



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE ELEMENTOS NO
VULCANIZADOS DE UN NEUMÁTICO PARA LA FÁBRICA OQ CAUCHOS
RECICLAJE INDUSTRIAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: RAÚL SANTIAGO ORDÓÑEZ QUITO

TUTOR: ING. NELSON GUSTAVO JARA COBOS, PhD.

Cuenca - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Raúl Santiago Ordóñez Quito con documento de identificación N° 0104132618, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 29 de marzo del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**RAUL SANTIAGO
ORDONEZ QUITO**

Raúl Santiago Ordóñez Quito

0104132618

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Raúl Santiago Ordóñez Quito con documento de identificación N° 0104132618, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño de una máquina trituradora de elementos no vulcanizados de un neumático para la fábrica OQ Cauchos Reciclaje Industrial”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de marzo del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
RAUL SANTIAGO
ORDONEZ QUITO

Raúl Santiago Ordóñez Quito

0104132618

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nelson Gustavo Jara Cobos con documento de identificación N° 0102679644, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS DE UN NEUMÁTICO PARA LA FÁBRICA OQ CAUCHOS RECICLAJE INDUSTRIAL, realizado por Raúl Santiago Ordóñez Quito con documento de identificación N° 0104132618, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de marzo del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**NELSON
GUSTAVO JARA
COBOS**

Ing. Nelson Gustavo Jara Cobos, PhD.

0102679644

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi familia, en especial a mis padres Rosa y Raúl, por ser mi apoyo y mi refugio a lo largo de mi vida, dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas, siempre con su ejemplo de trabajo duro y dedicación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida y la fortaleza para culminar esta etapa de mi vida. De igual manera a cada una de las diferentes personas que me brindaron su apoyo y ayuda para la finalización de este proyecto.

Un agradecimiento especial al Dr. Nelson Jara quien con su conocimiento supo ser un guía para la investigación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

1. Tema.....	18
2. Introducción.....	18
3. Planteamiento del Problema	18
3.1 Antecedentes.....	18
3.2 Definición del Problema	19
3.2.1 Problema General.....	19
3.2.2 Problemas Específicos	19
4. Objetivos.....	19
4.1 Objetivo General.....	19
4.2 Objetivos Específicos	20
5. Marco Teórico Referencial	20
5.1 La Regla de las Rs del Reciclaje	20
5.2 El Caucho	20
5.2.1 Caucho Natural y Sintético	21
5.2.2 Propiedades físicas y químicas	21
5.2.3 Aplicaciones del caucho natural	22
5.2.4 Reciclaje de Caucho	23
5.3 Componentes de un neumático.....	23
5.3.1 Estructura de los neumáticos	24
5.3.2 Composición química de un neumático.....	25
5.3.3 Construcción de un neumático	25
5.4 Obtención de SCRAP	28
5.4.1 Partes sobrantes no vulcanizadas de un neumático SCRAP-3.....	29
5.4.2 Problemática de deshechos.....	30
5.4.3 Métodos de recuperación y reutilización de materiales no vulcanizados.	31
5.5 Métodos de Recuperación del SCRAP-3	33
5.5.1 Procesos Térmicos	33
5.5.2 Incineración	34
5.5.3 Manipulación Mecánica	34
5.6 Trituradoras.....	35
5.6.1 Trituradoras de 1 eje	35
5.6.2 Trituradoras de 2 ejes.....	36

5.6.3	<i>Trituradoras de 4 ejes</i>	37
5.7	<i>Definición de los factores de influencia del diseño</i>	38
6.	<i>Metodología de diseño</i>	38
6.1	<i>Parámetro de Diseño</i>	39
6.2	<i>Selección de Preferencias Para la Maquina</i>	40
6.2.1	<i>Estudio Práctico</i>	40
6.2.1	<i>Elaboración de Concepto</i>	40
6.2.2	<i>División Modular</i>	41
6.2.2.1	<i>Módulo 1: Preparación de Material</i>	41
	<i>Evaluación y Selección de Módulos</i>	43
6.2.2.2	<i>Módulo 2: Análisis de Triturado</i>	44
7.	<i>Diseño para la Fabricación</i>	51
7.1	<i>Torque Requerido para la Trituración</i>	52
7.2	<i>Diseño de Eje</i>	54
7.3	<i>Diseño de Engranaje</i>	55
7.4	<i>Diagrama de Cuerpo Libre en todo el Diseño</i>	57
7.5	<i>Diagramas de Cortante y Momento Flector</i>	58
7.6	<i>Calculo del Factor de Seguridad</i>	60
7.7	<i>Cálculo del diámetro</i>	64
7.8	<i>Análisis de deformación del eje</i>	68
7.9	<i>Diseño de la Caja de Trituración</i>	70
7.10	<i>Diseño de la estructura de Soporte</i>	71
7.11	<i>Análisis de Chaveta y Chavetero</i>	75
7.12	<i>Selección del Rodamiento</i>	76
7.13	<i>Selección de Motorreductor</i>	76
7.14	<i>Selección de Acople</i>	77
7.15	<i>Diseño de la Tolva</i>	77
7.16	<i>Selección del Sistema de Control</i>	78
8.	<i>Simulación</i>	78
8.1	<i>Análisis del Eje</i>	79
8.2	<i>Análisis de Cuchilla</i>	84
8.3	<i>Análisis de Rueda Dentada</i>	89
8.4	<i>Análisis a la Tapa Frontal porta Chumaceras</i>	94
8.5	<i>Análisis de Estructura</i>	100
9.	<i>Costos de Fabricación</i>	107
10.	<i>Conclusiones</i>	110

11.	<i>Recomendaciones:</i>	111
12.	<i>Bibliografía</i>	112
13.	<i>Anexos</i>	114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Unidad Estructural del Caucho Natural. Fuente:(Luna Morocho 2013).....	21
Figura 2: Caucho Natural y Caucho Sintético. Fuente:(Villa s. f.)	21
Figura 3:Cadena de Polímero del Caucho Natural. Fuente:(Mansilla 2012)	22
Figura 4:Neumático Diagonal. Fuente: (Gallardo Bastidas 2013)	24
Figura 5:Neumático Radial. Fuente: (Gallardo Bastidas 2013)	25
Figura 6:Forma de Rodamiento. Fuente:(Castro,2008).....	26
Figura 7: Forma de una Carcasa. Fuente: (Castro,2008).....	27
Figura 8: Forma de un Neumático Verde. Fuente: (Castro,2008).....	27
Figura 9: Prensado de neumático. Fuente: (Castro,2008).	28
Figura 10: Cadenas de hule por acción del azufre. Fuente:(Luna Morocho 2013)	28
Figura 11: Breaker (Cimas de caucho entretejidas con alambre). Fuente: [OQ Cauchos]......	29
Figura 12: Desperdicio de Caucho. Fuente: [OQ Cauchos]......	29
Figura 13: Carcasas. Fuente: [OQ Caucho].....	30
Figura 14: Forma del Brecker. Fuente: [OQ Cauchos].	30
Figura 15:Guillotina Hidráulica. Fuente: [OQ Cauchos].	31
Figura 16: Cortadora Circular. Fuente: [OQ cauchos].	31
Figura 17: Laminado de Caucho. Fuente: [OQ Cauchos].	31
Figura 18:Material a obtener para ingresar a una Trituradora de Martillo pedazos de 4x4cm. Fuente: [OQ Cauchos].....	32
Figura 19:Trituradora de Martillo. Fuente: [OQ Cauchos].	32
Figura 20:Productos obtenidos Caucho y Alambre. Fuente: [OQ Cauchos].....	32
Figura 21:Llantas de Carretilla. Fuente: [OQ Cauchos].....	33
Figura 22:Proceso de Pirolisis. Fuente: (Pérez 2010)	34
Figura 23: Trituradora de 1 Eje. Fuente: (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018)	36
Figura 24:Descripción de Funcionamiento. Fuente: (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018) 36	
Figura 25:Trituradora de 2 Ejes. Fuente: (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018).....	36
Figura 26:Descripción de Funcionamiento. Fuente: (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018) 37	

Figura 27: Trituradora de 4 Ejes. Fuente:(Méndez Peñaloza y Solano Arias 2010).....	37
Figura 28: Descripción de Funcionamiento. Fuente: (Méndez Peñaloza y Solano Arias 2010).	37
Figura 29: Láminas de Brecker 6mm. Fuente: [OQ Cauchos].....	39
Figura 30: Diagrama Funcional Nivel 0. Fuente: [Autor].....	40
Figura 31:Diagrama Funcional Nivel 1. Fuente: [Autor].....	41
Figura 32. Diagrama Funcional Nivel 2. Fuente: [Autor].....	41
Figura 33:Sistema de Corte en el Brecker. Fuente: [Autor].....	51
Figura 34:Disposición de ángulos. Fuente: [Autor]	52
Figura 35:Cuchilla.Fuente: [Autor].....	52
Figura 36: Engranajes Rectos. Fuente: (Shigley,2008).....	55
Figura 37: Fuerzas en las Ruedas Dentadas. Fuente:(R.LNorton,2011)	55
Figura 38: Resistencia del diente en los engranajes. Fuente: (R.G. B y J.K Nisbelt,2008).	56
Figura 39: Engranaje Recto Simulación. Fuente: [Autor].....	57
Figura 40: Diagrama de Cuerpo Libre en el plano XY. Fuente: [Autor].	57
Figura 41:Diagrama de Cuerpo Libre en el plano XY. Fuente: [Autor].	58
Figura 42:Diagrama de Cuerpo Libre en el plano XZ. Fuente: [Autor].....	58
Figura 43:Diagrama de Cuerpo Libre Resuelto. Fuente: [Autor].....	58
Figura 44:Diagrama de Fuerza Cortante en el plano XY. Fuente: [Autor].	59
Figura 45:Diagrama de Momento Flector en el plano XY. Fuente: [Autor].	59
Figura 46:Diagrama de Fuerza Cortante en el plano XZ. Fuente: [Autor].	59
Figura 47:Diagrama de Momento Flector en el plano XZ. Fuente: [Autor].	60
Figura 48:Relación entre límite de fatiga y esfuerzo ultimo Acero (AISI4340). Fuente:(V.Faires,2011).....	62
Figura 49:Factores Superficiales para el acero diferentes acabados. Fuente:(Ramos Quispe 2019)	63
Figura 50: Condición del factor de Tamaño. Fuente: (R. LNorton,2011).....	63
Figura 51:Variación del factor de tamaño vs diámetro. Fuente:(Budynas, Keith,2008pag.647)	63
Figura 52:Factores de Confiabilidad. Fuente: (R. LNorton,2011, pág. 265).	64

Figura 53:Factor de concentración de esfuerzo para eje a flexión. Fuente: (R. LNorton,2011, pág. 268).....	65
Figura 54:Sensibilidad de las entallas para las cargas axiales y de Flexión. Fuente: (R. LNorton,2011, pag.270).....	66
Figura 55:Fuerza Puntual ejercida por las Cuchillas. Fuente: [Autor].....	69
Figura 56: Fuerzas que intervienen en el Eje. Fuente: [Autor].	69
Figura 57:Coeficiente de Seguridad Simulado en Inventor. Fuente: [Autor].....	70
Figura 58:Diagrama de cargas actuantes sobre la estructura. Fuente: [Autor].....	72
Figura 59:Diagrama del cuerpo libre cargas sobre elemento. Fuente: [Autor].	73
Figura 60:Diagrama de Fuerzas Cortantes en el Soporte Horizontal. Fuente: [Autor].	74
Figura 61:Diagrama de Momento Cortante del Soporte Horizontal. Fuente: [Autor].	74
Figura 62 Diseño de la Tolva Fuente: [Autor].	78
Figura 63:Tensión Von Mises simulación del Eje. Fuente: [Autor].	83
Figura 64:Coeficiente de Seguridad Simulación del Eje. Fuente: [Autor].....	83
Figura 65:Desplazamiento en X del Eje. Fuente: [Autor].....	83
Figura 66: Desplazamiento en y del Eje. Fuente: [Autor].....	84
Figura 67:Desplazamiento en y del Eje. Fuente: [Autor].....	80
Figura 68:Tensión de Von Moises Simulación de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	83
Figura 69:Coeficiente de Seguridad Simulación de la Cuchilla. Fuente: [Autor].	88
Figura 70:Desplazamiento en X Cuchilla. Fuente: [Autor].	88
Figura 71: Desplazamiento en Y de la Cuchilla. Fuente: [Autor].	88
Figura 72: Desplazamiento en Z de la Cuchilla. Fuente: [Autor].	89
Figura 73:Fuerza tangencial sobre el diente de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].....	90
Figura 74:Tensión de Von Mises Simulación Rueda Dentada. Fuente: [Autor].....	92
Figura 75:Coeficiente de Seguridad. Fuente: [Autor].	93
Figura 76: Desplazamiento en X de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	93
Figura 77: Desplazamiento en Y de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	93
Figura 78: Desplazamiento en Z de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	94

