



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una removedora para compost de
capacidad de veinte toneladas por hora para la
Municipalidad Distrital de El Tambo**

para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Ismael Jhojan Borja Chagua

Huancayo, 2019



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se desarrolló con gran satisfacción gracias a Dios que abrió las puertas para facilitar el trabajo logrado de la misma manera a mis padres que me dieron el apoyo económico y moral en cada instante de este proceso así mismo a la Universidad Continental quien impulso a ponerme nuevos retos cada día con conocimientos adquiridos en cada salón de clase a través de los ingenieros de la carrera Ingeniería mecánica.

Agradezco al Mg. Ercilio Justo Garay Quintana quien como asesor de esta tesis llevamos todos los análisis y controles necesarios para el desarrollo. Facilitándome de sus conocimientos y la paciencia que él tiene. A los profesores quienes me ayudaron a seguir adelante y guiaron de una u otra manera en las ideas y conocimientos que ellos tenían.

También agradezco a mis colegas de carrera promoción 2017 quienes con su experiencia técnica en distintas labores me guiaron para el desarrollo técnico de esta máquina, de una manera especial agradezco a mi hermano Hanter León Vélchez que me apoyo y me apoya en cada momento.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres que me apoyaron en todo momento, a mi padre Cesario Borja Ramírez quien cada día me enseña algo nuevo para poder seguir adelante con la vida, A mi madre Ana Chagua Rodríguez quien me da los alientos de poder continuar con toda la meta que me tracé.

Dedico a mis hermanos Jimmy Borja Chagua y Keyla Borja Chagua que con este logro puedan seguir adelante, cumpliendo sus deseos y sueños de superación en la vida, así como también son una gran ayuda y enseñanza en mis inquietudes.

También dedicó a toda mi familia Borja Ramírez y Chagua Rodríguez, por el apoyo moral y dándome lecciones de vida para poderme superar cada día más.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPÍTULO I.....	10
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	10
1.1. Planteamiento y formulación del problema	10
1.1.1. Planteamiento del problema	10
1.1.2. Formulación del problema	15
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación e importancia.....	16
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1.	Artículos	18
2.1.2.	Tesis.....	20
2.1.3.	Opinión de experto	23
2.2.	Bases teóricas	24
2.2.1.	Fundamentos teóricos	24
2.2.2.	Metodologías de diseño y manufactura	80
2.3.	Definición de términos básicos	81
CAPÍTULO III.....		83
METODOLOGÍA		83
3.1.	Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.....	83
3.1.1.	Método aplicado a la solución.....	83
3.1.2.	Desarrollo de aplicación de método.....	85
CAPÍTULO IV		96
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....		96
4.1.	Identificación de requerimientos	96
4.1.1.	Lista de exigencia.....	96
4.1.2.	Caja Negra (Black – box).....	100
4.1.3.	Secuencia de operaciones.....	102
4.1.4.	Estructura de funciones	103
4.2.	Análisis de solución	105
4.2.1.	Matriz morfológica	105

4.2.2.	Prototipos de solución	106
4.2.3.	Determinación de la solución optima	109
4.3.	Diseño	113
4.3.1.	Sistema de volteado	117
4.3.2.	Sistema de avance	183
4.3.3.	Sistema de dirección	192
4.3.4.	Sistema de freno	192
4.3.5.	Estructura	193
CAPÍTULO V		197
COSTOS		197
5.1.	Costos y presupuesto	198
5.1.1.	Costo de materiales	198
5.1.2.	Costos de fabricación y montaje	200
5.1.3.	Proyecciones y análisis de costos	201
CONCLUSIONES		202
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		203
ANEXOS		207

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pequeños agricultores sin apoyo gubernamental.....	12
Figura 2. Datos estadísticos de la basura en nuestro país.....	13
Figura 3. Selección de residuos orgánicos y no orgánicos.....	15
Figura 4. Mapa de la ubicación del área dispuesto por la municipalidad de El Tambo.....	25
Figura 5. Área de compostaje de la municipalidad de El Tambo.....	25
Figura 6. Pilas de compost no ordenadas.....	26
Figura 7. Separación de residuos orgánicos y no orgánicos.....	27
Figura 8. Herramientas de trabajo y almacenado de ME.....	27
Figura 9. Cernido y resultado del proceso de compostaje.....	28
Figura 10. Biohuerto para pruebas de compost.....	28
Figura 11. Diferencia de la aplicación de compost.....	29
Figura 12. Ciclo de vida de la familia microbiana.....	30
Figura 13. Compost en proceso.....	32
Figura 14. Etapas de compostaje.....	38
Figura 15. Distribución de temperatura en la pila de compost.....	39
Figura 16. Etapas de compostaje según la temperatura en el tiempo.....	40
Figura 17. Pilas estáticas con aireación.....	42
Figura 18. Pilas con aireación forzada.....	43
Figura 19. Volteado de pilas.....	43
Figura 20. Reactor vertical.....	45
Figura 21. Reactor circular dinámico.....	45

Figura 22. Recojo de basura orgánica	49
Figura 23. Máquina trituradora M.D.T	50
Figura 24. Diseño de pila de compost.....	51
Figura 25. Distribución de pilas.....	52
Figura 26. Forma prisma de la pila.....	53
Figura 27. Variedades de pilas de compost	54
Figura 28. Formas de construcción de composta.....	55
Figura 29. Distribución de capas en las pilas	56
Figura 30. Capas en la pila de compost.....	56
Figura 31. Forma final de la pila de compost	56
Figura 32. Herramientas para volteado de compost.....	58
Figura 33. Volteado con tornillo lateral.....	58
Figura 34. Volteado con cilindro horizontal	59
Figura 35. Volteado de compost con pala mecánica	59
Figura 36. Volteado con tractor volteador	60
Figura 37. Herramientas para cernido.....	61
Figura 38. Cernido el área de compostaje MDT	61
Figura 39. Pala mecánica en volteado de compost.....	62
Figura 40. Ficha técnica pala mecánica.....	62
Figura 41. Volteadora con toma de fuerza lateral.....	63
Figura 42. Volteadora topturn300	63
Figura 43. Volteadora TBU3p (marca willibald)	64

Figura 44. Volteadora (systams)	64
Figura 45. Volteadora ST 200	65
Figura 46. Volteadora ST 250	66
Figura 47. Volteadora serie brava	67
Figura 48. Volteadora con cadena	68
Figura 49. Volteadora siderturn 2000 (komptech)	69
Figura 50. Volteadora SF 200 (SANDBERGER)	69
Figura 51. Volteadora topturn Wheel (komptech)	70
Figura 52. Motor de 34 hp	72
Figura 53. Motor branco 15 HP	73
Figura 54. Motor Winyou Power de 13 HP	73
Figura 55. Motor para furgón aggressor	74
Figura 56. Motor para moto TR150	75
Figura 57. Gráfica de esfuerzo y deformación	77
Figura 58. Análisis de elementos finitos	79
Figura 59. Proceso de desarrollo según VDI 2221	86
Figura 60. Método aplicativo y sus fases	87
Figura 61. Secuencia de pasos a desarrollar	88
Figura 62. Modelo de Black-Box	89
Figura 63. Modelo de estructura de funciones	90
Figura 64. Caja negra del proyecto	101
Figura 65. Estructura de funciones de la volteadora	104

Figura 66. Esquema de prototipo para guía 1	107
Figura 67. Esquema de prototipo para guía 2	108
Figura 68. Esquema de prototipo para guía 3	109
Figura 69. Cuadro de dispersión lineal para elección de resultado	113
Figura 70. Distribución de pilas de compost.....	116
Figura 71. Diagrama de fuerzas de paletas	117
Figura 72. Paleta de carga.....	121
Figura 73. Diagrama cortante y flector de paleta.....	122
Figura 74. Modelamiento de paleta en solidworks	124
Figura 75. Análisis de paleta de tensiones.....	125
Figura 76. Análisis de paleta de desplazamiento	126
Figura 77. Análisis de paleta de deformaciones.....	127
Figura 78. Análisis de paleta de factor de seguridad.....	128
Figura 79. Modelamiento de soporte de paleta perpendicular en Solidworks.....	129
Figura 80. Análisis estático de soporte de paleta perpendicular.....	130
Figura 81. Análisis de desplazamiento de soporte de paleta perpendicular	131
Figura 82. Análisis de deformaciones de soporte de paleta perpendicular.....	132
Figura 83. Análisis de factor de seguridad de soporte de paleta perpendicular.....	133
Figura 84. Modelamiento de soporte diagonal en Solidworks	134
Figura 85. Análisis estático de soporte de paleta diagonal.....	135
Figura 86. Análisis de desplazamiento del soporte de paleta diagonal	136
Figura 87. Análisis de deformaciones del soporte de paleta diagonal.....	137

Figura 88. Análisis de factor de seguridad del soporte de paleta diagonal	138
Figura 89. Cálculos primera paleta	139
Figura 90. Cálculos segunda paleta.....	140
Figura 91. Cálculos tercera paleta	141
Figura 92. Cálculo cuarto paleta	142
Figura 93. Cálculo de quinta paleta.....	143
Figura 94. Cálculo de sexta paleta.....	144
Figura 95. Rotor de removedor	145
Figura 96. Cálculo de momento primera paleta.....	146
Figura 97. Cálculo de momento segunda paleta	147
Figura 98. Cálculo de momento tercera paleta.....	148
Figura 99. Cálculo de momento cuarta paleta.....	149
Figura 100. Cálculo de momento quinta paleta	150
Figura 101. Cálculo de momento sexta paleta	151
Figura 102. Diagrama cortante y flector (Y-Z)	152
Figura 103. Diagrama cortante y flector (X-Z)	153
Figura 104. Cálculo de inercia del cilindro.....	154
Figura 105. Cálculo de inercia del eje	155
Figura 106. Carga en perno de paleta y soporte	162
Figura 107. Unión de soldadura ambos lados.....	164
Figura 108. Especificaciones para el cálculo de chaveta	167
Figura 109. Embrague de discos	174

Figura 110. Cojinete hidráulico	174
Figura 111. Motor de 20 hp.....	175
Figura 112. Embrague centrífugo.....	176
Figura 113. Elección de sección de correa	178
Figura 114. Engranaje cónico recto	180
Figura 115. Diagrama de transmisión de motor a eje central	181
Figura 116. Llanta para todo tipo de terreno	186
Figura 114. Transmisión de eje central hacia la llanta.....	188
Figura 118. Radio de giro de la removedora	192
Figura 119. Modelamiento de estructura en Solidworks.....	193
Figura 120. Análisis de tensiones de estructura.....	194
Figura 121. Análisis de desplazamiento de estructura.....	195
Figura 122. Análisis de factor de seguridad	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición general residuos sólidos del distrito	13
Tabla 2. <i>Ventajas y desventajas del compost</i>	30
Tabla 3. <i>Condiciones y rangos de compost</i>	31
Tabla 4. <i>Relación de composición de materiales</i>	33
Tabla 5. <i>Tamaño de partículas</i>	34
Tabla 6. <i>Controles de aireación</i>	35
Tabla 7. <i>Temperatura y sus parámetros</i>	36
Tabla 8. <i>PH Parámetros</i>	37
Tabla 9. <i>Relación c/n y parámetros</i>	37
Tabla 10. <i>Tipos de compostaje</i>	41
Tabla 11. <i>Comparación de tipos de compostaje</i>	47
Tabla 12. <i>Diferencias de los sistemas de compostaje</i>	48
Tabla 13. <i>Especificaciones de la volteadora topturn 300</i>	63
Tabla 14. <i>Especificación de volteadora TBU 3p</i>	64
Tabla 15. <i>Especificaciones volteadoras systams</i>	65
Tabla 16. <i>Especificaciones volteadoras ST 200</i>	66
Tabla 17. <i>Especificaciones volteadoras ST 250</i>	67
Tabla 18. <i>Especificaciones volteadora serie brava</i>	68
Tabla 19. <i>Especificaciones volteadoras siderturn</i>	69
Tabla 20. <i>Especificaciones volteadoras SF 200</i>	70
Tabla 21. <i>Especificaciones volteadoras topturn</i>	71

Tabla 22. <i>Cuadro comparativo de volteadoras</i>	71
Tabla 23. <i>Especificaciones de motor kohler</i>	72
Tabla 24. <i>Especificaciones de motor branco 15 hp</i>	73
Tabla 25. <i>Especificaciones motor Winyou Power</i>	74
Tabla 26. <i>Especificaciones de AGGRESSOR 200</i>	75
Tabla 27. <i>Especificaciones H-TERRA 250</i>	75
Tabla 28. <i>Modelo de lista de exigencia</i>	89
Tabla 29. <i>Modelo de matriz morfológica</i>	91
Tabla 30. <i>Tabla de evaluación de lista de exigencia</i>	92
Tabla 31. <i>Tabla de evaluación valor técnico</i>	92
Tabla 32. <i>Tabla de evaluación valor económico</i>	93
Tabla 33. <i>Lista de exigencias del proyecto</i>	97
Tabla 34. <i>Matriz morfológica del proyecto</i>	105
Tabla 35. <i>tabla de evaluación según la lista de exigencia</i>	110
Tabla 36. <i>Tabla de evaluación de valor técnico (Xi)</i>	111
Tabla 37. <i>Tabla e evaluación de valor económico (Yi)</i>	112
Tabla 38. <i>Tabla de comparación de resultados evaluados</i>	112
Tabla 39. <i>Calculo de densidades</i>	114
Tabla 40. <i>Datos básicos de las pilas de compost</i>	115
Tabla 41. <i>Datos básicos de las pilas de compost</i>	116
Tabla 42. <i>Parámetros del factor de modificación superficial</i>	157

Tabla 43. <i>Factores de confiabilidad ke a una desviación estándar de 8% de límite de fatiga</i>	159
Tabla 44. <i>Tabla de resistencia y diámetros de perno</i>	164
Tabla 45. <i>Esfuerzos permisibles de código AISC</i>	166
Tabla 46. <i>Pesos de componentes de la maquina</i>	184
Tabla 47. <i>Factor de rodadura</i>	185

RESUMEN

La presente tesis titulada “Diseño de una removedora para compost de capacidad de veinte toneladas por hora para la Municipalidad Distrital de el Tambo” tiene como objetivo desarrollar el diseño de una máquina para el uso del volteado debido a que es una deficiencia para obtener el compost homogenizado y mejorar la calidad del abono natural que se viene realizando en el área de compostaje de la Municipalidad Distrital de El Tambo – Huancayo. Para ello se desarrolla la investigación tecnológica con la metodología secuencial de la norma alemana VDI 2222 donde nos indica el planteamiento del problema, que el volteado del compost es una necesidad relevante para la buena calidad del compost, la formulación del problema en la que propone la factibilidad del proyecto, así como los objetivos que se pretende lograr. Se ha considerado el estado de arte, así como la comparación respectiva con investigaciones y proyectos relacionados con volteadoras de diferentes escalas y prototipos que han sido la guía de este proyecto. Se hace un listado del estado de la tecnología, diferenciando la tecnología tradicional (intervención del hombre en mayor proporción) y la tecnología existente, la descripción de sus características. Diseño de la removedora de compost, contiene la estructura de funciones, en la que se describe las funciones propuestas y reales que cumple el removedor, la matriz morfológica, los conceptos de solución (descripción de prototipos) como alternativas de solución y la evaluación técnico-económica de propuestas, se muestra el diseño elaborado para una capacidad de 20 toneladas por hora con dimensiones de trabajo 1.2m de base con 1m de altura de pila de compost, para el uso en las condiciones que se encuentra el área de compostaje de la municipalidad de El Tambo, se describen los costos de adquisición de elementos normalizados, estructurales y elementos de máquina, así como la obtención del costo total. Como resultado se da a conocer el diseño con planos para la construcción de la maquina removedora de compost que será de mucha utilidad en la agricultura peruana y aprovechando los desperdicios sólidos orgánicos, de ello se concluye que la maquina removedora logra obtener un compost homogenizado con las características requeridas a menos costo que las del mercado.

Palabras claves: compost, prototipo, factibilidad, maquina, eficiencia.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Design of a stripper for compost capacity of twenty tons per hour for the District Municipality of El Tambo" aims to develop the design a machine for the use of turning because it is a deficiency to obtain the homogenized compost and improve the quality of the natural fertilizer that is being made in the composting area of the District Municipality of El Tambo - Huancayo. For this, the sequential methodology of the German standard VDI 2222 will be used, where it indicates the problem's approach, that the turning of the compost is a relevant need for the good quality of the compost, the formulation of the problem in which it proposes the feasibility of the project, as well as the objectives to be achieved. The state of art has been considered, as well as the respective comparison with investigations and projects related to tumblers of different scales and prototypes that have followed the guide of this project, to then consider the respective one. A list of the state of the technology is made, differentiating the traditional technology (intervention of man in greater proportion) and the existing technology, the description of its characteristics. Design of the compost remover, contains the structure of functions, which describes the proposed and real functions that the remover meets, the morphological matrix, the solution concepts (description of prototypes) as solution proposals and the technical evaluation- economic proposal, shows the efficient elaborated design for use in the conditions that is the composting area of the municipality of El Tambo, describes the costs of acquisition of standardized elements, structural, machine elements, as well as the obtaining the total cost. As a result, the design is announced with plans for the construction of the compost stirring machine that will be very useful in Peruvian agriculture, from which it is concluded that the stirring machine manages to obtain a better quality compost with the required characteristics unless cost than those of the market.

Keywords: compost, prototype, feasibility, machine, efficiency.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “diseño de una removedora de compost para 20 toneladas por hora para la Municipalidad de El Tambo”, el volteado cumple un proceso fundamental en el compostaje orgánico en el área de compostaje de la MDT y en el campo de la agricultura es muy importante detallar la implementación del volteado en el compostaje que ayuda y mejora la calidad del compost teniendo un mejor resultado de componentes para todo tipo de vegetación y renovación de tierras, en la actualidad alrededor de un 52.7% de la basura generada en las ciudades es orgánica, la cual se dispone en vertederos sin poder reutilizarla. Esto implica grandes costos de recolección y transporte y amplios campos para depositar.

La sostenibilidad y el incremento de la fertilidad del suelo es aún un reto para nuestra región, por lo que es necesario difundir tecnologías de mejoramiento de suelos en la agrícola urbana.

Esta tesis presenta un diseño óptimo aplicando la tecnología calificada para el proceso de compostaje, el diseño será autopropulsado de manejo de un solo operador, con ello se logra tener como resultado un compost de buena calidad homogenizado teniendo en consideración los parámetros en la que se encuentra y variables que influyen en el compost; utilizando la metodología de diseño a través de la selección de prototipos apropiados para este proyecto se ejecutó los cálculos mecánicos necesarios y planos para la construcción de la máquina considerando los costos de materiales y componentes utilizados.

En el capítulo I se realiza el planteamiento y formulación del problema que tiene el área de compostaje.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico también conocido estado de tecnología donde se encuentra los antecedentes de la investigación.

En el capítulo III se detalla la metodología aplicada en la tesis VDI 2222 cuyo desarrollo se da en el análisis de diseño.

En el capítulo IV se realiza el análisis de la mejor solución con el método alemán VDI 2221, con ello el desarrollo de los cálculos y parámetros de la tesis.

En el capítulo V se realiza la comparación de rentabilidad y costos de la máquina.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El compost es elaborado biológicamente, la cual actúan los microorganismos degradándolos a la materia como basura orgánica entre ellos restos de verduras, excrementos de animales, residuos urbanos, etc. Siendo como resultado de un proceso de control continuo y detallado que hace la humificación de la materia orgánica un nutriente para la recuperación y rectificación del suelo ayudando a reducir la erosión, absorbiendo el agua y nutrientes para el mejor crecimiento de la agricultura, plantas, etc. En el proceso de la creación del compost, el volteado es una necesidad para mejorar la calidad y homogenización de las partículas bacterianas controlando la temperatura, aireación, oxigenación y humedad así poder tener un buen resultado como un compost de buena calidad.

Lozada Vines (2011), en su tesis titulada “estudio de volteadoras para mejorar la producción de compost en la floricultura nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo” concluye 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 sea realizada 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.

El Perú carece mucho del apoyo agrícola a diferencias de otros países desarrollados así mismo relacionando en la manufactura extranjera es de alta calidad y tecnificada a diferencia de nuestro desarrollo en el Perú. Tenemos grandes riquezas donde se puede aplicar una tecnología nueva en diferentes partes de nuestro país como la manufactura calificada de alta calidad y mejora de procesos para optimización y el desarrollo de nuestras riquezas así exportarlas mas no importarlas, así mismo aún existen agricultores como asociaciones que elaboran este proceso de compostaje manualmente debido a costos de mano de obra, tecnología no calificada adaptada a nuestras necesidades según las condiciones que se desarrollan teniendo unos costos elevados que cualquier agricultor que inicia la industrialización de este humus no puede obtenerlos debido a la gran deficiencia en el tema de la industrialización del compost, no existe un apoyo gubernamental a los pequeños agricultores, asociaciones o grupos en pleno desarrollo o inicios de la industrialización relacionados al tema.

Diario La Primera Digital (2018), los pequeños agricultores no tienen un apoyo sostenible gubernamentalmente, el programa de agricultura y recursos naturales OXFAM señala que Perú carece de una política agropecuaria, lo agricultores aún mantienen la biodiversidad evitando la

desaparición de distintos tipos de etnias nativas es necesario que implemente políticas para proteger estas tierras y dar un lugar a los mercados locales a través de tratados libre comercio en vigencia con Estados Unidos y China.

El desarrollo de nuevas tecnologías en Perú en el sector agrícola genera la mejor oportunidad para agricultores, municipalidades, asociaciones, etc. Con la necesidad de fortalecer la biodiversidad de productos, jardines, bosques, áreas verdes, etc. De los ya mencionados en gran mayoría no se pueden desarrollar debido a la falta de maquinarias que estén de acuerdo a las condiciones a la que el agricultor se encuentre como las condiciones de alta calidad y costos elevados de estas tecnologías extranjeras de países desarrollados.



Figura 1. Pequeños agricultores sin apoyo gubernamental

Fuente: Diario La Primera Digital, 2010

Mendez (2013), en su artículo titulado “Basura orgánica en el Perú” que publico como una ayuda de exposición en slideshare nos da a conocer, los residuos sólidos en el Perú. El uso de ellos siendo sustancias en estado solidos o semisólidos las cuales pueden ser aprovechadas, estas pasaron por fabricación o transformación y luego se detalla al abandono generando así una gran contaminación ambiental y el control mínimo de estos así pues según la figura 2 se muestra el porcentaje del material orgánico en un 52.7% que nos permite poder generar nuevas tendencias agrícolas como el compost, ya que es un factor elevado que puede ser reutilizado de manera controlada y eficiente para la agricultura peruana.

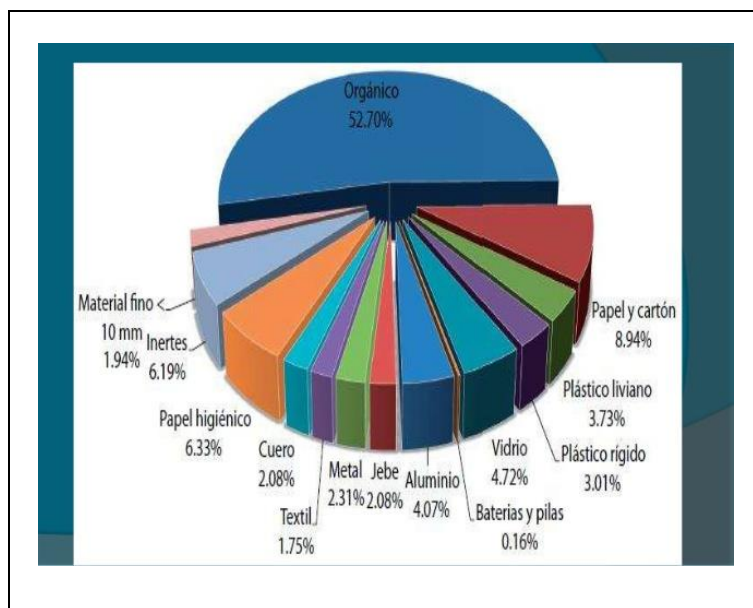


Figura 2. Datos estadísticos de la basura en nuestro país

Fuente: Diario La Primera Digital, 2010

Tabla 1. Composición general residuos sólidos del distrito

Componentes	Peso Total (Kg)	Porcentaje
Materia Orgánica	55254.6	43.45
PET	9529.2	7.49
Papel	9266.1	7.29
Plástico	11115.8	8.74
Cartón	7219.4	5.68
Vidrio	4873.2	3.83
Latas	4320.4	3.4
Toallas higiénicas y afines	13779.5	10.84
Textiles	1814.8	1.43
Otros	9 979	7.85
Total	127 152	100.00 %

Fuente: Municipalidad de EL Tambo, 2015

De la tabla 1 del estudio de la de caracterización de residuos sólidos se llega a verificar que la basura orgánica se encuentra en un 43.45% del total, por ello se viene desarrollando como proyecto piloto la producción de ese tipo de abono natural que es el compost orgánico, generado a base de restos de alimentos recaudados de mercados, casas, puestos de verduras, negocios a fines a esta necesidad. Teniendo como destino en los parques y jardines

en el distrito de El Tambo la cual ayuda en la regeneración de suelos para las plantas sembradas, asimismo la mejora de calidad continua y se va evaluando a diario para poder tener una mejor producción de calidad para ello se desea implementar el método de volteado continuo, “cabe resaltar el distrito de El Tambo es la más grande en Huancayo con 170 mil habitantes” (INEI, 2017)

La cantidad recaudada de esta basura orgánica en bruto es de 3 a 4 toneladas diarias la cual es selecciona de residuos no solidos por los trabajadores, llegando a ser un aproximado de 2 a 3 toneladas, de ello se realiza el cortado de la materia en 3 a 5 cm reduciendo de media a una tonelada en desperdicios o algunos materiales no orgánicos luego se llega a juntar entre 15 a 20 días obteniendo un total aproximado de 18 a 25 toneladas estas son ubican en camas o pilas de compost bañados con microorganismos eficientes (ME) que ayudan a la descomposición de estos desechos, esta cantidad de compost es volteada una vez por semana realizándolo con una pala mecánica la cual no llega a homogenizar completamente las pilas de compost y solo se utiliza cuando se encuentra disponible, en la ausencia de esta maquinaria se realiza el volteado con palas y rastrillos donde las personas que realizan el trabajo están siendo afectas en su salud debido a los malos olores, trabajos forzosos, etc. Debido a que están expuestos directamente con el material en plena descomposición, para poder resolver este contacto directo y mejorar la calidad de homogenización del compost orgánico es una necesidad primordial la solución del volteado debido a que es un proceso de compostaje muy crítico para poder resolver en esta área de la municipalidad distrital de El Tambo con esta finalidad de mejorar el trabajo del operador y la calidad de homogenizado del compost propongo esta tesis.



Figura 3. Selección de residuos orgánicos y no orgánicos

Fuente: Municipalidad Distrital de El Tambo, 2018

1.1.2. Formulación del problema

A. Problema general

¿De qué manera se puede solucionar la deficiencia en el volteado del compost en la municipalidad distrital de El Tambo?

B. Problemas específicos

¿Cuál será el mejor sistema de avance y transporte de la maquina?

¿Cuál es la capacidad necesaria para el movimiento de giro del sistema de volteado de compost?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el diseño que puede solucionar la deficiencia en el volteado de compost en la municipalidad distrital de El Tambo.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar cuál es el mejor sistema de transporte y avance de la volteadora de compost

Realizar los cálculos necesarios para determinar la capacidad que se necesitara emplear para el giro del sistema de volteado de compost.

1.3. Justificación e importancia

En el Perú el 54.7% de la basura generada es orgánica la cual no se está reutilizando como un producto útil para la regeneración de suelos o aporte en la biodiversidad como un factor positivo, la gran parte de esta basura son depositados en botaderos y en algunos casos son enterrados, debido a ello tenemos un sustento en el país para poder aprovecharlo de manera que pueda generarse unas tendencias agrícolas y al par nuevas tecnológicas.

En el distrito de El Tambo la basura orgánica es de 43.45% cuyo dato ya mencionado en el planteamiento del problema, en el proyecto piloto de compostaje que viene realizando la municipalidad se recoge de 3 a 4 toneladas de basura orgánica diaria ya que de ello se puede obtener de 1 a 1.5 toneladas de compost orgánico para poder ser reutilizado en áreas de regeneración de suelos, la municipalidad le da un uso para nuestra sociedad en el área de parques y jardines.

De los procesos del compostaje que se realiza en esta área el más crítico viene siendo el volteado de compost ya que se realiza manualmente o en algunas ocasiones con una pala mecánica, este método utilizado para este proceso no tiene como resultado la homogenización del material en compostaje por lo que reduce la calidad del compost, al utilizar estos métodos también es muy difícil poder llegar a los controles determinados de las variables y factores de compostaje.

Debido a ello se diseña esta máquina removedora de compost reduciendo los riesgos, peligros e infecciones en los trabajadores ya que con ello no estarán en contacto directo con el material ni harán sobreesfuerzos en este proceso, la maquina tiende poder reducir los costos innecesarios y cuidando a los trabajadores, también un recorte de personal debido a que solo es necesaria una persona para poder manipular la máquina.

En el aspecto social y agrícola ayudara a que distintas asociaciones, grupos, comunidades, municipalidades, etc., Que desarrollan este proceso de compostaje reduzcan el tiempo que vienen empleando en el volteado del compost con palas y rastrillos de esta manera deseamos aportar tecnológicamente e innovando a la agroindustria con esta removedora de compost que ayudara a la creación de un compost homogenizado de mejor calidad, así tener tendencia a poder ser utilizado en distintas área de agricultura y no tan solo al de parques y jardines.

Es muy importante el aporte en la agricultura ya que es un sector muy bajo en apoyo gubernamental, la municipalidad como fin primario tiene la necesidad de poder incorporar la máquina para obtener mejores resultados en el proceso del compost.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Artículos

Flores Flor y Nuñez Silva (2005), titulado “Análisis del proceso de elaboración de compost con cuatro fuentes de materia orgánica animal (*Bos taurus*, *Gallus*, *Cavia porcellus*, *Ovis aries*) en la hacienda El Prado 2005”, cuyo objetivo es someter a los diversos vegetales a un proceso de descomposición. El resultado fue que, en el proceso de elaboración de compost, inicialmente, la relación C/N fue alta para el tamo de avena, debido al mayor contenido hidratos de carbono estructurales, por otro lado, el estiércol de vaca más tamo de avena presentó una menor relación inicial dada su mayor degradación.

- Los contenidos iniciales de materia orgánica fueron mayores en el proceso de elaboración de compost en el tamo de avena y menores en el estiércol de vaca, guardando una correlación con la relación C/N.
- Los estiércoles de los herbívoros presentan un pH inicial más alto que el estiércol de gallina y el tamo de avena solo.

Además de los datos que se mencionan, es importante mencionar el siguiente aporte: si bien el proceso de obtención de compost va a depender de la facilidad para conseguir los diferentes estiércoles es importante la adición de material vegetal propio de la zona, por lo tanto, se recomienda validar con otros tipos de materias vegetales. También dependiendo de la facilidad de obtención de los materiales base se recomienda la utilización de la gallinaza siempre y cuando sean provenientes de la finca por el alto contenido de micro elementos y de los estiércoles de vaca por ser la mejor alternativa económica y de oveja por constituir la segunda alternativa económica y de alto contenido de macro y elementos secundarios, por lo que se recomienda a los agricultores no obtener compost de materiales exclusivamente de rastrojos por el menor volumen de compost obtenido.

Gordillo et al. (2011), cuyo título es “Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar)” cuyo objetivo es recuperar, reutilizar y/o transformar los residuos en insumos útiles conservando la fertilidad del suelo y siendo amigable con el ambiente, utilizando un diseño completamente al azar con arreglo multifactorial donde los factores fueron: dos fuentes de microorganismos, tres combinaciones de residuos y dos tipos de aireación, se determina la evaluación de compost, y evaluar los parámetros de proceso más relevantes se en cuenta la temperatura. Durante el proceso de descomposición aeróbica, se observan tres fases: fase mesófila inicial, al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila; y fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se llega a la temperatura inicial y se estabilizan a temperatura ambiente. La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa para que permita la circulación tanto del oxígeno como la de otros gases y el pH, mediante su seguimiento se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla ya que, si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas, se provoca el descenso del pH .El resultado por el método de aireación por tubos demostró ser poco eficiente para el material debido a que el interior de las pilas se encontraba húmedo y con colores verdes-azulados, además de una limitada reducción del material (14+-1%) comparada con la reducción de los tratamientos por volteos (30+-2%). Esto indica que existe diferencia estadística significativa

entre los promedios del porcentaje de reducción de las pilas y una aireación insuficiente en el método de aireación por tubos estáticos.

2.1.2. Tesis

Lozada Vincés (2011), realizó la tesis: “Estudio de volteadoras para mejorar la producción de compost en la floricultura nevado ecuador de la parroquia mulatillo”, en la Universidad Técnica de Ambato. La investigación parte de la pregunta ¿Qué tipo de volteadora permitirá mejorar la producción de compost en la floricultura Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo? Su objetivo fue determinar la volteadora adecuada que permita mejorar la producción de compost en la floricultura Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo. El método utilizado en la tesis fue 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. El estudio aporta una metodología adecuada para determinar la volteadora adecuada que permita mejorar la producción de compost en la floricultura Nevado Ecuador de la parroquia Mulalillo. La tesis ofrece los siguientes resultados:

- 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 más.
- 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 óptimas 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 floricultura.

Montero Avendaño (2006), realizó la tesis: “diseño de máquina volteadora de compost”, en la universidad austral de Chile”. La investigación parte de que el volteo de las pilas de compost es pieza fundamental en el proceso de compostaje, ya que se pueden controlar varias variables del proceso. El control del volteado de compost es complicado, se debe llegar a un equilibrio para tener la calidad deseada del compost, pues si una o más variables no son bien controladas. Su objetivo fue diseñar una unidad volteadora de compost para el proyecto de una planta piloto de compostaje de la Universidad Austral de Chile. El método utilizado en la tesis fue cuantitativo ya que se dimensiono y elaborada la elección de diseño de un prototipo de mecanismos.

Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz (1999), realizó la tesis titulado “Estudio sobre maquinaria idónea para las labores de compostaje de alpeorujos” cuyo objetivo es dar a conocer las diversas maquinarias que existen en el mercado para el triturado, volteado, etc. del compost para ello toma como muestra a la planta de compostaje el Olivar en Andalucía en la provincia de Jaén, las maquinas propuestas son:

- Trituradoras de poda de olivar
- Trituradora modelo andujar
- Trituradora modelo aluminium
- Trituradora modelo campo (marca berken)
- Trituradora de picado en alto picker c (marca berti)
- Trituradora vortex
- Trituradora oli pack
- Mecanismo de trituradora de madera de dos ejes
- Trituradora hdwv 700-2000 (marca haas)
- Trituradora uz 80 (marca willibalb)
- Volteadoras a la toma de fuerza del tractor

Este sistema es ideal para pequeñas explotaciones de compost con pilas de aproximadamente 3 m de ancho y 1,6 m de altura (según el modelo de volteadora escogido), estando muy indicadas para procesar los alpeorujos

de la mayoría de las almazaras, ya que permiten volteos de calidad utilizando la fuerza de un tractor y su precio no es muy alto (en torno a los 50.000 €).

- Volteadora Topturn 300 (Marca Komptech)

El modelo KOMPTECH TOPTURN 300 es una volteadora de compost acoplable a un tractor y con técnica profesional. Es uno de los modelos más pequeños para voltear pilas triangulares en pequeñas plantas de compostaje. Voltear entre 300 y 400 m³ /h es perfectamente posible, la máquina puede trabajar con un ancho máximo de trabajo de 3 m y una altura de la pila de hasta 1,6 m.

- Volteadoras autopropulsadas Sideturn 2000 (Marca Komptech)

Actualmente, es la volteadora de compostaje en meseta con el rendimiento más alto - voltear entre 1000 y 1500 m³ /h es perfectamente posible - puede 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 de Hardox; 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. Su precio aproximado es de 100.000 €

- Volteadoras autopropulsadas SF 200 (Marca Sandberger)

La SF 200 es una volteadora de mantillo autopropulsada eléctricamente con características ideales para instalaciones de pequeñas dimensiones. La SF 200 es la maquina ideal para la fabricación de compost de alta calidad en pequeñas empresas.

- Volteo mediante pala cargadora

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 simple pala cargadora. El operario ha de manipular el tractor de forma que todo el material de la pila quede volteado. Esta opción presenta como principal ventaja su bajo coste de inversión, pues este tipo de maquinaria agrícola es común en el conjunto de la mayoría de las almazaras, y se pueden encontrar en el mercado modelos a partir de 30.000 €. Como punto contrapuesto, según estudios comparativos con otro tipo de maquinaria más específica (Virginia Nelson, 2002), el compost obtenido con este tipo de volteo es de menor calidad y textura menos homogénea con un tamaño de partícula grueso. El tiempo de maduración del compost también aumenta utilizando esta tecnología.

Rostagno (2015), realizó la Tesis: “Maquina volteadora para la elaboración de fertilizantes orgánico a través de guano de gallina”, en la Universidad Nacional de Córdoba. La tesis se muestra un procedimiento sencillo para obtener buena calidad de compost sin contaminar el ambiente. La alternativa es un proceso aeróbico en el cual se generan bacterias que necesitan oxígeno para trabajar se procede a analizar distintas alternativas de máquinas volteadoras, con el fin de estimar diseño, costos, tamaño, ventajas y desventajas; decidiendo luego la opción más adecuada. El proyecto se lleva a cabo en una granja localizada en el Departamento Tercero Arriba, Pedanía El Salto Rio Tercero de la Provincia de Córdoba, ubicada en Ruta Provincial N° 6, kilómetro 6, entre las ciudades de Río Tercero y Alma fuerte En el caso que se opte por comprar, una empresa colombiana, Ideagro Grupo Industrial, ofrece una máquina volteadora de compost Agaris 2,20 a un precio de \$120.000+IVA*. La inversión asciende aproximadamente a \$153.000, considerando que el costo del transporte es el 5% del costo total de la máquina.

2.1.3. Opinión de experto

De acuerdo a la opinión del Dr. Celso De la Cruz Casaño, menciona que es muy buena elección de poder diseñar un prototipo para el volteado de compost, ya que es una aplicación de la tecnología agronómica, ayudara

bastante a poder aportar a la agricultura y fomentar la ecología, y al diseñarlo ser útil en una entidad como es la Municipalidad siendo una maquina autopropulsada sin necesidad de realizar muchos gastos al agricultor. Así de manera ergonómica y maniobrable de fácil mantenimiento.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos

2.2.1.1. Manufactura en la agricultura.

La Manufactura agrícola es un proceso muy amplio donde se logra definir métodos y técnicas de la mantenibilidad, factibilidad, funcionabilidad, etc. cada proceso tiene sus características personales así mismo la elección, control de motores y sistemas para el desarrollo de la agricultura, comúnmente el trabajo agrícola de nuestra localidad y país se da a través de una pala generando fatigas altas y no siendo la alternativa correcta para algunos procesos.

La creación de una maquina en la manufactura agrícola es un avance tecnológico e innovación, cumpliendo con las necesidades del cliente así mismo aumentar la productividad mejorar la rentabilidad, reducción de fatiga en el trabajo, reducción de estrés en trabajos repetitivos, reducción de tiempo del proceso, ahorro de mano de obra, etc. gracias a ello y a un control debido optimizaremos el proceso adecuadamente para poder generar una mejor tecnología y máquinas agrícolas de un desarrollo óptimo.

2.2.1.2. Datos básicos de la investigación

El proyecto piloto de compostaje se lleva a cabo en un área destinada por la municipalidad distrital de El Tambo ubicada a espaldas del fundo el porvenir cerca al rio Mantaro (figura 4) con una extensión de terreno de $2625 m^2$ de ello el área de proceso de compostaje se realiza en $1800 m^2$; el área de almacén, ingreso, biohuerto es de $825 m^2$ (figura 5).

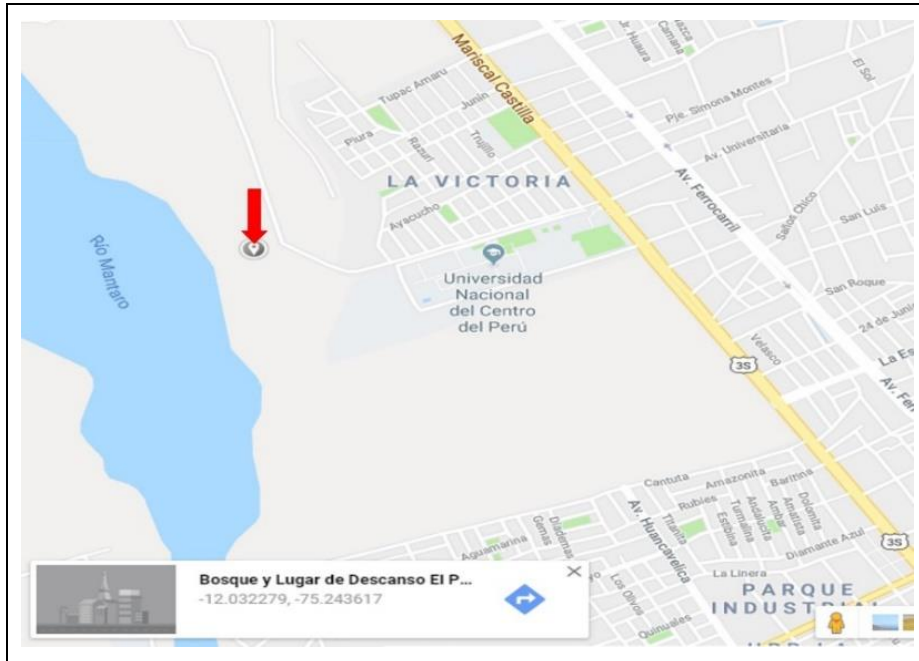


Figura 4. Mapa de la ubicación del área dispuesto por la municipalidad de El Tambo
Fuente: Google Maps, 2018



Figura 5. Área de compostaje de la municipalidad de El Tambo
Fuente: Google Maps, 2018

En esta ubicación los vientos son en dirección de noreste a suroeste, nos da referencia a que los olores generados por varios días en descomposición de la materia orgánica para el compost son dirigidos hacia el río Mantaro sin perjudicar a la cercanía de la población al lado este del área de compostaje, el agua para el proceso de compostaje se trae con una cisterna y para el regadío del área de biohuerto o uso del personal es con una instalación de aguas subterráneas, no se cuenta con suministro de energía eléctrica monofásica ni trifásica.

En la actualidad se tiene pilas de compost no ordenadas (figura 6), no definidas geoméricamente o voluméricamente debido al volteado con pala mecánica o manualmente por los trabajadores, por ello se requiere un proceso de volteado ordenado que facilite el control de las pilas de compost.



Figura 6. Pilas de compost no ordenadas

Fuente: elaboración propia, 2018

En la (figura7) se muestra la materia orgánica recolectada de las distintas partes del distrito ya sea mercados puestos de comida restaurantes, etc. la cual se separa de los residuos no orgánicos como plásticos, metales, cajas, etc.



Figura 7. Separación de residuos orgánicos y no orgánicos

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la (figura 8) se tiene las herramientas de volteado y de usos múltiples para el compost, así como el almacenado del microorganismo eficiente (ME).



Figura 8. Herramientas de trabajo y almacenado de ME

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la (figura 9) se muestra el cernido del compost como resultado del proceso de compostaje así ser aplicado en el área de pruebas conocido como biohuerto (figura 10) que se tiene en esta área así posteriormente ser utilizado por el área de parques y jardines del distrito de El tambo.



Figura 9. Cernido y resultado del proceso de compostaje

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 10. Biohuerto para pruebas de compost

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la (figura 11) se muestra la diferencia de la aplicación del compost orgánico en el lapso de 2 meses en distintas tubérculos y vegetales (papa, col, lechuga, zanahoria, etc.) puestos como prueba en el biohuerto.



Figura 11. Diferencia de la aplicación de compost

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.2.1.3. Compost orgánico

Es parte de un ciclo de la naturaleza que se viene ejecutando desde muchos tiempos ancestrales llamados por diversas formas hasta ahora que lo conocemos como el compost orgánico, es un abono natural, buen fertilizante de los suelos, obteniendo un buen resultado en los cultivos. El compost es el resultado de procesos controlados de la descomposición de materiales orgánicos así mismo de los organismos que existen en el suelo, así como bacterias, insectos, etc. que ellos son los pilares a más de 90% el resultado del compostaje (Avendaño Rojas, 2003). En presencia de oxígeno, este abono es llamado humus la cual se obtiene de desperdicios orgánicos y estiércol de animales de granja.



Figura 12. Ciclo de vida de la familia microbiana

Fuente: Fernandez y Sánchez, 2007

Tabla 2. Ventajas y desventajas del compost

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Acondicionamiento de suelos (físicas, químicas, biológicas)	Economía media alta
Mejora el manejo de estiércol	Disponibilidad de terreno
Mejora la aplicación al suelo	Climatológico
Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores	Valor de fertilizante (de acuerdo al proceso)
Producto vendible	
Destruye los patógenos	

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.2.1.4. Condiciones para el compostaje

En el proceso de compostaje es muy importante tener en cuenta las diversas condiciones para el mejor resultado de compost así aumentar el porcentaje de fertilización de la materia orgánica obteniendo mejores resultados en la (tabla 2) se da a conocer los factores más importantes que se deben tener en consideración:

Tabla 3. *Condiciones y rangos de compost*

CONDICIÓN	RANGO RAZONABLE	RANGO PREFERIDO
Relación C/N	20:1 – 40:1	20:1 – 30:1
Contenido de Humedad	40 – 65 %	50 – 60 %
Concentración de Oxígeno	Más de 5%	Mucho más de 5%
Tamaño de partículas	3 – 13 mm	2 – 5 mm
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Temperatura	45 – 65°C	55 – 60°C

Fuente: Montero Avendaño, 2006

En el compostaje, los microorganismos reciben oxígeno (O_2) mientras consumen materia orgánica (Montero Avendaño, 2006). En cada etapa el compost expulsa considerables cantidades de calor y dióxido de carbono (CO_2) a la vez vapor de agua siendo expulsados al medio exterior de la pila (figura 13).

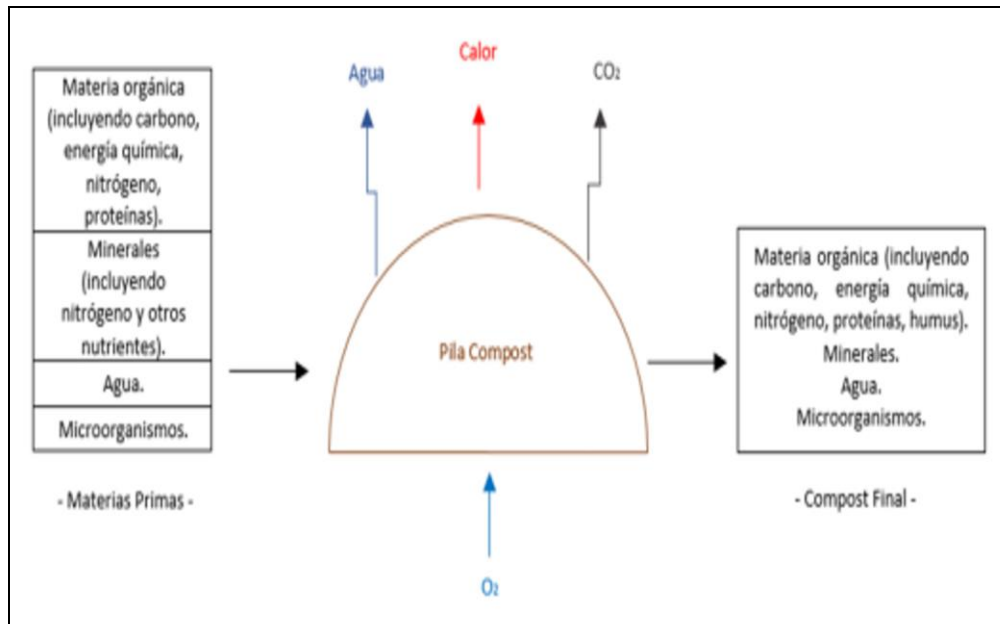


Figura 13. Compost en proceso

Fuente: Rostagno, 2015

2.2.1.4.1. Factores que influyen en el proceso del compostaje, los factores más relevantes se darán en el núcleo de las pilas ya que estas son las partes más notorias a los cambios térmicos.

A. Materiales y partículas:

Los materiales obtenidos de diversos lugares o establecimientos, etc., tienen que ser diversos productos debido a que con uno solo no tendrá las características que exige un compost de buena calidad, es por ello que se tiene que mezclar los productos de acuerdo al resultado que deseas obtener en la calidad y homogenización del producto según la (tabla 3), así mismo cada material tiene una relación de carbono y nitrógeno (C/N), porcentaje de humedad la cual se muestra en la tabla de algunos productos conocidos y más utilizados en el compostaje.

Tabla 4. Relación de composición de materiales

Material		Contenido en humedad (%)	% nitrógeno	Relación C/N
Residuos de frutas	Rango	62-88	0,9-2,6	20-49
	Media	80	1,4	40
Huesos de aceitunas	Típico	8-10	1,2-1,5	30-35
Cáscara de arroz	Rango	7-12	0-0,4	113-1120
	Media	14	0,3	121
Residuos vegetales	Típico	-	2,5-4	11-13
Residuo matadero	Típico	10-78	13-14	3-3,5
Residuos de pescado	Rango	50-81	6,5-14,2	2,6-5,0
	Media	76	10,6	3,6
Esqueletos de pollo	Típico	65	2,4	5
Estiércol de gallina	Rango	22-46	1,6-3,9	12-15
	Media	37	2,7	14
Estiércol de vaca	Rango	67-87	1,5-4,2	11-30
	Media	81	2,4	19
Estabulada	Típica	79	2,7	18
Semi -estabulada	Típica	83	2,7	13
Estiércol Ovino	Rango	60-75	1,3-3,9	13-20
	Media	69	2,7	2,7
Purines	Rango	65-91	1,9-4,3	9-19
	Media	80	3,1	3,1
Basura (residuos alimentación)	Típico	69	1,9-2,9	14-16
Papel de uso domestico	Típico	18-20	0,2-0,25	127-178
Lodos de depuradora de aguas residuales urbanas activos	Rango	72-84	2-6,9	5-16
	Típico	-	5,6	6
Lodos digeridos	Típico	-	1,9	16
Maíz de ensilado	Típico	65-68	1,2-1,4	38-43
Heno -general	Rango	8-10	0,7-3,6	15-32
	Media	-	2,1	-
Heno de leguminosa	Rango	-	1,8-3,6	15-19
	Media	-	2,5	16
Heno de no leguminosas	Rango	-	0,7-2,5	-
	Media	-	1,3	32
Paja general	Rango	4-27	0,3-1,1	48-150
	Media	12	0,7	80
Paja cebada	Rango	-	0,6-1,1	48-98
	Media	-	0,9	60
Paja trigo	Rango	-	0,3-0,5	100-150
	Media	-	0,4	127
Corteza maderas duras	Rango	-	0,10-0,41	116-436
	Media	-	0,241	223
Corteza maderas blandas	Rango	-	0,04-0,39	131-1285
	Media	-	0,14	496
Residuos de papel de periódico	Típico	3-8	0,06-0,14	398-852
Lodos industria papelera	Típico	81	0,56	54
Pulpa de papel	Típico	82	0,59	90
Serrín	Rango	19-65	0,06-0,8	200-750
	Media	39	0,24	442
Residuos maderas blandas	Rango	-	0,06-0,11	451-819
	Media	-	0,09	560
Residuos maderas duras	Rango	-	0,04-0,23	212-1313
	Media	-	0,09	641
Restos vegetales de jardinería urbana	Rango	-	2,0-6,0	9-25
	Media	82	3,4	17
Hojas	Rango	-	0,5-1,3	40-80
	Media	38	0,9	54
Poda de árboles	Típico	70	3,1	16

Fuente: Archer H, Gregory K y Pease, 2014

Con los datos obtenido de la tabla se realiza cálculos necesarios para obtener la proporción de mezcla con las siguientes ecuaciones (Fitzpatrick, 1993).

$$S = \frac{(C \text{ en } 1\text{kg de } B) - (\text{relacion } C/N \text{ deseada}) * (N \text{ en } 1\text{kg de } B)}{(N \text{ en } 1\text{kg de } A) * (\text{relacion } C/N \text{ deseada}) - (C \text{ en } 1\text{kg de } A)} \quad (2.2.1)$$

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso } H_2O_3A) + (\text{Peso } H_2O_3B)}{\text{Peso total}} \quad (2.2.2)$$

Dónde: S= kg de residuo A

C= Contenido en carbono

N= Contenido en nitrógeno

Cada tamaño de las partículas tiene una relación en el trabajo de la familia microbiana, el mejor ingreso al sustrato es una relación proporcional indirecta, al ser menor el tamaño de las partículas la superficie específica sería mayor por lo tanto obtenemos mejor ingreso del sustrato. La opción más favorable es cuando los tamaños de las partículas estén comprendidos entre 5 a 20 cm. De ello se verifica la densidad del material a la vez va relacionado con la aireación y la retención de humedad según sigue en curso de compostaje la densidad va aumentando ya que disminuye el tamaño de las partículas.

