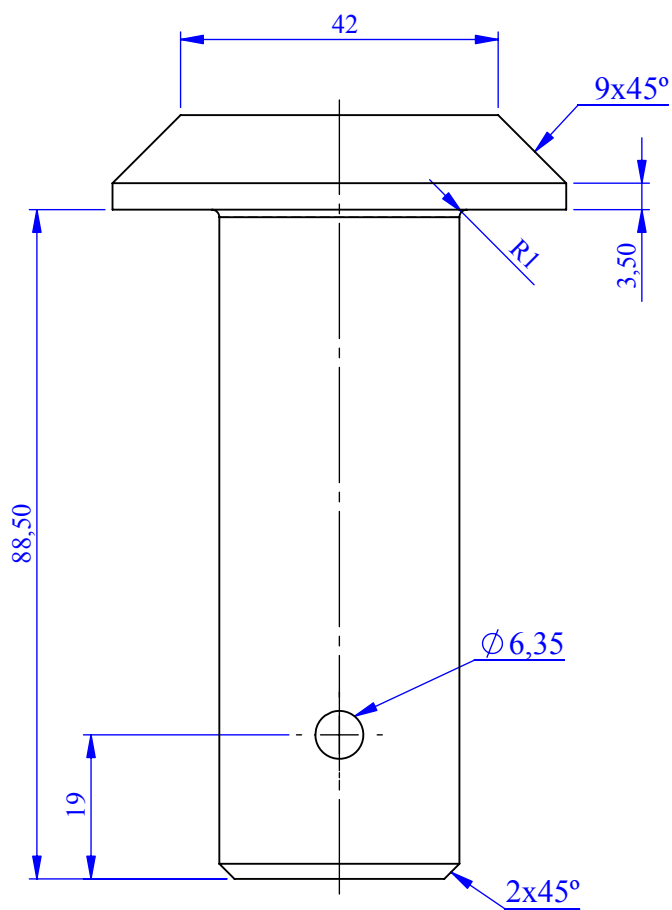
A

N7

B



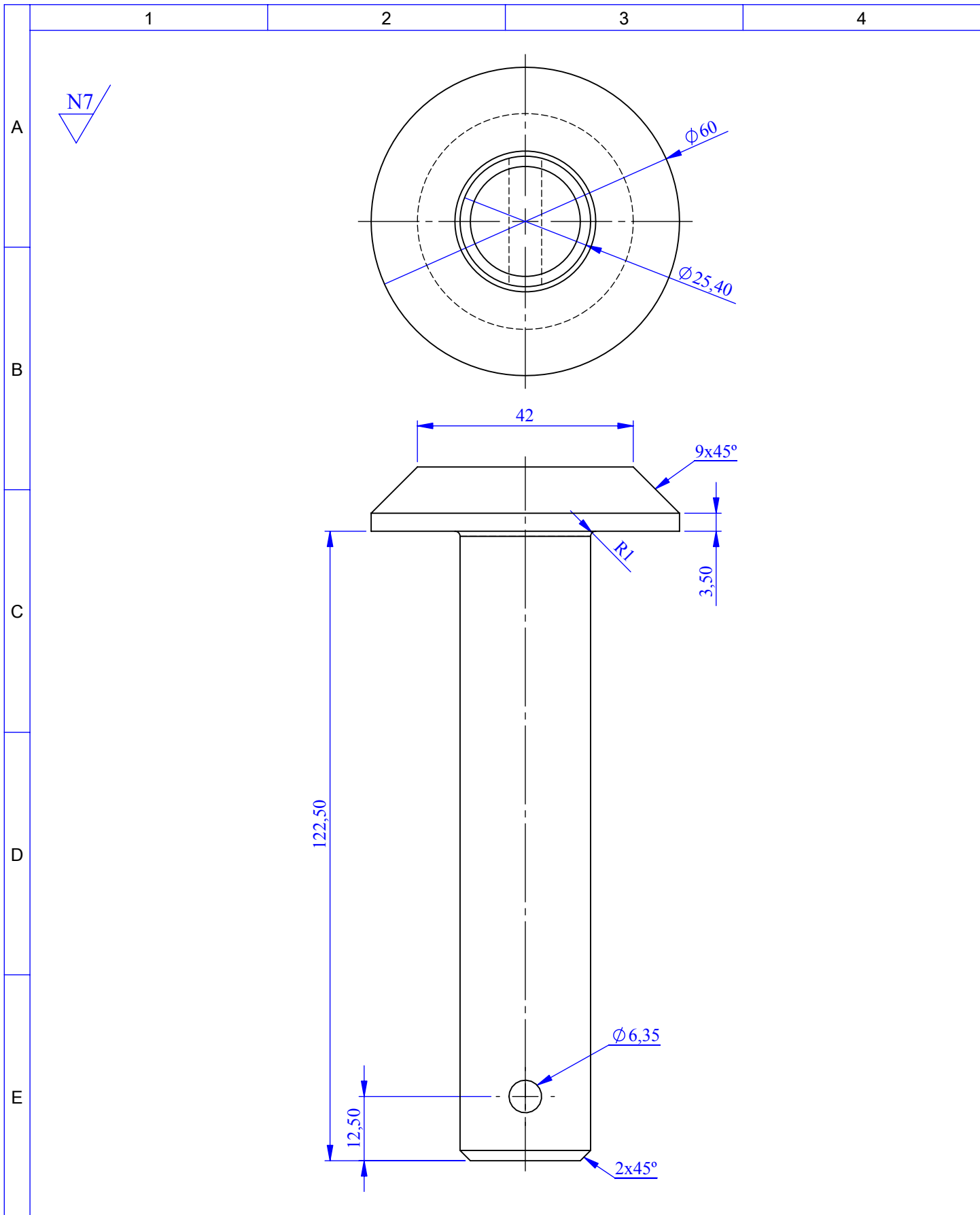
C



D

E

				Tolerancia: ± 0,2	Peso: 0,35 Kg.	Materiales: ACERO AISI 1018	
				Fecha:	Nombre:	Denominación: PASADOR DE LA CUBIERTA	Escala: 1:1
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 12 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ± 0,2	Peso: 0,51 Kg.	Materiales: ACERO AISI 1018	
				Fecha:	Nombre:	Denominación: PASADOR DEL CILINDRO HIDRAÚLICO 1	Escala: 1:1
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 13 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