Figura 79: Aplicación de la Fuerza 1 en la Tapa. Fuente: [Autor].....	91
Figura 80: Aplicación de la Fuerza 2 en la Tapa. Fuente: [Autor].....	92
Figura 81: Tensión de Von Misses en la Tapa. Fuente: [Autor].	94
Figura 82:Coeficiente de Seguridad de la Tapa. Fuente: [Autor].	94
Figura 83:Desplazamiento de X de la Tapa. Fuente: [Autor].	95
Figura 84:Desplazamiento de Y de la Tapa. Fuente: [Autor].	95
Figura 85:Desplazamiento en Z de la Tapa. Fuente: [Autor].....	95
Figura 86: Fuerza en la Estructura. Fuente: [Autor].	102
Figura 87:Tensión de Von Mises en la Estructura. Fuente: [Autor].	100
Figura 88: Coeficiente de Seguridad. Fuente: [Autor].	100
Figura 89: Tensión YY de la estructura. Fuente: [Autor].	101
Figura 90:Desplazamiento en X de la Estructura. Fuente: [Autor].	101
Figura 91:Desplazamiento de Y de la Estructura. Fuente: [Autor].	101
Figura 92: Desplazamiento en Z del Estructura. Fuente: [Autor].	102
Figura 93: Trituradora de Elementos no Vulcanizados de un Neumático. Fuente: Autor	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición típica de las llantas radiales. Fuente: (Muñoz Montana s. f.)	24
Tabla 2: Composición Química de un neumático. Fuente: (Hernández Murcia y Sánchez Ramírez 2015).....	25
Tabla 3: Datos Técnicos de Pre-Diseño. Fuente: [Autor].	39
Tabla 4: Equivalencia del reparto modular. Fuente: Autor	41
Tabla 5: Alternativas de solución módulo 1. Fuente: [Autor].....	42
Tabla 6: Evaluación de los criterios módulo 1. Fuente: [Autor].	43
Tabla 7: Evaluación de solución respecto al criterio manejable. Fuente: [Autor].	43
Tabla 8: Evaluación de solución respecto al criterio Costos. Fuente: [Autor].	43
Tabla 9: Evaluación de solución respecto al criterio Fiabilidad. Fuente: [Autor].	44
Tabla 10: Evaluación de solución respecto al criterio Medio Ambiente. Fuente: [Autor].	44
Tabla 11: Conclusiones para el módulo 1. Fuente: [Autor].	44
Tabla 12: Opciones para los módulos y soluciones. Fuente: [Autor].....	48
Tabla 13: Alternativas para el módulo 2. Fuente: [Autor].	49
Tabla 14: Evaluación de los criterios módulo 2. Fuente: [Autor].	49
Tabla 15: Evaluación de solución respecto al criterio Rendimiento. Fuente: [Autor].	50
Tabla 16: Evaluación de solución respecto al criterio Mantenimiento. Fuente: [Autor].	50
Tabla 17: Evaluación de solución respecto al criterio Costos. Fuente: [Autor].	50
Tabla 18: Evaluación de solución respecto al criterio Seguridad. Fuente: [Autor].	50
Tabla 19: Evaluación de los criterios módulo 2. Fuente: [Autor].	51
Tabla 20: Resultados de los Modulo 1 y 2. Fuente: [Autor].	51
Tabla 21: Datos Técnicos: Fuente: [Autor].	53
Tabla 22: Información del ACERO AISI 4340. Fuente: [Autor].	54
Tabla 23: Datos para el Análisis del Factor de Seguridad. Fuente: [Autor].	60
Tabla 24: Rango de factor de seguridad. Fuente: [Autor].	61
Tabla 25: Diámetros Normalizados. Fuente: [Autor].	67
Tabla 26: Datos de la Chaveta. Fuente: [Autor].	75
Tabla 27: Propiedades físicas del Eje. Fuente: [Autor].	79
Tabla 28: Configuración de la malla del Eje. Fuente: [Autor].	79
Tabla 29: Material del Eje. Fuente: [Autor].	80
Tabla 30: Valores de la Fuerza 1. Fuente: [Autor].	80
Tabla 31: Fuerza RCy aplicada al eje. Fuente: [Autor].	80
Tabla 32: Fuerza RCz aplicada al eje. Fuente: [Autor].	81
Tabla 33: Fuerza y pares de reacción en restricciones. Fuente: [Autor].	81
Tabla 34: Resultados de la Simulación al Eje. Fuente: [Autor].	81

Tabla 35:Propiedades Físicas de las Cuchillas. Fuente: [Autor].	80
Tabla 36:Configuración de la malla de la cuchilla. Fuente: [Autor].	80
<i>Tabla 37:Material de la cuchilla. Fuente: [Autor].</i>	81
Tabla 38: Fuerzas y Restricciones de la Cuchilla. Fuente: [Autor].	81
Tabla 39:Resultados de la Simulación de la Cuchilla. Fuente: [Autor].	82
Tabla 40: Propiedades Físicas del Material Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	89
Tabla 41: Configuración de la malla Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	89
Tabla 42:Material de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	90
Tabla 43:Fuerza aplicada al Diente. Fuente: [Autor].	90
Tabla 44:Fuerza y pares en Restricción Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	91
Tabla 45:Resultados de la Simulación de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].	91
Tabla 46:Propiedades Físicas del Material de la Tapa. Fuente: [Autor].	94
Tabla 47:Configuración de la malla Tapa. Fuente: [Autor].	90
Tabla 48:Materiales de la Tapa. Fuente: [Autor].	90
Tabla 49: Fuerza 1. Fuente: [Autor].	91
Tabla 50: Fuerza 2. Fuente: [Autor].	91
Tabla 51:Reacción en restricciones Tapa. Fuente: [Autor].	92
Tabla 52:Resultados de la Simulación Tapa. Fuente: [Autor].	93
Tabla 53:Propiedades Físicas del Material Estructura. Fuente: [Autor].	95
Tabla 54:Configuración de la malla Estructura. Fuente: [Autor].	96
Tabla 55: Materiales de la Estructura. Fuente: [Autor].	96
Tabla 56:Fuerza sobre la Estructura. Fuente: [Autor].	98
Tabla 57:Reacción en Restricciones Estructura. Fuente: [Autor].	98
Tabla 58:Resultados de la Simulación Estructura. Fuente: [Autor].	103
Tabla 59: Comparación de datos de la Simulación. Fuente: [Autor].	102
Tabla 60: Costos de los Elementos a Fabricar del Triturador. Fuente: [Autor].	103
Tabla 61: Costos de Fabricación. ver Anexo 4. Fuente: [Autor].	103
Tabla 62: Costos de Elementos Normalizados. Fuente: [Autor].	104
Tabla 63:Costos del Tablero Eléctrico. Fuente: [Autor].	104
Tabla 64:Costos Totales de Fabricación. Fuente: [Autor].	104

RESUMEN

“OQ Cauchos Reciclaje Industrial” es una empresa que se dedica al reciclaje industrial fundamentalmente del desperdicio generado en Continental Tire Andina como resultado de su actividad productiva en la Fabricación de neumáticos, lo que se conoce como SCRAP-3, los cuales componen todos los elementos no vulcanizados tales como el alambre, breaker, caucho, carcasas, llantas verdes, nylon, pliegos de acero etc. los que generan altos índices de contaminación si no se les maneja con criterios de las 3 Rs, como reducir, reciclar y reutilizar. Debido a sus características y composición son nombrados como residuos sólidos por parte del Ministerio del Medio Ambiente.

En este sentido y como objetivo principal de este proyecto, se ha establecido el diseño de una máquina trituradora de elementos no vulcanizados de un neumático, con su posterior implementación se pretende contar con una máquina que permita manejar de manera eficiente el sistema de trituración del desperdicio conocido como BREAKER (cimas de alambre entrelazadas con caucho), el cual es considerado como el principal desecho dentro del grupo de SCRAP-3.

Lo que se pretende con el diseño y posterior implementación es ayudar al medio ambiente y preservar los recursos naturales, conservación y ahorro de los mismos. La producción de desperdicios de caucho se ha transformado en una inquietud global por su impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana por lo consiguiente se buscan alternativa para el aprovechamiento de los desperdicios de caucho.

El reciclaje es la transformación de los desperdicios en un nuevo producto en este proceso cuando es realizado a nivel industrial requiere de maquinaria especializada para facilitar la correcta manipulación y seguridad física del operador, el diseño de esta máquina es el resultado de este objetivo.

Luego del desarrollo del proyecto se cuenta con todo el proceso de diseño de la máquina trituradora, presentando principalmente las especificaciones de diseño, cálculos de dimensionamiento, selección de materiales, modelos de simulación y planos y detalles del equipo diseñado, lo que ha permitido determinar una factibilidad técnica y económica para luego una posterior implementación.

Palabras clave: Fabricación de neumáticos, breaker, medio ambiente, máquina trituradora, d
diseño de máquinas, reciclaje industrial.

ABSTRACT

"OQ Cauchos Reciclaje Industrial" is a company that is dedicated to the industrial recycling fundamentally of the waste generated in Continental Tire Andina as a result of its productive activity in the Manufacture of tires, which is known as SCRAP-3, which make up all the elements non-vulcanized such as wire, breaker, rubber, carcasses, green tires, nylon, sheet steel, etc. those that generate high rates of contamination if they are not managed with criteria of the 3 Rs, such as reduce, recycle and reuse. Due to their characteristics and composition they are designated as solid waste by the Ministry of the Environment. In this sense and as the main objective of this project, the design of a shredding machine for non-vulcanized elements of a tire has been established, with its subsequent implementation it is intended to have a machine that allows the efficient handling of the waste shredding system. known as BREAKER (wire tops intertwined with rubber), which is considered the main waste within the SCRAP-3 group. What is intended with the design and subsequent implementation is to help the environment and preserve natural resources, conservation and saving thereof. The production of rubber waste has become a global concern due to its negative impact on the environment and human health, therefore alternatives are sought for the use of rubber waste. Recycling is the transformation of waste into a new product. In this process, when it is carried out at an industrial level, it requires specialized machinery to facilitate the correct handling and physical safety of the operator. The design of this machine is the result of this objective.

After the development of the project, the entire design process of the crushing machine is available, mainly presenting the design specifications, sizing calculations, selection of materials, simulation models and plans and details of the designed equipment, which has allowed determining a technical and economic feasibility for later implementation.

Keywords: Tire manufacturing, breaker, environment, shredding machine, machine design, industrial recycling.

1. Tema

Diseño de una máquina trituradora de elementos no vulcanizados de un neumático para la Fábrica OQ Cauchos Reciclaje Industrial.

2. Introducción

Durante los últimos años la protección del medio ambiente ha constituido, y está constituyendo, una prioridad ineludible de la sociedad, particularmente en los países más avanzados. Esta creciente preocupación se ha traducido en nuevas costumbres, productos y procesos tecnológicos y en políticas ambientales que se apoyan en legislaciones cada vez más restrictivas (Asensio, 2008). El desarrollo humano y del medio ambiente son actualmente temas que predominan en el debate sobre las relaciones internacionales; sin embargo, lograr consenso en relación con ellos no ha sido fácil y aún persisten las discrepancias en la interpretación de lo que se entiende por desarrollo, así como el modelo a seguir para alcanzarlo. El desarrollo tecnológico actual conduce a que la industria del reciclaje se convierta en importantes suministradoras de materias primas para la fabricación de los más disímiles artículos de consumo diario o de equipos de larga duración. Al mismo tiempo permite proteger el medio ambiente, ahorrar los recursos minerales y la energía (Húngaro, Moncada, y Yero 2006). De esta forma, el desarrollo humano y medio ambiente son hoy dos temas dominantes en el enfoque del desarrollo. Convergiendo en lo que se conoce como desarrollo sustentable. La promoción del desarrollo humano y la protección de la naturaleza no se contradicen con el crecimiento económico, sino que lo orientan por el sendero de la sustentabilidad, que no es más que satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones.