Tabla 5. *Tamaño de partículas*

Tamaño de partículas	Problemas		Soluciones
> 30 cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10-20 cm.
5 – 30cm Rango ideal			
< 5 cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Voltear y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogeneizar.

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

B. Oxígeno:

En todo el proceso de compostaje interviene el aire, entonces el oxígeno es algo vital para tener una buena calidad de compost por ello se debe voltear toda la masa, cada material en el compost tiene una distinta variedad de oxidación así que depende mucho de sus dimensiones como texturas y volteado continuo de esta manera va liberando el dióxido de carbono (CO_2) de esta manera se evita que tenga residuos líquidos o compactaciones fuertes entre materiales. El control de aireación es importante debido a la relación, si es mucho la aireación las partículas pierden la temperatura ideal.

Tabla 6. *Controles de aireación*

Porcentaje de aireación	Problemas		Soluciones
< 5%	Baja Aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.	Voltear la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación.
5% - 15% Rango ideal			
> 15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación de agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picar el material a fin de reducir el tamaño del poro y reducir la aireación. Se debe regular la humedad a través de la incorporación de agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de frutas, verduras, césped, otros)

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

C. Dióxido de carbono:

En todo el proceso que se realiza se libera en gran cantidad el CO_2 , estas son liberados debido al sistema de respiración (inhalar y exhalar) de los microorganismos, lo normal en este proceso de compostaje se logra liberar de 2 a 3 kg por 1 ton.

D. Humedad:

La humedad en el proceso de compostaje es importante debido a que a menor humedad la población microbiana trabaja menos sin llegar a culminar la degradación en la fase respectiva, normalmente la humedad debe oscilar entre 40 - 60% según los datos que nos da el ingeniero a cargo del área del compostaje.

E. Temperatura:

La temperatura es un factor oscilante de acuerdo a la actividad microbiana, debido a ello se definirá en la fase que se encuentra el compost, desde el inicio del proceso suele variar inmensamente a 65°C aproximadamente, se muestra la tabla para poder regular la temperatura de acuerdo a la fase que se tiene.

Tabla 7. *Temperatura y sus parámetros*

Temperatura °C	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T°Amb. < 35°C)	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por lo tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de frutas, verduras, césped, otros).
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C/N	El material tiene una alta relación C/N, por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	Añadir el material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T°Amb. > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Voltear y verificar la humedad (55-60%). Adicionar material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, pasta seca) para ralentizar el proceso.

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

F. PH:

El pH de cada material es variante por ello el compost tiende a variar de acuerdo a los materiales que esta compone. Los hongos sobreviven entre (5 a 8) pH y las bacterias de (6 a 7) pH.

Tabla 8. *PH Parámetros*

pH	Causas asociadas		Soluciones
< 4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de comida, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adicionar material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
4,5 - 8,5 Rango ideal			
> 8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C/N, asociado a la humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adicionar material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín).

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

G. Relación de carbono – nitrógeno (C/N):

La relación del C/N nos da a comprender la buena calidad del compost ya que debe ser equilibrada para poder tener un compost de alta calidad la relación debe ser de (25 a 35) de C/N que es la recomendada, pero esta relación depende bastante de cada material que interviene en el compost como se mencionó en el punto 2.2.4.1.

Tabla 9. *Relación c/n y parámetros*

C/N	Causas asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adicionar material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoniaco liberado.	Adicionar material con mayor contenido en carbono (resto de poda, hojas secas, aserrín).

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

H. Población microbiana:

Es aquella familia que trabaja para la ayuda de la creación del compost quienes conforman una variedad inmensa de poblaciones que desempeñan funciones en cada etapa del compostaje (Fernandez y Sánchez, 2007).

2.2.1.4.2. Etapas de compostaje

El compostaje pasa por cuatro fases la cual está ligado a la temperatura que va recorriendo a lo largo de todo el proceso estas son: la mesofílica, termofílica, de enfriamiento y maduración así mismo la actividad microbiana influye en la aceleración de la elaboración de este compost.

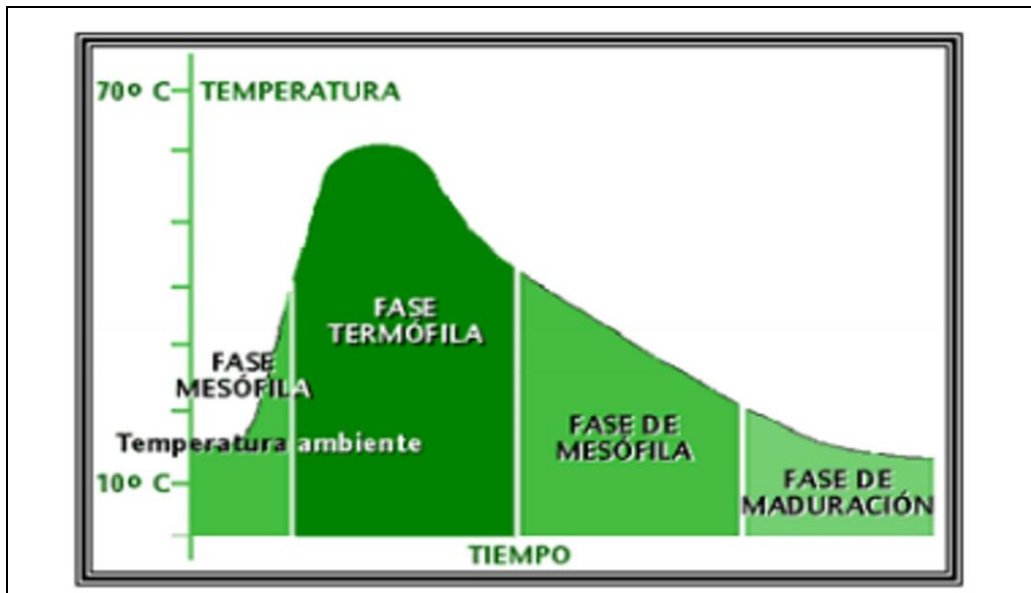


Figura 14. Etapas de compostaje

Fuente: Fernandez y Sánchez, 2007

A. Mesofílico:

Es la etapa de entrada o inicio del proceso en ello el compost se eleva rápidamente a la temperatura ambiente, de 20°C a 40°C, produciendo ácidos que logran bajar el pH, la familia microbiana utiliza las fuentes del C/N de los materiales compostado teniendo en cuenta estos factores necesarios y óptimos en esta etapa se realiza de 10 a 15 días.

B. Termofilico:

En esta etapa las relaciones de temperatura son altas por encima de 40°C y menores a 75°C, en ello la familia microbiana son reemplazados por los que pueden resistir a estas temperaturas más conocidos como bacterias termófilas que degradan materiales con alto carbono y en nitrógeno convirtiéndolos en amoníaco. Si en el proceso de esta etapa se tiene un buen control de compactado y ventilado se logra obtener la expulsión de vapor de agua. Si sobrepasa a la temperatura limite se detiene el proceso ya que emana malos olores y la pila se esteriliza.

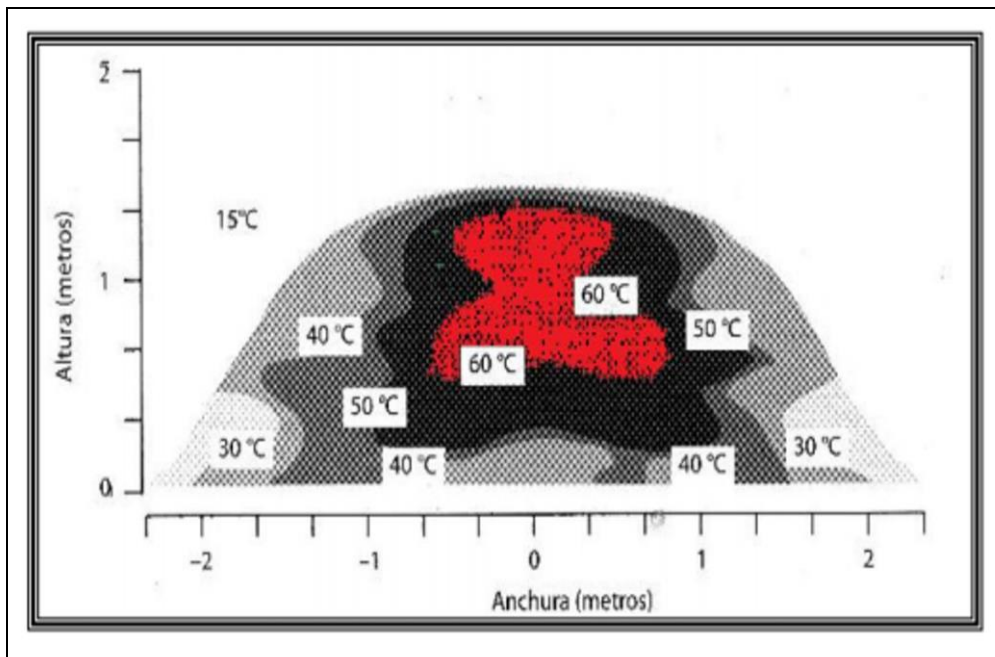


Figura 15. Distribución de temperatura en la pila de compost

Fuente: Ronald, 2007

C. Enfriamiento:

En esta etapa se reduce la temperatura a 40°C y así volviendo a generar la familia microbiana mesófilos, también aparecen hongos termófilos para poder reducir la celulosa y así bajar el pH central.

D. Maduración:

Es la etapa de espera y paciencia donde se llega a la temperatura ambiental demorando entre 2 a 3 meses, eliminando ácidos a través de la reacción de la condensación, es necesario remover constantemente de manera cual se logre homogenizar y el material este por la corteza teniendo un pH de 7 a 8.4.

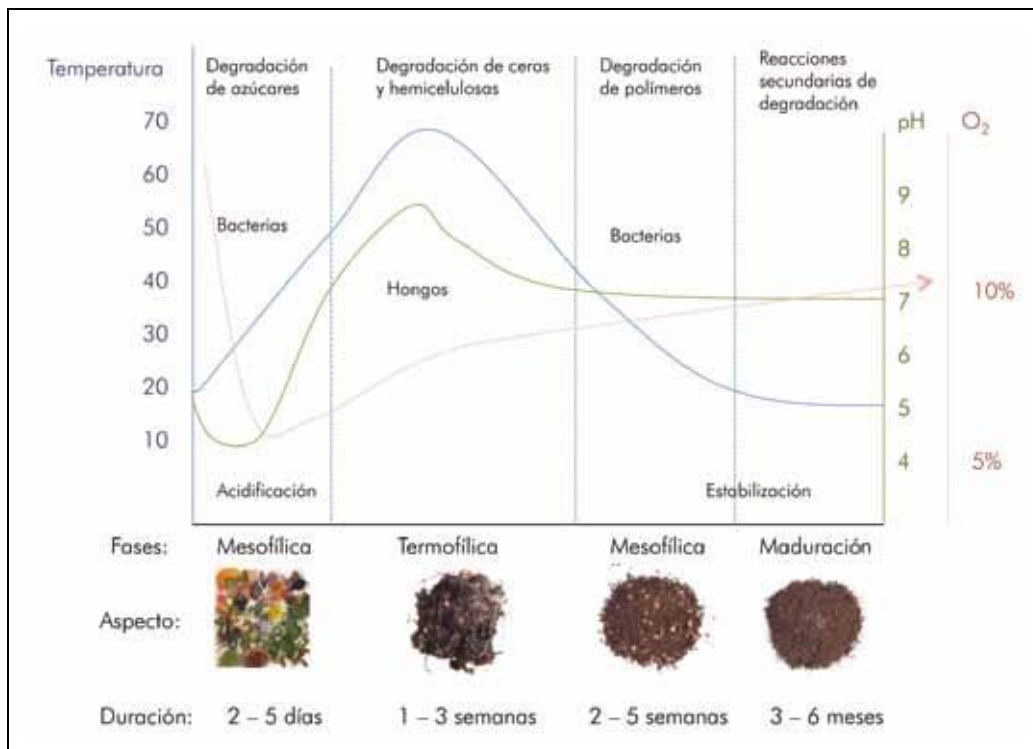


Figura 16. Etapas de compostaje según la temperatura en el tiempo

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

2.2.1.4.3. Control y monitoreo del compostaje

El control y monitoreo del compostaje se basa en la familia microbiana viendo los parámetros de crecimiento, desarrollo, reproducción, etc. Con los factores influyentes visto en el punto 2.2.1.4.1 aquellas que definen el resultado de la calidad del compost la mayoría de estos factores son medibles en el campo de trabajo más algunos deben ser vistos en laboratorio, depende mucho del cambio climático y las condiciones a la que está expuesto el compost, variando cada tiempo la temperatura obteniendo cuatro etapas del compost visto en el punto 2.2.1.4.2.

Según los resultados obtenidos del largo proceso de controles y monitoreo en el compostaje nos da la calidad del compost, de ello mejorara los nutrientes químicos del suelo, mejorando la actividad biológica, etc.

2.2.1.5. Tipos de realizar compostaje

En el compostaje hay varios sistemas para poder compostar estas se dividen en dos, que son los abiertos y cerrados, según la tabla 10 los sistemas abiertos son más utilizados en Latinoamérica mientras que en Europa es más común los sistemas cerrados.

Tabla 10. *Tipos de compostaje*

SISTEMAS ABIERTOS	
Apilamiento estático	-con aire por succión
	-con aire soplado en conjunción con control de temperatura
	-ventilación alternante (succión y soplado) y control de temperatura
Apilamiento con volteo	
Apilamiento con volteo y aireación forzada	
SISTEMAS CERRADOS	
Reactores verticales	-Continuos
	-Discontinuos
Reactores horizontales	-Estáticos
	-Con rotación

Fuente: Gasser, 1984

2.2.1.5.1. Sistemas abiertos

Entre los sistemas abiertos tenemos varios para seleccionar según costos en la ejecución, en el mantenimiento y de acuerdo al tipo de material que se está trabajando se tiene los de apilamiento estáticos, con volteo y aireación forzada.

A. Apilamiento estático

Los apilamientos son más comunes y de más bajo costo entre las demás solo son amontonados sobre un área destina sea de concreto o el suelo.

B. Apilamiento estático con succión de aire

Este tipo de apilamientos son considerados muy apropiada según el análisis de costo y eficacia con los demás sistemas de apilamientos estáticos, la ventilación de la pila está dada por estructuras para permitir el flujo de aire y así ser aireado desde la parte más inferior baja hasta la franja superior de la pila, cada tamaño de la pila es variable de acuerdo al material en descomposición.

Todo el compostaje en esta manera a traído buenos resultados al ser aplicado en diferentes partes, siempre en cuando son controlados y monitoreados según los parámetros de los factores implicantes en cada estación del año se puede desarrollar este proceso, pero en el invierno tiende a ser más lenta debido al friaje.



Figura 17. Pilas estáticas con aireación

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

C. Apilamiento estáticas con aireación forzada

Los apilamientos con una aireación forzada ayudan mucho al control de oxigenación de la pila de compost así manteniéndolos en intervalo de 15 a 20% favoreciendo a la familia microbiana que son encargados del trabajo de compostaje.

En el apilamiento la inserción de oxígeno son por distintas maneras ya sea vías, o por inyecciones de diferentes formas, esto puede realizarse de manera permanente con un termostato que a partir de los 60°C funcione el sistema de inyección de oxígeno para disminuir la temperatura a niveles estándar. El apilamiento no debe ser movido hasta que termine todo el proceso de compostaje.

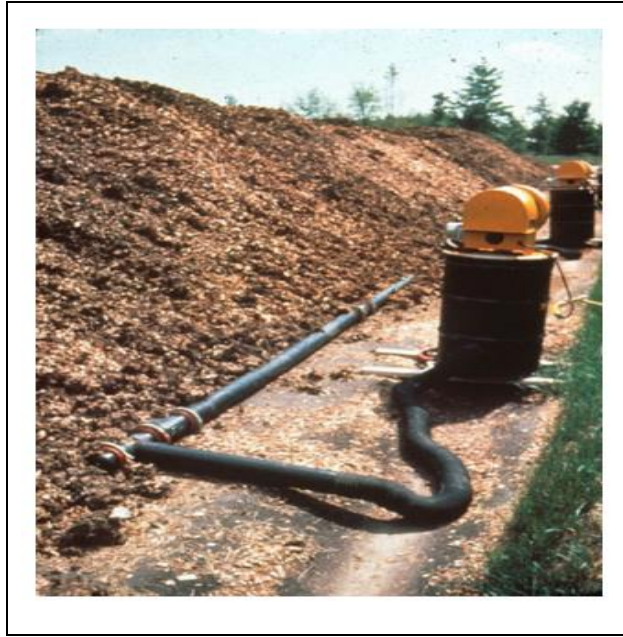


Figura 18. Pilas con aireación forzada

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

D. Apilamiento con volteo.

Los apilamientos con volteo o por volteo mayormente conocido son rentables económicamente y de fácil manejo, son más caracterizadas por cada control y monitoreo en volteado a un tiempo paulatino así homogenizando el material y aireándolo para el control de la temperatura y humedad disminuyendo el aglomerado de calor existente. En cada movimiento de volteado la temperatura desciende de 5 a 10°C.

En el apilamiento es muy necesario el control de temperatura ya que con ello se realiza el volteado del compost que frecuentemente oscila entre 6 a 10 días.

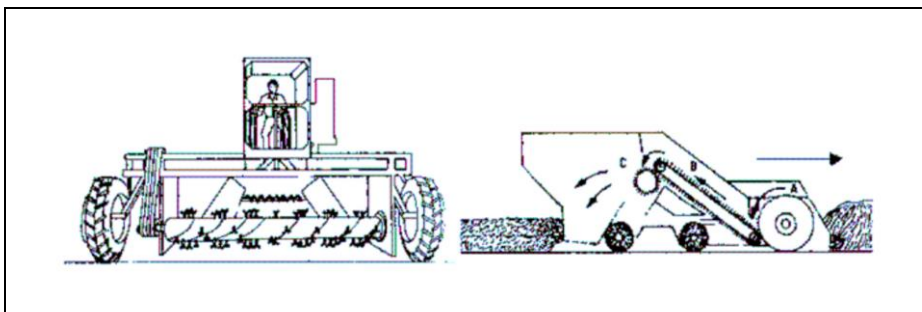


Figura 19. Volteado de pilas

Fuente: Haug, 1993

2.2.1.5.2. Sistemas cerrados

Los sistemas cerrados son aquellos sistemas a las que denominaremos industrializados, ya que son muy útiles para ciudades grandes son desarrollados en reactores que normalmente son de dos formas verticales y horizontales ayudando a la fermentación inicial, luego de ello para las siguientes fases son llevados a áreas prediseñadas conocidas como naves abiertas. Este sistema ayuda a controlar cada factor de fermentación, así como los olores que emana el compost en el proceso.

A. Reactores verticales.

Los reactores verticales son variables de manipular ya que no necesariamente tiene que ser continua sino también son discontinuas, de forma continua el material es con una aglomeración única, cuando es discontinua es de aglomeración variante. Los reactores comúnmente son e 4 a 10 metros de altura, con una capacidad de 1000 a 2000 metros cúbicos.

Según la figura 21 es un reactor de cilindro cerrado con un aislamiento térmico, en la parte baja se tiene la aireación y salida del material, el material es alimentado por la parte superior con un tornillo diseñado para el alimentado al reactor ya que según va saliendo el compost procesado el tornillo hará ingresar el compost a procesar en la parte superior también se encuentra el aspirador de gases, este proceso está oscilando en una residencia del compost de 1.5 a 2 semanas.

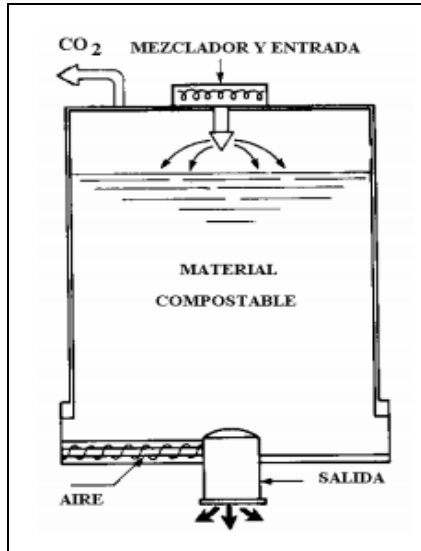


Figura 20. Reactor vertical
 Fuente: Saña y Soliva, 1987

Estos reactores de forma discontinua, son de depósito cilíndrico de diversos niveles con grandes dimensiones que constan de 1.5 a 2.5 m de altura mediante mecanismos de volteado ubicado en la parte inferior, las descendencias del agua son dados por la parte baja a lo largo del material siendo suministrados para el control de temperatura y humedad, normalmente este sistema tiene de largo de 6 a 40 metros, y el proceso se realiza de 8 a 10 días.

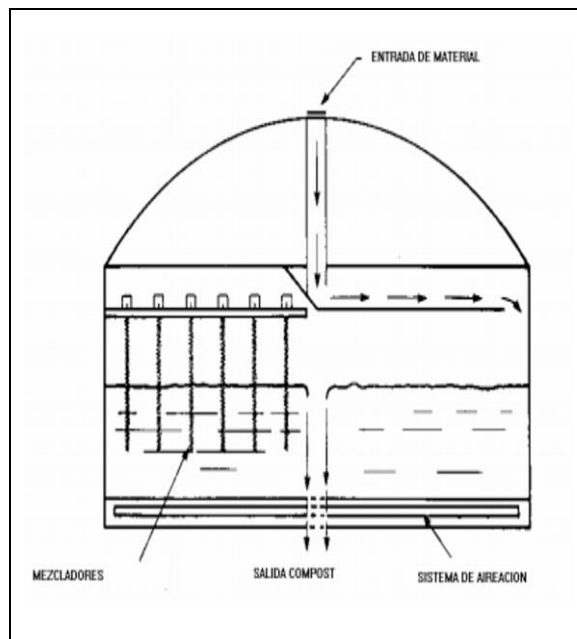


Figura 21. Reactor circular dinámico
 Fuente: Saña y Soliva, 1987

B. Reactores horizontales

Los reactores horizontales son cilindros de manera horizontal con diámetros de 3 metros a menos, son propulsados con un giro de 2.5 rpm en la profundidad que está compuesto, el tiempo oscila entre 1 a 2 días en su permanencia en el sistema así llegándose a separar sus componentes, a la vez iniciando el trabajo microbiano. Con este tipo de proceso no se logra un verdadero compostaje si mas solo se obtiene un buen sustrato y los materiales restantes son pasados a pilas.

También existe reactores horizontales de forma rectangular casi similar a una caja, son de medida de entre 5 a 6 metros de ancho, de 2.5 a 3 metros de altura y profundidad variante según se requiera.

En conclusión, de todos los tipos de compostaje se muestra dos tablas para poder elegir la mejor manera de compostar según las necesidades y posibilidades que se tiene en cada sector a realizar en compostaje.

Tabla 11. Comparación de tipos de compostaje

Criterios	Sistemas abiertos		Sistemas cerrados	
	Pilas con volteo	Pilas con aireación forzada	Reactor sin agitación del producto	Reactor con retorno a la agitación del producto
Coste de inversión (del material, sin contar las superficies)	Bajo	Bajo a pequeña escala	Elevado	Elevado
Coste de funcionamiento	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Superficie requerida	Importante	Media	Pequeña, salvo en la maduración	Pequeña, salvo en la maduración
Control de la aireación	Inexistente	Total	Total	Total
Factores que pueden ser controlados	Frecuencia de volteos, reciclaje y aporte de material estructurante	Aireación y aporte de agente estructurante	Aireación, reciclaje y aporte de agente estructurante	Aireación, reciclaje, aporte de agente estructurante y tiempo de agitación
Sensibilidad a una mayor o menor deshidratación del material	Muy sensible	Menos sensible	Menos sensible	Menos sensible
Necesidad de maduración complementaria	Depende del clima	Necesaria	Generalmente necesaria	A veces necesaria
Sensibilidad al clima	Sensible	Poco sensible	Poco sensible	Poco sensible
Posibilidad de reciclaje	A considerar en cada caso	Bueno	Bueno	Bueno
Control de olores	Difícil, los olores pueden llegar lejos en determinados casos	Difícil, sobre todo con materiales con humedad alta	Bueno, con funcionamiento normal	Bueno, con funcionamiento normal
Dificultades constatadas	Olor, disminución de la temperatura con mal tiempo	Malas mezclas, zonas frías anaerobias	Problemas de compactación, caminos preferenciales de aireación	Sistemas un poco complejos
Adaptaciones a las variaciones de producción y la sequedad de los materiales	Buena adaptabilidad	Buena adaptabilidad	Baja adaptabilidad	Baja adaptabilidad
Capacidad de tratamiento	0,5 – 5 t/día	0,5 – 100 t/día	> 3 t/día	> 3 t/día

Fuente: Haug, 1993

Tabla 12. Diferencias de los sistemas de compostaje

ELEMENTO DE COMPARACION	TAMAÑO EN SISTEMAS ABIERTOS	TAMAÑO EN SISTEMAS CERRADOS
Superficie	Grande	Reducida
Clima	Temperaturas no extremas	Variable y frío
Sustrato	Todos, pero con agentes estructurantes	Principalmente aquellos con elevada humedad
Tecnología	Relativamente sencilla. Sistemas de aireación 2 opciones: aireación forzada y volteo	Relativamente sofisticada Sistemas de aireación: múltiples opciones
Sistema	Discontinuo a semi-continuo	Semicontinuo a continuo
Inversiones	De baja a moderada	De elevadas a muy elevadas
Costes de explotación	Variable. Elevada en el caso de utilización de agentes estructurantes	Elevado
Consumo energético	Bajo a medio	Medio a elevado
Mano de obra	Variable, según la instalación: mano de obra no especializada+formación+ 1 técnico	Obrero especializado + técnico
Duración	Fermentación: semanas Maduración: meses	Fermentación: 3 a 15 días Maduración: meses
Tamaño	Todos: pequeñas producciones: <12 TMS/día >300 TMS/día	Limitado: -70 TMS/día -73 TMS/día
Olores	Problema si: -no hay suficiente aireación -volteos alargados en el tiempo	Se puede controlar según el sistema de aireación

Fuente: Musting, 1987

2.2.1.6. pasos y producción del compost

La producción del compost requiere de diversas operaciones o pasos para poder tener el resultado final, en este caso se presenta los pasos a que se sigue para poder realizar el compost enfocado en la producción que realiza la municipalidad de El Tambo.

2.2.1.6.1. Recojo y transporte

Por lo general, el proceso de compostaje empieza con el recojo y transporte de los materiales orgánicos que son dirigidos al área de compostaje, dispuesto por la municipalidad de El tambo, esta recolección se hace de mercados, restaurantes o puestos de comida y otros lugares donde se encuentra este material a lo largo del distrito.



Figura 22. Recojo de basura orgánica

Fuente: Portal de la Municipalidad de El Tambo, 2018

2.2.1.6.2. Mezclado y Triturado

Es un paso muy importante ya que debido a ello se da la mezcla y triturado de las partículas para disminuir sus dimensiones e iniciar el proceso de compostaje existen varios máquinas y tipos de poder realizar este proceso como se tiene máquinas de suelo, estacionarias, etc.

En la municipalidad de El Tambo realiza este proceso mediante una maquina estacionaria con alimentación de tolva superior así mismo el trabajador va ingresando el material a triturar y saliendo de manera deshilachada y triturada en dimensiones menores de 3 a 5 cm aprox.



Figura 23. Máquina trituradora M.D.T

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.2.1.6.3. Formación de pilas

Se debe unificar y tener el control de los materiales a compostar casi poder caracterizarlos según correspondan con sus criterios y estándares adecuados según sea lo recolectado (Sztern y Pravia, 1999).

El dato para los cálculos de cantidad de compostaje es muy necesario ya que son datos del ingreso que se da diariamente, semanal y mensual de material para ser compostado. De esta manera poder realizar los cálculos para las dimensiones de las pilas de compostaje teniendo en cuenta que según se realiza en proceso de compostaje las dimensiones van reduciéndose aproximadamente en un 50% causantes por el compactado del material y liberación del CO₂, con la pérdida del elemento del carbono se recomienda poder formar pilas de mediana a grandes tamaños para el buen control y monitoreo ya que tiene un cambio brusco de temperatura, a la par no se debe formar pilas con dimensión en la base menor de 1.5 metros (Sztern y Pravia, 1999).

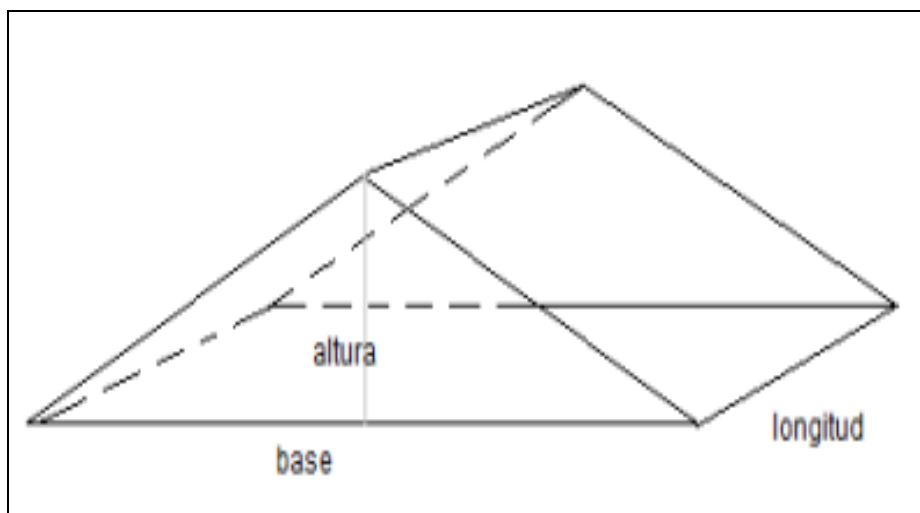


Figura 24. Diseño de pila de compost

Fuente: Rostagno, 2015

A. Tiempo de poder compostar

El tiempo de compostaje se da desde el momento que se inicia la formación de la pila hasta el resultado de compost utilizable, este tiende a variar según los controles que se van realizando en cada pila, así como también las características de material empleado en cada pila de compost, pero hay muchas técnicas para poder tener el Tc con gran confiabilidad (Sztern y Pravia, 1999). Es recomendable no aumentar a las pilas ya en desarrollo un nuevo material, ya que variarían en los controles y materiales a compostar siendo más frescas de las que ya están en este proceso.

B. Área de compostaje

Estas áreas designadas o determinadas para realizar las pilas de compost se deben tener en cuenta ciertas consideraciones:

- Es recomendable en áreas altas, sin depreciaciones, se recomienda también tener una gradiente de 1% para poder liberar los lixiviados en el proceso de compostaje.
- Se debe tener en cuenta mucho el terreno ya que pueden presentar aguas subterráneas en caso de la municipalidad de El Tambo presenta un terreno preparado con tuberías dirigidos a depósitos de lixiviados para no contaminar estas aguas residuales.

C. Preparación de terrenos

En la preparación de terrenos se debe retirar toda maleza y materiales que influyen negativamente al proceso de compostaje luego de ello se realiza el compactado de toda el área así también ser nivelados, se recomienda unas canaletas o sistemas de salida de los lixiviados.

Se debe tener en cuenta los espacios pertinentes para el paso de máquinas, personas, etc. entre las pilas llamadas comúnmente pasillos. Estos están relaciones en sus dimensiones según las operaciones que se realizan del volteado y también de la aireación (Sztern y Pravia, 1999).

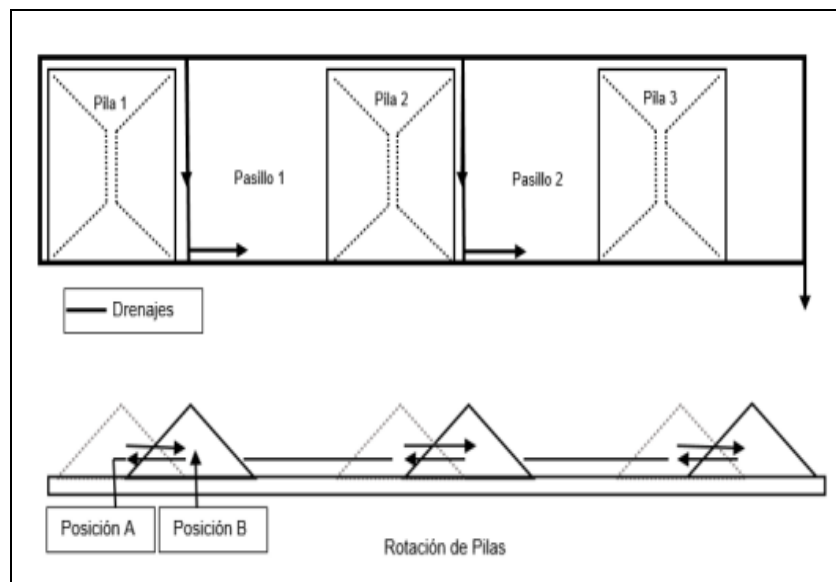


Figura 25. Distribución de pilas

Fuente: Rostagno, 2015

D. Cálculos de área y volumen de una pila de compost

Para poder realizar un buen proceso de compostaje se debe realizar los cálculos del área y dimensiones de la pila a compostar. Esto también va relacionado con los puntos anteriores mencionados como en qué cantidad de área se dispone para compostar, cantidad de recolección, etc.

- Cálculo de Volumen (V):

Datos:

- ❖ Cantidad de residuo orgánico

por día = m_1 (Kg).

por semana = m_1 (Kg).

mensual = m_1 (Kg).

- ❖ Densidad del compost = δ_1

$$\delta_1 \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{m_1(kg)}{V_1 m^3} \rightarrow V_1(m^3) = \frac{m_1(kg)}{\delta_1 \left(\frac{kg}{m^3} \right)} \quad (2.2.3)$$

Con este dato del volumen (V) se realiza el siguiente proceso de dimensionado según la forma de la pila que se desea compostar.

- cálculo de dimensión de la pila a compostar

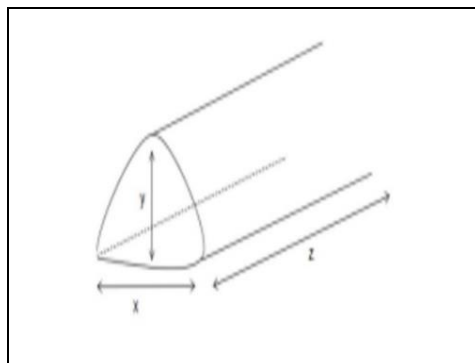


Figura 26. Forma prisma de la pila

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$V_{prisma} = \frac{x \cdot y}{2} * z \quad (2.2.4)$$

$$z_1(m) = \frac{2 * V_1(m^3)}{x_1(m) * y_1(m)} \quad (2.2.5)$$

De acuerdo al diseño de la pila a formar se puede realizar el cálculo de la misma manera solo varía la geometría de la pila de compost.

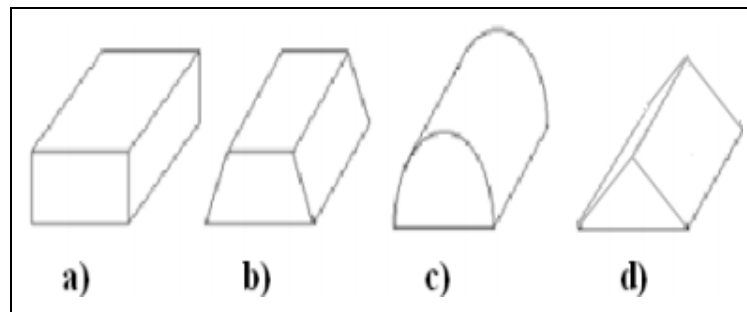


Figura 27. Variedades de pilas de compost

Fuente: Elaboración propia, 2018

Nota:

- I. Para el cálculo de la densidad (δ) se puede hallar teniendo un vasija de volumen conocido, así pesarlo solo la vasija y luego con el llenado del material a medir en este caso el compost en las distintas etapas siendo pesado y luego de esto restar el peso de la vasija solo. De este modo se divide el peso obtenido entre el volumen que tenía la vasija obteniendo la densidad pesada que es el compost.

- cálculo para la obtención de compost final
 - ❖ Área añadida de compost = A_2 (m^2).
 - ❖ compost recomendado por m^2 = m_2 (kg)

Con estos datos recordar que al momento del compostaje se llegará a perder casi un 50% de toda cantidad puesta en la pila de compost entonces para el deseo de obtención que usted necesite se deberá multiplicar por dos. De ello se realiza las mismas formulas con nuevos parámetros.

$$V_2(m^3) = \frac{m_2(kg)}{\delta_2\left(\frac{kg}{m^3}\right)} \quad (2.2.6)$$

$$V_2(m^3) = \frac{b_2(m) * h_2(m)}{2} * L_2(m) \rightarrow L_2(m) = \frac{2 * V_2(m^3)}{b_2(m) * h_2(m)} \quad (2.2.7)$$

También como distintos procesos de compostaje y formación, el compostaje en el suelo es según los siguientes pasos (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

- ✓ Trazar el terreno con un ancho de 2 a 3 m y una longitud aprox. De 10 metros
- ✓ Limpieza de malezas preparado de tema con una profundidad de 20cm.
- ✓ El tamaño de la pila de composta estará en función de al agricultor, esta será de forma trapezoidal, con una altura de 1.5m recomendables.
- ✓ Se recomienda construir una rejilla de madera gruesa para facilitar la aireación del material.
- ✓ Sobre la rejilla colocar una capa de rastrojo o paja de 30 cm de altura a todo lo largo de la cama.
- ✓ Posteriormente agregar capa de 15 cm de altura de rastrojo de maíz frejol, malezas, hortalizas, ramas, etc. (figura 29)
- ✓ Coloque una capa de 10cm de estiércol desmenuzado.
- ✓ Se humedece a cada tapa así mismo se vuelve a realizar las mismas capas hasta llegar a una altura de 1.5 m. (figura 30)
- ✓ Se cubre con tierra o con plástico en frecuentes lluvias. (figura 31)

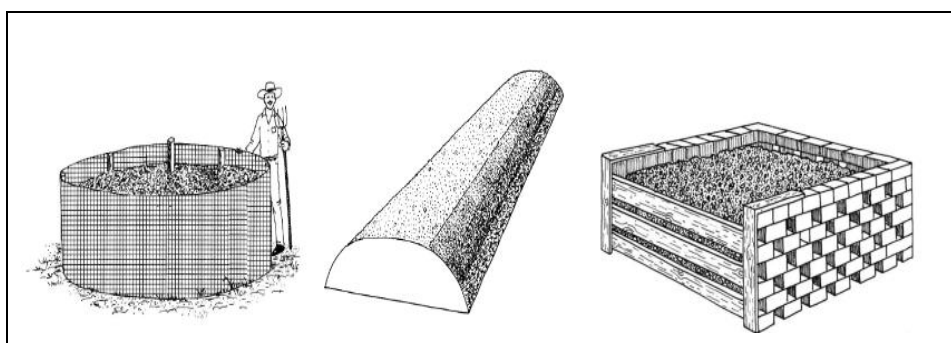


Figura 28. Formas de construcción de composta

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013



Figura 29. Distribución de capas en las pilas

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

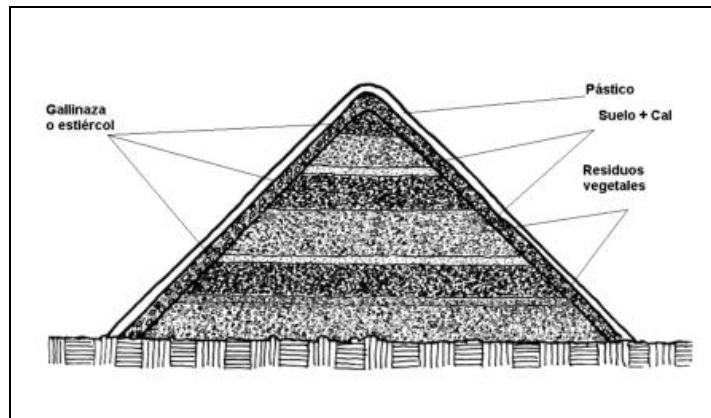


Figura 30. Capas en la pila de compost

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

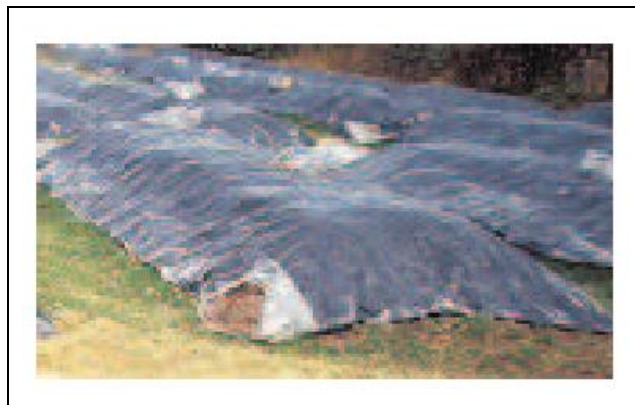


Figura 31. Forma final de la pila de compost

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

2.2.1.6.4. Volteado y homogenizado

El proceso labrar la tierra tiene como inicio con pala y pico, según se avanza el tiempo el hombre busca mejorar cada proceso y optimizar el trabajo es donde se da las tendencias de nuevas tecnologías como las maquinas a motor y de uso factible sea con energía eléctrica, combustible u otro componente de uso, es así donde se va modernizando la tecnología agrícola incrementando la producción en distintas partes del mundo tecnificándolo y controlando cada proceso.

Obtenida las pilas de compost da inicio al trabajo de la familia microbiana que transforman el material orgánico, cual son transformados y liberando calor debido a ello aumenta la temperatura (Archer Hilton, Gregory Klos y Pease, 2014).

El proceso del volteado se da continuamente en las distintas etapas creación del compost así mismo según el avance del compostaje se realiza el volteado para disminuir la temperatura entre 5 a 10 °C también llegando a homogenizar el material que está en proceso de compostaje, el volteado se realiza normalmente cada 5 a 10 días según requiera la pila de compost esto normalmente se da en las dos primeras etapas en las siguientes se realizan casi quincenalmente, por ello llega ser un proceso muy importante ya que de esto también depende la buena calidad que se obtendrá como resultado final.

❖ Aplicaciones actualmente en volteado

Las aplicaciones para poder realizar el volteo del compost son similares, cabe resaltar que no tienen el mismo resultado en cada uno de ellas, pero tienen una diferente calidad y un proceso de tratamiento distinto a continuación veremos estos métodos.

A. Volteado con herramientas manuales:

Se lleva a cabo con una pala para el volteado, tijera de podar para poder conseguir el tamaño de partículas adecuadas, regadera para mantener una correcta humedad, termómetro para el control de la temperatura, tamiz para el cernido la cual no queda parejo ya que es un control en distintos tiempos y aplicación de fuerza no homogénea.



Figura 32. Herramientas para volteado de compost

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

B. Volteado con tornillo lateral:

Se lleva a cabo con un tornillo por debajo de la pila de compost, de esta manera se pueda remover y controlar la aireación, no logra remover el completo de pila del compost ni tampoco poder controlar la humedad respectiva.

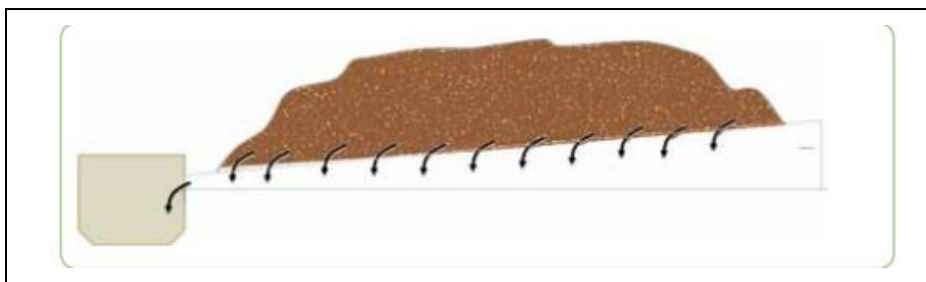


Figura 33. Volteado con tornillo lateral

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

C. Volteado con cilindro de forma horizontal:

Se lleva a cabo con un recipiente donde no salga el material, un cilindro sellado se le hace girar hasta obtener el revolvimiento completo y parejo es un método sencillo que no controla y tampoco garantiza la calidad en la aireación ni en la temperatura.



Figura 34. Volteado con cilindro horizontal

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

D. Volteado con tractor pala:

Se lleva a cabo con una tractor pala así se remueve desde fondo y se levanta la cuchara para dejar deslizar poco a poco el material comportado no se controla el proceso completo y se necesita de mayor campo para el desarrollo de este espacio aproximado de 6 a 7 metros de pila a pila del compost.

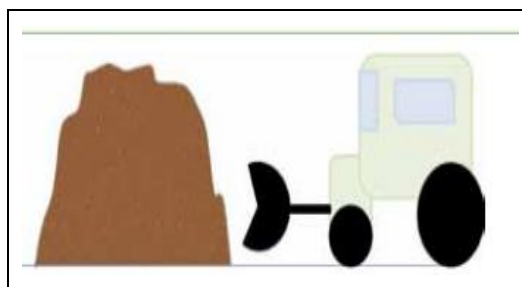


Figura 35. Volteado de compost con pala mecánica

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, 2013

E. Volteado con tractor volteador:

Se lleva a cabo con un tractor volteador se remueve desde la parte inferior de la pila del compost, se necesita espacio entre pila a pila y es un diseño que necesita del tractor generando un costo elevado del mismo.



Figura 36. Volteado con tractor volteador

Fuente: tractor volteadora de compost, 2018

2.2.1.6.5. Cernido

Como proceso final de la pila siendo una vez terminada el trabajo de la familia microbiana con el control y monitoreo comprobado que ya está listo para poder ser cernido, el propósito de poder retirar los materiales gruesos o de medidas de partículas grandes así también otros contaminantes ya sea entre ellos plásticos, metales, etc. Normalmente se utiliza un cernido de 1.6 cm, los materiales grandes que en su gran mayoría son los lignocelulosicos conocidos como caña de azúcar, madera, etc. Estos vuelven a ser compostado para seguir descomponiéndose y a la vez siendo inoculantes de bacterias.

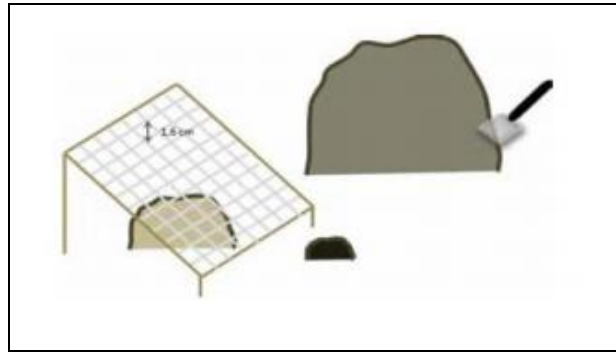


Figura 37. Herramientas para cernido

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 38. Cernido el área de compostaje MDT

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.2.1.7. Máquinas volteadoras

Como ya se mencionaba en el anterior punto el volteado es un proceso muy importante ya que se lleva a cabo cada 5 a 10 días normalmente según requiera la pila de compost entonces de ello se logra verificar distintas máquinas para este proceso existentes en el mercado.

2.2.1.7.1. Volteo con cargador frontal

A. Pala mecánica



Figura 39. Pala mecánica en volteado de compost

Fuente: Elaboración propia, 2018

B. Características de la pala mecánica

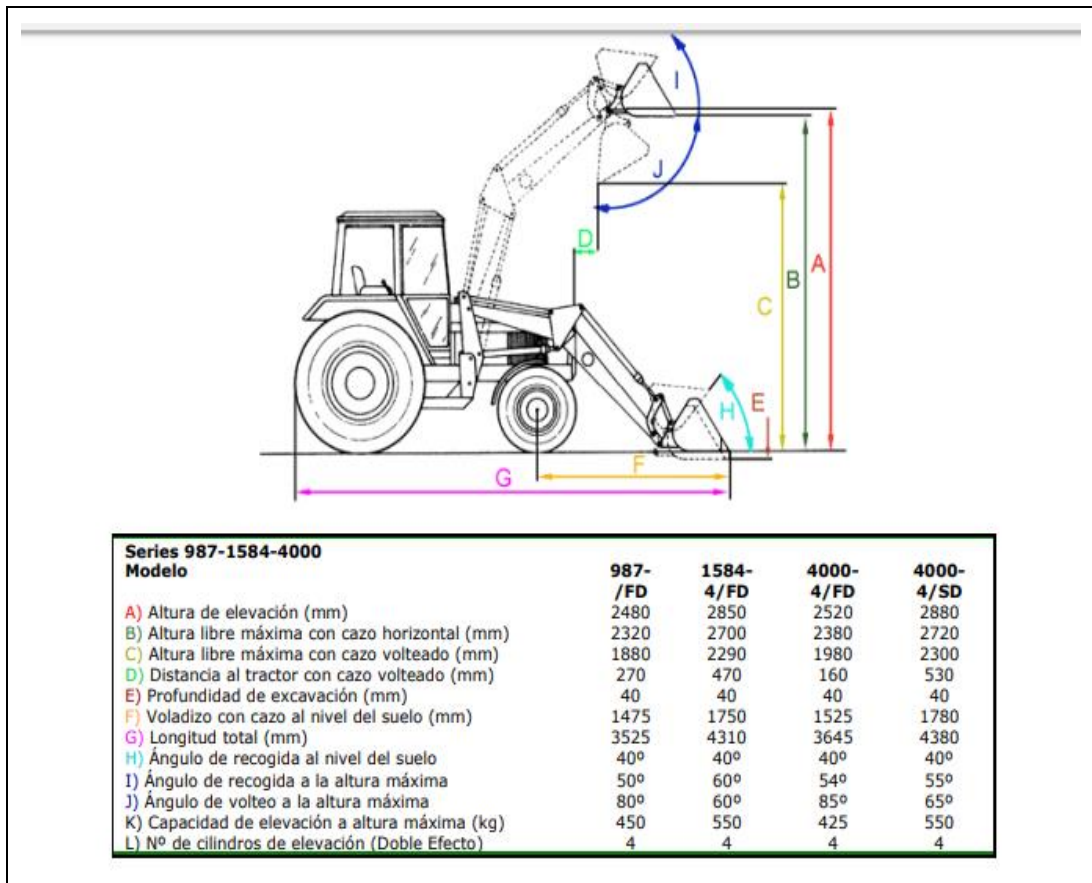


Figura 40. Ficha técnica pala mecánica

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

2.2.1.7.2. Volteadoras a la toma de fuerza de un tractor agrícola

A. Volteadora con toma de fuerza lateral



Figura 41. Volteadora con toma de fuerza lateral

Fuente: Elaboración propia, 2018

B. Volteadora topturn 300 marca komptech

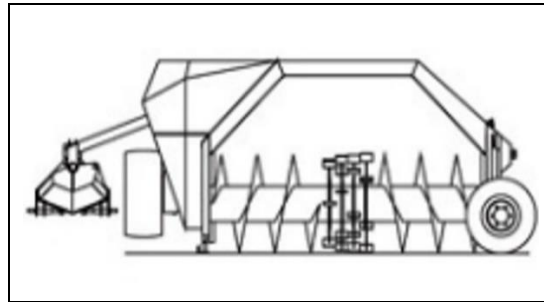


Figura 42. Volteadora topturn300

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

Tabla 13. *Especificaciones de la volteadora topturn 300*

Accionamiento:	Mediante un tractor de 45 kW, 60 CV
Rendimiento:	300-400 m ³ /h
Dimensiones de trabajo:	Longitud: 2.250 mm Ancho: 5.500 mm Altura: 2.050 mm
Dimensiones de transporte:	Longitud: 5.550 mm Ancho: 2.225 mm Altura: 2.050 mm
Ancho máximo de trabajo:	3,0 m
Altura máxima de pila:	1,6 m
Sección máx. de la pila:	2,4 m ²
Peso:	aprox. 3.100 kg

La volteadora tiene un precio de 52.941 €.

