



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Diseño de una trituradora de raíces de plantas de tomate (*Lycopersicum Esculentum*)
para la obtención de fertilizantes orgánicos aplicando la metodología de Concurrent
Engineering Y Desing Thinking para la Fundación Ayllu Apu.**

Eugenio Quingatuña, Marco Germán

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Ing. Manjarrez Arias, Félix Xavier M. Sc.

16 de febrero de 2023

Latacunga

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

REVISIÓN TESIS MARCO EUGENIO

NOMBRE DEL ALUMNO

MARCO GERMAN EUGENIO QUINGATU 

NOMBRE DEL ARCHIVO

MARCO GERMAN EUGENIO QUINGATU  - REVISIÓN FINAL DE PLAGIO TESIS EUGENIO

SE HA CREADO EL INFORME

15 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	15	2 %
Fragmentos citados o entrecorillados	4	0,8 %

Coincidencias de la Web

espe.edu.ec	9	2 %
utm.mx	1	0,5 %
redalyc.org	4	0,3 %
sld.cu	2	0,3 %
prezi.com	1	0,2 %
ucuenca.edu.ec	1	0,1 %
utc.edu.ec	1	0,1 %

1 de 19 fragmentos

Fragmento del alumno CITADO


 Ing. FÉLIX J. MANJARRÉS A. M.Sc.
 C. C.: 0501987416

El uso de métodos para efectuar ensayos a carga de impacto como el tipo Charpy, permite determinar las propiedades mecánicas de los materiales dúctiles y frágiles, lo que es importante para definir:...

Mejor coincidencia en la Web

El uso de métodos para efectuar ensayos a carga de impacto como el tipo Charpy, permite determinar las propiedades mecánicas de los materiales dúctiles y frágiles, lo que es importante para definir:...

1 Implementación de la Ingeniería Concurrente para el Diseño de
 ... <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24268/1/T-ESPEL-EMI-0402.pdf>

2 de 19 fragmentos



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Diseño De Una Trituradora De Raíces De Plantas De Tomate (Lycopersicum Esculentum) Para La Obtención De Fertilizantes Orgánicos Aplicando La Metodología De Concurrent Engineering Y Desing Thinking Para La Fundación Ayllu Apu”** fue realizado por el señor **Eugenio Quingatuña, Marco Germán** ; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de febrero, 2023

Ing. FÉLIX J. MANJARRÉS A. M.Sc.

C. C.: 0501987416



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo **Eugenio Quingatuña, Marco Germán**, con cédula de ciudadanía n° 1804364394 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño de una trituradora de raíces de plantas de tomate (Lycopersicum Esculentum) para la obtención de fertilizantes orgánicos aplicando la metodología de Concurrent Engineering Y Desing thinking para la fundación Ayllu Apu”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de febrero, 2023

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Eugenio Quingatuña', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Eugenio Quingatuña, Marco Germán

C.C.: 1804364394



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Autorización de Publicación

Yo, Señor **Eugenio Quingatuña, Marco Germán**; con cédula de ciudadanía 1804364394, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“Diseño de una trituradora de raíces de plantas de tomate (Lycopersicum Esculentum) para la obtención de fertilizantes orgánicos aplicando la metodología de Concurrent Engineering Y Desing Thinking para la Fundación Ayllu Apu”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 16 de febrero, 2023

Eugenio Quingatuña, Marco Germán

C.C.: 1804364394

Dedicatoria

Dedico este logro a mis padres David Eugenio y a mi madre Angela Quingatuña quienes siempre me apoyaron y creyeron en mi todo el tiempo me demostraron que son las mejores personas del mundo, a mis hermanos el doctor David Eugenio, el ingeniero Omar Eugenio, el licenciado Luis Eugenio ya que ellos me brindaron la fortaleza de seguir adelante en mis estudios y culminación de esta etapa de mi vida.

Y a toda mi familia que de una u otra forma me apoyaron en mi camina a ser ingeniero

Marco Eugenio Q.

Agradecimiento

Extiendo un agradecimiento especial a ese gran amigo y tutor de tesis Félix Manjarrez por sus consejos, conocimientos y humildad permitiéndome crecer en mi formación profesional además del tiempo que se ha trabajado en este proyecto.

A mis mejores amigos Diego y Esteban por sus palabras de ánimo y consejos de seguir adelante con sus colaboraciones para ser un profesional que haga la diferencia incondicional en todo momento.

Marco Eugenio Q.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas.....	16
Índice de figuras	18
Índice de ecuaciones.....	21
Resumen.....	23
Abstract	24
Capítulo I : Marco metodológico de la investigación	25
Planteamiento del Problema.....	25
Antecedentes.....	26
Justificación e Importancia	26
Objetivos.....	28
<i>Objetivo General</i>	28
<i>Objetivos Específicos</i>	28
Capítulo II : Marco teórico	29

Origen del Cultivo del Tomate Riñón.....	29
Características fisicoquímicas	30
Diseño para la calidad, QFD	30
<i>Diseño para la calidad</i>	31
<i>Voz del Usuario</i>	31
<i>¿Que es QFD?</i>	32
Planificación de la producción y montaje de productos.	33
<i>Cuál es el funcionamiento el diseño para la fabricación y el montaje (DPFM)</i>	33
<i>Medición del desempeño del desarrollo de productos</i>	34
Design Thinking	35
<i>Metodología de Design Thinking</i>	36
Pautas generales de diseño para el montaje manual	38
<i>Metodologías DFMA desarrolladas</i>	38
<i>Eficiencia de montaje</i>	40
Diseño para la fabricación y diseño asistido por computadora	40
<i>Extracción de datos DFMA de la base de datos del sistema CAD</i>	41
<i>Diseño experto y procedimiento de estimación de costos</i>	42
<i>Selector de secuencia de procesamiento experto</i>	42
Estrategias frente a la disponibilidad	43
<i>Usar hasta fallar</i>	43
Compostaje.....	44

	10
<i>Materia prima</i>	44
<i>Características del producto a triturar</i>	45
Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la Reducción de tamaño	45
<i>Relación de reducción (r.r.)</i>	46
Procesamiento De Los Residuos	47
<i>Proceso de reducción de tamaño de residuos sólidos orgánicos</i>	47
Tratamiento físico	48
Opciones de máquinas trituradoras	48
<i>Tritrador con Sistema de tornillo sin fin</i>	48
<i>Tritrador con Sistema de disco y martillos</i>	49
<i>Cortadora giratoria de cuchillas</i>	50
Partes de la trituradora	51
<i>Ensamble</i>	52
<i>Tolva de alimentación</i>	53
<i>Martillos</i>	54
Normativas existentes	55
<i>Norma UNE-EN ISO 898-1</i>	55
<i>Norma UNE-EN ISO 13857</i>	55
<i>NTE INEN 128:1973</i>	56
Factor de Seguridad	56
Capítulo III : Metodología	58

	11
Modalidad de Investigación.....	58
Tipo de investigación.....	59
<i>Nivel de investigación</i>	<i>59</i>
Técnicas de Recolección de Datos	59
<i>Muestra.....</i>	<i>59</i>
<i>Lista de exigencias</i>	<i>59</i>
<i>Observación a través de la Simulación.....</i>	<i>60</i>
Técnicas de Comprobación de Hipótesis.....	60
Capítulo IV: Ingeniería concurrente y desing thinking.....	61
Diseño para la Calidad	61
<i>Clientes Potenciales</i>	<i>61</i>
<i>Estadísticas.....</i>	<i>61</i>
<i>Herramienta del QFD Casa de la Calidad</i>	<i>68</i>
<i>Efectos del Modelo esquemático de la casa de la calidad.....</i>	<i>70</i>
<i>Especificaciones Técnicas.....</i>	<i>71</i>
<i>Análisis Funcional</i>	<i>73</i>
<i>Configuración de los Diagramas funciones de la máquina</i>	<i>74</i>
<i>Análisis de los Diagramas Funcionales</i>	<i>75</i>
<i>Determinación de Módulos</i>	<i>76</i>
Módulo 1 Encendido e ingreso de raíces	76
Módulo 2 Trituración y optimización	76

	12
Módulo 3 Salida del producto y Apagado.....	77
Planteamiento de la Matriz Morfológica.....	78
<i>Matrices de Criterios Ponderados</i>	<i>79</i>
<i>Selección de la Mejor Alternativa</i>	<i>79</i>
Diseño de la máquina trituradora de raíces de tomate.....	81
<i>Diseño de la Tolva de entrada.....</i>	<i>81</i>
Análisis estructural de la tolva.....	83
Cámara de trituración.	85
Capacidad de las raíces trituradas.....	87
<i>El volumen de raíces a triturarse.....</i>	<i>87</i>
Números de raíces a triturarse por hora.....	88
Designación del número de cuchillas en función al número de revoluciones.	89
Diámetro del volante.	91
Fuerza de ruptura de la raíz con la cuchilla.....	91
Diseño teórico de los martillos de la cámara de trituración.....	92
Determinación de la velocidad tangente que se encuentra en los martillos.....	93
Determinación de la geometría y dimensiones del martillo.	99
Falla por cizalladura.....	102
Deficiencia a tracción.....	104
Diseño del disco porta martillos.	105
Diseño del distanciador de martillos..	106

Cálculos del perno de sujeción para el disco porta martillos y los martillos.	107
Geometría y dimensionamientos de los separadores entre discos porta- martillos.	111
Cálculo de la inercia de los componentes internos del triturador (Cámara de trituración).	111
Análisis por el método de elementos finitos de la cámara de trituración.	113
<i>Diseño y simulación el método de elementos finitos.</i>	<i>116</i>
Determinación de pesos de cada elemento que conforma la cámara de trituración	116
Análisis por el método de elementos finitos del eje principal	117
<i>Selección de rodamientos.</i>	<i>119</i>
<i>Valor conceptual de la potencia que debe tener el motor.</i>	<i>120</i>
<i>Selección y número de bandas.</i>	<i>121</i>
<i>Dimensionamiento para la lengüeta de sujeción entre el eje y la polea.</i>	<i>122</i>
<i>Diseño estructural para una maquina trituradora</i>	<i>123</i>
Análisis por el método de elementos finitos de la estructura de la trituradora.	124
Análisis dinámico para determinar vibraciones que se producen en la estructura.	126
<i>Esquema eléctrico.</i>	<i>129</i>
Circuito de potencia.	129
Circuito de control.	130

	14
Diseño para la Fabricación	131
<i>Las instrucciones más importantes para el proceso de producción.....</i>	<i>131</i>
<i>Operación de Torneado del eje principal y el separador del eje y carcasa</i>	<i>134</i>
<i>Operación de Taladrado</i>	<i>136</i>
<i>Operación de Soldadura de la Estructura</i>	<i>137</i>
<i>Operación en el centro de mecanizado.....</i>	<i>138</i>
Diagramas para el Análisis de Operaciones.....	139
<i>Selección del Material.....</i>	<i>140</i>
<i>Número de Observaciones para la Elaboración de las Piezas</i>	<i>141</i>
<i>Fabricación de las Piezas eje principal, separador eje carcasa</i>	<i>142</i>
<i>Diagrama Hombre – Máquina del eje principal</i>	<i>146</i>
<i>Diagrama Hombre – Máquina del separador eje y carcasa.....</i>	<i>148</i>
<i>Diagrama Hombre – Máquina de la cuchilla.....</i>	<i>149</i>
<i>Diagrama Hombre – Máquina del Disco porta martillos.....</i>	<i>150</i>
<i>Tiempo Patrón del Lapso de Trabajo Observado</i>	<i>151</i>
<i>Tiempo Modelo del Período de Trabajo para el Eje principal</i>	<i>152</i>
<i>Tiempo Estándar del Ciclo de Trabajo para el separador de eje-carcasa.....</i>	<i>152</i>
<i>Tiempo Estándar del Ciclo de Trabajo para la cuchilla.....</i>	<i>152</i>
<i>Tiempo Estándar del Ciclo de Trabajo para el disco porta martillos.</i>	<i>153</i>
<i>Fabricación de la trituradora de raíces de tomate.....</i>	<i>153</i>
Ensamble 1	154

	15
Diseño para el Montaje.....	155
<i>Montaje Manual.....</i>	<i>156</i>
<i>Evaluación del Montaje Manual</i>	<i>157</i>
Inversión de la trituradora de raíces de tomate.....	158
<i>Materiales, Componentes, Herramientas y mano de obra</i>	<i>158</i>
<i>Consumo de Máquinas Eléctricas</i>	<i>161</i>
Capítulo V : Conclusiones y recomendaciones	163
Conclusiones.....	163
Recomendaciones.....	165
Bibliografía	166
Anexos.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Estructura nutricional del Tomate (por 100 g)</i>	30
Tabla 2 <i>Las herramientas para utilizar en el desarrollo de la metodología de Design Thinking</i>	36
Tabla 3 <i>Ejemplos de modeladores automatizados</i>	41
Tabla 4 <i>Porcentaje de desechos en los invernaderos de tomate</i>	44
Tabla 5 <i>Contenido de nutrientes, humedad y densidad de los residuos y aditivos utilizados en el proceso de compostaje.</i>	45
Tabla 6 <i>Naturaleza de las fuerzas de triturado</i>	46
Tabla 7 <i>Formas de tolvas más implementadas</i>	54
Tabla 8 <i>Factores de Seguridad para Materiales Dúctiles</i>	56
Tabla 9 <i>Estudio en base a la pregunta uno</i>	61
Tabla 10 <i>Estudio completo de la pregunta dos</i>	63
Tabla 11 <i>Análisis de la pregunta tres</i>	64
Tabla 12 <i>Análisis de la pregunta cuatro</i>	65
Tabla 13 <i>Análisis de la pregunta cinco</i>	66
Tabla 14 <i>Observación en base a la pregunta seis</i>	66
Tabla 15 <i>Estudio minucioso de la pregunta siete</i>	67
Tabla 16 <i>Perspectiva de la voz del cliente</i>	70
Tabla 17 <i>Perspectivas de los requerimientos funcionales</i>	70
Tabla 18 <i>Especificaciones técnicas para el diseño de una trituradora de raíces de tomate</i>	72
Tabla 19 <i>Simbología de diagramas funcionales de la ingeniería concurrente</i>	74
Tabla 20 <i>Matriz morfológica</i>	78
Tabla 21 <i>Selección de alternativas</i>	80
Tabla 22 <i>Dimensiones de la Tolva de entrada</i>	82

Tabla 23 <i>Elementos de la cámara de trituración</i>	86
Tabla 24 <i>Coeficientes de fluctuación para diferentes aplicaciones</i>	96
Tabla 25 <i>Peso de los componentes conectados al eje</i>	116
Tabla 26 <i>Pasos para el diseño de piezas torneadas</i>	132
Tabla 27 <i>Pasos para el diseño de piezas taladradas</i>	133
Tabla 28 <i>Pasos para el diseño de piezas soldados</i>	133
Tabla 29 <i>Pasos para el diseño de piezas fresadas en centro de mecanizado</i>	134
Tabla 30 <i>Operación de procesos de eje principal</i>	135
Tabla 31 <i>Operación de procesos del separador del eje y carcasa</i>	136
Tabla 32 <i>Operación de taladrado de piezas</i>	136
Tabla 33 <i>Operación de soldado de piezas</i>	137
Tabla 34 <i>Operación de procesos del disco porta martillos</i>	138
Tabla 35 <i>Maniobra y procesos para la obtención de la cuchilla</i>	139
Tabla 36 <i>Símbolos para elaborar diagramas de flujo</i>	140
Tabla 37 <i>Resumen y análisis de la información para la fabricación del eje principal</i>	147
Tabla 38 <i>Análisis de la información para la fabricación del separador eje y carcasa</i>	148
Tabla 39 <i>Análisis de la información para la fabricación de la cuchilla</i>	149
Tabla 40 <i>Análisis de la información para la fabricación del disco porta martillos</i>	150
Tabla 41 <i>Factor de valoración para el tiempo de ciclo actual</i>	151
Tabla 42 <i>Componentes Estructurales</i>	158
Tabla 43 <i>Componentes Mecánicos</i>	159
Tabla 44 <i>Componentes Eléctricos</i>	159
Tabla 45 <i>Costos de mano de obra</i>	160
Tabla 46 <i>Herramientas y Equipos</i>	161
Tabla 47 <i>Consumo eléctrico por horas</i>	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>(Lycopersicum Esculentum Mill). Frutos cultivados en la actualidad.....</i>	29
Figura 2	<i>Configuración de la pieza accionada por un motor requerido.....</i>	34
Figura 3	<i>Design Thinking.....</i>	35
Figura 4	<i>Mapa de Empatía.....</i>	38
Figura 5	<i>Representación reiterado de diseño DFMA.....</i>	39
Figura 6	<i>Proceso de refinamiento (CAD).....</i>	41
Figura 7	<i>Procedimiento para procesar la selección de la secuencia.....</i>	43
Figura 8	<i>Picadora con Sistema de tornillo sin fin.....</i>	49
Figura 9	<i>Trituradora con Sistema de disco y martillos.....</i>	50
Figura 10	<i>Cortadora de cuchillas giratorias.....</i>	51
Figura 11	<i>Componentes principales de la máquina.....</i>	52
Figura 12	<i>Tipos de martillos.....</i>	55
Figura 13	<i>gráfica proveniente de la pregunta uno.....</i>	62
Figura 14	<i>Representación gráfica de la pregunta dos.....</i>	63
Figura 15	<i>Gráfica del estudio de la pregunta tres.....</i>	64
Figura 16	<i>Gráfica en base a la pregunta cuatro.....</i>	65
Figura 17	<i>Representación gráfica de la pregunta cinco.....</i>	66
Figura 18	<i>Representación gráfica de la pregunta seis.....</i>	67
Figura 19	<i>Gráfica esquemática de la pregunta siete.....</i>	68
Figura 20	<i>Modelo esquemático de la casa de la calidad.....</i>	69
Figura 21	<i>Diseño de una trituradora de raíces de tomate.....</i>	74
Figura 22	<i>Funcionamiento del triturador.....</i>	75
Figura 23	<i>Encendido e ingreso de raíces.....</i>	76
Figura 24	<i>Trituración y optimización.....</i>	77

	19
Figura 25 <i>División de módulos</i>	77
Figura 26 <i>Geometría de la tolva</i>	82
Figura 27 <i>Calidad de mallado de la tolva</i>	83
Figura 28 <i>Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad de la Tolva</i>	84
Figura 29 <i>Esfuerzos principales de Von Mises en la Tolva</i>	85
Figura 30 <i>Cámara de Trituración</i>	86
Figura 31 <i>Posicionamiento de cuchillas</i>	90
Figura 32 <i>martillos para la trituración de las raíces</i>	93
Figura 33 <i>Diagrama del martillo</i>	102
Figura 34 <i>Geometría disco porta martillos</i>	105
Figura 35 <i>Geometría del distanciador de martillos</i>	107
Figura 36 <i>Esquema de posición del perno y las fuerzas que actúan en el para el análisis</i>	108
Figura 37 <i>Diagrama de momento flexiónate del perno</i>	109
Figura 38 <i>Diagrama de fuerza cortante del perno porta martillos</i>	109
Figura 39 <i>Geometría del distanciador de discos porta-martillos</i>	111
Figura 40 <i>Componentes internos y su equivalente cilíndrico para calcular el momento de inercia</i>	112
Figura 41 <i>Calidad de mallado de la cámara de trituración</i>	114
Figura 42 <i>Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad de la cámara de trituración</i>	115
Figura 43 <i>Cámara de trituración esfuerzos de Von Mises</i>	115
Figura 44 <i>Calidad de mallado de la tolva</i>	117
Figura 45 <i>Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad del eje principal</i>	118
Figura 46 <i>Esfuerzos principales de Von Mises en el eje principal</i>	118
Figura 47 <i>Dimensiones de la chaveta</i>	123

Figura 48 <i>Calidad de mallado de la estructura</i>	124
Figura 49 <i>Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad de la Estructura</i>	125
Figura 50 <i>Esfuerzos principales de Von Mises en la estructura</i>	126
Figura 51 <i>Primer modo de vibración</i>	127
Figura 52 <i>Segundo nodo de vibración con frecuencia de 108.56 Hz</i>	128
Figura 53 <i>Sexto nodo de vibracional una frecuencia de 164.68Hz</i>	129
Figura 54 <i>Circuito de Potencia</i>	130
Figura 55 <i>Circuito de control</i>	131
Figura 56 <i>Diagrama de flujo del proceso de fabricación del eje principal</i>	142
Figura 57 <i>Diagrama de flujo del proceso de fabricación del separador de eje y carcaza</i>	143
Figura 58 <i>Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la cuchilla</i>	145
Figura 59 <i>Diagrama de flujo del proceso de fabricación del Disco porta martillos</i>	146
Figura 60 <i>Porcentaje de utilización operario - máquina del eje principal</i>	147
Figura 61 <i>Porcentaje de utilización operario - máquina del martillo de impacto</i>	148
Figura 62 <i>Porcentaje de utilización operario - máquina de la cuchilla</i>	149
Figura 63 <i>Porcentaje de utilización operario - máquina del disco porta martillos</i>	150
Figura 64 <i>Diagrama del proceso de fabricación de la trituradora de raíces de tomate</i>	153
Figura 65 <i>Diagrama de flujo del ensamble 1 estructura</i>	154
Figura 66 <i>Diagrama de flujo del ensamble 1 Y 2</i>	155
Figura 67 <i>Partes de la máquina trituradora</i>	156
Figura 68 <i>Proceso de montaje de la trituradora</i>	157

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Eficiencia de montaje</i>	40
Ecuación 2 <i>Relación de reducción</i>	46
Ecuación 3 <i>Factor de Seguridad</i>	56
Ecuación 4 <i>Esfuerzos de diseño acero estructural (AISC)</i>	57
Ecuación 5 <i>Esfuerzos de diseño Aluminio (Aluminum Association)</i>	57
Ecuación 6 <i>Deflexión</i>	84
Ecuación 7 <i>El volumen de raíces a triturarse</i>	87
Ecuación 8 <i>Velocidad de ingreso de los tallos</i>	88
Ecuación 9 <i>Números de tallos a triturarse por hora</i>	88
Ecuación 10 <i>Número de Revoluciones vs. Número de Cuchillas</i>	89
Ecuación 11 <i>Fuerza de ruptura y torque de ruptura</i>	91
Ecuación 12 <i>Energía cinética</i>	93
Ecuación 13 <i>Energía potencial</i>	94
Ecuación 14 <i>Velocidad tangencial del martillo</i>	94
Ecuación 15 <i>Coefficiente de fluctuación</i>	95
Ecuación 16 <i>Velocidad tangencial media</i>	95
Ecuación 17 <i>Velocidad tangencial final</i>	96
Ecuación 18 <i>Velocidad angular con carga</i>	97
Ecuación 19 <i>Velocidad angular</i>	97
Ecuación 20 <i>Movimiento angular desacelerado</i>	98
Ecuación 21 <i>Aceleración angular</i>	98
Ecuación 22 <i>Momento de la fuerza cortante</i>	99
Ecuación 23 <i>Momento de Inercia del Martillo</i>	99
Ecuación 24 <i>Momento de Fuerza de Corte en base a su Inercia</i>	100

	22
Ecuación 25 <i>Fuerza de corte</i>	100
Ecuación 26 <i>Ancho del martillo</i>	101
Ecuación 27 <i>Área de rasgadura</i>	102
Ecuación 28 <i>Esfuerzo cortante</i>	103
Ecuación 29 <i>Fuerza centrífuga</i>	103
Ecuación 30 <i>Esfuerzo normal</i>	104
Ecuación 31 <i>Ecuación de Navier</i>	110
Ecuación 32 <i>Peso del disco</i>	112
Ecuación 33 <i>Inercia del disco</i>	113
Ecuación 34 <i>Selección de rodamientos</i>	119
Ecuación 35 <i>Rittinger</i>	120
Ecuación 36 <i>Potencia de diseño</i>	121
Ecuación 37 <i>Numero de bandas</i>	121
Ecuación 38 <i>Cálculo del tamaño de la muestra</i>	141
Ecuación 39 <i>Tiempo de ciclo observado</i>	151
Ecuación 40 <i>Eficiencia de montaje</i>	158

Resumen

Este proyecto está direccionado a utilizar la estrategia que propone la Ingeniería Concurrente y Design Thinking para el diseño de una trituradora de raíces de tomate para elaborar fertilizante orgánico. Bajo los requerimientos de la fundación FAA que son disminuir el costo de fabricación, distintas cuchillas para la disminución de tamaño de residuos orgánicos que se utilizan para el compostaje, la facilidad del transporte de la máquina. a través de innovación propuesta por Design Thinking se mejorará la máquina trituradora para brindar servicios adicionales y hacer al producto más atractivo para los compradores futuros, con ayuda de la ingeniería concurrente se planea los tiempos de fabricación y montaje de las máquinas para eliminar en lo posible el desperdicio de materiales. Se analizará el tamaño de los residuos apropiado para el compostaje, las diferentes formas de las cuchillas y sus acabos superficiales para la correcta trituración de desechos orgánicos de forma que se disminuya el desgaste de estas con el fin de alargar la vida útil de la máquina, entonces se podrá determinar el prototipo de maquina apropiada para realizar el trabajo durante ciclos arduos de trabajo exigente tanto en invernaderos como en zona de acumulación de desechos de las raíces de plantas de tomate contribuyendo con la sanitización de espacios públicos dentro de la comunidad de Salache se impulsa una concientización de los procesos de eliminación adecuados de los desechos orgánicos producidos en la plantación de tomates y lograr aprovecharlos de mejor manera en la creación de fertilizantes.

Palabras clave: ingeniería concurrente y desing thinking, trituradora de raíces de tomate, diseño fabricación y montaje

Abstract

This project is aimed at using the strategy proposed by Concurrent Engineering and Design Thinking for the design of a tomato root crusher to produce organic fertilizer. Under the requirements of the FAA foundation, which are to reduce the cost of manufacturing, different blades to reduce the size of organic waste that are used for composting, the ease of transporting the machine. Through an innovation proposed by Design Thinking, the grinding machine will be improved to provide additional services and make the product more attractive to future buyers. With the help of concurrent engineering, the manufacturing and assembly times of the machines are planned to eliminate as much as possible the waste of materials. The size of the waste appropriate for composting, the different shapes of the blades and their surface finishes will be analyzed for the correct crushing of organic waste in order to reduce the wear of these in order to extend the useful life of the machine, then it will be possible to determine the prototype of the appropriate machine to carry out the work during arduous cycles of demanding work both in greenhouses and in the area of accumulation of waste from the roots of tomato plants, contributing to the sanitization of public spaces within the community of Salache promotes awareness of the proper disposal processes for the waste produced in the tomato plantation and to make better use of it in the creation of fertilizers.

Keywords: concurrent engineering and design thinking, crusher for tomato roots, design manufacturing and assembly

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Planteamiento del Problema

Actualmente, En Ecuador las provincia de Tungurahua, Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay y Loja están situado entre principales productores de tomate (*Lycopersicum Esculentum*) por ser zonas donde esta planta se adapta de mejor manera por su clima que oscilan entre 14 y 20 grados centígrados, estas provincias producen alrededor de 10000 tomates cada 15 días, sus procesos de producción generan gran cantidad de residuos sólidos orgánicos que al ser arrojados contaminan el medio ambiente, estos despojos pueden ser aprovechados en la producción de fertilizantes orgánico. Los residuos deben ser previamente triturados para posteriormente convertirlos en compost o abono orgánico.

El desarrollo de esta propuesta se fundamenta en triturar lo residuos orgánicos mediante la implementación de una máquina trituradora para reducir el tamaño de los residuos orgánicos a un tamaño óptimo para poder producir el fertilizante orgánico en un tiempo menor que cuando se deja que los residuos de tamaño normal se degradan hasta producir abono orgánico. En esta máquina se considera disminuir el número de piezas para el armado y el precio de fabricación conjuntamente se diseñará bajo el criterio de la voz del cliente teniendo un conocimiento minucioso de los requerimientos del usuario lo cual garantizará la ergonomía de la trituradora. Adicionalmente se le implementara un sistema de transporte de la máquina para su fácil circulación a los distintos invernaderos que la fundación FAA requiera.

Antecedentes

El uso de métodos para efectuar ensayos a carga de impacto como el tipo Charpy, permite determinar las propiedades mecánicas de los materiales dúctiles y frágiles, lo que es importante para definir: su resistencia estructural, vida útil y comportamiento cuando estos constituyen elementos y componentes, de manera que sean seguros para su aplicación en ingeniería y construcción. (Budynas & Nisbett, 2012).

En la actualidad el desarrollo de productos está dirigido por estrictas normas, tanto es así que, para fabricación de diferentes aplicaciones importantes de ingeniería se requiere el apego a la norma especializada según la función del sistema. El ser humano ha diseñado y construido importantes proyectos lo que le ha aportado con el conocimiento que todos los materiales se comportan de manera diferente cuando existen factores externos actuando sobre ellos llamadas cargas y que están presentes en su entorno de trabajo. Específicamente los ensayos de impacto Charpy, permiten conocer el comportamiento del material cuando se encuentra sometido a carga de impacto (Chagoyén et al., 2016). “Esto permite evaluar los parámetros adecuados de diseño de seguridad y servicio del sistema o estructura” (Jaramillo & Ruiz, 2003). El diseño de una máquina para pruebas IK, permitirá determinar la resistencia que tienen los equipos eléctricos ante impactos ocasionados por ciertos agentes externos, de forma que se asegure la integridad de los componentes internos del sistema.

Justificación e Importancia

En Ecuador existe alrededor de 3.333 hectáreas de cultivos de tomate riñón esto es debido a que la producción es de 61426 toneladas de frutas al año, según el censo agropecuario la producción de tomates está situada principalmente en la sierra en provincias como Tungurahua, Chimborazo, Azuay Pichincha y Cotopaxi estos cultivos se los realiza bajo invernaderos.

Esta variedad de tomates requiere de muchos nutrientes necesarios para una producción a nivel comercial además el conjunto de nutrientes que pueden ofrecer dependen de la cantidad y fuentes de componentes como: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio que aporte el suelo. (Tjalling, 2006)

Los nutrientes son proporcionados por el uso de fertilizantes sintéticos y abonos orgánicos los mismos que pueden ser de origen animal mineral vegetal o sintetizado los mismos que estimulan el crecimiento aumentan la productividad y mejoran la calidad del tomate. (Arriaga, 2015)

Como la producción de tomate riñón ha crecido en nuestro país en las ultima décadas. Esta actividad genera una gran cantidad de desperdicios, contaminación y desechos sólidos orgánicos en los invernaderos de tomate este último pueden ser utilizados para elaborar fertilizante orgánicos al triturar las raíces de las plantas de tomate se puede hacer una compost poniendo los desechos orgánico de las plantas de tomate perfecta mente triturados con abonó animal, cal y agua , generando una disminución en la compra de fertilizante sintéticos maximizando la producción y reduciendo costos de inversión a los micro empresarios y emprendedores que tiene invernaderos tomate en el país con el apoyo de la fundación Ayllu Apu. Los residuos orgánicos o compostaje se utilizan para disminuir la contaminación del suelo ya que este se ha utilizado con éxito para remediar suelos contaminados con PCP, gasolinas, HPTs.

Las comunidades beneficiadas por esta máquina evitarán gastos excesivos en la compra de fertilizantes y tendrán un producto más saludable con mejor acogida en el mercado nacional, así como también minimizar el impacto de contaminación ambiental que generan los desechos orgánicos mal utilizados o simplemente desechados. Pará determinará el precio apropiado de la trituradora se evaluará el costo promedio de construcción, así como también

por medio de encuestas de la economía del sector productor de tomate, se determinará el precio más adecuado y conveniente para no afectar mucho la economía del agricultor.

Objetivos

Objetivo General

Implementar las metodologías concurrent engineering and desing thinking en una trituradora de raíces de plantas de tomate (*Lycopersicum Esculentum*) para la obtención de fertilizantes orgánicos para la fundación Ayllu Apu.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio teórico basado en artículos científicos, libros para tener un conocimiento sobre las pruebas de campo que ayuden con la comprensión de la construcción de una trituradora de desechos orgánicos de raíces de plantas de tomate.
- Definir la línea de fabricación teórica de la maquina por medio de criterios de diseño conceptual.
- Emplear el método de la Ingeniería Concurrente y Desing Thinking, útiles para robustecer e innovar los sistemas para los procesos de fabricación de máquinas.
- Diseñar una máquina de trituración de residuos, con elección de los materiales existentes en el país para evitar posibles desgastes excesivos, deformaciones innecesarias y costos elevados de las piezas de la máquina.
- Planificar la línea de ensamblaje manual para alcanzar resultados óptimos en comparación de procesos semiautomáticos y automatizados los cuales conllevan un costo considerable para su operación.

Capítulo II

Marco teórico

Origen del Cultivo del Tomate Riñón

Denominado científicamente *Lycopersicum Esculentum* Mill, el tomate pertenece a la familia de las solanáceas. su primer origen catalogado se remonta a que se encontraron tomates principalmente en los Andes de ahí emigraron llegaron a América central y luego a América del sur, el mayor exportador de este producto en el siglo XVI era México por esta razón se le nombro también Tomate Americanorum.

La genética Mendeliana a finales del siglo XIX dio paso a que su producción se de en la región Andina en países como Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia, estas plantas del género *Lycopersicum* (*L. sculenum ceraciforme*), emigraron hacia el norte, América Central y México. (R, 2002)

Figura 1

(Lycopersicum Esculentum Mill). Frutos cultivados en la actualidad.



Nota. Tomado de (R, 2002).