3. Planteamiento del Problema

3.1 Antecedentes

OQ Cauchos Reciclaje Industrial es una empresa que se dedica al reciclaje industrial aplicando las tres Rs que son Reducir, Reciclar y Reutilizar el desperdicio generado en la Empresa Continental Tire Andina conocida como SCRAP-3 que son elementos no vulcanizados tales como: Caucho, Nylon, Alambre y Breaker que generaban altos índices de contaminación por distintas circunstancias nombrados como residuos sólidos por parte del Ministerio del Medio Ambiente.

Este desperdicio es generado en cada uno de los procesos de construcción de un neumático iban a parar al botadero de Basura de Pichacay convirtiéndose en una problemática para la empresa y ciudad, ya que la evacuación y reutilización debido a su tamaño, forma y naturaleza de degradación física -química requiere un gran esfuerzo.

Con el propósito de combatir este hecho y aumentar el reciclaje se implementó una planta trituradora de martillo en un circuito cerrado por parte de la empresa OQ Cauchos a finales del año 2019, para reutilizar los desperdicios no vulcanizados generados en la construcción de un neumático conocido como SRAP 3, debido a la pandemia SARS COVID 2019 se acumuló estos materiales.

El material entregado por parte de Continental Tire Andina tiene volúmenes exagerados de peso que oscilan entre 20 kilos hasta 150 kilos y la única forma de reducirlos es de forma manual

utilizando bencenos para despegar estos materiales aprovechándose solo un 50% de este material y el resto se dirige al botadero de Pichacay.

Estos materiales necesitan ser cortados en pedazos en una cortadora circular aproximadamente de 4 cm para ingresar a la trituradora de martillo ocasionándose un cuello de botella al no poder ser abastecida la trituradora de martillo para su capacidad de producción que es 1 tonelada en 8 horas.

Se requiere el diseño y el costo aproximado para implementar una trituradora para reducir de tamaño estos materiales en pedazos aproximados de 4cm logrando reciclar en un 90% estos materiales que servirá para materia prima para la industria que se dedican a la elaboración de pisos cauchos, piezas automotrices, plantas de calzado, empaques etc.

El diseño de una trituradora para elementos no vulcanizados aportara en el funcionamiento de esta planta de reciclaje de la fábrica OQ Cauchos aportando en nuestra ciudad de Cuenca en el cuidado de medio ambiente, y creando nuevas fuentes de empleo.

3.2 Definición del Problema

OQ Cauchos en su planta de reciclaje tiene limitaciones en su operatividad ya que posee una trituradora de martillo con capacidad de triturar 1 tonelada cada 8 horas, misma que no puede ser abastecida de material por cuanto este (Breaker - Cimas de caucho entretejido con alambre) es cortado manualmente por medio de una cortadora circular, lo que representa un problema de cuello de botella en esta parte del proceso, por esta razón es sumamente necesario contar con el diseño y posterior implementación de una trituradora que posibilite obtener material cortado en tamaños de aproximadamente de 4 cm.

3.2.1 Problema General

¿Cuál es el mejor diseño para una máquina trituradora de elementos no vulcanizados de un neumático como el Breaker?

3.2.2 Problemas Específicos

- ¿Es posible determinar la situación actual de la línea de reciclaje de elementos no vulcanizados de un neumático en la empresa OQ Cauchos?
- ¿En qué medida se puede determinar los sistemas de reciclaje existentes en el medio y determinar el sistema más óptimo para la empresa OQ cauchos?
- ¿Cómo se puede diseñar y simular una trituradora de elementos no vulcanizados de un neumático?
- ¿En qué medida se puede analizar los costos de fabricación?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Diseñar una máquina trituradora para elementos no vulcanizados para reducir, reciclar y reutilizar en un 90% estos materiales en una planta de recicladora OQ cauchos, que logrará disminuir la contaminación e impacto ambiental, comercializando esta materia prima en las distintas industrias a nivel nacional en la elaboración de productos de caucho.

4.2 Objetivos Específicos

- Reducir el espacio de almacenamiento de el SCRAP 3.
- Eliminar la contaminación producida por el SCRAP 3.
- Acelerar los tiempos de producción para el correcto funcionamiento en la empresa OQ Cauchos reciclaje industrial.
- Considerar la demanda del mercado y la dificultad de la manipulación de la materia prima.
- Diseñar una máquina trituradora accesible para la empresa.

5. Marco Teórico Referencial

5.1 La Regla de las Rs del Reciclaje

Las 3R es el criterio para proteger el medio ambiente, específicamente para disminuir el volumen de desperdicios o basura creada.

Al aplicar las 3R se ayuda a disminuir la basura, economizar dinero y ser un consumidor más comprometido con el medio ambiente, reduciendo la huella de carbono. Es fácil aplicar en el entorno, ya que sólo tiene tres pasos: reducir, reutilizar y reciclar.

- **Reducir:** Reside en gastar menos recursos y lograr menos productos, disminuyendo así el gasto energético de fabricación y transporte junto a la contaminación que generan.
- **Reutilizar:** Es cambiar la mentalidad de utilizar las cosas , darles el mayor provecho posible antes de que termine su vida útil disminuyendo el volumen de la basura generado.
- **Reciclar:** Es un proceso de someter a los materiales a ser reutilizables, disminuyendo de forma significativa la utilización de nuevos materiales, y con ello, menos basura en un futuro.

En el mundo se genera desperdicios, pero con una sociedad de consumo, donde el volumen de basura ha aumentado de forma descomunal y al mismo tiempo se ha incrementado su toxicidad hasta convertirse en un grave problema. Nuestra cultura es usar y desechar sin aprovechar los desechos causados que pueden ser servibles a.

5.2 El Caucho

El árbol de caucho es un elemento que hace rodar al mundo. En Ecuador existen aproximadamente 5988 has de caucho (*Hevea brasiliensis*) cultivadas, tanto en desarrollo como en producción, distribuidas en las provincias de Pichincha, Esmeraldas, Santo Domingo de Los Tsáchilas, Los Ríos, Cotopaxi y Guayas.

El caucho es un polímero de muchas unidades, encadenadas de un hidrocarburo elástico, el isopropeno C_5H_8 que surge como una emulsión lechosa (conocida como látex) en la savia de varias plantas, pero también puede ser producida sintéticamente (Salazar 2011). Ver figura 1.

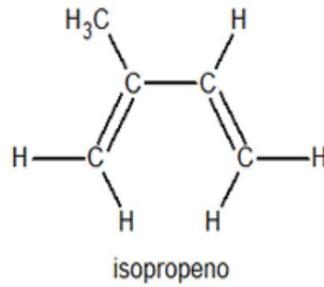


Figura 1: Unidad Estructural del Caucho Natural. Fuente: (Luna Morocho 2013)

El caucho es un cuerpo consistente que tiene el mayor factor de dilatación que aumenta ampliamente con la vulcanización.

Un corte en el caucho crudo, o sin vulcanizar, se puede volver a unir soldándose entre sí con solo presionar uno contra otro.

Vulcanizado pierde esta propiedad, pero obtiene una mayor plasticidad, pudiendo prolongarse hasta seis veces su longitud original. Para que el alargamiento del caucho vulcanizado se realice elevada la temperatura y en cambio regresa a su forma original cuando se enfría.

5.2.1 Caucho Natural y Sintético

El caucho natural se considera como un polímero del isopreno. La formación de los distintos cauchos sintéticos se basa en la polimerización del butadieno o de homólogos (isopreno) o derivados (cloropreno) que tiene la misma composición. Existen una gran diversidad de cauchos sintéticos, algunos con cualidades mecánicas excelentes con respecto al caucho natural.

Se conoce al caucho sintético de diversas formas como elastómeros y elastoplásticos.

El caucho sintético se refiere a Estireno-Butadieno, que es el de mayor consumo para la elaboración de neumáticos. También se puede utilizar caucho polibutadieno, caucho isobuteno-isopreno, caucho isobuteno-isopreno halogenado, compuestos de azufre, resinas fenólicas, hidrocarburos aromáticos, nafténicos y parafínicos. (Luna Morocho 2013).

En las figuras 2 podemos observar la forma del caucho natural y sintético.



Figura 2: Caucho Natural y Caucho Sintético. Fuente: (Villa s. f.)

5.2.2 Propiedades físicas y químicas

El caucho bruto en estado natural es un hidrocarburo blanco o incoloro. El compuesto de caucho más simple es el isopreno o 2-metilbutadieno, cuya fórmula química es C_5H_8 . A la temperatura

del aire líquido, alrededor de -195 °C, el caucho puro es un sólido duro y transparente. De 0 a 10 °C es frágil y opaco, y por encima de 20 °C se vuelve blando, flexible y translúcido. Al amasarlo mecánicamente, o al calentarlo por encima de 50 °C, el caucho adquiere una textura de plástico pegajoso. A temperaturas de 200 °C o superiores se descompone.

El caucho puro es insoluble en agua, alcalino o ácidos débiles, y soluble en benceno, petróleo, hidrocarburos clorados y disulfuro de carbono. Con agentes oxidantes químicos se oxida rápidamente, pero con el oxígeno de la atmósfera lo hace lentamente. Las propiedades físicas del caucho bruto varían con la temperatura. A bajas temperaturas, se vuelve rígido, y cuando se congela en estado de extensión adquiere estructura fibrosa. Calentando a más de 100 °C., se ablanda y sufre alteraciones permanentes.

Cuando el caucho bruto ha sido estirado y deformado durante algún tiempo, no vuelve completamente a su estado original. Si entonces se calienta, la recuperación es mayor que a la temperatura ordinaria. Este fenómeno se denomina deformación residual o estiramiento permanente y es propio del caucho. A continuación, en la figura 3 observamos la fórmula

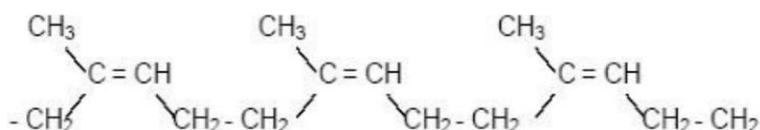


Figura 3: Cadena de Polímero del Caucho Natural. Fuente: (Mansilla 2012)

Los efectos que causa la luz y el calor sobre el caucho producen un deterioro fue descubierto antes de la vulcanización. En una discusión de algunos problemas encontrados con mercaderías de caucho en 1826, Hancock comenzó en su "Narrativa personal del origen y progreso de del Caucho de la India ": "El efecto injurioso del sol sobre películas delgadas de caucho fue descubierto por nosotros y advertido antes de que se produzcan muchos daños". El material se encuentra hoy en varias formas y diferentes procesos. (Luna Morocho 2013).

5.2.3 Aplicaciones del caucho natural

El caucho no vulcanizado tiene muy pocas aplicaciones. Se utiliza en cementos, para cintas aislantes, adhesivas y zapatos. El caucho vulcanizado tiene varias aplicaciones. Por su resistencia al desgaste, el material crudo se utiliza para los neumáticos de los automóviles y en las cintas transportadoras; el caucho duro se emplea para fabricar carcasas de equipos de bombeo y las tuberías utilizadas para perforaciones.

Por su fácil manejo, se fabrican mangueras, cilindros flexibles para una amplia variedad de máquinas, desde los rodillos para escurrir la ropa, hasta los ejes que están forrados de caucho en las imprentas e impresoras.

Por su blandura también se emplea en varios tipos de amortiguadores y en los mecanismos de las máquinas para reducir las vibraciones alrededor de las mismas. Por su propiedad de impermeabilidad a los gases esta se usa para fabricar mangueras de aire, globos y colchones.

Su resistencia al agua y a líquidos químicos se aprovecha para la fabricación de ropa impermeable, trajes de buceo, máquinas procesadoras y utensilios de medicina. Por su resistencia a la electricidad el caucho blando se utiliza en materiales aislantes, guantes protectores, zapatos y mantas, y el caucho duro se usa para las carcasas de teléfonos, piezas de aparatos de radio, medidores y otros instrumentos eléctricos.

Gracias a sus propiedades antideslizantes es utilizado en superficies secas y húmedas, se aprovechando para correas de transmisión y cojinetes.

En la industria el caucho es aprovechado para realizar *adhesivos* y *cementos* porque es fibroso y posee plasticidad.

El caucho posee tiene dos particulares la primera de ellas es que posee una gran resistencia sin vulcanizar, y la segunda es que es un excelente adhesivo en instancias en las que el material a pegar esta mojado.

5.2.4 Reciclaje de Caucho

El caucho es un material que se desperdicia en grandes cantidades casi siempre sin haber perdido sus excelentes beneficios como ser un material: blando, flexible, impermeable, y resistente.