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

C. Volteadora lateral con toma de fuerza



Figura 43. Volteadora TBU3p (marca willibald)
Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

Tabla 14. *Especificación de volteadora TBU 3p*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modo de anclaje	Anclaje de 3 puntos para tractor de 130 CV(min)
Accionamiento	Sistema hidráulico del tractor
Rendimientos	hasta 1200m ³ /h (según potencia)
Manejo	Radiocontrol
Alto x Ancho x Profundo	4850x2450x3450
Peso	3200 Kg
Ancho de la cinta(mm)	1000
Capacidad de volteado	hasta 500m ³ /h

El precio de esta máquina es de 60.180 €

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

D. Volteadora con toma de fuerza systems



Figura 44. Volteadora (systems)
Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

Tabla 15. Especificaciones volteadoras systems

Especificaciones técnicas

Anchura máxima de pila:	3,40 m	Opciones:	
Altura máxima de pila:	1,60 m		
Longitud del rotor:	3,00 m		
Altura de transporte:	4,00 m		
Peso de transporte:	~ 2,30 t		
incl. peso del contrapeso:	~ 5,98 t		
Ejes articulados:	Bondioli		
Llantas:	Estándar: 12.5/80-15.3 Opcionales: 400/60-15.5		
Color:	Gris / Azul		
Potencia del tractor:	desde 70 CV		
Tasa de volteo:	hasta 1000 m³/h		
Velocidad de trabajo:	200 - 750 m/h (dependiendo del material)		
			Eje propulsor hidráulico
			Palas frontales hidráulicas
			Control de bloqueo hidráulico
			Caja del rotor de acero inoxidable
			Sistema de inoculación
		Colores especiales	
		Barra de riego	
		1.000 l de riego-inoculación	
		Permiso de circulación 25/40 km/h	
		Sistema de iluminación	
		Sistema de frenado	
		Pértigo con ajuste de altura de acople	
		Carrete de membrana	

Toda la información está sujeta a cambios, errores tipográficos reservados.

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñoz, 1999

E. Volteadora ST 200



Figura 45. Volteadora ST 200

Fuente: Soluciones agrícolas, 2003

Tabla 16. Especificaciones volteadoras ST 200

Volteadora ST-200

Sistema de conducción:
de arrastre por tractor
Se requiere:
min. 35 CV
Cantidad de M.O.:
300 m ³ /35 CV
Velocidad de operación:
200-750 m/h (Depende del material)

Medidas	
Ancho máximo:	2,20 m.
Ancho de trabajo:	2,00 m.
Altura de trabajo:	1,00 m.
Longitud del rotor:	2,00 m.
Peso:	aprox. 600 Kg.

Fuente: Soluciones agrícolas, 2003

F. Volteadora ST 250

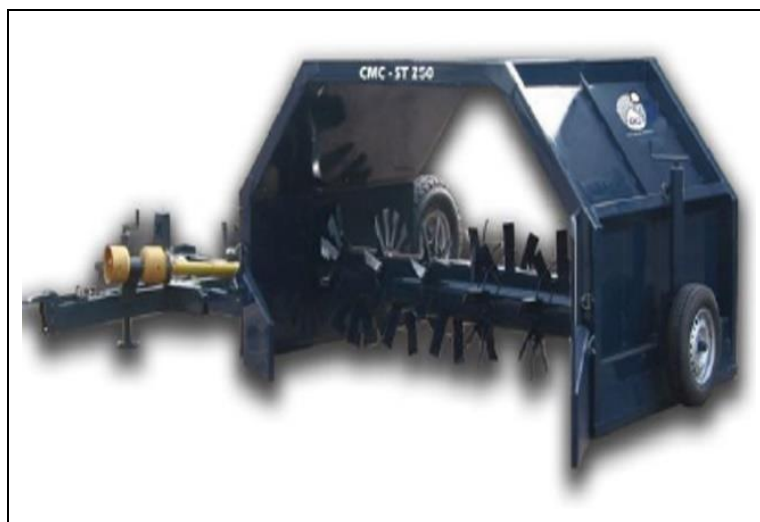


Figura 46. Volteadora ST 250

Fuente: Soluciones agrícolas, 2003

Tabla 17. Especificaciones volteadoras ST 250

Volteadora ST-250

Sistema de conducción:
de arrastre por tractor
Se requiere:
min. 50 CV
Cantidad de M.O.:
800 m ³ /50 CV
Velocidad de operación:
200-750 m/h (Depende del material)

Medidas	
Ancho máximo:	3,00 m.
Ancho de trabajo:	2,50 m.
Altura de trabajo:	1,25 m.
Longitud del rotor:	2,50 m.
Peso:	aprox. 1.800 Kg.

Fuente: Soluciones agricolas, 2003

G. Volteadora serie brava



Figura 47. Volteadora serie brava

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

Tabla 18. Especificaciones volteadora serie brava

TIPO	ANCHO DE PILA	LARGO TOTAL	ANCHO TOTAL	POTENCIA REQUERIDA DE TRACTOR A LA TOMA DE FUERZA	CAPACIDAD DE VOLTEO
BRAVA® 2.5	2.5 m	4.0 m	5.10 m	Mínimo 70 HP	300 m3/h (70 HP)
BRAVA® 3.0	3.0m	4.20 m	5.70 m	Mínimo 80 HP	500 m3/h (80 HP)
BRAVA® 3.5	3.5 m	4.40 m	6.10 m	Mínimo 95 HP	700 m3/h (95 HP)

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

2.2.1.7.3. Volteadoras autopropulsadas

A. Volteadora con cadena

Son volteadoras con cadena para poder trasladar de un lugar a otro que se tiene una pala y un rascador para que se evite los atascamientos y contruir de manera correcta las mesetas de compost requiere mas espacio de terreno para realizar este proceso, su precio esta no menor de 100.000 euros.



Figura 48. Volteadora con cadena

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

B. Volteadora siderturn



Figura 49. Volteadora siderturn 2000 (komptech)

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

Tabla 19. *Especificaciones volteadoras siderturn*

Características técnicas

Accionamiento:	Motor Caterpillar C-9 250 kW, 340 CV
Rendimiento:	1.000-1.500 m ³ /h
Dimensiones de trabajo:	Longitud: 8.500 mm Ancho: 6.475 mm Altura: 4.105 mm
Dimensiones de transporte:	Longitud: 8.695 mm Ancho: 3.000 mm Altura: 3.420 mm
Ancho máximo de trabajo:	2,0 m
Altura máxima de meseta:	3,5 m
Sección máx. del transportador de cadena:	6,0 m ²
Peso:	aprox. 17.000 kg

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

C. Volteadora eléctrica



Figura 50. Volteadora SF 200 (SANDBERGER)

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

Tabla 20. Especificaciones volteadoras SF 200

Características técnicas

Motor Eléctrico, 380 V / 10 kW

Accionamiento Oruga con cadenas de acero

Peso ~500 Kg

Dimensiones

Ancho de trabajo 2m

Ancho de paso 2m

Altura de trabajo 1m

L x An x Al 2.600 x 1.200 x 1.400 mm

Rendimiento de paso Hasta 240 m³ /h

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñiz, 1999

D. Volteadora topturn x53



Figura 51. Volteadora topturn Wheel (komptech)

Fuente: soluciones agricolas, 2003

Tabla 21. *Especificaciones volteadoras topturn*

Accionamiento:	Caterpillar C-9 de 250 kW (340 CV)
Rendimiento:	hasta 2.000 m ³ /h
Dimensiones de trabajo:	Longitud: 4.220 mm Ancho: 5.350 mm Altura: 3.980 mm
Dimensiones de transporte:	Longitud: 5.350 mm Ancho: 3.000 mm Altura: 3.000 mm
Ancho máximo de trabajo:	5,0 m
Altura máxima de pila:	2,4 m
Sección máx. de la pila:	6,5 m ²
Peso:	aprox. 12.500 kg

Fuente: soluciones agricolas, 2003

Se presenta una comparación de los algunos modelos como especificaciones básicas.

Tabla 22. *Cuadro comparativo de volteadoras*

Modelo	TIPO	PESO (kg)	POTENCIA (CV)	RENDIMIEN-TO (m³/h)	Coste aproximado
Topturn 300 (Komptech)	Toma de fuerza de tractor	3.100	60	300-400	52.941 €
TBU 3P (Willibald)	Toma de fuerza de tractor/desplazamiento lateral	3.200	130	500	60.180 €
16.36 (Backhus)	Autopropulsada/triangular	-	215	1.200	100.000 €
10.30 (Backhus)	Autopropulsada/desplazamiento lateral o meseta	-	224	1.600	100.000 €
MR 6.11 (Scolari)	Autopropulsada/linear o de túnel	2.500	31,25	15 m ³ mezcla /pista /día	700.000 € ⁽¹⁾

Fuente: Sánchez Romero y Hidalgo Muñoz, 1999

2.2.1.8. Motores

En el mercado existen mucha alternativa en cuanto a motores de toda capacidad y más características de ello, en el área de compostaje de la municipalidad distrital de El Tambo no se cuenta

con una fuente eléctrica entonces por ello el uso de motores se reduce entre los de combustible y de ellos tenemos:

2.2.1.8.1. Motor de combustible con tanque incorporado:

A. Motor Kohler



Figura 52. Motor de 34 hp

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 23. *Especificaciones de motor kohler*

Modelo	CH 940	CH 960	CH 1000
Poder	34 HP	36 HP	40 HP
Desplazamiento	999cc		
Golpe	54mm	58mm	69mm
Torque Máx @2400rpm	9.1lbs	13.1lbs	18.5lbs
Compresión	8.5:1	8.2:1	8:1
Peso en seco	17.5kg	32.5kg	34.7kg
Capacidad de aceite	.6 l	1.1 l	1.1 l
Capacidad de combustible	4.1 l	7.3 l	7.3 l

Fuente: Kohler, 2018

B. Motor horizontal Branco



Figura 53. Motor branco 15 HP

Fuente: Branco, 2018

Tabla 24. *Especificaciones de motor branco 15 hp*

- **Dados Técnicos:**
* **Informações Adicionais:** Não acompanha bateria
Capacidade de Óleo (carter): 1,1 l
Capacidade do Tanque de Combustível: 6 l
Cilindrada : 420 cm³
Consumo Aproximado: 4,15 l/h
Controle de Rotação: RAR
Diâmetro x Curso : 90 mm x 66mm
Dimensões: CxLxA: 500 x 460 x 460
Inclinação Máxima: 25%
Lubrificação: salpico
Peso: 38 kg
Potencia Máxima : 15,0 cv a 3600 rpm
Potência Contínua: 14,0 cv a 3600 rpm
Sistema de Combustão: Eletrônica
Taxa de compressão: 8:1
Tipo de Combustível: Gasolina
Tipo de Motor: horizontal, monocilíndrico, 4 tempos, refrigerado a ar
Tipo de partida: Partida Elétrica
Torque Máximo : 3,1 kgfm a 2500 rpm
Referência Branco: 90315820
Garantia: 6 meses
Despacho: Em até 7 dias úteis.

Fuente: Branco, 2018

C. Motor embrague reductor con arranque electrico



Figura 54. Motor Winyou Power de 13 HP

Fuente: winyou, 2018

Tabla 25. Especificaciones motor Winyou Power

Model No.	188F/188FD	190F/190FD	192F/192FD
PICTURE			
Engine type	4-stroke single -clinder, air-cooled		
BorexStroke (mm)	88x64	90x66	92x66
Displacement(ml)	389	420	483
Compression Ratio	8.0:1	8.2:1	8.2:1
Theoretical Maximum Output Power	9.5kw/3600rpm	10.5kw/3600rpm	12.5kw/3600rpm
Rated output power	7.8kw/3600rpm	8.5kw/3600rpm	9.5kw/3600rpm
Horse Power	13Hp	15Hp	17Hp
Max Torque	23N.m/3000rpm	24N.m/3000rpm	26N.m/3000rpm
Ignition system	Non-contact Transistorized Magneto(TCL)		
Start System	Recoil Start /Electric Start		Recoil Start/Electric Start
Air Cleaner	Semi-dry type /Oil bath type		
Fuel Tank Capacity	6.5L	6.5L	6.5L
Fuel Consumption	<374g/kw.h	<374g/kw.h	<370g/kw.h
Oil Capacity	1.1L	1.1L	1.1L
Dimension (LXWXH)mm	485x455x525	485x455x525	485x455x525
Net Weight	31kg/33kg	31kg/33kg	32kg /35kg
QTY/40"HQ	475pcs	475pcs	475pcs

Fuente: Winyou, 2018

2.2.1.8.2. Motores con tanque de combustible separado

A. Motor para furgón

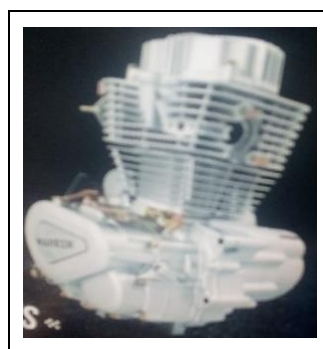


Figura 55. Motor para furgón aggressor

Fuente: Lauzher, 2018

Tabla 26. *Especificaciones de AGGRESSOR 200*

Motor	200 cc
Potencia	16HP/8000 RPM
Arranque	Eléctrico/ pedal
Transmisión	5 velocidades
Freno (del./pos.)	Disco/ tambor

Fuente: Pulsar, 2018

B. Motor para moto

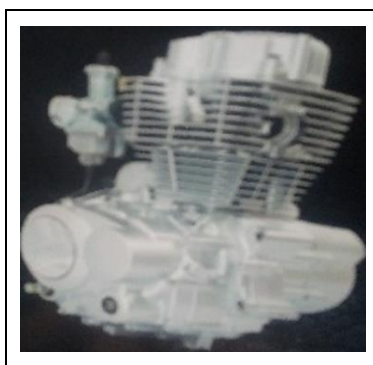


Figura 56. Motor para moto TR150

Fuente: Honda, 2018

Tabla 27. *Especificaciones H-TERRA 250*

Motor	232.6 cc
Potencia	18.76 HP/7500 RPM
Arranque	Eléctrico/ pedal
Transmisión	5 velocidades
Freno (del./pos.)	Disco/ tambor

Fuente: Honda, 2018

2.2.1.9. Diseño mecánico

“El desarrollo del diseño mecánico es una labor compleja que es necesario de muchos conocimientos y habilidades para ello. Es mejor poder separar las grandes conexiones en funciones de labores más sencillas. Conteniendo el control de en cada secuencia, lo complicado de este tema es tener los pasos definidos del esquema en general y luego por cada mecanismo con la ingeniería mecánica. El diseñar es una constante de interacción con el diseño en la actualidad hay muchas herramientas y fuentes para diseñar bajo controles de estándar predeterminados de manera computarizada.”(Budynas y Nisbett, 2013)

Para el mejor desarrollo del diseño se debe seguir distintos pasos y tener en cuenta muchos factores que tienen afectar de manera proporcional directa o indirecta del resultado a obtener, tener en cuenta el factor de seguridad que se emplea en cada elemento, como también las condiciones de trabajo que realizara el diseño, la parte del impacto visual y el uso que tiene que desarrollar el operario.

2.2.1.10. Resistencia de materiales

Son consideraciones que desde ya tiempos muy remotas en las distintas investigaciones y estudios que van relacionado con cada material, las propiedades mecánicas de cada material en la que se evaluaron sus especificaciones técnicas como esfuerzos, resistencia, etc. Por ello es muy conocido y desarrollado varias maneras de poder ser calculados según sus comportamientos físicos y químicos de cada material, a partir de ello se desarrolló varios métodos conocidos comúnmente ensayos destructivos, con una finalidad de tener nociones del comportamiento de esfuerzo a lo largo de unas curvas en ello se logra identificar dos grupos de materiales dúctiles y frágiles de acuerdo al esfuerzo que soporta cada material al pasar su límite fluencia.

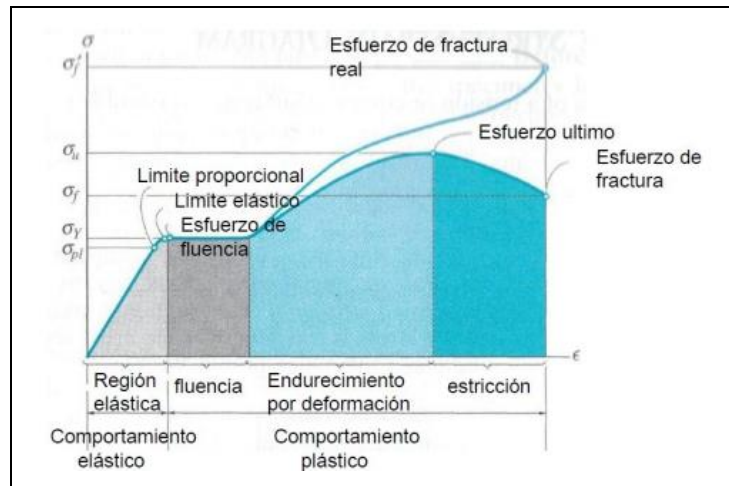


Figura 57. Gráfica de esfuerzo y deformación

Fuente: Diagrama esfuerzo - deformación, 2018

Para ser aplicable esta teoría de elementos de carga con distintos esfuerzos se debe corroborar con “las superficies elementales de resistencia de componentes está ligado a los teoremas de mecánica y estática ya que sin estos estudios de conocimientos en los materiales a emplear serían imposibles estos cálculos”(Feodosiev, 1980).

“También cabe resaltar que no tan solo depende de cuánto puedan resistir cada material, ya que con esto no es apropiado asegurar una buena confiabilidad, debido al movimiento cíclico de estos materiales o componentes tienden a ser afectados por el fenómeno de la fatiga” (Budynas y Nisbett, 2013)

2.2.1.11. Errores comunes por fatiga

“El fenómeno de la fatiga es descubierto o conocido en el desarrollo de la segunda guerra mundial y hasta hoy se tiene cuidado e importancia en las industrias mecánicas y aéreas” (Nieto Quijorna, 2007).

La ingeniería en aviones son lo más expuestos y de alta tecnología ya que cuando aumenta la presión en el funcionamiento del avión con alta carga y a una velocidad alta teniendo en cuenta la altura que recorren estos causan muchos problemas para la ingeniera, al

diseñar los motores como también las alas ya que estarán a cambios estructurales fuertes debido a la presión que se ejerce. “los daños casi siempre son en los puntos de inicio de la presión siendo propagados a lo largo de las dimensiones del avión con contacto pleno al material de este, teniendo roturas de fatigas” (Budynas y Nisbett, 2013).

Un componente expuesto a esfuerzos variantes por cargas o movimientos cíclicos que realiza el material tiende a perder sus propiedades estáticas, debido a la función que realiza esta pieza cumpliendo un tiempo de vida, estas fallas son causantes por debajo de la resistencia del material según su esfuerzo.

“En el año de 1860 Wöhler realizo distintas máquinas y mecanismos de ensayo para poder descubrir a través de un estudio a este fenómeno de la fatiga”(De Vedia y Svoboda, 2004).

De este estudio se obtuvo dos características principales que son:

- “Las fuerzas que causan este fenómeno son por debajo de los permisibles del caso estático del material.
- se tiene alguno parámetros también conocidos como los límites de fatiga y el umbral de estas pruebas en el material o componente son inferiores a las probetas ya que no se rompen.”(De Vedia y Svoboda, 2004)

2.2.1.12. Elementos finitos

“los elementos finitos más conocido como un método para poder dar solución a las cuestiones de ingeniería que tiene mucha complejidad en ser halladas, en los diseños mecánicos se presentan piezas con diferentes tipos geométricos complejos al ser desarrollados matemáticamente con la física, etc. Interviniendo cargas distribuidas o no distribuidas, con ciertas propiedades mecánicas y físicas del material a utilizar por lo general es muy difícil obtener alguna solución inmediata de acuerdo a las expresiones matemáticas, entre ellos están distintas áreas así como las de análisis de estructuras,

problemas de fluidos y en flujo que estos transportan, transferencia de calor, etc.”(Jiménez Pézer Mitre, 2016).

En la figura 58 se puede verificar la degradación con colores para el análisis por elementos finitos.

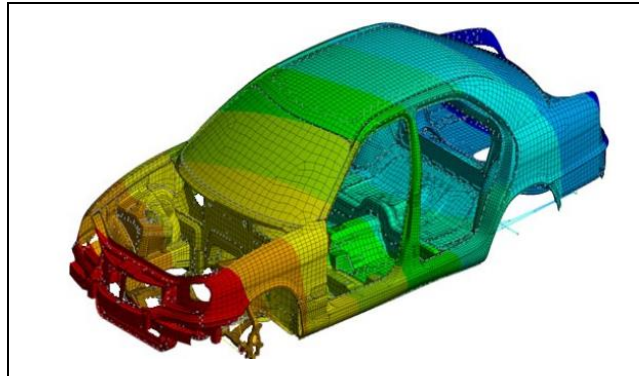


Figura 58. Análisis de elementos finitos

Fuente: Jiménez Pézer Mitre, 2016

2.2.1.13. Elementos y mecanismos

“Un mecanismo es considerado como un conjunto de elementos enlazados rígidamente cumpliendo una función en partícula, permitiendo movimientos complejos en ellos se realiza los análisis así como centro de gravedad, velocidades, inercia, etc.” (Erdman y Sandor, 1998)

El mecanismo tiene un análisis en los planos de dibujo siendo de manera bidimensional eje x e y, así visto de una manera general de medidas y poder hallar los cálculos pertinentes, también es necesario el análisis tridimensional ya que algunos movimientos son en esta dimensión.

“los esfuerzos que intervienen internamente de los mecanismos se da generalmente hallada la cinemática y dinámica de estos, es necesario poder simular sus elementos para los cálculos de esfuerzos, elasticidad, etc. según el material utilizado de esta manera definir si es aceptable el uso de estos elementos sin tener ninguna rotura o perjudicando en la función del mecanismo” (Erdman y Sandor, 1998).

2.2.2. Metodologías de diseño y manufactura

Existen varios métodos de diseño y manufactura en la bibliografía, que definen los pasos para realizar un correcto diseño. Las metodologías más aplicables y conocidas para el sistema se listan a continuación:

2.2.2.1. Karl T. Ulrich

Método basado en el mercadeo y finanzas a través del diseño de manufactura y análisis de costos según la necesidad del cliente y factibilidad de producción, identificando proveedores para la producción y lanzamiento del producto.

2.2.2.2. VDI 2222

Metodología creada por la Asociación de Ingenieros Alemanes VDI (Verein Deutscher Ingenieure), aplicado a el diseño de sistemas en manufactura teniendo en cuenta los requerimientos, funciones del proceso, optimización, evaluación económica selección de prototipos y desarrollo de producto a través de la simulación y/o ejecución del prototipo.

2.2.2.3. U.T.F.S.M

Método presentado por la Universidad Técnica Federico Santa María de Chile, la cual está basado en el estudio de del mercado y desarrollo del producto a través de varias alternativas dando una solución preliminar al problema del mercado actual.

2.2.2.4. Pahl y Beitz

Método por la cual define el problema a través de requerimientos evaluando los criterios técnicos y económicos buscando principios de solución para los arreglos preliminares verificando si hay errores y deficiencia en costo, aplicable mayormente para arreglos o modificaciones al producto.

2.2.2.5. QFD

Quality function deployment también conocido como despliegue de la función de calidad, este método nos ayuda a poder entender al usuario la calidad y adecuada elección del producto definiendo como producto/servicio. Cuyo proceso principal es comprender a los clientes a través de segmentación de mercado, informe de quejas y propuestas según encuesta a los usuarios así tener un despliegue de modificaciones o mejoras para el producto.

2.2.2.6. Brainstorming

Método conocido como tormenta de ideas la cual es un trabajo en equipo constituidos por profesionales técnicos especialistas buscando idear una solución al problema mas no solucionar inmediatamente.

2.2.2.7. Brainwriting - (Método 635)

Método mejorado para poder tener mejor aportación de ideas y mejora de la solución a través de sus siglas método 635 las cuales son 6 personas, 3 ideas/propuestas y 5 mejoras la cual están constituidas por profesionales y técnicos especializados en el área del problema.

2.3. Definición de términos básicos

Compost: Fertilizante compuesto de residuos orgánicos (desechos domésticos, hierbas, deyecciones animales, etc.), tierra y cal. (fuente: <https://www.google.es/#q=compost>)

Aireación: Acción de airear un lugar. (fuente: <https://www.google.es/#q=aireacion>)

Manufactura: Proceso de fabricación de un producto que se realiza con las manos o con ayuda de máquinas. (fuente: <https://www.google.es/#q=manufactura>)

Hortalizas: Las hortalizas son un conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparada culinariamente, y que incluye las verduras y las legumbres verdes (las habas y los guisantes). Las hortalizas no incluyen las frutas ni los cereales.(fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Hortaliza>)

Estiércol: Mezcla de materias orgánicas descompuestas que se utiliza como abono para la tierra. (fuente: <https://www.google.es/#q=estiercol>)

Termofilica: Fase del proceso de Compostaje en la que se alcanzan temperaturas no mayores a 650C. (fuente: <http://www.infojardin.net/glosario/terapeutica-vegetal/termofilica.htm>)

Oxigenación: Acción de oxigenar u oxigenarse. (Fuente: <https://www.google.es/#q=oxigenación>)

Maquina: Objeto fabricado y compuesto por un conjunto de piezas ajustadas entre sí que se usa para facilitar o realizar un trabajo determinado, generalmente transformando una forma de energía en movimiento o trabajo. (Fuente: <https://www.google.es/#q=maquina>)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

3.1.1. Método aplicado a la solución

Existen varios métodos para la elaboración de sistemas o maquinas la cual no solo abarca los cálculos y la construcción de la maquina sino los detalles de manufactura, exigencias de requisitos así también de planos, etc.

Los métodos de diseño en su gran mayoría son el análisis del producto por ello se necesita uniformizar para poder tener un desarrollo de creación de un diseño optimo basado en las normas y estándares que podamos tener (Barriga Gamarra, 2016).

3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación

El método es sistemático y de estrategia para elaborar de mejor manera el diseño del prototipo, debido a ser una investigación tecnológica.

3.1.1.2. Método específico de la investigación

El método a desarrollarse será la Metodología VDI 2222 y con las recomendaciones y aplicación de desarrollo de la metodología VDI 2221, la metodología VDI 2222 se divide en cuatro grandes procesos o fases claves:

3.1.1.2.1. Planificación:

Esta etapa se definirá los propósitos a desarrollarse en la creación de esta máquina, así como ¿de qué se trata? Planteamiento del problema ¿cómo funciona? Detallado del proceso teniendo como objetivo satisfacer al cliente o usuario de ello con la información interna recolectada.

3.1.1.2.2. Concepción (elaborar las funciones)

En esta etapa se llega a concretar las funciones de la maquina según las exigencias detalladas así poder llegar a una solución de distintas formas, elaboraciones técnicas, económicas y buena aplicación tecnológica ya que con ello habrá menor complejidad para generar mejor las soluciones parciales.

3.1.1.2.3. Proyecto (elaboración del proyecto)

Esta etapa se encarga de refinar la solución óptima teniendo como objetivo dimensionar, tener en consideración las propiedades técnicas del producto, los cálculos y parámetros según el requerimiento de las necesidades.

3.1.1.2.4. Desarrollo (Detallado)

En esta fase encontramos puntos la utilidad neta como desarrollo de piezas, formas del producto se lleva a las pruebas de simulación para poder tener un control deseado y obtener una tecnología eficiente y factible así mismo la verificación de costos.

3.1.2. Desarrollo de aplicación de método

3.1.2.1. Tipo de investigación

El tipo de diseño es tecnológico aplicativo debido a que se realiza el uso del conocimiento ya conocido o dado en las investigaciones así ser aplicado en un diseño que pueda contribuir con la tecnología y optimización de proceso en el volteado de compost.

3.1.2.2. Secuencia de desarrollo de la metodología

Como diseñador se tiene que tener varios criterios en consideración para el buen resultado del diseño según las condiciones, exigencias, prioridades, etc. siendo esto los resultados de los conocimientos, habilidades y experiencia que el diseñador realizó en su actividad, de las fases de diseño según la metodología VDI 2222 también se tiene el desarrollo de ello con el método VDI 2221 para la mejor aplicación y llegar a los límites que es diseño exige (Barriga Gamarra, 2016). En la figura 59 se muestra el proceso para el desarrollo VDI 2221.

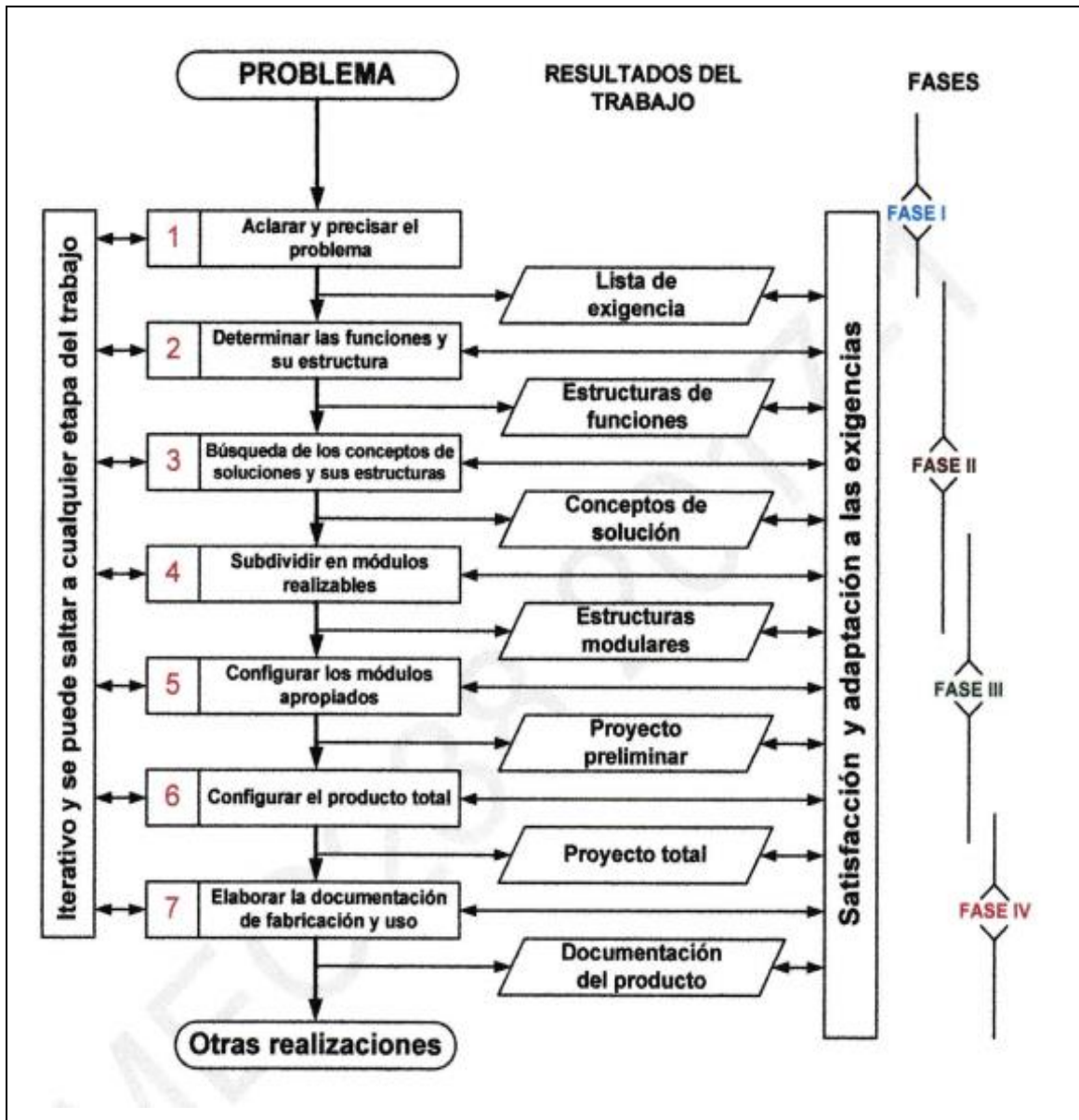


Figura 59. Proceso de desarrollo según VDI 2221

Fuente: Barriga Gamarra, 2016

En cada fase se tiene los pasos necesarios para el mejor desarrollo del diseño en relación a ello se desarrolla varios esquemas y planteamientos para la definición de requerimientos, como la elección del mejor diseño, etc. En la figura 60 se muestra los esquemas a realizar en cada fase.

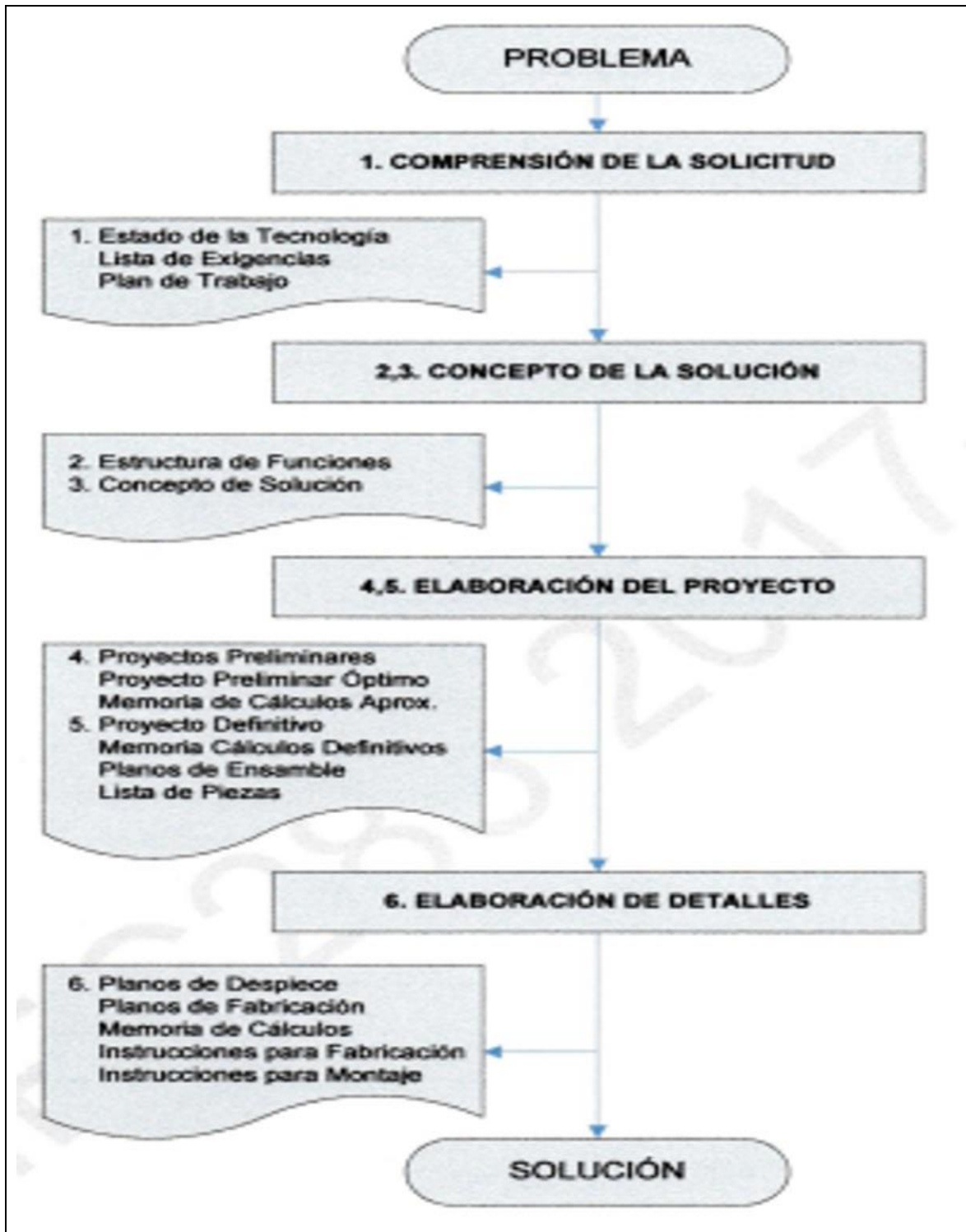


Figura 60. Método aplicativo y sus fases

Fuente: Barriga Gamarra, 2016

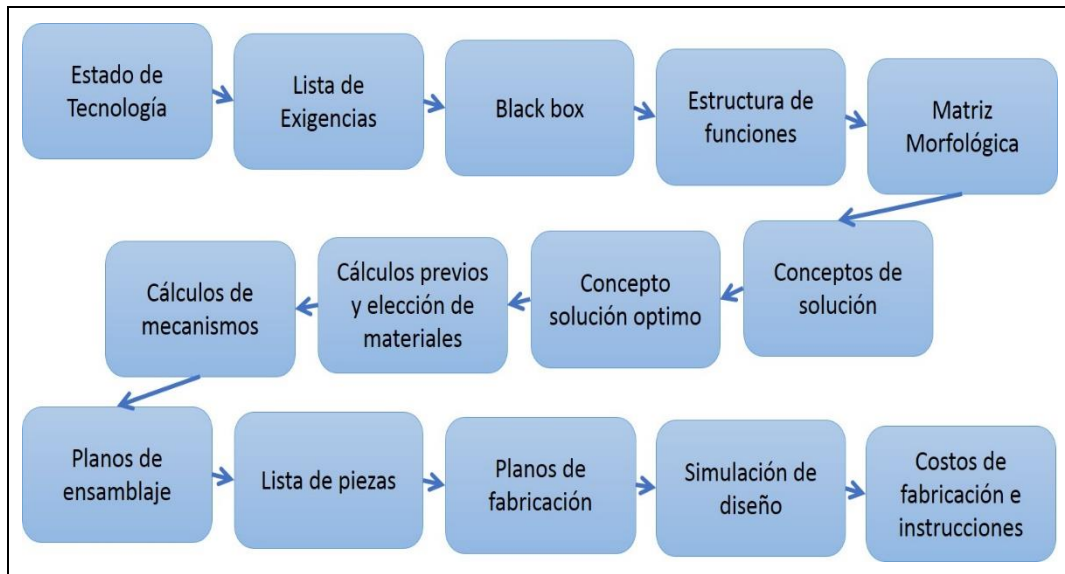


Figura 61. Secuencia de pasos a desarrollar

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.1.2.2.1. Desarrollo de la fase I: comprensión de la solicitud

Para el desarrollo de esta fase se aplicará los siguientes pasos:

A. Estado de tecnología

El estado de tecnología es la recolección de conocimientos teóricos como aplicativos para poder tener en consideraciones el desarrollo del diseño, la condición actual que se dan en el lugar de trabajo como también la tecnología que se tiene ahora como es la municipalidad de El Tambo esto fue visto en las bases teóricas de esta tesis.

B. Lista de exigencias

La lista de exigencia es aquella información recaudada de las necesidades que la empresa tiene y complementada con la información teórica que recolecta, de esta manera trazaremos los deseos y exigencias que necesita el diseño para su buen uso y cumplir con el objetivo de la máquina.

Tabla 28. Modelo de lista de exigencia

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION:	Pág. __ de __
PROYECTO		CLIENTES	Fecha:
			Autor:
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Fuente: Barriga Gamarra, 1985

3.1.2.2.2. Desarrollo de la fase II: Concepto solución

Para el desarrollo de esta fase se aplica los siguientes pasos:

A. Black-box

Black-Box conocido así con su nombre en inglés traducido caja negra, paso donde se realiza la conversión de variables según la función que cumplirá el diseño, en la gran mayoría se evalúa este paso con tres factores que son: Materia, energía y señal.

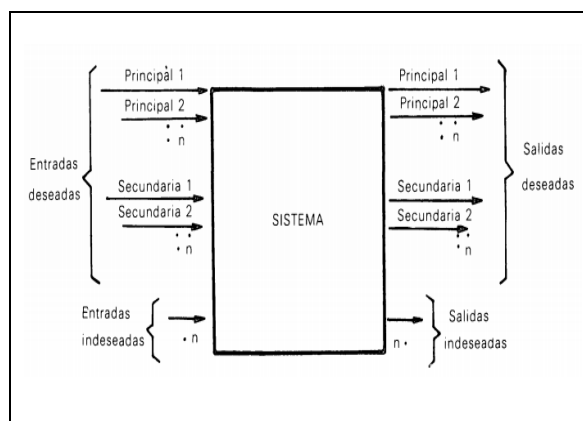


Figura 62. Modelo de Black-Box

Fuente: Garcia P., 1998

B. Estructura de funciones

La estructura de funciones es el esquema donde se realiza la secuencia de funciones según su aplicación en durante todo el proceso, nos ayuda a definir relación consecutiva y ordenada que tiene cada función.

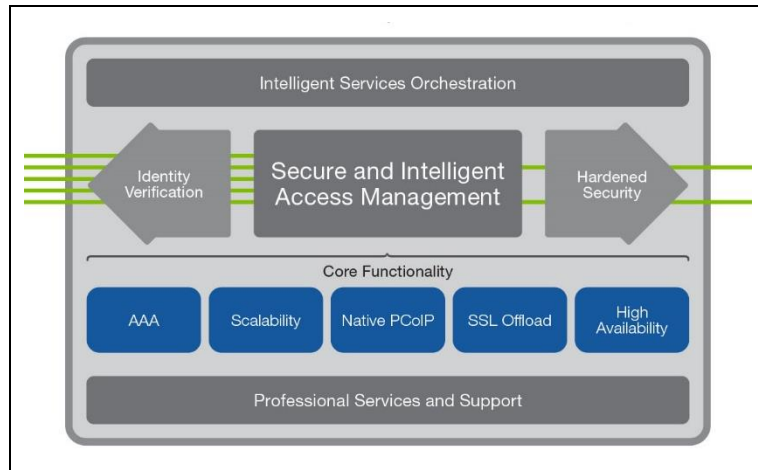


Figura 63. Modelo de estructura de funciones

Fuente: Garcia p., 1998

C. Matriz morfológica

La matriz morfológica es el esquema donde es desplazado cada sistema, mecanismo o elementos que pueden ser posibles a aplicar en el diseño según las funciones que realiza.

Tabla 29. Modelo de matriz morfológica

Características requerimientos de diseño	Alternativas de diseño			
	Movimiento de entrada	Rotacional	Lineal	Oscilante
Fuente de entrada	Una mano	Dos manos	Pie y mano	Etc.
Elemento de entrada	Cigüeñal	Biela	Palanca	Etc.
Elemento de salida	Tornillo	Hélice	Pistón	Etc.
Movimiento de salida	Rotacional	Lineal	Recíprocante	Etc.
Mecanismo	Engranaje	Articulación	Corredera	Etc.

Fuente: García p., 1998

D. Concepto solución

El concepto solución es aquella propuesta o varias como posibles soluciones ya sean sistemas, prototipos o máquinas, esto son resultado de la elección de las diversas alternativas mostradas en la matriz morfológica, debido a que cumplen una función determinada en la máquina, estas pueden ser de dos a más soluciones que pueden cumplir con el objetivo y con las condiciones que se brindan en la lista de exigencia.

E. Concepto solución óptimo

El concepto de solución óptimo es aquella elección de la mejor propuesta de las soluciones siendo evaluado económica y técnicamente para poder tener un balance eficiente y a la vez rentable, para la elección de la mejor solución se desarrolló la evaluación según el método de VDI 2225, norma que nos recomienda poner como criterios de ponderación del 1 al 4 de manera ascendente donde el valor 4 será el más óptimo o valor máximo para una solución ideal. Primero se lleva a cabo la evaluación según la lista de exigencias visto en la tabla 28, según la diferencia del resultado se elegirá la solución se pasará a poder

evaluar el criterio técnico del diseño con la tabla 31 y evaluar el criterio económico con la tabla 32 de ello se evalúa en un diagrama de dispersión lineal teniendo como variables de intersección la evaluación económica y técnica según ello se podrá decidir cuál es la mejor solución llamada la solución óptima.

Esta evaluación es aplicado con referencia a tesis de diseño con la misma metodología en distintas universidades y extraído como guía de los métodos aplicados de BARRIGA GAMARRA, (1985).

Tabla 30. *Tabla de evaluación de lista de exigencia*

N°	Criterios Técnicos y Económicos según la lista de exigencia	Soluciones			
		S1	S2	S3	S ideal
1					
2					
3					
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n					
TOTAL					n*4
EVALUACION (%)					1

Fuente: BARRIGA GAMARRA, 1985

Tabla 31. *Tabla de evaluación valor técnico*

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	Gp
1									4	
2									4	
3									4	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n									4	
Puntaje Σgp										
Valor tecnico										

Fuente: BARRIGA GAMARRA, 1985

Tabla 32. *Tabla de evaluación valor económico*

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1			Solución 2			Solución 3		Sol. ideal	
			S1			S2			S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp		
1									4			
2									4			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
n									4			
Puntaje $\sum gp$												
Valor económico v_i												

Fuente: BARRIGA GAMARRA, 1985

3.1.2.2.3. Desarrollo de la fase III: Elaboración del Diseño

Para el desarrollo de esta fase se aplica los siguientes pasos:

A. Cálculos previos y elección de materiales

Es esta sección se realiza los cálculos previos y necesarios para el funcionamiento de la máquina, cálculos externos en consideración del producto a desarrollar o trabajo del proceso a realizar, así como también de la elección de algunos materiales que son necesarios a utilizar sin depender de cálculos de ingeniería o teniendo como referencia de algunos trabajos anteriores factibles y efectivos a lo que deseamos realizar.

B. Cálculos de mecanismos

Los cálculos de los mecanismos son realizados con la base de ingeniera, así como esfuerzos a que estarán sometidos algunos de ellos ya están establecidos por normas o catálogos del proveedor de ello según los cálculos y necesidades de distinto uso mecánico se podrá elegir el elemento más favorable para el buen funcionamiento en cada mecanismo.

C. Planos de ensamblaje

Los planos de ensamblaje son dados a la unión de las piezas que se fabricarán o se puedan conseguirán en el mercado siendo estos adecuados a las dimensiones del diseño final y tener un mejor rendimiento en la labor que está diseñado.

D. Lista de piezas

Se da a conocer las distintas piezas como leyenda o con un formato para poder tener en consideración cada posición y utilidad que se dará.

3.1.2.2.4. Desarrollo de la fase IV: Elaboración de detalles

Para el desarrollo de esta fase se aplica los siguientes pasos:

A. Simulación del diseño

La simulación de diseño se da por medio de los elementos finitos cuyo método ayuda a poder tener referencia de todas las consideraciones de Von Mises respecto a los esfuerzos realizados en la maquina según material y proceso fabricado, etc. Esto también nos ayuda a poder ver el funcionamiento de cada uno de las partes del diseño como las condiciones de trabajo que realizaran con el factor de seguridad.

B. Planos de fabricación

Los planos de fabricación son aquellas quías para el ejecutor, ya que se muestran cada detalle en dimensiones y forma que se tiene que fabricar como posición de cada pieza. Estos planos son desarrollados a una escala dado con un formato de

presentación según sea la norma a utilizar, se pueden observar de manera isométrica o una vista de caras sea lateral superior, etc. Esto nos ayudará a identificar la posición para así tener un buen funcionamiento cada mecanismo donde será instalado.

C. Costos de fabricación

Los costos de fabricación es la parte económica donde es desarrollado en cuadro o esquema de listado teniendo en consideración tipo de material precio unitario, cantidad y precio total por cada material a utilizar estos también son divididos al aplicar el trabajo como son los costos de mano de obra, costo de fabricación, costos de ensamblado, etc. De ello se evalúa los costos comparados con distintas maquinas existentes siendo rentable o no poder realizar este proyecto.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

La municipalidad distrital de El Tambo viene desarrollando compost orgánico en el área de compostaje siendo utilizado por el área de parques y jardines, la cual interviene el proceso de volteado de compost para mejorar la calidad de este producto.

En el mercado manufacturero en nuestro país no se logra encontrar fácilmente una maquina o sistema para el volteado del compost, pues debido a ello se realiza este análisis con los datos tomados y con el estado de arte que se tiene visto en el capítulo II de esta tesis, de ello se logró escoger según las condiciones que se tiene en la municipalidad de El Tambo en el área de compostaje la mejor manera de desarrollar el compost es por pilas de un sistema abierto con volteado para así mejorar la calidad el compost como resultado final, de ellos se toma las consideraciones recaudadas y vista en el marco teórico para el tipo de pilas escogido.

4.1. Identificación de requerimientos

4.1.1. Lista de exigencia

La lista de exigencias fue elaborada de las necesidades que tiene la Municipalidad de El Tambo, según los objetivos de la tesis la cual se desea reconocer el deseo o exigencia del proceso de volteado para remover el compost.

Tabla 33. Lista de exigencias del proyecto

LISTA DE EXIGENCIAS		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	Pág. :	1 de 4
“Diseño de una removedora para compost de capacidad de 20 tn/hora para la MDT”		Facultad de Ingeniería	Fecha:	27/08/2018
		E.A.P. Ingeniería Mecánica	Autor:	Ismael Jhoján Borja Chagua
		Área de diseño		
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable	
Función Principal	E	La volteadora para remover compost deberá realizar el trabajo de manera homogénea	I. Borja	
Función	E	Reducir el tiempo de volteado actual cumpliendo con la homogenización del compost	I. Borja	
Función	E	Sistema diseñado para el uso en el área de compostaje de la municipalidad provincial de El Tambo	I. Borja	
Función	E	La removedora de compost debe voltear 20 toneladas por hora.	I. Borja	
Función	D	Debe ser autopropulsado con un sistema de tracción.	I. Borja	
Geometría	E	Altura de trabajo para el volteado en la pila de compost no debe de exceder a 1.5 m.	I. Borja	

LISTA DE EXIGENCIAS		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	Pág. :	2 de 4
“Diseño de una removedora para compost de capacidad de 20 tn/hora para la MDT”		Facultad de Ingeniería	Fecha:	27/08/2018
		E.A.P. Ingeniería Mecánica	Autor:	Ismael Jhoján Borja Chagua
		Área de diseño		
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable	
Geometría	E	El ancho de trabajo para el volteado de compost no debe de exceder a 2 m.	I. Borja	
Geometría	D	Las dimensiones del sistema serán más compactas posibles.	I. Borja	
Energía	E	La energía deber ser mecánica, hidráulica u otro que pueda dar la potencia necesaria para el funcionamiento de todos los mecanismos, no podrá ser energía eléctrica ya que en el área de compostaje no se cuenta con ello.	I. Borja	
Energía	D	Requerir de una persona para poder operarla y manipularla	I. Borja	
Materia Prima	E	Pilas de compost en estado de desintegración	I. Borja	
Productividad	D	Mejorar la calidad del compost, homogenizándolo	I. Borja	
Seguridad	E	Los componentes del sistema serán protegidos para prevenir cualquier tipo de accidentes	I. Borja	
Seguridad	D	Se debe tener de un control de la energía generada	I. Borja	

LISTA DE EXIGENCIAS		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	Pág. :	3 de 4
“Diseño de una removedora para compost de capacidad de 20 tn/hora para la MDT”		Facultad de Ingeniería	Fecha:	27/08/2018
		E.A.P. Ingeniería Mecánica	Autor:	Ismael Jhoján Borja Chagua
		Área de diseño		
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable	
Cinemática	E	Los movimientos de las partes del sistema no deberán afectar a la calidad del compost.	I. Borja	
Cinética	D	El sistema podrá soportar los esfuerzos mecánicos sin sufrir deformaciones.	I. Borja	
Ergonomía	E	El trabajo a realizar hombre maquina no deberá generar fatiga ni esfuerzos físicos por el operador.	I. Borja	
Fabricación	E	El sistema deberá ser construida con materiales disponibles en el mercado nacional y responder a las exigencias de resistencia	I. Borja	
Fabricación	D	Los componentes del sistema deberán ser de fácil construcción cumpliendo con los estándares de resistencia.	I. Borja	
Fabricación	E	La volteadora deberá tener buena estabilidad, teniendo en cuenta los parámetros de construcción	I. Borja	
Transporte	D	El sistema será de fácil transporte y manipulable sin hacer esfuerzos mayores a los permitidos	I. Borja	
Montaje	D	El sistema deberá de ser de fácil montaje de los mecanismos a utilizar	I. Borja	

LISTA DE EXIGENCIAS		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	Pág. :	4 de 4
“Diseño de una removedora para compost de capacidad de 20 tn/hora para la MDT”		Facultad de Ingeniería	Fecha:	27/08/2018
		E.A.P. Ingeniería Mecánica	Autor:	Ismael Jhoján Borja Chagua
		Área de diseño		
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable	
Medio Ambiente	D	La volteadora no debe tener efecto contaminante más de los permitido por las leyes sobre medio ambiente	I. Borja	
Mantenimiento	D	Frecuencia del mantenimiento preventivo debe ser semestral y cada mes un control de los mecanismos en funcionamiento	I. Borja	
Mantenimiento	D	Las piezas deberán de ser de fácil cambio y tener sistema de mantenimiento para alargar la vida útil de cada mecanismo	I. Borja	
Mantenimiento	D	Las operaciones de verificación, limpieza y engrase se pueden efectuar fácilmente.	I. Borja	
Costos	E	los costos deben ser mínimos y rentables para la creación del compost.	I. Borja	

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.1.2. Caja Negra (Black – box)

La abstracción Black – box también conocido como “caja negra” teniendo como entradas el tipo de energía, materia y señal para obtener como salida los resultados de cada uno de las entradas, en este caso se realizará según las especificaciones ya vistas en la lista de exigencia.