Características fisicoquímicas

Este fruto alberga muchas vitaminas minerales de los cuales podemos enumerara la vitamina B1, B2, B6 etc. minerales tales como zinc, cobre, sodio, hierro. Los cuales se los presenta en la **Tabla 1** un tomate de 100 gramos puede aportarnos 23 Kcal. (BALLESTEROS, M, 2015)

Tabla 1

Estructura nutricional del Tomate (por 100 g)

	Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad
	Agua	93.50%	Calcio	7mg
	Proteína	0.9g	Hierro	0.7mg
	Grasa	0.1g	Vitamina A	1.1U
	Calorias	23kcal	Vitamina B1	0.051mg
	Carbohidratos	3.3g	Vitamina b2	0.02 mg
	Fibra	0.8g	Vitamina C	20mg
	fosforo	19mg	Niacina	0.6mg

Nota. Tomada de (BALLESTEROS, M, 2015).

Diseño para la calidad, QFD

Nueva forma de concluir la ingeniería de plan y granazón de artículos y excusado de guisa completo e integrada en el que concurren las siguientes perspectivas:

La perspectiva del producto, se toman en crítica la jerarquía que se fabrica y ofrece a la empresa como los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de dinamismo y los costes o utensilios asociados.

Desde la perspectiva de los capitales humanos, colaboran profesionales que actúan de guisa colectiva en tareas de advertencia y de resolución (con perspectiva de la voz significativa) o de modo personal en tareas de impulsión y acción (apoderado de proyecto), partida si pertenecen a la entidad como si son externos a ella (otras empresas, universidades o centros tecnológicos)

Y, desde el perspectiva de los capital materiales, concurren nuevas herramientas basadas en tecnologías de la noticia y la novedad sobre una saca de datos y de conocimientos cada vez más integrada (modelización 3D, herramienta).(Riba Romeva, 2002)

Diseño para la calidad

El diseño para la calidad va más allá de solo el cumplimiento de las especificaciones que tiene un producto o servicio trata de reducir procesos y simplificar el control del diseño potente, un sinónimo de cálida es satisfacer al cliente más que proporcionarle una herramienta de trabajo es tener un beneficio mutuo y eliminar el gasto excesivo de recursos y materiales. (Riba Romeva, 2002)

Voz del Usuario

Según: (Riba Romeva, 2002) afirma que: Convierta las necesidades de los usuarios (o voz de clientes) en requisitos técnicos para productos. se distinguen 6 pasos.

Voz del consumidor

Explicar los requerimientos del usuario (requerimientos y deseos)

Análisis de competitividad

Es cuando un producto o servicio proporcionado por una empresa cumple con las necesidades superando sus expectativas del cliente y el producto es mil veces mejor que lo que ofrecen las demás empresas

Voz del ingeniero

Describir los requerimientos técnicos que debe aclararse para satisfacer las necesidades del usuario.

Correlaciones

La combinación de requerimientos del usuario y las ideas del ingeniero, ambos trabajan a la par para obtener un buen producto que satisfaga por igual a ambas partes

Cotejo técnico

el análisis que ase una empresa para saber si el producto de su competencia es mejor o peor.

obligaciones técnicas

Hacer posibles conexiones entre diferentes productos. Estos pasos los lleva acabo para asegurar la calidad de los productos con requerimientos y parámetros establecidos por los usuarios el ingeniero utiliza una estrategia de lluvia de ideas para interactuar con el ingeniero y tener un impacto directo para realizar mejoras en los diseños y adecuaciones óptimas para el usuario.

¿QUE ES QFD?

Un enfoque para incorporar los comentarios de los clientes en las especificaciones de diseño del producto es Quality Feature Implementation (DFC). Con este enfoque, utilizamos

equipos multifuncionales para marketing, diseño y producción, lo que redujo drásticamente el tiempo de diseño.

El proceso de DFC comienza con sondear y escuchar a los clientes para identificar las características de los productos de calidad. Con base en la investigación de mercado, los consumidores y las preferencias se identifican y clasifican en categorías denominadas requisitos del cliente. Un ejemplo es el caso de un fabricante de automóviles que quería que mejorara el diseño de las puertas de los automóviles. Basado en encuestas y encuestas a clientes, afirma que dos requisitos clave del cliente para las puertas de los automóviles son "siempre abrir cuesta arriba" y "cerrarse fácilmente desde el exterior". (Chase et al., 2009)

Planificación de la producción y montaje de productos.

Generalmente se cree que la complejidad es una de las principales causas de las dificultades actuales en los sistemas de fabricación. En este artículo, la complejidad del ensamblaje del producto se define como el grado en que las piezas/subensamblajes individuales contienen atributos físicos que provocan dificultades durante los procesos de manipulación e inserción en el ensamblaje manual o automático. Se ha desarrollado un modelo de complejidad del producto mediante la incorporación de la cantidad y el contenido de la información, así como los principios de diseño para ensamblaje (DFA) para productos ensamblados en un modelo anterior que fue diseñado para medir la complejidad de las piezas mecanizadas. El nuevo modelo se utiliza para evaluar la complejidad del ensamblaje de piezas individuales utilizando un índice para medir la complejidad. (Chase et al., 2009)

Cuál es el funcionamiento el diseño para la fabricación y el montaje (DPFM)

Un doble modificado mecanismo de flexión paralelogramo (DPFM). ver en la Figura 2 Configuración de la pieza accionada por un motor requerido. configuración de la pieza accionada por un motor requerido. Configuración de la pieza accionada por un motor requerido.

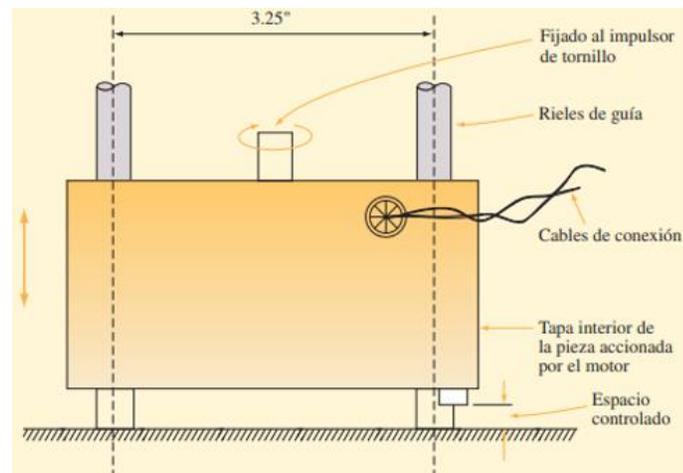
Tiene sido presentado que elimina la inherente sub-restricción en DPFM y alivia los problemas asociados con él, como baja en el plano frecuencias de resonancia incontrolables.

Estructurales parámetros han sido diseñados para garantizar el rango deseado, rigidez y frecuencia resonante. El diseño paramétrico se verifica realizando análisis de elementos finitos (FEA), que revela un rango de movimiento alcanzable de más de 2 "en cada trabajo eje.

Comparación entre una etapa típica de DPFM y la etapa DPFM modificada sobre la base de frecuencias de resonancia también se ha presentado. (Chase et al., 2009)

Figura 2

Configuración de la pieza accionada por un motor requerido.



Nota. Tomada de (Chase et al., 2009).

Medición del desempeño del desarrollo de productos

La necesidad de aplicar el pensamiento lean al desarrollo de productos se está convirtiendo en una necesidad para que las organizaciones tengan éxito en la industria actual. Este trabajo presenta el desarrollo y aplicación de una herramienta que ayuda a identificar el estado actual de la organización en relación con los principios lean. La revisión de la literatura destacó la necesidad de desarrollar una herramienta enfocada en evaluar la implementación de

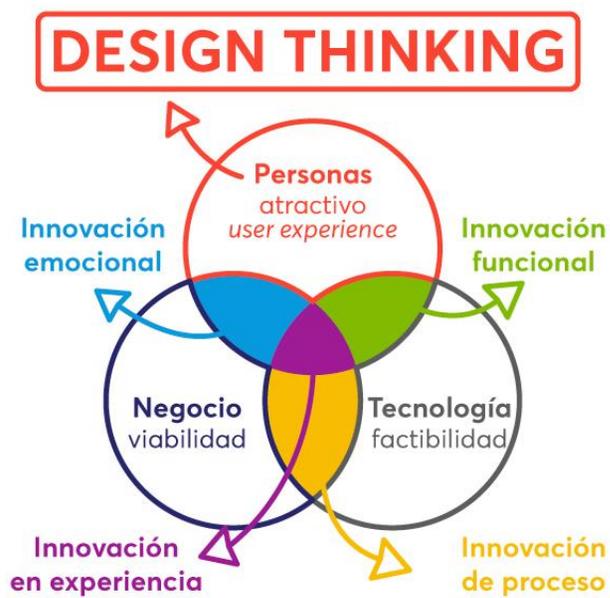
los principios Lean en sí mismos, en lugar de métricas cuantitativas. Partiendo de la idea del cuadro de mando integral, se definieron cuatro perspectivas, con su correspondiente conjunto de preguntas, que reflejan los habilitadores del modelo de desarrollo de producto lean propuesto por el proyecto europeo. (Chase et al., 2009)

Design Thinking

Los educadores de todo el sistema educativo están de acuerdo en que cada vez es más importante ayudar a los estudiantes a pensar de manera creativa y comprender lo que se necesita para hacer factibles las ideas innovadoras. Sin embargo, la investigación muestra que los niños ingresan al sistema educativo con una habilidad natural para ser creativos e innovadores, pero pierden esa habilidad a medida que avanzan en el sistema. (Ramos & Wert, 2014)

Figura 3

Design Thinking



Nota. Tomada de (Castillo-Vergara et al., 2014)

Metodología de Design Thinking

Las herramientas para utilizar en el desarrollo de la metodología de Design Thinking, se identifican en la Tabla 2.

Tabla 2

Las herramientas para utilizar en el desarrollo de la metodología de Design Thinking

Etapa	Herramientas
Empatía	Entrevista
	Focus Group
	Shadowing
	Fichas de Personas
	Perfil de Segmentos de Clientes
	Mapa de empatía
	Storyboards
Definir	Mapa del Viaje del cliente
	Árbol de Problemas
Idea	Curva de Valor
	Raintorning
	Cardsorting
Prototipar	Mapa de Ofertas
	Prototipo
	Mockup
Evaluar	Modelo de Negocios
	Producto pinocho
	La Lancha
	Testeo de prototipo
	Testeo de Usabilidad de beta en Entorno Real

Nota. Tomada de (Castillo-Vergara et al., 2014)

Focus Group: pocos métodos de investigación innovadores introducidos que fomentan el diálogo colaborativo entre los estudiantes y el personal. Métodos tradicionales para acceder a las voces de los estudiantes como entrevistas, encuestas y grupos focales a menudo drenan a los estudiantes de datos sin valor recíproco para ellos por su participación. (Jayasekara, 2012)

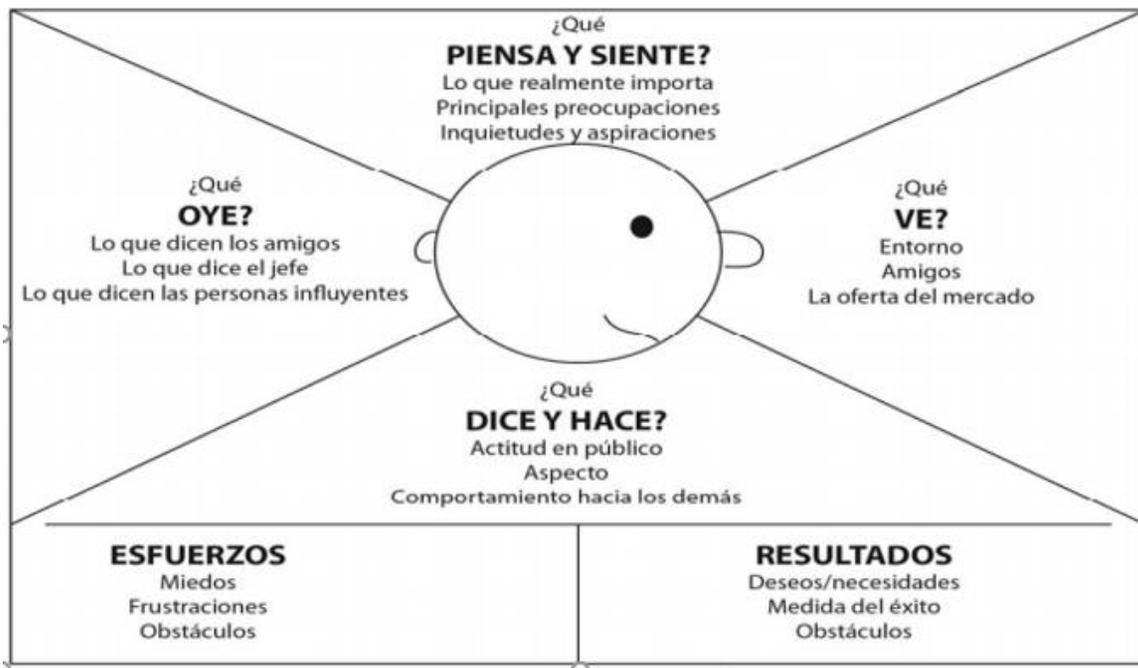
Shadowing: para este método se recurre observar minuciosamente diversas situaciones de la vida real y comprender el comportamiento humano en ambiente cerrado, nos muestra como las personas actúan en función a lo que hablan. (Castillo-Vergara et al., 2014)

Fichas de personas: consiste en observar y dar una descripción física de la persona, una descripción psicológica y la descripción sociología para descubrir las fortalezas y debilidades de las personas con quien se quiere trabajar. (Castillo-Vergara et al., 2014)

Mapa de empatía: (SOUZA, F. RHEINGANTZ, 2004) “El método considera comprender la experiencia de la otra persona sin pasar directamente por esa experiencia, es decir, se convierte en el segmento de cliente deseado”.

Figura 4

Mapa de Empatía



Nota. Tomada de(SOUZA, F. RHEINGANTZ, 2004) .

Pautas generales de diseño para el montaje manual

Se diseñan pautas que intentan consolidar el conocimiento de fabricación y presentarlos al diseñador en forma de reglas simples a seguir cuando creando un diseño. El proceso de ensamblaje manual se puede dividir naturalmente en dos áreas separadas, manejo e inserción y fijación. (Andrade, 2021)

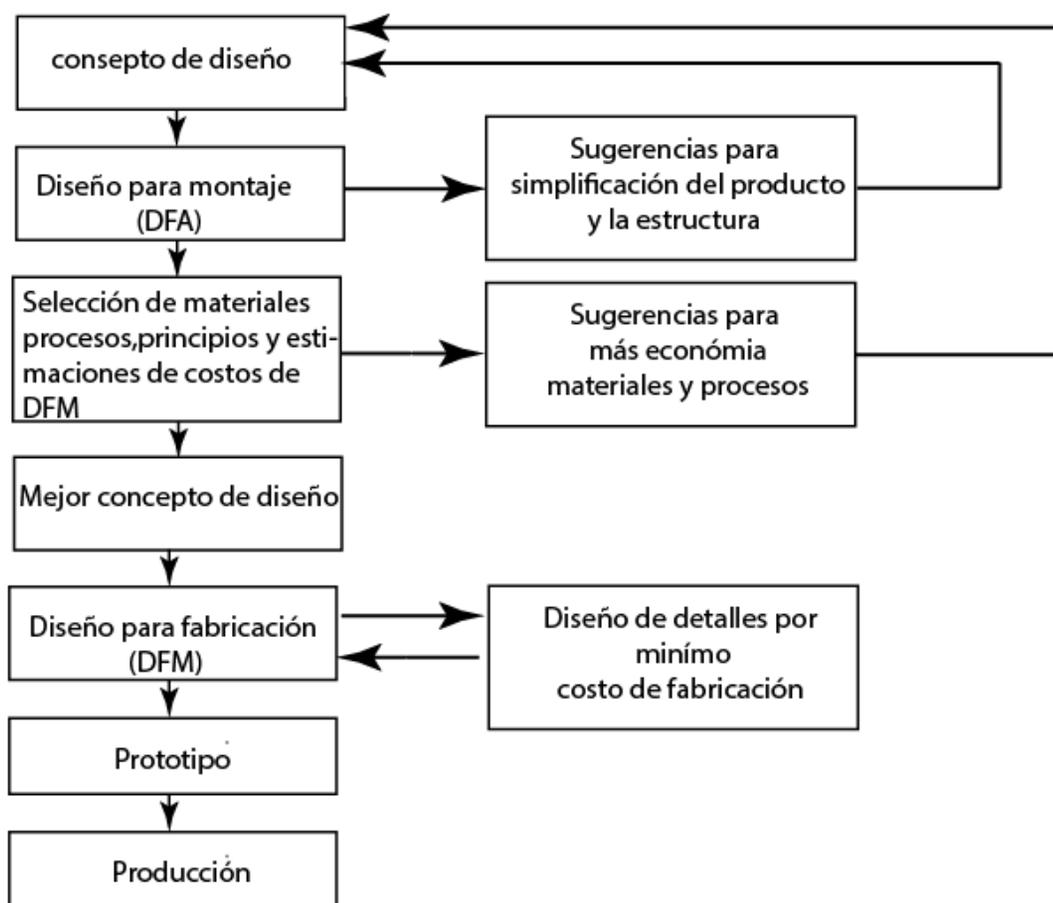
Metodologías DFMA desarrolladas

Las metodologías DFMA desarrolladas tienen una base cualitativa y, a menudo, se describen con pautas generales. Dichos métodos requieren diseñadores, ensambladores y fabricantes experimentados con un conocimiento profundo para evaluar la capacidad de

ensamblar o fabricar un determinado producto. En este artículo presentamos una revisión detallada del estado del arte de las metodologías DFMA. Después de este estudio, identificaremos los principales parámetros que se investigarán en un estudio DFMA. (Bernaes, 2015)

Figura 5

Representación reiterado de diseño DFMA.



Nota. Tomada de (Bernaes, 2015).

Eficiencia de montaje

Para lograr una eficiencia de montaje nos basaremos en dos principales parámetros que son el costo de producción y los procesos de ensamblaje y estos son:

- Cantidad de elementos del producto
- Piezas fáciles de manipular, insertar y reparar.

$$E_{ma} = N_{min} \frac{t_a}{t_{ma}}$$

Ecuación 1

Eficiencia de montaje

Nota. (Riba Romeva, 2002)

Donde:

N_{min} = Número mínimo de piezas

t_a = Tiempo de una parte del ensamble básico

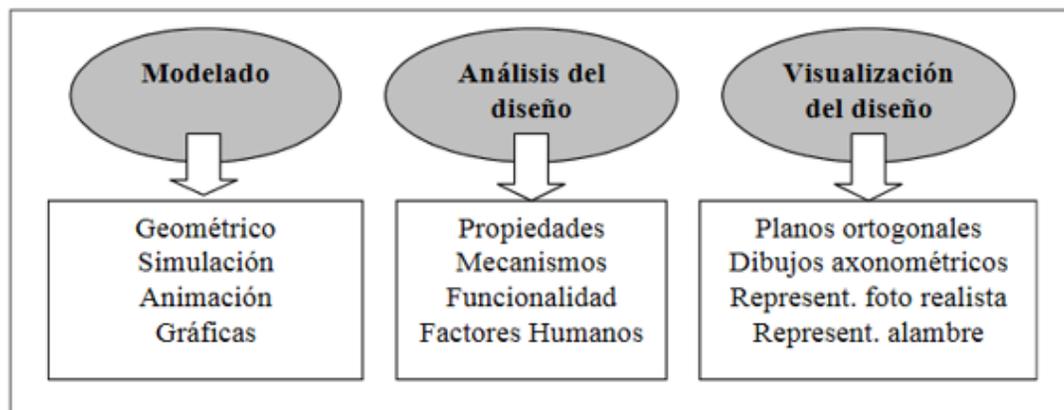
t_{ma} = Tiempo estimado para completar el ensamble del producto

Diseño para la fabricación y diseño asistido por computadora

La aplicación de la tecnología CAD/CAM en ortopedia es relativamente nueva. Se pueden definir tres amplias áreas de aplicaciones reconstrucciones tridimensionales de la estructura esquelética basadas en cualquiera de las técnicas de imagen, es decir, tomografía computarizada, resonancia magnética o rayos X, para analizar, simular, diseñar y evaluar procedimientos ortopédicos sin tener que realmente realizar la cirugía; que se muestran en la Figura 6:

Figura 6

Proceso de refinamiento (CAD)



Nota. Tomada de (Lazo; & Rojas, 2006)

Tabla 3

Ejemplos de modeladores automatizados.

Modelo	Características
Geométrico con cortes virtuales	Representación volumétrica del objeto en el cual se pueden aplicar rotaciones y seccione
Animación de ensamble y funciones	Movimiento, tiempo, interferencias y algunas características generales del sistema propiedad espaciotemporal
Simulación de procesos	Simulación de procesos Movimiento, tiempo y las variables importantes del sistema
Recorrido virtual	Movimiento, tiempo y escena.
Entorno paisajista	Movimiento, tiempo, luminiscencia, paisaje del entorno, sonidos naturales.
Ergonómico	Medidas, formas y movimientos ergonómicos
Aleatoriedad y transformación	Formas, tiempo, movimiento, sonido, transformaciones

Nota. Tomada de (Lazo; & Rojas, 2006)

Extracción de datos DFMA de la base de datos del sistema CAD

Hay un evidente interés en la posibilidad de extraer la información requerida directamente de una base de datos del sistema CAD, sin embargo, la extracción de los datos requeridos de una base de datos del sistema CAD no es sencillo y requiere rutinas de software

específicas desarrolladas para este propósito. Este problema general es una aplicación específica de la función automática. reconocimiento porque las características relacionadas con el ensamblaje deben determinarse a partir del CAD base de datos del sistema. (Andrade, 2021)

Diseño experto y procedimiento de estimación de costos

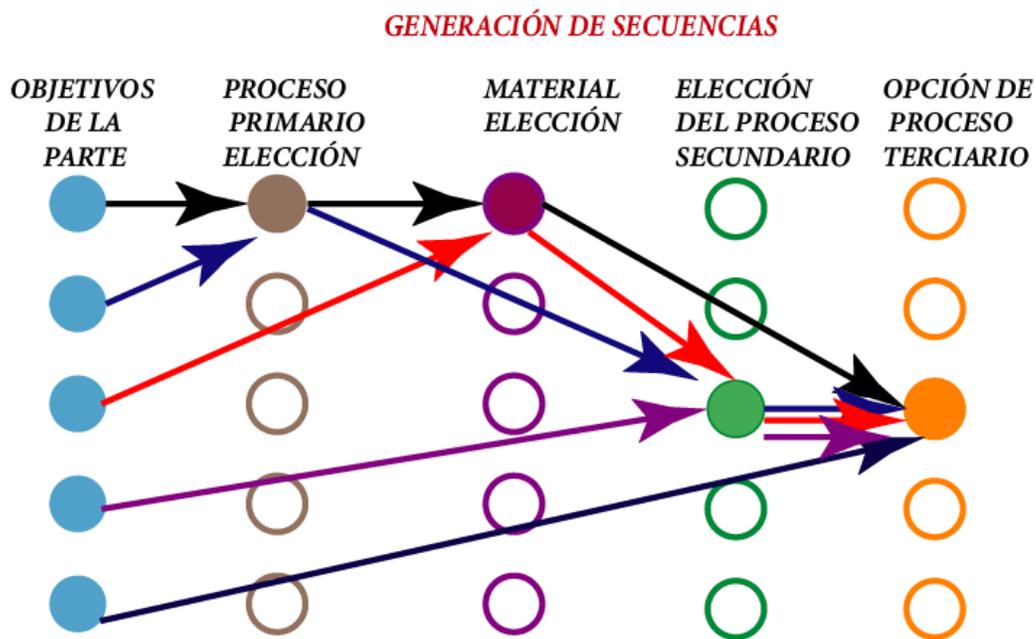
Un enfoque más poderoso es determinar los costos a medida que se construye la geometría de la pieza en el sistema CAD, utilizando un enfoque de diseño con características. Sin embargo, requieren la disponibilidad de una serie de procesos basados en funciones específicas de módulos CAD de tal manera que el diseño de la pieza se logra a través de características que se relacionan directamente a las contribuciones de costos de fabricación para el proceso específico. (Andrade, 2021)

Selector de secuencia de procesamiento experto

Se ha realizado un acercamiento a la selección preliminar de materiales y procesos. Si bien este enfoque generalmente puede resultar en la selección de combinaciones apropiadas de materiales y procesos primarios, en algunos casos coincidencia del material y el proceso primario solo con los atributos de la pieza terminada, sin considerar secuencias viables de operaciones, puede llevar a la omisión de algunas combinaciones apropiadas de procesos y materiales primarios. (Boothroyd et al., 2010)

Figura 7

Procedimiento para procesar la selección de la secuencia



Nota. Tomada de (Boothroyd et al., 2010).

Estrategias frente a la disponibilidad

Máquinas o equipos que combinan muchos elementos, a menudo fabricados en series pequeñas o como parte (alto costo y larga vida, difíciles de simular y probar para asegurar confiabilidad, corrosión u otras condiciones severas de operación con daños inevitables). (Riba Romeva, 2002)

Usar hasta fallar

Basado en una confiabilidad bien pensada (consideración cuidadosa del precio y la vida útil esperada) y una alta calidad de construcción (para evitar rebotes), la garantía se elimina por

completo. Si esta estrategia proporciona ahorros de costos significativos y una expectativa de vida razonable, su impacto ambiental no es mayor que las otras opciones. (Riba Romeva, 2002)

Compostaje

Se han utilizado una variedad de enfoques para el compostaje para diferentes situaciones. Sin embargo, la información sobre metodologías de compostaje rápido desarrolladas hace poco, especialmente aquellas adecuadas para pequeños agricultores, sigue siendo dispersa y necesita consolidación. La publicación presenta una descripción general de las metodologías de compostaje en fincas, con especial énfasis en los procesos de compostaje rápido, y pretende promover su adopción a gran escala con el objetivo final de mejorar la productividad del suelo en los países en desarrollo y proteger el medio ambiente de la degradación. (Guzman & Grandes, 2018)

Materia prima

La materia prima para Elaboración compost son las raíces y tallos de tomate producidos después de las cosechas como raíces desechadas de los tomates. Los invernaderos de Tomate cuentan con un área de cultivo de tomates de aproximadamente 3.333 hectáreas en el País, los invernaderos generan muchos residuos de tipo vegetal los cuales están presentes en la postcosecha y pueden ser utilizados para fertilizar la tierra y obtener mejores cosechas.

Post cosecha: aquí se recibe el tomate, se prepara el tomate cosechado para ser empacada y enviada al mercado nacional e internacional.

Tabla 4

Porcentaje de desechos en los invernaderos de tomate

Porcentaje de desechos	
Postcosecha	70%

Cultivo	30%
Total	100%

Características del producto a triturar

Para tener un buen desempeño de la máquina trituradora se necesita saber las características de humedad dureza del material en este caso las plantas de tomate en la **Tabla 5** observamos características que nos pueden ayudar en la construcción de la máquina. (Guzman & Grandes, 2018)

Esta planta posee diversos aportes nutricionales como el nitrógeno y el carbono los cuales son muy requeridos al momento de procesarlos y generar compostaje. (Patricia Martinez, Gustavo Garcia, Germán Sánchez, 2007)

Tabla 5

Contenido de nutrientes, humedad y densidad de los residuos y aditivos utilizados en el proceso de compostaje.

Sustratos	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno	Relación C/N	Densidad g/Cm⁻³
Tomate	58.09 %	50.06 %	1.62 %	31.32 %	0.06

Nota. (Patricia Martinez, Gustavo Garcia, Germán Sánchez, 2007)

Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la Reducción de tamaño

tenemos que son tres tipos de fuerzas compresión, impacto y cizallamiento en la **Tabla 6** tenemos las fuerzas desglosadas para mejor entendimiento. (BERMEO, 2014)

Tabla 6

Naturaleza de las fuerzas de triturado

Fuerza	Principio	Aparatos
Compresión	Compresión(cascanueces)	Cilindros trituradores
Impacto	Impacto (martillo)	Molino de martillos
Cizalla Frotamiento	(piedra de molino)	Molino de discos

Nota. Tomada de (BRENNAN et al., 1998).

Relación de reducción (r.r.).

Según (Pozo, 2013) afirma que:La relación:

$$\frac{\text{Tamaño medio de la carga}}{\text{Tamaño medio del producto}}$$

Ecuación 2

Relación de reducción

Nota. (Pozo, 2013)

El asentamiento se divide en dos etapas: el asentamiento físico por compresión y el asentamiento por pérdida de masa. Al final de la etapa anterior, la densidad aparente (ρ') y la altura de la pila (h) siguen $\rho' = AhB$, donde A es un parámetro de ajuste para la densidad aparente inicial del material de compostaje y B es el parámetro de compresión. Las compresibilidades físicas de las mezclas de compostaje son lodos de suelo y residuos de jardín (1:1) > lodos de depuradora y tallos de maíz (5:4) > lodos de suelo y residuos de jardín (2:3) > lodos de depuradora y corteza (1: 1). Agregar la proporción de agente de carga en la medida adecuada retrasó efectivamente el asentamiento del compostaje. La corteza exhibe una mejor capacidad de soporte que el tallo de maíz como agente de carga.

Procesamiento De Los Residuos

Muchas de estas tecnologías se desarrollaron originalmente para otros fines y se están adaptando para diferentes funciones con nuevas materias primas. Los sistemas de separación tradicionalmente se diseñaron para recuperar material reciclable, pero ahora también se utilizan para reducir los contaminantes inertes y químicos. La reducción de tamaño se puede coordinar con equipos de separación para mejorar la recuperación de materiales y la reducción de contaminantes. Los métodos de procesamiento biológico combinan el control de procesos con el manejo de materiales para gestionar un ecosistema microbiano complejo. Vinculadas con un programa de recolección de RSU, estas tecnologías deben actuar como un sistema coordinado para transformar los materiales de desecho entrantes en un producto final comercializable. Este documento revisa la variedad de sistemas de procesamiento disponibles, con particular referencia a las innovaciones que pueden mejorar la producción de compost de RSU.

Proceso de reducción de tamaño de residuos sólidos orgánicos

Según: (Guzman & Grandes, 2018) afirma que el paso limitante de la velocidad en la digestión anaerobia de los residuos sólidos orgánicos es generalmente su hidrólisis. Una reducción del tamaño de las partículas y el aumento resultante de la superficie específica disponible pueden apoyar el proceso biológico de dos maneras. En primer lugar, en el caso de sustratos con un alto contenido de fibras y una baja degradabilidad, su trituración conduce a una mejor producción de gas digestor. Esto conduce a una menor cantidad de residuos a eliminar ya una mayor cantidad de gas de digestor útil. El segundo efecto de la reducción del tamaño de partícula observado con todos los sustratos, pero particularmente con los de baja degradabilidad es una reducción del tiempo de digestión técnica. Además, el tamaño de

partícula de los residuos orgánicos influye en la deshidratabilidad después de la codigestión con lodos de depuradora

Tratamiento físico

Según: (Portalanza, Luis Rodriguez, 2013) afirma que : está comprendido en procesos de trituración ,compresión y descomposición de residuos solidos o desperdicios Luego, se realiza una etapa de separación para recuperar el material recuperable y el material no recuperable se somete a un tratamiento térmico como la incineración. Diversas compañías se dedican al procesamiento de estos materiales.

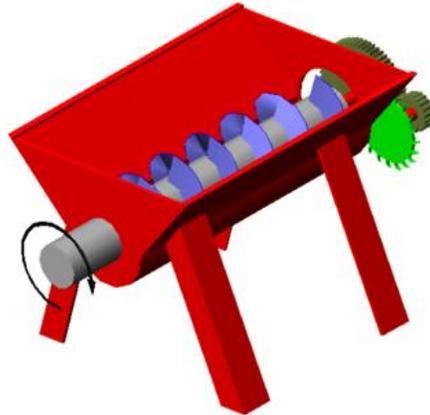
Opciones de máquinas trituradoras

Triturador con Sistema de tornillo sin fin

Los modelos tradicionales de trituradoras de rodillos de molienda de alta presión (HPGR) se basan en gran medida en datos de encuestas para hacer predicciones precisas. En este documento, se combina una consolidación de enfoques anteriores de modelado de máquinas trituradoras con conocimientos del modelado de trituradoras para desarrollar un modelo de proceso dinámico en el tiempo de la HPGR. La trituradora se modela desde un punto de vista mecanicista. Se incluyen las respuestas dinámicas del efecto de los sistemas hidráulicos con amortiguación, tamaño de alimentación variable, dureza del mineral y comportamiento de la trituradora para los cambios de velocidad de los rodillos. El resultado es un modelo dinámico de tiempo completo que se ha comparado con los datos del proceso. (Zambrano, 2004)

Figura 8

Picadora con Sistema de tornillo sin fin



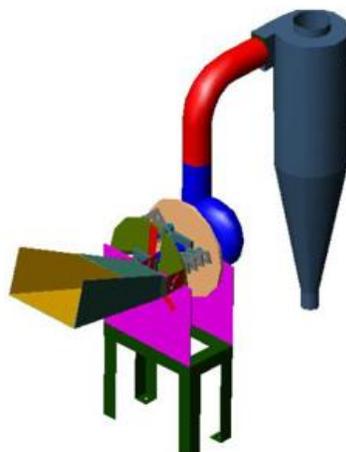
Nota. Tomada de(Zambrano, 2004).