Los desperdicios que generan los residuos del caucho y de modo particular los elementos que componen un neumático tienen dos características básicas que impiden que pueden combinarse con el resto de sólidos urbanos ya que su proceso de desintegración es sumamente lento, por lo que se considera materiales no biodegradables y por qué poseen una elevada plasticidad que impiden su compactación.

La acumulación de estos desperdicios en vertederos incontrolados provocan peligro de incendios ya que se trata de materiales altamente inflamables, también ocasionan problemas de salubridad procedentes de la transformación de estos vertederos donde proliferan insectos y roedores (Navarrete Schettini 2019).

5.3 Componentes de un neumático

Los neumáticos están compuestos principalmente por:

- **Cauchos:** caucho natural brinda elasticidad y el caucho sintético aporta estabilidad térmica.
- **Rellenos reforzantes:** Son aquellos materiales que proporcionan la obtención de las diferentes propiedades mecánicas ejemplo el negro de humo, el mismo que está conformado de partículas muy pequeñas de carbono, que permiten la tenacidad y la resistencia a la tracción, torsión y desgaste.
- **Fibras Reforzantes:** Estos se encuentran usualmente en forma de hilos, brindan resistencia a los neumáticos, son textiles o de acero ejemplo: nylon y alambre de acero.
- **Plastificantes:** Se los utiliza para facilitar la preparación y elaboración de las mezclas, utilizándose para el control de la viscosidad. Ejemplo aceites minerales (aromáticos, nafténicos y parafínicos) y de tipo éster.
- **Agentes vulcanizantes:** su función es entrecruzar las cadenas de polímeros en el caucho. Ejemplo: El azufre.
- **Acelerantes:** Disminuyen el tiempo de vulcanización. Ejemplo: sulfurados, benzoatiazol y derivados, óxido de zinc y ácido esteárico.

- **Otros componentes:** antioxidantes o adhesivos. Como podemos observar en la *Tabla 1*.

Tabla 1: Composición típica de las llantas radiales. Fuente: (Muñoz Montana s. f.)

Material	Automóviles	Camiones
Caucho Natural	14%	27%
Caucho Sintético	27%	14%
Negro de Humo	28%	28%
Acero	14%	15%
Antioxidantes y rellenos	17%	16%

5.3.1 Estructura de los neumáticos

Los neumáticos pueden estar estructurados de diferentes formas, como pueden ser un neumático diagonal o uno radial. A continuación, se expondrá las diferencias de los 2 tipos de neumáticos.

Neumáticos diagonales

Es un neumático caracterizado por tener una construcción diagonal, la cual consiste en colocar las capas de manera tal, que las cuerdas de cada capa queden inclinadas con respecto a la línea del centro; orientadas de ceja a ceja.

Como desventajas de este tipo de neumático es que proporciona una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionando un menor agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de gasolina. *Ver la figura 4.*



Figura 4: Neumático Diagonal. Fuente: (Gallardo Bastidas 2013)

- **Neumáticos Radiales**

En estos neumáticos, las cuerdas de las capas del cuerpo van de ceja a ceja formando semiovalos, son ellas las que cumplen la función de soportar el peso.

Sobre las capas del cuerpo, en el área de la banda de rodamiento, son montadas las capas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son ellas las que soportan la carga y mantiene la estabilidad del neumático.

Este neumático permite que sea más suave que el convencional, permite tener mayor confort, manejabilidad, adherencia a la superficie de rodamiento, tracción, agarre y lo más importante reduce el consumo de gasolina. Actualmente es el de mayor contaminación y del cual obtenemos el breaker. Ver figura 5.



Figura 5: Neumático Radial. Fuente: (Gallardo Bastidas 2013)

5.3.2 Composición química de un neumático

Las composiciones químicas suelen cambiar de acuerdo al tipo de neumático y el fabricante. De esta manera se puede ver la composición química de un neumático en la tabla 2.

Tabla 2: Composición Química de un neumático. Fuente: (Hernández Murcia y Sánchez Ramírez 2015)

Compuesto	Porcentaje
Caucho Natural	19%
Caucho Sintético	26%
Negro de Humo	23%
Tejidos	9%
Alambre	3%
Aceite	6%
Óxido Esteárico	6%
Óxido de Zinc	4%
Sulfuro	3%
Acelerantes	1%

5.3.3 Construcción de un neumático

- Preparación de mezcla

La mezcla se prepara en un mixer con dos componentes, el primario y secundario.

El funcionamiento de los mixer es la plastificación que es un proceso en donde el caucho cambia su estado físico de una presentación sólida a una presentación pastosa plástica, a través del

aumento de temperatura, esto hace posible la adición de varios elementos sean sólidos como líquidos.

Todos estos componentes en el mixer obtenemos un material con características de dureza, elasticidad y homogeneidad requeridas.

Luego de este proceso se obtiene las láminas de caucho las cuales serán utilizadas en otros procesos.

- **Confección**
 - **Calandrado**

El caucho es sometido en una máquina mezcladora denominada *calandria*.

En esta máquina, se mezcla el caucho con el nylon obteniendo un producto laminado para luego enrollarlo con tela y así evitar que se pegue.

En este proceso se obtiene las láminas para la fabricación de los neumáticos diagonales.

- **Extrusión**

En este proceso el caucho proveniente de los mixer, ingresa a una extrusora en donde se lo calienta y se lo obliga a pasar través de un molde para obtener tiras de caucho con secciones transversales deseadas; con lo cual obtenemos: La banda de rodamiento, la capa radial y los costados del neumático.

La diferencia entre la fabricación de una banda de rodamiento diagonal y radial está en su composición; en la diagonal se utiliza nylon y en la radial al final del proceso se les introduce alambre de acero en su sección trasversal. Como observamos *Ver figura 6*.



Figura 6: Forma de Rodamiento. Fuente: (Castro, 2008).

- **Conformado de talón**

Al caucho proveniente del mixer secundario, se lo calienta para mezclarlo con alambre de acero en láminas delgadas en las cuales se enrollan en círculos concéntricos. Dependiendo del tipo de neumático a fabricarse deberá ser el número de rollos.

- **Elaboración de cinturones estabilizadores**

En la fabricación se le aplica caucho a una serie de alambres de acero que dará como resultado los cinturones estabilizadores.

Conformación

- **Carcasa**

En la elaboración de la capa radial, laterales, telas del cuerpo y pestaña, se utiliza una máquina denominada “expander” la misma que mediante presión y temperatura conforma lo que es una carcasa. *Ver figura 7.*



Figura 7: Forma de una Carcasa. Fuente: (Castro,2008).

- **Neumatico verde**

Una vez conformada la carcasa se procede a unir los cinturones estabilizados y la banda de rodamiento, la unión de estos se le denomina neumático verde se lo denomina así por que no es sometido a un proceso de vulcanización. *Ver figura 8.*



Figura 8: Forma de un Neumático Verde. Fuente: (Castro,2008).

- **Cocción**

En este proceso al neumático verde se lo ingresa en una prensa de vulcanización, en donde se lo infla y se le aplica presión dentro de moldes que tienen la forma del neumático. Este contiene las características que poseerá el neumático tales como: las especificaciones de tamaño y los diseños de la banda de rodamiento. Esto se realiza a una temperatura de 120°C por un tiempo estimado de 15 minutos. *Ver figura 9.*



Figura 9: Prensado de neumático. Fuente: (Castro,2008).

Vulcanización

Este es un proceso químico mediante el cual las moléculas del polímero se unen mediante entrecruzamiento, de esta manera formamos moléculas mayores que quedan restringiendo el movimiento molecular.

En 1839 Charles Goodyear descubrió un proceso de vulcanización utilizando el caucho, azufre y carbonato de plomo, él descubrió que cuando esta mezcla se calentaba, el caucho cambiaba de un material termoplástico a un elastómero.

El entrecruzamiento de los átomos de azufre de rigidez, las moléculas de caucho y la vulcanización; aumenta la resistencia a la tensión del caucho natural.

El caucho y el azufre reaccionan demasiado lento incluso a elevadas temperaturas, de forma que para acortar el tiempo de curado se añaden aceleradores químicos además de otros aditivos como rellenos, plastificantes y antioxidantes. *Ver figura 10.*

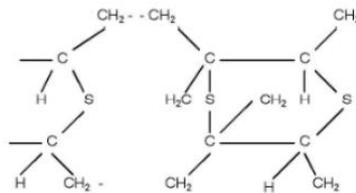


Figura 10: Cadenas de hule por acción del azufre. Fuente:(Luna Morocho 2013)

5.4 Obtención de SCRAP

SCRAP son aquellos neumáticos y materiales que no cumplen las especificaciones, tolerancias y dimensiones.

Se clasifican de la siguiente manera:

SCRAP 1 son desperdicios de caucho que poseen aire atrapado en su estructura, que producen afloramientos, y no permiten que se calibre adecuadamente, que no permite ser extruido en las toberas.

SCRAP 2 son los neumáticos de vehículos CVT (Commercial Vehicle Tires) con aro mayor a 16 pulgadas o PLT (Passenger and Light Truck) son los neumáticos para camiones pequeños y transporte de pasajeros son neumáticos que no cumplieron sus especificaciones.

SCRAP 3 en este grupo se encuentran el Breaker, la banda de rodadura, pliegos del innerliner y por último se tiene a los textiles que están dentro de la estructura del neumático como son el

nylon, el poliéster, y al tramado que comprenden carcasas mal construidas y neumáticos mal prensados previos a la vulcanización.

SCRAP 4 son los neumáticos vulcanizados que tienen una apariencia visual fuera de las condiciones o cuyas magnitudes radiales, laterales, de conicidad o balanceo dinámico se encuentran distantes de ser liberadas como Equipo Original o de Reposición.

El estado final de todos estos materiales representa un dificultades técnica, económica, ambiental y de salubridad pública por su difícil manipulación.(Luna Morocho 2013)

5.4.1 Partes sobrantes no vulcanizadas de un neumático SCRAP-3

Los materiales que manipula OQ Cauchos es Negro de Humo, Llanta verde, Caucho, Nylon, Carcasas, Breaker (Cimas de caucho entretrejidas con alambre) materiales que no cumplieron con los requerimientos necesarios para la elaboración de un neumático.

El primer inconveniente que se tiene con estos materiales es su sistema de recolección dentro de Continental Tire Andina ya que se recolectan estos materiales en coches llegando sus pesos aproximados de 20 hasta 150 kilos haciendo difícil su manipulación. *Ver figura 11,12 y 13.*



Figura 11: Breaker (Cimas de caucho entretrejidas con alambre). Fuente: [OQ Cauchos].

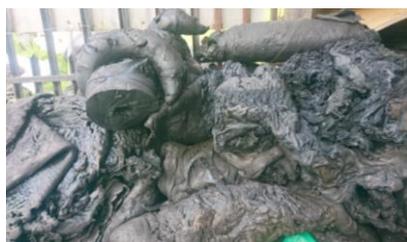


Figura 12: Desperdicio de Caucho. Fuente: [OQ Cauchos].



Figura 13: Carcasas. Fuente: [OQ Caucho].

Todo desperdicio que se realiza en Planta 1 en la empresa Continental Tire Andina se puede recuperar ya que todavía no se le realiza un proceso de vulcanización.

5.4.2 Problemática de desechos

La empresa OQ Cauchos, tiene como política la regla de las tres “Rs” que son Reúsa, Reduce y Recicla por más de 8 años viendo limitada su operatividad en el manejo de residuos no vulcanizados de un neumático como son el Caucho, Nylon Calandrado y Cimas de Breaker (capas de alambre entretejidas con caucho), por su tamaño, peso, forma ya que no son elementos fáciles de manipular por su contextura.

Para reducir de tamaño tenemos que utilizar Bencenos el inconveniente es el tiempo de despegue logrando solo aprovechar en un 50% estos materiales.

El breaker por su composición que es alambre entrelazado con capas de caucho es difícil de despegar por su forma que tiene alambres con filo, este material tiene una característica diferente a los otros ya que su composición posee una adhesión, que se trata de la participación de la materia en la cual se juntan dos superficies iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares, que ocasiona que se compacten paquetes de 20 hasta 150 kilos difíciles de maniobrar. *Ver figura 14.*



Figura 14: Forma del Breaker. Fuente: [OQ Cauchos].

De Banbury Mixer sale caucho que no se pudo mezclar correctamente o sufrió alguna alteración en su composición con tamaños que sobre pasan los 20 kilos hasta 150 kilos que son difíciles de manipular utilizando medios mecánicos para su reducción como guillotina, cizallas y cuchillos.

El Caucho también sale de los sobrantes de las extrusoras que sufrieron una alteración por ser sometido a temperaturas modificando su estructura molecular.