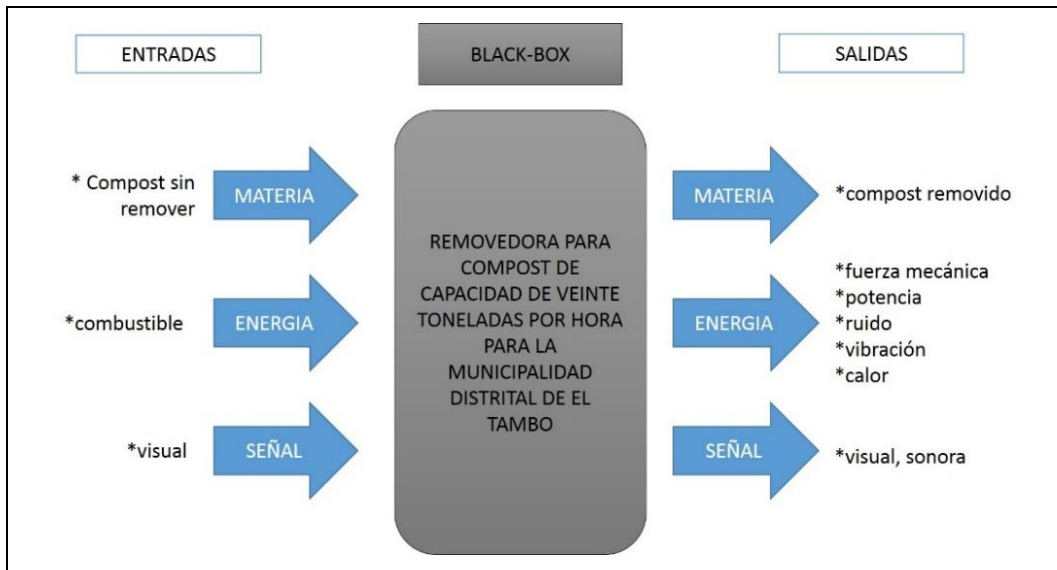


Figura 64. Caja negra del proyecto

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.1.2.1. Entradas

Materia:

- Compost sin remover, esto es de acuerdo a la maduración de la pila de compost, teniendo en cuenta que no se encuentra removido por un tiempo y es necesario este proceso según los factores que se encuentra el compost.

Energía:

- La energía será a través de motor de combustión, debido a que no se encuentra una corriente eléctrica en el área de compostaje.

Señal:

- Señales visuales para comprobar el buen funcionamiento antes de la operación a realizar.

4.1.2.2. Salidas

Materia:

- Compost removido y homogenizado

Energía:

- El uso de un motor o mecanismo genera una fuerza mecánica que puede ser utilizada para impulsar y generar movimientos a los distintos mecanismos.
- La fuerza mecánica genera una potencia para poder superar las fuerzas de reacción contraria en los mecanismos.
- El uso del sistema genera fricción debido a ello hay ruidos
- Vibración que generada por el uso del motor y anomalías que puede existir en el terreno
- Producto del funcionamiento de un motor genera un calor que se dispersa al ambiente y algunos generados por la fricción de cada mecanismo.

Señal:

- Señales visuales y sonoras en el correcto funcionamiento, esto es muy importante ya que nos ayudara a poder comprobar el resultado que va dejando al voltear el compost y verificación de la máquina.

4.1.3. Secuencia de operaciones

La volteadora para remover compost logra homogenizar para la obtención de una buena calidad de compost la cual viene siendo verificado por un operador, la secuencia que se tiene que tener en cuenta es dada a base de lo recomendado y extraído del capítulo II.

1) Preparación

- Realizar las pilas de compost en el área que se tiene.
- Dejar un espacio de área respectiva para el volteado.
- Verificación de la pila de compost para poder ser volteado.
- Encendido de la volteadora de compost con las respectivas prevenciones.

2) Ejecución

- Se movilizará la volteadora al inicio de las pilas de compost.
- Generar la fuerza mecánica para el volteado de compost.
- Movilizar la volteadora desde el inicio hacia lo largo de la pila de compost.

3) Control

- Verificar los componentes de la volteadora.
- Verificación del compost removido homogéneamente.
- Verificar la calidad del producto.
- Controlar el proceso de volteado de inicio a fin.

4) Fase Final

- Apagado de volteadora.
- Poner en buen resguardo hasta el próximo uso de ello.
- Continuar con este proceso en las siguientes pilas de compost.

4.1.4 Estructura de funciones

La estructura de funciones es un esquema según realizará el proceso de volteado, la maquina deberá cumplir y tener en consideración del trabajo que realizará.

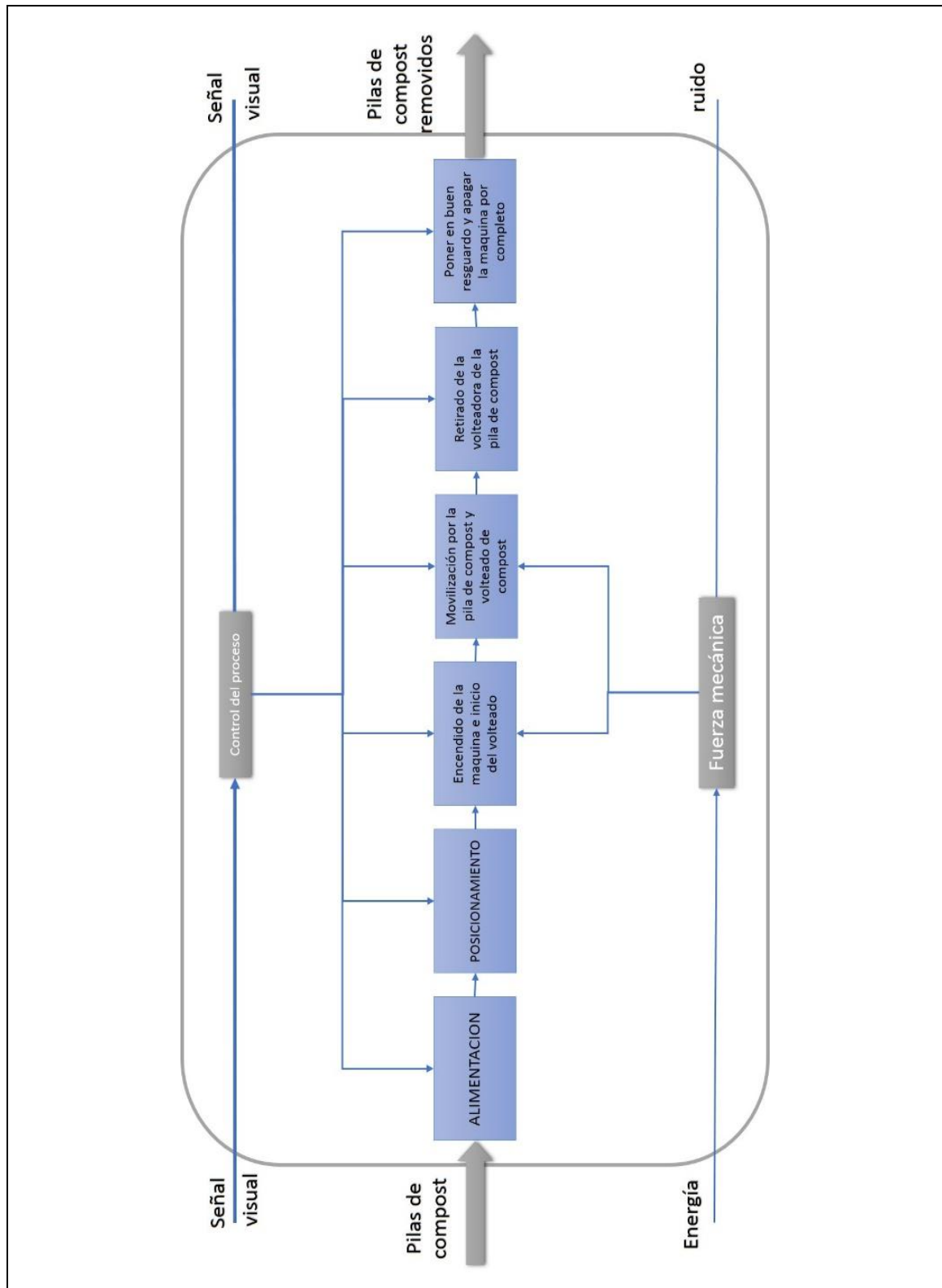








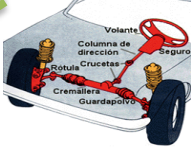











Figura 65. Estructura de funciones de la volteadora

Fuente: Elaboración propia, 2018

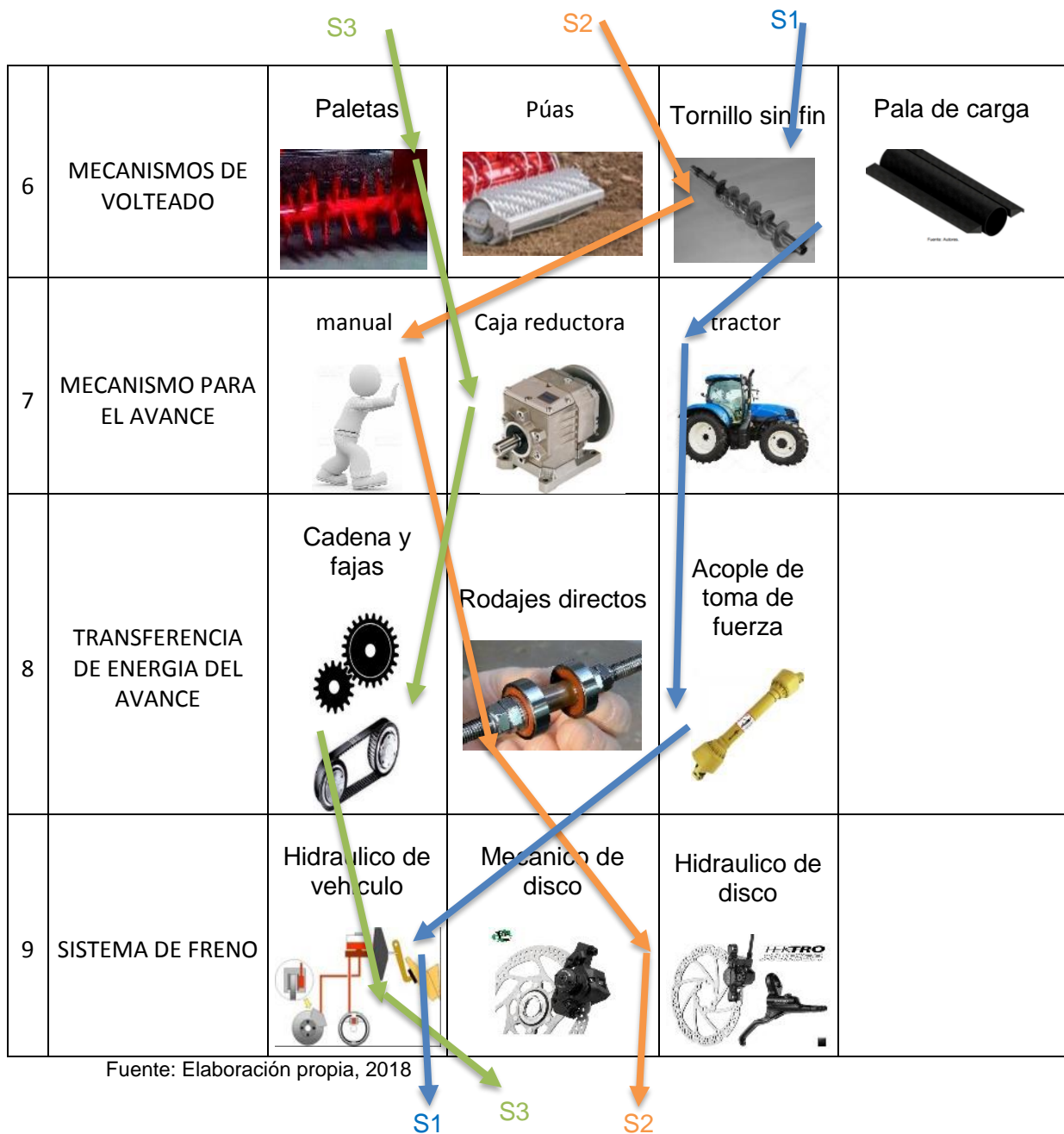
4.2. Análisis de solución

4.2.1. Matriz morfológica

Tabla 34. Matriz morfológica del proyecto

Nº	FUNCION	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
1	ACCIONAMIENTO	manual 	manipulada 	PLC 	
2	DESPLAZAMIENTO Y DIRECCION	manual 	Vehículo menor 	Tractor agrícola 	Direccion manual 
3	MOVIMIENTO DEL ROTOR	Motor estacionario 	Motor de vehiculo 	Toma de fuerza 	Motor de moto 
4	EMBRAGUE	Embrague centrifugo 	Embrague de discos 	Embrague de moto 	
5	TRANSFERENCIA DE ENERGIA AL ROTOR	Engranajes conicos 	Faja 	rodamientos 	Acople de toma de fuerza 

S3
S2
S1



4.2.2. Prototipos de solución

Se presenta de manera cualitativa los propuestos prototipos de solución que fueron resultados de la matriz morfológica, son diseños que están de acorde a la realidad y la disposición/relación de las funciones que realizaran.

4.2.2.1. Prototipo 1

Prototipo que contiene la operación del proceso de una persona en un tractor que a través de acople de su toma de fuerza es sincronizado en el eje de giro que es un tornillo sin fin de forma helicoidal de afuera hacia el medio e impulsado con la misma fuerza del tractor para el avance.

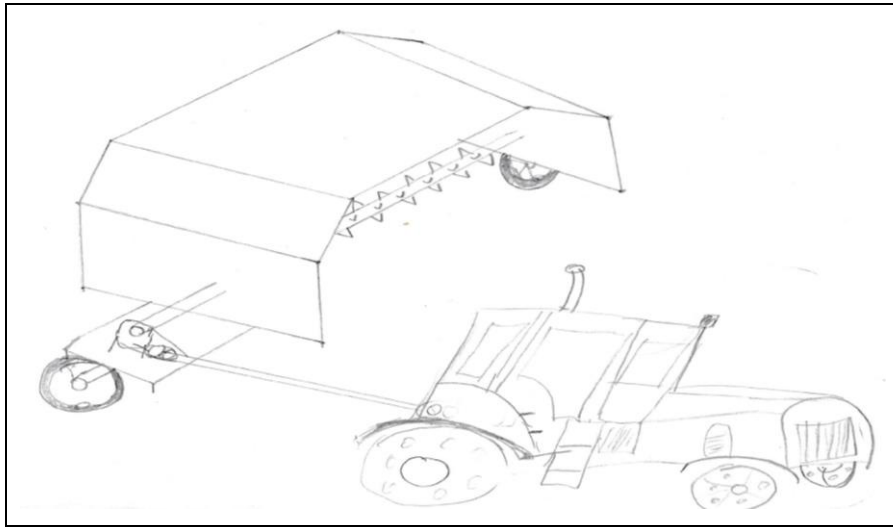


Figura 66. Esquema de prototipo para guía 1

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2.2.2. Prototipo 2

Prototipo que contiene la operatividad del hombre en el movimiento de ubicación y transporte cuando la maquina este apagada el funcionamiento de este es a través de un motor de combustible de moto que va acoplado con una faja al eje de giro de volteado que es un eje con tornillo sin fin de forma helicoidal de los extremos hacia en medio del eje, aprovechando el movimiento del eje de giro a través de una faja conectada a una caja de reductor de velocidad de giro se hace la transferencia a un eje para el giro de las llantas delanteras así tener un avance lento y uniforme a lo largo de la pila de compost.

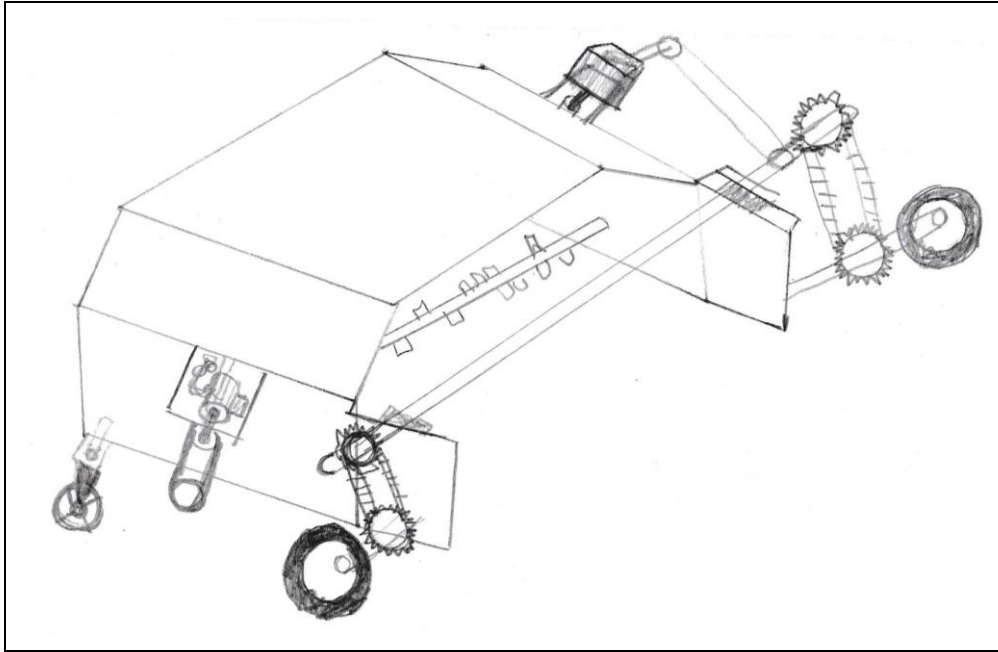


Figura 67. Esquema de prototipo para guía 2

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2.2.3. Prototipo 3 →

Este prototipo es operado de manera manual con un sistema de dirección y pedales para el freno y acelerado del motor, el motor a utilizar es un estacionario motores que son muy eficientes para la agricultura ya que tienen mayor torque y con un embrague centrifugo que al acelerar recién activa el avance esto transmitido con cadena al giro del rotor con paletas de forma helicoidal de afuera hacia en medio, al otro extremo es acoplado a una caja reductora de velocidad para el avance del toda la máquina, los frenos son de manera mecánica con disco ya que no estará a altas velocidades es muy eficiente.

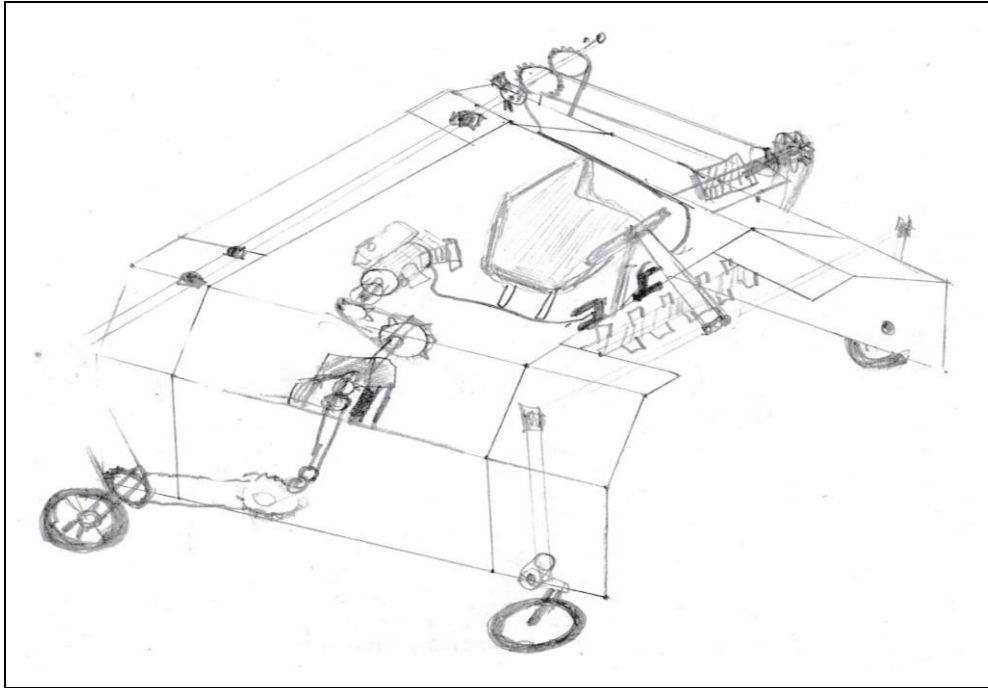


Figura 68. Esquema de prototipo para guía 3

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2.3. Determinación de la solución óptima

La determinación de solución se realiza una valoración de 1 como mínimo a 4 como máximo según sea el criterio técnico y económico que presenta la tabla considerados de la lista de exigencias.

4.2.3.1. Valorización de la lista de exigencia

De la tabla 35 se logra obtener los resultados a comparación porcentual de una solución ideal en 0.74% en la primera solución, 0.68% en la segunda solución y 0.82% en la tercera solución de esta manera al no diferenciarse por cantidades considerables aplicaremos un método de ponderación según la metodología VDI 2225.

Tabla 35. *tabla de evaluación según la lista de exigencia*

N°	Criterios Técnicos y Económicos	Soluciones			
		S1	S2	S3	S ideal
1	Seguridad	3	2	3	4
2	Rapidez	3	2	3	4
3	Estabilidad	3	2	3	4
4	Eficiencia	3	2	4	4
5	Manipulación	3	3	3	4
6	Confiabilidad	4	3	4	4
7	Facilidad de manejo	3	3	3	4
8	Transportabilidad	4	2	3	4
9	Calidad de trabajo	3	2	4	4
10	Complejidad	3	3	3	4
11	Lista de exigencias	3	3	3	4
12	Automatización	2	3	2	4
13	Números de piezas	3	3	4	4
14	Fácil adquisición de materiales	1	3	4	4
15	Productividad	3	3	4	4
16	Costos diversos	3	2	3	4
17	Pocos desperdicios	3	3	3	4
18	Numero de operarios	4	4	4	4
19	Costo de tecnología	3	2	3	4
20	Facilidad de montaje	3	3	3	4
21	Facilidad de mantenimiento	2	3	3	4
22	Costo de operación	3	4	3	4
TOTAL		65	60	72	88
EVALUACION (%)		0.74	0.68	0.82	1

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2.3.2. Valorización para hallar valor técnico

En la tabla 36 se realiza la evaluación del valor técnico (Xi) considerado la escala de valores según VDI 2225 donde:

❖ P = puntaje de 0 a 4

0 = No satisface 1 = poco aceptable 2 = suficiente 3 = bien
4 = muy bien (ideal)

- ❖ g = es el peso ponderado y se da en función a la importancia de cada criterio a evaluar

Tabla 36. *Tabla de evaluación de valor técnico (Xi)*

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	Gp
1	Funcion	8	3	24	2	16	3	24	4	32
2	Forma	6	2	12	2	12	3	18	4	24
3	Diseño	9	2	18	3	27	3	27	4	36
4	Fuerza	8	4	32	1	8	4	32	4	32
5	Energia	9	3	27	2	18	3	27	4	36
6	Fabricacion	7	2	14	2	14	2	14	4	28
7	Control de Calidad	10	2	20	2	20	3	30	4	40
8	Montaje	7	2	14	2	14	2	14	4	28
9	Transporte	6	2	12	2	12	2	12	4	24
10	Uso	8	3	24	3	24	3	24	4	32
11	Mantenimiento	7	3	21	3	21	3	21	4	28
12	Ergonomia	6	3	18	2	12	3	18	4	24
13	Seguridad	8	3	24	2	16	3	24	4	32
Puntaje $\sum gp$			260		214		285		396	
Valor			0.66		0.54		0.72		1	

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$x_1 = \frac{g_1 * p_1 + g_2 * p_2 + \dots + g_n * p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) * p_{ideal}} \leq 1 \quad (4.2.1)$$

4.2.3.3. Valorización para hallar el valor económico

En la tabla 37 se realiza la evaluación del valor económico (Yi) considerado la escala de valores según VDI 2225 donde:

- ❖ P = puntaje de 0 a 4

0 = No satisface 1 = poco aceptable 2 = suficiente 3 = bien
4 = muy bien (ideal)

- ❖ g = es el peso ponderado y se da en función a la importancia de cada criterio a evaluar

Tabla 37. *Tabla e evaluación de valor económico (Yi)*

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. ideal	
			S1		S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	costo de material	8	3	24	3	24	3	24	4	32
2	costo de fabricación	7	2	14	2	14	4	28	4	28
3	costo de montaje	7	2	14	4	28	3	21	4	28
4	costo de mantenimiento	8	2	16	2	16	2	16	4	32
Puntaje Σgp			68		82		89		120	
Valor económico Y_i			0.57		0.68		0.74		1	

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$y_1 = \frac{g_1 * p_1 + g_2 * p_2 + \dots + g_n * p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) * p_{ideal}} \leq 1 \quad (4.2.2)$$

Tabla 38. *Tabla de comparación de resultados evaluados*

	Eje x (valoración técnica) %	Eje y (valoración económica)%
Solución 1	0.66	0.57
Solución 2	0.54	0.68
Solución 3	0.72	0.74

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2.3.4. Toma de decisiones según las valorizaciones

El resultado de la evaluación de soluciones se da gráficamente en la figura 69 dando como diferencia notoria la elección del prototipo de la solución 3, es el que se aproxima más a la recta de dispersión lineal y al punto extremo más

alto, la cual presenta mayor eficiencia al ejecutar el proceso del volteado y la operatividad de la maquina es más sencilla evitando esfuerzos a los operarios como el prototipo 2 y siendo de menos costo debido a la realidad que se vive en este área de compostaje de la Municipalidad distrital de El Tambo a diferencia del prototipo 1.

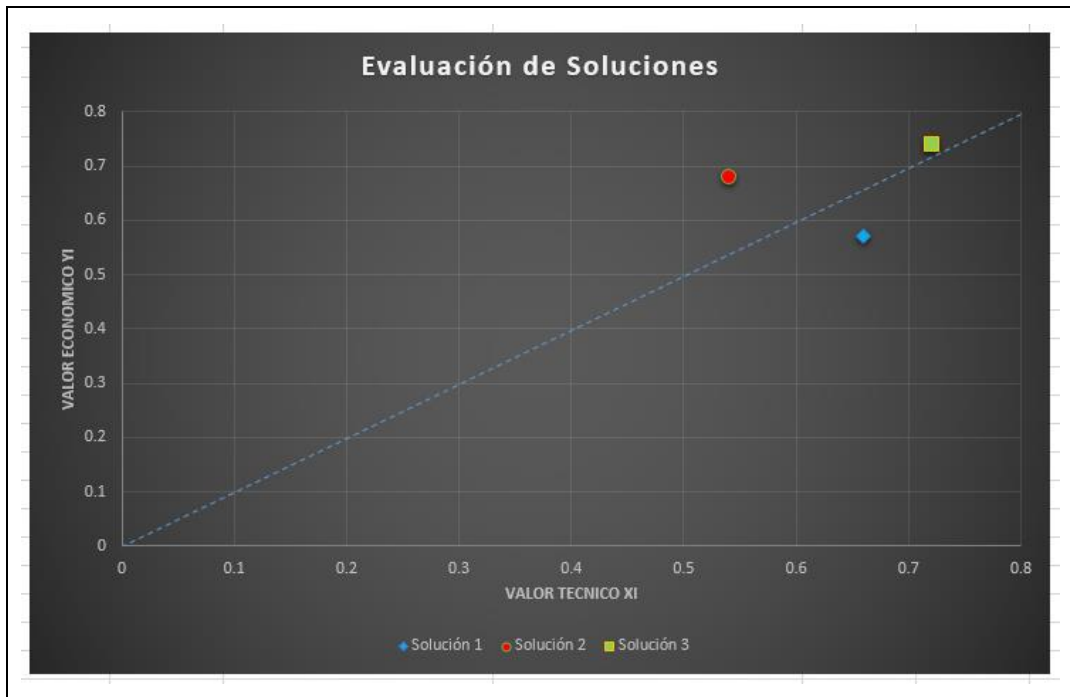


Figura 69. Cuadro de dispersión lineal para elección de resultado

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3. Diseño

De lo redactado en las bases teóricas y teniendo en cuenta el planteamiento y justificación del problema, se llega a deducir y sacar los siguientes cálculos para la formación de pilas de compost.

Se logra pesar algunas muestras sacadas del área de compostaje de la municipalidad de El Tambo, estas muestras son de diversas fases con ello se logra saber la densidad del material en distintas fases y así poder trabajar con el más elevado para ello se realizó los siguiente.

- Se tiene un recipiente con dimensiones conocidas y peso conocido en nuestro caso las dimensiones del recipiente son: altura 6 cm y base circular de diámetro 14 cm con un peso de 35 gramos
- En estos recipientes son llenados las muestras que fueron extraídas en diferentes fases del compost.
- Estos son pesados de manera cual al resultado se le restara el peso del recipiente para poder tener el peso solo del material.
- Al resultado se le divide entre las dimensiones del recipiente ya que este será el volumen que puede albergar en ello.
- El resultado de ello será la densidad.

Tabla 39. *Calculo de densidades*

Fase del compost	Peso del recipiente	Volumen que abarca el recipiente	Peso del material con el recipiente	Peso del material	Densidad en gr/cm^3	Densidad en kg/m^3
Mesofilico	35 gr	923.63 cm^3	370 gr	335 gr	0.363	363
Termofilico	35 gr	923.63 cm^3	570 gr	535 gr	0.580	580
Enfriamiento	35 gr	923.63 cm^3	425 gr	390 gr	0.422	422
maduración	35 gr	923.63 cm^3	265 gr	230 gr	0.250	250
Resultado final (compost)	35gr	923.63 cm^3	620 gr	585 gr	0.634	634

Fuente: Elaboración propia, 2018

De las densidades debido a que el material que tiene mayor densidad es en el resultado final se tomara como referencia para el diseño de la removedora de compost.

La pila de compost será de forma de prisma triangular ya que son más efectivos y recomendable esto fue vistos en el marco teórico de ello se logra sacar las dimensiones que serán las recomendables para el trabajo que se realizara en el área de compostaje.

Tabla 40. *Datos básicos de las pilas de compost*

DENOMINACIÓN	MEDICIÓN
Base de la pila de compost	1.2 m
Altura máxima de la pila de compost	1 m
Área triangular de la pila	0.6 m ²
Rotación de eje de paletas	150 RPM
Capacidad de volteado	Ton/h

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para las pilas de abono orgánico en el área de compostaje de la Municipalidad de El Tambo se cuenta con 1800 m² las cuales es distribuido como muestra la figura 70, esto debido a la recolección que se hace diaria, se forma una pila de compost en 10 días donde empieza el proceso de compostaje, es recomendable realizar el compostaje por pilas ya que como se menciona en el capítulo dos en las bases teóricas al agregar o quitar el material afecta al resultado que puedes obtener como compost final.

Tabla 41. *Datos básicos de las pilas de compost*

DENOMINACIÓN	MEDICIÓN
Base de la pila de compost	1.2 m
Altura máxima de la pila de compost	1 m
Área triangular de la pila	0.6 m ²
Rotación de eje de paletas	150 RPM
Capacidad de volteado	20 Ton/h

Fuente: Elaboración propia, 2018

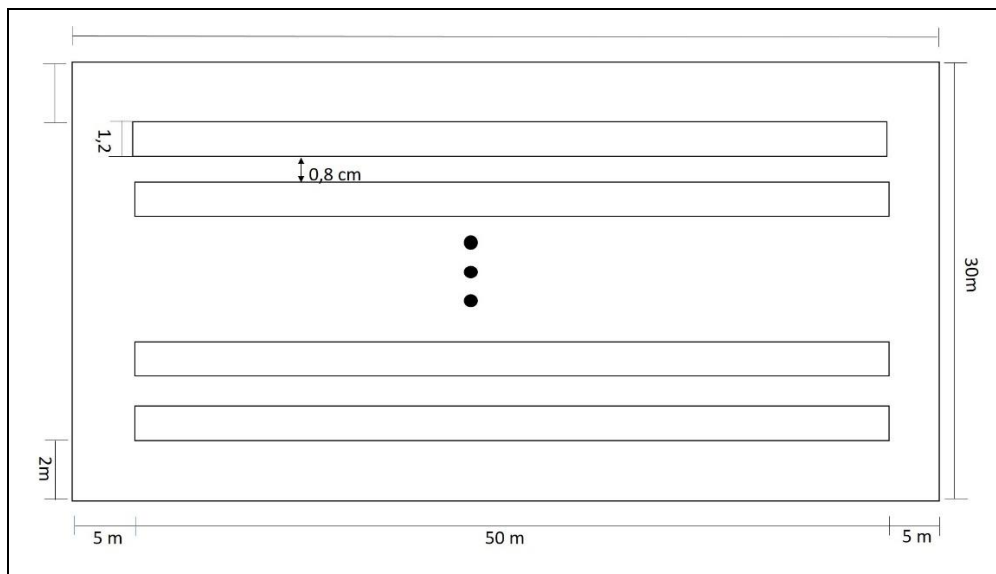


Figura 70. Distribución de pilas de compost

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3.1. Sistema de volteado

4.3.1.1. Rotor

El rotor está conformado por las paletas que levantarán el compost orgánico, cada una de las paletas está unida a su respectivo soporte ya sea en diagonal o perpendicular donde estas están soldadas al cilindro, las bases están ubicadas de forma espiral alrededor del cilindro con una gradiente de 45° hacia el centro desde ambos extremos por dos revoluciones, en la parte central se ubican paletas perpendiculares hacia el rotor ya que estas realizarán mayores esfuerzos.

4.3.1.1.1. Cálculos previos

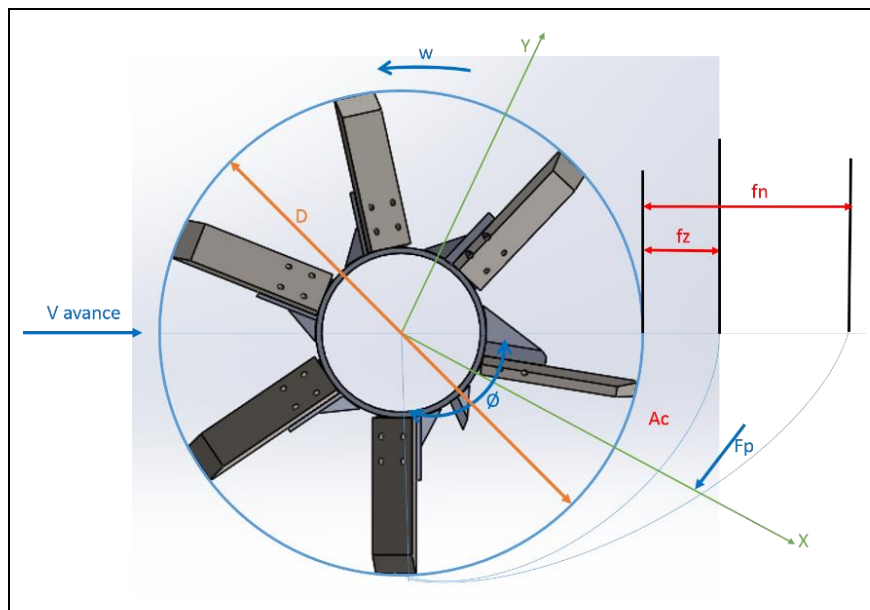


Figura 71. Diagrama de fuerzas de paletas

Fuente: Elaboración propia, 2018

❖ Tiempo en una revolución

$$t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{1 \text{ rev}}{150 \text{ rpm}} = 6.7 * 10^{-3} \text{ min} = 0.4 \text{ seg} \quad (4.3.1)$$

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

$$V = A_{pila} * e \quad (4.3.2)$$

$$e = v_{avance} * t$$

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

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

Donde: v_{avance} =velocidad lineal del rotor m/seg, \dot{V} =flujo volumétrico del compost m^3/seg , A= area triangular del compost m^2 , t =tiempo que una rev, ω = velocidad angular del rotor rev/seg.

$$v_{avance} = \frac{8.76 * 10^{-3} \frac{m^3}{seg}}{0.6m^2 * 0.4seg * 2 \frac{rev}{seg}} = 0.018 \frac{m}{seg} = 1.08 \frac{m}{min} \quad (4.3.3)$$

❖ Flujo másico (\dot{m})

$$\dot{m} = \dot{V} * \delta_{compost} \quad (4.3.4)$$

Donde: \dot{m} =flujo masico de compost kg/min, \dot{V} =flujo volumétrico m^3/min , δ_{lodo} =densidad del lodo kg/m^3 .

$$\dot{m} = 0.53 \frac{m^3}{min} * 1200 \frac{kg}{m^3} = 636 \text{ kg/min} \quad (4.3.5)$$

❖ Avance por cada paleta (f_z)

$$f_z = \frac{v_{avance}}{\omega * Z} \quad (4.3.6)$$

Donde: f_z = Avance del rotor por cada paleta (m), ω =Velocidad angular del rotor (rpm), Z= Número de paletas en 1 revolución

$$f_z = \frac{1.08 \frac{m}{min}}{150RPM * 6 \text{ paletas}} = 1.2 * 10^{-3} \frac{m}{paleta} \quad (4.3.7)$$

- ❖ Avance de rotor por cada revolución (f_n)

$$f_n = f_z * Z \quad (4.3.8)$$

$$f_n = 1.2 * 10^{-3} \frac{m}{paleta} * 6 paleta = 7.2 * 10^{-3} m$$

- ❖ Longitud efectiva de trabajo (L_o)

$$L_o = \theta * D_t \quad (4.3.9)$$

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).

$$L_o = \frac{\pi}{2} rad * 510 mm = 801.11 mm = 0.8m \quad (4.3.10)$$

- ❖ Sección del compost que levantara cada paleta (A_c)

$$A_c = L_o * f_n \quad (4.3.11)$$

$$A_c = 0.8m * 7.2 * 10^{-3} m = 5.76 * 10^{-3} m^2$$

- ❖ Volumen que levantara cada paleta (V_c)

$$V_c = A_c * S \quad (4.3.12)$$

$$V_c = 5.76 * 10^{-3} m^2 * 0.09 m = 5.18 * 10^{-4} m^3$$

- ❖ Masa del compost que levantara cada paleta (m_p)

$$m_p = V_c * \delta_{compost} \quad (4.3.13)$$

$$m_p = 5.18 * 10^{-4} m^3 * 634 \frac{kg}{m^3} = 0.32 kg$$

- ❖ Masa que carga la paleta en la posición crítica

$$V_t = 0.09 m * 0.2 m * 0.55 m = 9.9 * 10^{-3} m^3$$

$$m_t = 9.9 * 10^{-3} m^3 * 634 \frac{kg}{m^3} = 6.2 kg$$

$$m_r = m_p + m_t = 0.32 kg + 6.2 kg = 6.52 kg$$

- ❖ Fuerza ejercida por cada paleta (F_p)

$$F_p = m_p * g \tag{ 4.3.14}$$

$$F_p = 6.52 kg * 9.8 \frac{m}{seg^2} = 63.8 N$$

- ❖ Fuerza total ejercida por las paletas (F_{tp})

$$F_{tp} = F_p * Cantidad\ de\ paletas \tag{ 4.3.15}$$

$$F_{tp} = 63.8 N * 36 = 2296.4 N$$

- ❖ Torque ejercido por el rotor (T_r)

$$T_r = F_{tp} * R_t \tag{ 4.3.16}$$

$$T_r = 2296.4 N * 0.20 m = 459.28 N.m$$

- ❖ Potencia requerida para girar el rotor (H_r)

$$H_r = T_r * \omega \tag{ 4.3.17}$$

$$H_r = 459.28 N.m * 28.27 \frac{rad}{seg} = 12980.8 w = 17.3 HP$$

Para la potencia se considera un factor de seguridad de 1.5 que nos ayuda a absorber algunos desgastes mecánicos y mejorar el rendimiento de la máquina, con el factor de seguridad se convertiría en:

$$H_a = H_r * F_s \tag{ 4.3.18}$$

$$H_a = 17.3 * 1.15 = 19.89 \text{ HP}$$

Se tendrá en cuenta para la elección del motor la potencia de 20HP debido a que en el ámbito comercial existe un estándar definido de equipo regido para todos los fabricantes.

4.3.1.1.2. Diseño de paletas

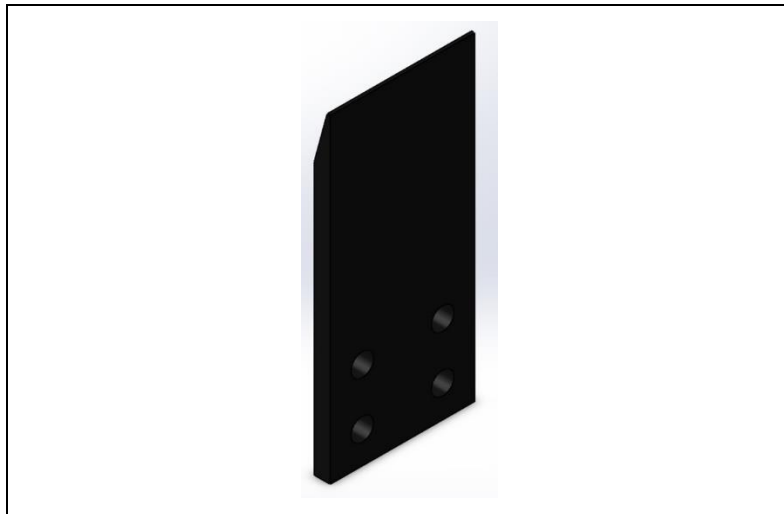


Figura 72. Paleta de carga

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para el diseño de las paletas se tendrán en cuenta los cálculos de esfuerzos según la carga que estas levantaran para ello se realiza el análisis de momento vector y momento flector con ello se definirán la resistencia del material a la que estará expuesto de este modo elegir el tipo de material y los tratamientos que se realizaran para el mejor rendimiento las dimensiones de la paleta son de 9 cm de ancho, 20 cm de y con un espesor de 3/8 pulg.

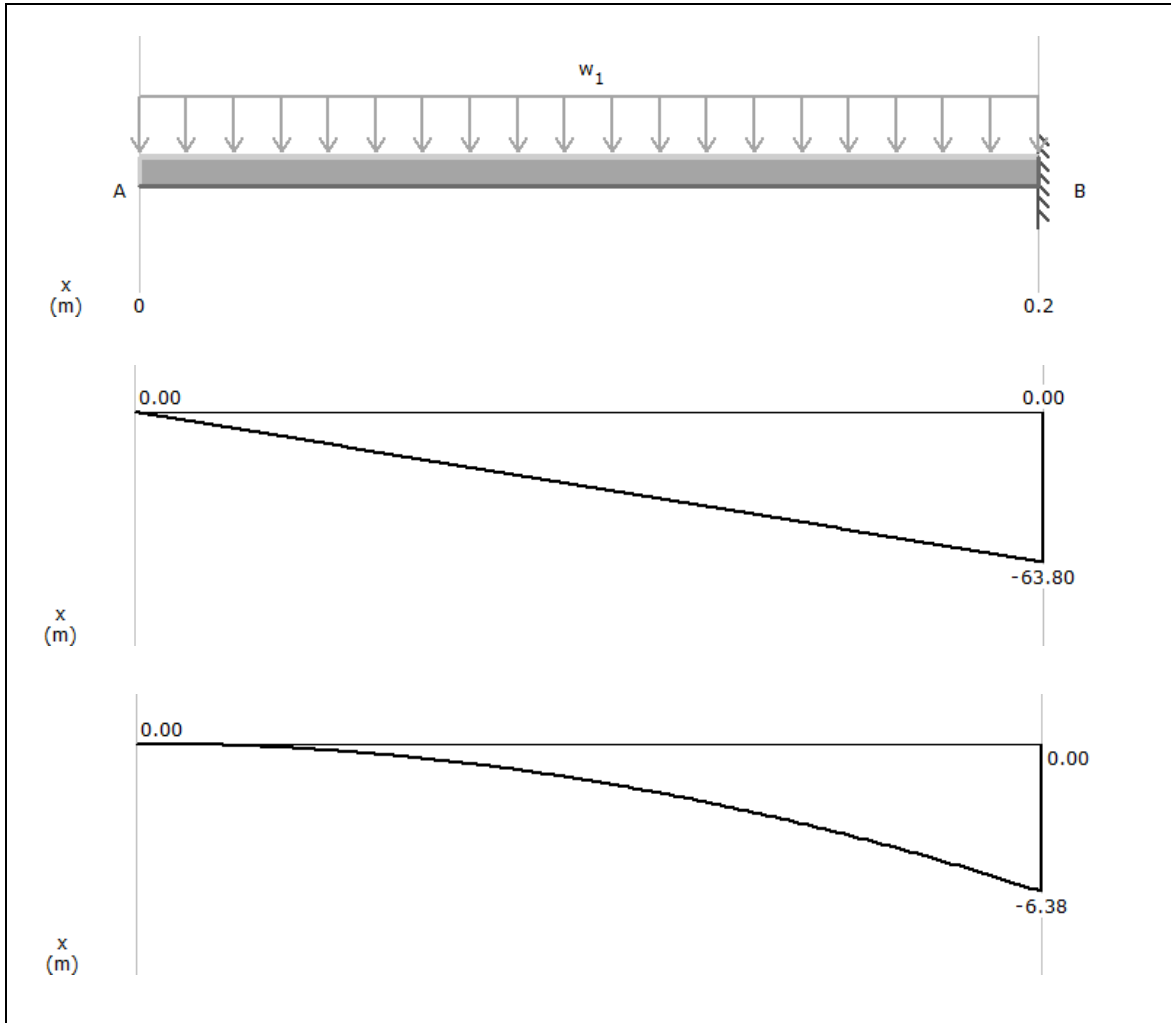


Figura 73. Diagrama cortante y flector de paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

❖ Cálculo de inercia de la paleta

$$I_p = I_x + I_y$$

$$I_p = \frac{b * h^3}{12} + \frac{h * b^3}{12}$$

$$I_p = \frac{0.09 * 0.0095^3}{12} + \frac{0.0095 * 0.09^3}{12} = 5.83 * 10^{-7}$$

❖ Cálculo de esfuerzo normal y cortante

$$\sigma_p = \frac{M_p * c}{I} = \pm \frac{6.38 * 4.74 * 10^{-3}}{5.83 * 10^{-7}} = 51.87 \text{ MPa}$$

$$\tau_p = \frac{T_p * d}{2I} = \frac{20.4 \text{ N.m} * (0.057 \text{ m})}{2 * (5.83 * 10^{-7} \text{ m}^4)} = 99 \text{ MPa}$$

La paleta según catálogos, conocimientos básicos y características a los que estará sometido se elige un acero SAE A1045 ya que estas pueden recibir tratamientos térmicos, debido a que estas paletas estarán en contacto con la humedad y realizara los máximos esfuerzos de la máquina, según el anexo 1 se logra obtener que el material de acero tiene como límite de fluencia 310 MPa resistencia a la tracción de 565 MPa con un espesor de 3/8" estas serán unidas por medio de pernos con tuerca y arandelas de 3/8" con las bases, las paletas tendrán que estar templado y revenido aumentando así la dureza y resistencia mecánica a la que estarán inmersas estos componentes de tal manera alargando el tiempo de vida y se le da la propiedad de soportar más la fatiga. Se realiza los cálculos a la que está expuesto dicho componente luego realizar a la comparación con el análisis de simulación de esfuerzos con el software solidworks.

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_p)^2 + 3(\tau_p)^2}$$

$$\sigma'_p = \sqrt{(51.87 \text{ MPa})^2 + 3(99 \text{ MPa})^2} = 179.14 \text{ MPa}$$

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

$$n_{cr} = \frac{310 \text{ MPa}}{179.14 \text{ MPa}} = 1.73$$

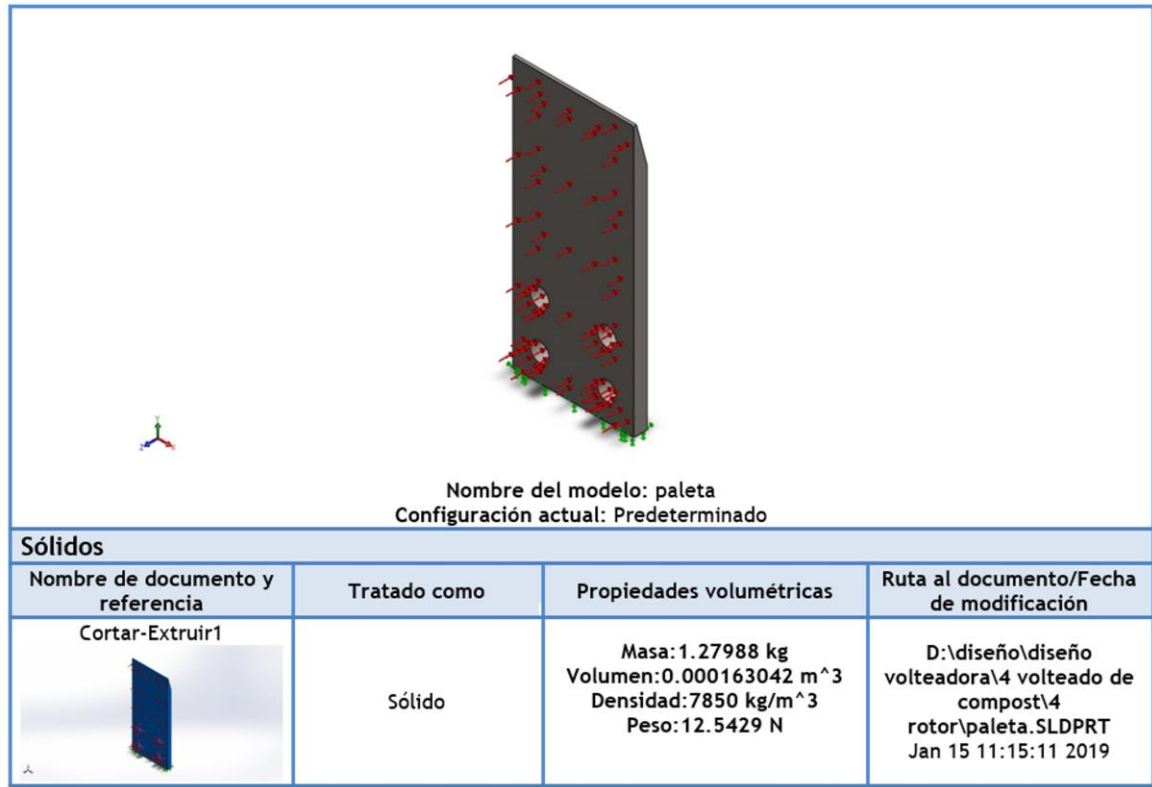


Figura 74. Modelamiento de paleta en solidworks

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 75 nos indica el resultado estático en tensiones de la paleta, teniendo la mayor incidencia en los orificios del perno según la escala de von Mises y también hacer referencia al límite elástico.

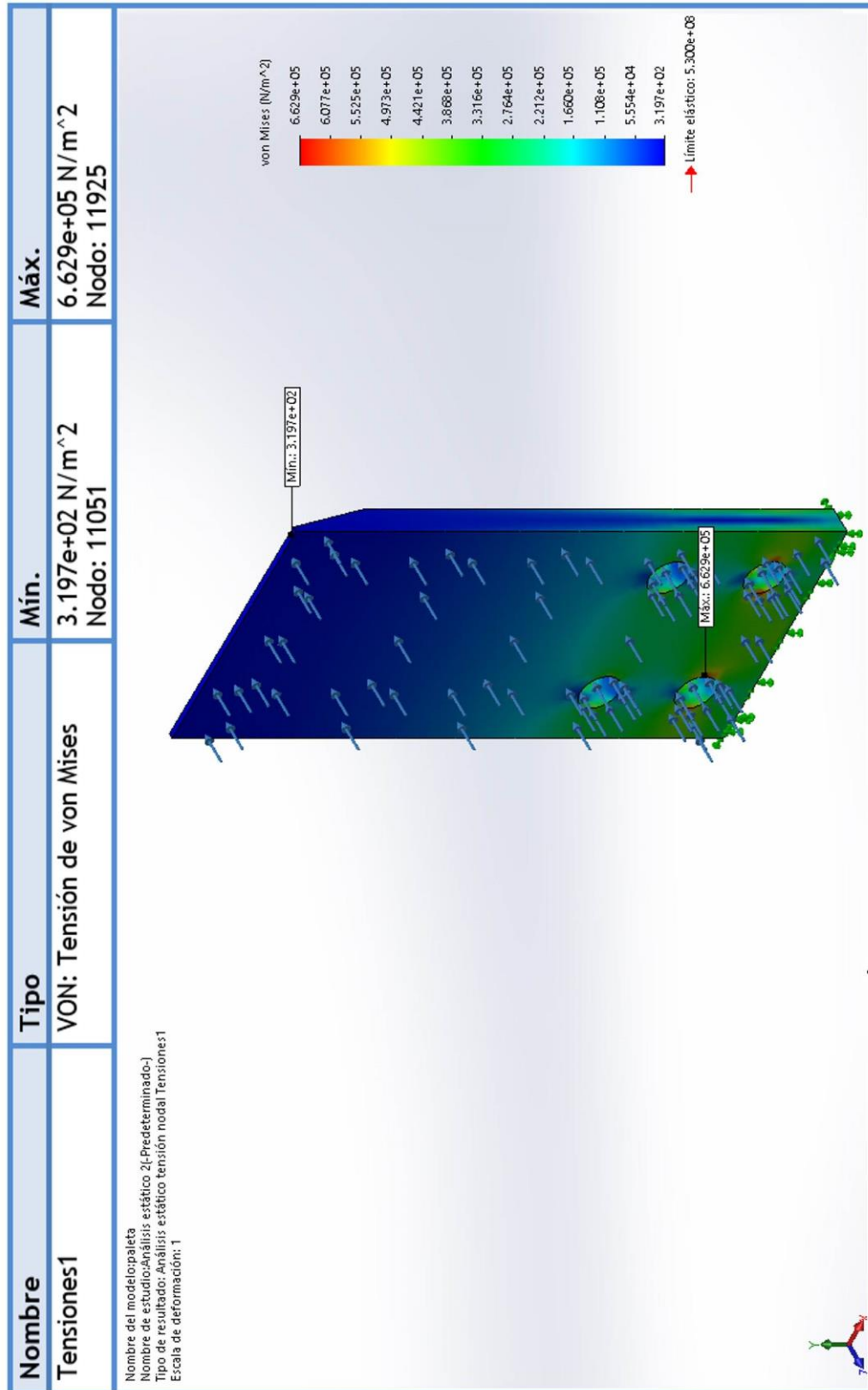


Figura 75. Análisis de paleta de tensiones

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 76 nos muestra el desplazamiento que realiza el material al deformarse siendo mínimo.