Triturador con Sistema de disco y martillos

Las trituradoras se utilizan para triturar la chatarra metálica alimentada al horno de arco eléctrico y consisten en un conjunto de martillos conectados a un rotor principal, cuya rotación convierte la energía cinética en un fuerte impacto. El diseño del martillo todavía se basa en algunas prácticas diarias, pero a menudo parece insuficiente para predecir los efectos del desgaste y las grietas monitoreadas en servicio. Para reducir costes y mejorar la calidad del producto, los fabricantes de trituradoras necesitan urgentemente una herramienta de diseño adecuada para predecir el comportamiento dinámico del martillo, el daño del material y localizar la concentración de tensiones. Desafortunadamente, aún no se ha propuesto en la literatura un enfoque de diseño integral. (Zambrano, 2004)

Figura 9

Trituradora con Sistema de disco y martillos



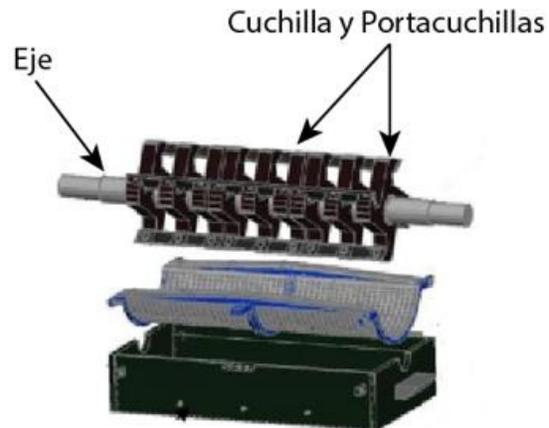
Nota. Tomada de(Zambrano, 2004).

Cortadora giratoria de cuchillas

máquina trituradora En general, el concepto de diseño de la máquina trituradora es algo similar. Cada diseño consta de:(i) un eje y juegos de palas, (ii) un motor, engranajes, cojinetes y transmisión (iii) tolva y (iv) una estructura. Sin embargo, el diseño (i) que es la combinación del eje y los conjuntos de la hoja, es el más componente complejo de la máquina trituradora porque afecta la eficiencia de la máquina. Además, también requiere un mantenimiento regular debido al desgaste durante el proceso de trituración. Cabe destacar el diseño de la máquina trituradora puede tener un eje simple o doble. Aparte de eso, una variedad de geometría de hoja y se han informado configuraciones/orientaciones de las palas en el eje. Así, el diseño relacionado con el eje, la geometría de las palas y la orientación de las palas se revisaron en las siguientes secciones. (Guzman & Grandes, 2018)

Figura 10

Cortadora de cuchillas giratorias.



Nota. Tomada de (Zambrano, 2004).

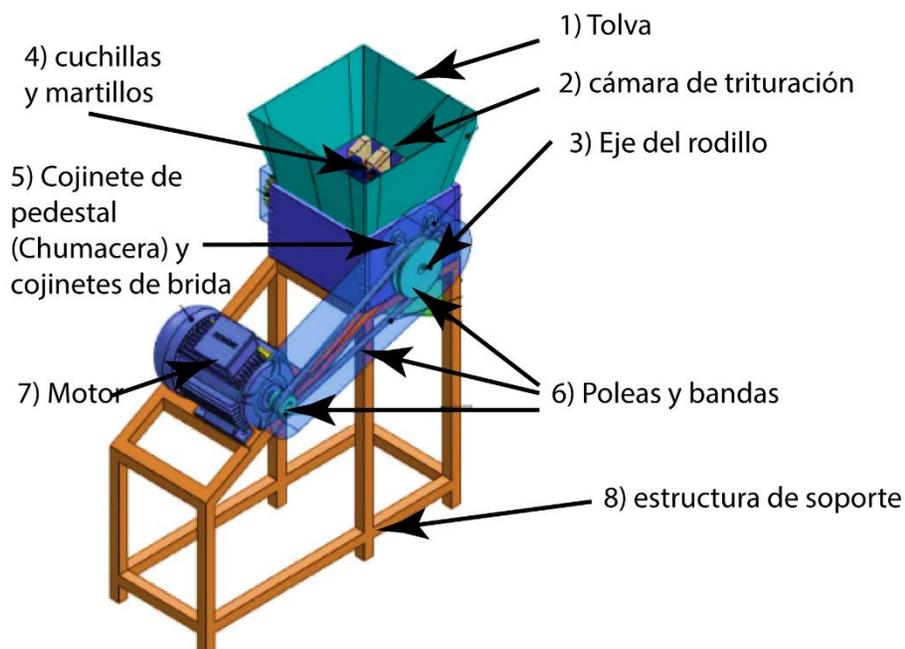
Partes de la trituradora

Se desarrollará la trituradora con parámetros seleccionados de acuerdo con el propósito. Incluye diagramas en 3D de cada elemento de la máquina ensamblada. A tenemos todos los sistemas y elemento que constituyen un trituradora.

- 1) Tolva
- 2) cámara de trituración
- 3) Eje del rodillo
- 4) cuchillas y martillos
- 5) Cojinete de pedestal (Chumacera) y cojinetes de brida
- 6) Poleas y bandas
- 7) Motor
- 8) estructura de soporte

Figura 11

Componentes principales de la máquina



Nota. Tomada de (Kumar & Kumar, 2015).

Ensamble

Según: (Nwoke et al., 2015) afirma que : La disposición de varios componentes de la “Máquina Trituradora” es la siguiente:

- 1) Se selecciona la estructura que soporta toda la carga de la máquina.
- 2) La cámara de trituración está montada en la estructura de soporte mientras que en el otro lado está montado el motor eléctrico.
- 3) El eje del rodillo está montado en la cámara de corte, cuyo eje está soportado por cojinetes de brida atornillados a la cámara de corte y el soporte principal del eje lo proporcionan los pedestales que están montados en el marco de cimentación mediante la fijación con tuerca y perno.

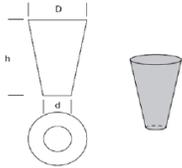
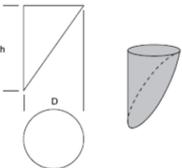
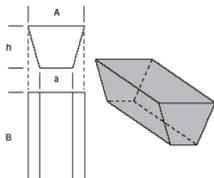
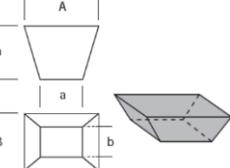
- 4) El eje del rodillo está provisto de casquillos a los que se suelda una placa rectangular con orificios para la fijación de las cuchillas. Tanto las hojas del cuchillo como las del martillo se sujetan con pernos en los bordes de la placa rectangular.
- 5) La cámara de corte está provista de cuatro números de ranuras horizontales para las cuchillas estacionarias que se sujetan con pernos.
- 6) En la parte inferior de la cámara se proporcionan dos bordes sobresalientes para actuar como vallas para los tamices que están montados en la cámara de corte desde el lado inferior.
- 7) Una varilla que penetra en la hoja de la bandeja que proporciona la materia orgánica picada se pasa en toda su longitud paralela a la cámara de corte desde debajo del tamiz para sostenerlo y evitar que se caiga de su posición.
- 8) La Tolva se monta sobre la tapa móvil de la cámara de corte mediante espárragos de fijación.
- 9) Se monta una polea de 3,5 pulgadas en el motor eléctrico que proporciona la potencia necesaria. Una polea de 14 pulgadas está montada en el eje del rodillo que permite que las cuchillas de corte y martillado giren. Sobre estas poleas se monta la correa trapezoidal para la transmisión de potencia.
- 10) La disposición anterior asegura que todos los elementos del proyecto estén equilibrados y que el centro de gravedad del conjunto esté sobre el eje, ya que el centro de gravedad del cuerpo humano está sobre la médula espinal.

Tolva de alimentación

Este elemento es principal para depositar y almacenar los residuos sólidos para su posterior paso a la cámara de trituración normalmente se lo fabrica de acero inoxidable AISI 304 para evitar que a máquina sufra de oxidación además es económico y es fácil de limpiar.

Tabla 7

Formas de tolvas más implementadas

Tipo	Ecuación de Volumen	Forma
Cono Truncado	$V = \left(\frac{\pi h}{3}\right) * (D^2 + dD + d^2)$	
Cilindro Parcial	$V = \left(\frac{\pi}{8}\right) * hD^2$	
Prisma Trapezoidal	$V = \left(\frac{a + A}{2}\right) * Bh$	
Prisma Truncado	$V = \left(\frac{h}{6}\right) * (2AB + Ab + aB + 2ab)$	

Nota. Tomado de (Morales Toapanta, 2010)

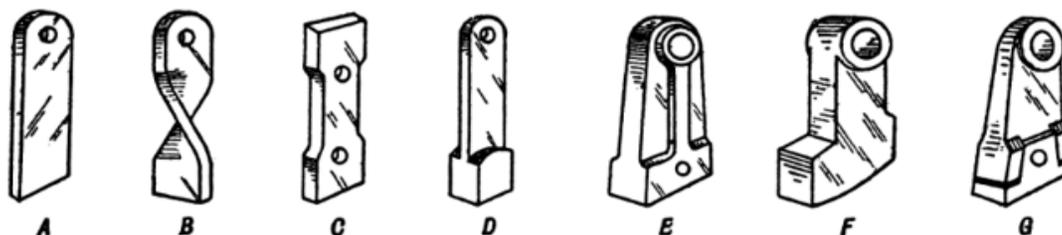
Martillos

Conocido como herramienta de percusión o martillo, es el responsable del proceso de trituración y molienda. Utilizamos este sistema porque el martillo puede transferir toda la fuerza acumulada al producto triturado. Cada martillo se distribuye de forma que no se golpeen entre sí, esto se obtiene mediante separadores. (BERMEO, 2014)

Como se muestra en la Figura 12, existen diferentes tipos de herramientas de percusión.

Figura 12

Tipos de martillos



Nota. Tomado de (CORP, 2022)

Normativas existentes

Norma UNE-EN ISO 898-1

Esta Norma ISO 898 especifica el provecho mecánico de elementos de unión como pernos, tornillos y pernos hechos de carbono y aleaciones de acero cuando se experimentan en una condición de temperatura de 10 °C a 35 °C. Los productos que desempeñan con los requisitos de esta parte de ISO 898 se prueban solo de acuerdo con el rango de temperatura ambiente y es posible que no mantengan las propiedades mecánicas y físicas especificadas a temperaturas altas y bajas. (Iso, 2000)

Norma UNE-EN ISO 13857

La norma está compuesta por los valores de distancia de seguridad que se deben tener en espacios públicos como también dentro de una industria, esto para prevenir cualquier accidente que se pueda suscitar ya sea por estar muy cerca de una máquina en funcionamiento o estar ubicado en lugares inapropiados por los cuales pueden causar accidentes a ellos mismos o a terceros. (Iso et al., 2008)

NTE INEN 128:1973

La normas para operarios soldadores de los distintos procesos de soldadura manual y las pruebas para saber si es correcto el proceso de soldado.(NTE 2176, 2006)

Factor de Seguridad

Se basa en estándares de ingeniería y en la experiencia adquirida en el campo de trabajo para determinar qué causa o provoca fallas en los componentes. En la Tabla 8 se muestran los factores de seguridad a la hora de diseñar una máquina o elemento. (Budynas & Nisbett, 2012)

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

Ecuación 3

Factor de Seguridad

Nota. (Mott, 2009).

Donde:

S_y = Resistencia del material a la fluencia

σ_d = esfuerzo de diseño o permisible

Tabla 8

Factores de Seguridad para Materiales Dúctiles

Factor de seguridad	Información
N= 1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño
N= 2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño
N= 2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente

Nota. Se utiliza un factor de seguridad de 4 o más para cargas estáticas, mostrando un alto grado de incertidumbre en procesos industriales. Tomado de (Mott, 2009)

El esfuerzo de diseño debe tener en cuenta las fuerzas de compresión y tracción, que están directamente relacionadas con el factor de seguridad y las propiedades del material diseñado, lo que debe evitar que el material se rompa bajo carga y evitar accidentes y elevados gastos de rediseño. (Mott, 2009)

$$\sigma_d = \frac{S_y}{1.5} = 0.66S_y$$

Ecuación 4

Esfuerzos de diseño acero estructural (AISC)

Nota. (Mott, 2009).

$$\sigma_d = \frac{S_y}{1.65} = 0.61S_y \text{ o } \sigma_d = \frac{S_y}{1.95} = 0.51S_y$$

Ecuación 5

Esfuerzos de diseño Aluminio (Aluminum Association)

Nota. (Mott, 2009).

Capítulo III

Metodología

Modalidad de Investigación

Los métodos de investigación nos facilitan resolver problemas de ingeniería e implementar métodos y técnicas que confieren una investigación clara y efectiva a través de gráficos estadísticos recolección de datos para responder a dos preguntas ¿Cuál es el problema que tenemos? ¿Y cómo vamos a lidiar con eso? para obtener resultados precisos y confiables

Comenzaremos con un estudio bibliográfico donde se recopila información tanto de fuentes oficiales como digitales con un enfoque en tecnología simultáneamente, herramienta tecnológica para el diseño de sistemas mecánicos, así como el cálculo analítico de un elemento estructural ideal para la trituradora de raíces de planta de tomate que se va a diseñar.

El siguiente paso es la investigación experimental cuyo objetivo es encontrar la relación a la que está ligado el proyecto y la solución con ayuda de una investigación basada en trituración de tamaño apropiado de las raíces y su posterior utilización para producir fertilizantes orgánicos.

Se utiliza al diseñar la trituradora de raíces. El método deductivo para recopilar información sobre los efectos provocados por las fuerzas y cargas para crear una conjetura de la vida útil en condiciones extremas de trabajo que el disco de corte y los martillos puedan tener triturando las raíces, además de la verificación de la viruta que está desprendida de las raíces cuando se somete al corte de las cuchillas y se tritura con martillos de tal manera que se determinen los tamaños adecuados para producir el compost orgánico

A través del método científico se tiene como objetivo implementar ingeniería concurrente y el Desing Thinking que nos ayuda al desarrollo de nuevos productos puedan

competir dentro de la economía global. Combinación de métodos de ingeniería, para mejorar el trabajo del equipo y reducir los costos y el tiempo de desarrollo, consiguiendo así aumentar la calidad y la variedad de productos, lo que mejora en gran medida la satisfacción del cliente.

Tipo de investigación

El diseño se realiza mediante la investigación básica, en la que se utiliza el diseño del modelo, a través de un software apropiado para construir los diversos componentes de la máquina, así como los detalles constructivos, para una fabricación óptima en el caso de la construcción.

Nivel de investigación

En la composición de los elementos se utiliza una caja negra que crea una lista de requisitos para tener un propósito claro, que satisfaga las necesidades requeridas.

Técnicas de Recolección de Datos

Muestra

La investigación del proyecto se llevó a cabo en la parroquia de Salache a los productores de tomate riñón, las empresas industriales dedicadas a los procesos de fabricación de la ciudad de Latacunga.

Lista de exigencias

La lista de exigencias contiene un flujo de trabajo, una estructura de funciones que conectan las operaciones de entrada y salida de la máquina para obtener soluciones óptimas.

Observación a través de la Simulación.

Con este método podemos rediseñar una maquina porque la ingeniería concurrente evita simultáneamente los retrasos en la producción y el ensamblaje, luego se realiza el análisis estructural mediante CAE, un análisis dinámico determinado la deformación y las vibraciones que se producen en la estructura y así obtener resultados precisos y eficaces de acuerdo con los requerimientos del cliente.

Técnicas de Comprobación de Hipótesis

La verificación generalmente se realiza mediante el uso de herramientas de diseño concurrente para rediseñar el sistema de trituración y la aplicación de dibujos CAD y técnicas de simulación CAE para determinar la mejor máquina para el proyecto. La trituración de vegetales está estandarizada en los métodos de compostajes.

Capítulo IV

Ingeniería concurrente y desing thinking

En este capítulo, luego de una investigación exhaustiva, se realizará de manera pluridisciplinaria la implementación del método de ingeniería concurrente y el desing thinking en una maquina triturado de desechos orgánicos para producción de compostaje, con la finalidad de lograr procedimientos con calidad, para la fabricación y el montaje asegurando el tamaño adecuado de los residuos olidos y su posterior conversión en compostaje y cumplir con los criterios de los clientes.

Diseño para la Calidad

Clientes Potenciales

El principal cliente es la fundación Ayllu Apu, microempresarios, emprendedores y personas naturales que cultiven tomate riñón en todo el país, empresas dedicadas a la realización de compostaje a través de trituración de plantas similares al tomate riñón.

Estadísticas

Las encuestas realizadas a los microempresarios productores de tomate del sector Salache y a representantes de la fundación "AYLLU APU FFA", el objetivo de esta es determinar las funciones de la máquina trituradora y las necesidades de los clientes.

Pregunta 1 ¿Cómo realiza la eliminación de residuos sólidos como raíces y plantas de tomate?

Tabla 9

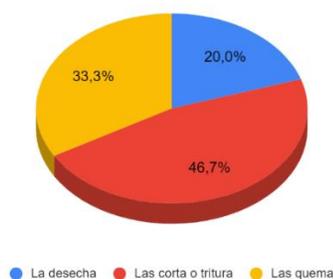
Estudio en base a la pregunta uno

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje %
La corta o tritura	7	46.7
La quema	5	33.3
La desecha	3	20
Total	15	100

Figura 13

gráfica proveniente de la pregunta uno

¿Cómo realiza la eliminación de residuos sólidos como raíces y plantas de tomate?



Interpretación Tabla 9

De acuerdo con la Tabla 9 se registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación “AYLLU APU FFA”, 15 de ellos que representan el 100% de la población. Sé puede evidenciar que ahí gran tendencia a triturar las raíces con un 46.7 % solo un 33.3 % quemas los desechos.

Pregunta 2 ¿Por qué realiza ese método de eliminación de raíces y paltas de tomate?

Tabla 10

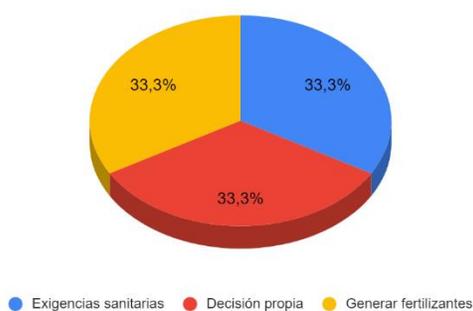
Estudio completo de la pregunta dos

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje %
Decisión propia	5	33.3
Exigencias sanitarias	5	33.3
Generar fertilizantes	5	33.3
Total	15	100

Figura 14

Representación gráfica de la pregunta dos

¿Por qué realiza ese método de eliminación de raíces y paltas de tomate?



Interpretación Tabla 10

De acuerdo con la Tabla 10 se registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación "AYLLU APU FFA", 15 de ellos que representan el 100% de la población reconocen que manejan los desechos de la forma que pueden

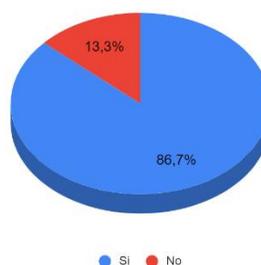
Pregunta 3 ¿Le gustaría realizar fertilizantes con las raíces y plantas de tomate desechadas?

Tabla 11*Análisis de la pregunta tres*

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje %
Validos	Si	13	86.7
	No	2	13.3
Total		15	100

Figura 15*gráfica del estudio de la pregunta tres*

¿Le gustaría realizar fertilizantes con las raíces y plantas de tomate desechadas?

**Interpretación Tabla 11**

De acuerdo a la Tabla 11 Tabla 10 se registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación "AYLLU APU FFA", 15 de ellos que representan el 100% de la población concuerdan que si les gustaría generar fertilizantes

Pregunta 4 ¿Qué tamaño de raíces y plantas de tomate trituradas requiere para generar fertilizantes?

Tabla 12

Análisis de la pregunta cuatro

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje %
menor a 0.5 cm	10	66.7
de 0.5 cm	3	20
de entre 1cm y 2 cm	2	13.3
Total	15	100

Figura 16*gráfica en base a la pregunta cuatro*

¿Qué tamaño de raíces y plantas de tomate trituradas requiere para generar fertilizantes?

**Interpretación Tabla 12**

se registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación “AYLLU APU FFA”, 15 de ellos que representan el 100% de la población.

Un 66.7 % está de acuerdo con que el tamaño de los residuos triturados debe estar en un valor menor a 0,5 cm y es la base de donde se parte para determinar el tamaño óptimo de residuos para el compostaje.

Pregunta 5 ¿Cuánto tiempo se demora en triturar o cortar las rices y plantas de tomate?

Tabla 13

Análisis de la pregunta cinco

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje %
Validos	1 hora	3	20
	2 horas	4	26.7
	Mas de 2 horas	8	53.3
Total		15	100

Figura 17*Representación gráfica de la pregunta cinco*

¿Cuánto tiempo se demora en triturar o cortar las rices y plantas de tomate?

**Interpretación Tabla 13**

se registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación “AYLLU APU FFA”, 15 de ellos que representan el 100% de la población concuerda que se demoran más de 2 horas para trituradora todos sus desechos generados de la planta de tomate.

Pregunta 6 ¿Estaría dispuesto a adquirir una máquina trituradora de raíces de tomate?

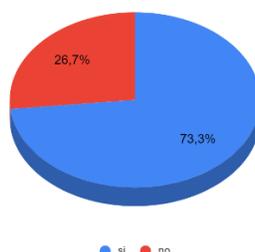
Tabla 14*Observación en base a la pregunta seis*

Alternativa		Repetición	Porcentaje %
Validos	Si	11	73.3
	No	4	26.7
Total		15	100

Figura 18

Representación gráfica de la pregunta seis.

¿Estaría dispuesto a adquirir una maquina trituradora ?



Interpretación Tabla 14

De acuerdo con Tabla 14 se registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación “AYLLU APU FFA”, 15 de ellos que representan el 100% de la población, el 73.3 % de personas desean tener una máquina trituradora de raíces de tomate.

Pregunta 7 Seleccione las expectativas más importantes que considere debe tener la máquina trituradora de raíces de tomate

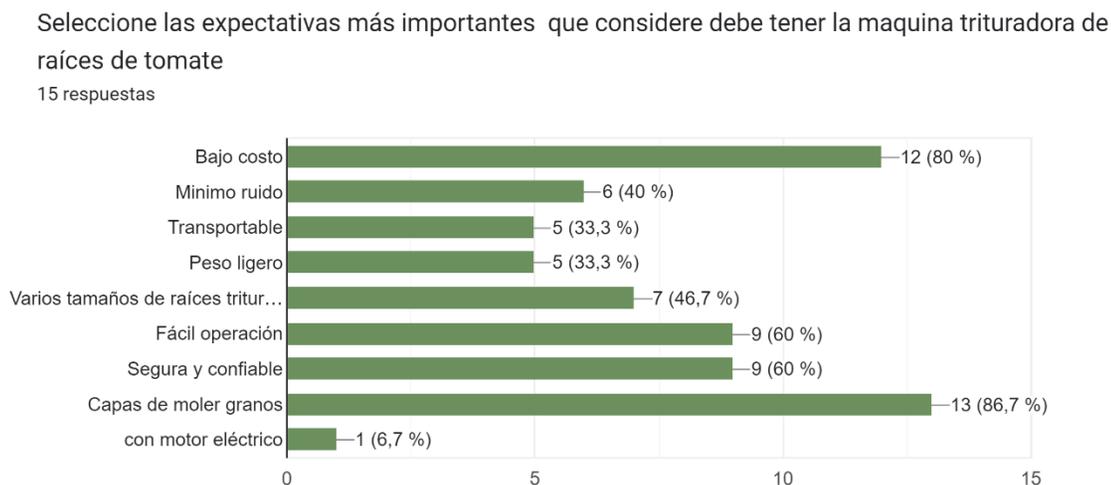
Tabla 15

Estudio minucioso de la pregunta siete

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje %
Bajo costo	12	80
Mínimo ruido	6	40
Transportable	5	33.33
Peso ligero	5	33.3
Validos Varios tamaños de raíces	7	46.7
Fácil operación	9	60
Segura y confiable	9	60
Capas de moler granos con motor eléctrico	13	68.7
	1	6.7
Total	15	100

Figura 19

Gráfica esquemática de la pregunta siete



Interpretación Tabla 15

De acuerdo con Seleccione las expectativas **más importantes que considere debe tener la máquina trituradora de raíces de tomate**

Tabla 15 e registra los datos realizadas a 15 microempresarios y representantes de la fundación "AYLLU APU FFA", 15 de ellos que representan el 100% de la población. Los requerimientos más relevantes para la maquina son bajo costo, mínimo ruido, transportable, fácil operación, capas de moler granos y con motor eléctrico. la metodología de desing thinking promueve la innovación que en este caso será aumentarle la función de moler granos para que la maquina se utilizada más a menudo.

Herramienta del QFD Casa de la Calidad

En la **Figura 20**, una de las herramientas más fiables de la función de la calidad es justamente la casa de la calidad, con esta monitorearemos los requerimiento y necesidades de

Efectos del Modelo esquemático de la casa de la calidad

Después de una lluvia de ideas se identificó las necesidades del cliente y con ayuda de la matriz de la casa de la calidad se determina que el objetivo principal es lograr la precisión al momento de triturar las raíces para obtener los resultados adecuados para producir compost.

Tabla 16

Perspectiva de la voz del cliente

Requisitos del Cliente	Peso Relativo
Grado De Exactitud	15%
Preserve La Integridad Del Operario	15%
Triturará Al menos 150 Kg De Raíces	15%
Resistente Y Duradero	10%
Trozos De 0.01- 0.02 M De Largo	10%
Fácil Mantenimiento	8%
Fácil Utilización	7%
Transportable	5%
Fácil Montaje	5%
Económico	5%
Estético	5%

Nota. Necesidades más requeridas por los agricultores de tomates de Salache.

Tabla 17

Perspectivas de los requerimientos funcionales

Requerimientos funcionales	Peso Relativo
Material Constructivo	12%
Elementos Mecánicos	10%
Resistencia a fluencia y fatiga	8%

Requerimientos funcionales	Peso Relativo
Alto Grado de Precisión	8%
Mecanismo de Seguridad	7%
Cortar Raíces de hasta 2 M De Largo	6%
Tolerancias Y Ajustes Del Equipo	6%
Simplificación de piezas	6%
Sistema Ergonómico	6%
Alimentación de la máquina	6%
Reutilización y reciclaje	5%
Disponibilidad	5%
Fiabilidad en el diseño	5%
Triturado de raíces	4%
Vida Útil	4%
Factor de seguridad	3%

Nota. Requerimientos que debe cumplir una trituradora de raíces de tomate

Especificaciones Técnicas

El modelo esquemático de la casa de la calidad brinda información valiosa de los parámetros principales para el diseño teórico en base a las especificaciones del cliente para brindarle seguridad y confort con la maquina diseñada.

Plantea:

- *C = Cliente*
- *I = Ingeniería*
- *R = Requerimiento*
- *MR = Modificación de requerimiento*
- *NR = Nuevo requerimiento*
- *D = Deseo*

Tabla 18

Especificaciones técnicas para el diseño de una trituradora de raíces de tomate

Proyecto: Diseño De Una Trituradora De Raíces De Plantas De Tomate (Lycopersicum Esculentum) Para La Obtención De Fertilizantes Orgánicos			
Especificaciones del Producto			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Función	C+I	R	Triturar tallos y raíces de tomate riñón para una capacidad de 150 kg/h
	C	R	Trozos cortados que oscilan entre 0.005-0.01m de largo en promedio
	I	R	La máquina debe corta raicé y tallos de Tomate de 1 a 2 m de largo.
Dimensión	C	D	La máquina debe tener dimensiones de acuerdo con los requerimientos anteriores.
	I	D	La forma y geometría de la estructura máquina debe ser optimizada para eliminar vibraciones.
	I	D	Holgura adecuada de las piezas para evitar las obstrucciones.
Transporte	C	R	la maquina se instalará en una estructura que sea fácil de transportar por no más de dos personas.
	I	D	montado y desmontado con herramientas básicas que se las puede encontrar en cualquier taller rural
Montaje	I	D	visibilidad y fácil acceso a los elementos de ajuste que componen el sistema
	I	D	Simplificar la estructura y el número de piezas para garantizar resultados rápidos y sencillos
Fabricación	I	D	Debe poder construirse con la tecnología simplificada, utilizando componentes accesibles en el mercado nacional.
	I	D	La máquina para evitar vibraciones y ruido excesivo Deberá tener una excelente estabilidad y rigidez.

Proyecto: Diseño De Una Trituradora De Raíces De Plantas De Tomate (Lycopersicum Esculentum) Para La Obtención De Fertilizantes Orgánicos			
Especificaciones del Producto			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Materiales	I	R	Resistente a corrosión.
	I	R	La máquina debe ser diseñada con materiales existentes en el mercado.
Energía	I	D	La máquina tendrá un control eléctrico.
Vida útil	I	D	Repuestos de fácil obtención y remplazo
Seguridad	I	D	Seguridad de posibles lesiones al operador como atascamientos o desmembramientos al momento de usar la maquina
			La disposición de la máquina, los controles deben permitir una manipulación correcta y una postura adecuada para el operario
Ergonomía	C+I	D	Procurar un ahorro energético
Costos	I	D	La construcción de la trituradora debe ser lo más económica posible
	C+I	R	

Nota. Documento de especificaciones obtenida después del estudio de mercado

Análisis Funcional

Atraves de este método podremos identificar las funciones principales y las secundarias de la máquina trituradora de raíces.

La función principal es aquella que nos responde porque compra el producto el cliente y la razón es que se requiere de una máquina trituradora para las raíces de tomate desechadas puedan convertirse en compostaje.

Tenemos jerarquías de funcionamiento en este caso las funciones secundarias se ejecutarán antes de que las funciones primarias empiecen a andar para asegurar un correcto funcionamiento de la máquina.

Configuración de los Diagramas funciones de la máquina

A continuación, se observa en la, Figura 22 el diagrama de funciones con la simbología especificada en la tabla 19.

Tabla 19

Simbología de diagramas funcionales de la ingeniería concurrente

Simbología de diagramas funcionales de la ingeniería concurrente		
Operación	Paralelogramo de línea continua	
Movimiento y dirección del material	Flecha rellena de color azul	
Movimiento direccional de la energía	Flecha simple de línea continua	
Movimiento direccional de la señal	Flecha verde de línea entrecortada	
Sistema, subsistema y módulo	Paralelogramo de línea entrecortada	

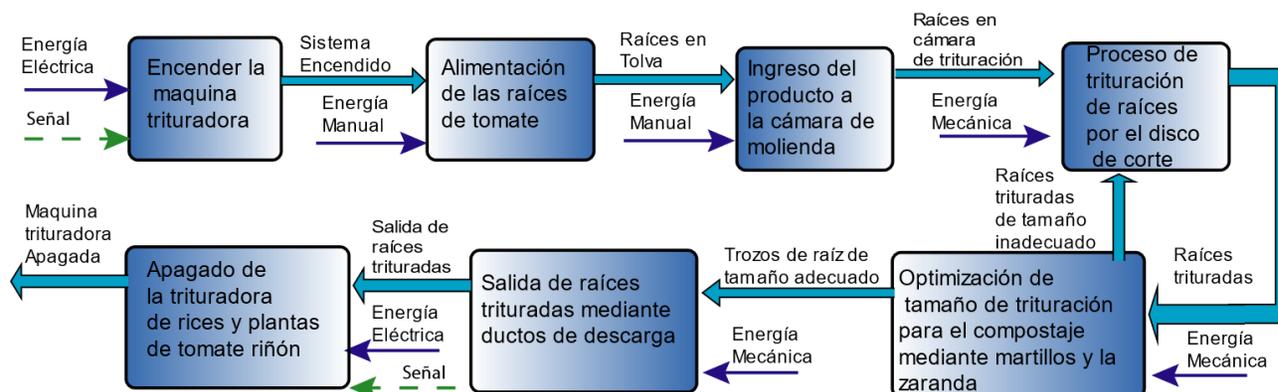
Nota. Tomado de (Riba Romeva, 2002)

Figura 21

Diseño de una trituradora de raíces de tomate



Nota. Nivel cero (0).

Figura 22*Funcionamiento del triturador*

Nota. Nivel uno (1).

Análisis de los Diagramas Funcionales

El diagrama funcional se elabora hasta el nivel uno, donde el nivel cero se muestra que la maquina tendrá un ingreso de raíces de tomate entraran a la trituradora y obtendremos trozos de madera adecuados para convertirlos en compostaje.

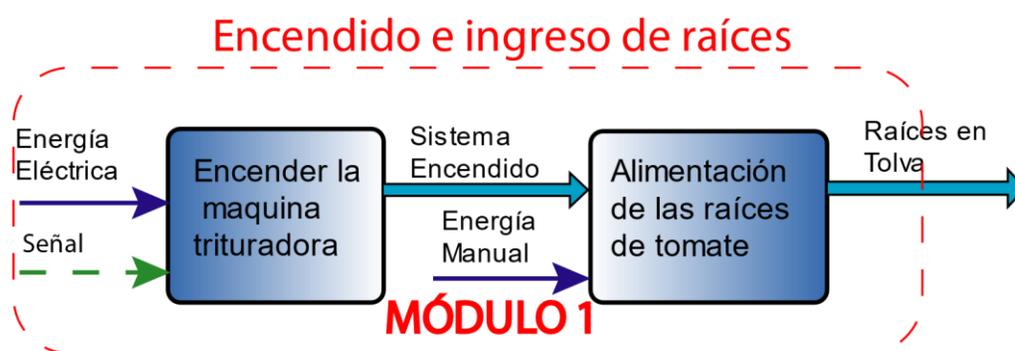
En el nivel 1 como lo dicta la ingeniería concurrente y la metodología del Desing Thinking se integrarán departamentos encargados en planificar las fases de diseño, la planificación de estructuras óptimas para el producto se determina y define la gestión de trabajos, así como la tecnología que se le proporcionará al producto todo esto se lo realiza para prever el costo que tendrá la máquina, los tiempos de desarrollo de cada etapa del proceso.