5.4.3 Métodos de recuperación y reutilización de materiales no vulcanizados.

Estos materiales se los puede recuperar dependiendo de las características que estos poseen por ejemplo el caucho, nylon se lo recupera mediante cizallas, cortadoras y molinos. Ver figura 15



Figura 15: Guillotina Hidráulica. Fuente: [OQ Cauchos].

Reduciéndolos a tamaños de 4 cm x 4 cm aproximadamente, luego se los pasa en un molino de caucho para obtener una lámina de caucho con las diferentes especificaciones según el trabajo a realizar. Ver figura 16 y figura 17



Figura 16: Cortadora Circular. Fuente: [OQ cauchos].



Figura 17: Laminado de Caucho. Fuente: [OQ Cauchos].

Mientras que el breaker tiene otro tratamiento ya que no hay como utilizar ni guillotinas, ni cizallas por su composición de alambre entretrejido con caucho se tiene que separar capa por capa haciéndolo demasiado demorado su recuperación.

En la empresa OQ Cauchos para acelerar los procesos de producción se invirtió en una trituradora de mandíbula para recuperar con mayor facilidad el caucho y el alambre del material Breaker siendo este el más difícil de maniobrar por sus características. La trituradora tiene la capacidad de separar caucho y alambre de 1 tonelada cada 8 horas necesita ser alimentada con pedazos de 4 cm x 4 cm. Ver figura 18.



Figura 18:Material a obtener para ingresar a una Trituradora de Martillo pedazos de 4x4cm. Fuente: [OQ Cauchos].

Para reducir a ese tamaño se utiliza una cortadora circular creando un cuello de botella en este proceso al no poder ser abastecida para su correcta producción. Ver figura 19 y figura 20



Figura 19:Trituradora de Martillo. Fuente: [OQ Cauchos].



Figura 20:Productos obtenidos Caucho y Alambre. Fuente: [OQ Cauchos].

El caucho al ser reducido, separado y fácil de utilizar, se lo lamina en el molino puede ser utilizado para realizar nuevas formas de caucho como suelas de calzado, llantas, empaques etc. Ver figura 21.



Figura 21: Llantas de Carretilla. Fuente: [OQ Cauchos].

5.5 Métodos de Recuperación del SCRAP-3

Identificar sistemas similares para elementos no vulcanizados y seleccionar la mejor alternativa.

Los procesos de transformación para materiales no vulcanizados por diferentes métodos, los agruparemos de manera general en las siguientes categorías:

Identificar sistemas similares para aprovechar estos materiales SCRAP-3

- Proceso Térmico
- Incineración
- Manipulación Mecánica

Cada uno de estos métodos tiene efectos sobre el medio ambiente y la salud que no pueden evitarse por completo, y se debería implementar el de menor impacto.

5.5.1 Procesos Térmicos

La pirolisis es el tratamiento de degradación térmica la cual ocasiona la ausencia de oxígeno o en circunstancias específicas es la concentración de oxígeno suficientemente baja como para no causar combustión.

En consecuencia, este proceso ocasiona aceite de bajo contenido energético (en comparación con el aceite diésel). Un gas sintético conocido como “syngas” (propiedades caloríficas bajas), alquitrán de negro de humo y acero. El proceso es difícil y se cree que tiene aplicaciones limitadas.

El alquitrán de pirolisis que da como resultado al aplicar este proceso tiene poco valor comercial en el mercado, pues es una composición de los diferentes tipos de negro de humo manipulados en la fabricación de neumáticos. Es decir, el producto final no tiene la misma calidad que la de los negros de humo utilizados en la fabricación de neumáticos nuevos.

Otra situación es utilizar el alquitrán de pirolisis como carbón activo. Sin embargo, consideremos que las técnicas de mejoramiento no son económicamente viables; en vista de la actual demanda escasa del producto de mercado. Por estos motivos, se prevé que la pirolisis solo tendrá usos

limitados en la gestión de recuperación de deshecho. Los productos obtenidos después del proceso de pirolisis son: Gas similar al propano que se puede emplear para uso industrial. Aceite industrial líquido que se puede refinar en Aceite, Diesel, Coaque, Acero..(Marroquín del Castillo y Solano Bejar 2008). Ver figura 22.

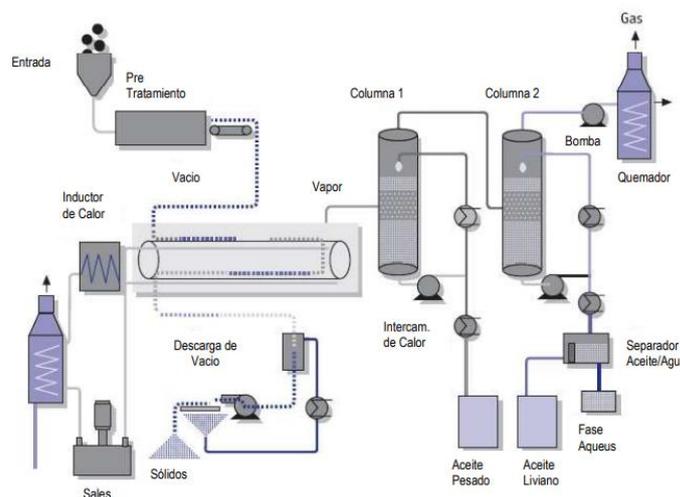


Figura 22:Proceso de Pirolisis. Fuente: (Pérez 2010)

5.5.2 Incineración

Este proceso produce la combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas, en hornos con materiales refractarios de alta calidad. Analizamos que es un proceso costoso y adicional nos muestra el inconveniente de la diferente velocidad de combustión de los variados componentes, la depuración de los residuos por lo que no resulta fácil de controlar, sin olvidar que es altamente contaminante.

Produce calor que puede ser utilizado como energía, debido a que se trata de un proceso exotérmico. En este método, los productos contaminantes que se ocasionan en la combustión son perjudiciales para la salud humana, entre ellos el monóxido de carbono, xileno olin, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, óxidos de zinc Benceno, Fenoles, Dióxido de Azufre, Óxidos de plomo, Tolueno. El olin tiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos policíclicos, altamente cancerígenos. El zinc en concreto, es particularmente tóxico para la fauna acuática. Adicional existe el peligro de estos compuestos son solubles en agua, por lo que pasan a la cadena trófica y luego a los seres humanos.

5.5.3 Manipulación Mecánica

La trituración para elementos no vulcanizados de un neumático es separar caucho, fibra y alambre es la trituración mecánica a temperatura ambiente y criogénica.

Trituración Mecánica

Este metodo es netamente mecanico, no maneja quimicos, ni calor ya que se trata de triturar y reducir el tamaño del SCRAP-3 pasándolo por un sistema de corte que logra reducir el volumen de salida del caucho, para la disposición final que se dara al producto.

El acero es retirado por medio de una máquina que separa los alambres que estan presentes en el SCRAP-3; los componentes como fibras, son separadas en otros equipos, la ventaja que brinda este tipo de reciclaje es que produce nuevos productos disminuyendo la contaminación al medio ambiente.

Trituración Criogenica

Este proceso se denomina “criogenico” por que el material de los neumaticos o las astillas de estos se enfrían a una temperatura inferior a los -80°C , se utiliza el nitrógeno líquido, por debajo de esta temperatura el caucho se vuelve quebradizo como el vidrio y la disminución de tamaño puede lograrse mediante prensado y molido. Este tipo de reducción de tamaño facilita el molido y la liberación del acero y fibra, lo que da como resultado final un producto más limpio.

El sistema requiere de lugares complejos lo que genera que sus costos sean elevados, tanto en el mantenimiento de la maquinaria, como el grado de complejidad de su método ocasionando que sean poco rentables a la hora de percibir ganancias con la trituración. El método hace que la calidad del producto que se logre sea de mala calidad también se presente un grado de dificultad en la separación del caucho y acero entre otros componentes.

Con la información recopilada anteriormente donde se explica el tipo de reciclaje del SCRAP-3 se formaliza la elección del sistema de trituración mecánica dado que satisface con los parámetros requeridos para poder realizar un diseño que con lleve a un método de ingeniería. (Azogue, Yucailla, y López 2017)

5.6 Trituradoras

Los tipos de trituradoras comunes para estos métodos, son las trituradoras de ejes paralelos.

Como la investigación técnica conseguida de los principales fabricantes de estas máquinas se puede clasificar a las trituradoras según su forma de corte, obteniendo:

5.6.1 Trituradoras de 1 eje

Este tipo de trituradora tiene el principio de guillotina es libre de sobrecargas en el encendido tiene una elevada seguridad industrial su transmisión de potencia no posee vibraciones la única desventaja es que su eje principal se desalinea, requiere métodos posteriores para su correcto funcionamiento.

Generan esfuerzos considerables en los elementos mecánicos no emplean reductores, utilizando, un sistema de transmisión por cadena en baño de aceite, inversión de giro programable, cojinetes alojados fuera de la caja de corte, cuchillas adaptables (grosor y número de dientes). *Ver figura 23.*

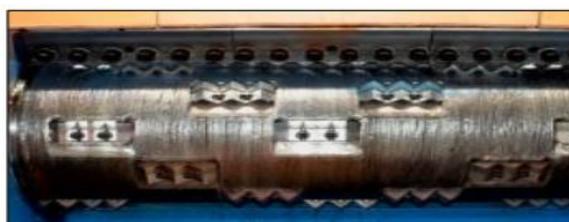


Figura 23: Trituradora de 1 Eje. **Fuente:** (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018)

Un compartimento donde el prensador hidráulico (4), desplaza el material contra el rodillo (2), dentado (3), que gracias a su rotación y al trabajo de una contra las cuchillas (6), efectúa el pre-corte y la trituración de material. El material rota contra una parrilla perforada que determina el tamaño final del material triturado. Ver figura 24.

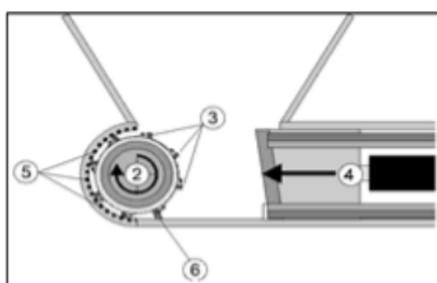


Figura 24: Descripción de Funcionamiento. **Fuente:** (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018)

5.6.2 Trituradoras de 2 ejes

Su principio es el corte método automatizable posee una alta emisión acústica de fácil ingreso a las cuchillas de trituración y de arrastre se reducen las operaciones de mantenimiento, la desventaja es que su velocidad de corte es baja y las vibraciones son recurrentes. Ver figura 25



Figura 25: Trituradora de 2 Ejes. **Fuente:** (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018)

Su diseño compone una unidad de carga que puede ser bien una (1) tolva, dos ejes con elementos cortantes compuestos por discos de cantos agudos (3) provistos de dientes (2). Los dientes tienen la finalidad de agarrar el material, arrastrarlo y cortarlo por medio a la acción de los dos ejes contra giratorios.

Los espaciadores (4) facilitan la descarga del material. Ver figura 26

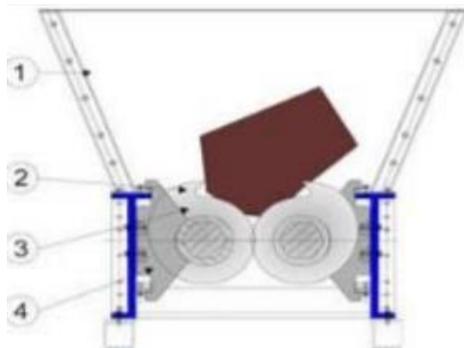


Figura 26: Descripción de Funcionamiento. Fuente: (Andino Bolaños y Oviedo Yagual 2018)

5.6.3 Trituradoras de 4 ejes.

Trituración por corte triple con la técnica de 4 ejes se introduce el material automáticamente no es necesario utilizar dispositivos de empuje gran firmeza de la maquinaria posee un mantenimiento fácil tiene un recomendable torque de trituración y como desventaja instalación compleja. Ver figura 27



Figura 27: Trituradora de 4 Ejes. Fuente: (Méndez Peñaloza y Solano Arias 2010)

Las partes que componen son Tolva (1). La trituración son 4 ejes con una serie de elementos cortantes formados por unos discos dientes agudos (3) provistos de dos ganchúas (2). La función de las ganchúas radica en agarrar el material alojarle hasta las fresas (4) acopladas sobre dos o más ejes, motores contra giratorios, que efectúan un corte neto de material. El motor eléctrico asíncrono de corriente alterna que permite, a través de un motor reductor epicicloidal la conexión entre los ejes porta-fresas. Criba (5). Ver figura 28.