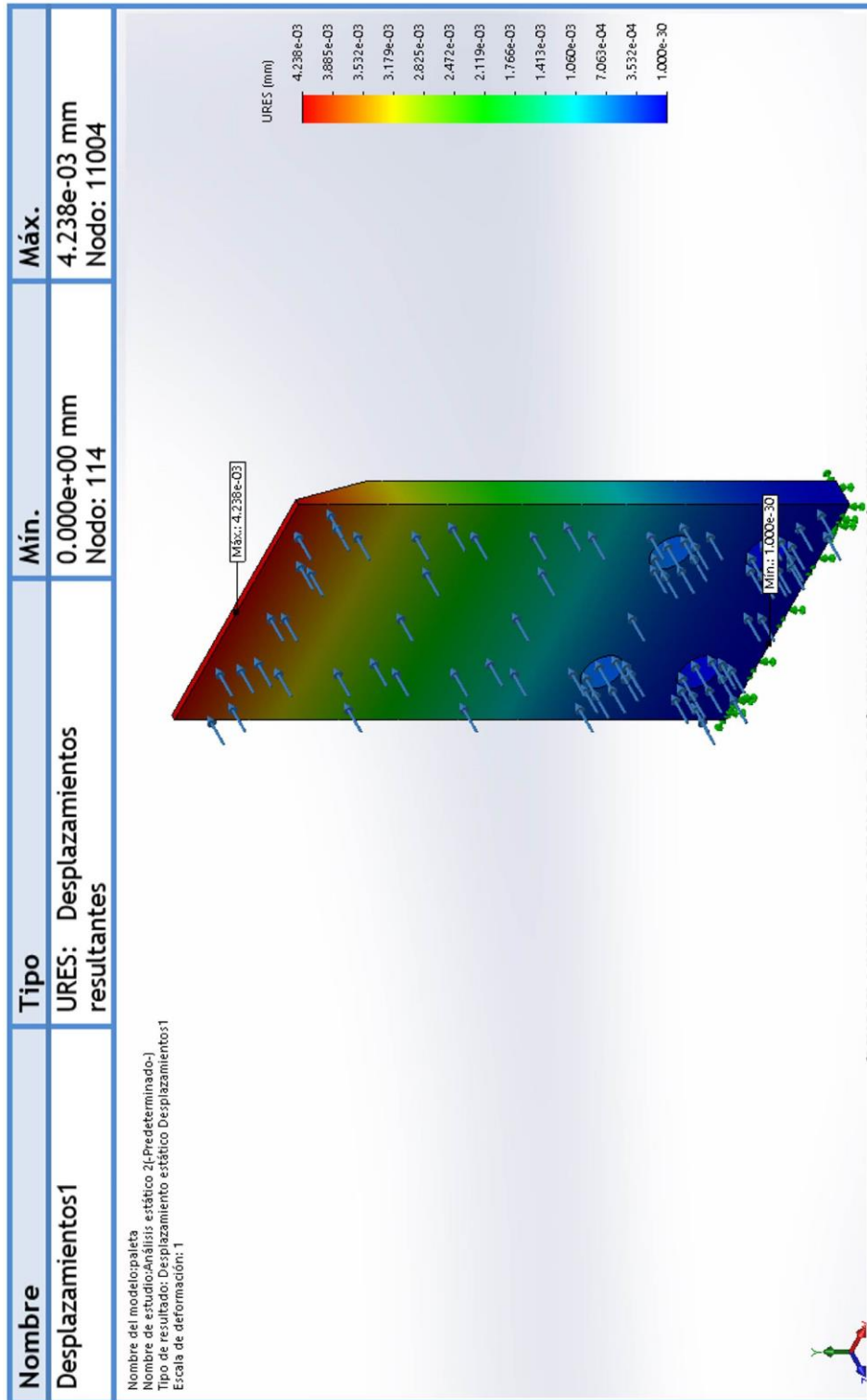


Figura 76. Análisis de paleta de desplazamiento

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 77 nos muestra la deformación que recibe el elemento donde la parte más afecta se da en los pernos de sujeción.

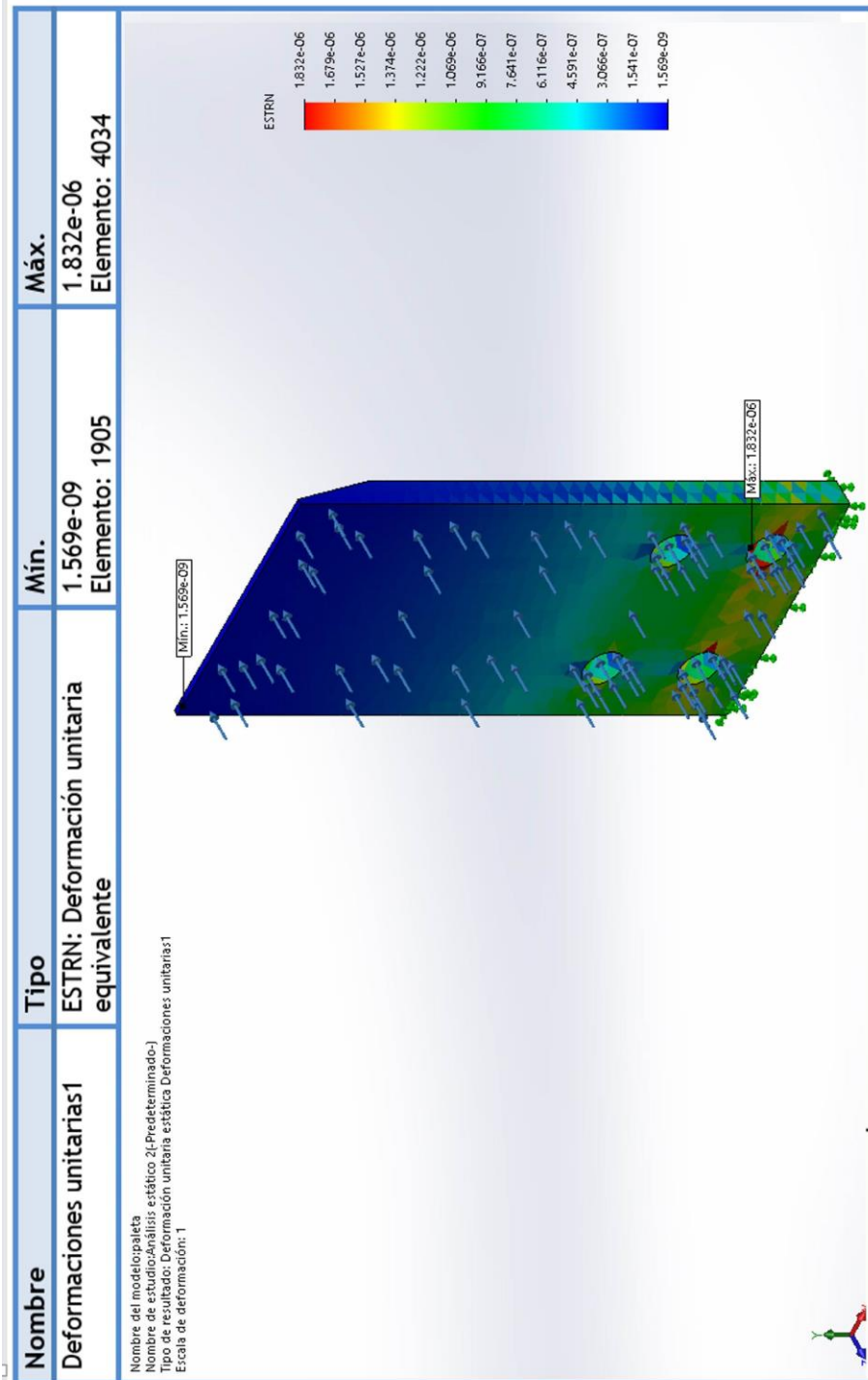


Figura 77. Análisis de paleta de deformaciones

Fuente: Elaboración propia, 2018

Nuestro factor de la paleta se encuentra en la figura 78 teniendo concordancia con nuestros cálculos, de esta manera demostrando que nuestro diseño será resistente al trabajo que realiza.

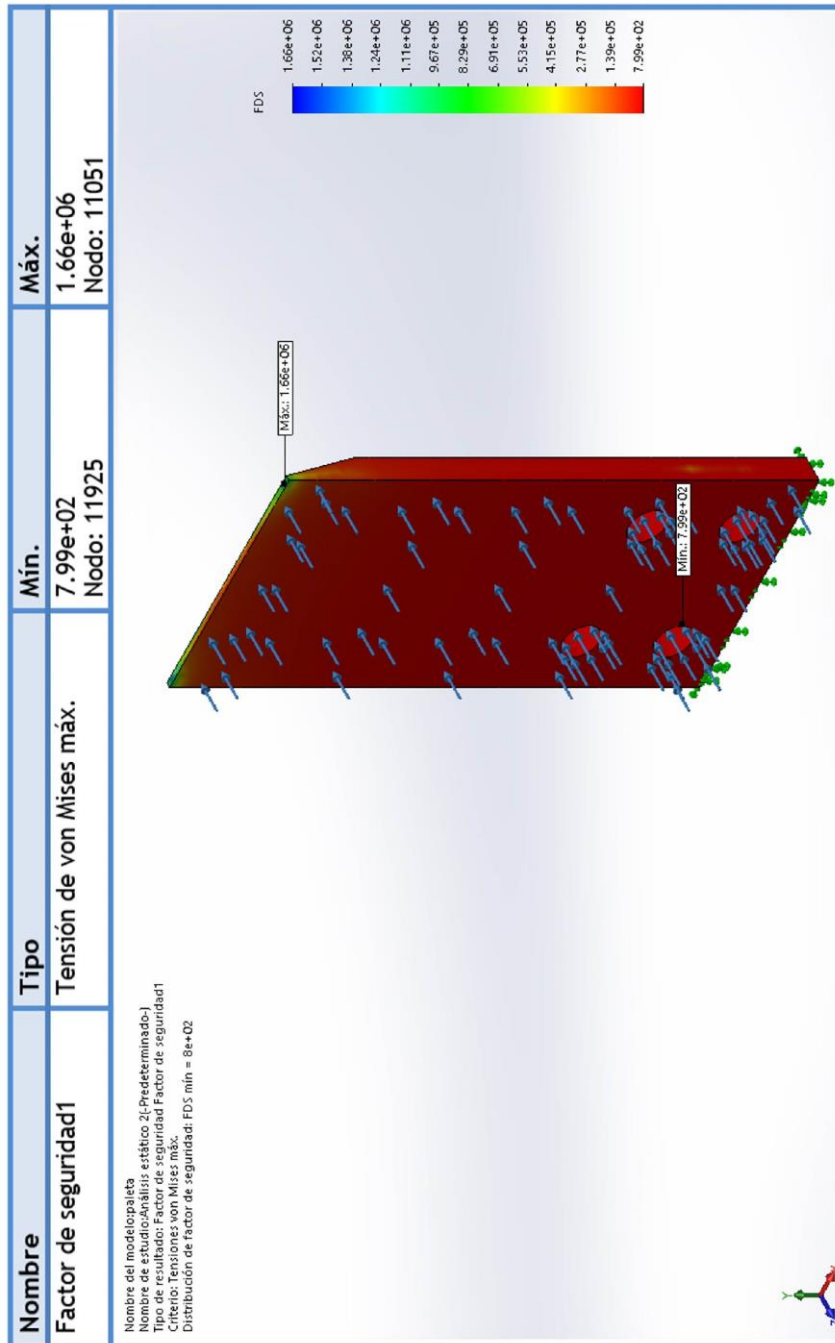


Figura 78. Análisis de paleta de factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3.1.1.3. Diseño de soportes

Las bases de las paletas son elaboradas con la plancha de acero ASTM A36, AISI A36 con un espesor de 3/8" la característica del material se muestra en el anexo 2.

Además, se diseñó dos tipos de soportes para las paletas que tendrán sentido perpendicular al cilindro principal y el otro con sentido de 45° con relación a la espiral formado desde los extremos de cilindro, estos soportes servirán para ser sujetadas con las paletas con los pernos ya mencionados.

Luego de diseñarlos se realizaron las pruebas de carga ejercidos al componente, los datos son tomados de los cálculos de las paletas, estas se ingresan al sistema teniendo en cuenta los materiales y coeficientes de seguridad.

❖ soporte perpendicular al cilindro

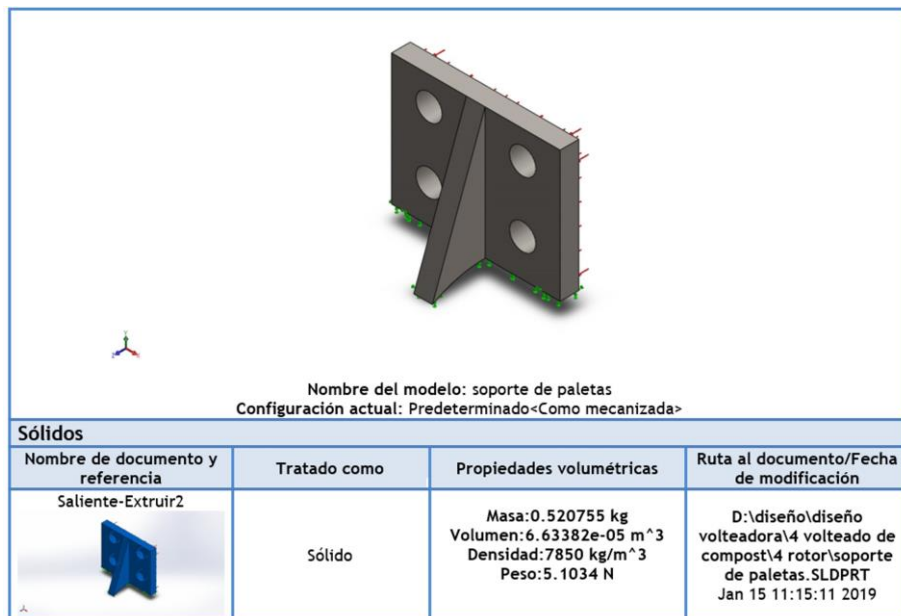


Figura 79. Modelamiento de soporte de paleta perpendicular en Solidworks

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 80 nos muestra el análisis estático de cargas en el soporte de paleta perpendicular, según la escala de Von Mises nos muestra que la zona más crítica se encuentra en la parte de la soldadura con $1.8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$. Y un límite elástico de 2.5.

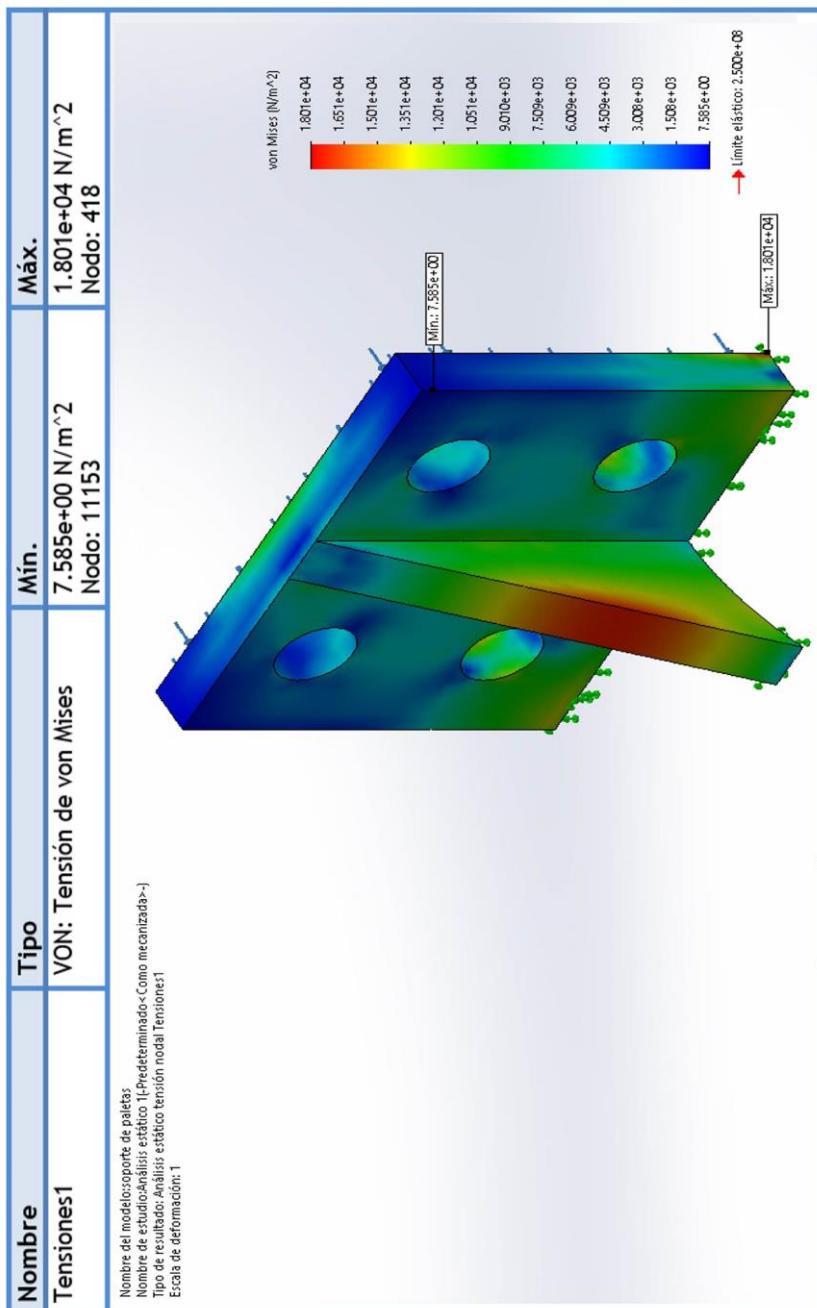


Figura 80. Análisis estático de soporte de paleta perpendicular

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 81 nos muestra en cuanto se desplaza el elemento como máximo siendo el más crítico en la parte superior de la paleta, según el resultado es muy mínima el desplazamiento por deformación.

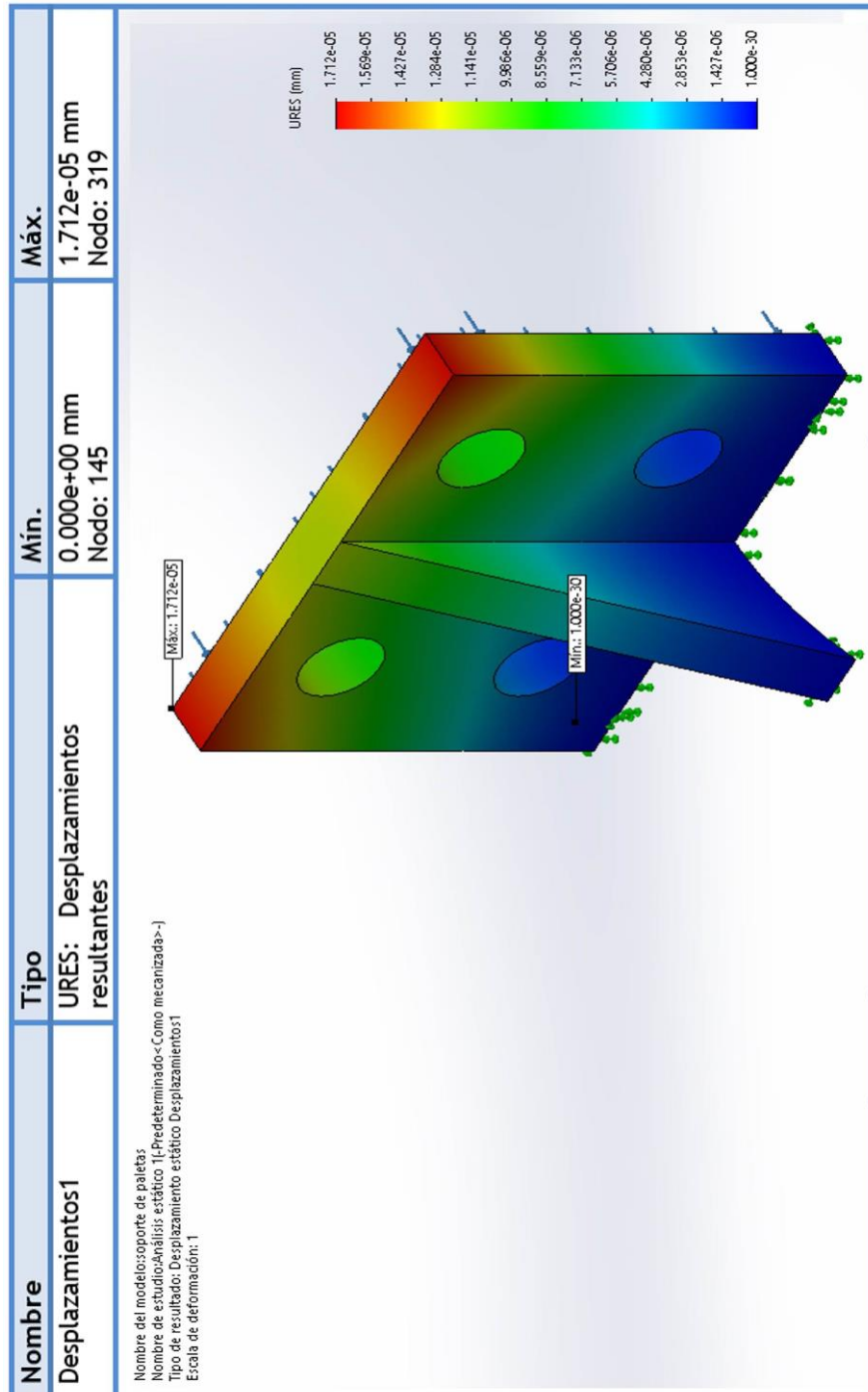


Figura 81. Análisis de desplazamiento de soporte de paleta perpendicular

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 82 nos indica la deformación que tendrá el elemento siendo el más crítico en la parte de anclaje al cilindro rotor con 7.075×10^{-8} .

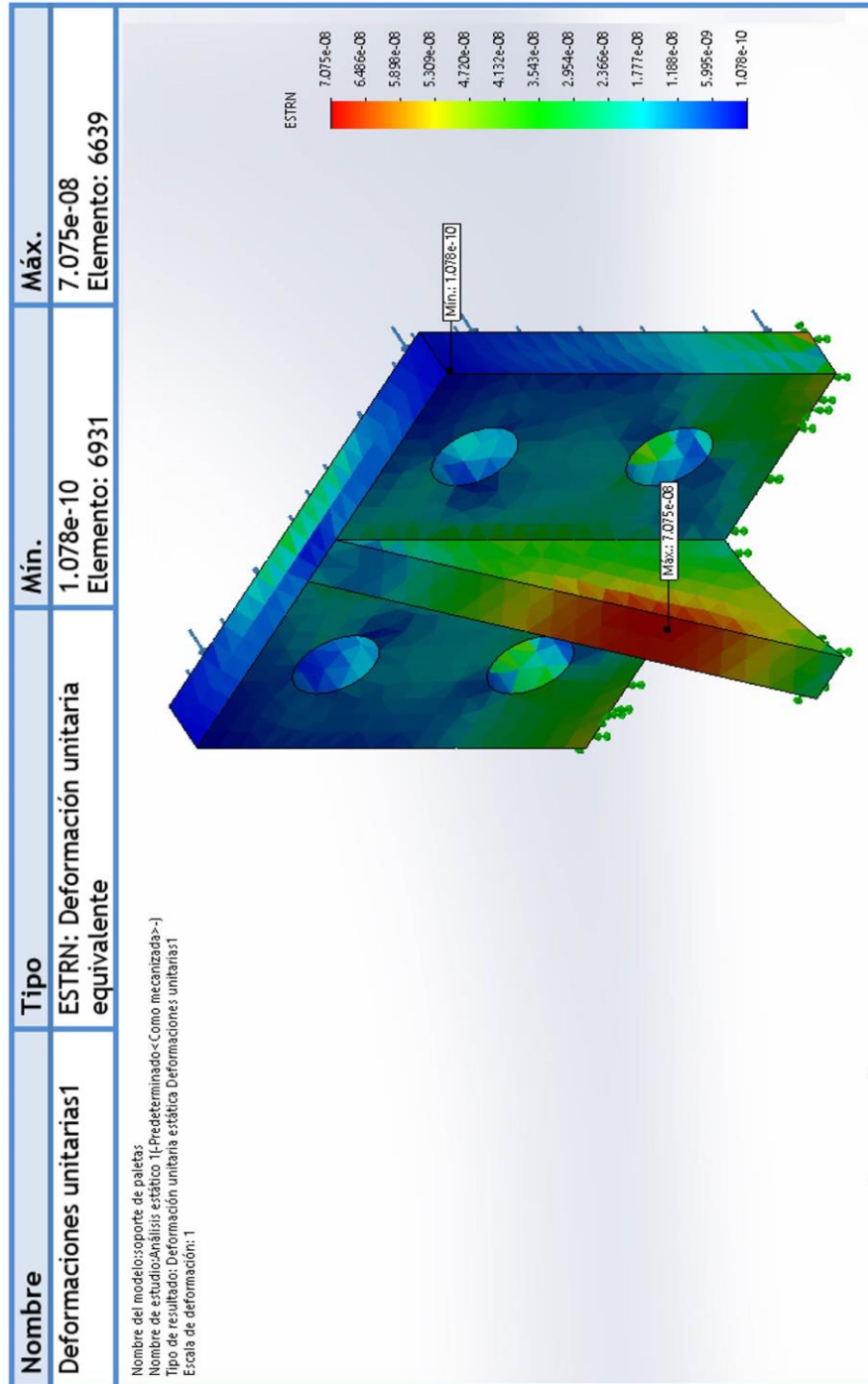


Figura 82. Análisis de deformaciones de soporte de paleta perpendicular

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 83 nos muestra el factor de seguridad según la escala de Von mises donde nos indica que el factor mínimo es de 1.38, dando por resultado la confiabilidad del elemento en la realización del trabajo que ejercerá en la maquina.

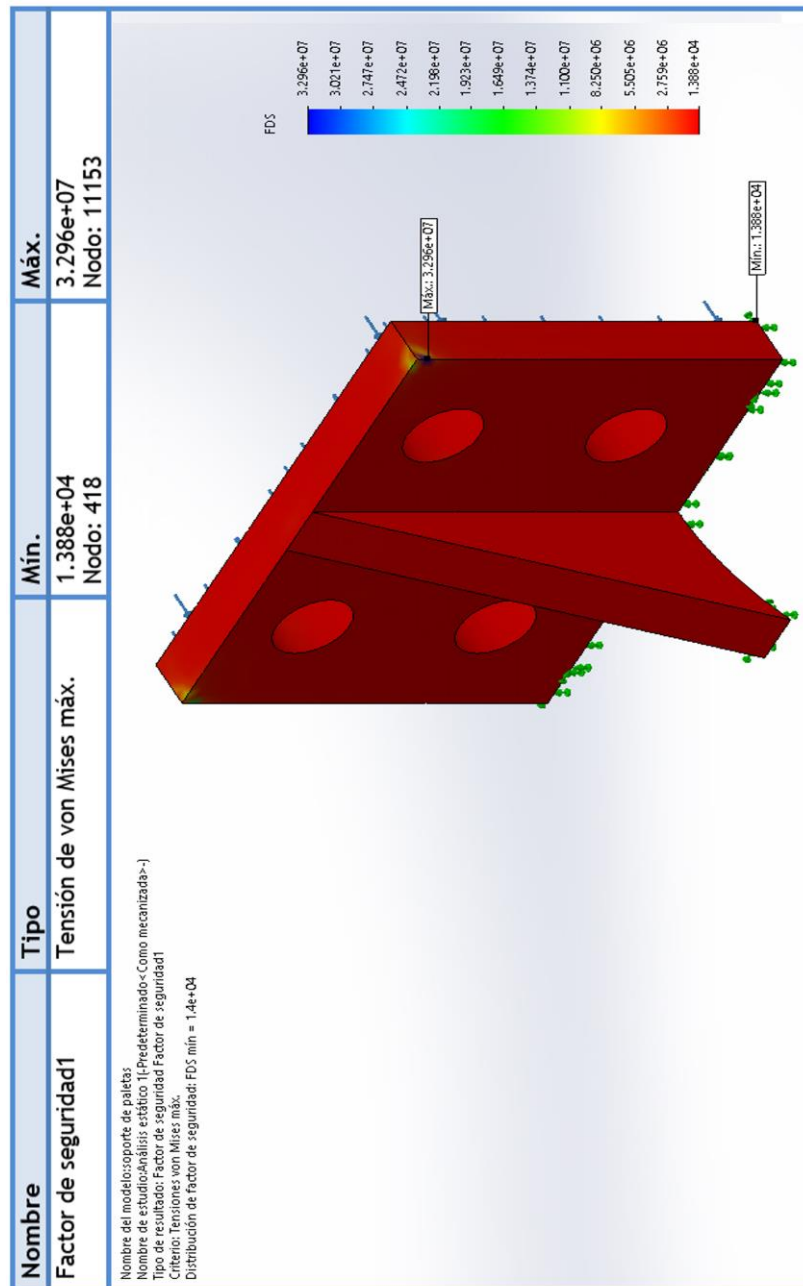


Figura 83. Análisis de factor de seguridad de soporte de paleta perpendicular

Fuente: Elaboración propia, 2018

❖ Soporte de paletas Diagonales



Figura 84. Modelamiento de soporte diagonal en Solidworks

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 85 nos muestra el análisis estático de cargas en el soporte de paleta perpendicular, según la escala de Von Mises nos muestra que la zona más crítica se encuentra en la parte de la soldadura con $1.82 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ y teniendo un límite elástico de 2.5.

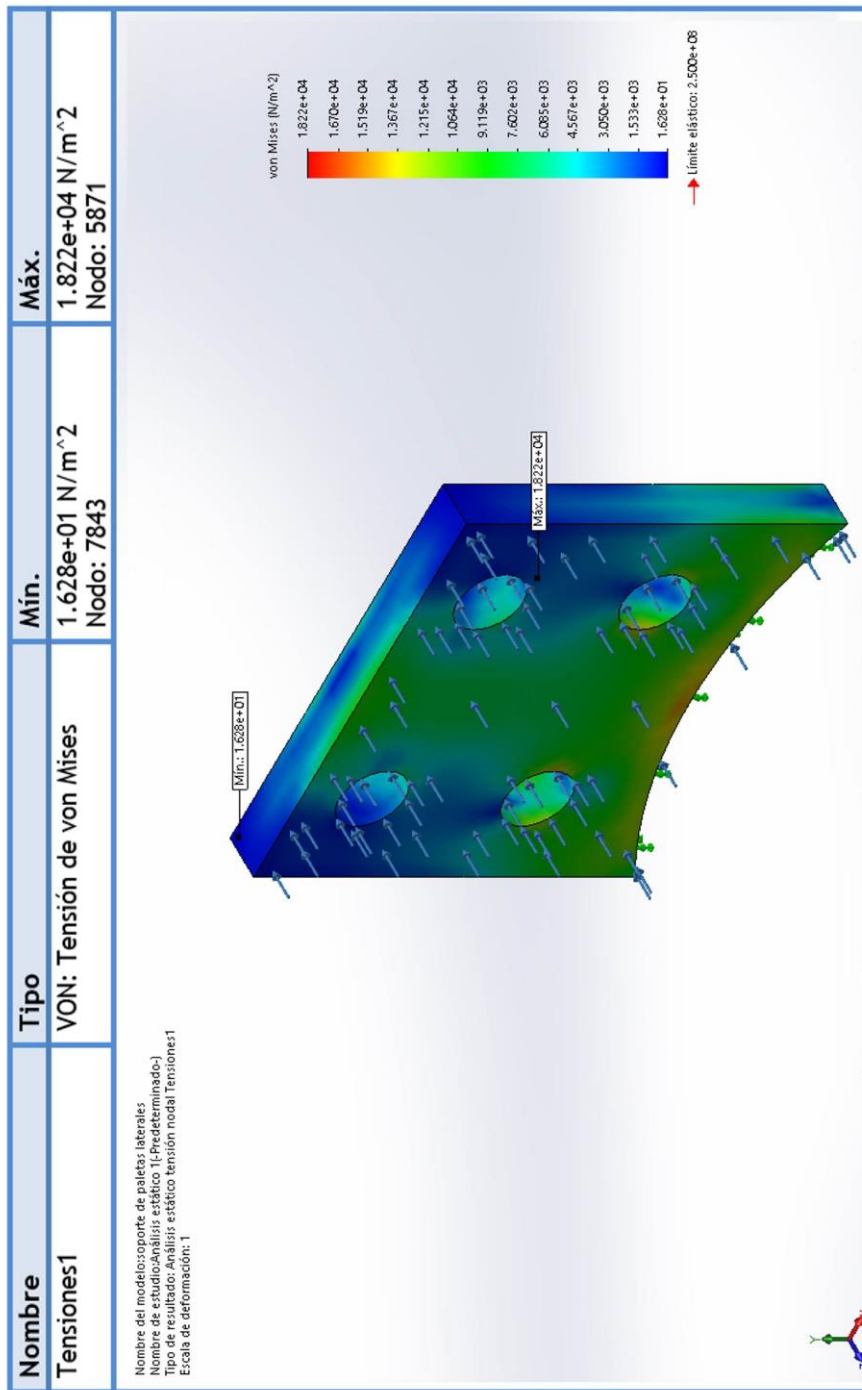


Figura 85. Análisis estático de soporte de paleta diagonal

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 86 nos muestra en cuanto se desplaza el elemento como máximo siendo el más crítico en la parte superior de la paleta.

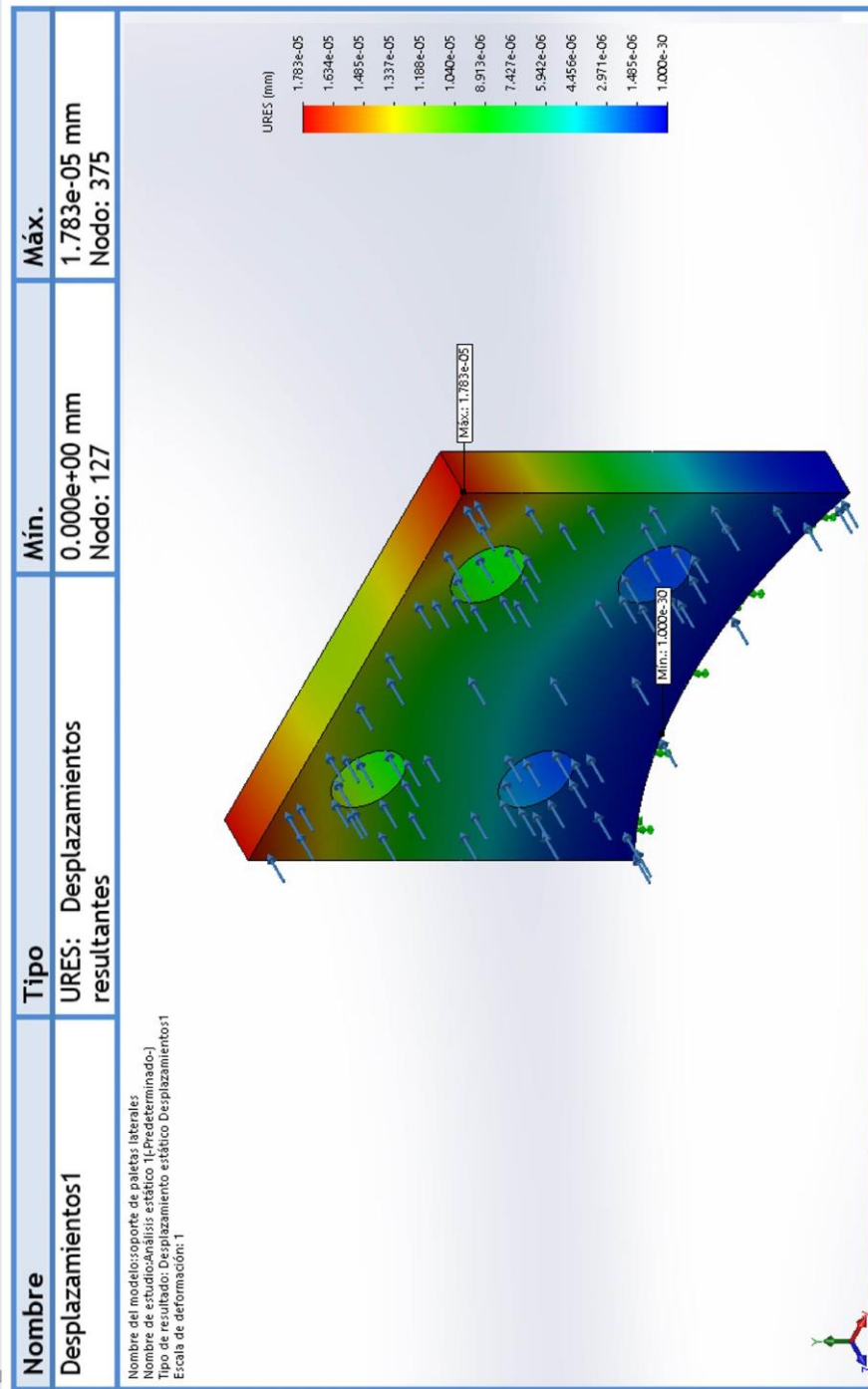


Figura 86. Análisis de desplazamiento del soporte de paleta diagonal

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 87 nos indica la deformación que tendrá el elemento siendo el más crítico cerca a los orificios de junta de perno con un 7.42×10^{-8} .

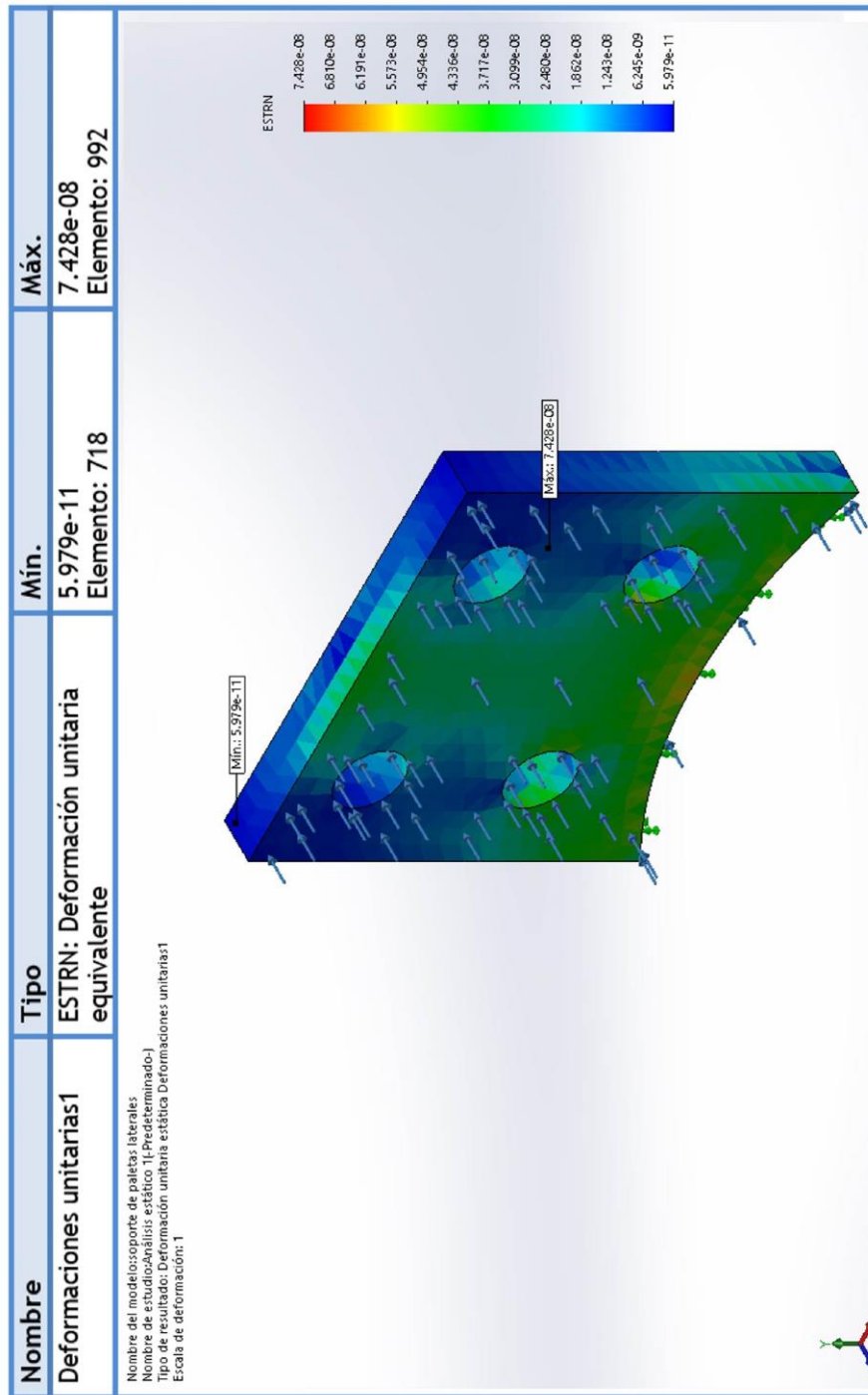


Figura 87. Análisis de deformaciones del soporte de paleta diagonal

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 88 nos muestra el factor de seguridad según la escala de Von mises donde nos indica que el factor mínimo es de 1.3, dando la confiabilidad de que el elemento resitira al trabajo que realizara en la maquina.

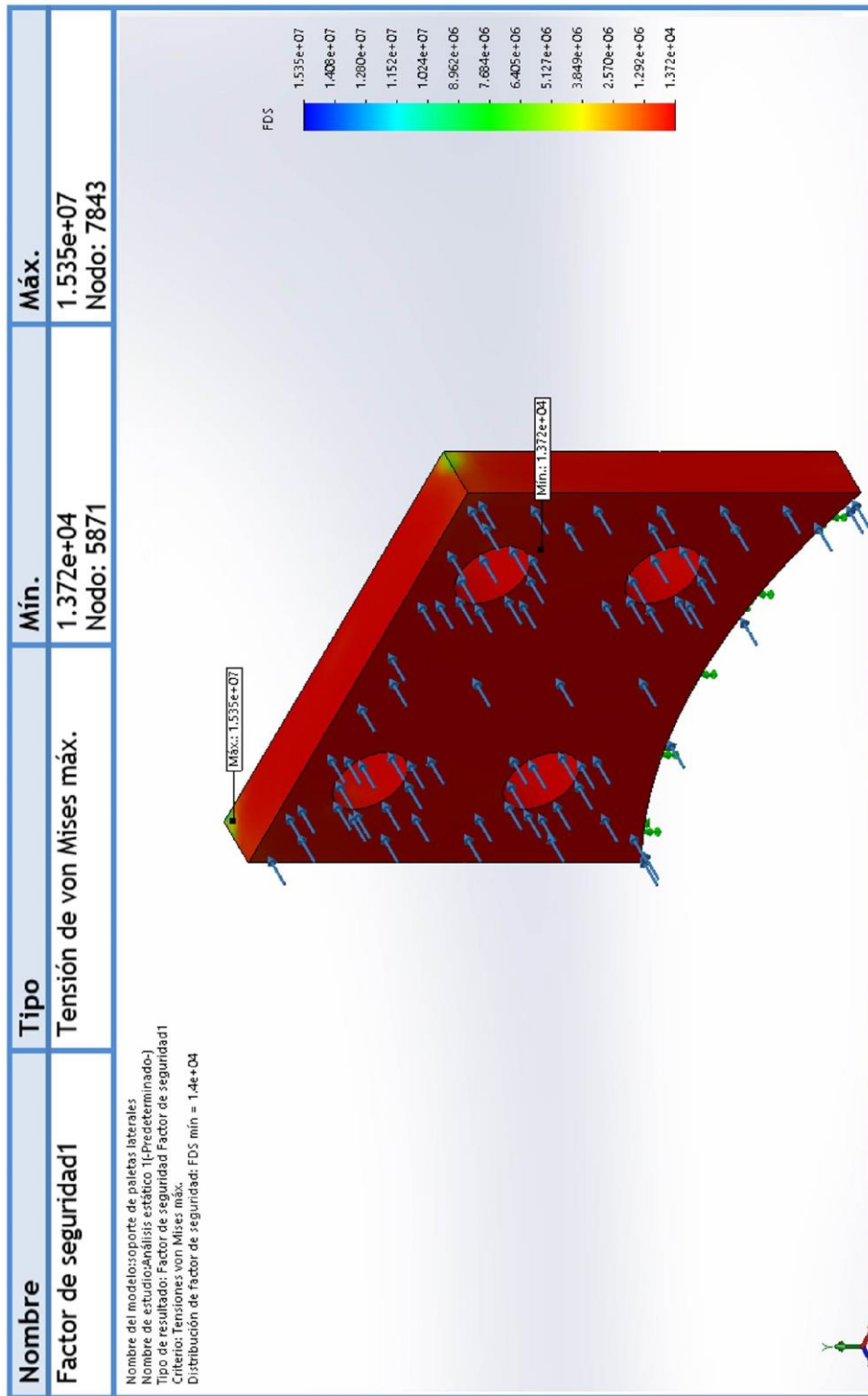


Figura 88. Análisis de factor de seguridad del soporte de paleta diagonal

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3.1.1.4. Diseño de cilindro y eje central

Para el cilindro y eje central se realiza el cálculo de fuerzas y momentos en cada una de las paletas que actúan en el rotor en las 6 direcciones considerando que la fuerza es de 63.8 N según nuestros cálculos previos.