Determinación de Módulos

Módulo 1 Encendido e ingreso de raíces. En la Figura 23 se muestra que el módulo 1 inicia con el encendido de la trituradora para lo cual usaremos un pulsador que accione el motor, una vez prendido el motor se llenara la tolva con las raíces de tomate para su trituración.

Figura 23

Encendido e ingreso de raíces

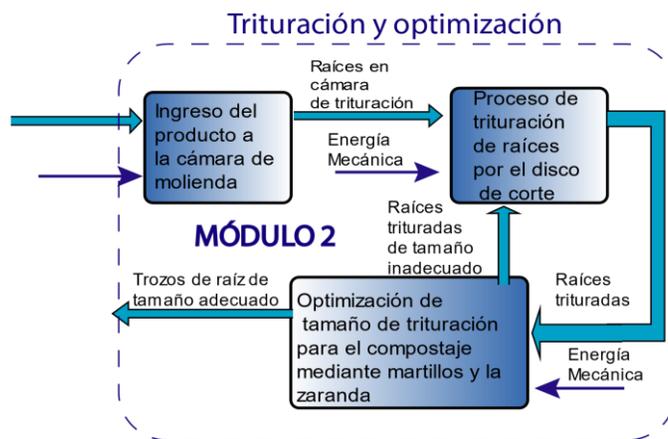


Nota. Módulo (1).

Módulo 2 Trituración y optimización .En la Figura 24 se muestra el módulo 2 en el cual se ingresa las raíces de tomate a la cámara de molienda donde se trituran por medio de cuchillas y martillos hasta obtener virutas, para optimizar el tamaño de las virutas se utilizará una criba la cual solo permitirá el paso del material triturado solo cuando tenga un tamaño óptimo.

Figura 24

Trituración y optimización

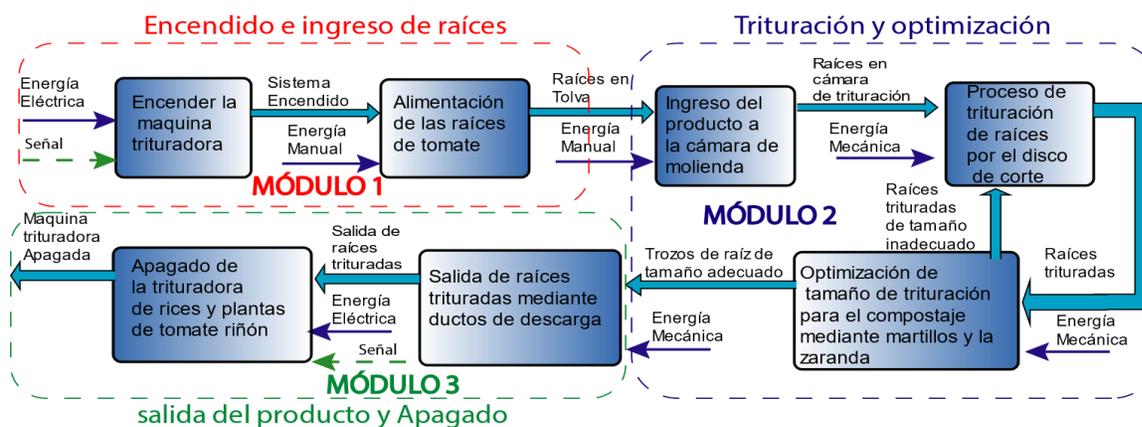


Nota. Módulo (2).

Módulo 3 Salida del producto y Apagado. En la Figura 25 tenemos el proceso detalla de los módulos, Siempre y cuando se cumplan los parámetros establecidos en el módulo 2. En este módulo tendremos la salida de las raíces trituradas de tamaño optimo atreves de la tolva de salida y se repetirá el ciclo hasta terminar de triturar las raíces, en este punto se pagará el motor de la trituradora por medio de un pulsador.

Figura 25

División de módulos

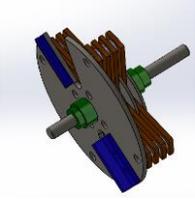
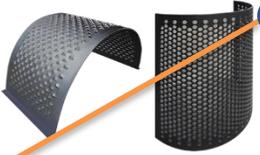
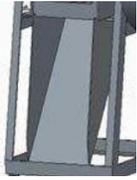


Nota. Módulos establecidos

Planteamiento de la Matriz Morfológica

Tabla 20

Matriz morfológica

Componente	Opción 1A	Opción 2B	Opción 3C
		Módulo 1	
Estructura			
Sistema de alimentación			
Sistema de trituración			
Separación de productos			
Ducto de salida		Canaleta de salida 	

Nota. Elementos principales para la construcción de la trituradora de plantas de tomate

Matrices de Criterios Ponderados

Opción 1A

- Trituradora de tornillo sin fin
- Estructura robusta y fija.
- Sistema de alimentación manual.
- Un solo tamaño de producto triturado
- Salida del producto a través de un ducto o tolva de salida.

Opción 2B

- Trituradora de cuchillas y martillos
- Estructura liviana y transportable
- Sistema de alimentación por medio de tolvas
- Distintos tamaños de producto triturado
- Salida por medio de un canal

Opción 3C

- Trituradora de cuchillas
- Estructura liviana y transportable
- Sistema de alimentación por medio de tolva
- Salida del producto caída por gravedad

Selección de la Mejor Alternativa

Combinado las alternativas con la ayuda de la matriz morfológica de la tabla 20. Para diseñar un sistema ideal que cumpla con los parámetros de la casa de la calidad y satisfaga las expectativas del cliente con la ayuda de las decisiones se determina que la mejor opción para el diseño de la trituradora de raíces de plantas de tomate es:

1.- Una estructura liviana y transportable por el medio en el que va a desempeñar su trabajo ya que esta brindara el servicio de trituración en diversos invernaderos.

2.- El sistema de trituración por medio de cuchillas y martillos para garantizar que los trozos de raíz triturada tengan el tamaño adecuado para poder realizar el compostaje o abono orgánico.

3.- La separación entre distintos tamaños de raíces trituradas se los realiza por medio de una brida.

4.- La salida del producto triturado se lo realizaría por medio de un ducto de salida.

Tabla 21

Selección de alternativas

Parámetros	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
	%	Peso relativo	%	Peso relativo	%	Peso relativo
Resistente y duradero	0,08	7	0,08	6	0,07	6
Grado de exactitud	0,09	8	0,11	9	0,09	8
Fácil montaje	0,11	9	0,08	7	0,11	9
Fácil utilización	0,11	9	0,11	9	0,11	9
Fácil mantenimiento	0,11	9	0,08	7	0,09	8
Preserve la integridad del operario	0,08	7	0,11	9	0,07	5
Trozos de 0.01- 0.02 m de largo	0,09	4	0,09	9	0,09	5
Transportable	0,05	5	0,09	8	0,07	6
Estético	0,08	7	0,09	8	0,08	7
Económico	0,09	8	0,08	7	0,11	9
Triturará al menos 150 kg de raíces	0,11	9	0,09	9	0,11	9
	1	7,45	1	8,00	1	7,36

Nota. Criterios ponderados del esquema de QFD: Casa de la Calidad

Diseño de la máquina trituradora de raíces de tomate

Cuando tengamos seleccionado el tipo de máquina que vamos a diseñar que en nuestro caso será una trituradora de raíces de tomate, conocido las ventajas y desventajas se solucionarán de la mejor manera y se tratara de disminuir los costos de fabricación .se diseña con prioridad los elementos internos que harán el trabajo de corte de las raíces estos serán enlistados a continuación.

- Tolva
- cámara de trituración
- Eje principal
- Cojinete o Chumacera)
- Motor
- Poleas y bandas
- Diseño de lengüetas.
- Diseño de la estructura.

Diseño de la Tolva de entrada

Como se muestra en la Tabla 22 las dimensiones para la tolva serán en función del tamaño de las raíces, cuya geometría es de forma piramidal

Figura 26*Geometría de la tolva***Tabla 22***Dimensiones de la Tolva de entrada*

Partes	Dimensiones
Longitud de la entrada	625 mm
Longitud de la salida	150 mm
Angulo de precipitación	64°
Altura total de la tolva	450 mm

Se considera a la masa de la tolva de 4.5 kg más el peso de las raíces a triturar que tienen (16 Kg).

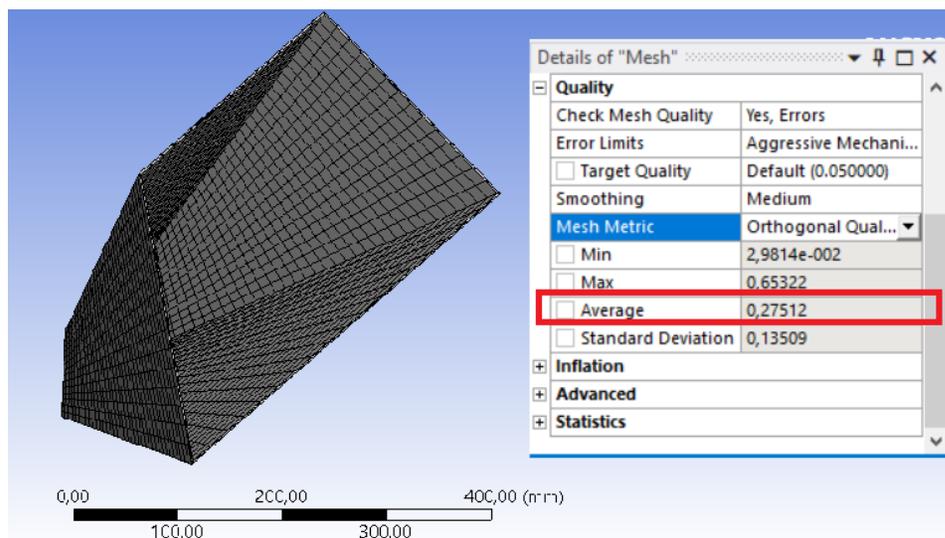
$$P_{tolva} = (16 + 4.5)Kg * \frac{9.81m}{s^2}$$

$$P_{tolva} = 201.05N$$

Análisis estructural de la tolva. Para el análisis estructural se utilizó el software Ansys con una mallado Orthogonal Quality con un valor de 0,27512 catalogado como muy bueno como se observa en la Figura 27

Figura 27

Calidad de mallado de la tolva

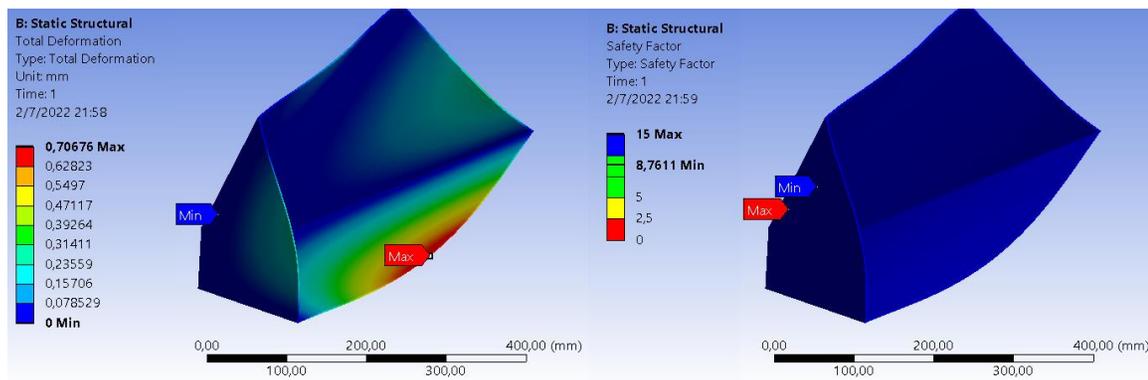


Con una chapa metálica de 3mm sometida a 201.05N

En la Figura 28obtenemos un factor de seguridad máximo de 15 ya que esta esta echa en acero inoxidable AISI 304 con una resistencia a la cadencia de 206 MPa para cubrir la necesidad de tener un material no corrosivo que afectaría la materia prima para el compostaje.

Figura 28

Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad de la Tolva



$$\delta r < [\delta]$$

Donde:

δr = deflexión de la tolva

δ = deflexión permisible, criterio típico

L = longitud del componente

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

Ecuación 6

Deflexión

Nota. (Jaramillo, 2015, pág. 80)

$$\delta r < [\delta] = \frac{625 \text{ mm}}{800}$$

$$0.7067 \text{ mm} < 0.781$$

En la Figura 29 se visualiza el resultado de la chapa metálica de la tolva AISI 304 que alcanza un esfuerzo máximo de 27.16 MPa comparando con el límite de cedencia de 206 MPa del material.

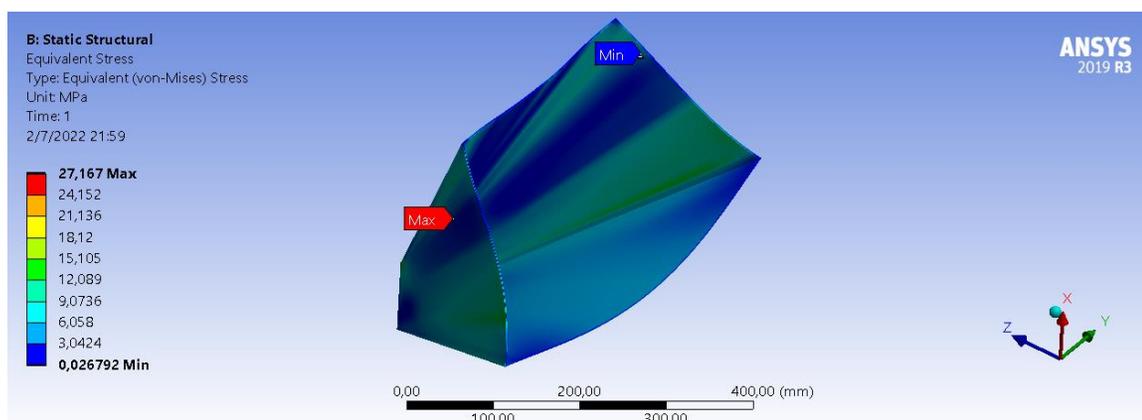
$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$27.167 < 0,66 \times 206$$

$$27.167 < 135.96$$

Figura 29

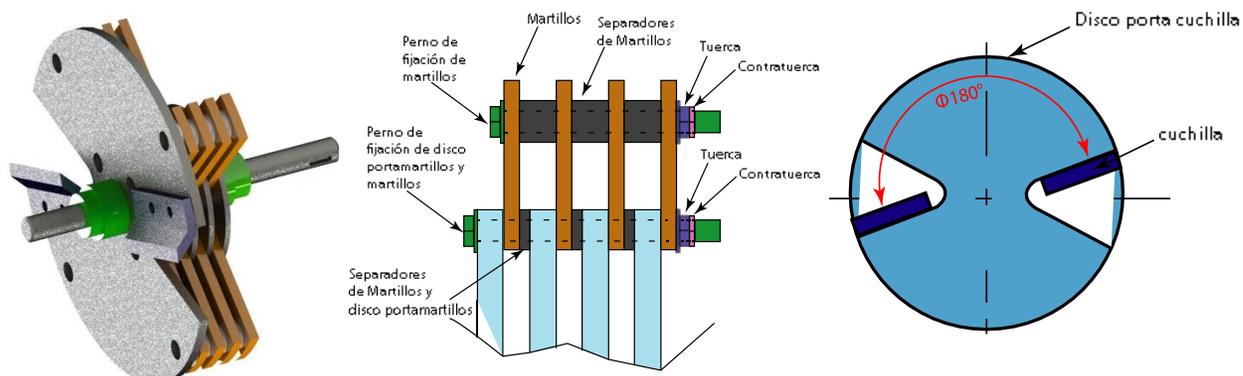
Esfuerzos principales de Von Mises en la Tolva



Cámara de trituración. La cámara de trituración está conformada por todos los elementos que se muestran en la Figura 30

Figura 30

Cámara de Trituración



Nota. Elementos que conforman la cámara de trituración

Tabla 23

Elementos de la cámara de trituración

Elementos que conforman la cámara de trituración	
Elementos	cantidad
Disco de sujeción de cuchillas	1
cuchillas	2
Manzana	1
Distanciadores del disco	4
Distanciador del disco porta martillos	4
Perno porta martillos con tuerca y contratuerca	4
Distanciadores de martillos	16
Disco porta martillos	4
Martillos	16

Capacidad de las raíces trituradas. Para dimensionar los elementos de la cámara de trituración Iniciaremos el diseño definiendo cual es la capacidad de raíces que queremos triturar, Este valor es tomado a partir de las necesidades del mercado en estudio, La máquina realiza el triturado de 150kg de raíces de tomate aproximadamente en por día de trabajo.

- Tomate: largo: 1-2 m, ancho: 0.02 –0.04 m; Los trozos cortados serán de 0.005-0.010 m de largo aproximadamente.

$$150 \cdot \frac{kg}{h} \cdot \frac{1000gr}{kg} \cdot \frac{h}{60min} = 2500 \cdot \frac{gr}{min}$$

El volumen de raíces a triturarse. Como primer paso necesitamos de terminar la capacidad de la maquina por jornada de trabajo El volumen de las raíces de tomate a triturar es:

$$v_r = \frac{c_r}{\partial_r}$$

Ecuación 7

El volumen de raíces a triturarse

Nota. (Guzman & Grandes, 2018)

Donde:

v_r : Volumen de raíces.

c_r : Peso de las raíces por-ciclos

∂_r : Densidad de las raíces

De esta forma, se tiene que:

$$v_r = \frac{c_r}{\partial_r} = \frac{150 \frac{kg}{h}}{150 \frac{kg}{m^3}} = 0.1 \frac{m^3}{h}$$

Rapidez de entrada de las raíces.

Volumen de las raíces de *Lycopersicon esculentum*

Diámetro de las raíces: 40 mm = 0.04 m

Longitud: 200 cm = 2 m

$$v_{raíces} = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

Ecuación 8

Velocidad de ingreso de los tallos

Nota. (Guzman & Grandes, 2018)

Donde:

D: Diámetro de los tallos.

L: Longitud.

Entonces se tiene que:

$$v_{raíces} = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$v_{raíces} = \frac{3.1415 * 0.04m^2}{4} * 2m$$

$$v_{raíces} = 0.00251 m^3$$

Números de raíces a triturarse por hora

$$n_{raíces} = \frac{Vr}{V_{raíces_t}}$$

Ecuación 9

Números de tallos a triturarse por hora

Nota. (Guzman & Grandes, 2018)

Donde:

V_r : Volumen total de las raíces.

V_{raices_t} : Volumen de las raíces.

Entonces tenemos:

$$n_{raices} = \frac{V_r}{V_{raices_t}}$$

$$n_{raices} = \frac{0.1 \frac{m^3}{s}}{0.00251 m^3}$$

$$n_{raices} = 397.88643 \text{ raices /hora}$$

Designación del número de cuchillas en función al número de revoluciones. En la Figura 31 se muestra que las cuchillas están dispuestas en el eje principal se disponen de 2 cuchillas a 180 grados.

$$W = \frac{\theta * V_o}{dc}$$

Ecuación 10

Número de Revoluciones vs. Número de Cuchillas.

Nota. (Guzman & Grandes, 2018)

Donde:

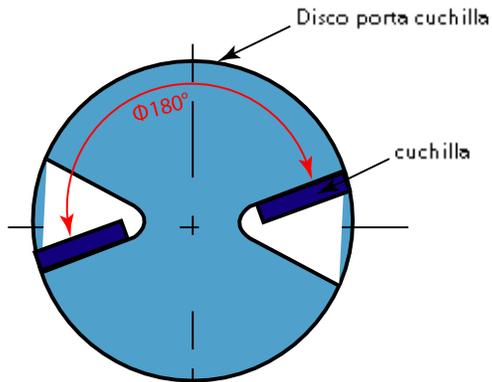
W : Velocidad angular.

V_o : Desplazamiento de los tallos.

V_o : Velocidad de ingreso de las raíces.

Figura 31

Posicionamiento de cuchillas.



Nota. Según el número de revoluciones.

Entonces tenemos

$$W = \frac{\theta * V_o}{dc}$$

$$W = \frac{3.1416 * 0.22105 \text{ m/s}}{0.01\text{m}}$$

$$W = 69.44444 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Las cuchillas por tener una curvatura de 45° que garantiza que el material triturado ingrese a la cámara de trituración, Se compraran de tiendas online como Amazon, Alibaba o se las mecanizara en acero Df2 que tiene un $S_y = 106 \text{ MPa}$ con un tratamiento térmico para endurecer y garantizar la vida útil de la cuchilla.

Diámetro del volante. Las raíces de los tomates secados al sol tienen un grosor de unos 12 cm y solo entran de uno en uno. Agregamos 1,5 cm de holgura y al final de la cuchilla teníamos una longitud de hoja de 15 cm. Combinado con el valor del radio de campana con juego adicional, tenemos un disco portaherramientas con un diámetro total de 35,7 cm. La cuchilla tendrá una elongación no mayor a 116 mm con una Curvatura de 45° la cual mejorará la inserción de las raíces cortadas al interior de la cámara de trituración para su posterior machacamiento en distintos tamaños.

Fuerza de ruptura de la raíz con la cuchilla. Según (Guzman & Grandes, 2018) nos dice que : En base pruebas de laboratorio realizadas se determinó que la resistencia al corte es de 1.1 kg/cm² . tomar en cuenta que ingresarán una raíz a la vez, entonces el área de la sección transversal de las raíces que entran en contacto con el volante es de 5.945 cm².

$$T_{ruptura_{raiz}} = F * r$$

$$F_c = A * R$$

Ecuación 11

Fuerza de ruptura y torque de ruptura

Nota.(Guzman & Grandes, 2018)

Donde,

$T_{ruptura_{raiz}}$: torque de ruptura

F_c : Fuerza

R : Resistencia de corte.

r : radio.

De esta forma, se tiene que:

$$F_c = 5.945 \text{ cm}^2 * 1.1 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza de corte de las raíces de *Lycopersicon esculentum*

$$F_c = 64.13 \text{ N}$$

Según (Liu et al., 2021) nos dice que : La fuerza de ruptura promedio de los tallos pedicelos de tomate fueron de 22,53 N y la fuerza de ruptura máxima alcanzó los 34,29 N. Entonces tenemos que las fuerzas de ruptura de las raíces de tomate son de 64.13 N por tener un mayor diámetro que los tallos pedicelos o tallos que sujetan a las frutas

Torque de ruptura de las raíces de *Lycopersicon esculentum*

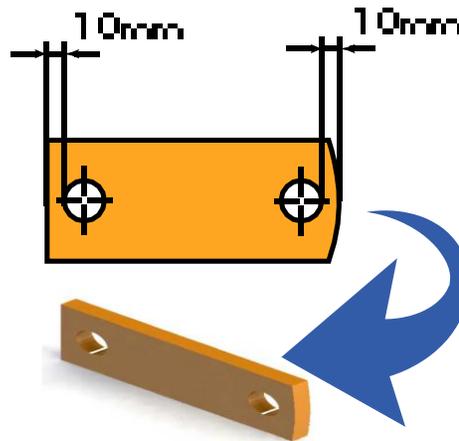
$$T_{rupturaraiz} = 6.54 \text{ kgf} * 48 \text{ m.mm}$$

$$T_{ruptura} = 3.42.4 \text{ kgf} * m$$

Diseño teórico de los martillos de la cámara de trituración. En la Figura 32 podemos ver la geometría para el diseño de los martillos que son la segunda prioridad al diseñar la máquina trituradora, porque son los encargados de romper los pedazos de raíz para lograr la acción trituradora. De las mediciones realizadas se observa que el diámetro de la raíz es de 10 a 15 mm analizando la situación de los tamaños de la raíz que ingresa a la cámara de trituración entonces el martillo debe tener 1 cm de espesor con un material denominado acero inoxidable AISI -304 para triturar las partículas más pequeñas caso contrario estas no se romperían en su totalidad.

Figura 32

martillos para la trituración de las raíces



Determinación de la velocidad tangente que se encuentra en los martillos. Se sabe que cuando un objeto cae este adquiere una energía cinética y una energía potencial en este caso se tiene en los martillos por la velocidad y la trayectoria circular que describen. entonces tenemos:

Energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m_m \cdot V_{mr}^2$$

Ecuación 12

Energía cinética

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

E_c: Energía cinética

m_m: Masa del martillo

V_{mr}: Velocidad que posee el martillo

Energía potencial

$$E_{ruptura} = m_r \cdot g \cdot h$$

Ecuación 13*Energía potencial**Nota. (Gere & Goodno, 2012)***Donde,***mr*: Energía cinética*h*: Altura de la caída libre de la raíz*g* : Gravedad

De esta forma, se tiene que:

$$E_{ruptura} = 0.5 \text{ kg}r(9.81\text{m/s}).0.45 \text{ m}$$

$$E_{ruptura} = 2.2\text{Nm}$$

*Si se iguala la Ecuación 12 y la Ecuación 13, se obtiene:***Velocidad tangencial del martillo:**

$$Vt = \sqrt{\frac{m_m \cdot g \cdot h_m}{mr}}$$

Ecuación 14*Velocidad tangencial del martillo**Nota. (CÉSPEDES, 2013)***Donde,***mr*: Energía cinética.*hm*: Altura de la caída libre de la raíz.*m_m*: masa del martillo.*g* : Gravedad

De esta forma, se tiene que:

$$V_t = \sqrt{\frac{537.13 \text{ gr} * 9. \frac{81m}{s} * 0.45m}{0.5 \text{ gr}}}$$

$$V_t = 68.83 \text{ m/s}$$

En la Ecuación 14. Tenemos que considerar que mientras más masa tiene los martillos menores será la velocidad tangencial que tendrán, una vez puesto a consideración este punto nos encontramos que el martillo posee 2 velocidades una sin carga (denominada V_{t1} y V_{t2}) y otra con plena carga es decir con el peso todos los elementos que conforman la cámara de trituración (y se lo denomina v_c):

Coefficiente de fluctuación

$$C_s = \frac{V_{t2} - V_{t1}}{V_{pro}}$$

Ecuación 15

Coefficiente de fluctuación

Nota. (Richard G, Budynas J, n.d.)

Donde,

V_{pro} es la velocidad tangencial media o promedio que se la obtiene de la siguiente manera:

Velocidad tangencial media

$$C_s = \frac{V_{t2} - V_{t1}}{V_{pro}}$$

Ecuación 16

Velocidad tangencial media

Nota. (Hibbeler, 2004)

Despejando V_{t2} de las Ecuación 15 y Ecuación 16 se obtiene la:

Velocidad tangencial definitiva

$$V_{t1} = -V_{t2} \cdot \frac{Cs - 2}{Cs + 2}$$

Ecuación 17

Velocidad tangencial final

Nota. (CÉSPEDES, 2013)

Nos fijamos en la Tabla 24 para obtener el valor de Cs

Tabla 24

Coeficientes de fluctuación para diferentes aplicaciones

Tipo de Aplicación	Coeficiente de fluctuación
Máquinas eléctricas	0.003
Motores impulsados por correas	0.003
Máquinas que muelen granos	0.02
Transmisiones por engranajes	0.02
Máquinas por estampado o martillado	0.2
Máquinas de herramientas	0.03
Máquinas para fabricación de papel	0.025
Máquinas para bombeo	0.03 a 0.05
Máquinas para cortar	0.03 a 0.05
Máquinas giratorias	0.01 a 0.02
Máquinas para industria textil	0.025
Trituradora	0.1 a 0.2
Troqueladora	0.05 a 0.1

Nota. Se utiliza Coeficientes de fluctuación 0.2, para maquinas trituradoras. Tomado de (AGUIRRE, 2020,pag48)

De esta forma, se tiene que:

$$V_{t2} = -68.83m/s * \frac{0.2 - 2}{0.2 + 2}$$

$$V_{t2} = 56.32m/s$$

Cuando v_{t2} es menor a v_{t1} entonces se puede decir que este sistema está transfiriendo energía. Ya sabemos que v_{t2} es la que gana energía entonces con carga la velocidad angular final es igual a:

Velocidad angular a plena carga

$$W_c = \frac{V_{t2}}{r_{giro}}$$

Ecuación 18

Velocidad angular con carga

Nota. (Hibbeler, 2004)

Si necesita saber el valor del radio de giro, debe usar la siguiente ecuación:

Velocidad angular

$$W = \frac{V \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot r_{giro}}$$

Ecuación 19

Velocidad angular

Nota. (Hibbeler, 2004)

Se despeja el radio de giro de la Ecuación 19, V_c es la velocidad a la que gira el martillo y W es la velocidad angular del motor de entre 1500 a 1700 rev/min para una cantidad de 150kg /h de material a triturar (recomendado por fabricantes brasileños y colombianos)

Entonces tenemos que:

$$r_{giro} = \frac{68.83 \frac{m}{s} * 60}{2 * 3.1415 * 1600 \text{ rev/min}}$$

$$r_{giro} = 0.41 \text{ m}$$

$$W_c = \frac{56.32 \text{ m/s}}{0.41 \text{ m}}$$

$$W_c = 137.09 \text{ rad/s}$$

cálculo de la aceleración final de sistema. Así, se utiliza la siguiente fórmula:

Movimiento angular desacelerado

$$Wv^2 = Wc^2 + 2. \alpha. \theta$$

Ecuación 20

Movimiento angular desacelerado

Nota. (Hibbeler, 2004)

Donde,

Wv y Wc se encuentran definidas,

α : aceleración angular final,

θ : desplazamiento angular del recorrido.

Aceleración angular

$$\alpha = \frac{Wv^2 - Wc^2}{2. \theta}$$

Ecuación 21

Aceleración angular

Nota. (Hibbeler, 2004)

Considerando que el valor de θ es $90^\circ = 1.57$ rad debido a la inclinación del martillo, tenemos:

Entonces se tiene que:

$$\alpha = \frac{245.5^2 - 137.09^2}{2(1.57)}$$

$$\alpha = 13217.12 \text{ rad/s}^2$$

Determinación de la geometría y dimensiones del martillo. Para el diseño del martillo partimos del material el cual nos dará la masa del martillo y también debemos definir la longitud, ancho y espesor. Determinar el radio de giro máximo de 0,3 m, sin embargo, el extremo del martillo debe tener un orificio para permitir el paso del tornillo para asegurar y fijar el martillo a la placa de apoyo del martillo. La cámara de trituración debe tener el tamaño suficiente para que la longitud óptima del martillo sea de 150 mm, teniendo en cuenta el montaje con la arandela del asiento del martillo que representa el radio de giro total.

Para calcular la masa del martillo se considera el valor previamente determinado para la longitud del martillo:

Momento de la fuerza cortante

$$M_{martillo} = F_{cm} \cdot d_m$$

Ecuación 22

Momento de la fuerza cortante

Nota. (Hibbeler, 2004)

Donde,

$M_{martillo}$: Momento cortante del martillo.

F_{cm} : Fuerza de corte del martillo.

d_m : longitud del martillo.

Momento de Inercia del Martillo

$$I_{o_{martillo}} = \frac{1}{12} \cdot m_{martillo} \cdot d^2$$

Ecuación 23

Momento de Inercia del Martillo

Nota. (Hibbeler, 2004)

Donde,

$I_{o_{martillo}}$: Momento de inercia del martillo,

$m_{martillo}$: Masa del martillo,

d : Largo del martillo.

Momento de la fuerza de corte en función de su inercia

$$M_c = I_o \cdot \alpha$$

Ecuación 24

Momento de Fuerza de Corte en base a su Inercia

Nota. (Hibbeler, 2004)

Donde,

M_c : Momento de Fuerza de Corte,

I_o : Momento inercial del triturador,

α : Aceleración angular del triturador.

Cuando la Ecuación 22 es igual a la Ecuación 24 , se resuelven las fuerzas cortantes,

Fuerza de corte

$$F_c = \frac{I_o \cdot \alpha}{d}$$

Ecuación 25

Fuerza de corte

Nota. (Hibbeler, 2004)

Si a la Ecuación 23 se la reemplaza en la Ecuación 25y se despeja la masa se obtiene:

Masa del Martillo

$$m_m = \frac{F_c \cdot 12}{\alpha \cdot d}$$

Después de resolver todas las incógnitas, la masa de cada martillo es:

$$m_m = \frac{68.1 N(12)}{13217.12 \text{ rad/s}^2(0.15m)}$$

$$m_m = 0.41Kg \text{ o } 412.9 \text{ gr}$$

Ancho del martillo

$$a_{martillo} = \frac{P_m}{P_{es} \cdot esp \cdot l}$$

Ecuación 26

Ancho del martillo

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

$a_{martillo}$: Ancho del martillo,

P_m : Peso del martillo,

P_{es} : Peso específico del acero AISI 304,

esp : Espesor del martillo,

l : elongación del martillo, 0.15m.