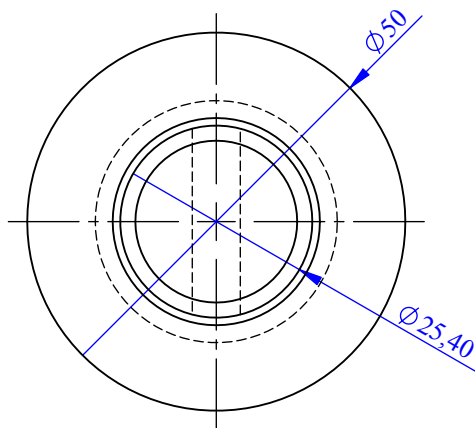
1

2

3

4

A

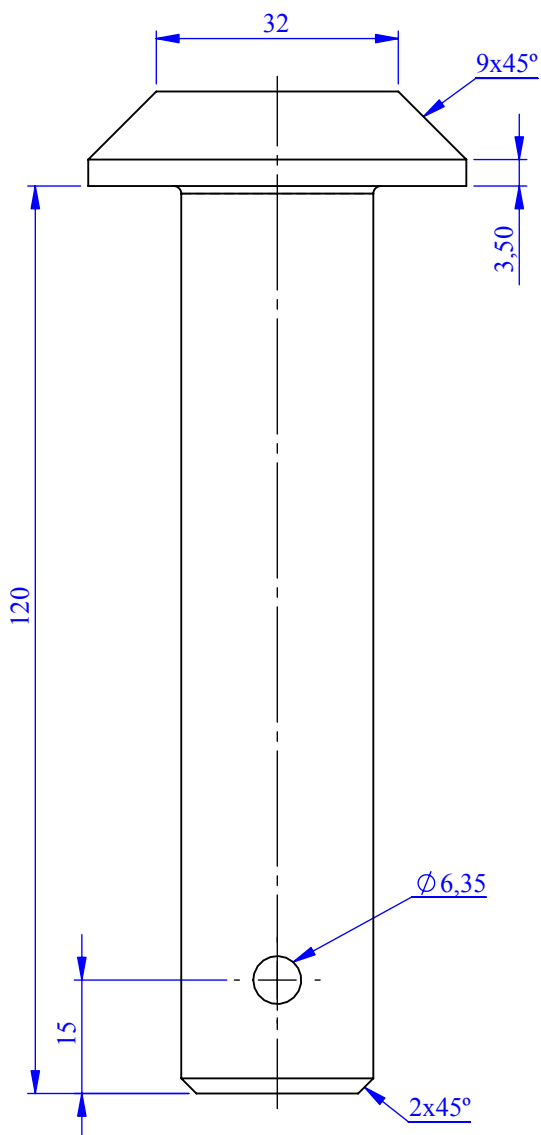


B

C

D

E



				Tolerancia: ± 2,0	Peso: 0,5 Kg.	Materiales: ACERO AISI 1018	
				Fecha:	Nombre:	Denominación: PASADOR DEL CILINDRO HIDRAÚLICO 2	Escala: 1:1
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 14 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