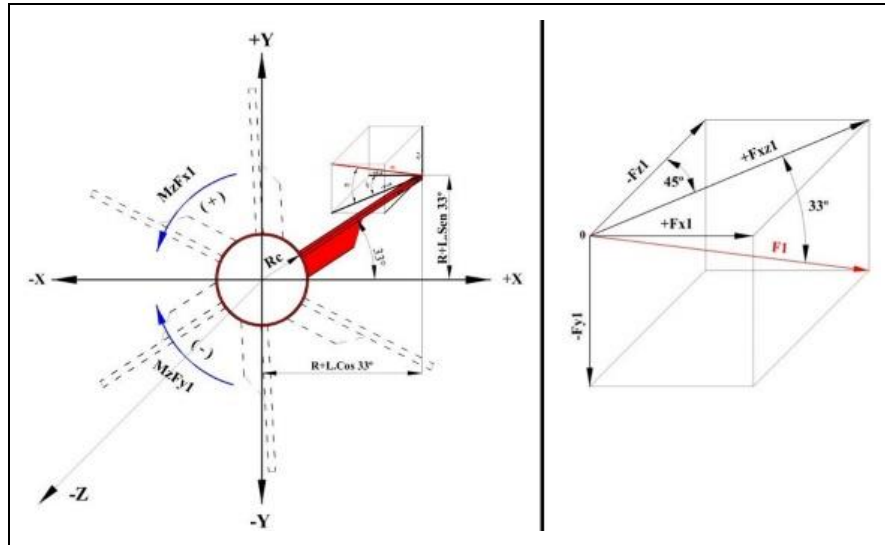


Figura 89. Cálculos primera paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$F_{y1} = -F_p * \sin 33^\circ = -63.8 * \sin 33^\circ = -34.74 \text{ N}$$

$$F_{xz1} = F_p * \cos 33^\circ = 63.8 \text{ N} * \cos 33^\circ = 53.50 \text{ N}$$

(4.3.19)

$$F_{x1} = F_{xz1} * \sin 45^\circ = 53.50 \text{ N} * \sin 45^\circ = 37.83 \text{ N}$$

$$F_{z1} = -F_{xz1} * \cos 45^\circ = -53.50 \text{ N} * \cos 45^\circ = -37.83 \text{ N}$$

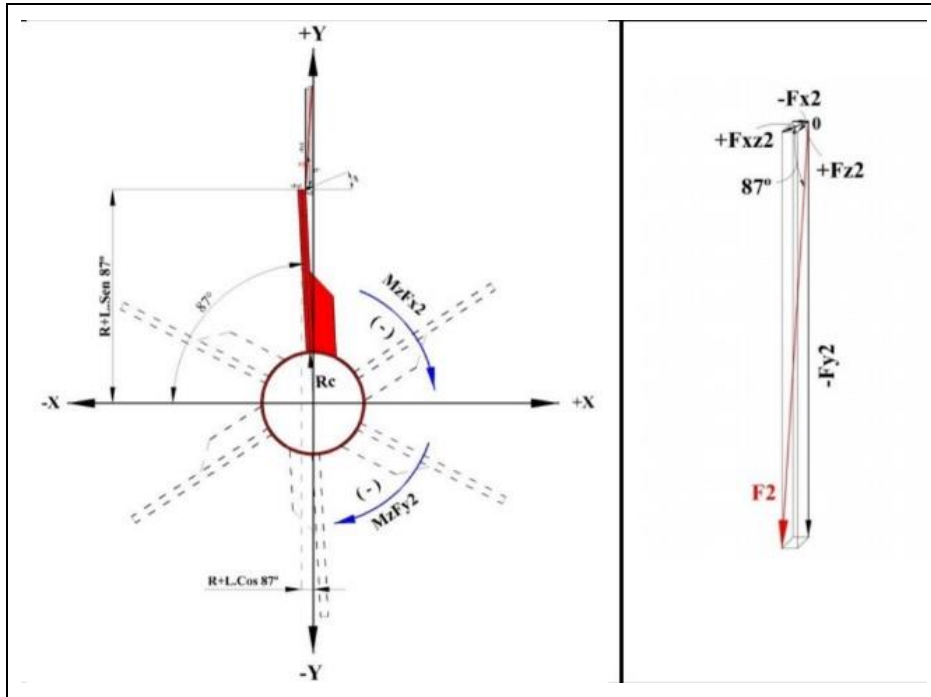


Figura 90. Cálculos segunda paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$F_{y2} = -F_p * \sin 87^\circ = -63.8 \text{ N} * \sin 87^\circ = -63.71 \text{ N}$$

$$F_{xz2} = F_p * \cos 87^\circ = 63.8 \text{ N} * \cos 87^\circ = 3.34 \text{ N}$$

(4.3.20)

$$F_{x2} = -F_{xz2} * \sin 45^\circ = -3.34 \text{ N} * \sin 45^\circ = -2.36 \text{ N}$$

$$F_{z2} = F_{xz2} * \cos 45^\circ = 3.34 \text{ N} * \cos 45^\circ = 2.36 \text{ N}$$

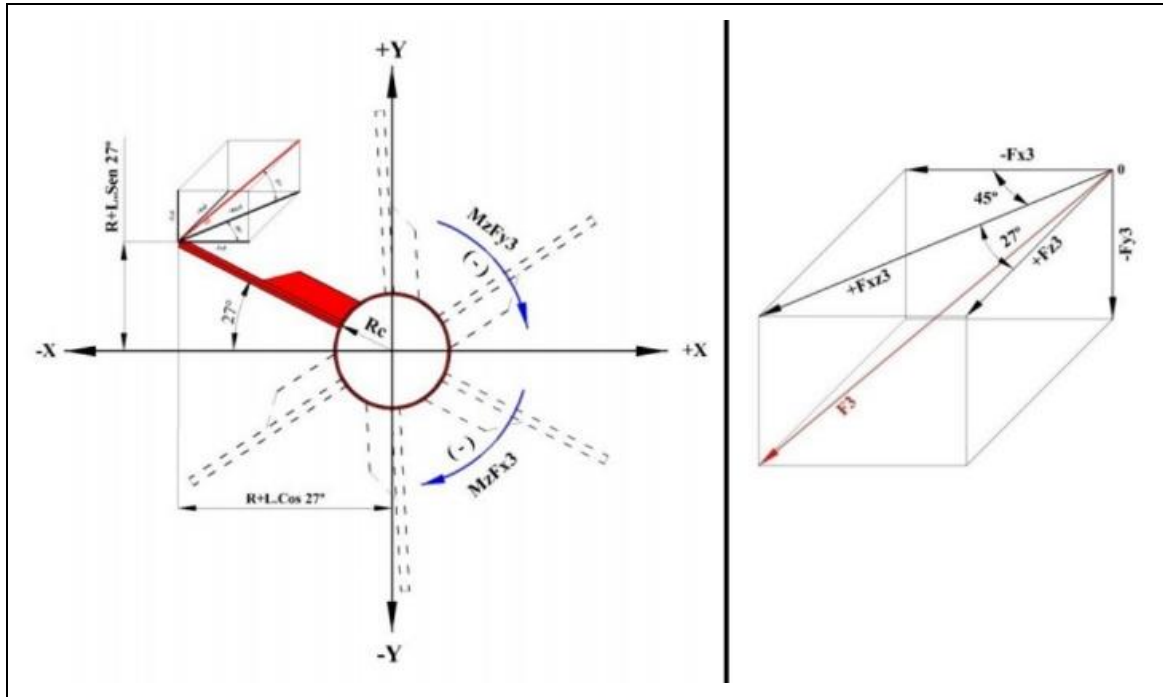


Figura 91. Cálculos tercera paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$F_{y3} = -F_p * \sin 27^\circ = -63.8 \text{ N} * \sin 27^\circ = -28.96 \text{ N}$$

$$F_{xz3} = F_p * \cos 27^\circ = 63.8 \text{ N} * \cos 27^\circ = 56.85 \text{ N}$$

(4.3.21)

$$F_{x3} = -F_{xz3} * \sin 45^\circ = -56.85 \text{ N} * \sin 45^\circ = -40.19 \text{ N}$$

$$F_{z3} = F_{xz3} * \cos 45^\circ = 56.85 \text{ N} * \cos 45^\circ = 40.19 \text{ N}$$

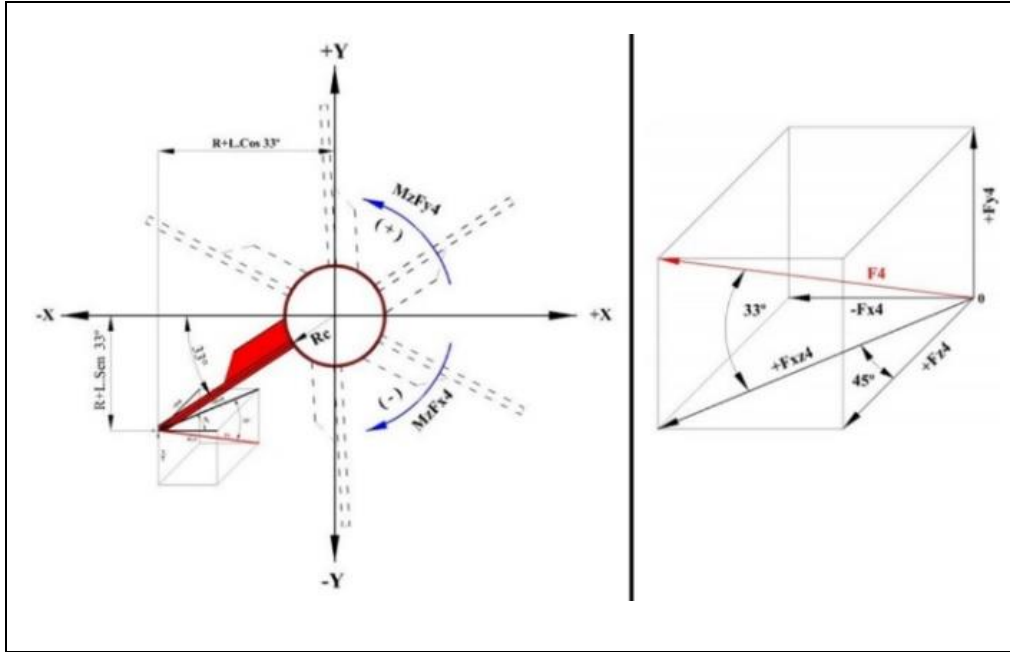


Figura 92. Cálculo cuarto paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$F_{y4} = F_p * \sin 33^\circ = 63.8 \text{ N} * \sin 33^\circ = 34.74 \text{ N}$$

$$F_{xz4} = F_p * \cos 33^\circ = 63.8 \text{ N} * \cos 33^\circ = 53.50 \text{ N}$$

(4.3.22)

$$F_{x4} = -F_{xz4} * \sin 45^\circ = -53.50 \text{ N} * \sin 45^\circ = -37.83 \text{ N}$$

$$F_{z4} = F_{xz4} * \cos 45^\circ = 53.50 \text{ N} * \cos 45^\circ = 37.83 \text{ N}$$

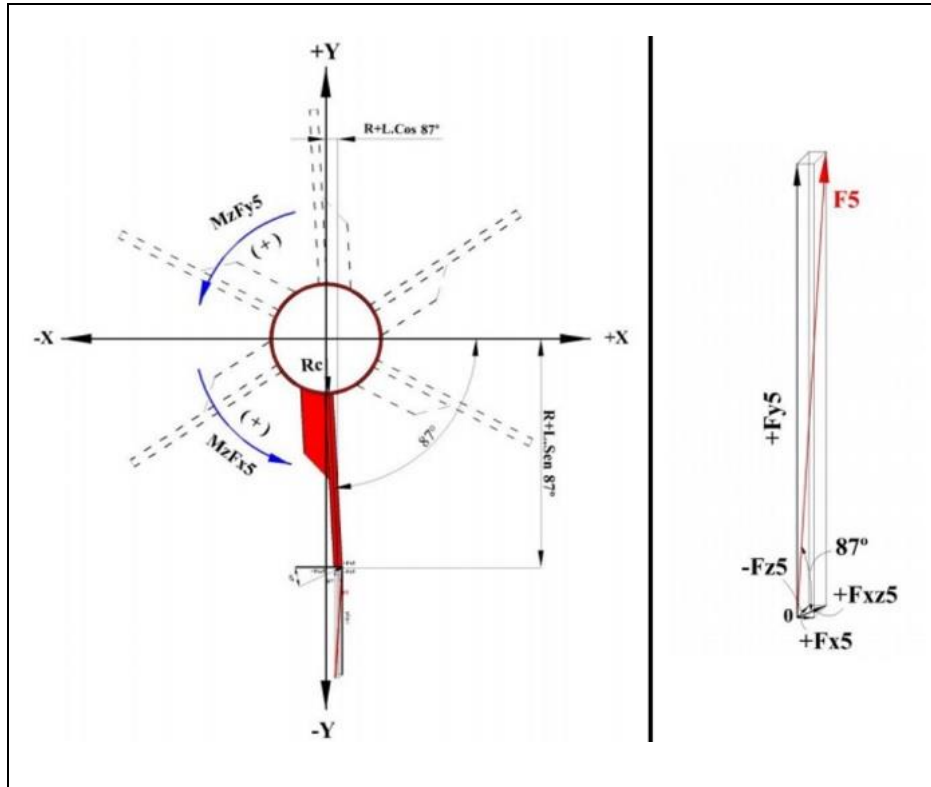


Figura 93. Cálculo de quinta paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$F_{y5} = F_p * \sin 87^\circ = 63.8 \text{ N} * \sin 87^\circ = 63.71 \text{ N}$$

$$F_{xz5} = F_p * \cos 87^\circ = 63.8 \text{ N} * \cos 87^\circ = 3.34 \text{ N}$$

(4.3.23)

$$F_{x5} = F_{xz5} * \sin 45^\circ = 3.34 \text{ N} * \sin 45^\circ = 2.36 \text{ N}$$

$$F_{z5} = -F_{xz5} * \cos 45^\circ = -3.34 \text{ N} * \cos 45^\circ = -2.36 \text{ N}$$

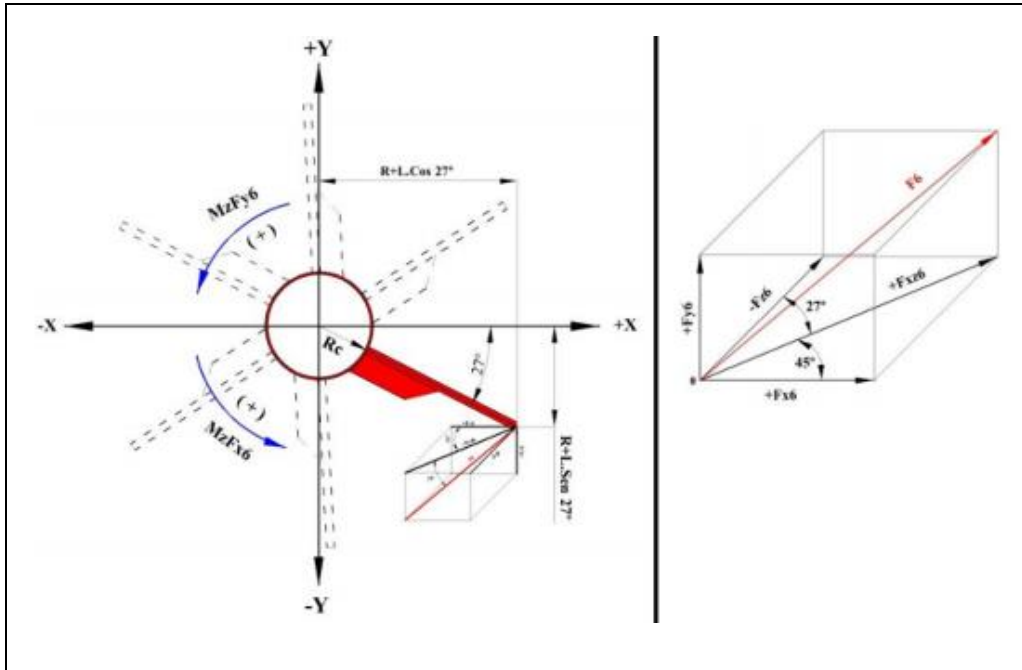


Figura 94. Cálculo de sexta paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$F_{y6} = F_p * \sin 27^\circ = 63.8 \text{ N} * \sin 27^\circ = 28.96 \text{ N}$$

$$F_{xz6} = F_p * \cos 27^\circ = 63.8 \text{ N} * \cos 27^\circ = 56.85 \text{ N}$$

(4.3.24)

$$F_{x6} = F_{xz6} * \sin 45^\circ = 56.85 \text{ N} * \sin 45^\circ = 40.19 \text{ N}$$

$$F_{z6} = -F_{xz6} * \cos 45^\circ = -56.85 \text{ N} * \cos 45^\circ = -40.19 \text{ N}$$

➤ Cálculo de las reacciones producidas en el rotor

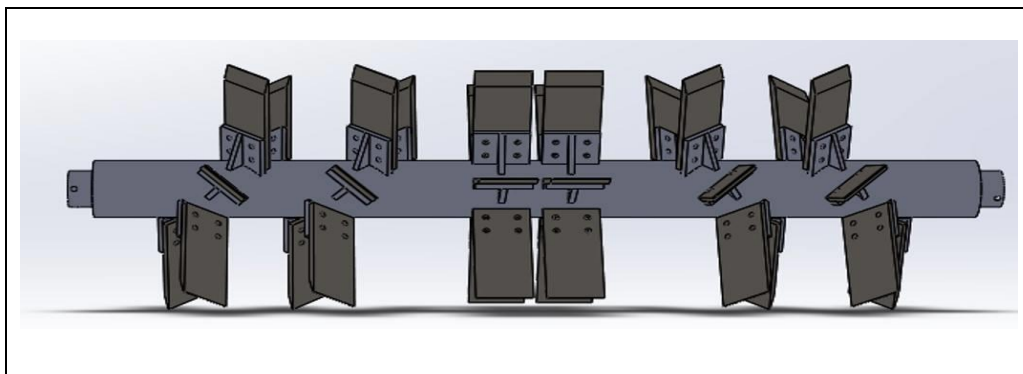


Figura 95. Rotor de removedor
Fuente: Elaboración propia, 2018

- Reacciones en el plano (y -z)

$$\sum F_y \uparrow = 0$$

$$R_{Ay} - 34.74 N - 63.71 N - 28.96 N - 34.74 N - 63.71 N - 28.96 N + R_{By} = 0$$

(4.3.25)

$$R_{Ay} + R_{By} - 81.48 N = 0$$

$$R_{Ay} = 127.41 N$$

$$R_{By} = 127.41 N$$

- Reacciones en el plano (x -z)

$$\sum F_x \rightarrow = 0$$

$$R_{Ax} + 37.83 N - 2.36 N - 40.19 N + 37.83 N - 2.36 N - 40.19 N + R_{Bx} = 0$$

(4.3.26)

$$R_{Ax} + R_{Bx} - 4.72 N = 0$$

$$R_{Ay} = 2.36 N$$

➤ Cálculo de los momentos en las paletas

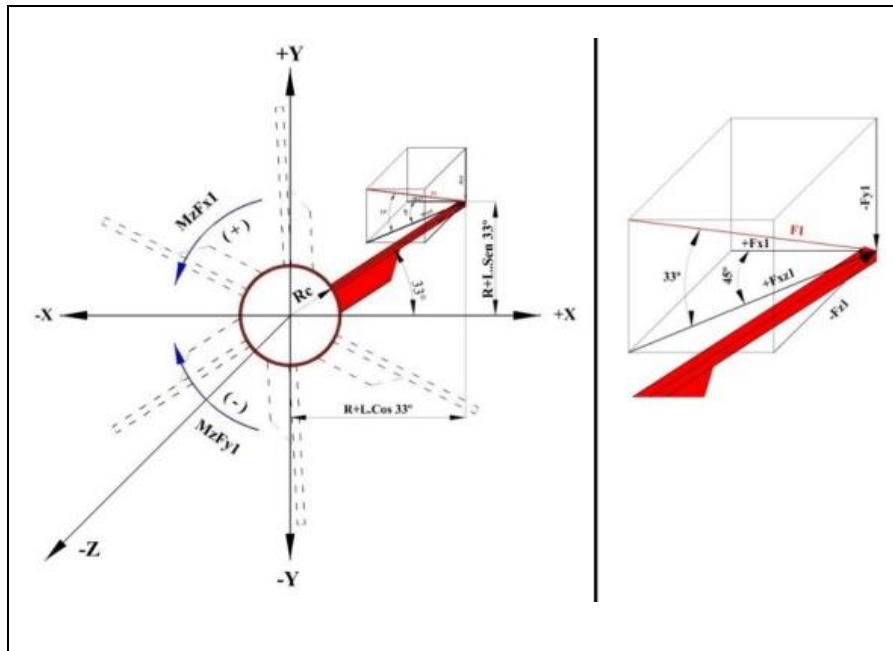


Figura 96. Cálculo de momento primera paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

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

$$M_z F_{y1} = -11.11 N(0.08415 + 0.25 * \cos 33^\circ)m = -3.26 N.m$$

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

$$M_z F_{x1} = 12.09 N (0.08415 + 0.25 * \sin 33^\circ)m = 2.66 N.m$$

(4.3.27)

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

$$M_y F_{z1} = -12.09 N(0.08415 + 0.25 * \cos 33^\circ)m = -3.5 N.m$$

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

$$M_x F_{z1} = -12.09 N(0.08415 + 0.25 * \sin 33^\circ)m = -2.66 N.m$$

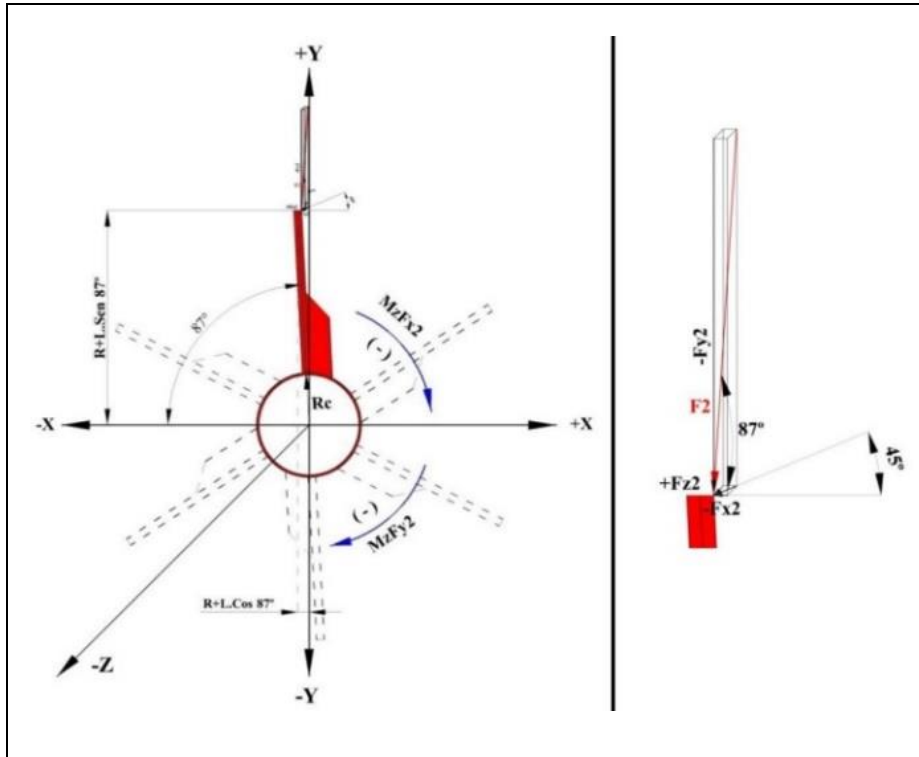


Figura 97. Cálculo de momento segunda paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

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

$$M_z F_{y2} = -20.37 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 87^\circ) \text{ m} = -1.98 \text{ N.m}$$

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

$$M_z F_{x2} = -0.75 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 87^\circ) \text{ m} = -0.25 \text{ N.m}$$

(4.3.28)

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

$$M_y F_{z2} = 0.75 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 87^\circ) \text{ m} = 0.07 \text{ N.m}$$

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

$$M_x F_{z2} = 0.75 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 87^\circ) \text{ m} = 0.25 \text{ N.m}$$

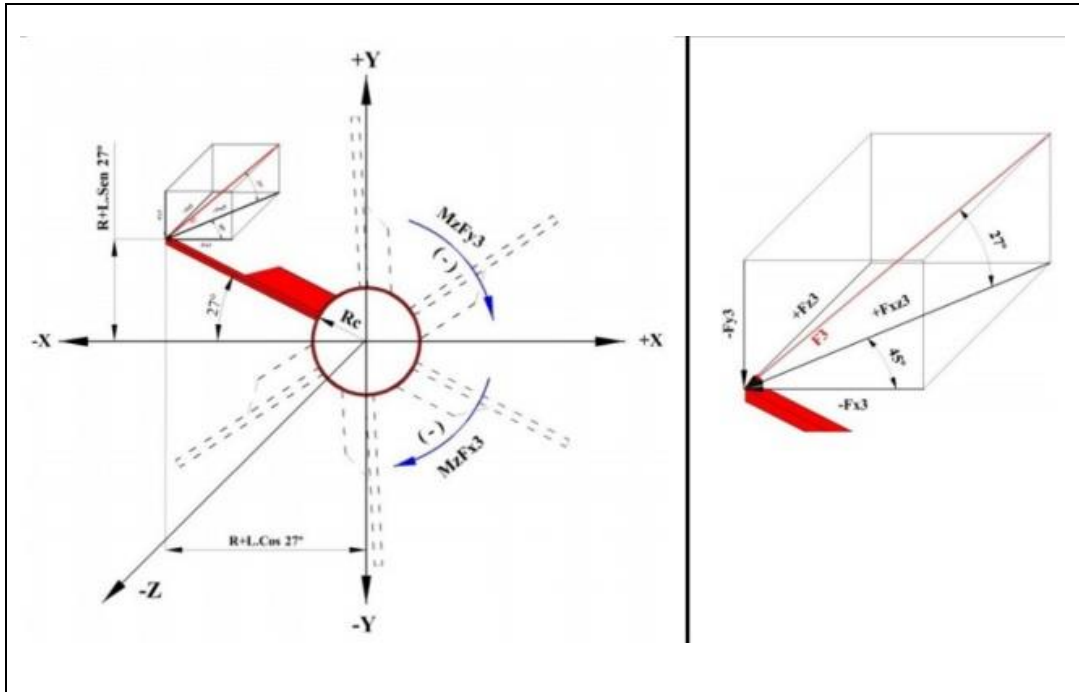


Figura 98. Cálculo de momento tercera paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

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

$$M_z F_{y3} = -9.26 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 27^\circ) \text{ m} = -2.84 \text{ N.m}$$

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

$$M_z F_{x3} = -12.86 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 27^\circ) \text{ m} = -2.54 \text{ N.m}$$

(4.3.29)

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

$$M_y F_{z3} = 12.86 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 27^\circ) \text{ m} = 3.94 \text{ N.m}$$

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

$$M_x F_{z3} = 12.86 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 27^\circ) \text{ m} = 2.54 \text{ N.m}$$

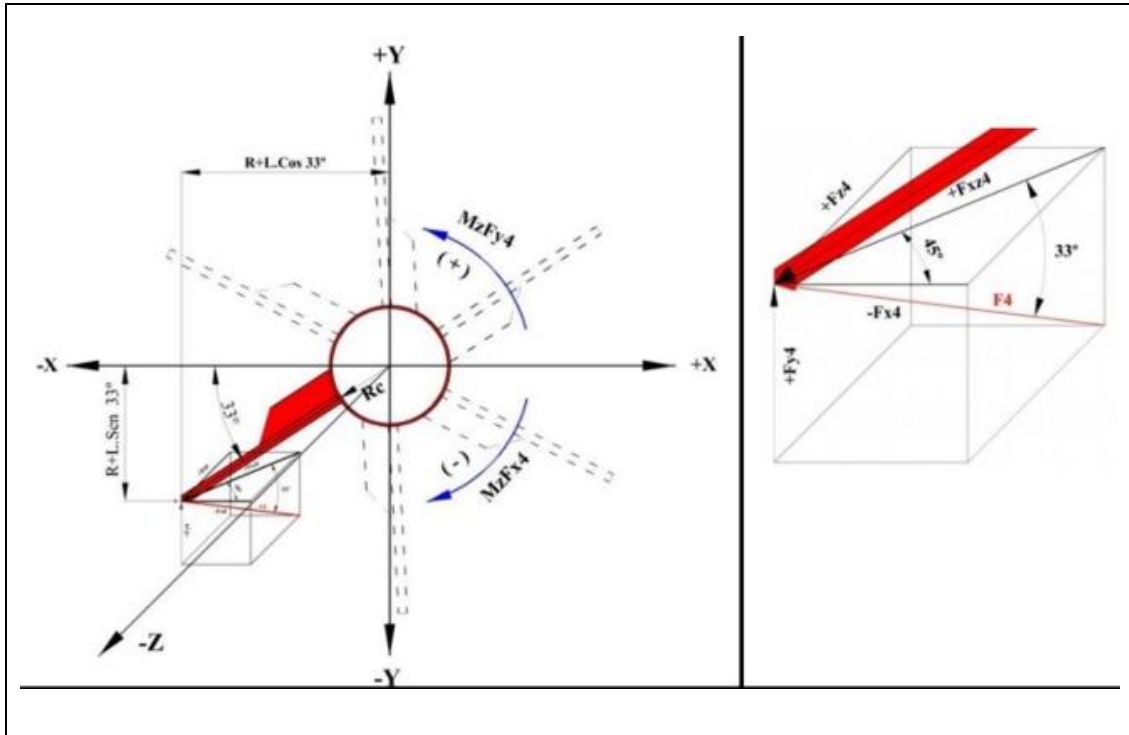


Figura 99. Cálculo de momento cuarta paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

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

$$M_z F_{y4} = 11.11 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 33^\circ) \text{ m} = 3.26 \text{ N.m}$$

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

$$M_z F_{x4} = -12.09 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 33^\circ) \text{ m} = -2.66 \text{ N.m}$$

(4.3.30)

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

$$M_y F_{z4} = 12.09 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 33^\circ) \text{ m} = 3.55 \text{ N.m}$$

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

$$M_x F_{z4} = 12.09 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 33^\circ) \text{ m} = 2.66 \text{ N.m}$$

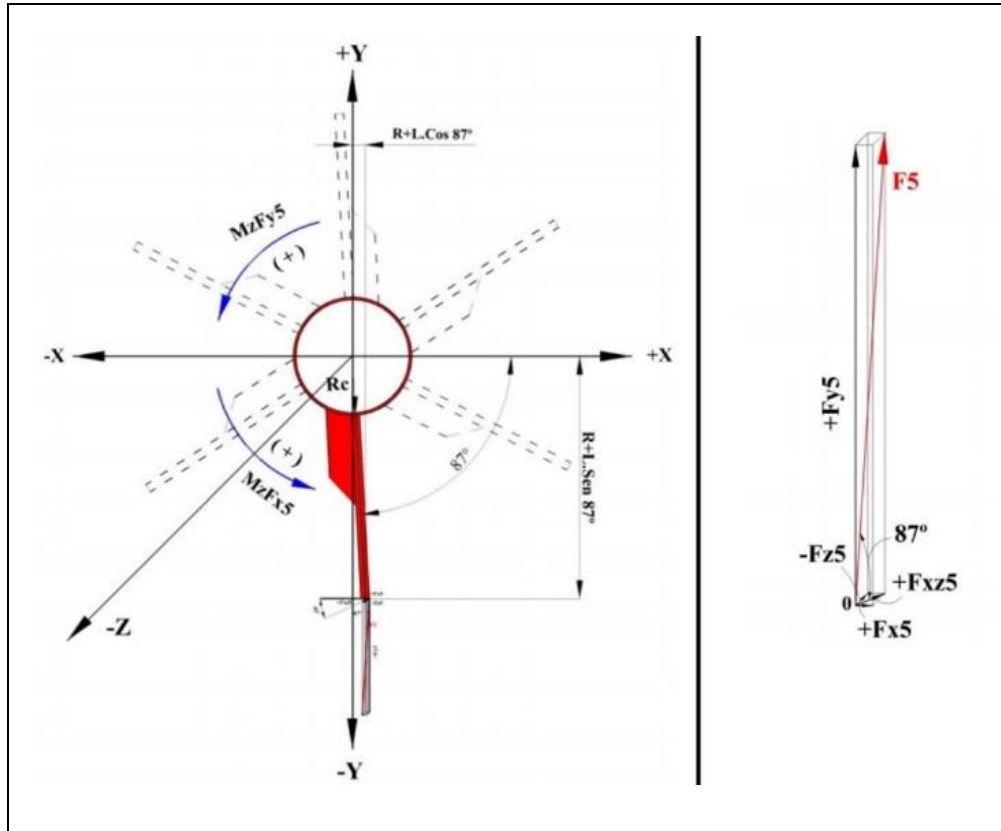


Figura 100. Cálculo de momento quinta paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

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

$$M_z F_{y5} = 20.37 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 87^\circ) \text{ m} = 1.98 \text{ N.m}$$

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

$$M_z F_{x5} = 0.75 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 87^\circ) \text{ m} = 0.25 \text{ N.m}$$

(4.3.31)

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

$$M_y F_{z5} = -0.75 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 87^\circ) \text{ m} = -0.07 \text{ N.m}$$

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

$$M_x F_{z5} = -0.75 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 87^\circ) \text{ m} = -0.25 \text{ N.m}$$

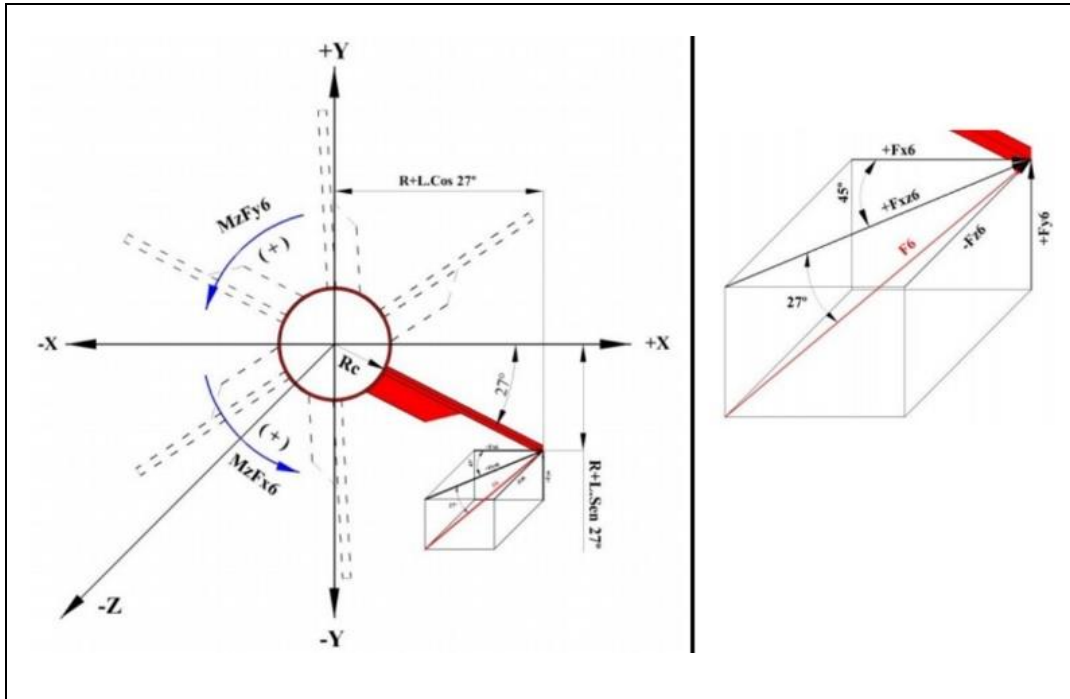


Figura 101. Calculo de momento sexta paleta

Fuente: Elaboración propia, 2018

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

$$M_z F_{y6} = 9.26 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 27^\circ) \text{ m} = 2.84 \text{ N.m}$$

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

$$M_z F_{x6} = 12.86 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 27^\circ) \text{ m} = 2.54 \text{ N.m}$$

(4.3.32)

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

$$M_y F_{z6} = -12.86 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \cos 27^\circ) \text{ m} = -3.94 \text{ N.m}$$

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

$$M_x F_{z6} = -12.86 \text{ N}(0.08415 + 0.25 * \sin 27^\circ) \text{ m} = -2.54 \text{ N.m}$$

Teniendo en cuenta los cálculos ya realizados se realiza el diagrama de cuerpo libre cortante y momento flector del plano (y-z); también como para el plano (x-z).

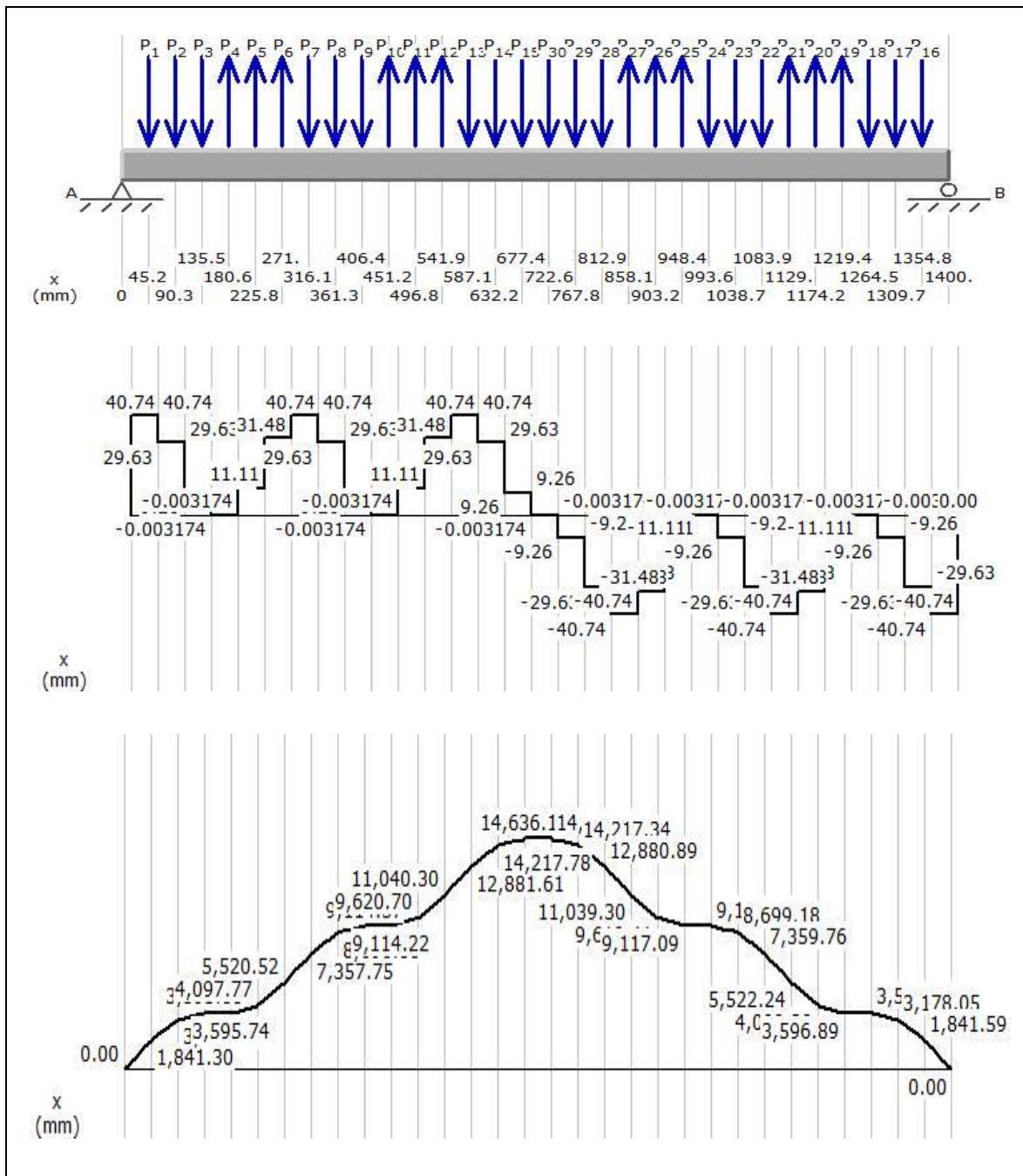


Figura 102. Diagrama cortante y flector (Y-Z)

Fuente: Elaboración propia, 2018

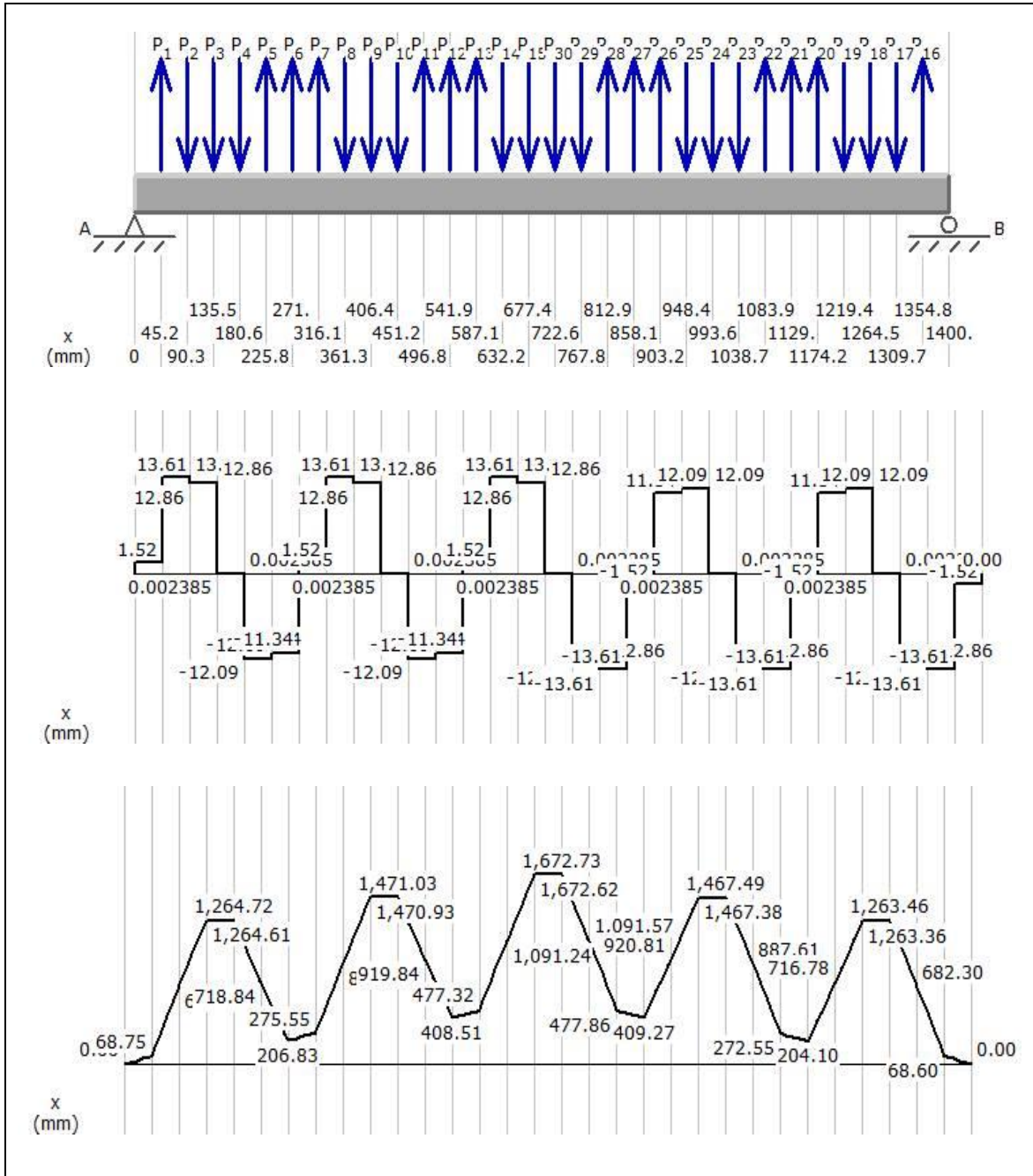


Figura 103. Diagrama cortante y flector (X-Z)

Fuente: Elaboración propia, 2018

Con los resultados obtenidos de los momentos máximos en los diagramas se calculara los momentos de flexiones máximos para el cilindro M_{cr} y para el eje M_e que se acoplara a la chumacera.

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{\max y-z})^2 + (M_{\max x-z})^2}$$

$$M_{cr} = \sqrt{(14.64 \text{ N.m})^2 + (1.68 \text{ N.m})^2} = 14.74 \text{ N.m}$$

(4.3.33)

$$M_e = \sqrt{(M_{\max y-z})^2 + (M_{\max x-z})^2}$$

$$M_e = \sqrt{(1.68 \text{ N.m})^2 + (0.07 \text{ N.m})^2} = 1.68 \text{ N.m}$$

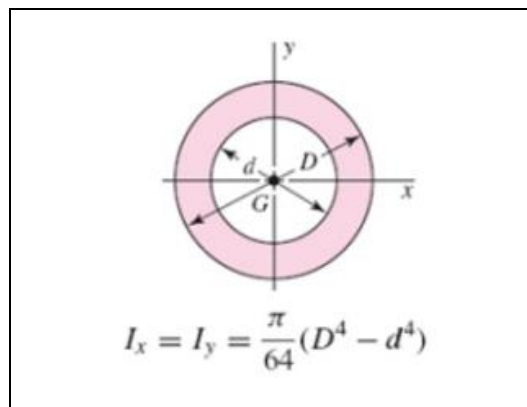


Figura 104. Calculo de inercia del cilindro

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

$$I_{xcr} = \frac{\pi}{64}(0.114^4 - 0.102^4)m^4$$

(4.3.34)

$$I_{xcr} = 2.97 * 10^{-6}m^4$$

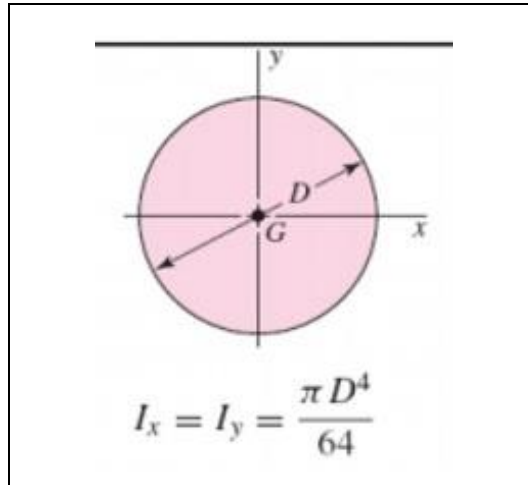


Figura 105. Calculo de inercia del eje

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

$$I_{xe} = \frac{\pi}{64} (0.0381\text{m})^4 = 1.04 * 10^{-7} \text{m}^4 \quad (4.3.35)$$

Con estos datos e procede a los esfuerzos para cada parte.

$$\begin{aligned} \sigma_{xcr} &= \frac{M_{max} * r}{I} = \frac{14.74 \text{ N.m} * (0.057 \text{ m})}{2.97 * 10^{-6} \text{m}^4} = 0.28 \text{ MPa} \\ \sigma_{xe} &= \frac{M_{max} * r}{I} = \frac{1.68 \text{ N.m} * (0.01905\text{m})}{1.04 * 10^{-7} \text{m}^4} = 0.3 \text{ MPa} \\ \tau_{xycr} &= \frac{T_r * r}{2I} = \frac{261.55 \text{ N.m}(0.057 \text{ m})}{2(2.97 * 10^{-6} \text{m}^4)} = 0.94 \text{ MPa} \\ \tau_{xye} &= \frac{T_r * r}{2I} = \frac{261.55 \text{ N.m}(0.01905\text{m})}{2(1.04 * 10^{-7} \text{m}^4)} = 23.95 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (4.3.36)$$

El cilindro es de Acero ASTM A53 SCH 40, y el eje es Acero ASTM A36 cuyas propiedades se verifican en el anexo 3.

ASTM A53: Límite de fluencia (S_y) = 205 MPa; Límite de Rotura (S_{ut}) = 330 MPa.

ASTM A36: Límite de fluencia (S_y) = 240 MPa; Límite de Rotura (S_{ut}) = 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. En las siguientes ecuaciones se utilizan para encontrar el esfuerzo efectivo (σ') y el factor de seguridad (n) para el cilindro rotor y el eje:

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma'_{cr} = \sqrt{(0.28 \text{ MPa})^2 + 3(0.94 \text{ MPa})^2} = 1.65 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_e = \sqrt{(0.3 \text{ MPa})^2 + 3(23.95 \text{ MPa})^2} = 41.48 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \tag{4.3.37}$$

$$n_{cr} = \frac{205 \text{ MPa}}{1.65 \text{ MPa}} = 124.24$$

$$n_e = \frac{240 \text{ MPa}}{41.48 \text{ MPa}} = 5.79$$

En cilindro rotor tiene un factor de seguridad alto $n_{cr} = 125.77$, 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 $n_e = 5.79$, este valor se encuentra en condiciones óptimas y sus medidas facilitarán la manipulación y anclaje del rotor.

❖ DISEÑO DEL ROTOR POR RESISTENCIA A LA FATIGA

Utilizando las ecuaciones siguientes de la teoría de Marín se puede determinar si las dimensiones del cilindro rotor son las adecuadas para resistir a la fatiga.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \left(\frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \right) \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \left(\frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \right) \text{ MPa} \quad (4.3.38)$$

$$S_a = S_e * \left(1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \right) \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_a}{\sigma_a}$$

Donde: S_e = Límite de fatiga MPa , S_e = Límite de fatiga de una probeta de viga rotatoria MPa , k_a = Factor de acabado superficial, k_b = Factor de tamaño, k_c = Factor de carga, k_d = Factor de temperatura, k_e = Factor de confiabilidad, k_f = Factor de efectos diversos, σ_{\max} = Esfuerzo fluctuante máximo MPa, σ_{\min} = Esfuerzo fluctuante mínimo MPa, σ_a = Amplitud de esfuerzo MPa, σ_m = Esfuerzo a medio intervalo MPa, S_a = 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 (k_a)

Tabla 42. *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: Budynas y Nisbett, 2013

El cálculo de k_a donde los factores a y b tienen los valores de 57,7 y -0,718 respectivamente (tabla 42).

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (4.3.39)$$
$$k_a = 57.70 * 400^{-0.718} = 0.782$$

➤ Factor de tamaño (k_b)

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

$$k_b = 1.24 * d^{-0.107}$$
$$k_b = 1.24 * (38.1)^{-0.107} \quad (4.3.40)$$

$$k_b = 0.84$$

➤ Factor de carga (k_c)

$$k_c = 1 \text{ para flexión} \quad (4.3.41)$$

➤ Factor de temperatura (k_d)

$$k_d = 1 \text{ para la temperatura ambiente} \quad (4.3.42)$$

- Factor de confiabilidad del 95% (k_e)

Tabla 43. Factores de confiabilidad k_e a una desviación estándar de 8% de límite de fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_e	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: Budynas y Nisbett, 2013

$$k_e = 0.868 \quad (4.3.43)$$

- Factor de concentración de esfuerzos a la fatiga (k_f)

$$k_f = 1 \text{ el material no tiene ninguna sensibilidad en la muesca} \quad (4.3.44)$$

El valor del límite de fatiga S_e se obtiene de la ecuación

$$\text{Si } S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa} \rightarrow S_e = 0.504 * S_{ut} \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.504 * 400 \text{ MPa} = 201.6 \text{ MPa} \quad (4.3.45)$$

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

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{xe} = 41.48 \text{ MPa}; \sigma_{min} = -\sigma_{xe} = -41.48 \text{ MPa} \quad (4.3.46)$$

Al reemplazar los valores en las ecuaciones se determina el factor de seguridad para la resistencia a la fatiga (n_r) :

$$\sigma_m = \left(\frac{41.48 \text{ MPa} - 41.48 \text{ MPa}}{2} \right) = 0$$

$$\sigma_a = \left(\frac{41.48 \text{ MPa} + 41.48 \text{ MPa}}{2} \right) = 41.48 \text{ MPa}$$

$$S_a = 114.95 \text{ MPa} \left(1 - \frac{0 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \right) = 114.95 \text{ MPa}$$

$$n_{ef} = \frac{114.95 \text{ MPa}}{41.48 \text{ MPa}} = 2.77$$
(4.3.47)

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

Fuerza ejercida por el peso del rotor

❖ Masa del cilindro rotor ($m_{cilindro}$)

$$V_{cilindro} = \frac{\pi}{4} * (0.1683 \text{ m})^2 * 1.4 \text{ m} - \frac{\pi}{4} * (0.15408 \text{ m})^2 * 1.4 + \frac{\pi}{4} * (0.15408)^2 * 0.01 * 2 + \frac{\pi}{4} * (0.0381)^2 * 0.18$$

$$V_{cilindro} = 8.28 * 10^{-3} \text{ m}^3$$
(4.3.48)

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

$$m_{cilindro} = 8.28 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 64.99 \text{ kg}$$

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

$$V_{Base\ paleta} = 0.09 \text{ m} * 0.1 \text{ m} * 0.0127 \text{ m} + \frac{0.045 \text{ m} * 0.1 \text{ m}}{2} * 0.0127 \text{ m} - \frac{\pi * (0.0127 \text{ m})^2}{4} * 0.0127 \text{ m} * 2$$
(4.3.49)

$$V_{Base\ paleta} = 1.2 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

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

$$m_{Base\ paleta} = 1.2 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{kg}{m^3} = 0.92\ kg$$

La masa total de la base de la paleta se multiplica por 38 que son la cantidad de paletas por las que está compuesta el rotor.

$$m_{TBP} = m_{Base\ paleta} * 38_{paletas} = 0.92\ kg * 38 = 34.96\ kg \quad (4.3.50)$$

❖ Masa de las paletas (m_{tp})

$$V_{paleta} = 0.0094m * 0.25m * 0.09m - \frac{0.0094 * 0.03}{2} * 0.09$$

$$V_{paleta} = 1.69 * 10^{-4} m \quad (4.3.51)$$

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

$$m_{paleta} = 1.69 * 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{kg}{m^3} = 1.3\ kg$$

A la masa de la paleta se debe multiplicar por 38 que son el total de las paletas presentes en el rotor.

$$m_{TP} = m_{paleta} * 38_{paletas} = 1.3\ kg * 38_{paletas} = 49.4\ kg \quad (4.3.52)$$

❖ Masa del rotor (m_r)

$$m_r = m_{cilindro} + m_{TBP} + m_{TP} \quad (4.3.53)$$

$$m_r = 64.99\ kg + 34.96\ kg + 49.4\ kg = 149.35\ kg$$

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

$$F_r = m_r * g$$

$$F_r = 149.35 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 1465.13 \text{ N}$$

(4.3.54)

4.3.1.1.5. Unión de piezas

❖ Unión por pernos

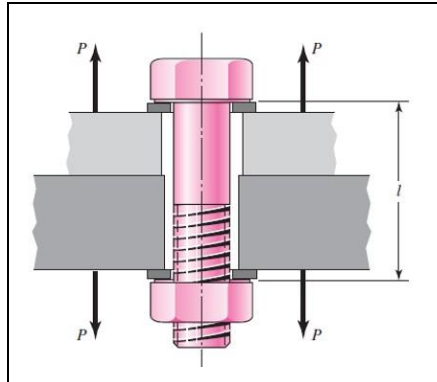


Figura 106. Carga en perno de paleta y soporte

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

Del diseño de nuestro soporte de paletas esta sujetado a por 4 pernos con las paletas para que asegure que no se gire en dirección diferente al referencial utilizado para el volteado del compost, los tornillos utilizados son de M14 de ASME-18.2.3.9M con una resistencia al esfuerzo cortante de 277MPa.

$$\sum M_B = 25000 \text{ N} * 0.2 \text{ m} - R * 0.014 = 0$$

$$R = \frac{25000 \text{ N} * 0.2 \text{ m}}{0.014} = 357.14 \text{ KN} \quad (4.3.55)$$

$$R = F$$

Donde:

- $\sum M_B$: Sumatoria de momentos
- R : Reaccion de perno

El esfuerzo cortante en los tornillos se dará según (Budynas y Nisbett, 2013, p.1090).

$$\tau = \frac{F}{A} = 0.577 \frac{S_p}{N}$$

$$A = \frac{F * N}{0.577 * S_p} = \frac{357.14 \text{ kN} * 4}{0.577 * 277 \text{ MPa}} = 8.94 * 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (4.3.56)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 8.94 * 10^{-3}}{\pi}} = 0.0106 \text{ m}$$

Donde: S_p = Resistencia minima del perno, A = area del perno, d = diametro del perno, F = fuerza que afecta a la paleta

El esfuerzo en el elemento del aplastamiento en el soporte (Budynas y Nisbett, 2013, p.1090), donde el espesor de la lámina es de 3/8" será:

$$\sigma_{ele} = \frac{F}{e * d} = \frac{357.14 \text{ KN}}{0.0096 * 0.0106} = 35.09 \text{ MPa} \quad (4.3.57)$$

Identificamos en tabla el diámetro del perno y la resistencia del mismo

Tabla 44. *Tabla de resistencia y diámetros de perno*

DIÁMETROS	DISTANCIAS MÍNIMAS (mm)					RESISTENCIA PARA ACEROS		
	d_0	e_1	e_2	p_1	p_2	S 235	S 275	S 355
12	13	25	20	40	40	55,38	66,15	78,46
14	15	30	25	45	45	67,20	80,27	95,20
16	17	35	25	50	50	79,06	94,43	112,0
20	21	40	30	65	65	91,43	109,21	129,52
22	23	50	35	75	75	114,78	137,10	162,61
24	26	50	40	80	80	120,0	143,33	170,0
27	29	60	45	90	90	134,07	160,14	189,93

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

Luego de identificar el diámetro del perno adecuado y la resistencia de acuerdo al material, concretamos que la resistencia mínima hallada es de 67.20 MPa.

Esfuerzo cortante sería 35.09 MPa < 67.20 MPa

Comparando los esfuerzos cortantes ejercidos y el esfuerzo cortante resistente concluimos que el esfuerzo resistente es superior al cortante la cual es el diámetro adecuado para utilizar en las uniones de los soportes y las paletas.