Obtenemos que:

$$a_{martillo} = \frac{412.19gr}{7850 \text{ g/m}^3(0.001)(0.15m)}$$

$$a_{martillo} = 0.04m \text{ o } 4 \text{ cm}$$

Para evitar que el martillo choque con la carcasa o la cámara de molienda, la punta del martillo está ligeramente redondeada para evitar que pierda demasiado peso.

Falla por cizalladura. Se calcula un factor de seguridad asociado al área de conexión entre el martillo y el perno de anclaje. Hay fuerzas que pueden causar ruptura y corte, por lo que los parámetros calculados le permitirán saber si la estructura elegida es adecuada. para eso tenemos la siguiente ecuación:

Área de rasgadura

$$A_d = e \cdot d_1 \cdot 2$$

Ecuación 27

Área de rasgadura

Nota. (Richard G, Budynas J, n.d.)

Donde,

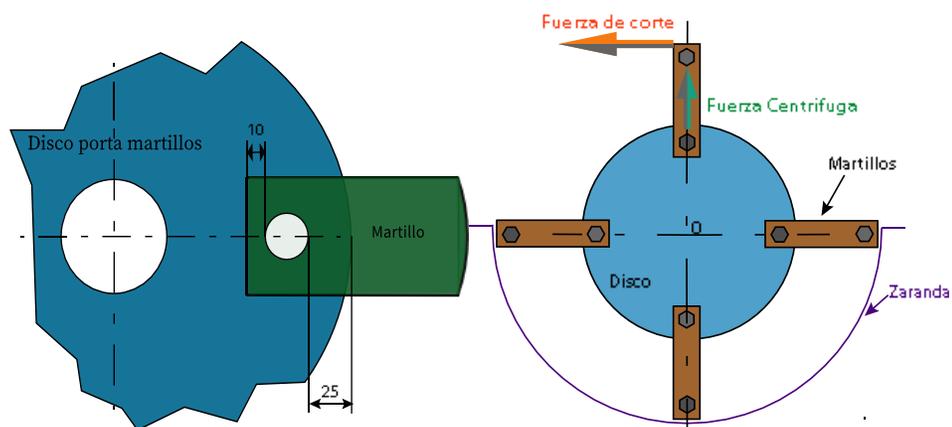
A_d : Área de desgarre,

e : Espesor del martillo,

d_1 : Trayecto comprendida entre el orificio y el extremo del martillo

Figura 33

Diagrama del martillo



Entonces se tiene que:

$$A_d = (0.04m)(0.01m)(2)$$

$$A_d = 0.0002m^2$$

Esfuerzo cortante

$$\tau_c = \frac{F_{centf}}{A_d}$$

Ecuación 28

Esfuerzo cortante

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

τ_c : Esfuerzo cortante,

F_{centf} : Fuerza centrífuga,

Fuerza centrífuga

$$F_{centf} = \omega^2 \cdot m_{martillo} \cdot r_{giro}$$

Ecuación 29

Fuerza centrífuga

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

ω : Velocidad angular del martillo.

$$F_{cf} = (245.55rad/s^2)(0.41 kg)$$

$$F_{cf} = 10209.61 N$$

En base a la ecuación Ecuación 28, se tiene que:

$$\tau_c = \frac{10209.61}{0.0002m^2}$$

$$\tau_c = 51.05MPa$$

para el acero inoxidable AISI 304 tenemos que el S_y es igual a 276 MPA

$$N = \frac{S_y}{\sigma_a}$$

$$N = \frac{276 \text{ MPA}}{51.05 \text{ MPA}}$$

$$N = 2.7$$

Un factor de 2,17 significa que la máquina no experimentará fallas por corte en esta área.

Deficiencia a tracción. Por la fuerza centrífuga el esfuerzo a la tracción normal se calcula con:

Esfuerzo normal

$$\sigma_m = \frac{F_{cf}}{A_{stm}}$$

Ecuación 30

Esfuerzo normal

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

A_{stm} : Área transversal del martillo.

Se obtiene que:

$$\sigma_m = \frac{10209.6 \text{ N}}{0.0002 \text{ m}^2}$$

$$\sigma_m = 29.71 \text{ MPA}$$

Entonces calculamos un nuevo factor de seguridad para garantizar el desempeño del martillo.

$$N = \frac{276 \text{ MPA}}{29.17 \text{ MPA}}$$

$$N = 9.46$$

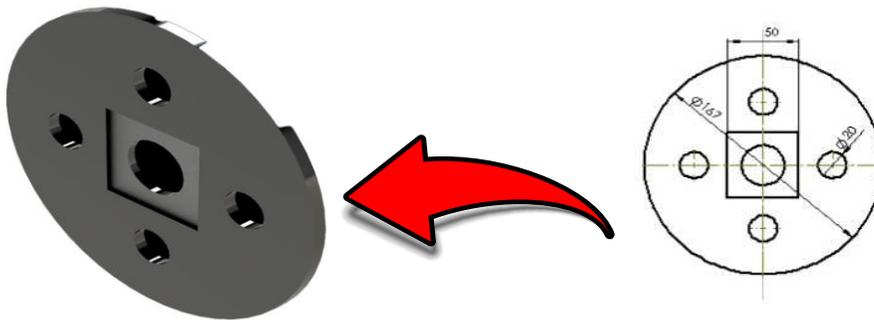
para finalizar el diseño del martillo, es necesario definir su forma, la elegida es un rectángulo simétrico con punta redondeada, ver Figura 33 , para optimizar su funcionamiento.

Diseño del disco porta martillos. A la hora de diseñar un martillo se debe determinar el diseño de la porta martillo, la elección deseada es el disco, el cual se menciona por sus ventajas frente a otras geometrías. a continuación:

- Este disco nos permite que los martillos tengan un ángulo de 90° entre sí, lo que amplía la zona de tensión y disminuyen la tensión de tracción normal.
- Mejora el equilibrio dinámico.

Figura 34

Geometría disco porta martillos



datos:

Diámetro del disco: 16,7 cm.

4 agujeros M 20.

1 orificio de 30,48 mm de diámetro que pasa por el medio para la fijación del husillo.

1 ranura cuadrada para figar los distanciadores de martillos.

Considerando las Ecuación 28 y Ecuación 30,:

$$\tau = 2 \cdot F_{cf} \cdot Ad$$

Si descomponemos $Ad = e \cdot d_1 \cdot 2$, considerando que d_1 en este ejemplo es igual a 0.02m, sustituyendo la **Ecuación 30** y resolviendo, tenemos:

Espesor del disco porta-martillos

$$e = \frac{F_{cf} \cdot \eta \cdot 2}{d_1 \cdot S_y}$$

$$e = \frac{(10209.61 \text{ N})(2)(2)}{(20 \text{ mm})(276 \text{ MPa})}$$

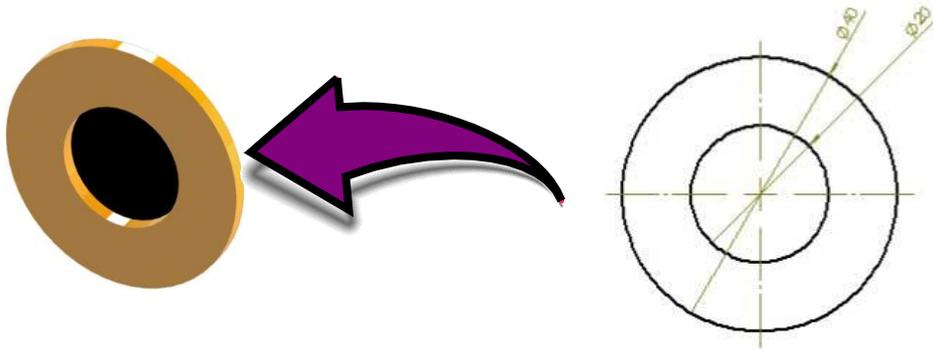
$$e = 14.8 \text{ m. m}$$

Plancha de 15 mm de acero inoxidable AISI 304. Por ser de una medida comercial

Diseño del distanciador de martillos. Se eligen rodela inoxidable M20 de ferretería cuyas medidas oscilan entre los 2.3 a 2.5 mm de espesor, y un diámetro externo aproximado de 43 y 45 mm por su amplia disponibilidad en el mercado local.

Figura 35

Geometría del distanciador de martillos



Cálculos del perno de sujeción para el disco porta martillos y los martillos. Para alinear y que sirva de sujeción entre el disco porta martillos y el martillo se utiliza un perno galvanizado M20 y una longitud de 97 mm comercial mente tenemos pernos de 100 mm así que tendremos que cortarlo para que se acople con la medida requerida, adicional mente para que se garantice la sujeción se utilizara una tuerca y una contra tuerca ambas M20 de un espesor de 15 mm y 8 mm respectivamente.

. Los pernos y tuercas están hechos de acero A37 ($S_y = 235$ MPa), Para facilitar la compra de los artículos y, en caso de adaptarse a cualquier pequeño cambio en el diseño final ,consulte el ANEXO A-2 en base a las normas DIN 931, 934 y 938 .La configuración y los correspondientes esfuerzos a aplicar sobre ella se muestran en las Figura 36 y Figura 37

Donde F_c es la fuerza centrífuga del martillo y R es la fuerza de reacción que actúa sobre el disco, se determina el factor de seguridad de perno a partir de la información mencionada. Las condiciones estáticas se tienen en cuenta en el cálculo

$$R1 + R2 + R3 + R4 + R5 = 4Fcf$$

Para obtener el valor de la reaccione (R) que en este caso son iguales y con ayuda del parámetro F_{cef} . se lo realizara con la siguiente ecuacion:

$$5R = 4F_{cef}$$

$$R = \frac{4 (12715,8 N)}{5}$$

$$R = 10172.64 N$$

Figura 36

Esquema de posición del perno y las fuerzas que actúan en el para el análisis

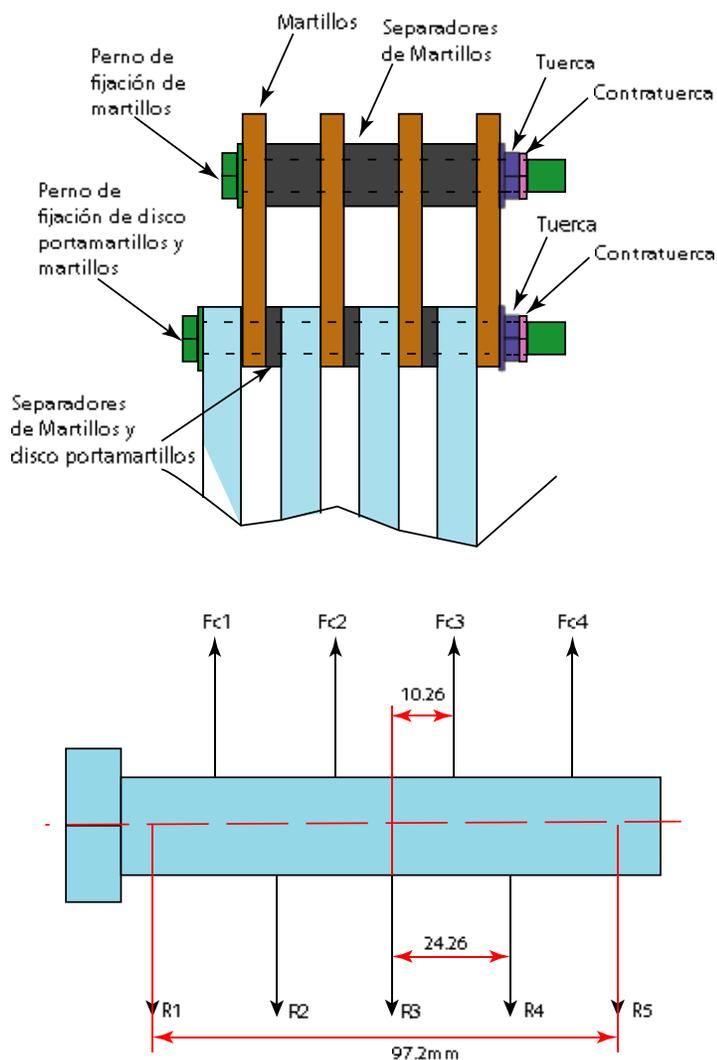


Figura 37

Diagrama de momento flexiónate del perno

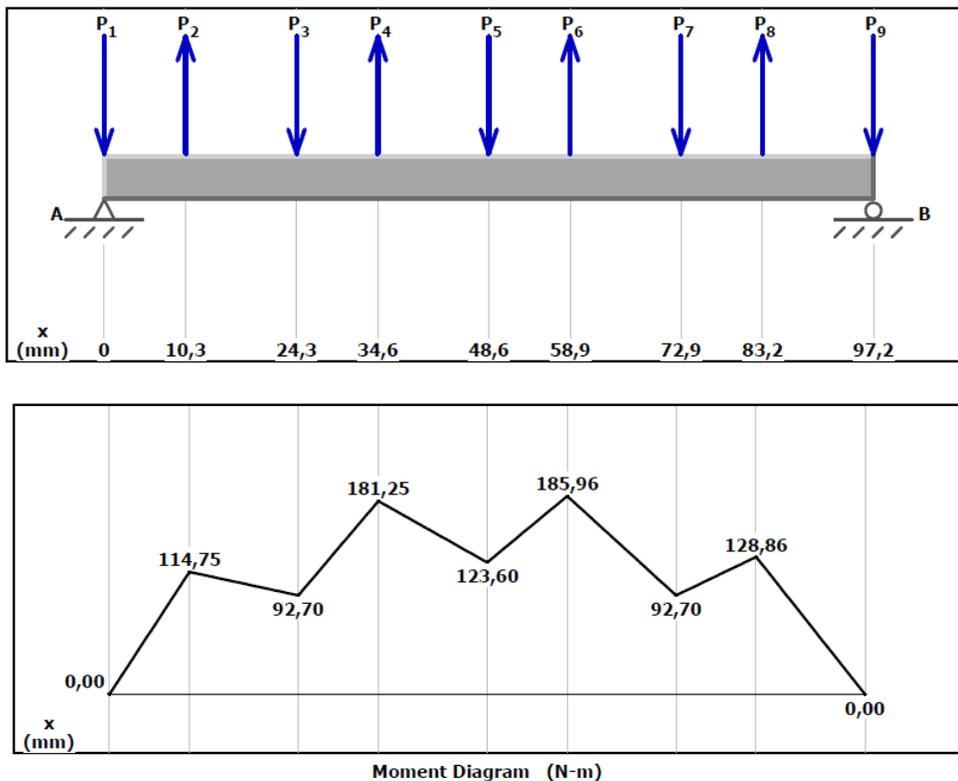
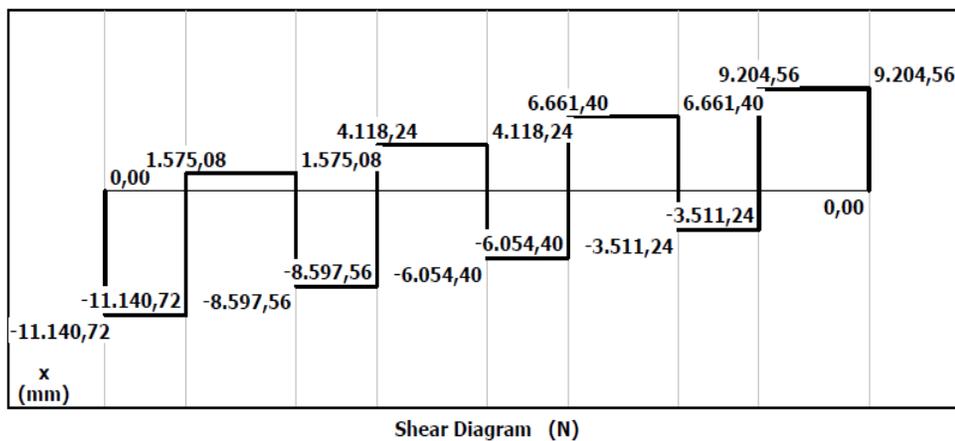
**Figura 38**

Diagrama de fuerza cortante del perno porta martillos



Con ayuda de los diagramas de las **Figura 37** y **Figura 38**, se puede distinguir que la zona de mayor fuerza está situada justo en el centro del perno. Como resultado, la ecuación

de Navier se usa para determinar la cantidad de esfuerzo requerido para flexión en el perno, de la siguiente manera:

Ecuación de Navier

$$\sigma = \frac{M_{perno} \cdot c}{I_{perno}}$$

Ecuación 31

Ecuación de Navier

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

c : Distancia,

I_{perno} : Momento inercial del perno,

M_{perno} : Momento flexionaste del perno = 185.96 Nm.

$$\sigma_{perno} = \frac{185.96 \text{ Nm}(32\text{m})}{\frac{0.02\text{m}(3.141516)}{1000000}}$$

$$\sigma_{perno} = 236.77 \text{ MPa}$$

Para asegura la vida útil del perno recurrimos al cálculo del factor de seguridad para este parámetro es:

$$N_{perno} = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

$$N_{perno} = \frac{235 \text{ MPa}}{236.77 \text{ MPa}}$$

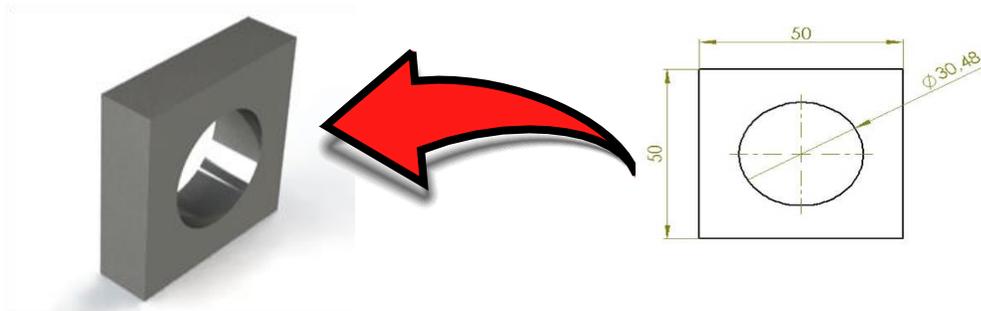
$$N = 2.3$$

Este factor de seguridad considera la teoría del esfuerzo máximo de rotura para asegurar que el perno no falle bajo ciertas condiciones de operación.

Geometría y dimensionamientos de los separadores entre discos porta-martillos. Después de diseñar el martillo, el siguiente paso es diseñar el espaciador del disco de retención de martillos, para ello agregaremos las dimensiones de los martillos y sus arandelas, estas medidas las puede encontrar en las secciones(Diseño teórico de los martillos y Diseño del distanciador de), por lo que el espesor del espaciador debe ser de 14.4 mm, la geometría será un cuadrado de 50mmx50mm, además tendrá un agujero en el centro con un diámetro igual al eje principal. El material es acero A304.

Figura 39

Geometría del distanciador de discos porta-martillos

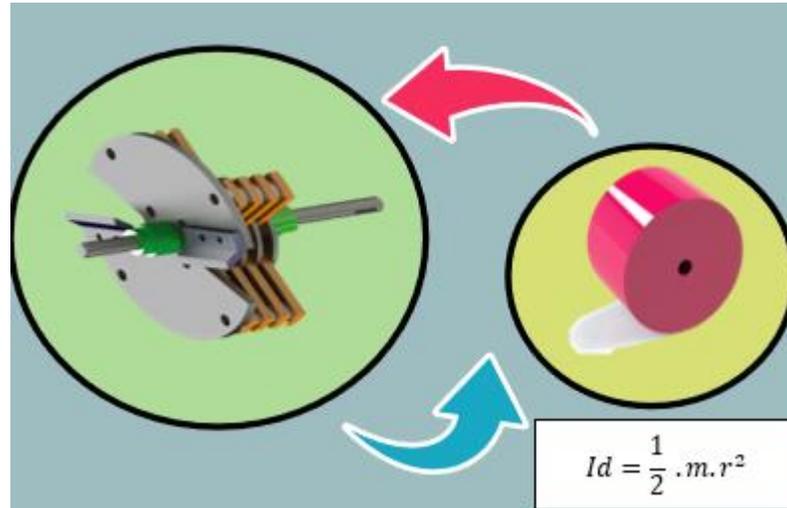


Cálculo de la inercia de los componentes internos del triturador (Cámara de trituración).

Esta sección le ayudará a tomar la decisión correcta para elegir un motor. Por este motivo, sustituimos con un cilindro de la misma masa que los componentes internos de la cámara de trituración. Estos se conectan directa o indirectamente al motor.

Figura 40

Componentes internos y su equivalente cilíndrico para calcular el momento de inercia



Peso del disco

$$P_{ed} = A_d \cdot e_d \cdot P_{ea}$$

Ecuación 32

Peso del disco

Nota. (Gere & Goodno, 2012)

Donde,

P_{ed} : Peso equivalente del disco,

A_d área del disco,

e_d : espesor del disco,

P_{ea} : Peso específico del acero.

Para obtener el espesor utilizamos la Ecuación 32

$$e = \frac{19.988 \text{ kg}}{3.1416(0.178 \text{ m})^2(7850 \text{ kg/m}^3)}$$

$$e = 11.99 \text{ mm}$$

El espesor calculado nos sirve para poder calcular la inercia de cilindro equivalente a los componentes internos de la trituradora que se conectaran con el motor, entonces tenemos la siguiente ecuación.

Inercia del disco

$$I_d = \frac{1}{2} \cdot m_d \cdot r_d^2$$

Ecuación 33

Inercia del disco

Nota. (Hibbeler, 2004)

Donde,

m_d : Masa del disco,

r_d : Radio del disco.

De esta forma, se tiene que:

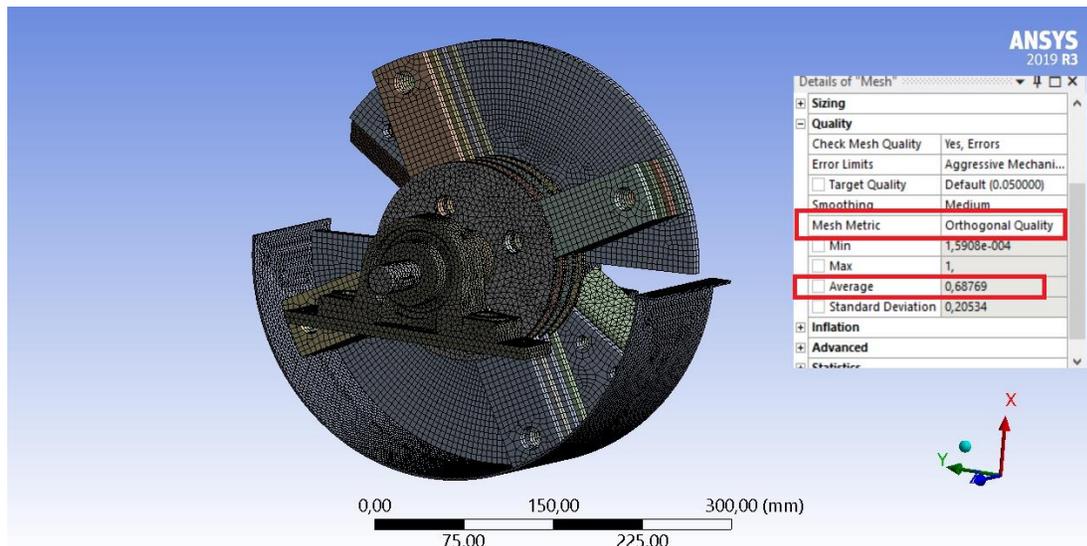
$$I_d = \frac{1}{2} \cdot 19.988Kg \cdot (0.178)^2$$

$$I_d = 0.62 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Análisis por el método de elementos finitos de la cámara de trituración. Para el análisis estructural se utilizó el software Ansys con una mallado Orthogonal Quality con un valor de 0,687 catalogado como muy bueno como se observa en la Figura 41

Figura 41

Calidad de mallado de la cámara de trituración

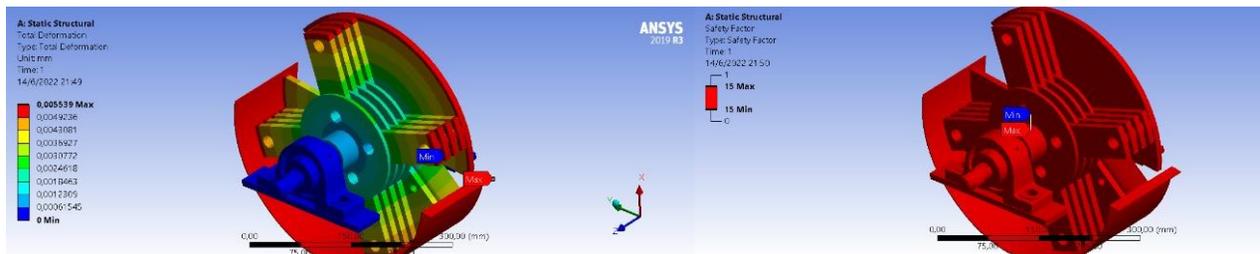


Se aplico una fuerza resultante de 218.07 N que equivalente a los elementos que conforman la cámara de trituración que esta echo de material AISI 304 con un límite de cadencia de 206 MPa.

En la Figura 42 obtenemos un factor de seguridad máximo de 15 y una deformación máxima de 0.005539 esta deformación tan pequeña y el factor de seguridad alto se debe a las propiedades mecánicas del material AISI 304 que para garantizar que la maquina se oxide se debe utilizar este material , entonces concluimos que la cámara de trituración no tendrá fallas estructurales durante sus ciclos de trabajo.

Figura 42

Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad de la cámara de trituración



En la Figura 43 se visualiza la cámara de trituración que alcanza un esfuerzo máximo de 3.0966 MPa comparando con el límite de cedencia de 206 MPa del material. Esto corrobora que no abra problemas en soportar las cargas que representan la cámara de trituración.

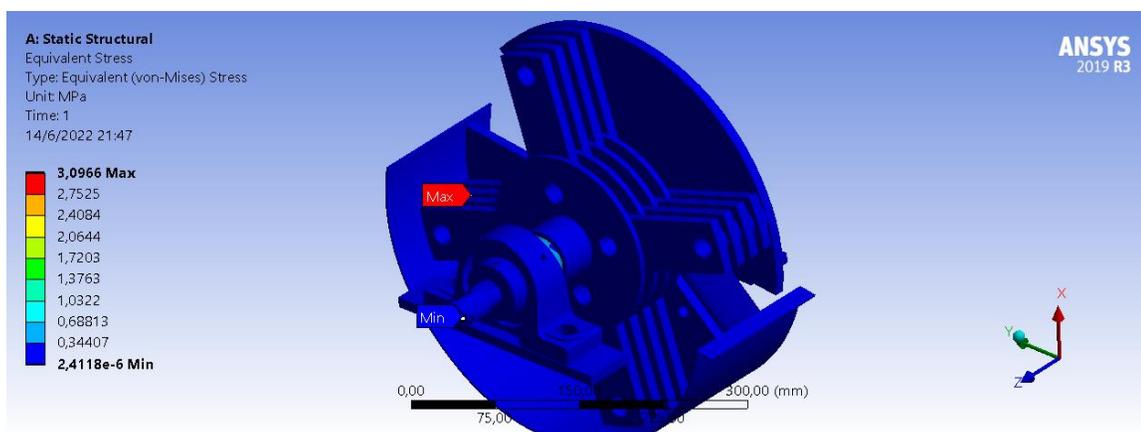
$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$3.0966 < 0,66 \times 206$$

$$3.0966 < 135.96$$

Figura 43

cámara de trituración esfuerzos de Von Mises



Diseño y simulación el método de elementos finitos.

Se utilizó el software ANSYS para facilitar el diseño. La geometría y dimensiones se las puede observar en el ANEXO A-3

- Material: Acero AISI 304
- Elongación: 342,6 mm
- Diámetro: 30,84 mm.

Debido a la configuración del sistema montado en el eje, solo se debe considerar el peso del sistema de martillo, porta martillo y sus accesorios. En su diseño, entonces tenemos.

Determinación de pesos de cada elemento que conforma la cámara de trituración

Para tener el peso de los elementos se lo realizara mediante el software Solidworks. sabemos que el alma de cualquier maquina es el eje por eso es importante saber cuanto peso soportara el eje en un ciclo de trabajo así también determinar el material más idóneo para mecanizar el mismo.

Tabla 25

Peso de los componentes conectados al eje

Pieza	N de piezas	Peso de cada pieza	Peso total de las piezas
Disco porta cuchillas	1	6.24 Kgr	6.245Kgr
cuchillas	2	0.533Kgr	1.06Kgr
Manzana	1	0.16Kgr	0.16Kgr
Distanciadores del disco	4	0.026Kgr	0.101Kgr
Perno porta martillos con tuerca y contratuerca	4	0.037Kgr	0.148Kgr
Separadores de martillos	16	0.032Kgr	0.128Kgr
Disco porta martillos	4	0.87Kgr	3.484Kgr
Martillos	16	0.637Kgr	8.592Kgr
total			19.988Kgr

$$P_{eje} = (19.988)Kg * \frac{9.81m}{s^2}$$

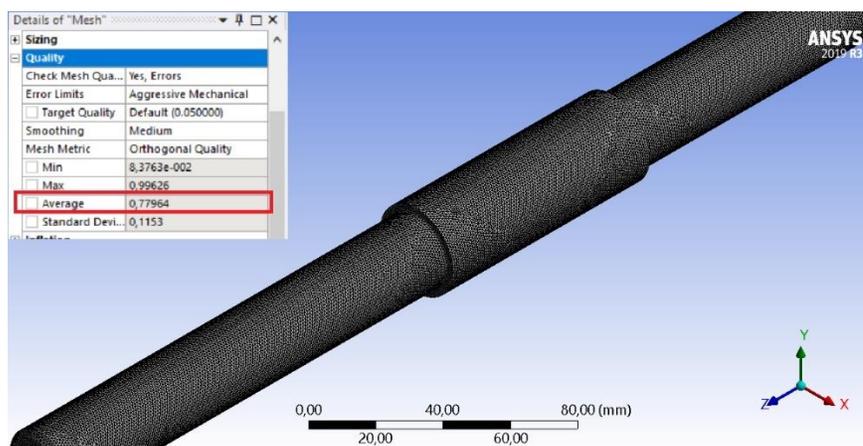
$$P_{eje} = 196,08 N$$

Análisis por el método de elementos finitos del eje principal

Para el análisis estructural se utilizó el software Ansys con una mallado Orthogonal Quality con un valor de 0,7796 catalogado como muy bueno como se observa en la Figura 44

Figura 44

Calidad de mallado de la tolva

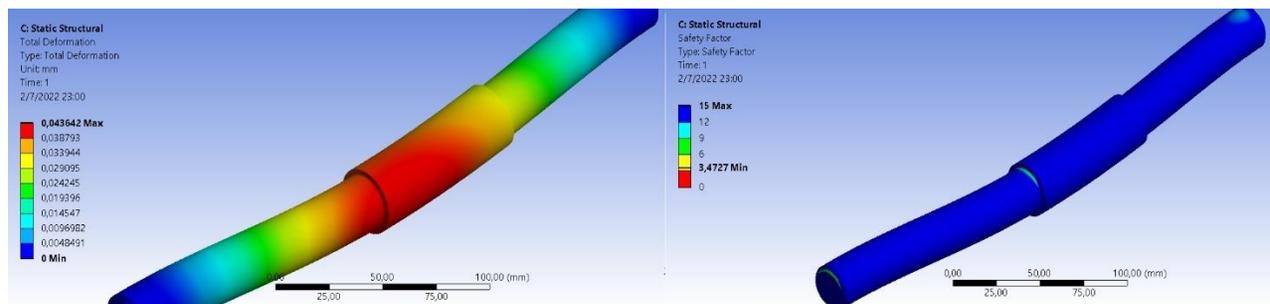


Se aplico una fuerza resultante de 196,08 N que equivalente a los elementos montados sobre el eje mismo que esta echo de material AISI 304 con un límite de cadencia de 206 MPa.

En la Figura 45 obtenemos un factor de seguridad máximo de 15 y una deformación máxima de 0.04346 en el centro del eje que es la región donde el eje sufrirá el máximo esfuerzo generado por las cargas, entonces concluimos que el eje no tendrá fallas estructurales durante sus ciclos de trabajo.

Figura 45

Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad del eje principal



En la Figura 46 se visualiza el resultado del eje principal que alcanza un esfuerzo máximo de 68.025 MPa comparando con el límite de cedencia de 206 MPa del material. Esto corrobora que no abra problemas en soportar las cargas que representan la cámara de trituración

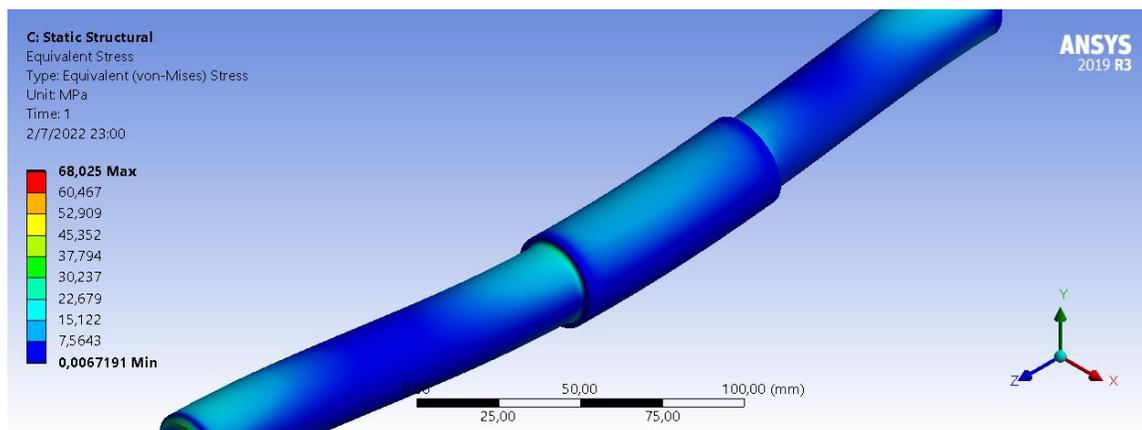
$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$68.025 < 0,66 \times 206$$

$$68.025 < 135.96$$

Figura 46

Esfuerzos principales de Von Mises en el eje principal



Selección de rodamientos.