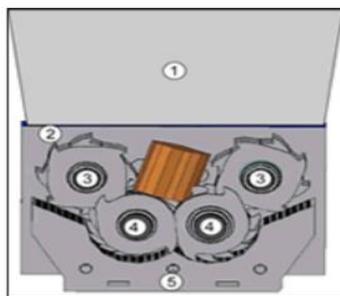


Figura 28: Descripción de Funcionamiento. Fuente: (Méndez Peñaloza y Solano Arias 2010)

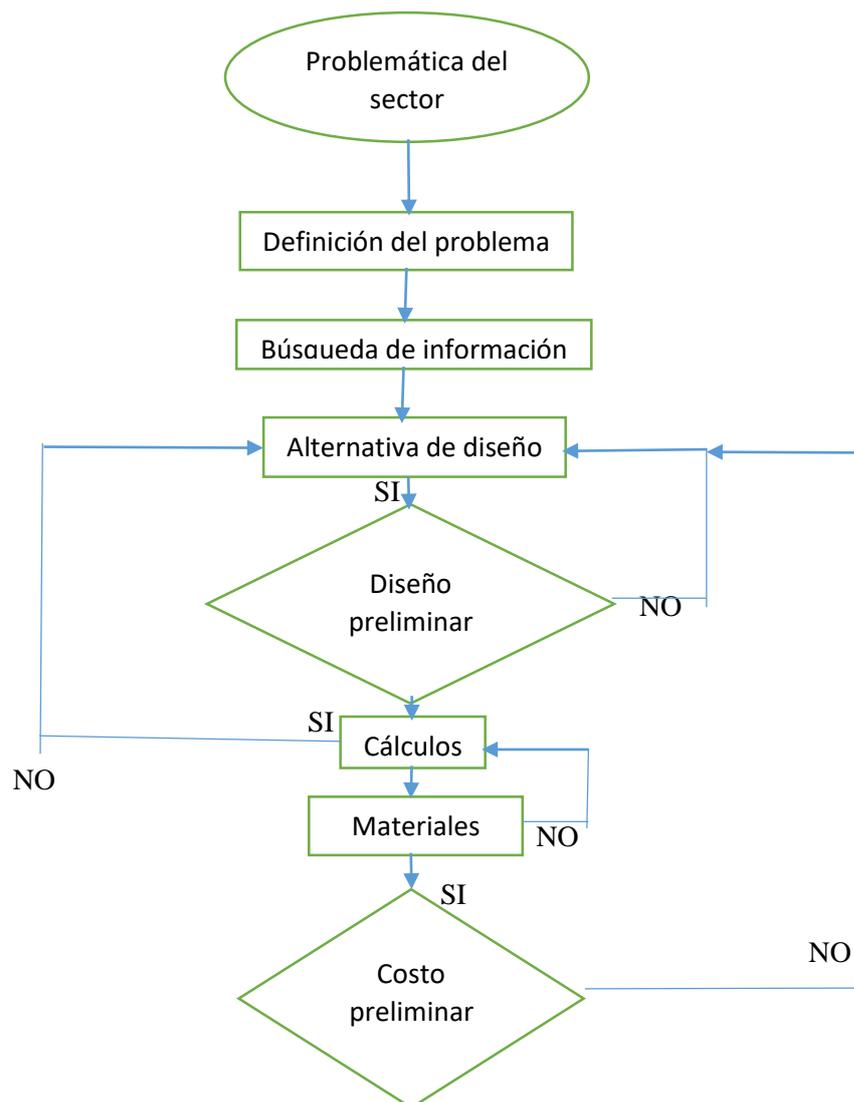
5.7 Definición de los factores de influencia del diseño

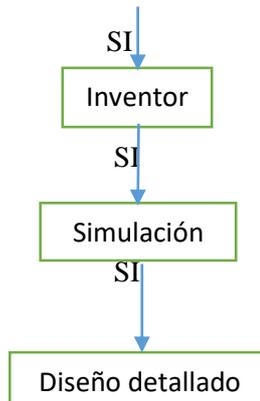
Para comenzar la realización del diseño de la trituradora mecánica se deben tener en cuenta los factores más importantes que intervenga directamente con la decisión del diseño. Estos factores son los siguientes:

- Disponibilidad de materia prima.
- El tipo de material que se va a triturar.
- Tiempo en el que se va a triturar.
- Tonelaje por hora que se desea conseguir.
- Tamaño del elemento que se triturará.
- Disponibilidad del material para la construcción
- Costos de fabricación.

6. Metodología de diseño

En el siguiente flujograma se observará la metodología utilizada a lo largo del presente trabajo. Observemos el flujograma





Flujograma 1 Metodología de diseño Fuente: [Autor]

6.1 Parámetro de Diseño

Para el diseño de la maquina se considera la forma del material a triturar en este caso es Breaker que no debe exceder más de 3 láminas unidas véase la *figura 29*.

Se tomará punto de referencia el diseño de trituradora de neumáticos lo más similar en características al material breaker la diferencia es que un elemento no vulcanizado.



Figura 29: Láminas de Breaker 6mm. Fuente: [OQ Cauchos].

Tabla 3: Datos Técnicos de Pre-Diseño. Fuente: [Autor].

Datos Técnicos	Diseño Propuesto
Entrada de trituración (mm)	520*400
Grosor de cuchillas(mm)	40
Cantidad de cuchillas	6 por eje
Revoluciones a trabajar	30
Tamaño del material a triturar (mm)	200*1000*6

6.2 Selección de Preferencias Para la Maquina

6.2.1 Estudio Práctico

El ingeniero estadounidense Lawrence D. Miles propone encontrar varias propuestas a un mismo problema. Se debe establecer funciones principales y secundarias del producto.

Las funciones principales son las razones y características que requiere el consumidor final y las funciones secundarias son las que permiten que la función principal se ejecute de la mejor manera y éstas se determinan mediante el estudio.

Las funciones secundarias son juntadas para la obtención de un diseño modular, las mismas que se obtienen mediante diagramas de flujo, en los cuales cada recuadro se verá reflejada la función que obtendrá 3 tipos de entradas y salidas: control, materia y energía. Los diagramas de flujo son presentados por niveles desde el nivel 0 y así sucesivamente como se estime conveniente. (Morales Dávila 2020)

6.2.1 Elaboración de Concepto

La secuencia de Operación es la siguiente se obtiene el material SCRAP-3 Breaker que son cimas de caucho entretejido con alambre se clasifica este material separándolas en lonas que son telas de poliéster ya que este material tiene un poder de adherencia el uno con el otro.

Este material reposara por 24 horas para que su poder de adherencia disminuya

Se colocará de forma manual por un operador el material a la entrada de la tolva; haciéndola ingresar para su trituración el material de salida es breaker de 4 cm a 5 cm es un pre-corte que se obtiene su finalidad es acelerar el proceso de corte para utilizar este material en un 90% para que luego ingrese a una trituradora de martillo donde se obtiene la separación de caucho y alambre.

En esta etapa se recopila toda la información ordena y clasifica según su aporte al diseño como tecnología, procedimientos, operaciones encontrando la mejor alternativa.

Nivel 0

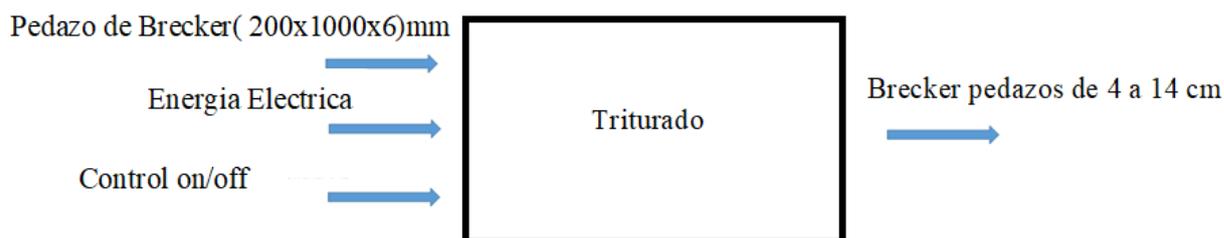


Figura 30: Diagrama Funcional Nivel 0. Fuente: [Autor]

Entradas:

- Energía: Eléctrica convertida en energía mecánica, ejecutada por un motor que utiliza energía eléctrica.
- Señales: da inicio a la operación de la máquina
- Materia: SCRAP3 breaker en su forma bruta

Salidas:

- Materia: SCRAP3 Breaker pedazos de 4 a 14 cm.

Nivel 1

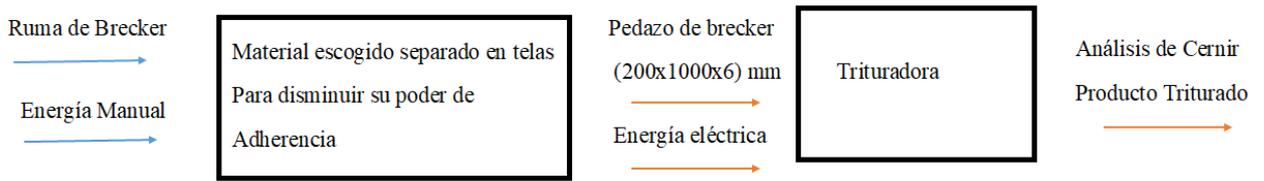


Figura 31: Diagrama Funcional Nivel 1. Fuente: [Autor].

Nivel 2

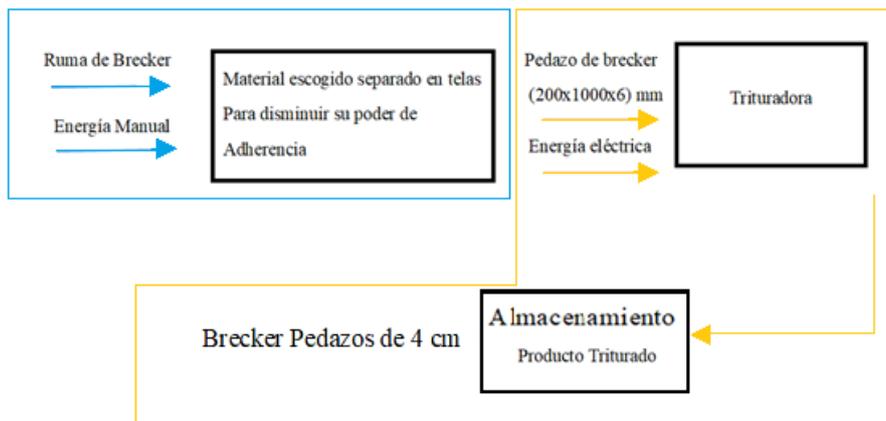


Figura 32. Diagrama Funcional Nivel 2. Fuente: [Autor].

Tabla 4: Equivalencia de reparto modular. Fuente: Autor

Color	Modulo
—	1
—	2

6.2.2 División Modular

6.2.2.1 Módulo 1: Preparación de Material

Introducción

Consiste en clasificar el material manualmente para que sea de fácil acceso al sistema de trituración de pre corte.

Clasificación

Existen algunas formas de preparar este material.

Agua con caolín:

Ventajas

- Es fácil de aplicar.
- No es costoso.
- Elimina en 100% al instante su poder de adherencia.

Desventajas

- Es muy escandaloso su mezcla y aplicación.
- Problemas ergonómicos en el operador.

Utilización de lonas:

Ventajas

- Es de fácil utilización las lonas es de ir separando por capas.
- Evita el poder de adherencia de este material.

Desventaja

- Tener una buena cantidad de lonas.

Utilización de combustible:

Ventajas

- Fácil de aplicar.
- Se encuentra en gasolineras.