❖ Unión por soldadura

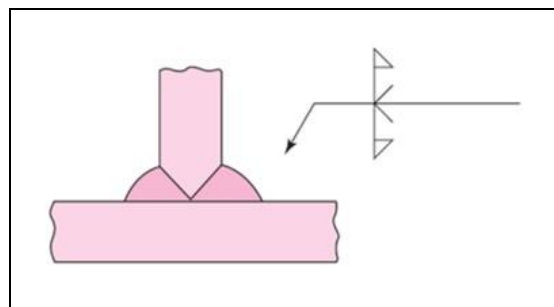


Figura 107. Unión de soldadura ambos lados

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

La unión por soldadura crítica debido al trabajo que realizará la volteamora se ubica entre los soportes de las paletas con el eje del rotor según las características técnicas del material y dimensiones de acuerdo al catálogo de fabricantes vigentes el tipo de soldadura será por cordón con superficie de chaflán de 1mm para mejor agarre entre las superficies.

Para ello se realiza la soldadura con electrodo Supecito E7018 bajo la norma AWS A5.1/ ASME – SFA 5.1 de espesor 5/32 pulg. o 4 mm., teniendo en cuenta que el material a fundir será un ASTM 1045 de una sección de 3/8 pulg * 9cm soportando una carga de 25000 N se logra comprobar si es satisfactoria el metal de aporte y la resistencia de la unión.

Del anexo 4 la fuerza permisible por longitud de unidad de un electrodo de metal E70 de 5/32 pulg es 1.86 Kip/pulg de soldadura por ello:

$$F = 1.86 \frac{\text{kip}}{\text{pulg}} * l = 175126.77 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0.18 \text{ m} = 31522.82 \quad (4.3.58)$$

$$31522.82 \text{ N} > 25000 \text{ N}$$

De lo obtenido se realiza la comparación con la carga estática que tendrá el elemento, obteniendo que la resistencia del metal de aporte es satisfactoria.

Tabla 45. Esfuerzos permisibles de código AISC

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{uy}^{\dagger}$	

*El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

De la tabla 45 y del anexo 5 obtenemos que $S_y = 310 \text{ MPa}$, entonces el esfuerzo cortante permisible en la unión sería:

$$\tau_{perm} = 0.4 * S_y = 0.4 * 310 \text{ MPa} = 124 \text{ MPa} \quad (4.3.59)$$

Para el metal base adyacente el esfuerzo cortante a la soldadura sería:

$$\tau = \frac{F}{2hl} = \frac{25000 \text{ N}}{2 * 0.156 * 0.09} = 0.89 \text{ MPa} \quad (4.3.60)$$

De ello se realiza la comparación como $\tau_{perm} \geq \tau$; obtenemos $124 \text{ MPa} \geq 0.89 \text{ MPa}$ siendo una relación satisfactoria de acuerdo a los cordones de soldadura. El esfuerzo de tensión en la unión sería:

$$\sigma = \frac{F}{tl} = \frac{25000 \text{ N}}{0.009 * 0.09} = 30.86 \text{ MPa} \quad (4.3.61)$$

Según la tabla 45 para la tensión de esfuerzo permisible $\sigma_{perm} = 0.6 * S_y$ conservando el nivel de seguridad del código de soldadura.

$$\sigma_{perm} = 0.6 * S_y = 0.6 * 310 \text{ MPa} = 186 \text{ MPa} \quad (4.3.62)$$

Por lo tanto la relación de comparación nos daría si $\sigma_{perm} \geq \sigma$, de los datos $186 \text{ MPa} \geq 30.86 \text{ MPa}$ resultando satisfactorio el esfuerzo de la tensión y con todas comprobaciones dadas tenemos el aporte de metal que se realiza en la parte crítica del soldadura en la máquina.

❖ Unión por chaveta

La cuña conocida como chaveta es necesaria para la unión del eje central del rotor hacia la transmisión la cual es la más crítica en este tipo de unión, el eje de del rotor girando a 150 RPM de 1 ½" ASTM A36 con una resistencia de fluencia de 240 MPa.

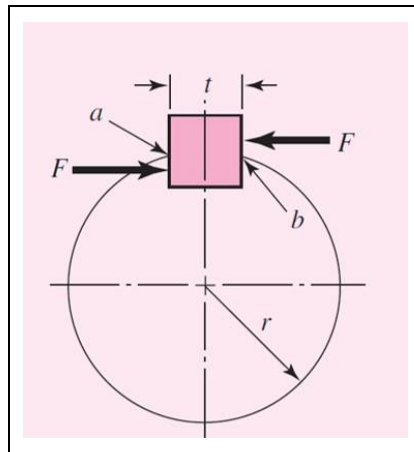


Figura 108. Especificaciones para el cálculo de chaveta

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se elige una cuña rectangular 8 mm * 7 mm *36 mm DIN6885 tipo A con resistencia a la fluencia de 1590 MPa.

$$F_{cuña} = \frac{T_r}{r} = \frac{333.25 \text{ N.m}}{0.038 \text{ m}} = 8769.73 \text{ N} \quad (4.3.63)$$

Mediante la teoría de la energía de distorsión, la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = 0.577 * S_y = 0.577 * 1590 \text{ MPa} = 917.43 \text{ MPa} \quad (4.3.64)$$

El análisis de la falla por cortante en todo el área formara un esfuerzo de $\tau = F/tl$ que remplazando T por la resistencia dividiendo entre el factor de seguridad.

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F_{cuña}}{tl} \quad (4.3.65)$$

$$n_{cuña} = \frac{S_{sy} * tl}{F_{cuña}} = \frac{917.43 * 10^6 \text{ Pa} * 0.008 \text{ m} * 0.036 \text{ m}}{8769.73 \text{ N}} = 30.13$$

Del resultado que obtenemos observamos que factor de seguridad considerablemente con la finalidad de garantizar que no haya daños ni fallas en el eje central del rotor así aumentando la vida útil.

Comprobando la resistencia al aplastamiento se utilizará el área de la mitad de la cara de la cuña.

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F_{cuña}}{tl/2} \quad (4.3.66)$$

$$n = \frac{S_y * tl/2}{F_{cuña}} = \frac{1590 * 10^6 Pa * (0.008 * \frac{0.036}{2})}{8769.73 N} = 26.11$$

De la misma manera al comprobar el factor de seguridad por aplastamiento no producirá fallas en el uso del eje central.

4.3.1.1.6. Rodamientos

❖ Rodamiento interno de cilindro con eje central

Los rodamientos que sostendrán un cilindro normalmente estarían cargados radialmente, destinado a la vez es necesario es considerable tener en cuenta una pequeña carga axial, buscando la confiabilidad en caso de mala operación.

Para ello se considera un rodamiento de rodillos considerando un factor de seguridad de 2 y factor aplicable de 2 la cual son considerables para máquinas de impacto medio según (Budynas y Nisbett, 2013), considerando que para el uso se dará en una vida útil de 10 años con una utilización de 8 horas diarias.

$$L_D = 10_{\text{años}} * 365_{\text{días}} * 8_{\text{horas}} \quad (4.3.67)$$

$$L_D = 29200h = 30Kh$$

$$C = f_a * N * F_r * \left(\frac{L_D * n * 60}{10^6} \right)^{1/a} \quad (4.3.68)$$

$$C = 2 * 2 * 882.9 N * \left(\frac{30000 h * 3 rev/min * 60}{10^6} \right)^{1/3} = 6195.87 N$$

$$C = 6195.87 N \approx 6.2 KN$$

Para la selección de rodamiento se considera lo comercial y características de dimensiones de diámetros donde funcionara el rodamiento, de ello elegimos la marca SKF rodamiento de hilera de rodillos cónicos LM29748/710 donde la carga dinámica es 53 KN y de la carga estática es de 57 KN donde no se tiene establecido la carga axial que resistirá entonces se estima a un 40% de la carga radial.

$$F_a = F_r * 40\%$$

(4.3.69)

$$F_a = 1765.8 N * 40\% = 706.32 N$$

Para establecer un factor de carga se realiza

$$\frac{F_a}{C_o}$$

(4.3.70)

$$\frac{0.7063 KN}{57 KN} = 0.0124$$

Mediante la tabla del anexo 6 se determina que el factor de carga nos da un factor radial de 0.56 y el factor de empuje de 1.68 con estos datos determinaremos la carga equivalente.

$$F_e = X * V * F_r + Y * F_a \quad (4.3.71)$$

$$F_e = 0.56 * 1 * 0.8829 \text{ KN} + 1.68 * 0.7063 \text{ KN} = 1.68 \text{ KN}$$

Del dato obtenido se establecerá la carga dinámica necesaria teniendo en cuenta los parámetros inicialmente.

$$C = f_a * N * F_r * \left(\frac{L_D * n * 60}{10^6} \right)^{1/a} \quad (4.3.72)$$

$$C = 2 * 2 * 1.68 \text{ KN} * \left(\frac{30000 \text{ h} * 3 \text{ rev/min} * 60}{10^6} \right)^{1/3} = 11.79 \text{ KN}$$

❖ Rodamiento con soporte de pie

Para el soporte y giro del eje central del se colocan rodamientos con soporte de pie donde el análisis es el más crítico del funcionamiento de la máquina, a lo largo del sistema de transmisión y el giro del rotor se tiene varios rodamientos de pie para los cálculos se toma en referencia a uno de ellos donde la aplicación es más crítica donde la fuerza radial que tendrá es de 946 N, en la siguiente resolución de ecuaciones nos ayuda a calcular los soportes de pie con una confiabilidad de 90% y una temperatura de funcionamiento de $\leq 40^\circ\text{C}$.

$$C_0 = S_o * P_o$$

$$P_o = F_{radial} = F_{1ch} \quad (4.3.73)$$

$$C = P * \sqrt[3]{\frac{60 * L_{10h} * n}{10^6}}$$

$$P = F_{radial} = F_{1ch}$$

Donde:

C_o =Capacidad de carga estática del rodamiento

C = Capacidad de carga dinámica del rodamiento

S_o = Factor de seguridad estático

F_{radial} =Carga radial real

P_o =Carga estatica equivalente

P = Carga dinámica equivalente

L_{10h} =Duración nominal del rodamiento

n = Velocidad constante de rotación

de los datos se toma como factor de seguridad S_o el valor de 1 para condiciones de trabajo medias y situaciones normales de vibración.

$$P_o = F_{radial} = 946 N \quad (4.3.74)$$

$$C_o = 1 * 946 N = 946 N$$

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 ($n = n_{CR}$).

$$C = 946 N * \sqrt[3]{\frac{60 * 30000 * 150}{10^6}} = 6114.29 N = 6.11 KN \quad (4.3.75)$$

Las chumaceras serán 1 ½ de pulg. para el giro de los ejes que transmitirán la potencia y la velocidad necesaria desde el motor hacia el rotor. La chumacera a seleccionar se hará del catálogo de SKF en ello se tiene el rodamiento de soporte de pie con código SY1.1/2 TR la cual soporta hasta 30.7 KN con un diámetro de 1 ½ pulg. Que sería el más indicado por el diámetro interno y la carga de trabajo es menor al que soporta esta chumacera.

4.3.1.2. Embrague de rotor

4.3.1.2.1. Accionamiento

Para el giro independiente del cilindro del rotor con el eje central se implementa un sistema de embrague por palanca tipo a la palanca de freno de mano donde al accionar este quede con un seguro hasta que el operador pueda desengancharlo la cual estará dirigido a un bombín hidráulico común que pueda suministrar el líquido para el accionado en el cojinete hidráulico del embrague, el embrague se diseñara para las dimensiones que se tienen del tanto del rotor como del eje central ya que no existe un sistema de embrague comercial para estas dimensiones.

4.3.1.2.2. Embrague de discos

Para el embrague de discos diseñado se obtiene de los planos donde las medidas son distribuidas para el uso que se requiere, cabe señalar el sistema diseñado es basado en un embrague de discos como las de moto ya que son muy efectivas para un accionamiento con encaje de transmisión de potencia donde las pérdidas son mínimas sin afectar a los cálculos ni funcionamiento de la máquina.

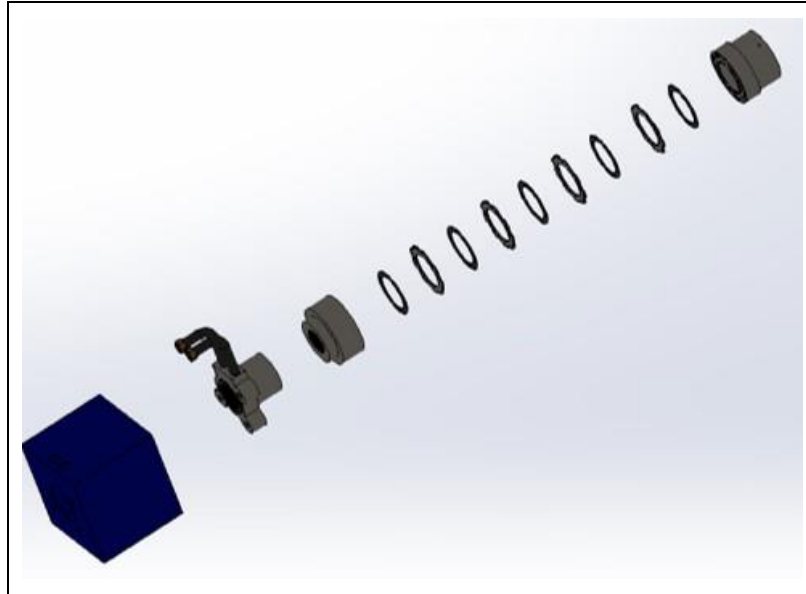


Figura 109. Embrague de discos
Fuente: Elaboración propia, 2018

❖ Cojinete hidráulico

El cojinete hidráulico es un sistema comercial donde son de dos tipos los mecánicos e hidráulicos en el caso nuestro se opta por el segundo ya que nos asegura mejor facilidad de operar y realizando el trabajo en óptimas condiciones.



Figura 110. Cojinete hidráulico
Fuente: Google, 2018

4.3.1.3. Transmisión de potencia

4.3.1.3.1. Selección de motor

Para la selección del motor se tiene en cuenta los cálculos previos para el funcionamiento de la máquina y respecto a la comparación de los datos que se tiene del marco teórico eligiendo el más adecuado para nuestro uso con mayor efectividad. De ello el motor seleccionado es un motor estacionario de combustible agrícola HONDA GX690 DE 20HP a 3000 RPM. Donde la demás especificación técnica se encuentra en el anexo 7.



Figura 111. Motor de 20 hp

Fuente: Elaboración propia, 2018

Así mismo para independizar el movimiento del motor con la parte de transmisión en el avance en la salida del motor se instala un embrague centrífugo, este componente en el mercado lo encontramos muy fácilmente ya que es un embrague para el uso de este tipo de motores.

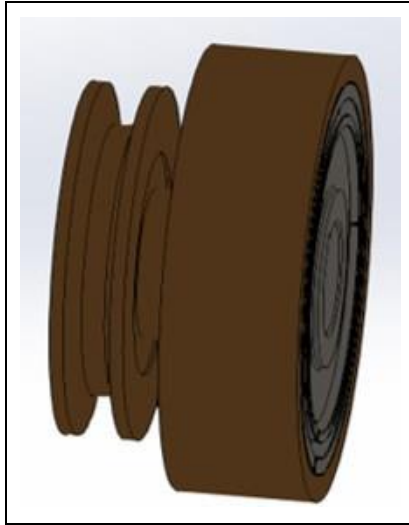


Figura 112. Embrague centrifugo

Fuente: Elaboración propia, 2018

Del embrague obtenemos con una salida de engranaje de cadena la cual se cambiará a una polea con el acoplada a este embrague para poder transmitir la potencia hacia la caja reductora.

4.3.1.3.2. Transmisión de motor a caja reductora

La transmisión se da con dos poleas de la misma serie con una faja en v para que cuando el rotor realice esfuerzos diferentes a los de su uso tienda a reducir o establecerse por la faja.

❖ Correa (faja)

Para la elección de la correa se realiza las siguientes operaciones:

Si tenemos la potencia del motor en HP se convierte a KW para ello se debe multiplicar por el factor de conversión

$$1Hp = 0.746 Kw \quad (4.3.76)$$

Entonces con ese dato en nuestro caso tenemos un motor con 20 HP de potencia

$$P_c = 20 HP * 0.746 = 14.92 Kw \quad (4.3.77)$$

De ello se necesita la potencia efectiva de la transmisión para determinar el valor:

$$P_e = P_c * F_s \quad (4.3.78)$$

El factor de servicio es dado por la tabla del anexo 8, en que el motor realizara trabajo agrícola con hora de servicio estimado de 8 horas de ello se obtiene que el factor es 1.4.

$$P_e = 14.92 Kw * 1.4 = 20.89 Kw \quad (4.3.79)$$

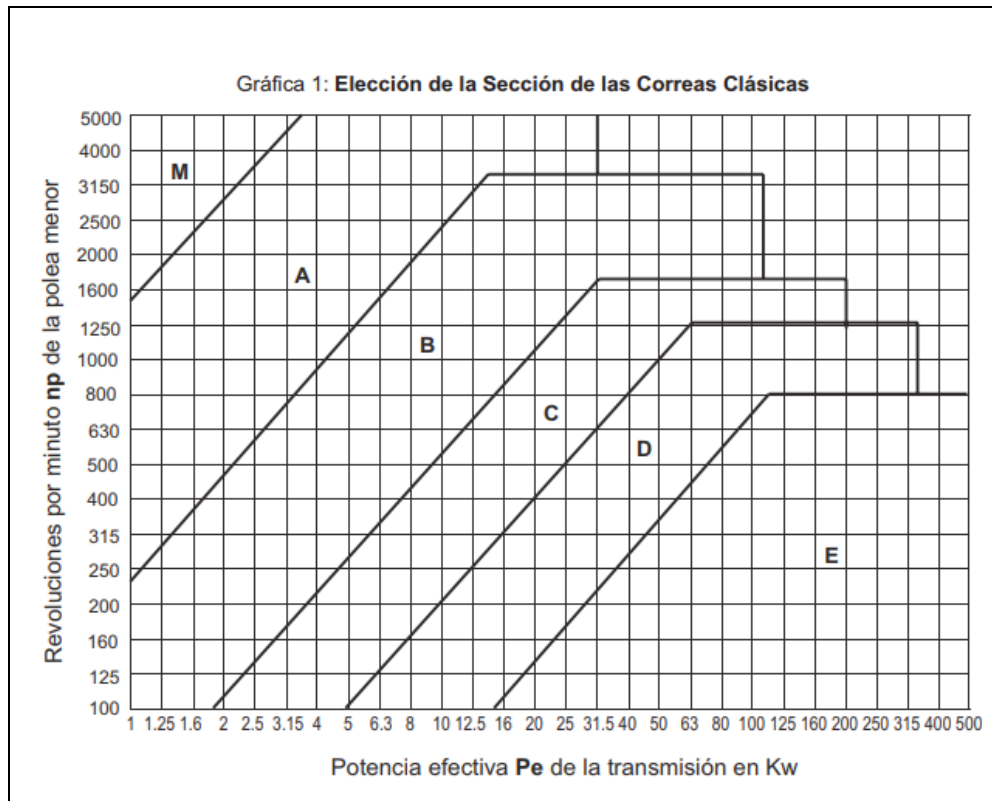


Figura 113. Elección de sección de correa

Fuente: Rexon, 2019

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en el gráfico 113 verificamos que el tipo de correa óptima será el de tipo B. Para ello nos dirigimos al anexo 9 de fajas para la elección de la faja óptima obteniendo como faja en V por los esfuerzos a la que estará sometido según faja perfil 17/B PHG B36.5.

❖ polea

Para la elección de polea se toma en cuenta la distancia y la faja seleccionada, las poleas comerciales son normadas en pulg en este caso serán del mismo diámetro primitivo ya que se desea transmitir la misma revolución hacia la caja reductora sin fin.

Según el anexo 10 se da la elección de poleas el diámetro externo es 140 mm, y del catálogo de SKF en poleas se obtiene la polea de PHP 1-B136-SDS cumpliendo con los esfuerzos y capacidades admisibles para su trabajo.

4.3.1.3.3. Reductor de tornillo sin fin

El reductor de velocidad manteniendo la tracción confiabilidad alta es el de tornillo sin fin para ello se debe tener en cuenta la potencia tanto de entrada como de salida, la velocidad, torque máximo de salida, y la relación de reducción.

El motor tiene una velocidad angular de 3000 rpm y el rotor necesita un torque de 333.25 N. m. con una potencia requerida para girar de $H_r = H_s = 12.73 \text{ HP}$, y una velocidad angular de 150 rpm

❖ Cálculo de la relación de transmisión

$$i = \frac{n_e}{n_s} = \frac{3000 \text{ rpm}}{150 \text{ rpm}} = 20 \quad (4.3.80)$$

Mediante la relación se selecciona del anexo 11 se obtiene el rendimiento teórico un 0.97

❖ De ello se realiza la potencia necesaria de entrada

$$H_e = \frac{H_s * F_s}{r} = \frac{12.73 \text{ HP} * 1.5}{0.97} = 19.68 \text{ HP} \quad (4.3.81)$$

Verificando con los cálculos previos y con mercado comercial de reductores de tornillo sin fin se obtiene y comprueba el uso del motor de 20 HP, según el anexo

12 se obtiene que el reductor de velocidad sería TRG4020 9/80 B3FSESBR con una relación de 1:20.

4.3.1.3.4. Transmisión de caja reductora a eje central

Para la transmisión de reductora al eje central se dará por engranajes cónicos rectos de relación 1:1 del anexo 13 según el diámetro interno que es de 1 ½" se logra obtener el engranaje cónico de módulo 5 con 25 dientes con un diámetro primitivo de 125 mm el engranaje es para ejes de 90° con un Angulo de precisión de 20° según la UNI6588.



Figura 114. Engranaje cónico recto

Fuente: Google, 2018

4.3.1.3.5. Calculo de transmisión de potencia

La transmisión de potencia se realizará desde el motor hacia el eje central, llevando un recorrido por poleas con una faja en V del motor hacia la entrada de la caja reductora sin fin pasando por la salida de esta hasta el eje central por medio de engranajes cónicos rectos, el motor de salida nos da 3000 rpm optando en el eje central 150 rpm.

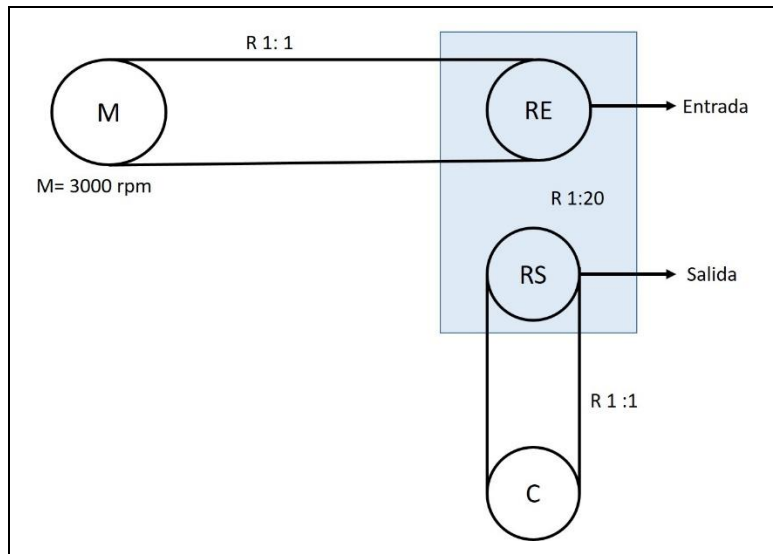


Figura 115. Diagrama de transmisión de motor a eje central

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para los cálculos se desarrollará con las siguientes ecuaciones:

$$n_1 * d_1 = n_2 * d_2$$

$$R = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4.3.82)$$

Donde:

n_1 =rpm del primer elemento

n_2 =rpm del segundo elemento

d_1 =diámetro o número de dientes del primer elemento

d_2 =diámetro o número de dientes del segundo elemento

R= relación de transmisión potencia

- ❖ Del motor hacia la entrada de la caja reductora

$$n_1 * d_1 = n_2 * d_2$$

$$3000 \text{ rpm} * 140 \text{ mm} = n_2 * 140 \text{ mm} \quad (4.3.83)$$

$$n_2 = 3000 \text{ rpm}$$

Siendo la relación 1:1

- ❖ Caja reductora

En el interior de la caja reductora se encuentra el sistema de corona y eje sin fin obteniendo una relación de 1:20 con esta información se realiza el resultado de rpm.

$$R = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{n_2}{3000} \quad (4.3.84)$$

$$n_2 = 150 \text{ rpm}$$

- ❖ De caja reductora a eje central

Del eje de la caja reductora hacia el eje central se da con una relación de 1:1 con los mismos engranajes rectos por lo tanto la velocidad angular sería el mismo 150 rpm en el eje central de rotor, según el marco teórico con la comparativa en relación a las máquinas similares y datos del mismo compost se encuentra en la revolución pertinente.

$$n_{min} \leq n_{perm} \leq n_{max} \quad (4.3.85)$$

$$100 \text{ rpm} \leq 150 \text{ rpm} \leq 300 \text{ rpm}$$

4.3.2. Sistema de avance

4.3.2.1. Neumáticos y aros

Considerando que la capacidad de producción se estableció en 20 Tn/h, para una pila de forma piramidal con dimensiones máximas de 1200 mm de base por 1000 mm de altura, se puede determinar una velocidad de desplazamiento.

$$v = \frac{l}{t}; V = \frac{b * h * l}{2}; C_{pro} = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{C_{pro}}$$

$$t = \frac{b * h * l}{2 * C_{pro}}$$

$$v = \frac{l}{\frac{b * h * l}{2 * C_{pro}}} \quad (4.3.86)$$

$$v = \frac{2 * C_{pro}}{b * h}$$

$$v = \frac{2 * 306 \text{ m}^3/h}{1.2\text{m} * 1\text{m}}$$

$$v = 510 \text{ m}/h$$

Donde:

v =Velocidad de desplazamiento, V = Volumen, l = Longitud, C_{pro} = Capacidad de producción, b = Base de la pila, h = Altura de la pila, t =Tiempo

Para poder determinar la potencia necesaria para el desplazamiento de la máquina es indispensable realizar un estimado de la masa total, y posteriormente afinar el diseño a las características finales de este.

Tabla 46. *Pesos de componentes de la maquina*

DESCRIPCION	PESO EN KG
MOTOR ESTACIONARIO DE COMBUSTION	44
ESTRUCTURA	90
ROTOR	180
PERSONAL QUE MANIPULA LA MAQUINA	80
ACCESORIOS	80
DIRECCION	30
FACTOR DE INSERTIDUMBRE	20
TOTAL (KG)	510

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para obtener la potencia de translación de la máquina es necesario contemplar pérdidas por rodadura, las cuales se producen cuando las ruedas entran a ejercer tracción contra el terreno en este caso en particular con tierra o arena firme.

Tabla 47. Factor de rodadura

Rolling Resistance Coefficient		
c	c _l (mm)	
0.001 - 0.002	0.5	railroad steel wheels on steel rails
0.001		bicycle tire on wooden track
0.002 - 0.005		low resistance tubeless tires
0.002		bicycle tire on concrete
0.004		bicycle tire on asphalt road
0.005		dirty tram rails
0.006 - 0.01		truck tire on asphalt
0.008		bicycle tire on rough paved road
0.01 - 0.015		ordinary car tires on concrete
0.03		car tires on tar or asphalt
0.04 - 0.08		car tire on solid sand
0.2 - 0.4		car tire on loose sand

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se utiliza un factor de rodadura de 0.04, contemplando el peor de los casos, y comprendiendo que los valores mostrados en la tabla son experimentales y no existe ningún valor específico para la aplicación del proyecto, pero se puede asociar con la resistencia por rodadura en arena firme.

$$F_t = G * g * R$$

$$F_t = 510kg * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.04 \quad (4.3.87)$$

$$F_t = 200.124 N$$

Donde:

F_t = Fuerza de tracción, G = Masa de la máquina, R = Coeficiente de rodadura, g = Aceleración de la gravedad.

Se utiliza una eficiencia de 0.85, comprendiendo que la única causa de pérdida de energía estará dada por el rodamiento del sistema de desplazamiento. Las ruedas a implementar son la referencia WRANGLER de Goodyear aptas para terrenos difíciles secos o mojados y recomendadas para el uso en camperos y camionetas, su diámetro externo es de 664 mm.



Figura 116. Llanta para todo tipo de terreno

Fuente: Elaboración propia, 2018

Con toda la información pertinente ya adquirida se procede a realizar los diversos cálculos de torque necesario para el desplazamiento.

$$M = \frac{P}{\omega} \quad (4.3.88)$$

Donde:

$$P = \frac{F_t * v * f_d}{n} \quad (4.3.89)$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Reemplazando:

$$M = \frac{F_t * f_d * r}{n}$$
$$M = \frac{200.124 \text{ N} * 1.5 * 0.332 \text{ m}}{0.85} \quad (4.3.90)$$

$$M = 117.25 \text{ Nm}$$

Donde:

M = Momento, P = Potencia, ω = Omega, r = radio de la rueda, f_d = Factor de diseño

❖ Velocidad de rotación.

$$n = \frac{v}{r * 2 * \pi}$$
$$n = \frac{8.5 \text{ m}/\text{min}}{0.1098 \text{ m} * 2 * \pi} \quad (4.3.91)$$
$$n = 12.5 \text{ rpm}$$

4.3.2.2. Calculo de transmisión

Piñones a utilizar se darán según los rpm que se necesita para el avance de la maquina se realiza los cálculos de relación de piñón para su elección, estos piñones son comerciales en el mercado.

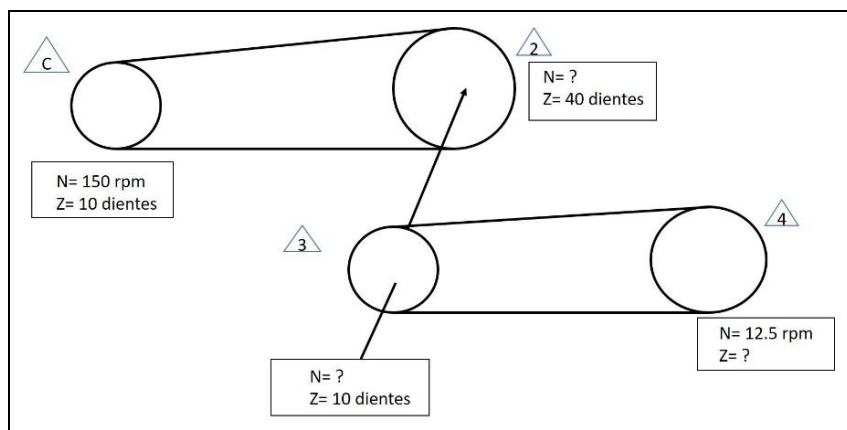


Figura 117. Transmisión de eje central hacia la llanta

Fuente: Elaboración propia, 2018

❖ Transmisión de 1 a 2

$$n_1 * d_1 = n_2 * d_2$$

$$150 \text{ rpm} * 10 \text{ dientes} = n_2 * 40 \text{ dientes}$$

$$150 \text{ rpm} * \text{dientes} = n_2$$

$$n_2 = 37.5 \text{ rpm} \quad (4.3.92)$$

$$R = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$R = \frac{10 \text{ dientes}}{40 \text{ dientes}} = \frac{n_2}{150 \text{ rpm}} = 1/4$$

❖ Transmisión de 2 a 3

$$n_2 = n_3 \quad (4.3.93)$$

$$37.5 = n_3$$

Para la transmisión de 2 a 3 se tiene en cuenta que el rpm es la misma solo varían los diámetros ya que están en un mismo eje y el diámetro del elemento 3 es 10 dientes.

$$d_2 \neq d_3 \quad (4.3.94)$$

❖ Transmisión de 3 a 4

$$n_3 * d_3 = n_4 * d_4$$

$$37.5 \text{ rpm} * 10 \text{ dientes} = 12.5 \text{ rpm} * d_4$$

$$d_4 = 30 \text{ dientes} \quad (4.3.95)$$

$$R = \frac{10 \text{ dientes}}{30 \text{ dientes}} = \frac{12.5 \text{ rpm}}{37.5 \text{ rpm}} = 1/3$$

4.3.2.3. Selección de cadena y catarinas

La elección de cadena es con el anexo 14 Según ANSI se selecciona el número de cadena 40 teniendo un paso $P = 12.7 \text{ mm}$ con una resistencia de 13.92 KN, teniendo en cuenta la entrada es de 20 Hp a 150 rpm, con impacto moderado y transmisión corta, el factor de diseño $n_d = 1.5$, $k_s = 1.3$

❖ Para el tramo 1 desde el eje central hacia punto 2

$$N_1 = 10 \text{ dientes}$$

$$N_2 = 40 \text{ dientes}$$

$$C = 300 \text{ mm} \quad (4.3.96)$$

$$\frac{C}{P} = \frac{300 \text{ mm}}{12.7 \text{ mm}} = 23.62$$

$$k_1 = 0.56$$

$$k_2 = 1$$

$$H_{tab} = \frac{n_d * k_s * H_{nom}}{k_1 * k_2} = \frac{1.5 * 1.3 * 20}{0.56 * 1} = 69.65 \text{ hp} \quad (4.3.97)$$

❖ El número de pasos en la cadena se obtiene de:

$$\frac{L}{P} = \frac{2 * C}{P} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4 * \pi^2 * C/P} \quad (4.3.98)$$

$$\frac{L}{P} = (2 * 23.62) + \frac{10 + 40}{2} + \frac{(40 - 10)^2}{4 * \pi^2 * 23.62} = 73.21$$

❖ Se usan 74 pasos entonces $L/P = 74$ identificando la distancias corregido seria.

$$A = \frac{N_1 + N_2}{2} - \frac{L}{P}$$

$$A = \frac{10 + 40}{2} - 74 = -49$$

$$C = \frac{P}{4} \left[-A + \sqrt{A^2 - 8 * \left(\frac{N_2 - N_1}{2\pi} \right)^2} \right] \quad (4.3.99)$$

$$C = \frac{P}{4} \left[49 + \sqrt{49^2 - 8 * \left(\frac{40 - 10}{2\pi} \right)^2} \right] = 305.18 \text{ mm}$$

Con todos los datos y cálculos realizados nos dirigimos al anexo 15 deduciendo el tipo de lubricación será el de la A una lubricación manual o por goteo.

- ❖ Para el tramo 2 desde el punto 2 hacia punto 3

$$N_1 = 10 \text{ dientes}$$

$$N_2 = 30 \text{ dientes}$$

$$C = 285 \text{ mm}$$

$$\frac{C}{P} = \frac{285 \text{ mm}}{12.7 \text{ mm}} = 22.44 \quad (4.3.100)$$

$$k_1 = 0.56$$

$$k_2 = 1$$

$$H_{tab} = \frac{n_d * k_s * H_{nom}}{k_1 * k_2} = \frac{1.5 * 1.3 * 25}{0.56 * 1} = 87.05 \text{ hp}$$

- ❖ El número de pasos en la cadena se obtiene de:

$$\frac{L}{P} = \frac{2 * C}{P} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4 * \pi^2 * C/P} \quad (4.3.101)$$

$$\frac{L}{P} = (2 * 22.44) + \frac{10 + 30}{2} + \frac{(30 - 10)^2}{4 * \pi^2 * 22.44} = 66.3$$

- ❖ Se usan 67 pasos entonces $L/P = 67$ identificando la distancias corregido seria.

$$A = \frac{N_1 + N_2}{2} - \frac{L}{P}$$

$$A = \frac{10 + 30}{2} - 67 = -47 \quad (4.3.102)$$

$$C = \frac{P}{4} \left[-A + \sqrt{A^2 - 8 * \left(\frac{N_2 - N_1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

$$C = \frac{P}{4} \left[47 + \sqrt{47^2 - 8 * \left(\frac{30 - 10}{2\pi} \right)^2} \right] = 295.65 \text{ mm}$$

4.3.3. Sistema de dirección

El sistema de dirección es mecánico con la secuencia de juego de cardan, piñón y cremallera, las modificaciones en los ejes de giro, así como de empuje se encuentran en el plano IB-2.3, así mismo se logra identificar con el software solidworks el radio de giro que tendrá la máquina para poder girar.

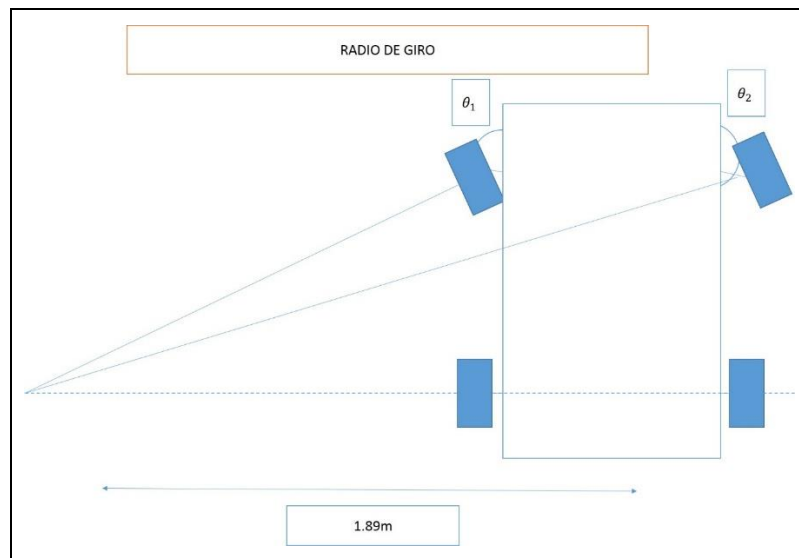


Figura 118. Radio de giro de la removedora

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3.4. Sistema de freno

El sistema de frenado es una ayuda a controlar algún desperfecto o algún inconveniente, donde la energía mecánica se convierte en calorífica a través de la fricción la maquina tendrá un avance lento por tal motivo no es de gran esfuerzo que realizara el frenado al detenerlo, por ello se eligió poner un freno mecánico de pastilla con bombín hidráulico comercial que usualmente utiliza todo tipo de vehículo, ayuda a parar en casos de emergencias debido a que tenemos un embrague centrífugo que depende de la aceleración y es una ayuda a que pueda disminuir la velocidad y el parado de la máquina.

4.3.5. Estructura

La estructura es el componente de la máquina encargada de soportar todo el peso y las cargas individuales generadas por todos los equipos del sistema, debe tener una forma particular, estable y que tenga el espacio suficiente permisible para el área de trabajo de en pila de compost, debe ser apta para fijar unidades de rodamientos, motores y demás.

4.3.5.1. Estructura principal

El chasis es la estabilidad para todos los componentes recibiendo diversas fuerzas aplicadas a cada área, el perfil de cada una de las vigas es un tubo rectangular de acero ASTM A500 de 75 mm x 50 mm con espesor de 2.3mm la elección de este material se hizo por las características de resistencia y el uso comercial.

Para la unión de vigas es con soldadura con electrodo Supercito E7018 bajo la norma AWS A5.1/ASME-SFA 5.1 de espesor de 3/32" o 2.5 mm, para fundir adecuadamente realizar cordones en todo el perímetro de contacto.

Teniendo en consideración estos datos se realiza el análisis estructural con el software solidworks.

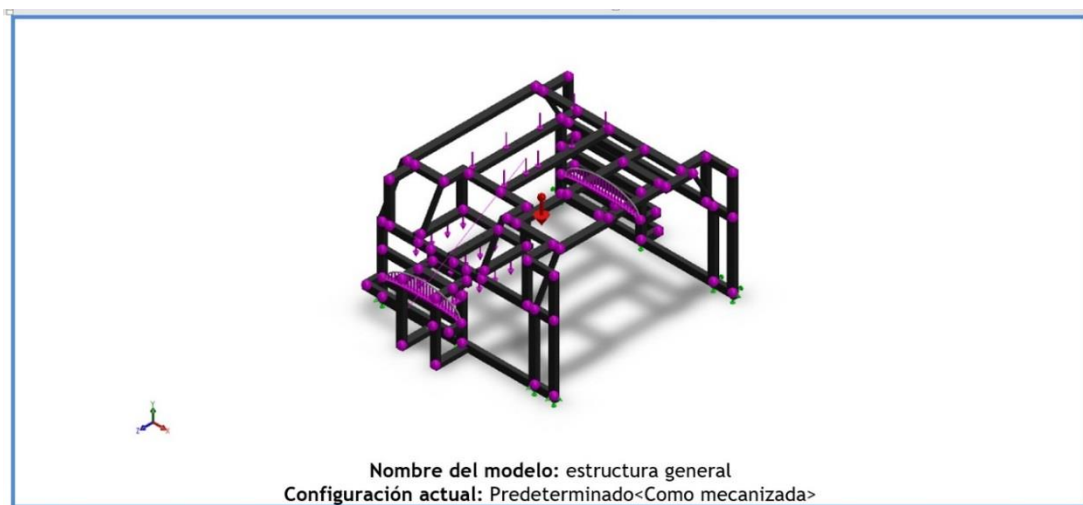


Figura 119. Modelamiento de estructura en Solidworks

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 119 nos muestra las cargas críticas en los diferentes puntos de toda la estructura y en la figura 120 se observa el análisis de tensiones, según la escala de Von Mises nos muestra que la zona más crítica se encuentra con $2.57 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ estando en el parámetro elástico.

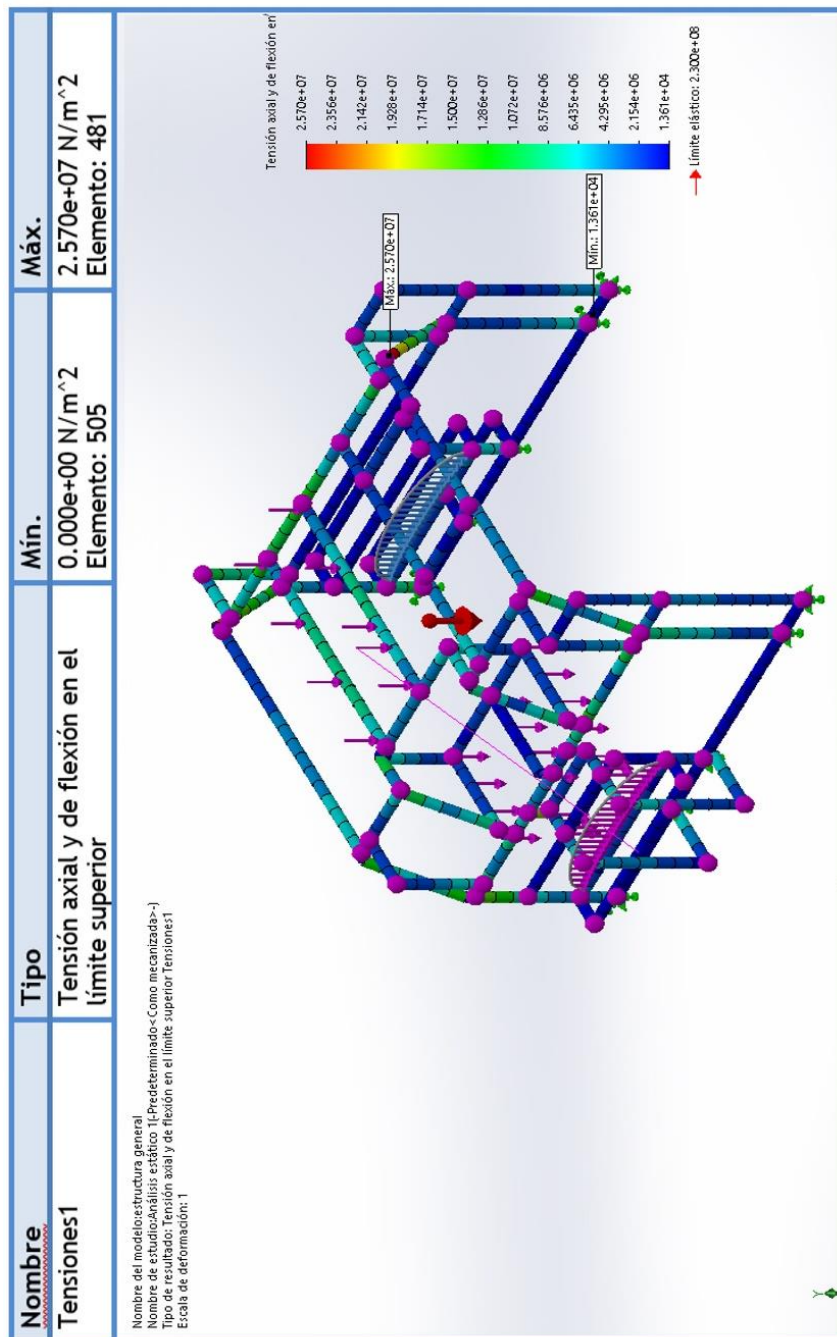


Figura 120. Análisis de tensiones de estructura

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 121 nos muestra en cuanto se desplaza la estructura, debido a que la carga de un elemento o pieza, etc. Se concentra en el centroide debido a ello el punto más crítico es la parte superior media.

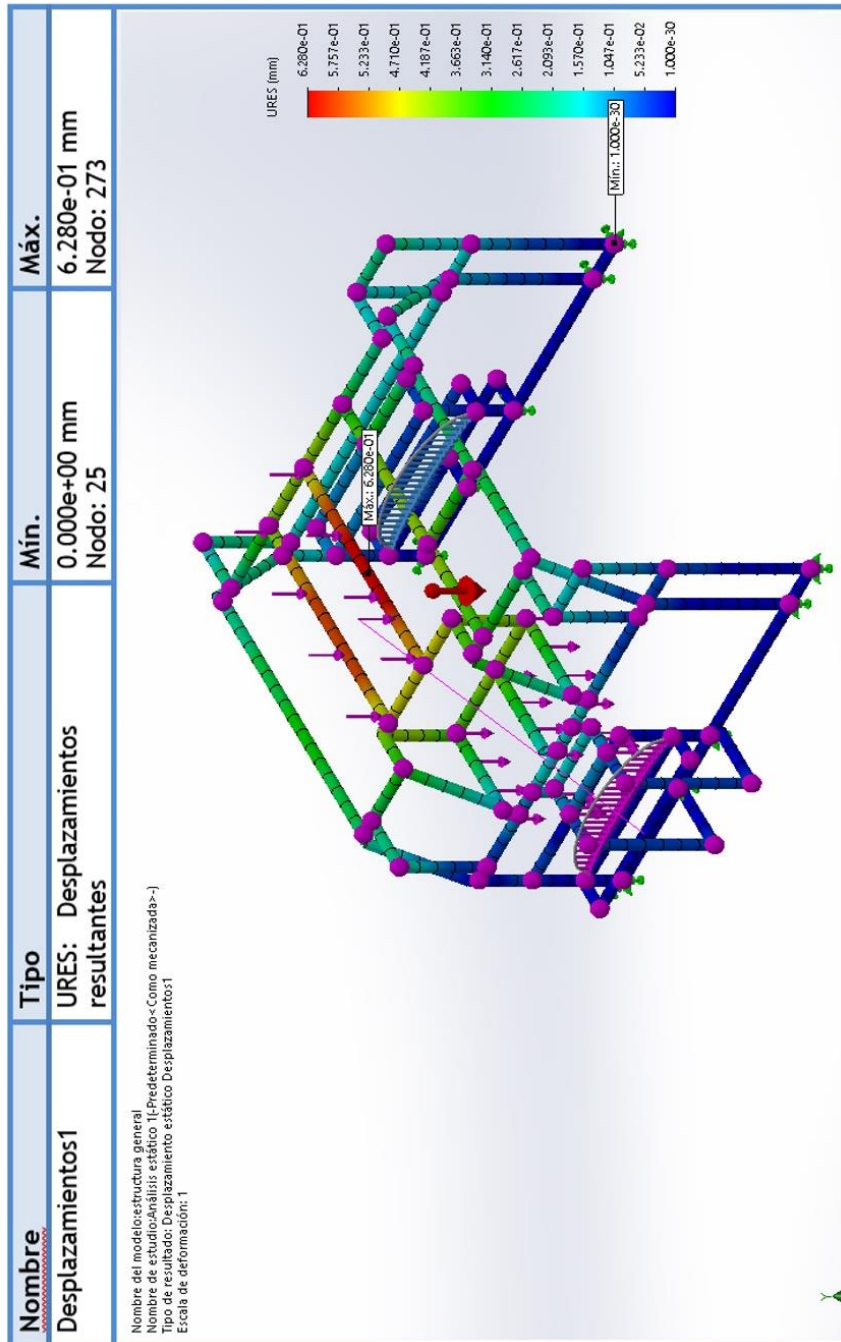


Figura 121. Análisis de desplazamiento de estructura.

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 122 nos indica el factor de seguridad que tiene toda la estructura así comprobando la resistencia que tendrá todo el elemento.

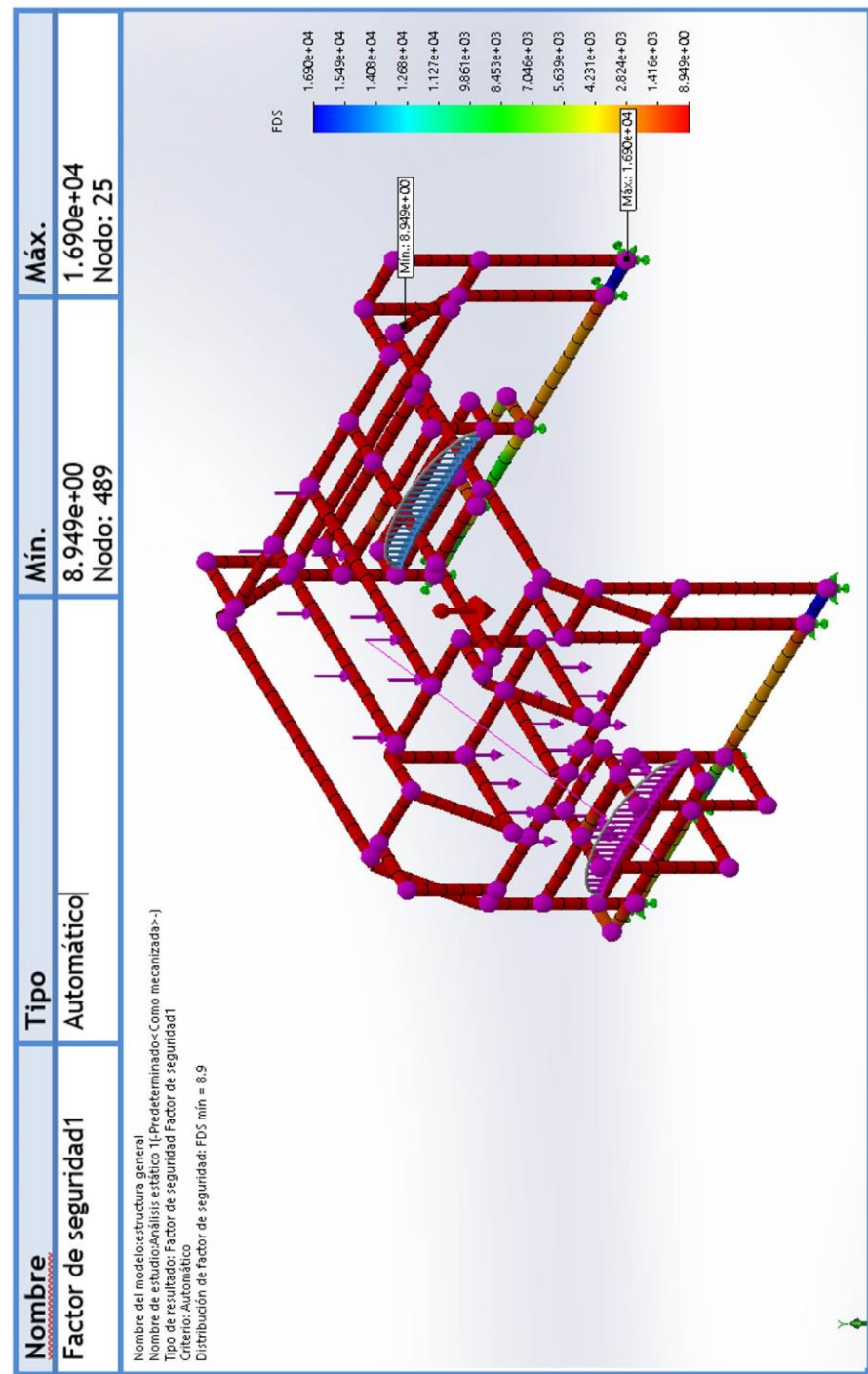


Figura 122. Análisis de factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia, 2018

CAPÍTULO V

COSTOS

5.1. Costos y presupuesto

Se analiza los costos que se necesitara para la fabricación de la maquina teniendo en cuenta a referencia de los precios son incluido el IGV así mismo son datos recolectados en la fecha de la presente tesis.