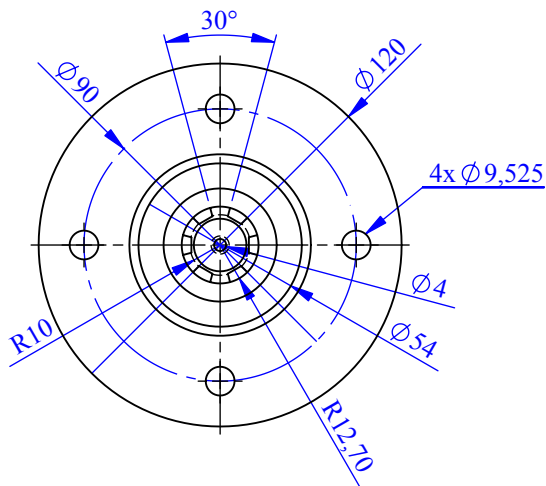
3

4

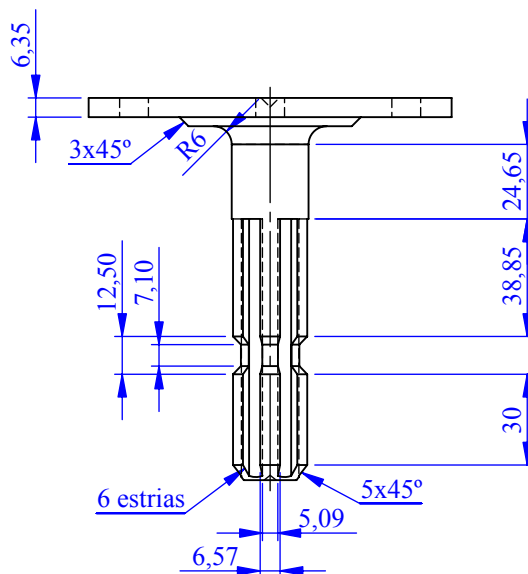
A



B



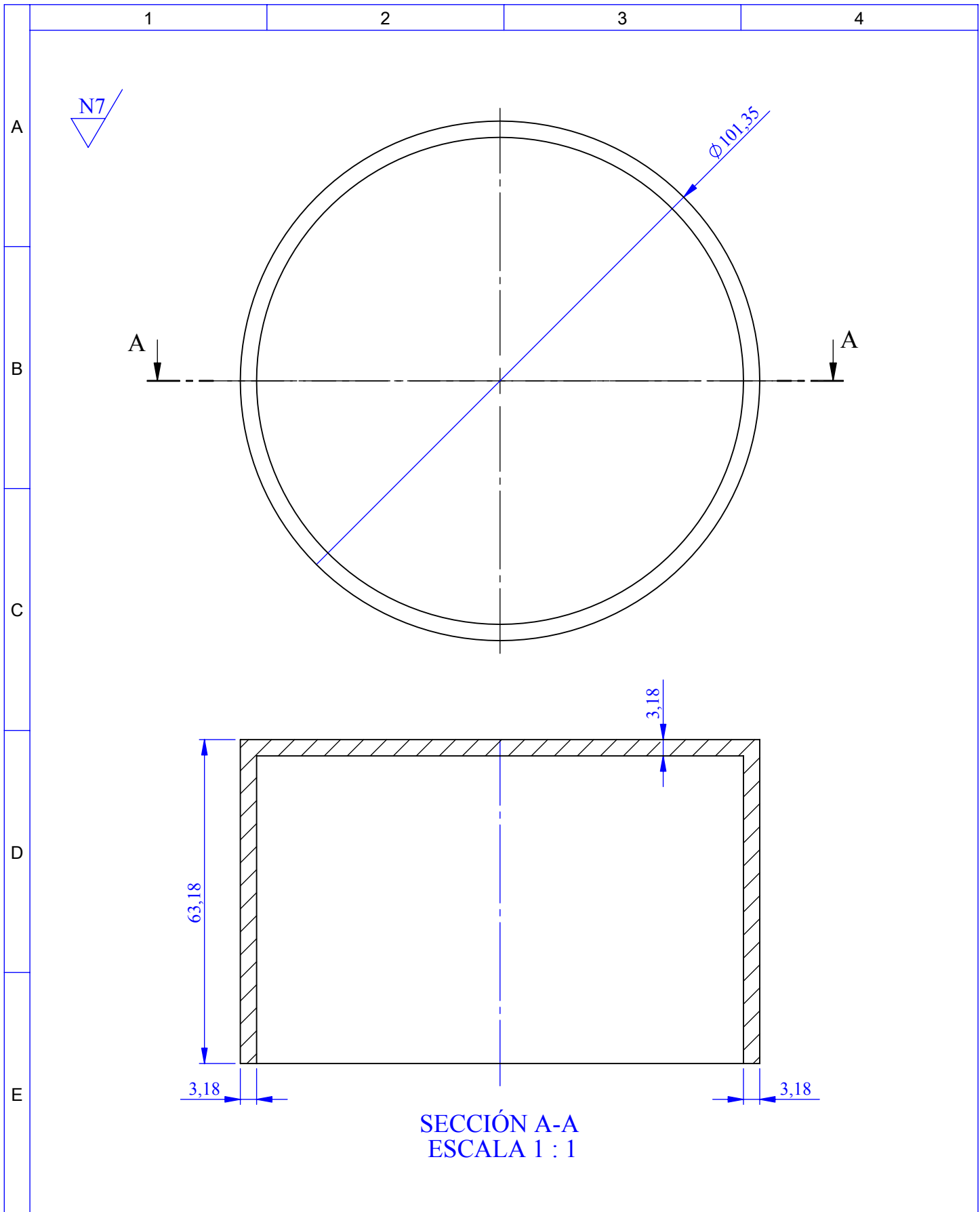
C



D

E

				Tolerancia: ± 1,0	Peso: 0,78 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A500	
				Fecha: Dibujó 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: ACOPLE DEL CARDAN	
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.	Escala: 1:2.5	
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 15 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ± 0,5	Peso: 0,35 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A36	
				Fecha: Dibujó 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: PROTECTOR DEL DISCO RIN 15"	Escala: 1:1
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 16 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