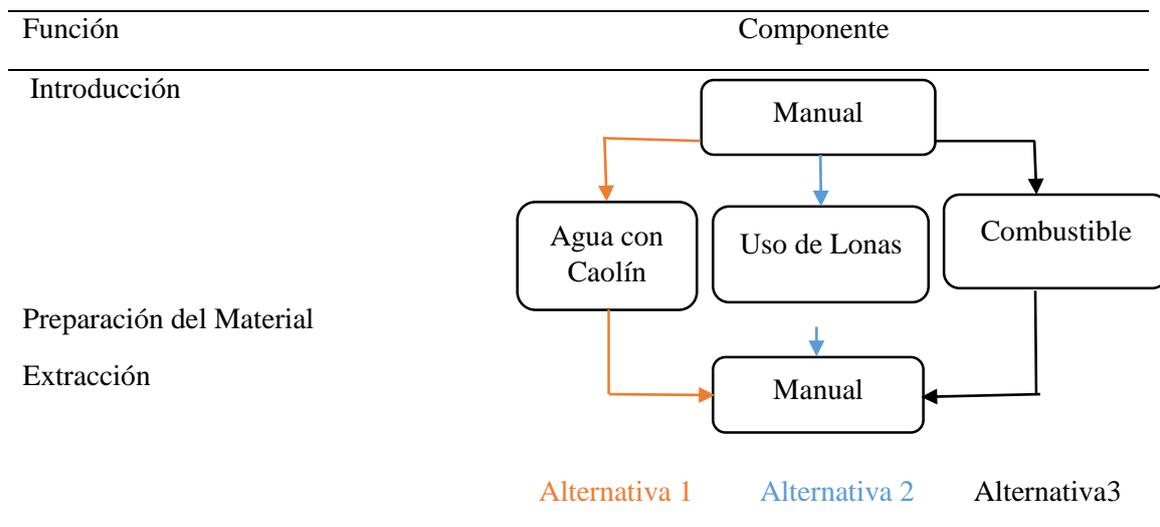
Desventajas

- El poder de adherencia no disminuye.
- El costo de galón es de \$2.55.

Alternativas de Solución Módulo 1

Tabla 5: Alternativas de solución módulo 1. **Fuente:** [Autor]

Trituración de elementos no vulcanizados.



Evaluación y Selección de Módulos.

Las características específicas son:

- Operable, fácil utilización para el operario.
- Fiabilidad, que cumpla con los requerimientos para ser triturado.
- Costos, el precio que tendrá cada solución.
- Medio ambiente, que no tenga ningún impacto sobre este.

La Evaluación se la realizara en ponderación de valores de 0 a 1; donde 0 no satisface y 1 satisface.

Tabla 6: Evaluación de los criterios módulo 1. **Fuente:** [Autor].

	Operable	Fiabilidad	Costos	Medio Ambiente	$\sum +1$	Ponderación
Operable	-	0	0	1	2	0,20
Fiabilidad	1	-	0	1	3	0,30
Costos	1	0	-	1	3	0,30
Medio Ambiente	1	0	0	-	2	0,20
				Suma	10	1

Fiabilidad=Costos>Manejable=Medio Ambiente

Las Tabla 6 muestran las soluciones para los criterios manejables, fiabilidad, costos y de medio ambiente.

Tabla 7: Evaluación de solución respecto al criterio manejable. **Fuente:** [Autor].

Operable	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum +1$	Ponderación
Solución 1	-	1	0	2	0,34
Solución 2	1	-	1	3	0,5
Solución 3	0	0	-	1	0,17
			Suma	6	1

Solución 2>Solución 1>Solución3

Tabla 8: Evaluación de solución respecto al criterio Costos. **Fuente:** [Autor].

Costos	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum +1$	Ponderación
Solución 1	-	0	0	1	0,15
Solución 2	1	-	1	3	0,43

Solución 3	1	1	-	3	0,43
			Suma	7	1
Solución 2=Solución 3>Solución1					

Tabla 9: Evaluación de solución respecto al criterio Fiabilidad. **Fuente:** [Autor].

Fiabilidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum+1$	Ponderación
Solución 1	-	1	0	2	0,29
Solución 2	1	-	1	3	0,43
Solución 3	0	1	-	2	0,29
			Suma	7	1
Solución 2>Solución 3=Solución1					

Tabla 10: Evaluación de solución respecto al criterio Medio Ambiente. **Fuente:** [Autor].

Medio Ambiente	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum+1$	Ponderación
Solución 1	-	1	0	2	0,34
Solución 2	1	-	1	3	0,43
Solución 3	0	1	-	1	0,16
			Suma	6	1
Solución 2>Solución 3>Solución1					

Tabla 11: Conclusiones para el módulo 1. **Fuente:** [Autor].

Conclusiones	Operable	Fiabilidad	Costos	Medio Ambiente	\sum	Ponderación
Solución 1	0,34*0,20	0,15*0,30	0,29*0,30	0,34*0,20	0,268	3
Solución 2	0,50*0,20	0,43*0,30	0,43*0,30	0,43*0,30	0,401	1
Solución 3	0,17 *0,20	0,43*0,30	0,29*0,30	0,16*0,20	0,282	2

Analizando la tabla 11 de conclusiones el resultado más idóneo para el módulo 1 es la opción 2

6.2.2.2 Módulo 2: Análisis de Triturado

En este módulo se verá las siguientes funciones caída del material, forma de triturado y la caída de este la forma de salir.

Caída de Caucho

Tres posibles soluciones son:

Tolva Rectangular

Ventajas

- Ingreso del material sin ningún inconveniente
- Facilidad de fabricación.
- Bajo costo de fabricación.

Desventajas

- El material llega de forma dispersa
- Fluctuación en la caída del material
- Alto riesgo de esparcimiento del material.

Tolva Trapezoidal

Ventajas

- El material cae ligeramente inclinado.
- Fácil construcción.
- Fácil mantenimiento

Desventaja

- Requiere mayor material para su construcción por ende más costoso.

Tolva Mixta

Ventajas

- Su aspecto es más ergonómico
- Evita que el material salga durante la trituración.
- Ayuda a una trituración más rápida.

Desventaja

- Elevado costo de fabricación.
- Requiere mayor tiempo de mantenimiento.

Sistema de Trituración

1 Eje

Ventajas

- Cuchillas confiables en espesor y cantidad de dientes

Desventajas

- Coste alto de elaboración por ser un rodillo dentado.

- Es necesario un propulsor.
- Requiere pared de alta firmeza.

2 Ejes

Son 2 Ejes que rotan en dirección opuesta

Ventajas

- Alta capacidad de corte con baja velocidad.
- Resiste altas cargas.
- Bajo costo en comparación con la de un 1 eje.
- Ejes contra giratorios con lo que nos brinda mayor fuerza de trituración.

4Ejes

Ventajas

- Se obtiene granulometrías finas.
- Mayor agarre de los materiales.
- Mecanismo de cuchillas independientes.
- Resiste elevadas fuerzas en el momento de corte.

Desventajas

- Emplea gran número de cuchillas por sus ejes.
- Al poseer 4 ejes se agranda el coste de fabricación.
- Mayor frecuencia de mantenimiento.

Salida de material Cernir

Criba plana

Ventajas

- Fabricación sencilla.
- De fácil armado y desarmado de la criba.

Desventajas

- El material se acumula en los extremos de los ejes.
- No existe el repaso del material.

Criba media luna

Ventajas

- No existe desperdicio de material
- Hay repaso del material
- De fácil armado y desarmado de la criba.

Desventajas

- La separación entre eje y criba debe estar bien definida.
- Debe estar alineado.

Criba de cuádruple media luna

Ventajas

- Alta velocidad de trituración
- Mayor recirculación respecto a las demás cribas.

Desventajas

- La separación entre eje y criba debe estar bien definida
- Debe estar correctamente centrado.
- Difícil elaboración.

Almacenaje

Donde se aloja el material triturado

Recipiente Fijo

Ventajas

- Factible
- Alta capacidad de almacenaje.

Desventajas

- Recipiente fijo.

Recipiente de plástico con Ruedas

Ventajas

- Gran capacidad de almacenamiento.
- Fácil de transportar.
- Económicamente su adquisición.

Desventaja

- Esfuerzo para transportar el material.

Almacenamiento con rieles

Ventajas

- Fácil de transportar.
- Alta capacidad de almacenaje.

Desventajas

- Costos elevados.
- Gran ocupación de espacio
- El mantenimiento debe ser realizado con frecuencia.

Tabla 12: Opciones para los módulos y soluciones. **Fuente:** [Autor].

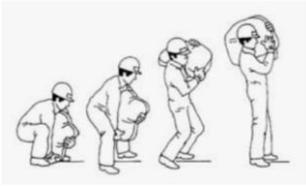
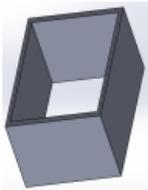
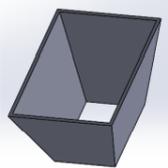
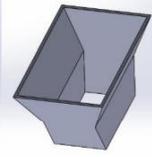
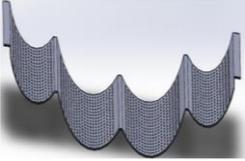
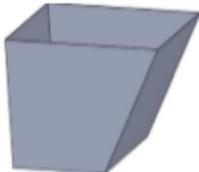
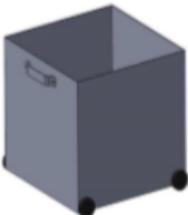
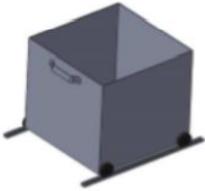
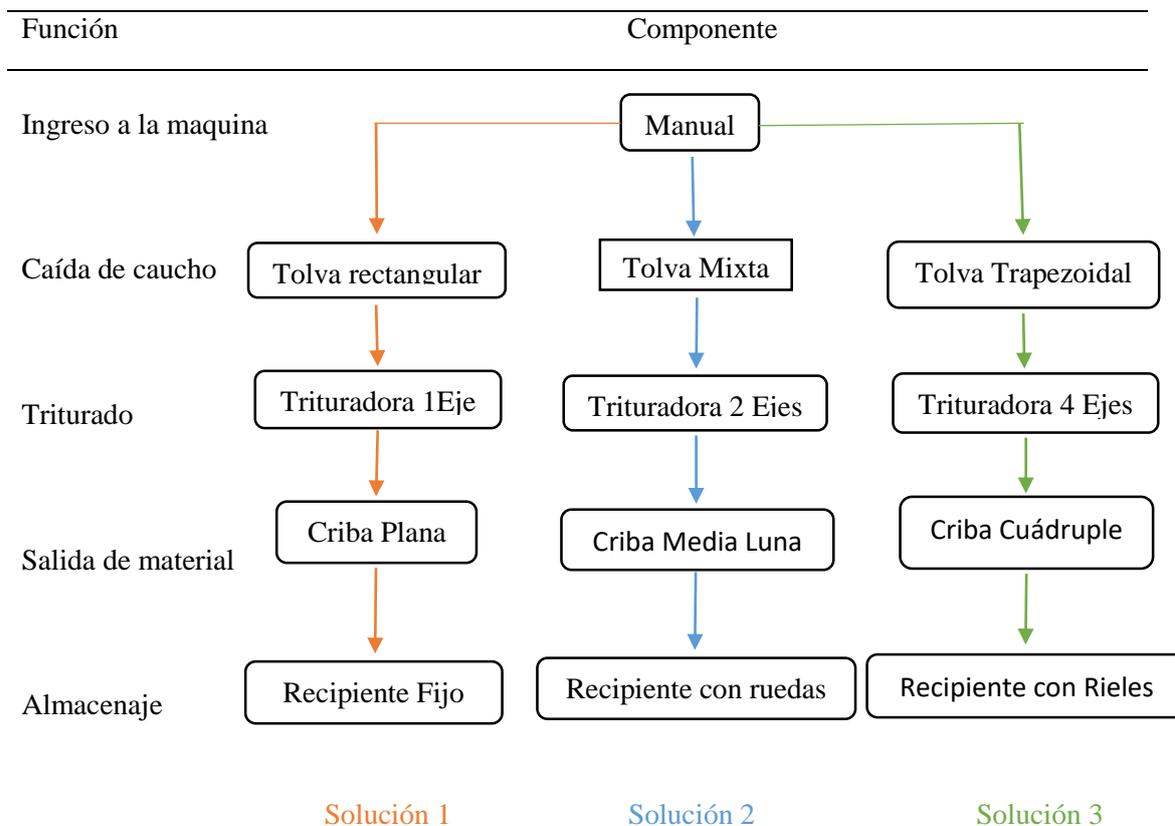
Ingreso de Brecker	Manual 	Cinta Transportadora 	
Caída del Breaker	Tolva Rectangular 	Tolva Trapezoidal 	Tolva Mixta 
Trituradoras	1 Eje 	2 Ejes 	4Ejes 
Criba de descarga	Plana 	Media Luna 	Cuadruple 
Almacenaje	Fijo de metal con conpuerta 	Móvil de plástico con ruedas 	Móvil de metal con Rieles 

Tabla 13: Alternativas para el módulo 2. Fuente: [Autor].