Con la siguiente formula seleccionaremos el rodamiento

Clasificación del catálogo.

$$C_{10} = F_{d1} \cdot \left(\frac{L_d \cdot N_{di} \cdot 60}{L_{r1} \cdot n_{d1} \cdot 60} \right)^{\frac{1}{a}}$$

Ecuación 34

Selección de rodamientos

Nota. (Richard G, Budynas J, n.d.)

Donde,

F_{d1} : Carga del diseño, 41.32 Kg = 405.3492 N, al ser 2b rodamientos esta carga se divide a la mitad quedando, $F_{d1} = 202.67$ N,

N_{di} : Velocidad angular de diseño,

L_{r1} . n_{d1} son 60 y 106 respectivamente

Entonces tenemos que:

$$C_{10} = F_d \cdot \left(\frac{L_d \cdot N_d \cdot 60}{L_r \cdot n_d \cdot 60} \right)^{\frac{1}{a}}$$

$$C_{10} = 202.67N * \left(\frac{9600 * 1600.60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10} = 1.97KN$$

Como los componentes están perfectamente alineados y balanceados entonces se desprecia el efecto dinámico

Utilizando el valor obtenido anteriormente $C_{10} = 1,97$ Kn y mediante la lista de rodamientos Shigley y Sfk, ANEXO A-4, seleccionado rodamientos serie 2:

Valor conceptual de la potencia que debe tener el motor.

Existen varias reglas o pautas para establecer este parámetro que dan una aproximación de este parámetro, pero en el presente caso se utiliza la fórmula de Rittinger. Esta fórmula proporciona una buena aproximación de los parámetros antes mencionados en la molienda fina y en la práctica. No exceda las 2.5 toneladas. /h La ventaja de utilizar esta ecuación es que se tienen en cuenta los diámetros inicial y final de las partículas a triturar.

Rittinger

$$\frac{P_m}{C_t} = K_r \cdot \left(\frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_{t1}} \right)$$

Ecuación 35

Rittinger

Nota. (Alvarez Rodriguez, 2006)

Donde,

P_m : Potencia del motor (HP),

C_t : Capacidad de trituración,

K_r : Constante de Rittinger [HP-cm/Ton-h], para el caso de estudio tiene un valor de 1.2

D_{t1} : Diámetro de la raíz antes de la trituración(cm),

De esta forma, se tiene que:

$$\frac{P}{0.5 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{h}}} = 1.5 \cdot \frac{\text{HP} \cdot \text{cm}}{\text{Ton} \cdot \text{h}} \cdot \left(\frac{1}{0.03} \right) - \left(\frac{1}{4} \right)$$

$$P = 3.75 \approx 4\text{HP}$$

Selección y número de bandas.

En primer lugar, para seleccionar las bandas se requiere la potencia de diseño que viene dado por la ecuación:

Potencia de diseño.

$$P_d = P_m \cdot F_{sb}$$

Ecuación 36

Potencia de diseño.

Nota. (CÉSPEDES, 2013)

Donde,

F_{sb} : tiene un valor de 1.6 según el catálogo Intertec Anexo -5 y viene siendo el factor de servicio de la banda.

P_m : Potencia del motor = 4 HP.

$$P_d = P_m \cdot F_s$$

$$P_d = 4Hp * 1.5$$

$$P_d = 6Hp$$

La banda debe ser en forma de V, tipo BX, esta banda es comercializada en el país.

NÚMERO DE BANDAS

$$\#Bandas = \frac{P_{db}}{HP_{porbanda} * f_{c1}}$$

Ecuación 37

Numero de bandas.

Nota. (CÉSPEDES, 2013)

Donde,

Pdb: Potencia de diseño, de la banda

fc1: tiene un valor de 0.99 y es el factor de corrección de arco

HP por banda: parámetro del fabricante el cual indica que potencia puede transmitir de banda para determinar el número de bandas.

$$\#Bandas = \frac{6Hp}{4Hp * 0.99}$$

$$\#Bandas = 1.52$$

$$1.52 \approx 1 \text{ banda}$$

Se escoge la banda 5VX, de INTERMEC, cuya longitud exterior es de 88.9 mm (35´´), de paso 807.7 mm (31.8´´) y que transmite 6.48 HP.

Dimensionamiento para la lengüeta de sujeción entre el eje y la polea.

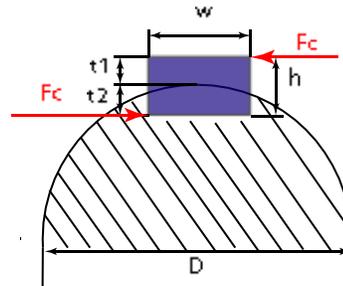
Las dimensiones de la chaveta están dadas por la industria metalúrgica de la GTZ en la

Figura 47 y las tenemos a continuación:

- Width o ancho =8 mm
- Heigth (alto) =7mm
- T1=4mm
- T2=3.3 mm

Figura 47

Dimensiones de la chaveta



Nota. Autor

$$longitud(l) = \frac{F_c}{0.6 \cdot \frac{S_{ut}}{F_S} * b}$$

$$longitud(l) = \frac{\frac{2 * Mt}{\emptyset}}{\frac{0.6(2531)}{2.5} * 0.1} * 0.1$$

$$longitud(l) = \frac{2 * 35kg.cm}{\frac{3.45cm}{60.74}}$$

$$longitud(l) = 0,334 cm = 33mm$$

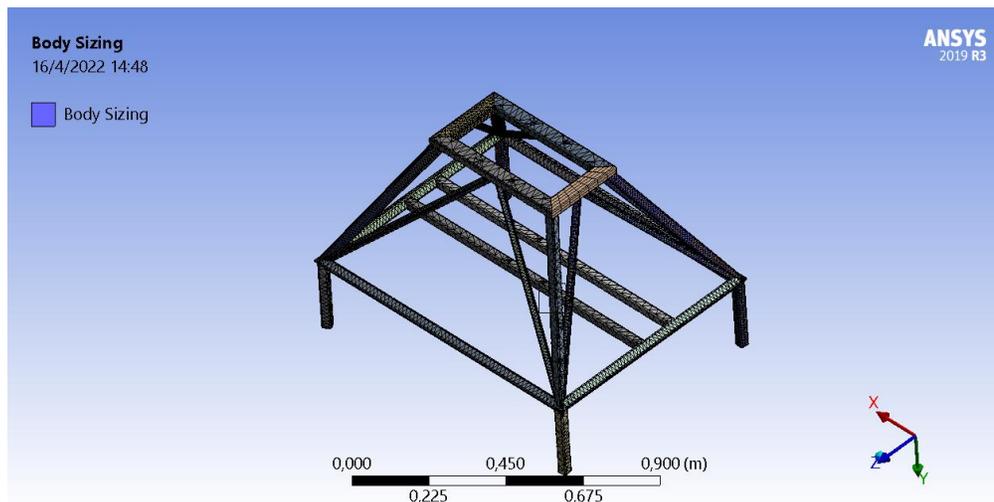
Diseño estructural para una maquina trituradora

La estructura está diseñada con tubos cuadrados de 30x30 mm y un espesor de 2mm de acero estructural A37 cuyo \$S_y = 235\$ MPa, la geometría de la estructura esta echa bajo especificaciones del usuario tales como liviana para su transporte y que elimine vibraciones para evitar el ruido excesivo durante las jornadas de trabajo en la máquina.

Análisis por el método de elementos finitos de la estructura de la trituradora. Para el análisis estructural se utilizó el software Ansys con una mallado Orthogonal Quality con un valor de 0,27512 catalogado como muy bueno como se observa en la Figura 48

Figura 48

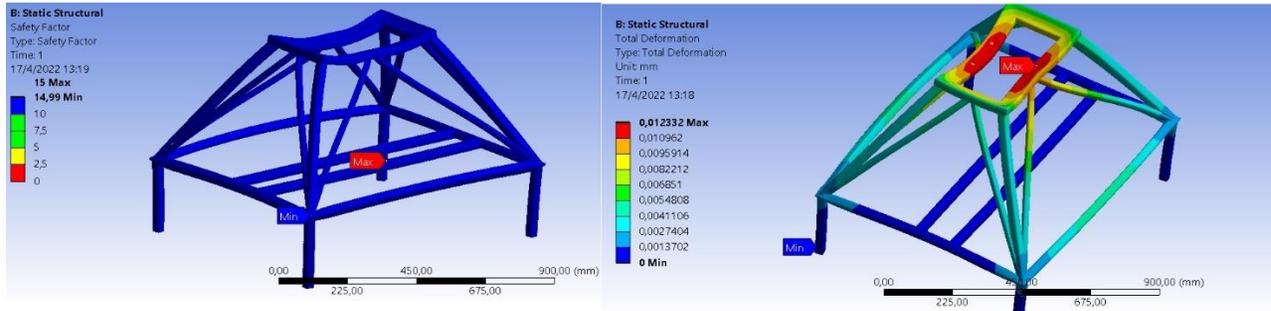
Calidad de mallado de la estructura



Con un tubo cuadrado metálica de 40x40 ,30x30 y20x20 sometida a 250.05N. En la Figura 49 obtenemos un factor de seguridad máximo de 15 ya que esta esta echa en acero inoxidable A37con una resistencia a la cadencia de 235 MPa para cubrir la necesidad de tener menos vibraciones en la maquina

Figura 49

Análisis de esfuerzo deformación y Factor de seguridad de la Estructura



$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

$$\delta r < [\delta] = \frac{625 \text{ mm}}{800}$$

$$0.123 \text{ mm} < 0.781$$

En la Figura 50 se visualiza el resultado de la chapa metálica de la tolva AISI 304 que alcanza un esfuerzo máximo de 27.16 MPa comparando con el límite de cedencia de 206 MPa del material.

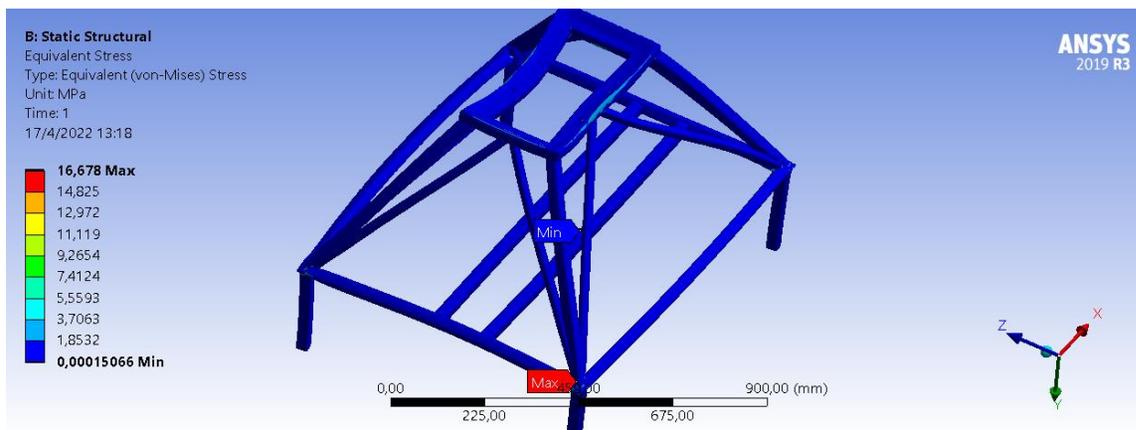
$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$27.167 < 0,66 \times 206$$

$$16.67 < 135.96$$

Figura 50

Esfuerzos principales de Von Mises en la estructura

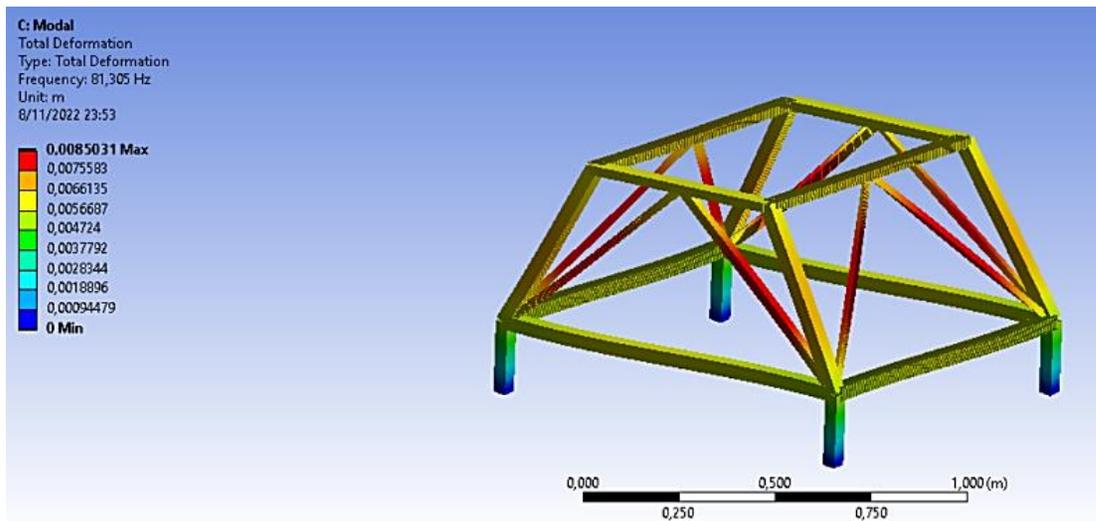


Análisis dinámico para determinar vibraciones que se producen en la estructura. Este análisis dinámico se lo realizó en el software ANSYS bajo la petición del usuario de que la máquina no sea muy ruidosa una de las principales condiciones para el ruido excesivo son las excesivas vibraciones que se producen tanto del motor de la máquina como los componentes que conforman la cámara de trituración, esta consta con pronos guías de los martillos los cuales evitan que la máquina tenga excesivas vibraciones. El análisis se lo realizó con 6 modos de vibración a diferentes frecuencias se observó las distintas deformaciones producidas a lo largo de la estructura de soporte.

En la Figura 51 se muestra el primer modo de vibración con una frecuencia de 81.305 Hz con una deformación máxima de 0.008503 m en la parte de soportes diagonales internos de la estructura base que se la observa de un color rojo, la mínima deformación con un valor de 0.00094479 m se la encuentra en las patas de la base.

Figura 51

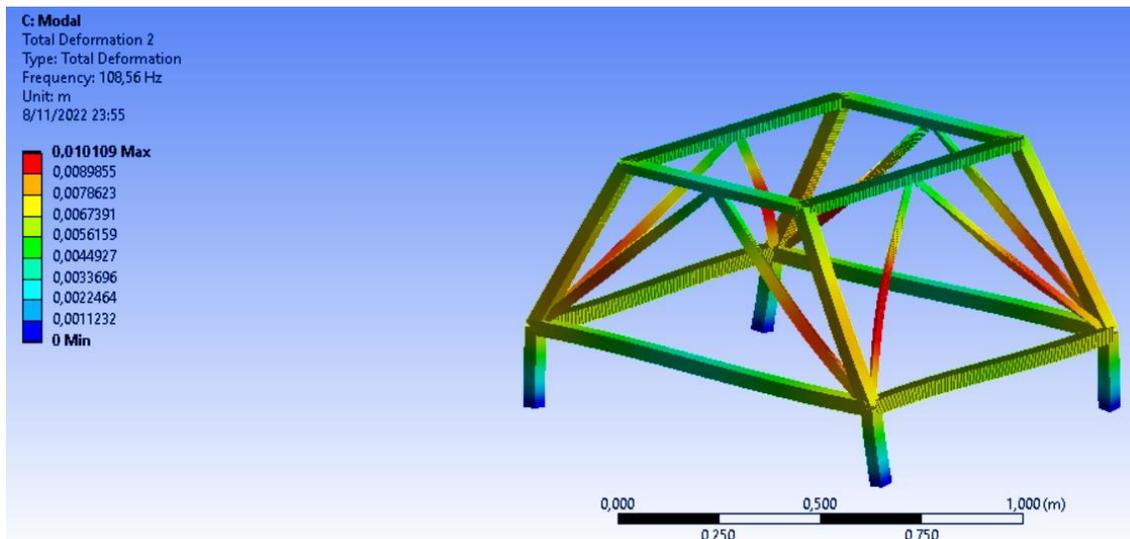
Primer modo de vibración



En la Figura 52 se muestra el segundo modo de vibración con una frecuencia de 108.56 Hz con una deformación máxima de 0.0110109 m en la parte de soportes diagonales internos de la estructura base que se la observa de un color rojo, la mínima deformación con un valor de 0.0011232 m se la encuentra en las patas de la base y en la zona de base de la cámara de trituración.

Figura 52

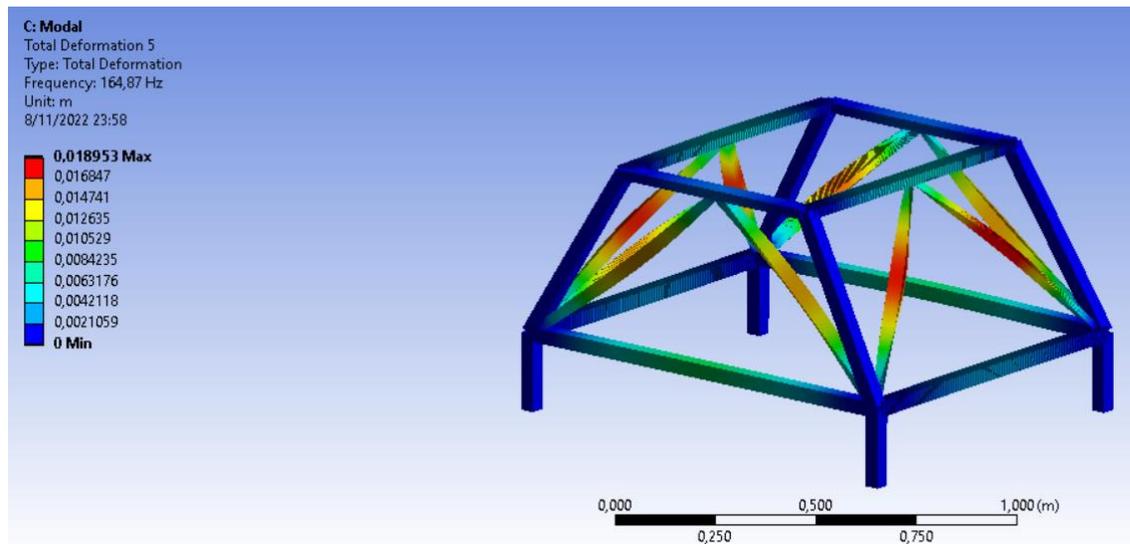
segundo nodo de vibración con frecuencia de 108.56 Hz



En la Figura 53 se muestra el sexto modo de vibración con una frecuencia de 124.78 Hz con una deformación máxima de 0.0189 m en la parte de soportes internos de la estructura base que se la observa de un color rojo, la minia deformación con un valor de 0.002105 m se la encuentra en las patas de la base , en la zona de base de la cámara de trituración y en todo el soporte exterior

Figura 53

Sexto nodo de vibracional una frecuencia de 164.68Hz

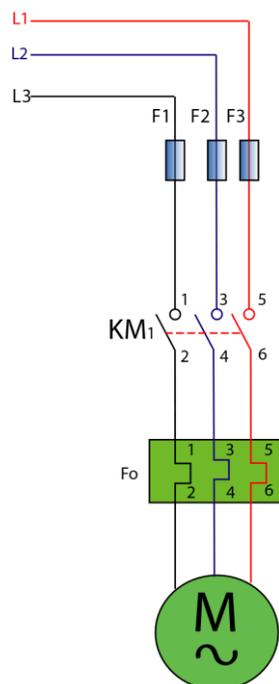


En conclusión, como podemos observar las vigas interiores diagonales a 60 grados cumplen con el trabajo de disminuir casi en su totalidad las vibraciones en la Figura 53 tenemos de color azul y con una deformación máxima de 0.00221 m en toda la estructura principal de soporte. En el ANEXO A-6 tenemos el análisis completo de los nodos de vibración.

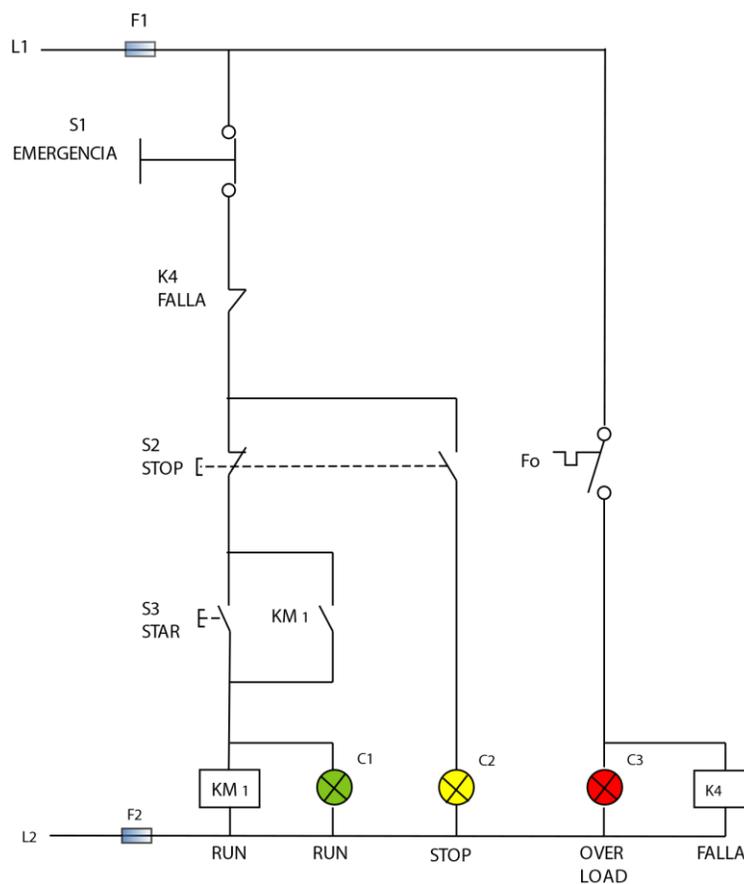
Esquema eléctrico.

Es se te dividirá en circuito de potencia y circuito de control.

Circuito de potencia. Este consta de fusibles de protección de las fases (F1, F2, F3); un relé de protección (Fo) y el contactor (KM1)

Figura 54*Circuito de Potencia*

Circuito de control. El circuito está compuesto por un botón de encendido (S3), un paro de emergencia (S2), un paro general de la maquina (S1), consta de una lampara de color verde que indica que el motor está en funcionamiento, una lampara roja que indica el pro de la maquina y una lampara de color tomate la cual indica que hay una sobreintensidad.

Figura 55*Circuito de control***Diseño para la Fabricación**

El factor principal al momento de fabricar la máquina trituradora es proporcionar un montaje simplificado para su fácil interpretación y rapidez de montaje y lograr economizar el producto

Las instrucciones más importantes para el proceso de producción.

En la fabricación de ciertas piezas se selecciona como tipo de proceso la tercerización de máquinas industriales como torno, centro de mecanizado y el uso de productos nacionales y

otros productos de exportación, todo esto para realizarla elección correcta para el montaje manual de la trituradora y reducir costos y tiempo de procesamiento debido a que la industria actual del país utiliza más máquinas semiautomáticas y manuales. Los manuales de referencia

Estás guías están diseñadas para facilitar los procesos de fabricación y proporcionar los pasos más recomendados.: diseño (*D*),utillaje (*U*), proceso (*P*), mecanizado (*M*) y los efectos de repercusión son: coste (*C*), calidad (*Q*). (Riba Romeva, 2002)

Tabla 26

Pasos para el diseño de piezas torneadas

Recomendaciones	Etapas	Efectos
Realizar los procedimientos de seguridad de la máquina industrial (torno)	P	Q
Usar equipo de protección personal, ropa ajustada sin superficies sueltas que puedan entrar en contacto con las piezas móviles	P	C
visualizar la posición de los interruptores de seguridad que cortan toda la energía a la máquina	P	C
Seleccionar herramientas la sujeción y retención adecuadas.	P, U	C, Q
Elija la geometría de la cuchilla o inserto para la operación	P, U	C, Q
Sí elije las cuchillas o más conocidas como buriel entonces deberá afilar con un esmeril el Angulo de ataque más adecuado o puedes usar plaquitas y porta plaquitas.	P, U	C, Q
Elija la geometría del romper virutas más adecuada según el trabajo a realizar	P	C, Q
Determine las situaciones de corte	P	C, Q
Elija el portaherramientas	P, U	C, Q
Tenga en cuenta el tipo de avance ya sea longitudinal o transversal necesaria para el desgaste de las piezas y poder definir las velocidades de trabajo	P	C, Q
Confirme las medidas con un calibrador	D, P	C
Limpieza y orden del área de trabajo	P	C

Tabla 27

Pasos para el diseño de piezas taladradas.

Recomendaciones	Etapas	Efectos
Utilizar medidas de seguridad para la maquinaria industrial (perforación)	P	C
Utilizar herramientas de calidad que garanticen el producto	P, U	C, Q
Utilizar la broca según el tipo de material	P	C
Colocar la pieza de tal forma que se garantice su estabilidad para lograr un corte continuo	D, U	Q
Utilizar las brocas de corte adecuadas para cada material	P	C
Según la operación seleccionar el tipo de taladro a usarse	D, P	C
Utilizar una broca helicoidal y quitar las virutas de la parte inferior del orificio	D, P	C
No detenga el eje del taladro con la mano	P	Q
Proteja la broca para que no se caiga al cambiarla	D	C
Detenga siempre el taladro para limpiar las virutas	D	Q
retire con una brocha las virutas para evitar cortar las manos del operador	D	Q
No usar aire comprimido para limpiar las virutas puede causar cortes o lesiones en los ojos	P	C
Evite riesgos eléctricos por cables defectuosos	P	C, Q
Verifique el estado del motor para evitar recalentamientos	P	C
Use ropa adecuada sin partes sueltas que puedan engancharse con las partes móviles	P	C, Q
Sostenga el mango firmemente para evitar resbalones	P	C
No use el taladro para otros propósitos tales como un destornillador	P	C
Si el trabajo o Hecho, limpie las virutas pegadas al taladro con una brocha	P	C

soldados.

Tabla 28

Pasos para el diseño de piezas

Recomendaciones	Etapas	Efectos
Asegúrese de que el área de trabajo no esté húmeda o mojada	D, U	C
Verifique la posición del interruptor principal en caso de emergencia	D, U	Q
Asegúrese de que el cable de alimentación sea adecuado para el voltaje nominal de 1000 V	D, P	C
Use el equipo de protección adecuado	D, P	C
Seleccione el amperaje adecuado	P	C
Asegúrese de que haya un número mínimo de cordones de soldadura	P	Q

Considere un fácil acceso a los puntos problemáticos para hacer cordones de soldadura	D	C
Suelde de acuerdo con el procedimiento:		
Cree el arco y Cree electrodos de cordón y limpie los cordones y cepillos de soldadura	D	Q
Limpie el área de trabajo	D	Q
Asegúrese de que el área de trabajo no esté húmeda o mojada	P	C

de piezas fresadas en centro de mecanizado.

Tabla 29

Pasos para el diseño

Recomendaciones	Etapas	Efectos
Realizar los procedimientos de seguridad de la máquina industrial (Centro de mecanizado)	P	Q
Usar equipo de protección personal, ropa ajustada sin superficies sueltas que puedan entrar en contacto con las piezas móviles	P	C
visualizar el paro de emergencia que corte toda la energía a la máquina	P	C
Seleccionar herramientas la sujeción y retención adecuadas (Mandri para piezas cilíndricas y entenalla para piezas cuadradas).	P, U	C, Q
Elija las herramientas a colocar en la torreta porta herramientas	P, U	C, Q
Asegúrese de que las frezas o brocas a usarse en el centro de mecanizado estén afiladas adecuadamente.	P, U	C, Q
Elija el portaherramientas adecuado y ajuste la freza o broca de tal manera que al momento de trabajar esta no se mueva	P	C, Q
Ingrese el programa de mecanizado al controlador de la maquina	P	C, Q
Elija la velocidad de ingreso de la herramienta	P, U	C, Q
Encender el flujo de refrigerante para evitar calentar la pieza mecanizada	P	C, Q
Confirme las medidas con un calibrador	D, P	C
Al finalizar, limpie el área de trabajo	P	C

Operación de Torneado del eje principal y el separador del eje y carcasa

En las siguientes Tabla 30, Tabla 31 con ayuda de un torno se removió el exceso de material de la superficie transformándose en viruta, También se describen tiempos logrados por estudios de campo en empresas y talleres industriales para remover el material sobrante de la superficie y convertirlo en virutas, teniendo en cuenta las tolerancias. ANEXO A-7, ANEXO A-8

Para obtener información detallada sobre herramientas, parámetros de corte y operaciones de refrentado y cilindrado tanto del eje principal con un material acero AISI 1045 de 1 3/4 de diámetro, el separador eje y carcasa es de un material A37 60mm de diámetro. tolerancia $\pm 1\%$ mm en la correspondiente profundidad de paso y acabado superficial N7, es decir $R_a = 1,6 \mu\text{m}$.

Tabla 30

Operación de procesos de eje principal.

Tiempos minutos	Elemento	Operación
5-10	Equipos de protección	Colocación correcta de los equipos de protección personal
3-5	Mandril de tres mordazas auto centradas	Colocación del mandril de tres mordazas auto centrada
3-5	Material	Colocación del eje $1\frac{3}{4} \text{ in} \times 23.62 \text{ in}$
3-5	Luneta móvil	Montaje de luneta móvil
3-5	Contrapunto fijo	Colocación de contrapunto fijo en el centro del eje
3-5	Portaherramientas	Montaje de torreta portaherramientas
3-5	Plaquita SNMG 120416-PM 4325	Realizar un refrentado de 1mm
3-5	Plaquita CNMG 120408-PR 4325	Realizar un cilindrado paralelo al eje de 2.45mm
3-5	Plaquita CNMG 120408-PR 4325	Realizar un cilindrado de profundidad 10,4 mm con una longitud de 100 mm
3-5	Plaquita CNMG 120408-PR 4325	Medir una distancia de 182,6 mm y cilindrar a partir de ahí 10,4mm
5-15	Herramientas	Desmontar las herramientas de trabajo
5-10	Limpieza	Limpiar el área de trabajo

Tabla 31

Operación de procesos del separador del eje y carcasa.

Tiempos minutos	Elemento	Operación
3-5	Equipos de protección	Colocación correcta de los equipos de protección personal
3-5	Mandril de tres mordazas auto centradas	Colocación del mandril de tres mordazas auto centrada
3-5	Material	Colocación del eje 60 mm x 40 mm
3-5	Contrapunto fijo	Colocación de contrapunto fijo en el centro del eje
3-5	Portaherramientas	Montaje de torreta portaherramientas
3-5	Plaquita SNMG 120416-PM 4325	Realizar tres pasadas con un refrentado de 1mm
3-5	Plaquita CNMG 120408-PR 4325	Medir 35mm Realizar un cilindrado de 5 mm hasta el final de la pieza
3 5	Plaquita CNMG 120408-PR 4325	Realizar un redondeo de R= 1 mm, concertador de esfuerzos
5-15	Herramientas	Desmontar las herramientas de trabajo
5-10	Limpieza	Limpiar el área de trabajo

Operación de Taladrado

En la Tabla 32 Se muestra el proceso de perforación vertical de las piezas correspondientes están hechas por una broca helicoidal, que realiza perforaciones de orificios internos o de tipo ciego y de un diámetro fijo.

Tabla 32

Operación de taladrado de piezas.

Tiempos minutos	Elemento	Operación
5-10	Equipos de protección	Colocación correcta de los equipos de protección personal
3-5	Punta de trazador	Marque con claridad y precisión la posición del orificio
3-5	Broca helicoidal	Elija la broca de acuerdo con el material a perforar, también elija el número de revoluciones de taladro
3-5	Llave de banco de sujeción	Sujetar de forma firme la pieza en la mesa
3-5	Broca helicoidal	Taladrar los agujeros señalados con las brocas respectivas a los diámetros descrito en los planos
3-5	Equipos de limpieza	Limpiar el área de trabajo

Operación de Soldadura de la Estructura

La estructura base de la trituradora primero constara de un rectángulo soldado de tubo cuadrado de 40x40 donde se sentaran todos los elementos internos de la trituradora, la segunda parte serán los pilares de la estructura y también será soldada de tubo cuadrado de 30x30 con un soporte para el motor, la tercera parte constara de tubo cuadrado de 20x20 que hará la función de vigas de unión y refuerzo de las zonas de mayor peso brindando más estabilidad y disminuyendo las vibraciones producidas en una máquina. se eligió la soldadura SMAW por su precio bajo y por qué la estructura no es tan compleja.

Tabla 33

Operación de soldado de piezas.