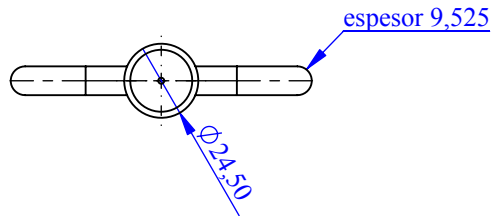
3

4

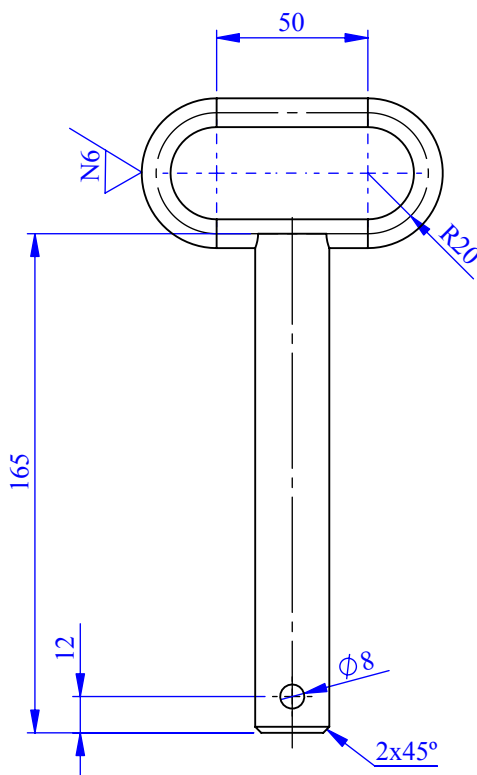
A



B



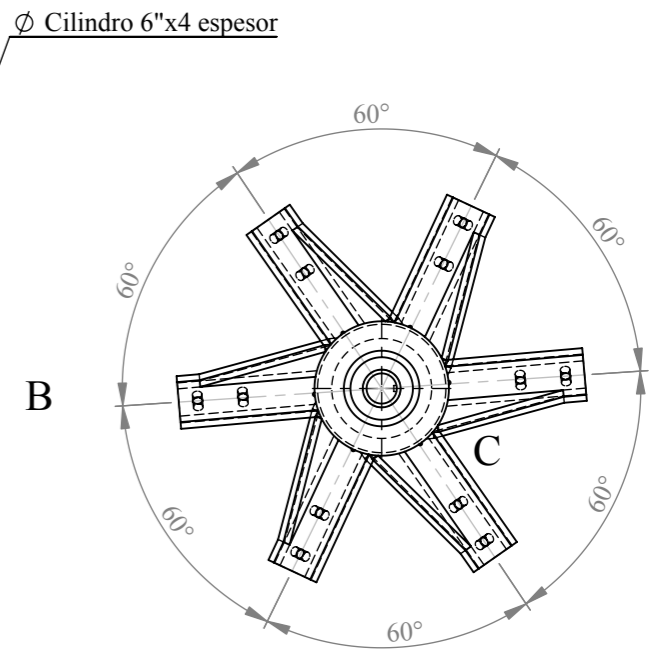
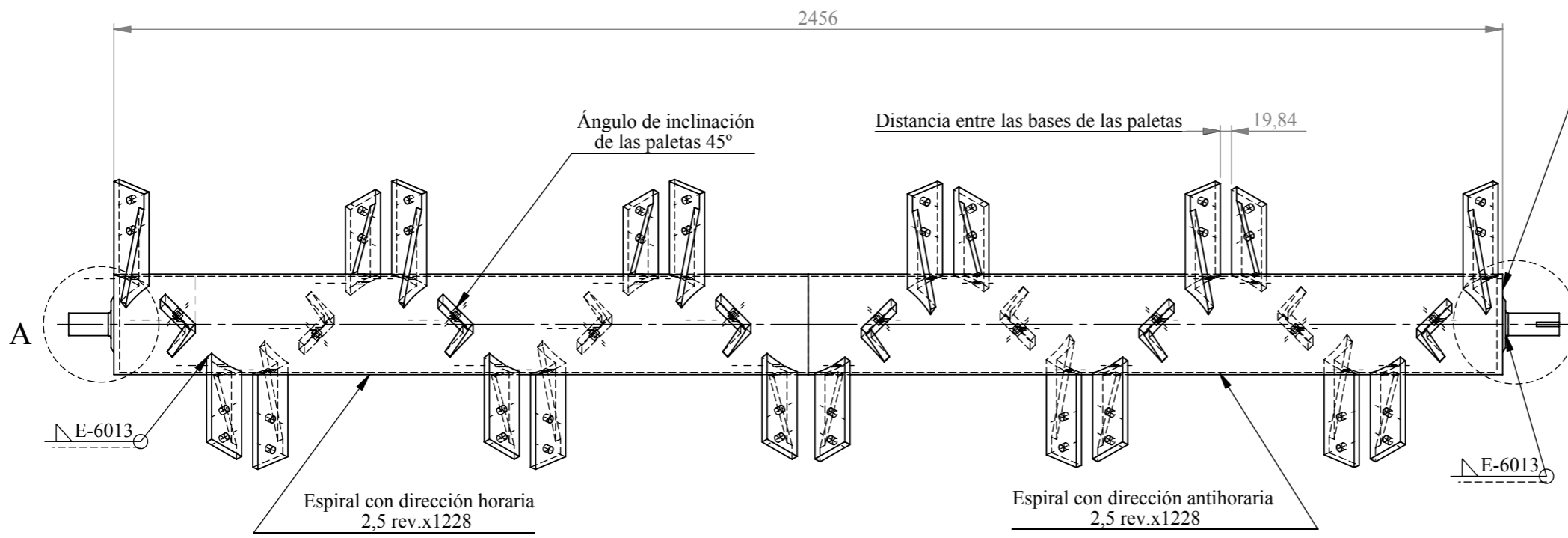
C



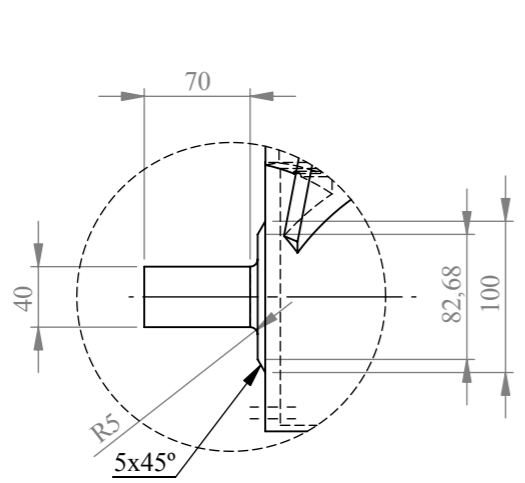
D

E

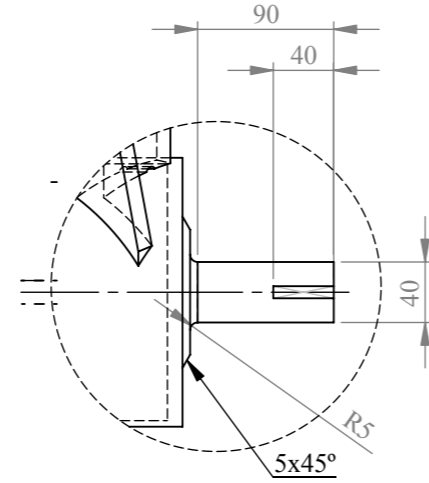
				Tolerancia: ± 2,0	Peso: 0,40 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A36	
						Denominación: SEGURO DE LA CUBIERTA	Escala: 1:2.5
				Fecha: Dibujó 15/07/13	Nombre: Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 17 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