5.1.1. Costo de materiales

COSTOS DE MATERIALES				
DESCIPCION	OBSERVACIONES	UNID.	PRECIO UNID.	TOTAL
ROTOR				
MATERIALES PARA FABRICACION				
TUBO CILINDRICO ASTM A53 DE 4" SCH-40	CILINDRO PRINCIPAL	1	S/.460.00	S/.460.00
PLANCHA 3/8" ASTM A1045	PALETAS	1	S/.530.00	S/.530.00
PLANCHA DE 3/8 ASTM A36	SOPORTE DE PALETAS	1	S/.460.00	S/.460.00
EJE DE 1 1/2"ASTM A36	EJE PRINCIPAL DE GIRO	1	S/.130.00	S/.130.00
PLANCHA GRUESA LAC DE UN ASTM A1011 TIPO B DE 9MM.	SOPORTE PARA GIRO.	1	S/.380.00	S/.380.00
TUBO CILINDRICO DE 2 1/2 ASTM A53 SCH- 40	PARTE SUPERIOR PARA RODAJE	1	S/.230.00	S/.230.00
PRODUCTOS A COMPRAR				
RODAMIENTO DE 1 HILERA DE RODILLO CONICO	RODAMIENTO DE MOTOR A EJE	2	S/.45.00	S/.90.00
EMBRAGUE DE ROTOR				
MATERIALES PARA FABRICACION				
PLANCHA DELGADA LAC ASTM A36 DE 2MM.	ENGANCHE COMPACTADO DE EMBRAGUE	1	S/.120.00	S/.120.00
PLANCHA DE JEBE DELGADO DE 1MM X 600MM X 600 MM	ENGANCHE COMPACTADO DE EMBRAGUE	1	S/.20.00	S/.20.00
EJE DE 2 1/2" ASTM A36	ENGANCHE CON EN EL EJE DE GIRO	1	S/.65.00	S/.65.00
EJE DE 1/4" ASTM A36	EMPUJE PARA EL ENGANCHE DE EMBRAGUE	1	S/.25.00	S/.25.00
TUBO CILINDRICO DE 3" ASTM A53	BASE SUPERIOR DE ENGANCHE	1	S/.405.00	S/.405.00
TUBO CILINDRICO DE 2 3/4" ASTM A 53	BASE INFERIOR DE ENGANCHE	1	S/.290.00	S/.290.00
PRODUCTOS A COMPRAR				
COJINETE DE EMBRAGUE HIDRAULICO DE Ø INTERIOR DE 1 1/2"		1	S/.230.00	S/.230.00

TRANSMISION DE MOTOR A ROTOR				
PRODUCTOS A COMPRAR				
MOTOR ESTACIONARIO A COMBUSTIBLE DE 25 HPs		1	S/.3,800.00	S/.3,800.00
PAR DE CARDAN DE Ø INTERNO DE 1 1/2"		2	S/.120.00	S/.240.00
EMBRAGUE CENTRIFUGO DE 25 HPs		1	S/.240.00	S/.240.00
POLEA PHP 1 -B44TB-4.4DP		2	S/.40.00	S/.80.00
ENGRANAJE CONICOS MOD.6 RELACION 1:1		4	S/.35.00	S/.140.00
FAJA V Perfil 17/B PHG B36,5		1	S/.40.00	S/.40.00
REDUCTOR DE VELOCIDAD SIN FIN DE RELACION 1:20		1	S/.160.00	S/.160.00
TRACCION DE LA VOLTEADORA				
PRODUCTOS A COMPRAR				
PIÑON DE CADENA DE 10 DIENTES		4	S/.12.00	S/.48.00
PIÑON PARA CADENA DE 40 DIENTES		2	S/.60.00	S/.120.00
PIÑON PARA CADENA DE 30 DIENTES		2	S/.22.00	S/.44.00
ARO DE LLANTA DE 13"		4	S/.120.00	S/.480.00
LLANTA GOOYEAR TODO TERRENO		4	S/.170.00	S/.680.00
DIRECCION				
PRODUCTOS A COMPRAR				
PAR DE CARDAN DE Ø INTERNO DE 1 1/2"		2	S/.95.00	S/.190.00
VOLANTE DE ACOPLE DE EJE (TIMON)		1	S/.260.00	S/.260.00
EJE DE 1 1/2" ASTM A36		2	S/.150.00	S/.300.00
PIÑON Y CREMALLERA		1	S/.150.00	S/.150.00
ASIENTO PARA AUTOMOVIL		1	S/.270.00	S/.270.00
RODAMIENTO DE BOLAS 1 1/2"		3	S/.25.00	S/.75.00
RODAMIENTO DE BOLAS 2"		1	S/.32.00	S/.32.00
ESTRUCTURA				
PLANCHA DE 3mm ASTM A36		5	S/.170.00	S/.850.00
TUBO DE ACERO RECT. ASTM A500 50X75 MM		15	S/.30.00	S/.450.00
TUBO DE ACERO RECT. ASTM A500 25X50 MM		1	S/.24.00	S/.24.00

OTROS				
SOPORTE DE PIE CON RODAMIENTOS Y SKF SY1.1/2 TR		12	S/.20.00	S/.240.00
CHAVETA UNI 6604-69 – din 6885 6x6		12	S/.3.50	S/.42.00
CHAVETA UNI 6604-69 – din 6885 5x6		12	S/.2.80	S/.33.60
CHAVETA UNI 6604-69 – din 6885 9x6		10	S/.5.00	S/.50.00
PRISIONEROS 1/4"		10	S/.0.50	S/.5.00
PRISIONEROS 1/8"		10	S/.0.30	S/.3.00
PERNOS DE Ø 3/8x1"		250	S/.0.30	S/.75.00
PERNOS DE Ø 3/8x2"		100	S/.0.50	S/.50.00
TUERCAS DE Ø 3/8		250	S/.0.40	S/.100.00
ARANDELAS DE Ø INTERNO 3/8		250	S/.0.20	S/.50.00
BOCINAS DE 2"		6	S/.150.00	S/.900.00
BOCINAS DE 2 1/2		2	S/.170.00	S/.340.00
PEDAL DE GO KART		2	S/.200.00	S/.400.00
PALANCA CON TRABA		1	S/.270.00	S/.270.00
BOMBIN HIDRAULICO		1	S/.190.00	S/.190.00
MANGUERA DE PALANCA A EMBRAGUE MECANICA		5	S/.7.00	S/.35.00
CABLEADO DE FRENO Y ACELERADOR		10	S/.5.00	S/.50.00
			TOTAL	S/.14,941.60

5.1.2. Costos de fabricación y montaje

COSTO DE FABRICACION Y MONTAJE	
MANO DE OBRA	S/.4,000.00
ALQUILER DE TALLER EQUIPADO	S/.3,000.00
SERVICIO (LUZ Y AGUA)	S/.450.00
OTROS	S/.100.00

COSTO DE PROYECTO	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	S/.28,191.60
COSTO DIRECTO	S/.18,941.60
MATERIALES	S/.14,941.60
MANO DE OBRA	S/.4,000.00
COSTOS INDIRECTOS	S/.9,250.00
ALQUILER	S/.3,000.00
SERVICIOS DE AGUA Y LUZ	S/.450.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/.2,850.00
MATERIALES DE ESCRITORIO	S/.50.00
SOFTWARE	S/.200.00
TRANSPORTE	S/.100.00
ASESORIA Y SUPERVISION	S/.2,500.00
OTROS IMPREVISTOS	S/.100.00

5.1.3. Proyecciones y análisis de costos

	TIEMPO	TOTAL	TOTAL EN 10 AÑOS
ALQUILER DE MAQUINARIA(PALA)	40 MIN	200	S/.72,000.00
PERSONAL		330	S/.118,800.00
PERSONAL 4 POR 2 DIAS	62 HRS	310	
TRANSPORTE		20	
MAQUINARIA (REMOBEDORA DE COMPOST)	1 HRS		S/.44,391.60
COSTO DE MAQUINARIA		15000	S/.28,191.60
COMBUSTIBLE		30	S/.10,800.00
PERSONAL		5	S/.1,800.00
MANTENIMIENTO		10	S/.3,600.00

CALCULO DE RENTABILIDAD - (REDUCCION DE COSTOS)			
COMPARACION	10 AÑOS	ANUAL	PROMEDIO-10 AÑOS
PALA Y REMOVEDORA	38.35%	3.83%	
PERSONAL Y REMOVEDORA	62.63%	6.26%	50.49%

CONCLUSIONES

- Se logra solucionar la deficiencia en el volteado con una maquina removedora de compost autopropulsada a 20 toneladas por hora.
- El mejor sistema de avance es el mecánico a una velocidad de 12.5 rpm con llantas de para todo terreno.
- Este diseño permite que puede ser utilizado con un motor de 20 hps logrando que el volteado de compost logre a ser homogenizado.
- En relación costo y rentabilidad nuestra maquina resulta rentable ya que se elimina mano de obra y sus gastos que incluyen usar mano de obra en procesos de volteado de compost.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICOLAS, S., 2003. FICHA TECNICA VOLTEADORA ST 200. , pp. 609001.
- ANYELA BRAVO, 2015. residuos solidos. .
- ARCHER HILTON, C., GREGORY KLOS, E. y PEASE, J., 2014. ON FARM COMPOSTING : A GUIDE TO PRINCIPLES , PLANNING AND OPERATIONS. , vol. 452-232, no. August.
- AVENDAÑO ROJAS, D.A., 2003. *El proceso de compostaje* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en: <http://www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp-content/uploads/2010/10/Compostaje.pdf>.
- BARRIGA GAMARRA, B., 1985. *Métodos de diseño en Ingeniería Mecánica*. PRIMERA. Lima: s.n.
- BARRIGA GAMARRA, B., 2016. *MÉTODOS DE DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA*. 2016. lima: s.n.
- BUDYNAS, R. y NISBETT, K., 2013. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* [en línea]. Editorial. mexico: s.n. ISBN 9788578110796. Disponible en: <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>.
- DE VEDIA, L. y SVOBODA, H., 2004. Introducción a La Metalurgia DE LA SOLDADURA. [en línea], Disponible en: http://materias.fi.uba.ar/6716/METALURGIA_DE_LA_SOLDADURA_2.pdf.
- DIAGRAMA ESFUERZO - DEFORMACIÓN. [en línea], 2018. [Consulta: 24 agosto 2018]. Disponible en: <http://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html>.
- DIARIO LA PRIMERA DIGITAL, 2010. la primera digital. [en línea]. Disponible en: http://www.diariolaprimeraperu.com/online/economia/pequenos-agricultores-sin-ayuda-gubernamental_68112.html.

- DIARIO LA PRIMERA DIGITAL, 2018. PRODUCTORES RECORREN EXPERIENCIAS EXITOSAS EN EL AGRO | LA PRIMERA. [en línea]. [Consulta: 23 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.laprimera.pe/productores-recorren-experiencias-exitosas-en-el-agro/>.
- EL TAMBO, M.D. de, 2015. *Estudio de Caracterizacion de Residuos solidos*. Huancayo: s.n.
- ERDMAN, A. y SANDOR, G., 1998. *Diseño de Mecanismos Analisis y Sintesis*. 3. Mexico: PEARSON.
- FEODOSIEV, V., 1980. *Resistencia de Materiales*. MIR. MOSCU: s.n.
- FERNÁNDEZ, A. y SÁNCHEZ, M., 2007. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. [en línea], Disponible en: <http://www.unido.org/>.
- FITZPATRICK, G., 1993. A program for determining compost bleding ratios. *Compost Science & Utilization* [en línea], vol. 3, pp. 30-33. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1065657X.1993.10757885>.
- FLORES FLOR, J.E. y NUÑEZ SILVA, I.A., 2005. ANÁLISIS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE COMPOST CON CUATRO FUENTES DE MATERIA ORGANICA ANIMAL (Bos taurus, Gallus gallus, Cavia porcellus, Ovis aries) EN LA HACIENDA EL PRADO 2005. ,
- GARCIA P., G., 1998. *Un proceso general de diseño en Ingeniería Mecánica*. S.l.: s.n.
- GASSER, J., 1984. Composting of agricultural and other wastes. *Elsevier Applied Science Publishers* [en línea], Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0734242X8600400161>.
- Google Maps. [en línea], 2018. [Consulta: 24 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.google.com.pe/maps/@-12.0319008,-75.2457613,15.5z?hl=es-419&authuser=0>.
- GORDILLO, F., PERALTA, E., CHAVEZ, E., CONTRERAS, V., CAMPUZANO, A. y RUIZ, O., 2011. Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de Saccharum officinarum (caña de azúcar). *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* [en línea], vol. 37, no. 0325-8718, pp. 140-149.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=86421189006>.

HAUG, R.T., 1993. *The practical handbook of compost engineering*. [en línea]. Lewis Publ. Nueva York.: s.n. Disponible en: https://openlibrary.org/books/OL1729207M/The_practical_handbook_of_compost_engineering.

INEI, 2017. Perú. Perfil Sociodemográfico. Informe Nacional. Censos Nacionales 2017. , pp. 1-644.

JIMÉNEZ PÉZER MITRE, A., 2016. PRINCIPIOS DEL MÉTODO DE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS Y DESCRIPCIÓN DE ALGOR FEA. [en línea], Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/lopez_sa_ja/.

LOZADA VINCES, E.A., 2011. “ESTUDIO DE VOLTEADORAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN LA FLORICULTORA NEVADO ECUADOR DE LA PARROQUIA MULALILLO” [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>.

MONTERO AVENDAÑO, J.E., 2006. “ *Diseño de máquina volteadora de compost* ” [en línea]. S.I.: Universidad Austral de Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcim778d/doc/bmfcim778d.pdf>.

MUSTING, M., 1987. *Le compost. Gestion de la matière organique*. F. Dubusc. Paris: s.n.

NIETO QUIJORNA, A.J., 2007. ELEMENTOS DE AMQUINAS. ,

Portal de la Municipalidad de El Tambo. [en línea], 2018. [Consulta: 24 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.munieltambo.gob.pe/portal/>.

ROMÁN, P., MARTINEZ, M. y PANTOJA, A., 2013. Manual Del Compostaje Del Agricultor. *Fao* [en línea]. Santiago de Chile: Disponible en: www.fao.org/publications.

RONALD, M., 2007. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos. *Puerta Echeverri*,

ROSTAGNO, M., 2015. “ *Máquina volteadora para la elaboración de fertilizante orgánico a*

través de guano de gallina ” [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4300/PI - Rostagno Marianela.pdf?sequence=1](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4300/PI_Rostagno_Marianela.pdf?sequence=1).

SAÑA, J. y SOLIVA, M., 1987. El compostaje: Proceso, sistemas y aplicaciones. *Quaderns d'ecologia aplicada*,

SÁNCHEZ ROMERO, Á. y HIDALGO MUÑOZ, F., 1999. *Estudio sobre maquinaria idónea para las labores de compostaje de alpeorujos* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/documento_completo.pdf.

SOLUCIONES AGRICOLAS, 2003. FICHA TECNICA Maquinaria Volteadora ST-250. , pp. 609001.

SOLUCIONES AGRICOLAS, M., 2003. volteradora SF 300 MD. , pp. 609001.

SZTERN, D. y PRAVIA, M., 1999. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. *Organización Panamericana de la Salud* [en línea], pp. 1-69. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf%0AOPS/HEP/HES/URU/02.99>.

tractor volteadora de compost. [en línea], 2018. [Consulta: 24 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2013/08/maquina-volteadora-compostaje-html/>.

ANEXOS

ANEXO 1

Catálogo de planchas SAE 1045



PLANCHA GRUESA SAE 1045

CALIDAD: SAE 1045
LARGO: 6000 y 12000 [mm]
ANCHO: 2000 y 2440 [mm]

Espesor [mm]	Área [cm ²]	2000		2440		
		Peso x Plancha		Área [cm ²]	Peso x Plancha	
		6000	12000		6000	12000
		[kgf]	[kgf]		[kgf]	[kgf]
6	120	565,2	1130	146	689,5	1379
8	160	753,6	1507	195	919,4	1839
10	200	942,0	1884	244	1149	2298
12	240	1130	2261	293	1379	2758
14	280	1319	2638	342	1609	3218
16	320	1507	3014	390	1839	3678
18	360	1696	3391	439	2069	4137
20	400	1884	3768	488	2298	4597
22	440	2072	4145	537	2528	5057
25	500	2355	4710	610	2873	5746
28	560	2638	5275	683	3218	6436
32	640	3014	6029	781	3678	7355
35	700	3297	6594	854	4022	8045
38	760	3580	7159	927	4367	8734
45	900	4239	8478	1098	5172	10343
50	1000	4710	9420	1220	5746	11492
63	1260	5935	11869	1537	7240	14480
75	1500	7065	14130	1830	8619	17239
100	2000	9420	18840	2440	11492	22985

Fuente: Francisco Petricio acero, 2019

PLANCHA GRUESA

SAE 1045

CALIDAD	Límite de Fluencia mínimo, Fy	Tensión de rotura por tracción mín, Fu	Alargamiento mín.	Fy/Fu
	[MPa]	[MPa]	%	≤ 0,85
SAE 1045	310	565	16	0,55

Aceros estructurales chilenos para construcciones generales (NCh 203 Of. 2006)

A240ES	240	360	22	0,67
A270ES	270	410	20	0,66
A345ES	345	510	18	0,68
M345ES	345	510	18	0,68
Y345ES	345	480	18	0,72

Aceros estructurales chilenos para construcciones sometidas a cargas de origen dinámico (NCh 203 Of. 2006)

A250ESP	250 a 350	400 a 550	23	0,63
A345ESP	345 a 450	450 mín	21	0,77

Fuente: Francisco Petricio acero, 2019

ANEXO 2

Catálogo de planchas ASTM A36

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm ²)	2530 mín.
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	4080-5610
	Alargamiento (%) en 50 mm	20 mín.
	Doblado	a 180° (opcional) Diámetro Pin = 3e Sentido Laminación

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
6.0	1/4"	1500	5	6000	20	423.90
8.0	5/16"	1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
9.0	3/8"	1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
12.0	1/2"	1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
16	5/8"	1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
19	3/4"	1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
25	1"	1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
32	1 1/4"	1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Fuente: Aceros Arequipa, 2019

ANEXO 3

Catálogo de tubos y ejes ASTM A36

Tubo ASTM A53



DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en kg/m			
DESIGNACIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR SCH-40 (mm)	PESO SCH-40 (Kg/m)
1/8"	10.3	1.73	0.370
1/4"	13.7	2.24	0.630
3/8"	17.1	2.31	0.840
1/2"	21.3	2.77	1.270
3/4"	26.7	2.87	1.690
1"	33.4	3.38	2.500
1 1/4"	42.2	3.56	3.390
1 1/2"	48.3	3.68	4.050
2"	60.3	3.91	5.440
2 1/2"	73.0	5.16	8.630
3"	88.9	5.49	11.290
3 1/2"	101.6	5.74	13.570
4"	114.3	6.02	16.070
5"	141.3	6.55	21.770
6"	168.3	7.11	28.260

DESCRIPCIÓN:

Tubos para alta presión (SCH 40) fabricados con acero al carbono de calidad estructural, utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

NORMA TÉCNICA DE FABRICACIÓN:

Según Norma ASTM A53

Comprende dos tipos (grados)

Grado A: Schedule 10
Schedule 20
Schedule 30
Schedule 40

Grado B (Tratamiento Térmico): Schedule 40

USOS:

Conducción para alta presión de agua, gas, vapor, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos.

PRESENTACIÓN:

Longitud : 6.40 m (21').
Otras longitudes a pedido.

Acabado de extremos

: Refrentado (plano), limpio de rebordes.
Biselado.

Recubrimiento

: Roscado (según Norma ANSI B1.20.1).
Ranura tipo Victaulic.
: Negro.
Galvanizado (Según ASTM A53).
Pintado.
Aceitado.
Desengrasado.
Bajo Pedido.

Acabado Interno

: Escariado.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Grado A:

Resistencia a la Tracción = 330 Min. Mpa
Límite de Fluencia = 205 Min. Mpa

Grado B:

Resistencia a la Tracción = 415 Min. Mpa
Límite de Fluencia = 240 Min. Mpa

TOLERANCIAS DIMENSIONALES :

Espesor mínimo : -12,5 % del valor nominal
Peso : + / - 10 % del valor nominal
Diámetro : + / - 1 % del valor nominal

Barras Redondas Lisas



DIMENSIONES	
Sistema Inglés (pulgadas)	
3/8	1 1/4
1/2	1 3/8
5/8	1 1/2
3/4	1 3/4
7/8	2
1	2 1/4
1 1/8	2 1/2

NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química : ASTM A36, SAE 1045

Tolerancias Dimensionales

- Barras de diámetros ≤ a 1" : ISO 1035/4
- Barras de diámetros > a 1" : ASTM A6 / A6M

PRESENTACIÓN:

Se produce en longitudes de 6 metros.

Las barras de diámetros mayores a 1" se entregan además pulidas. Se suministra en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u. La calidad 1045 se identifica con los colores blanco, o blanco y negro.

USOS:

Estructuras metálicas de todo tipo, construcción de puertas, portones, cercos, marcos de ventanas, rejas de protección y decorativas, barandas, carpintería metálica artística, muebles, mesas, sillas, adornos, herramientas (martillos, tenazas, cinceles, etc), pernos, tuercas (por recalado o mecanizado), ejes, pines, pasadores, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

ASTM A36: Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm². (*)
Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 kg/cm². (*)
Alargamiento en 200 mm = 20.0 % mínimo

SAE 1045 : Límite de Fluencia mínimo = 4,000 - 5,500 kg/cm². (*)
Resistencia a la Tracción = 6,700 - 8,200 kg/cm². (*)
Alargamiento en 200 mm = 12.0 % mínimo

(*) Valores referenciales.

Fuente: Aceros Arequipa, 2019

ANEXO 4

Cargar constantes y permisibles en soldadura

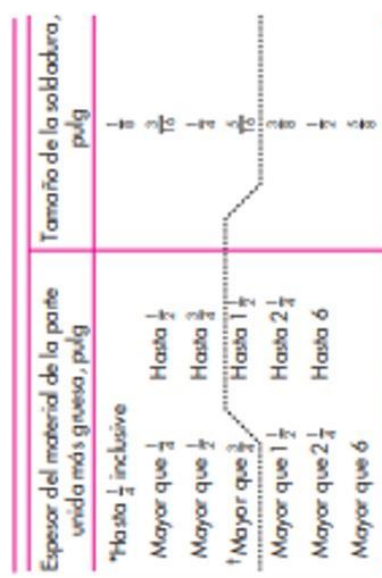
Tabla 9-6

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

		Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete					Programa B: tamaño mínimo de soldadura de filete, h	
		Nivel de resistencia del metal de aporte (E60)						
		60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial		18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal		12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del costado h, pulg								
Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal		12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8		11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4		9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8		7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2		6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16		5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8		4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16		3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4		3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16		2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8		1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16		0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AWS AWS Task Committee. $\bar{y} = 0.707h_{\text{per}}$

Fuente: Adaptado de Omer W. Bloodgett (ed.), *Stress Allowables Affect Weldment Design*, D412, The James F. Uncin Arc Welding Foundation, Cleveland, mayo de 1991, p. 3. Reproducido con autorización de Lincoln Electric Company.



No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.
 *El tamaño mínimo para espesores en puertos no puede ser menor a $1/8$ pulg.
 Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no puede ser mayor que la soldadura de filete de $1/8$ pulg por cada $1/4$ pulg de resistencia.

ANEXO 5

Resistencia mínima ASTM

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: Budynas y Nisbett, 2013

ANEXO 6

Factores de carga radial para cojinete de bolas

F_a/C_0	e	$F_a/(VF_r) \leq e$		$F_a/(VF_r) > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

*Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

ANEXO 7

Motor estacionario

MOTOR ESTACIONARIO HONDA GX690 POTENCIA 25 HP.

Especificaciones Técnicas

CARACTERÍSTICAS

Cilindros	: Dos, en V
Válvulas	: Sobre la culata OHV
Tipo de Eje	: Horizontal recto 28,5 mm Ø (1,12") con Chavetero
Refrigeración	: Aire Forzado
Lubricación	: Resalpique
Diámetro por carrera	: 72mm X 72mm
Desplazamiento	: 688 cc.
Potencia Máxima	: 25 Hp a 3.600 rpm *
Potencia Neta	: 22,1 Hp a 3600 rpm**
Potencia en Kw.	: 16,5 Kw.
Relacion compresión	: 9,3 : 1
Par motor máximo	: 48,3 Nm / 35,6 lb-ft a 2.500 rpm.
Arranque	: Eléctrico
Encendido	: Transistorizado
Alerta de aceite	: Si
Filtro de aire	: Elemento Dual
Consumo combustible	: 5,7 litros X Hora Aprox.

DIMENSIONES

Largo	: 40,5 Cms
Ancho	: 41 Cms
Alto	: 43,8 Cms
Peso Seco	: 44 Kg.
Carter de aceite	: 1.500 cc. (Sin filtro aceite) : 1.700 cc. (Con filtro aceite)
Deposito Combustible	: No incluido
Silenciador	: No incluido
Horometro digital	: Incluido

* a 3.600rpm (potencia máxima), según norma SAE J1995

** a 3.600rpm (potencia neta) según norma SAE J1349

HONDA
The Power of Dreams



DETALLES DEL MOTOR

Motor multipropósito, viene con eje horizontal de 28,5mm. (1,12") con chavetero, bicilindrico, es un suave y robusto motor para grandes prestaciones, incluye horometro digital, bomba de bencina y sensor o alerta de aceite.



BAPER

Chacabuco 778, Santiago - Chile



+ 56 22 682 5087

info@baper.net

www.baper.net

GENERADORES - MOTOBOMBAS- MOTORES ESTACIONARIOS - ORILLADORAS - CORTADORAS DE PASTO - ETC.
Ventas - Servicio Técnico - Repuestos - Arriendos

ANEXO 8

Factores de servicio para fajas

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrifugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tomillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Nota:

Motores de Corriente Alterna con par de Arranque **Normal** (hasta 2 veces el par nominal): Sincronos, Monofásicos, Trifásicos (arranque directo, estrella-triángulo y por anillos rozantes). Motores de corriente continua en derivación. Motores de combustión interna de varios cilindros y turbinas a más de 600 r/min.

Fuente: rexon, 2018

ANEXO 9

Catálogo de fajas



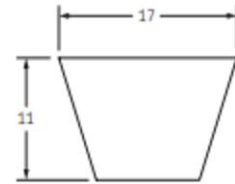
Correas clásicas



17/B

Sección 17/B

Longitud primitiva	Longitud interior		Designación	Longitud primitiva	Longitud interior		Designación	Longitud primitiva	Longitud interior		Designación
	mm	pulg.			mm	pulg.			mm	pulg.	
624	584	23,00	PHG B23	1490	1448	57,00	PHG B57	2872	2832	111,50	PHG B111,5
650	610	24,00	PHG B24	1510	1473	58,00	PHG B58	2890	2845	112,00	PHG B112
675	635	25,00	PHG B25	1540	1499	59,00	PHG B59	2940	2896	114,00	PHG B114
700	660	26,00	PHG B26	1560	1524	60,00	PHG B60	2960	2921	115,00	PHG B115
715	673	26,50	PHG B26,5	1590	1549	61,00	PHG B61	2990	2946	116,00	PHG B116
730	686	27,00	PHG B27	1620	1575	62,00	PHG B62	3040	2997	118,00	PHG B118
750	711	28,00	PHG B28	1640	1600	63,00	PHG B63	3090	3048	120,00	PHG B120
760	724	28,50	PHG B28,5	1655	1613	63,50	PHG B63,5	3140	3099	122,00	PHG B122
770	737	29,00	PHG B29	1670	1626	64,00	PHG B64	3200	3150	124,00	PHG B124
785	749	29,50	PHG B29,5	1690	1651	65,00	PHG B65	3240	3200	126,00	PHG B126
800	762	30,00	PHG B30	1720	1676	66,00	PHG B66	3290	3251	128,00	PHG B128
830	787	31,00	PHG B31	1740	1702	67,00	PHG B67	3350	3302	130,00	PHG B130
845	800	31,50	PHG B31,5	1760	1727	68,00	PHG B68	3400	3353	132,00	PHG B132
860	813	32,00	PHG B32	1800	1753	69,00	PHG B69	3450	3404	134,00	PHG B134
863	819	32,25	PHG B32,25	1810	1765	69,50	PHG B69,5	3500	3454	136,00	PHG B136
866	826	32,50	PHG B32,5	1820	1778	70,00	PHG B70	3550	3505	138,00	PHG B138
880	838	33,00	PHG B33	1850	1803	71,00	PHG B71	3600	3556	140,00	PHG B140
895	851	33,50	PHG B33,5	1870	1829	72,00	PHG B72	3650	3607	142,00	PHG B142
900	857	33,75	PHG B33,75	1900	1854	73,00	PHG B73	3700	3658	144,00	PHG B144
910	864	34,00	PHG B34	1920	1880	74,00	PHG B74	3750	3708	146,00	PHG B146
920	876	34,50	PHG B34,5	1950	1905	75,00	PHG B75	3800	3759	148,00	PHG B148
930	889	35,00	PHG B35	1970	1930	76,00	PHG B76	3850	3810	150,00	PHG B150
945	902	35,50	PHG B35,5	2000	1956	77,00	PHG B77	3870	3835	151,00	PHG B151
950	908	35,75	PHG B35,75	2020	1981	78,00	PHG B78	3900	3861	152,00	PHG B152
960	914	36,00	PHG B36	2050	2007	79,00	PHG B79	3950	3912	154,00	PHG B154
965	921	36,25	PHG B36,25	2070	2032	80,00	PHG B80	4010	3962	156,00	PHG B156
970	927	36,50	PHG B36,5	2100	2057	81,00	PHG B81	4060	4013	158,00	PHG B158
980	940	37,00	PHG B37	2130	2083	82,00	PHG B82	4110	4064	160,00	PHG B160
990	953	37,50	PHG B37,5	2150	2108	83,00	PHG B83	4160	4115	162,00	PHG B162
1000	965	38,00	PHG B38	2165	2121	83,50	PHG B83,5	4200	4166	164,00	PHG B164
1020	978	38,50	PHG B38,5	2180	2134	84,00	PHG B84	4230	4191	165,00	PHG B165
1030	991	39,00	PHG B39	2200	2159	85,00	PHG B85	4280	4242	167,00	PHG B167
1045	1003	39,50	PHG B39,5	2230	2184	86,00	PHG B86	4360	4318	170,00	PHG B170
1060	1016	40,00	PHG B40	2250	2210	87,00	PHG B87	4430	4394	173,00	PHG B173
1070	1029	40,50	PHG B40,5	2280	2235	88,00	PHG B88	4490	4445	175,00	PHG B175
1080	1041	41,00	PHG B41	2300	2261	89,00	PHG B89	4540	4496	177,00	PHG B177
1090	1054	41,50	PHG B41,5	2330	2286	90,00	PHG B90	4610	4572	180,00	PHG B180
1100	1067	42,00	PHG B42	2350	2311	91,00	PHG B91	4740	4699	185,00	PHG B185
1115	1080	42,50	PHG B42,5	2380	2337	92,00	PHG B92	4800	4750	187,00	PHG B187
1130	1092	43,00	PHG B43	2400	2362	93,00	PHG B93	5000	4953	195,00	PHG B195
1140	1099	43,25	PHG B43,25	2420	2388	94,00	PHG B94	5044	5004	197,00	PHG B197
1160	1118	44,00	PHG B44	2435	2400	94,50	PHG B94,5	5220	5182	204,00	PHG B204
1180	1143	45,00	PHG B45	2450	2413	95,00	PHG B95	5340	5283	208,00	PHG B208
1195	1156	45,50	PHG B45,5	2480	2438	96,00	PHG B96	5370	5334	210,00	PHG B210
1210	1168	46,00	PHG B46	2490	2451	96,50	PHG B96,5	5630	5588	220,00	PHG B220
1225	1181	46,50	PHG B46,5	2500	2464	97,00	PHG B97	5760	5715	225,00	PHG B225
1240	1194	47,00	PHG B47	2530	2489	98,00	PHG B98	6040	5994	236,00	PHG B236
1260	1219	48,00	PHG B48	2560	2515	99,00	PHG B99	6140	6096	240,00	PHG B240
1290	1245	49,00	PHG B49	2580	2540	100,00	PHG B100	6340	6299	248,00	PHG B248
1310	1270	50,00	PHG B50	2610	2565	101,00	PHG B101	6750	6706	264,00	PHG B264
1340	1295	51,00	PHG B51	2630	2591	102,00	PHG B102	6900	6858	270,00	PHG B270
1370	1321	52,00	PHG B52	2660	2616	103,00	PHG B103	7025	6985	275,00	PHG B275
1380	1334	52,50	PHG B52,5	2680	2642	104,00	PHG B104	7050	7010	276,00	PHG B276
1390	1346	53,00	PHG B53	2700	2667	105,00	PHG B105	7150	7112	280,00	PHG B280
1400	1359	53,50	PHG B53,5	2740	2692	106,00	PHG B106	7660	7620	300,00	PHG B300
1410	1372	54,00	PHG B54	2760	2718	107,00	PHG B107	8040	8001	315,00	PHG B315
1440	1397	55,00	PHG B55	2790	2743	108,00	PHG B108	-	-	-	-
1460	1422	56,00	PHG B56	2840	2794	110,00	PHG B110	-	-	-	-



También disponemos de correas con longitudes no estándar.

Fuente: SKF, 2018

ANEXO 10

Catálogo de poleas



Poleas trapeciales clásicas QD

Perfil A/B



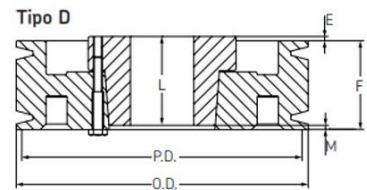
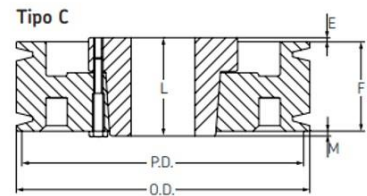
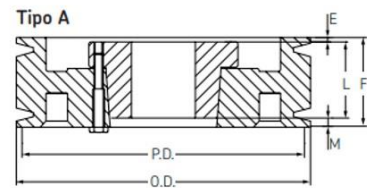
1 Canal

Diámetro Primitivo (PD)		Diámetro Externo (OD)	Tipo de Polea	Buje	Orificio		E	L	M	Peso lbs	Peso kg	Designación
Correas B	Correas A				min	max						
3,4	3,0	3,75	E-1	SH	1/2	1 5/8	7/32	1 5/16	21/32	4,4	2,0	PHP 1-B34-SH
3,6	3,2	3,95	D-1	SH	1/2	1 5/8	19/32	1 5/16	5/32	4,9	2,2	PHP 1-B36-SH
3,8	3,4	4,15	D-1	SH	1/2	1 5/8	19/32	1 5/16	5/32	5,3	2,4	PHP 1-B38-SH
4,0	3,6	4,35	C-1	SH	1/2	1 5/8	11/32	1 5/16	3/32	6,0	2,7	PHP 1-B40-SH
4,2	3,8	4,55	C-1	SH	1/2	1 5/8	11/32	1 5/16	3/32	6,4	2,9	PHP 1-B42-SH
4,4	4,0	4,75	C-1	SH	1/2	1 5/8	11/32	1 5/16	3/32	7,5	3,4	PHP 1-B44-SH
4,6	4,2	4,95	C-1	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	8,8	4,0	PHP 1-B46-SDS
4,8	4,4	5,15	C-1	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	9,5	4,3	PHP 1-B48-SDS
5,0	4,6	5,35	C-1	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	10,4	4,7	PHP 1-B50-SDS
5,2	4,8	5,55	C-1	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	11,0	5,0	PHP 1-B52-SDS
5,4	5,0	5,75	C-1	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	11,7	5,3	PHP 1-B54-SDS
5,6	5,2	5,95	C-1	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	12,3	5,6	PHP 1-B56-SDS
5,8	5,4	6,15	C-2	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	13,0	5,9	PHP 1-B58-SDS
6,0	5,6	6,35	C-2	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	13,7	6,2	PHP 1-B60-SDS
6,2	5,8	6,55	C-2	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	14,3	6,5	PHP 1-B62-SDS
6,4	6,0	6,75	C-2	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	15,0	6,8	PHP 1-B64-SDS
6,6	6,2	6,95	C-2	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	15,9	7,2	PHP 1-B66-SDS
6,8	6,4	7,15	C-3	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	16,5	7,5	PHP 1-B68-SDS
7,0	6,6	7,35	C-3	SDS	1/2	2	11/32	1 5/16	3/32	17,2	7,8	PHP 1-B70-SDS
7,4	7,0	7,75	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	19,4	8,8	PHP 1-B74-SDS
8,0	7,6	8,35	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	21,2	9,6	PHP 1-B80-SDS
8,6	8,2	8,95	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	22,0	10,0	PHP 1-B86-SDS
9,4	9,0	9,75	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	23,1	10,5	PHP 1-B94-SDS
11,0	10,6	11,35	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	24,3	11,0	PHP 1-B110-SDS
12,4	12,0	12,75	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	26,5	12,0	PHP 1-B124-SDS
13,6	13,2	13,95	D-3	SDS	1/2	2	17/32	1 5/16	7/32	30,9	14,0	PHP 1-B136-SDS
15,4	15,0	15,75	C-3	SK	1/2	2 5/8	21/32	1 15/16	9/32	35,3	16,0	PHP 1-B154-SK
16,0	15,6	16,35	C-3	SK	1/2	2 5/8	21/32	1 15/16	9/32	36,6	16,6	PHP 1-B160-SK
18,4	18,0	18,75	C-3	SK	1/2	2 5/8	21/32	1 15/16	9/32	39,7	18,0	PHP 1-B184-SK
20,0	19,6	20,35	C-3	SK	1/2	2 5/8	21/32	1 15/16	9/32	44,1	20,0	PHP 1-B200-SK

F = 7/8" (1-B34-SH - 1-B70-SDS) F = 1" (1-B74-SDS - 1-B200-SK)

2 Canales

Fuente: SKF, 2018



ANEXO 11

Rendimientos teóricos

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	0.89	0.92	0.93
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)

ANEXO 12

Reductor corona y sinfín

W R M G E A R B O X E S

PRESTACIONES BWQ / PERFORMANCE BWQ

i	n2	n1 = 2800								
		30	40	58	63	75	90	110	130	
7,5	373	kw1	0,56	1,23	2,26	4,04	5,56	8,82	14,90	22,10
		M2	13	28	52	93	130	210	340	520
10	260	kw1	0,45	0,97	1,80	3,28	4,72	7,60	12,20	18,70
		M2	13	29	54	97	145	238	380	580
15	187	kw1	0,31	0,72	1,31	2,34	3,37	6	9,3	14,7
		M2	13	31	57	103	150	270	425	670
20	140	kw1	0,23	0,52	0,95	1,75	2,76	4,4	7	11
		M2	12	29	53	100	170	260	420	660
25	112	kw1	0,25	0,42	0,75	1,32	2,12	3,5	5,9	9
		M2	16	28	51	92	150	250	440	670
30	90	kw1	0,21	0,44	0,82	1,5	2,1	3,7	5,7	9
		M2	15	34	64	120	170	310	480	770
40	70	kw1	0,16	0,32	0,59	1,06	1,57	2,5	4,1	6,5
		M2	14	31	58	108	165	275	480	730
50	56	kw1	0,12	0,26	0,45	0,83	1,2	2	3,3	5,1
		M2	13	30	53	100	150	265	450	700
60	47	kw1	0,1	0,21	0,37	0,68	1	1,62	2,73	4
		M2	12	28	50	95	145	245	430	640
80	35	kw1	0,08	0,16	0,27	0,49	0,72	1,2	1,9	3
		M2	11	25	45	85	130	225	380	580
100	28	kw1		0,12	0,21	0,37	0,56	0,9	1,49	2,18
		M2		23	40	74	120	200	350	520

i	n2	n1 = 1400								
		30	40	58	63	75	90	110	130	
7,5	187	kw1	0,41	0,9	1,58	2,84	4,1	6,3	10,4	16,1
		M2	16	40	71	128	185	290	460	750
10	140	kw1	0,32	0,69	1,23	2,19	3,25	5,1	8,57	13,5
		M2	16	40	72	130	195	310	520	820
15	93	kw1	0,23	0,46	0,88	1,65	2,3	4,1	6,5	10,3
		M2	16	40	74	140	200	380	570	920
20	70	kw1	0,18	0,37	0,68	1,22	1,88	3,1	4,8	7,8
		M2	16	36	73	135	210	355	560	910
25	56	kw1	0,18	0,3	0,54	0,98	1,47	2,43	4,1	6,5
		M2	21	36	70	130	200	340	560	930
30	47	kw1	0,15	0,31	0,57	1,1	1,48	2,6	3,9	6,35
		M2	20	45	84	160	230	410	630	1040
40	35	kw1	0,11	0,23	0,42	0,76	1,12	1,76	2,9	4,9
		M2	16	41	76	145	220	380	610	1060
50	28	kw1	0,09	0,18	0,34	0,6	0,89	1,38	2,4	3,8
		M2	17	36	73	135	210	340	600	980
60	23	kw1	0,08	0,15	0,28	0,51	0,75	1,13	1,9	3
		M2	16	36	68	130	200	320	560	900
80	18	kw1	0,05	0,12	0,22	0,39	0,58	0,83	1,3	2,3
		M2	13	33	65	122	190	285	460	840
100	14	kw1		0,09	0,16	0,34	0,48	0,67	1,1	1,7
		M2		29	55	116	180	270	460	740

i	n2	n1 = 900								
		30	40	58	63	75	90	110	130	
7,5	120	kw1	0,3	0,85	1,23	2,18	3,1	4,8	8	12,3
		M2	20	44	84	151	215	340	585	880
10	90	kw1	0,24	0,5	0,94	1,7	2,52	4	6,8	10,3
		M2	20	44	84	153	230	370	620	980
15	60	kw1	0,17	0,36	0,67	1,2	1,8	3,10	4,9	7,8
		M2	20	45	84	155	235	420	680	1060
20	45	kw1	0,13	0,28	0,48	0,91	1,4	2,3	3,8	5,8
		M2	20	44	77	148	235	390	630	1040
25	36	kw1	0,14	0,23	0,39	0,69	1,1	1,8	3,1	4,8
		M2	23	43	75	137	215	370	680	1090
30	30	kw1	0,11	0,23	0,42	0,79	1,1	1,9	3	4,7
		M2	21	49	90	175	280	460	730	1170
40	23	kw1	0,09	0,17	0,31	0,58	0,83	1,39	2,2	3,5
		M2	20	45	82	160	240	410	680	1100
50	18	kw1	0,07	0,14	0,25	0,45	0,65	1,1	1,8	2,8
		M2	16	42	77	145	220	390	680	1050
60	15	kw1	0,06	0,11	0,21	0,37	0,54	0,89	1,4	2,1
		M2	17	39	72	138	210	350	620	940
80	11	kw1	0,04	0,09	0,16	0,29	0,43	0,63	1	1,6
		M2	15	35	68	128	200	315	540	880
100	9	kw1		0,07	0,12	0,25	0,36	0,49	0,8	1,3
		M2		32	58	124	190	280	490	790

i	n2	n1 = 500								
		30	40	58	63	75	90	110	130	
7,5	120	kw1	0,21	0,45	0,86	1,51	2,14	3,3	5,50	8,6
		M2	24	54	103	184	260	410	680	1080
10	90	kw1	0,16	0,4	0,67	1,19	1,7	2,7	4,6	7,1
		M2	24	54	103	185	270	435	740	1180
15	60	kw1	0,12	0,26	0,47	0,85	1,2	2,1	3,4	5,5
		M2	24	55	103	187	280	490	790	1300
20	45	kw1	0,09	0,19	0,33	0,63	0,98	1,6	2,5	4
		M2	25	52	90	176	285	470	750	1230
25	36	kw1	0,1	0,15	0,28	0,49	0,73	1,23	2,1	3,2
		M2	29	49	91	164	255	440	750	1200
30	30	kw1	0,08	0,16	0,29	0,54	0,77	1,4	2,1	3,4
		M2	26	58	106	200	300	550	870	1400
40	23	kw1	0,06	0,12	0,22	0,4	0,58	1	1,5	2,4
		M2	23	53	98	185	280	480	810	1300
50	18	kw1	0,05	0,1	0,17	0,32	0,44	0,75	1,3	1,9
		M2	21	49	91	173	250	450	800	1220
60	15	kw1	0,04	0,08	0,14	0,29	0,37	0,6	1	1,5
		M2	19	46	83	160	240	430	710	1070
80	11	kw1	0,03	0,06	0,11	0,19	0,26	0,5	0,7	1,1
		M2	17	40	75	137	215	385	60	970
100	9	kw1		0,05	0,09	0,19	0,24	0,35	0,6	0,9
		M2		36	65	126	210	330	570	880

A 2800 rpm la potencia indicada es mecánica. Para esta velocidad las relaciones entre 7,5 y 30 no deben utilizarse para trabajos continuos.

Power values for input speed at 2800 are mechanical values, in the case of ratios from 7,5 to 30, they must not be adopted for continuous duty.

ANEXO 13

Catálogo de engranaje cónico

ENGRANAJES CÓNICOS

BEVEL GEARS

ENGRANAJES CÓNICOS (para ejes de 90°)

Ángulo de presión 20°

Según UNI 6588

Relación 1:1

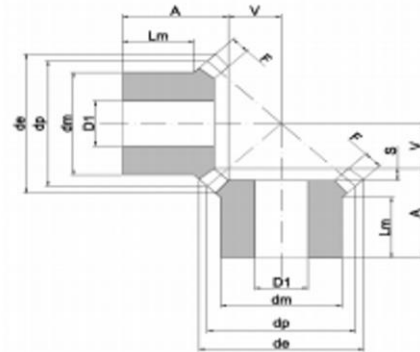
BEVEL GEARS (for shafts to 90°)

Pressure angle 20°

According to UNI 6588

Ratio 1:1

Material C 45- UNI 7847



Módulo	Z	dp	de	F	A	dm	D1	L	V	S	Lm
Diametral pitch											
1,5	16	24	26,12	6	18,9	20,3	8	-	7,1	-	12
	20	30	32,12	10	20	22	10	18	7,4	2	8,5
	25	37,5	39,62	10	23	28	10	21	11,09	2	12
2	16	45	47,12	12	25	30	12	22,5	13,35	2,5	12
	20	32	34,83	8	23,5	25,3	8	-	9,5	-	14
	25	40	42,83	12	25	32	10	22	10,78	3	12
2,5	25	50	52,82	14	28	40	12	25	14,28	3	12,3
	30	60	62,83	16	30	50	12	27	17,78	3	12,8
	16	40	43,53	10	28,1	30,3	12	-	11,9	-	15
3	20	50	53,53	12	30,5	40	12	27	15,43	3,5	16
	25	62,5	66	15	33,5	50	15	30	19,48	3,5	16
	30	75	78,53	18	35,5	55	15	32	23,63	3,5	16
3,5	16	48	52,25	12	31,7	40,3	12	-	14,3	-	18
	20	60	64,24	18	35	45	15	31	16	4	13,6
	25	75	79,24	20	38	55	15	34	22	4	16
4	30	90	94,24	22	40	60	20	36	28	4	17
	16	56	60,95	14	36,4	45,3	16	-	16,6	-	20
	20	70	74,95	22	40,5	55	15	36	18,13	4,5	17
4,5	25	87,5	92,45	26	43,5	65	20	39	23,97	4,5	18
	30	105	109,95	30	48	70	20	43,5	30,02	4,5	19
	16	64	69,65	15	44,3	50,3	16	-	19,7	-	25
5	20	80	85,65	25	43	60	18	38	20,74	5	18
	25	100	105,65	28	45	70	20	40	28,5	5	18
	30	120	125,65	32	48	80	20	43	35,67	5	16
5,5	16	72	78,38	17,5	46,3	55,3	20	-	21,7	-	25
	20	90	96,38	28	48	65	20	42	23,41	6	18
	25	112,5	118,8	32	50	75	20	44	31,76	6	18
6	30	135	141,38	35	53	90	20	47	40,82	6	17
	16	80	87,07	18	48,9	60,3	20	-	25,1	-	25
	20	100	107,07	30	50,5	70	20	44	26,86	6,5	18,5
6,5	25	125	132,07	34	53,5	90	20	47	36,36	6,5	18
	30	150	157,07	38	56,5	110	20	50	45,97	6,5	18

Fuente: causer, 2018

ANEXO 14

Dimensiones de cadenas estándares de rodillo americano

ANSI B29.1-1975

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamento de torones múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

ANEXO 15

Capacidad nominal según tipo de lubricación

ANSI B29.9-1958

Velocidad de la catarina, rpm	Número ANSI de cadena					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1 000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1 200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1 400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1 600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1 800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2 000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2 500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3 000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76
Tipo A	Tipo B			Tipo C		

*Estimado de tablas ANSI por medio de interpolación lineal.

Nota: Tipo A, lubricación manual o por goteo; tipo B, lubricación por baño o disco; tipo C, lubricación por chorro de aceite.

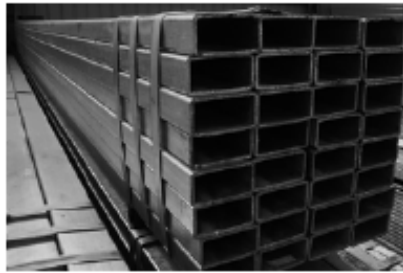
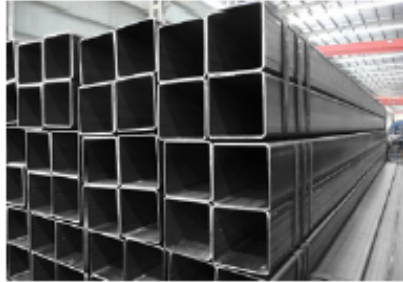
(continúa)

Fuente: Budynas y Nisbett, 2013

ANEXO 16

Catálogo de tubo rectangular

Tubo Cuadrado y Rectangular de Acero ASTM A500



TUBO CUADRADO A500

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm		Kg/m	
25 x 25	1" x 1"	1.5		1.061	
		2		1.460	
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.5		1.800	
		2		1.700	
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.5		1.770	
		2		2.244	
		3		3.320	
		1.5		2.250	
50 x 50	2" x 2"	2		3.122	
		2.5		3.872	
		3		4.316	
75 x 75	3" x 3"	2		4.500	
		2.5		5.560	
		3		6.810	
		2		6.165	
100 x 100	4" x 4"	2.5		7.675	
		3		9.174	
		4		12.138	
		4.5		13.594	
		6		16.980	
125 x 125	5" x 5"	3		11.310	
		4		14.870	
		4.5		15.620	
150 x 150	6" x 6"	6		21.690	
		3		13.670	
		4.5		20.8	
		6		27.886	

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

TUBOS ACERO A500

El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, ornamental, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse. Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

TUBO RECTANGULAR A500

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm		Kg/m	
20 x 40	3/4" x 1 1/2"	1.5		1.854	
		2		1.700	
25 x 50	1" x 2"	1.5		1.650	
		2		2.261	
40 x 60	1 1/2" x 1 3/4"	1.5		2.260	
		2		3.033	
		2.5		3.600	
40 x 80	1 1/2" x 3 3/16"	3		4.250	
		1.5		2.710	
		2		3.660	
		2.5		4.390	
50 x 75	2" x 3"	3		5.190	
		3		5.423	
		2		4.500	
50 x 100	2" x 4"	2		4.500	
		2.5		5.560	
		3		6.600	
		4		8.590	
50 x 150	2" x 6"	2		6.165	
		2.5		7.675	
		3		9.174	
		4		11.790	
100 x 150	4" x 6"	3		10.850	
		4.5		16.600	
		6		21.700	
100 x 200	4" x 8"	3		13.670	
		4		18.010	
		4.5		20.150	
		6		26.400	
150 x 200	6" x 8"	4		21.150	
		4.5		23.680	
		6		31.100	

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

LISTADO DE PLANOS

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	FORMATO
1	IB -1	Maquina removedora de compost	A1
2	IB -2	Sistemas removedora de compost	A1
3	IB - 2.1	Sistema de volteado	A2
4	IB - 2.1.1	Rotor completo	A3
5	IB - 2.1.1.1	Componente de rotor 1	A3
6	IB - 2.1.1.2	Componente de rotor 2	A3
7	IB - 2.1.2	Embrague de rotor	A3
8	IB - 2.1.2.1	Componente de embrague 1	A3
9	IB - 2.1.2.2	Componente de embrague 2	A3
10	IB - 2.1.3	Trasmisión de potencia	A3
11	IB - 2.1.3.1	Componente de transmisión	A4
12	IB - 2.2	Sistema de avance	A3
13	IB - 2.2.1	Sistema de avance derecho	A3
14	IB - 2.2.1.1	Componentes de Avance Lado derecho	A3
15	IB - 2.2.2	Sistema de Avance Lado Izquierdo	A3
16	IB - 2.3	Sistema de dirección	A3
17	IB -2.3.1	Dirección parte central	A3
18	IB -2.3.1.1	Componente dirección parte central 1	A3
19	IB - 2.3.1.2	Componente de Dirección parte central 2	A4
20	IB - 2.3.2	Dirección lado Derecho	A3
21	IB -2.3.2.1	Componentes de Dirección Lado Derecho	A3
22	IB -2.3.3	Dirección Lado Izquierdo	A3
23	IB - 2.3.3.1	Componente de Dirección Lado Izquierdo	A3
24	IB -2.4	Sistema de Frenos	A4
25	IB -2.4.1	Frenos	A3