Tiempos minutos	Elemento	Operación
5-10	Equipos de protección	Colocación correcta de los equipos de protección personal
3-5	Soldadora	Conectar la máquina de soldar a la fuente eléctrica, considerar su voltaje
3-5	Porta electrodo	Colocar el electrodo de acuerdo con el espesor y tipo del material
3-5	Masa	Colocar la masa sobre el material a soldar para que cierre el circuito y se produzca un arco eléctrico
3-5	Cebado	El cebado aumenta la temperatura del electrodo y no se pegará al material
3-5	Electrodo	Hacer un cordón de soldadura a una distancia constante del material 2- 4 mm del electrodo
3-5	Electrodo	Reforzar la soldadura a través de varios cordones paralelas 8 - 10 mm, cuando el electrodo esté listo, hacer el cambio con una de las mismas funciones
3-5,	Cepillo de Alambre	Retirar la escoria del material con un cepillo de alambre
5-15	Herramientas	Recoger los cables de la porta electrodo y masa a demás enrollarlos y desconectar de la fuente de alimentación
5-10	Limpieza	Limpiar el área de trabajo

Operación en el centro de mecanizado

En las siguiente, Tabla 34 y Tabla 35 con ayuda de un centro de Mecanizado se mecanizo las piezas llamadas cuchilla y disco porta martillos, a través de un estudio de campo en talleres industriales se detallan los tiempos necesarios para la producción de estas piezas teniendo en cuenta los ajustes y tolerancias respectivos. ANEXO A-9, ANEXO A-10

En los anexos antes mencionados encontraras parámetro de corte y herramientas tanto del disco porta martillos como de la cuchilla.

Tabla 34

Operación de procesos del disco porta martillos.

Tiempos minutos	Elemento	Operación
3-5	Equipos de protección	Colocación correcta de los equipos de protección personal
3-5	Mandril de tres mordazas auto centradas	Colocación del mandril de tres mordazas auto centrada
3-5	Material	Colocación de la platina de $\Phi = 167$ mm, ancho 5,75
3-5	reloj comparador de precisión	Topa con el comparador de caratula milimétrico los bordes del disco para determina el cero piezas
3-5	Portaherramientas ER32 Collet Chuck	Montaje de herramienta en el portaherramientas
3-5	16mm CRB 4FL HGN .75R 32MM LOC	Contorneado de desbaste de cuadro en el centro de la pieza bajar 2 mm
3 -5	5MM CRB 2FL 19 LOC	Contorneado de acabado de 2mm
3-5	6MM X 60DEG HSS CENTERDRILL	Punteado de guía para los agujeros de la pieza bajar de 2-3 mm
3-5	20MM CRB 2FL 38 LOC	Perforaciones de la pieza bajar 8mm hacer 4 picoteos de 2 mm
5-15	Herramientas	Desmontar las herramientas de trabajo
5-10	Limpieza	Limpiar el área de trabajo

Tabla 35

Maniobra y procesos para la obtención de la cuchilla.

Tiempos minutos	Elemento	Operación
3-5	Equipos de protección	Colocación correcta de los equipos de protección personal
3-5	Mandril de tres mordazas auto centradas	Colocación del mandril de tres mordazas auto centrada
3-5	Material	Colocación del bloque de DF2 x=25mm, y=60mm y z=126 mm
3-5	reloj comparador de precisión	Topa con el comparador de caratula milimétrico los bordes del disco para determina el cero piezas
3-5	Portaherramientas ER32 Collet Chuck	Montaje de herramientas en el portaherramientas
3-5	10MM CRB 2FL 25 LOC	Contorneado de desbaste multi superficies para obtener la forma de la cuchilla
3 -5	3MM CRB 4FL BM 25 LOC	Contorneado de acabado final de la cuchilla
3-5	6MM X 60DEG HSS CENTERDRILL	Punteado de guía para los agujeros de la pieza bajar de 2-3 mm
3-5	10MM CRB 4FL 22 LOC	Perforaciones de la pieza bajar 8mm hacer 4 picoteos de 2 mm
5-15	Herramientas	Desmontar las herramientas de trabajo
5-10	Limpieza	Limpiar el área de trabajo

Diagramas para el Análisis de Operaciones

En la investigación industrial, los diagramas de proceso se elaboran mediante el análisis de métodos, procediendo a través de pasos sucesivos; Primero, se selecciona la producción, en segundo lugar, toda la información necesaria se recopila y registra en las herramientas de producción. Los símbolos ASME se utilizan para representar la información obtenida para que el profesional pueda comprenderla mejor.

Tabla 36

Símbolos para elaborar diagramas de flujo.

Simples, Compuestos	
Símbolo	Descripción
	Operación. - muestra las fases primordiales sistemáticas, técnicas y instrucciones
	check. - indicativo de inspección calidad, exactitud, cantidad
	Desplazamiento o transporte. - se determina a la acción de desplazamiento de materias primas o empleados a través de un taller
	Deposito temporal – lugar en donde aguarda o se almacena un producto terminado o materiales
	Almacenamiento permanente. – es el lugar que ocupa un maquina o producto terminado par su entrega a los clientes
	Actividades combinadas. - Cuando dos o más actividades descritas anteriormente se ejecutan simultáneamente

Nota. Tomado de (Andrade, 2021)

Selección del Material

La cuidadosa selección de materiales al principio del proceso de diseño contribuye con los pasos de modelado y simulación para la fabricación correcta del eje principal, la hoja, las placas de apoyo del martillo y otras partes que forman parte de la trituradora. Se incluye el rendimiento, el tratamiento de la superficie, el impacto ambiental, el costo.

Se considera la importación de cuchillas porque son la parte más importante de la máquina trituradora. Están fabricados en material DF2 o AISI 01. Se utiliza un tratamiento térmico llamado endurecimiento para garantizar el menor desgaste de la hoja. utilizado con las especificaciones dadas en el Anexo A-11.

Número de Observaciones para la Elaboración de las Piezas

Como es necesario tomar los tiempos de producción de cada pieza o parte y como no se han hecho estudios similares antes con este proyecto, se hace un estudio estadístico con los siguientes parámetros: tamaño de muestra, nivel de confianza 96%, que corresponde a z igual a 1.97, error máximo 4%, cambiando el valor del tamaño de muestra de 0.5 también se calcula para la relación y se usa la Ecuación 38 para determinar si los resultados nos dan confianza:

$$n_0 = \frac{z^2 \times p \times q}{e^2}$$

Donde:

N =Número de talleres

z =Factor probabilístico del nivel de confianza

$p \times q$ = Varianza de la proporción

e =error máximo permitido

Ecuación 38

Cálculo del tamaño de la muestra

Nota. (Fuentelsaz Gallego, 2012)

$$n_0 = \frac{(1,97)^2 \times 0.4 \times 0.4}{(0.05)^2}$$

$$n_0 = 248$$

Se obtiene un tamaño de la muestra de 248 talleres, sin embargo, conocemos el tamaño de la infraestructura de los talleres industriales que son objeto del estudio, por lo que se necesita un ajuste.

$$n' = \frac{n_0}{1 + \left(\frac{n_0 - 1}{N}\right)}$$

$$n' = \frac{248}{1 + \left(\frac{248 - 1}{5}\right)}$$

$$n' = 4,92$$

Como resultado, los 5 talleres le dan a la encuesta la confianza para medir los tiempos generados por el cronómetro para producir cada elemento que conforma una trituradora y este parámetro puede usarse para crear una hoja de observación que detalla cuánto tiempo se dedicará para cada una de las operaciones a realizarse. Ver el ANEXO A-12, ANEXO A-13, ANEXO A-14 y ANEXO A-15.

Fabricación de las Piezas eje principal, separador eje carcasa

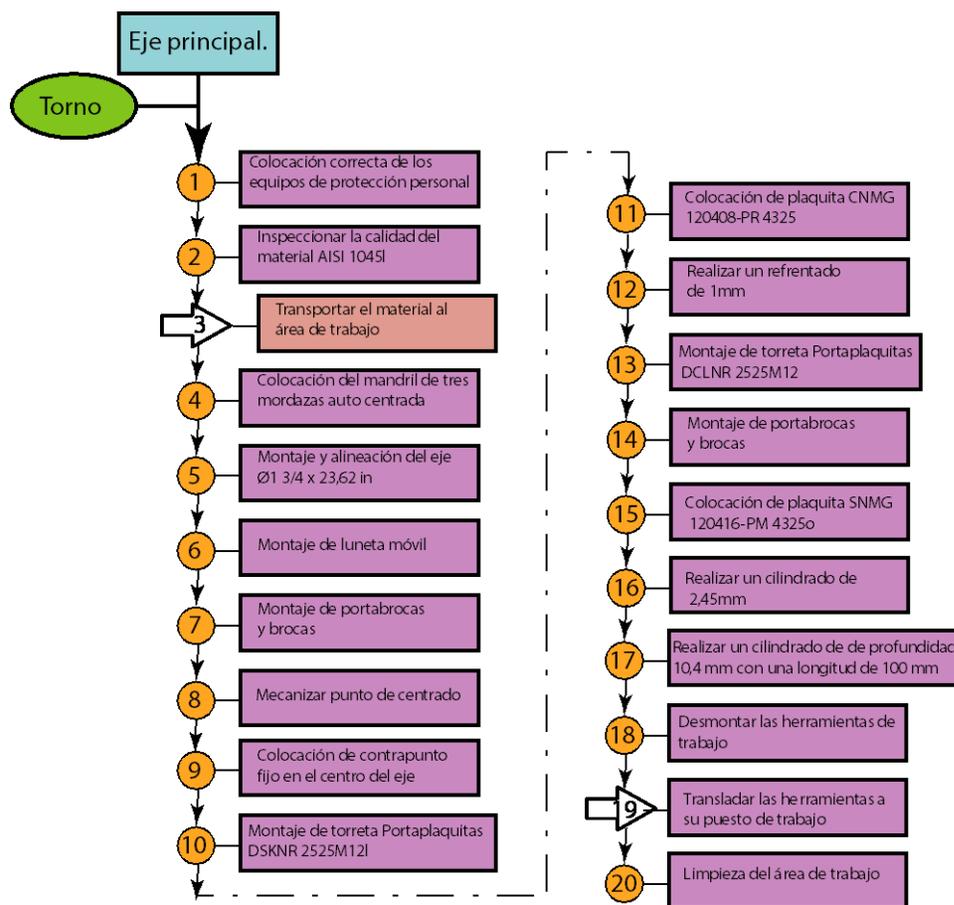
Esta sección presenta una serie de pasos secuenciales a través de los cuales, con la ayuda de diagramas de flujo y hojas de proceso, se lleva a cabo la construcción de cada pieza, que requiere tanto de mecanizado como de torneado, a partir de la adquisición del material, el proceso de transporte y los arreglos necesarios ya sea en un centro de maquinado o en un torno mismos que desprenderán material hasta obtener un producto final de alta calidad y un proceso eficiente para obtener las piezas señaladas anteriormente .

En la Figura 56, El diagrama muestra la mejor manera de reducir el tiempo de producción, la inspección y la mano de obra al fabricar un eje principal.

también muestra los procesos para obtener el ciclo de trabajo del eje principal, en el ANEXO A -16 se ve el diagrama del proceso de producción del eje principal, tenemos la hoja del proceso principal en el ANEXO A -7

Figura 56

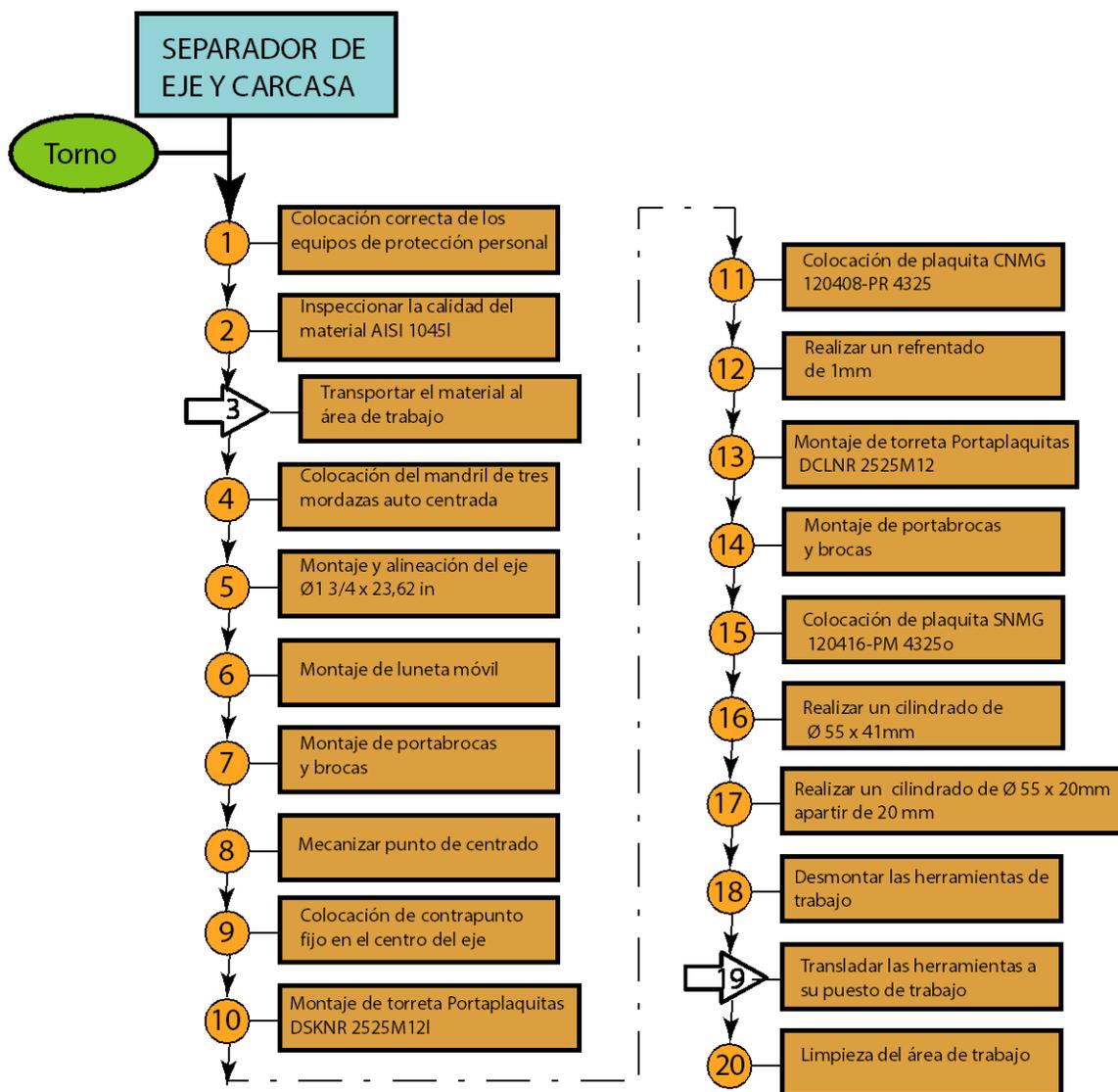
Diagrama de flujo del proceso de fabricación del eje principal



En la Figura 57, El proceso realizado para la obtención del ciclo de trabajo del separador de eje y carcasa se presenta de tal forma que los tiempos medidos están en ANEXO A-17 y en el ANEXO A-8 se encuentra la hoja de procesos.

Figura 57

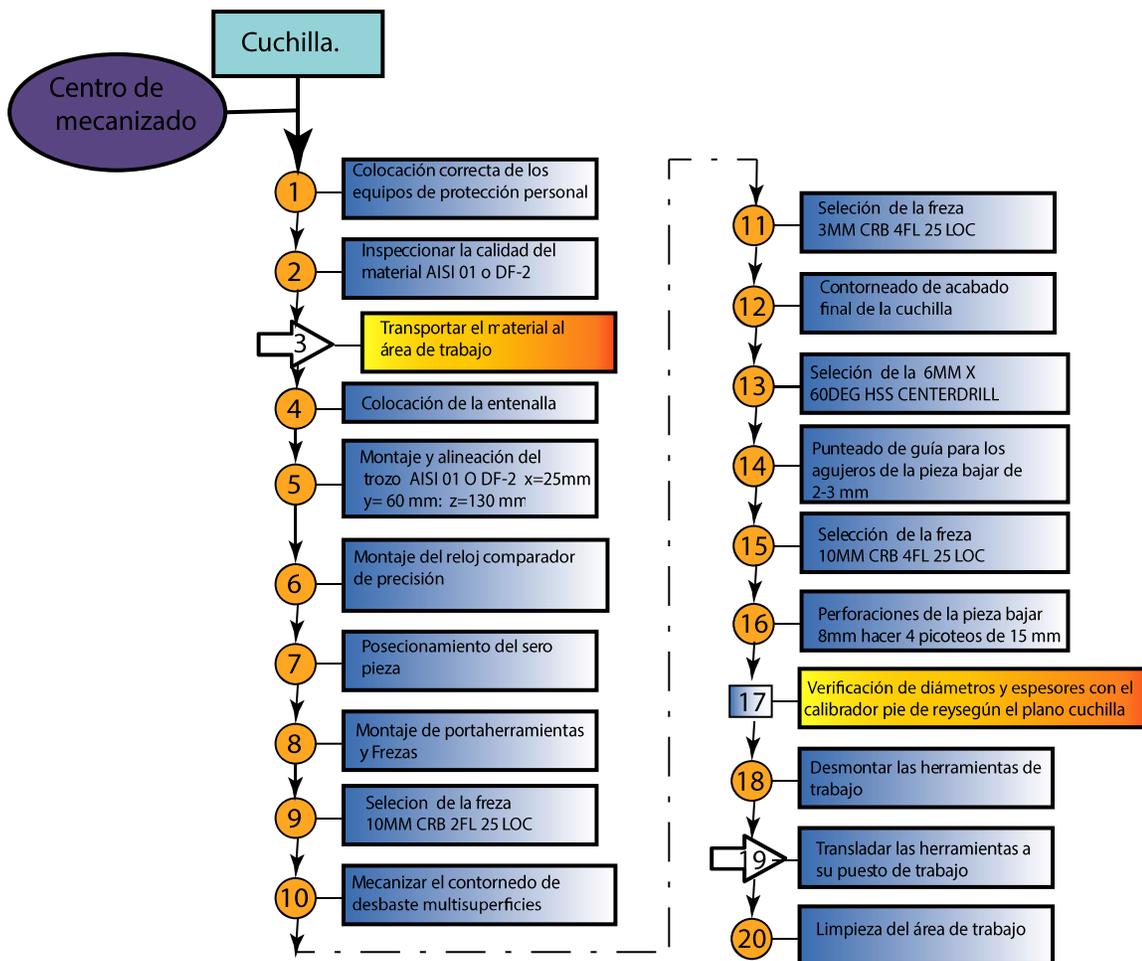
Diagrama de flujo del proceso de fabricación del separador de eje y carcasa



se muestra el ciclo de trabajo propuesto para el mecanizado de la cuchilla los tiempos obtenidos están en el ANEXO A-18, la hoja de procesos y mecanizado en el ANEXO A-10.

Figura 58

Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la cuchilla



En la **Figura 59** se muestra el ciclo de trabajo propuesto para el mecanizado del disco porta martillos los tiempos obtenidos están en el ANEXO A-19., la hoja de procesos y mecanizado en el ANEXO A-9.

Figura 59

Diagrama de flujo del proceso de fabricación del Disco porta martillos

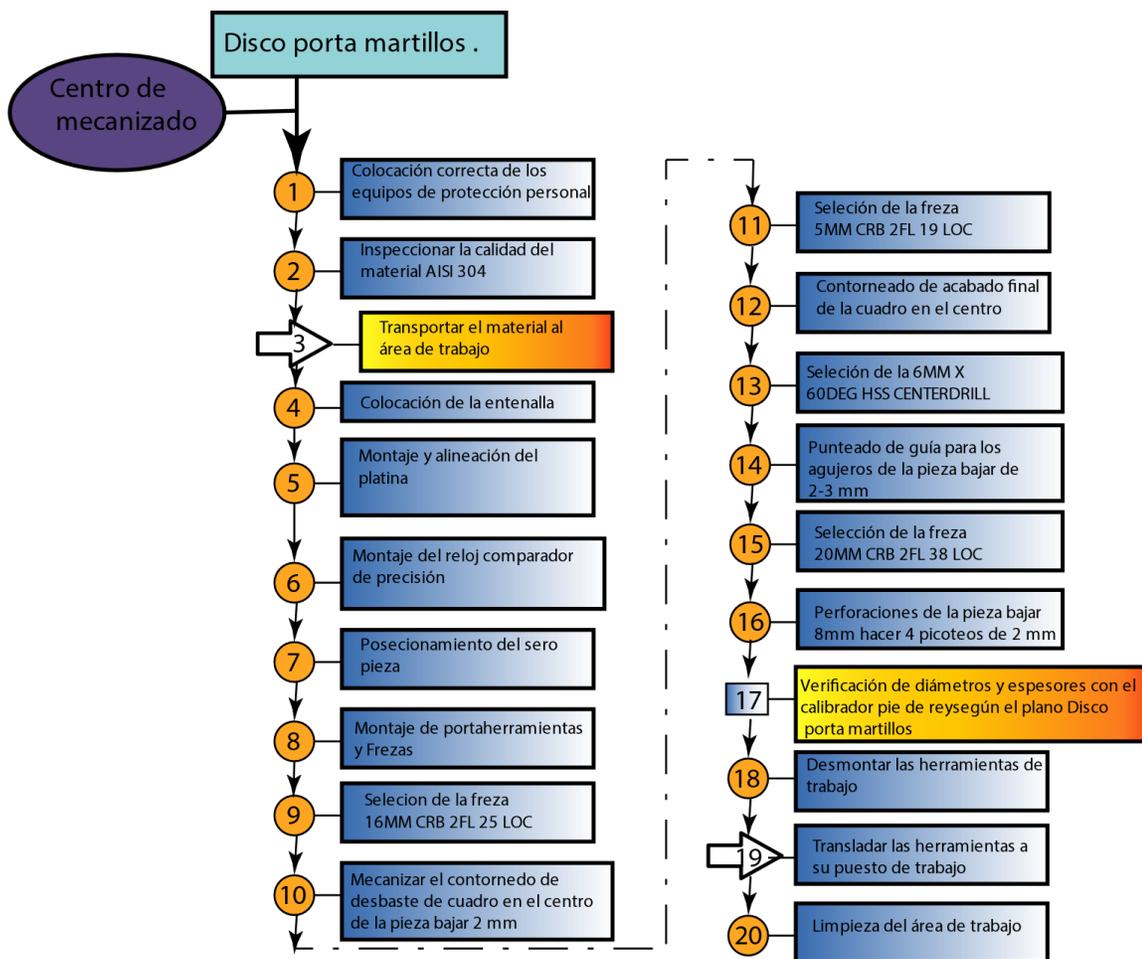


Diagrama Hombre – Máquina del eje principal

Se utiliza para mejorar las plantas de construcción de la trituradora, determinando los tiempos exactos de trabajo de la maquina y del operario para poder cuantificar los tiempos óptimos para la construcción de piezas, este flujograma se lo puede observar en el ANEXO A-20.

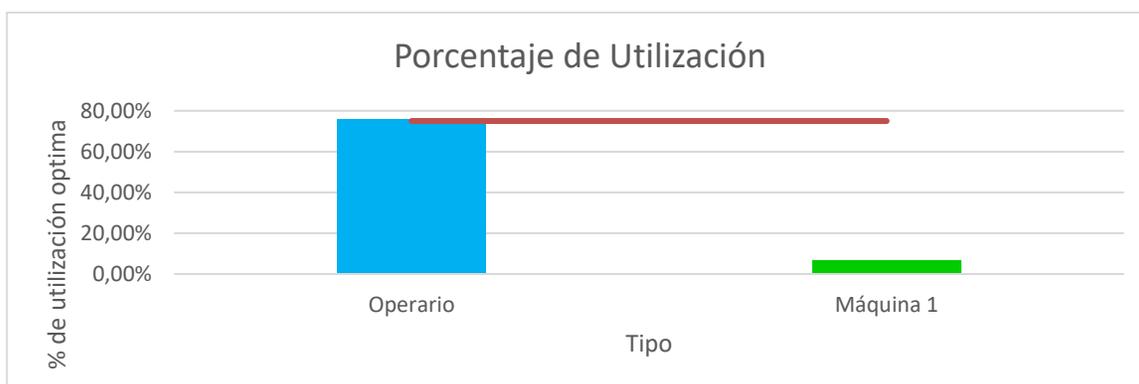
Tabla 37

Resumen y análisis de la información para la fabricación del eje principal.

Resumen y análisis de la información					
Tipo	Tiempo de operación (min)	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de inactividad (min)	% de Utilización	% de Utilización Optima
Operario	112	84,73	27,27	75,65%	75%
Máquina 1	112	7,50	104,5	6,70%	75%

Figura 60

Porcentaje de utilización operario - máquina del eje principal



Entonces tenemos que el ciclo de trabajo de la fabricación del eje principal dura un total de 112 minutos, donde se tiene que el operario trabaja es de 84.73 minutos lo cual representa un 75.65 % y el tiempo de trabajo de la maquina es de tan solo 7.5 min o el 6.7 %.

Donde se concluye que el tiempo de trabajo de la maquina está por debajo del 75% que el porcentaje optimo, caso contrario con el operario que esta sobre el 75% esto se debe a que el operario debe trabajar sus 8 horas que se considera día laboral.

Diagrama Hombre – Máquina del separador eje y carcasa

Entonces tenemos que el ciclo de trabajo de la fabricación del eje principal dura un total de 100 minutos, donde se tiene que el operario trabaja es de 74.23 minutos lo cual representa un 74.23 % y el tiempo de trabajo de la maquina es de tan solo 7.537 min o el 7.37 %.

Donde se concluye que tanto el tiempo del operario y de la maquina están por debajo del porcentaje óptimo de utilización de 75%.

ANEXO A-21.

Tabla 38

Análisis de la información para la fabricación del separador eje y carcasa

Sinopsis y estudio de la indagación					
Tipo	Tiempo de operación (min)	Tiempo de trabajo (seg)	Tiempo de stop (min)	% de Uso	% de Utilización Optima
Operario	100	74,23	25,77	74,23%	75%
Máquina 1	100	7,37	92,63	7,37%	75%

Figura 61

Porcentaje de utilización operario - máquina del martillo de impacto

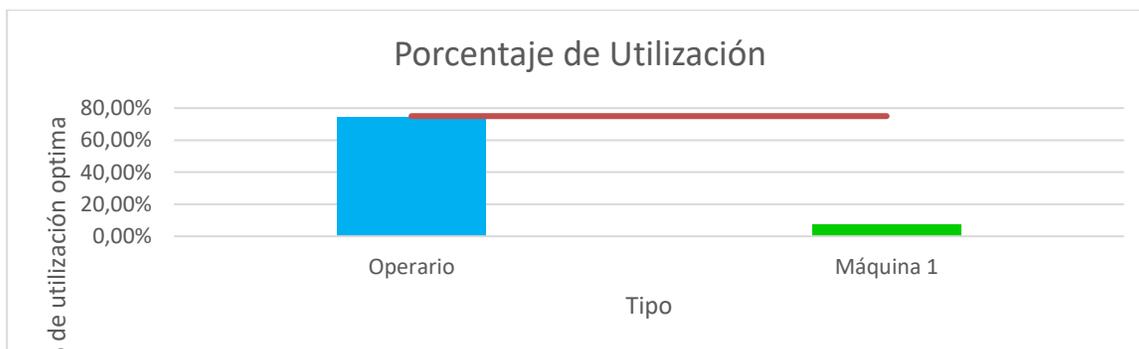


Diagrama Hombre – Máquina de la cuchilla

Entonces tenemos que el ciclo de trabajo de la fabricación del eje principal dura un total de 112 minutos, donde se tiene que el operario trabaja es de 54.90 minutos lo cual representa un 49.02 % y el tiempo de trabajo de la maquina es de tan solo 63.29 min o el 56.51 %.

Donde se concluye que tanto el tiempo del operario y de la maquina están por debajo del porcentaje óptimo de utilización de 75%.

ANEXO A-22.

Tabla 39

Análisis de la información para la fabricación de la cuchilla.

Resumen y análisis de la información					
Tipo	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo de acción (seg)	Tiempo de inactividad (min)	% de Utilización	% de Utilización Optima
Operario	112	54,90	57,1	49,02%	112
Máquina 1	112	63,29	48,71	56,51%	112

Figura 62

Porcentaje de utilización operario - máquina de la cuchilla

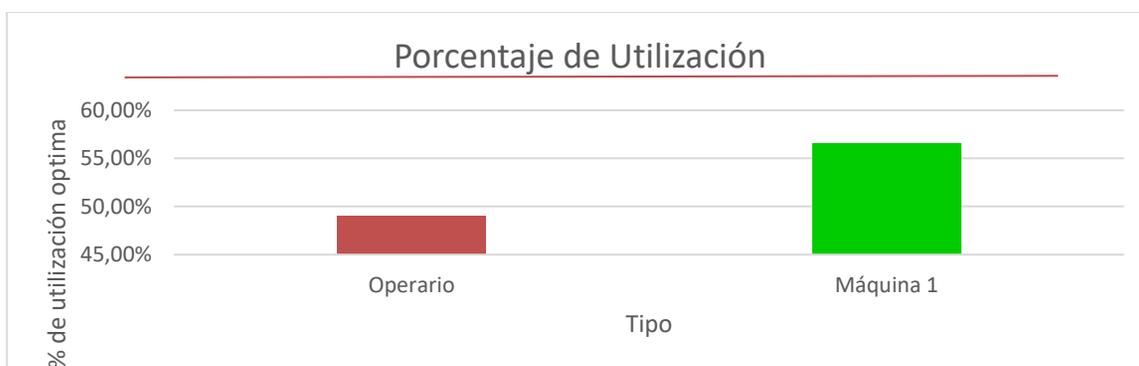


Diagrama Hombre – Máquina del Disco porta martillos

Entonces tenemos que el ciclo de trabajo de la fabricación del eje principal dura un total de 112 minutos, donde se tiene que el operario trabaja es de 54.90 minutos lo cual representa un 49.02 % y el tiempo de trabajo de la maquina es de tan solo 63.29 min o el 56.51 %.

Donde se concluye que tanto el tiempo del operario y de la maquina están por debajo del porcentaje óptimo de utilización de 75%.

ANEXO A-23.

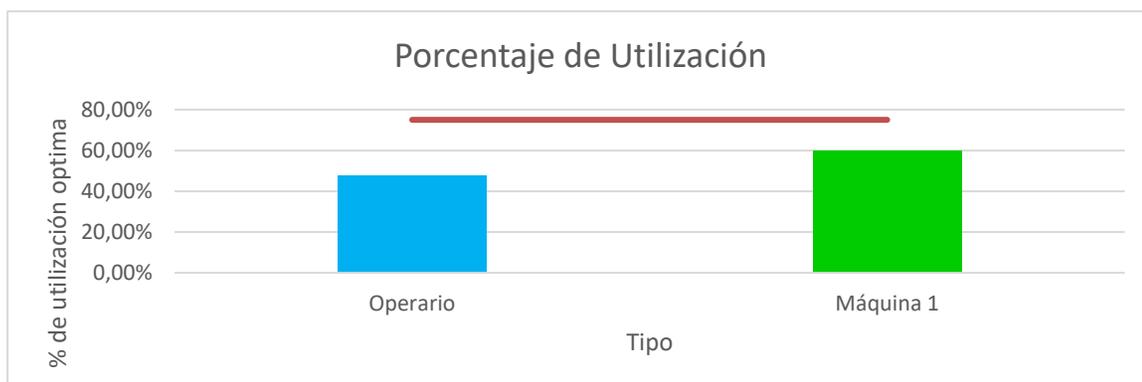
Tabla 40

Análisis de la información para la fabricación del disco porta martillos.

Sinopsis y estudio de la indagación					
Tipo	Tiempo del ciclo (min)	Tiempo de trabajo(seg)	Tiempo de stop (min)	% de Manejo	% de Uso eficiente
Operario	104	49,40	54,6	47,50%	75%
Máquina 1	104	62,29	41,71	59,89%	75%

Figura 63

Porcentaje de utilización operario - máquina del disco porta martillos.



Tiempo Patrón del Lapso de Trabajo Observado

Después de obtener las lecturas de tiempo medidas del ciclo de producción eje principal, disco porta martillos, cuchillas y separador del eje - carcasa, el siguiente paso es calcular el tiempo estándar usando la siguiente ecuación.:

$$T_s = t_o \times F_v \times (1 + f) \times (1 + f_s)$$

Ecuación 39

Tiempo de ciclo observado

Nota. (Andrade, 2021)

Donde:

t_o = Tiempo observado

F_v = Factor de valoración

f = Frecuencia

f_s = Factor de suplementos

Se requiere un promedio de 106 minutos según la hoja de fabricación del eje principal hombre máquina, además se utiliza las tablas de factores de Westinghouse para conocer los demás parámetros en la Ecuación 39, la cual concluye que para operaciones repetitivas el valor de la frecuencia es 1.