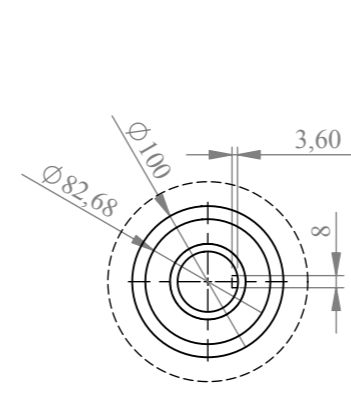
Dimensiones (Base de la paleta)



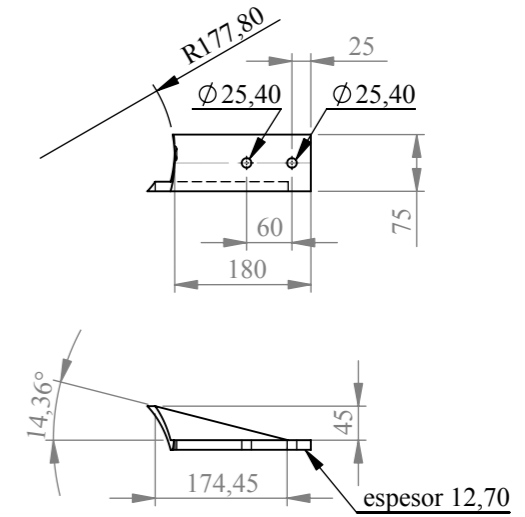
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



DETALLE C
ESCALA 1 : 5



				Tolerancia: ±0,1	Peso: 128 Kg	Materiales: ACEROS ASTM 500, AISI 1018	
				Fecha: 15/07/13	Nombre: Lozada E.	Denominación: ROTOR	
				Revisó: 16/07/13	Ing. Correa J.	Escala: 1:10	
				Aprobó: 21/08/13	Ing. Correa J.	Número de lámina: 18 de 19	
				<p style="text-align: center;">UTA Ingeniería Mecánica</p>		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

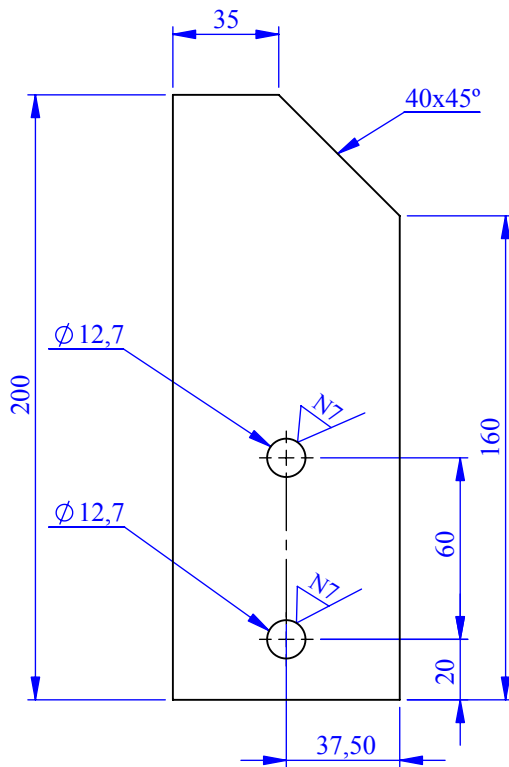
3

4

A



B



C

D

E

				Tolerancia: ± 5,0	Peso: 0,968 Kg.	Materiales: ACERO ASTM A500	
				Fecha:	Nombre:	Denominación: PALETA	Escala: 1:2.5
				Dibujó 15/07/13	Lozada E.		
				Revisó 16/07/13	Ing. Correa J.		
				Aprobó 21/08/13	Ing. Correa J.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 19 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	