Tabla 41

Factor de valoración para el tiempo de ciclo actual

Factor de valoración	Valor del factor	Desempeño
Habilidad	+0,06	Bueno
Esfuerzo	+0,05	Bueno
Condiciones	0,00	Media
Consistencia	+0,03	Excelente
Total	+0,14	

Nota. Tomado de (Gastelo & Modesto, 2017)

Tiempo Modelo del Período de Trabajo para el Eje principal

Entonces el tiempo modelo total para el periodo de trabajo es:

$$T_s = 112 \times 1 \times (1 + 0,14) \times (1 + 0,15)$$

$$T_s = 146.83 \text{ minutos}$$

El tiempo que le toma al operario en fabricar 1 unidad ejes principales es de 146.83 minutos, como tenemos el tiempo que se demora en fabricar 1 eje principal procedemos a ver cuántos ejes se pueden hacer en el día ya que en promedio una jornada laborable es de 480 minutos.

$$P = \frac{480 \text{ min}}{146.83 \text{ min}} = 4 \text{ unidades}$$

Tiempo Estándar del Ciclo de Trabajo para el separador de eje-carcasa

Se tiene un promedio de 100 minutos de la hoja de observación de tiempos para la fabricación del separador de eje-carcasa, entonces el tiempo estándar total para el ciclo de trabajo es:

$$T_s = 100 \times 1 \times (1 + 0,14) \times (1 + 0,15)$$

$$T_s = 131,1 \text{ minutos}$$

El tiempo que le toma al operario en fabricar 1 unidad del separador de eje - carcasa es de 131.1 minutos por consiguiente se procede a calcular cuántos separadores se produciría en 8 horas laborables equivalente a 480 minutos.

$$P = \frac{480 \text{ min}}{131.1 \text{ min}} = 4 \text{ unidades}$$

Tiempo Estándar del Ciclo de Trabajo para la cuchilla.

Se tiene un promedio de 112 minutos de la hoja de observación de tiempos para la fabricación de la cuchilla, entonces el tiempo estándar total para el ciclo de trabajo es:

$$T_s = 112 \times 1 \times (1 + 0,14) \times (1 + 0,15)$$

$$T_s = 146.83 \text{ minutos}$$

El tiempo que le toma al operario en fabricar 1 unidad de la cuchilla es de 146.83 minutos por consiguiente se procede a calcular cuántos separadores se produciría en 8 horas laborables equivalente a 480 minutos.

$$P = \frac{480 \text{ min}}{146.83 \text{ min}} = 3 \text{ unidades}$$

Tiempo Estándar del Ciclo de Trabajo para el disco porta martillos.

Se tiene un promedio de 104 minutos de la hoja de observación de tiempos para la fabricación del disco, entonces el tiempo estándar total para el ciclo de trabajo es:

$$T_s = 104 \times 1 \times (1 + 0,14) \times (1 + 0,15)$$

$$T_s = 136.34 \text{ minutos}$$

El tiempo que le toma al operario en fabricar 1 unidad del disco porta martillos es de 136.34 minutos por consiguiente se procede a calcular cuántos separadores se produciría en 8 horas laborables equivalente a 480 minutos.

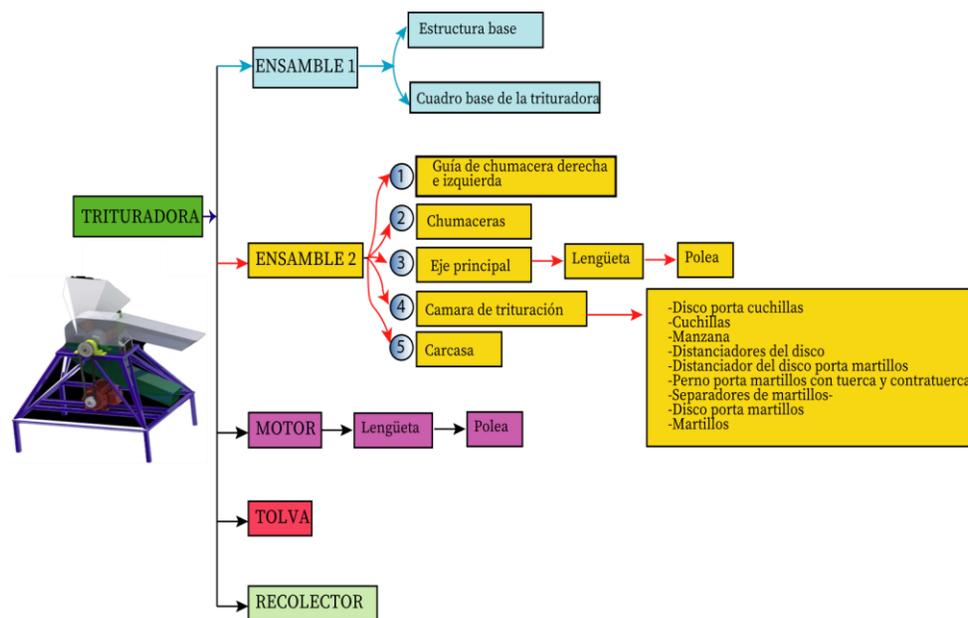
$$P = \frac{480 \text{ min}}{136.34 \text{ min}} = 4 \text{ unidades}$$

Fabricación de la trituradora de raíces de tomate

Una vez concluido los procesos de fabricación de las piezas, observar la **Figura 64** donde se procede al montaje final de la trituradora.

Figura 64

Diagrama del proceso de fabricación de la trituradora de raíces de tomate



Ensamble 1

En la Figura 65 se observa el proceso de fabricación de la estructura base de la trituradora desde la lectura de planos hasta los agujeros de la chumacera lo cual es la primera etapa dentro del ensamble de la máquina.

Figura 65

Diagrama de flujo del ensamble 1 estructura

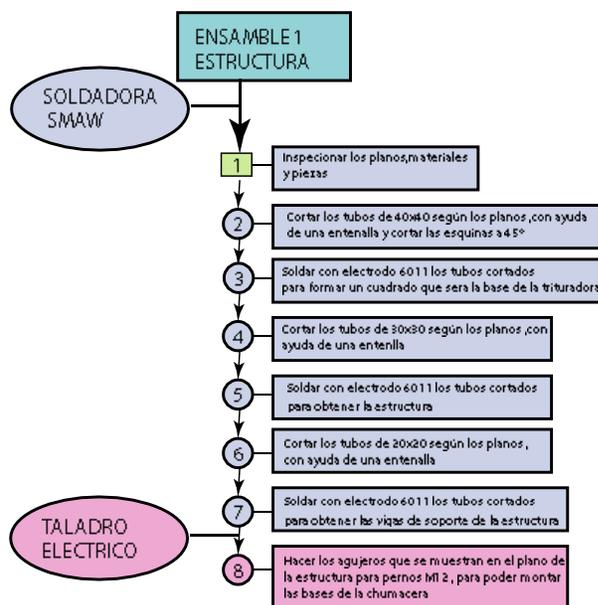
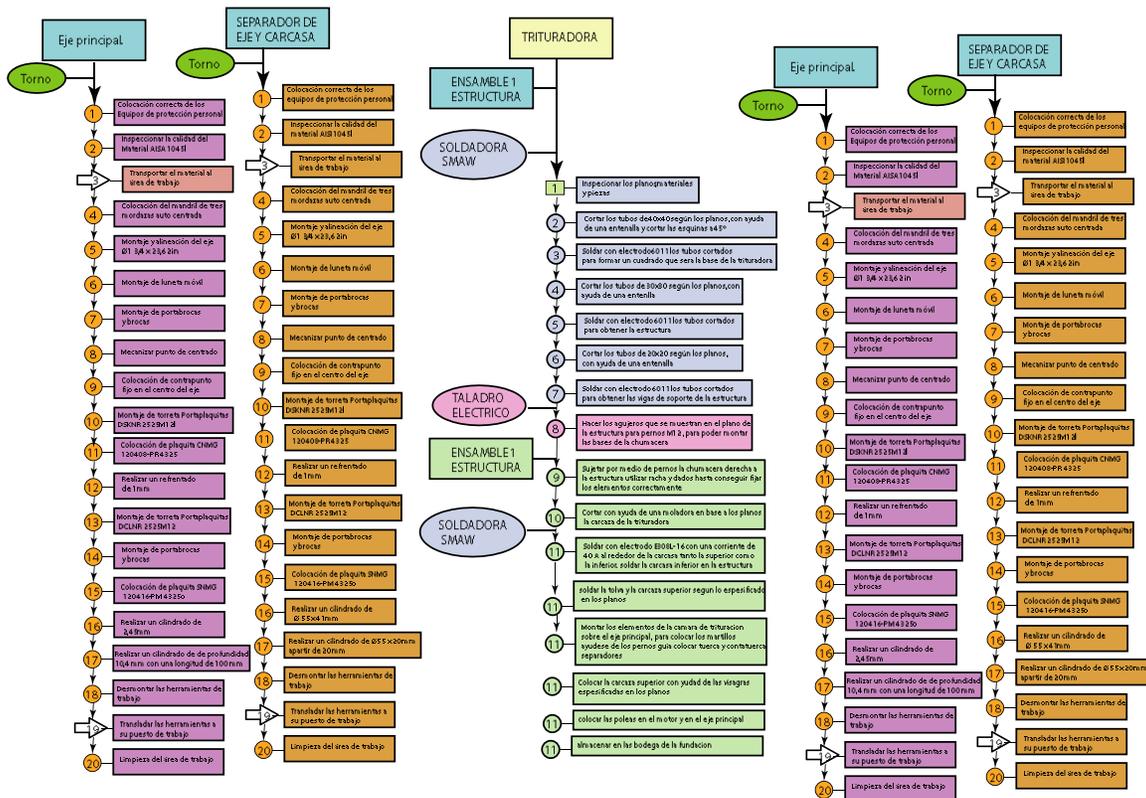


Figura 66

Diagrama de flujo del ensamble 1 Y 2



Diseño para el Montaje

Se consideran las operaciones, combinaciones, uniones, operaciones de sintonía y operaciones de verificación necesarias para el funcionamiento del mecanismo para su diseño. A partir del rediseño de la alternativa comercial, se optó por montar manualmente la máquina de ensayos de impacto, lo que supuso una reducción del 80% en los costes de montaje frente al montaje automático mediante sistemas robotizados, que requería una importante inversión y solo estaban disponibles en producción en serie. El diseño de ensamblaje impulsa a los ingenieros a rediseñar productos para reducir los costos de producción, el ensamblaje automático visual reduce un 50 % en comparación con el ensamblaje manual y el ensamblaje automático específico reduce un 75 % en relación con el ensamblaje, pero si se toma la

decisión de seguir el camino del rediseño, se otorga un porcentaje del 80% para mantener el montaje manual.

Montaje Manual

Se utiliza un montaje manual para simplificar el número de piezas, reducir la cantidad de movimientos de elementos para que su instalación y fijación sea simple, por lo que también se ajusta a la máquina trituradora según los principios de simetría y asimetría de piezas ajustables, para evitar la obstrucción o el atascamiento de piezas durante el almacenamiento y evite que las piezas sean excesivamente pequeñas o muy grandes para que no ocasionen dificultad al ensamblar.

Figura 67

Partes de la máquina trituradora

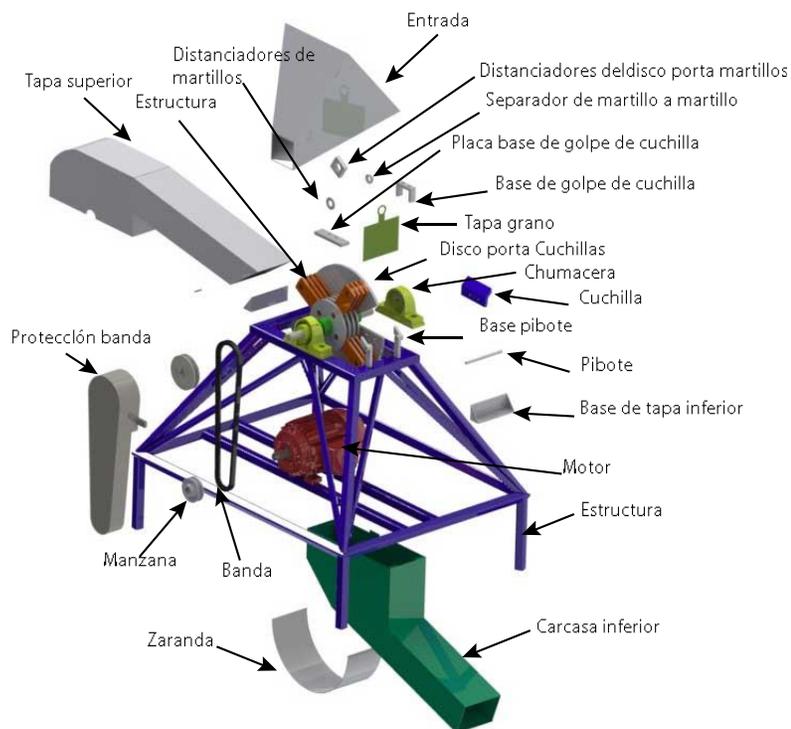
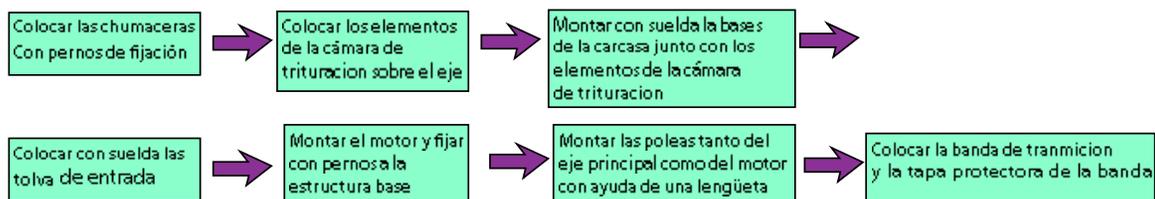


Figura 68*Proceso de montaje de la trituradora****Evaluación del Montaje Manual***

Las principales características que surgieron de la fase de diseño conceptual fueron una estructura sencilla que soporta y favorece el montaje manual, utilizando una o dos manos para limitar la orientación de las piezas ensambladas, minimizando el número de pernos y piezas soldadas, porque se sabe que cuando hay menos piezas hay menos riesgo de que la máquina se averíe. El número de piezas se considera entonces como un punto de ensamblaje crucial para garantizar que el producto final sea sencillo y que las interfaces mecánicas, de materiales, de energía y de señales se definan con precisión, todas las partes, excepto la estructura, están conectadas por partes atornilladas para que puedan ser desarmadas durante mantenimiento regular y desguace, dirigiendo la producción ya sea a la reutilización o al reciclaje.

Los efectos de la geometría y simetría de la trituradora se pueden ver en el ANEXO A-24, particularmente el tamaño y peso de la máquina y cómo estos afectan el tiempo que se tarda en operar con una o dos manos. Para medir el tiempo en segundos, se utilizaron las siguientes tablas: de la 43 a la 49. para garantizar la integridad en la evaluación de la capacidad de montaje del producto.

Una vez obtenidos los tiempos de procesamiento manual estimados que se muestran en los ANEXOS A-25. El siguiente paso es comparar la efectividad del ensamblaje con las ecuaciones manuales para la máquina trituradora.

$$E_{ma} = \frac{N_{min} \times t_a}{t_{ma}}$$

Donde:

N_{min} = Número mínimo de piezas del conjunto considerado (eliminando las que no son funcionalmente necesarias)

t_a = Tiempo genérico de montaje de una pieza (se toma $t_a = 5s$)

t_{ma} = Tiempo estimado para el montaje del producto real

Ecuación 40

Eficiencia de montaje

Nota. (Riba Romeva, 2002)

Se calcula la eficiencia de montaje de la máquina trituradora.

$$E_{ma} = \frac{148 \times 5}{1168.11}$$

$$E_{ma} = 0,634$$

$$E_{ma} = 63.4\%$$

Como resultado tenemos que la eficiencia en el montaje bajo la simetría geométrica α y β es de un 63.4% proporcionándonos unos tiempos estimados bastante favorables al momento del ensamble de la maquina

Inversión de la trituradora de raíces de tomate

Materiales, Componentes, Herramientas y mano de obra

En Tabla 42 se detallan los costos de los materiales que van a servir para la construcción de las piezas que constituyen la máquina trituradora.

Tabla 42

Componentes Estructurales

Descripción	Unidades	Costo Unitario	Costo Total	Proveedor
Perfil cuadrado de acero estructural A37 50x30	2	9,5	19	Metalhierro
Perfil cuadrado de acero estructural A37 30x30	3	8,9	26,7	Metalhierro
Perfil cuadrado de acero estructural A37 mmx20x20	1	7,4	7,4	Metalhierro
Eje de acero A304 L=516 mm $\Phi=42$	1	20	20	Metalhierro
Plancha acero inoxidable brillante AISI – 304 de 3 mm	2	43,27	86,54	Metalhierro
Platina inoxidable AISI – 304 L=150mm; Ancho=10 mm Alto=50 mm	12	2	24	Metalhierro
Plancha acero inoxidable mate AISI – 304	2	45	90	Metalhierro
Eje de acero A37 L=40mm; $\Phi=55$ mm	2	3	6	Metalhierro
Total			159,64	

Tabla 43*Componentes Mecánicos*

Descripción	Unidades	Costo Unitario \$	Costo Total \$	Proveedor
Rodamiento de bolas de una hilera $\Phi=25,4$ mm	2	12	24	ACEROS H.G.B.
chumaceras $\Phi=35$ mm	2	10	20	ACEROS H.G.B.
Perno DIN931 $\Phi=20$ mm Lonaitud:270 mm	4	1,5	6	ACEROS H.G.B.
Tuerca M20	16	0,25	4	LA CASA DEL PERNO
Perno DIN931 $\Phi=20$ mm Lonaitud:160mm	4	0,75	3	LA CASA DEL PERNO
Perno DIN931 $\Phi=20$ mm Lonaitud:30mm	8	0,25	2	LA CASA DEL PERNO
Arandela plana Φ ext. = 45 mm, Φ int= 20.5 mm, Espesor= 2 mm	32	0,1	3,2	LA CASA DEL PERNO
Rodela de presión PLG Galvanizada 1/4	8	0,03	0,24	LA CASA DEL PERNO
Total			62.44 \$	

Tabla 44*Componentes Eléctricos*

Descripción	Unidades	Costo Unitario \$	Costo Total \$	Proveedor
Motor eléctrico monofásico 4 HP 110V/220V 1800 rpm WEG	1	176,99	176,99	KYWI
Banda de caucho en BX30	1	2,23	2,23	KYWI
Switch interruptor 2 polos x 40 A Power veto	1	5,4	5,4	KYWI
Cable sólido # 10 L=4m	1	2,5	2,5	KYWI
		Total	110 \$	

Tabla 45*Costos de mano de obra*

Pieza	Trabajo que realizar	HORAS/COR TE/AGUGER OS	Costo	Cantidad	Costo total
Estructura base	Amoladora	corte	0,1	30	3
	Limadora	Horas	0,25	0,1	0,025
	soldadora	Horas	1,2	1	1,2
Tapa superior	Cortadora plasma	Horas	2	0,18	0,36
	Limadora	Horas	0,25	0,1	0,025
	Suelda	Horas	1,2	0,5	0,6
Tapa inferior	Cortadora plasma	Horas	2	0,18	0,36
	Limadora	Horas	0,25	0,1	0,025
	Suelda	Horas	1,2	0,5	0,6
Disco porta martillos	Cortadora plasma	Horas	2	0,8	1,6
	Centro de mecanizado	Horas	3,5	1,2	4,2
Distanciadores de disco	Cortadora plasma	Horas	2	0,25	0,5
Martillos	Taladrado	Agujero	0,1	32	3,2
	Corte plasma	Horas	2	2	4
Cuchilla	Centro de mecanizado	Horas	3,5	0,5	1,75
	Tratamiento térmico	Horas	5	2	10
Placas base	Cierra eléctrica	corte	0,2	2	0,4
	Cierra	corte	0,2	4	0,8
	soldadora	Horas	1,2	0,25	0,3
Bisagra	Taladrado	Agujero	0,1	2	0,2
	Cierra	Cortes	0,2	2	0,4
	Limadora	Horas	0,25	0,15	0,0375
Separador de eje y carcasa	Torneado	Horas	2	2	4
	Taladrado	Agujero	0,1	2	0,2
Eje principal	Torneado	Horas	2	1,2	2,4

Pieza	Trabajo que realizar	HORAS/CORTE/AGUGEROS	Costo	Cantidad	Costo total
	Fresadora	Horas	2	0,1	0,2
Disco porta	Cortadora plasma	Horas	2	0,5	1
cuchillas	Taladrado	Agujero	0,1	5	0,5
				Total	41,8825

Tabla 46

*Herramientas y Equipos***Herramientas y Equipos**

Descripción	Unidades	Costo Unitario \$	Costo Total \$
Electrodos 6011	4	3,5	14
Set de brocas helicoidales de acero	5	1	5
Juego de llaves mixtas	1	32	32
Sierra manual	2	4,5	9
SERRUCHO	1	4	4
Juego de destornilladores	1	20	20
Alicate	1	7	7
Pela cables	1	6	6
Martillo	1	9	9
Lija de acero y madera	10	0,35	3,5
Casco de soldar	2	17	34
Gafas de protección	2	3,5	7
Conectores eléctricos	30	0,12	3,6
Manguera corrugada	10	0,65	6,5
		Total	156,6 \$

Consumo de Máquinas Eléctricas

Tabla 47

Consumo eléctrico por horas

Descripción	kW consumido	Horas al día	kWh/día	Costo del kW/hora	\$ kW de las operaciones
Soldadora de arco eléctrico	6	1	6	0,09	0,54
Torno	50	3	150	0,09	13,5
Taladro eléctrico	1	2	2	0,09	0,18

Descripción	kW consumido	Horas al día	kWh/día	Costo del kW/hora	\$ kW de las operaciones
Centro de mecanizado	70	3	210	0,09	18,9
Amoladora angular	1	2	2	0,09	0,18
Compresor	1	2	2	0,09	0,18
				Total	33,48 \$

Se calculó un total de USD 607.70 para la compra de materiales, alquiler de herramientas, alquiler de maquinarias y la mano de obra para la fabricación. A esto le sumamos un consumo eléctrico de USD 33.48 \$ en 16 horas de trabajo de las máquinas y un costo de 30\$ en mano de obra para el ensamble de la máquina y la pintura de los elementos que conforman la coraza y la estructura dándole una mejor estética a la maquina y editando que no se presente corrosión en la estructura el precio es de 40 \$ sumándole a los 677.70\$ un 10% más de un costo por algún imprevisto nos da un costo total de la máquina trituradora de 744.47 \$.

En páginas como mercado libre en ecuador se puede conseguir una maquina sin la función de moler granos por un precio de 1989\$ más el costo de IVA y el transporte de la máquina.

El precio de la máquina comercial o importada es de 1300 más el AD-VALOREM (Arancel cobrado de las mercancías), FODINFA (Fondo de desarrollo para la infancia), IEC (impuesto a los consumos especiales), IVA (impuesto al valor agregado). con todos estos impuestos y aranceles y el peso de la maquina puede llegar a tener un valor de hasta 2 o 4 veces el costo inicial por lo que no sería una opción muy viable para el microempresario o productor de tomate. (Andrade, 2021)

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se determinó que para lograr un diseño conceptual ordenado y consecuente, se aplica un proceso sistemático el cual permite obtener datos y variables confiables con ayuda de simulaciones estructurales, montaje manual y fabricación que contribuyan con la culminación exitosa del proyecto.

Los parámetros utilizados con el objetivo de diseñar una máquina trituradora de raíces de plantas de tomate con una capacidad de 150 kg por hora y un tamaño óptimo de viruta de entre 2 a 5 mm, para posteriormente elaborar compostaje para los cultivos de tomate de la zona de Salache que son beneficiarios de la fundación AYLLU APU FAA.

Se encontró que la ingeniería concurrente junto con la metodología desing thinking vincula los requerimientos del cliente y los parámetros que puede aportar el profesional en el área de diseño con énfasis en que la máquina cumpla la función de trituración de raíces de tomate para su posterior elaboración de compostaje, es importante señalar que deben proporcionar virutas de un tamaño adecuado para hacer compost apto para los cultivos de tomates.

Se logró con éxito el objetivo planteado en la tesis, que era diseñar una máquina que triturara de raíces de tomate la cual necesita una fuerza de ruptura de 64.13 N para realizar la tarea designada según los cálculos realizados, bajo el modelo de desing thinking el cual es proponer innovación al producto se modificó un poco la carcasa para poder moler muchos más productos como morocho para consumo de aves , maíz y cebada para el consumo humano ya que tiene una fuerzas de ruptura menor a la que proporciona la trituradora, la selecciono minuciosamente de los materiales de construcción de la maquina como lo es el acero inoxidable nos asegura que no abra tanto corrosión como contaminación alimentaria por oxido de las piezas de la cámara de trituración.

Se diseñó la cámara de trituración en software CAD (Diseño asistido por computadora) y se comprobó los resultados del diseño con el uso de softwares CAE (Ingeniería asistida por computadora) con el fin de evitar la construcción de la máquina física, como resultados del análisis realizado se obtuvo los siguientes valores deformación total de 0.005539 mm, un esfuerzo principal de Von Mises de 3.0966 MPa y un factor de seguridad de 15.

se obtuvo los diagramas hombre maquina a través de la hojas de procesos y diagramas de flujo los mismos que indican la cantidad de material y los tiempos de zona muerta que se generan las distancias entre áreas de producción .entonces el tiempo de fabricación del eje principal es de 112 minutos, el separador del eje y carcasa tiene un tiempo de fabricación de 100 minutos, la cuchilla se la puede fabricar en 112 minutos el disco porta martillos nos toma unos 112 minutos fabricarlo, y que la tasa de utilización optima se establece en un 75% , es necesario tomar en cuenta que tanto la máquina como el operador cumplen sus 8 horas de trabajo en un día laboral lo cual limitaría la producción a gran escala de las piezas de la máquina trituradora.

El montaje para la manipulación de componentes , unión y ajuste de las piezas será de forma manual para garantizar que la trituradora tenga un funcionamiento óptimo durante sus jornadas de trabajo, los tiempos de manipulación ya sea con las manos o con ayuda de útiles se los determino con los efectos de simetría α y β , por lo tanto tenemos que la eficiencia de montaje de la maquina es de un 63.4 % el factor de complejidad de 40.5% (este factor es gracias a la facilidad de ensamble de los elementos que forma la trituradora) y un número de piezas igual a 148.

Recomendaciones

Se recomienda que la construcción de la máquina trituradora se la realice según especificaciones de los planos y procedimientos de montaje manual.

Se recomienda realizar diferentes mallados en el software Ansys sobre los objetos según lineamientos de ingeniería para reducir el consumo de recursos de cómputo, pero obtener resultados correctos y evitar errores de convergencia al exceder la resolución del modelo matemático.

Se aconseja que la estructura de soporte de la trituradora sea pintada con pintura anticorrosiva para evitar el deterioro y garantizar que no contamine los productos que serán molidos y cause efectos secundarios nocivos en los consumidores.

se recomienda implementar tanto mantenimientos preventivos como correctivos para extender la vida útil de la trituradora de raíces de plantas de tomate.

Bibliografía

- AGUIRRE, J. D. C. (2020). DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA PLÁSTICO PET. *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA*, 1, 110.
- Alvarez Rodriguez, B. (2006). Análisis de la influencia de los modelos de distribución de tamaño de partículas en la determinación de consumos energeticos en molienda mediante el método Bond. *Psicothema*, 18(1997), 342–347.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17295951>
- Andrade, D. M. (2021). Implementación de la Ingeniería Concurrente para el Diseño de un Sistema de Ensayo a Carga de Impacto IK en Luminarias de Alumbrado Público de Acuerdo a la Norma IEC 60068-2-75 para el Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- BALLESTEROS, M, G. P. R. (2015). *Desarrollo De Un Producto Derivado Del Tomate Y Su Proceso De Transformación En La Finca Productora “El Regalito” De Fómeque, Cundinamarca*. 49(23–6).
- BERMEO, D. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS TRITURADOR DE GRANOS PARA GRANJAS AVÍCOLAS*.
- Bernales, H. P. (2015). *Metodología dfma de rediseño del conjunto estructural electrosoldado de una máquina*. 1–140.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. A. (2010). Product Design for Manufacture and Assembly. In *Product Design for Manufacture and Assembly*.
<https://doi.org/10.1201/9781420089288>
- BRENNAN, J. G., BUTTERS, J. ., COWELL, N. ., & LILLEY, A. E. . (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos - Editorial Acribia, S.A.* (Vol. 1).
https://www.editorialacribia.com/libro/las-operaciones-de-la-ingenieria-de-los-alimentos_54043/

- Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*.
- Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., & Cabana-Villca, R. (2014). Design thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación Design thinking: how to guide students and business entrepreneurs in the application. *Revista Ingenieria Industrial*, XXXV(3), 1815–5936.
- CÉSPEDES, J. A. P. (2013). *Diseño Y Construcción De Un Molino Artesanal Para La Molienda De Granos Secos De Capacidad 250 Kg/H*. 142.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6940/1/CD-5195.pdf>
- Chagoyén, C., Monteiro, L., Moya, J., Machado, Á., & Campos, Y. (2016). DESIGN OF IMPACT TEST MACHINE TYPE CHARPY OF 50 J. *ITEGAM- Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA)*, 2(8). <https://doi.org/10.5935/2447-0228.20160046>
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquiliano, N. (2009). ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. In *Gestion-Calidad.com* (Mc Graw Hi). https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf
- CORP, 911METALLURGY. (2022). *HAMMER MILLS - 2022 ' S BEST MODELS*. 1–8.
- Fuentelsaz Gallego, C. (2012). Cálculo del Tamaño de muestra. *Matronas Profesión*, 5(18), 5–13.
- Gastelo, H., & Modesto, P. (2017). “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE EL USO EFICIENTE DE LA MANO DE OBRA DIRECTA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN PLÁSTICOS EN CIPLAST PERÚ S.A.C.” In *Universidad Privada del Norte*.
- Gere, J., & Goodno, B. J. (2012). *Mecánica de Materiales* (Vol. 1).
- Guzman, J., & Grandes, N. (2018). Universidad técnica de cotopaxi. *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad*, 1, 101. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI->

000727.pdf

Hibbeler, - R. C. (2004). *Mecánica Vectorial para Ingenieros - DINÁMICA* (10ma Edici).

Iso, U. (2000). *española*.

Iso, U., Del, E., & Iso, D. U. (2008). *española*. 17–19.

Jaramillo, H., & Ruiz, A. (2003). ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA PRUEBA DE IMPACTO TIPO CHARPY MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS. *ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA PRUEBA DE IMPACTO TIPO CHARPY MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS*, 1(21), 89–94.
<https://doi.org/10.22517/23447214.7501>

Jayasekara, R. S. (2012). Focus groups in nursing research: Methodological perspectives. *Nursing Outlook*, 60(6), 411–416. <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2012.02.001>

Kumar, I. M. S., & Kumar, D. T. R. H. (2015). Design and Development Of Agricultural Waste Shredder Machine. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(10), 164–172.

Lazo;, O. R., & Rojas, L. R. (2006). *Diseño de productos asistidos por realidad virtual inmersa*.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76820304>

Liu, J., Li, Z., & Li, P. (2021). *Springer Tracts in Mechanical Engineering Rapid Damage-Free Robotic Harvesting of Tomatoes Springer Tracts in Mechanical Engineering*.

Morales Toapanta, E. E. (2010). Diseño y construcción de un dosificador y empacador de producto alimenticio molido y seco de 50 gr. *Mecatronica.Espe.Edu.Ec*, 108.
<http://mecatronica.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2012/07/DISEÑO-Y-CONSTRUCCION-DE-UNA-MAQUINA-DOSIFICADORA-Y-EMPACADORA-CONTROLADA-POR-PLC-PARA-LA-LINEA-DE-PRODUCCION-DE-SNACKS-DE-LA-EMPRESA-ECUAMEX-SA.-de-Mauricio-y-Ale.docx>

Mott, R. (2009). *Resistencia de Materiales*.

NTE 2176. (2006). Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. *Instituto Ecuatoriano de*

Normalización, 21.

- Nwoke, C. M., Hande, A. S., & Padole, V. (2015). Design & Fabrication of Portable Organic Waste Chopping Machine to Obtain Compost Related papers MET HODOLOGY FOR DESIGN & FABRICAT ION OF PORTABLE ORGANIC WAST E CHOPPING MAC... IJIRST-Int ernat ional Journal for Innovat ive Research in Science and Technol. *IJIRST-International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2. www.ijirst.org
- Patricia Martinez, Gustavo Garcia, Germán Sánchez, C. V. (2007). Evaluacion preliminar de activadores biologicos para el compostaje de residuos de tomate. *Planta*, 8(1), 44–56.
- Portalanza, Luis Rodriguez, I. (2013). *Diseño y construcción de una máquina trituradora de restos alimenticios y farmacéuticos fuera de especificación en envases de Tetra pak y recipientes plásticos*. 169.
- Pozo, D. (2013). Estudio del proceso de trituración de los residuos sólidos orgánicos para reducir la contaminación residual en el Mercado Mayorista de Ambato. In *Gestión de Residuos Sólidos*.
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
- R, V. (2002). Lycopersicum esculentum: Una breve historia del tomate. *Horticultura (2002) (Siglo XVI) 1-9*, 4(3), 57–71. <http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>
- Ramos, R., & Wert, A. (2014). *Design thinking en español*. Designthinking.Es.
<https://www.designthinking.es/inicio/index.php>
- Riba Romeva, C. (2002). Diseño concurrente. In *Ediciones UPC, España*.
- Richard G, Budynas J, K. N. (n.d.). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición*.
- SOUZA, F. RHEINGANTZ, P. (2004). *Observação Incorporada , Experiência E Empatia Na Apo Com Ênfase Na Educação Infantil*. 1.
- Zambrano, L. (2004). *Diseño De Una Maquina Picadora De Rastrojo, Para Produccion De*

ANEXOS