Evaluación y Selección de este Módulo 2

Las razones determinantes son:

- Rendimiento, que triture 1000kg en 8 horas de trabajo
- Mantenimiento, consiste con la frecuencia que se lo hará para su correcto funcionamiento.
- Costos, influye en el diseño y requerimientos del cliente.
- Seguridad, que brinde al operador

Tabla 14: Evaluación de los criterios módulo 2. Fuente: [Autor].

	Rendimiento	Mantenimiento	Costos	Seguridad	$\Sigma +1$	Ponderación
Rendimiento	-	0,5	1	1	3,5	0,35
Mantenimiento	0	-	0	1	2	0,20
Costos	0,5	1	-	1	3,5	0,35
Seguridad	0	0	0	-	1	0,10
				Suma	10	1

Rendimiento=Costos> Mantenimiento >Seguridad

Tabla 15: Evaluación de solución respecto al criterio Rendimiento. **Fuente:** [Autor].

Rendimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum+1$	Ponderación
Solución 1	-	0	0	1	0,16
Solución 2	1	-	1	3	0,5
Solución 3	0	1	-	2	0,34
			Suma	6	1

Solución 2>Solución 3>Solución1

Tabla 16: Evaluación de solución respecto al criterio Mantenimiento. **Fuente:** [Autor].

Mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum+1$	Ponderación
Solución 1	-	0	0	1	0,16
Solución 2	1	-	0,5	2,5	0,42
Solución 3	1	0,5	-	2,5	0,42
			Suma	6	1

Solución 2=Solución 3>Solución1

Tabla 17: Evaluación de solución respecto al criterio Costos. **Fuente:** [Autor].

Costos	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum+1$	Ponderación
Solución 1	-	0	0	1	0,16
Solución 2	1	-	1	3	0,5
Solución 3	0	1	-	2	0,34
			Suma	6	1

Solución 2>Solución 3>Solución1

Tabla 18: Evaluación de solución respecto al criterio Seguridad. **Fuente:** [Autor].

Seguridad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\sum+1$	Ponderación
Solución 1	-	0	0,5	1,5	0,25
Solución 2	1	-	1	3	0,5
Solución 3	0	0,5	-	1,5	0,25

Suma	6	1
Solución 2>Solución 3=Solución1		

Tabla 19: Evaluación de los criterios módulo 2. **Fuente:** [Autor].

Conclusiones	Rendimiento	Mantenimiento	Costos	Seguridad	Σ	Ponderación
Solución 1	0,16*0,35	0,16*0,20	0,16*0,35	0,25*0,10	0,169	3
Solución 2	0,50*0,35	0,42*0,20	0,50*0,35	0,50*0,10	0,484	1
Solución 3	0,34 *0,35	0,42*0,20	0,34*0,35	0,25*0,10	0,347	2

Según los resultados como muestra la tabla 19 para el módulo 2 es la solución 2 la manera correcta de trituración.

Tabla 20: Resultados de los Modulo 1 y 2. **Fuente:** [Autor].

Módulo 1	Solución 2	Separación de material por Lonas
Módulo 2	Solución 2	Trituradora de 2 Ejes

7. Diseño para la Fabricación

En el sistema de corte se emplearán dos cuchillas rotativas armadas en sentido contrario con dos ejes; las acciones de corte de las mismas se representan en la figura, donde se indica el cizallamiento, esto se debe a que se aplican fuerzas iguales, pero en sentido opuesto al ingreso del material Breaker.

Para asegurar la trituración se debe tener ángulos que realicen el corte.(Arévalo, Vargas, y García 2020)

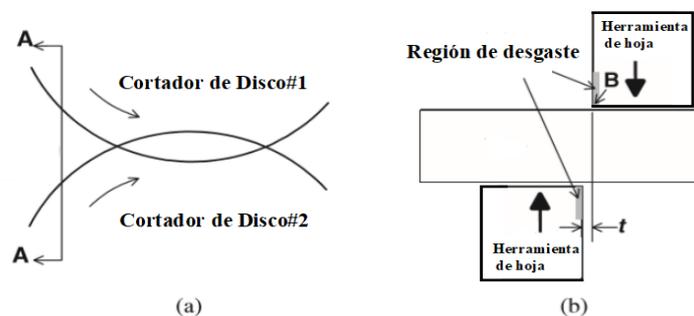


Figura 33: Sistema de Corte en el Breaker. **Fuente:** [Autor].

Para realizar el corte el ángulo que posee la cuchilla es el que permite el desprendimiento del material.

El material de Brecker es el que se considera para la ponderación de los ángulos incidencia, desprendimiento y ataque que se indican en la figura 34 correspondiente. (Arévalo et al. 2020)

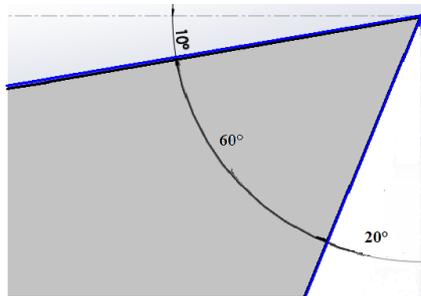


Figura 34: Disposición de ángulos. Fuente: [Autor]

Se decide un diámetro de la cuchilla rotativa de 200mm con un espesor de 40mm, de 3 dientes como se muestra en la figura 35.

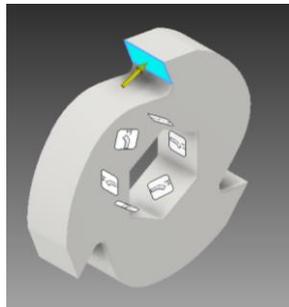


Figura 35: Cuchilla. Fuente: [Autor].

7.1 Torque Requerido para la Trituración.

Como podemos observar en la ecuación 1; el torque T se selecciona en función a la fuerza requerida para inducir el corte del material y la distancia desde el eje al punto de aplicación de la fuerza.

$$T = r * F \tag{1}$$

Donde,

F es la fuerza de cizallamiento en (N),

r es la posición donde es aplicada la fuerza en (m).

La fuerza necesaria es 5500N (observar el registro de pruebas en el Anexo 3 realizado en la Fabrica OQ cauchos), Donde, r es 100mm porque es el radio de las cuchillas que hacen contacto al triturar.

Al aplicar la ecuación (1) se obtiene que $T = 550Nm$ para una cuchilla el torque requerido es multiplicado por el número de cuchillas son 6 cuchillas por eje. $T = 3300Nm$

Cálculo de la potencia se obtendrá de la ecuación (2) (R. L. Mott, 2006),

$$P = T * w \tag{2}$$

T es el torque necesario para la trituración (Nm).

w es la velocidad de la trituración (r.p.m.).

Los fabricantes de máquinas trituradoras recomiendan que la velocidad del trabajo es de 15 a 32 rpm; nosotros vamos a escoger 30 rpm dentro del rango para el diseño, donde se conseguirá la velocidad angular utilizando la ecuación (3) (R.L. Mott,2006).

$$w = \frac{2*\pi*n}{60} \quad (3)$$

$$w = 3.1416 \text{ rad/seg}$$

Para obtener la Potencia se reemplaza en la ecuación (2)

Donde,

$$P = 10367,28 \text{ watt}$$

$$P = 13,89 \text{ HP} \rightarrow 14 \text{ HP}$$

F es Fuerza a aplicar (N).

r es Radio de Cuchilla (m).

P es la Potencia (HP).

T es el Torque (Nm).

n es el numero Revoluciones por minuto (r.p.m).

Vamos a partir con los datos aproximados, y tomando en cuenta los datos técnicos requeridos.

Tabla 21: Datos Técnicos: **Fuente:** [Autor].

Área útil de Corte (mm)	520x400
Cantidad de ejes	2
Potencia instalada	14HP
RPM	30
Diámetro exterior de Cuchillas(mm)	200
Diámetro interior de Cuchillas(mm)	80
Número de Cuchillas	6 por eje
Diámetro del Espaciador (mm)	140
Diámetro interior de Espaciador(mm)	80
Número de espaciadores	7 por eje
Espesor de Cuchillas(mm)	40
δ acero	7860 kg/m^3

gravedad	$9,81 \text{ m}^2/\text{seg}$
----------	-------------------------------

7.2 Diseño de Eje

Para el Diseño de eje se tomó como referencia el material utilizado por los fabricantes de trituradoras, el ACERO AISI 4340 conocido como el E 705 utilizando sus propiedades mecánicas como podemos observar en la Tabla 22.

Tabla 22: Información del ACERO AISI 4340. **Fuente:** [Autor].

Diámetro mm	Límite de Fluencia (N/mm ²)	Resistencia a la Tracción (N/mm ²)
≤16	1000	1200-1400
≤16≤40	900	1100-1300
≤40≤100	800	1000-1200

El material para las cuchillas es DF-2 o Bühler K460 (Acero AISI 1045) con una densidad de $\delta_{\text{acero}} = 7860 \text{ kg}/\text{m}^3$. Con un $D_{\text{ext}} = 200\text{mm}$; $D_{\text{int}} = 80\text{mm}$; $e_{\text{ext}} = 40\text{mm}$. Se reemplaza en la ecuación 4.

(R.L. Mott, 2006).

$$m = \delta * V \quad (4)$$

Donde la masa de las cuchillas es igual $m_{\text{cuchi}} = 11,02 \text{ kg}$.

Para el cálculo de la masa de los separadores se utilizará el material DF-2 o Bühler K460 (Acero AISI 1045) con una densidad de $\delta_{\text{acero}} = 7860 \text{ kg}/\text{m}^3$. $D_{\text{ext}} = 140\text{mm}$; $D_{\text{int}} = 80\text{mm}$; $e_{\text{ext}} = 40\text{mm}$. Se reemplaza en la ecuación 4.

La masa de los separadores es igual $m_{\text{sep}} = 3,25 \text{ Kg}$.

Se suman las masas $m_{\text{total}} = 14,27 \text{ Kg}$. Luego obtendremos el peso total que actúa sobre el eje de las cuchillas y separadores al utilizar la ecuación 5. (R.L. Mott, 2006).

$$w = m * g \quad (5)$$

El valor que se sacó es $w_1 = 140 \text{ N}$. Este resultado será el peso que se tomará para la carga distribuida. Se le suma a la fuerza cortante y es igual $F = 5640 \text{ N}$ por el número de cuchillas que son 6 y nos da $F = 33840 \text{ N}$. Donde $L_1 = 0,52 \text{ m}$ se empleara en la ecuación 6. (R.L. Mott, 2006).

$$q = \frac{w}{L} \quad (6)$$

Se obtuvo un $q = 65076,92 \text{ N}/\text{m}$.

7.3 Diseño de Engranaje

Los engranajes cilíndricos rectos transmiten el movimiento en ejes paralelos, por una rueda dentada ingresa la rotación que hace girar al otro, en sentido contrario como se muestra en la figura 36.

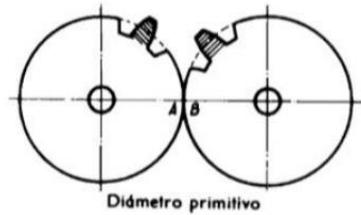


Figura 36: Engranajes Rectos. **Fuente:** (Shigley,2008).

En el diente de un engrane que trabaja a flexión, se calculará como si un solo diente soportara el esfuerzo tangencial. Para la resolución se realizará cálculos de engranes; tomaremos las fórmulas generales de Lewis. Por facilidad de fabricación se utilizará un ángulo de presión $\beta=20^\circ$. La distancia entre centros está relacionado con el diámetro primitivo el cual nos dará una distancia entre centros de 150mm, entonces el $d_p = 150mm$ donde $Dp = dp$, no existirá aumento de torque y velocidad, se utilizara la ecuación 7.(A. Casillas 2008).

$$d_p = m * z \quad (7)$$

Donde el modulo obtenemos del Anexo 8. $m=5$

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

Al momento que la rueda dentada transmite el movimiento, se obtienen las fuerzas tal como se muestra en la figura 37.

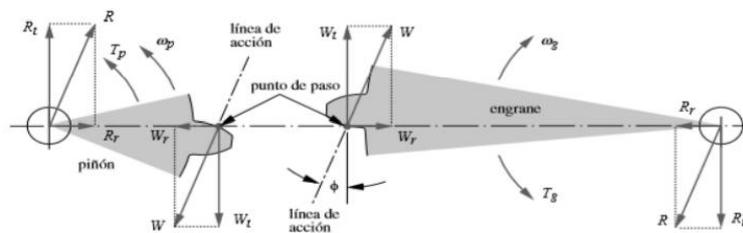


Figura 37: Fuerzas en las Ruedas Dentadas. **Fuente:**(R.LNorton,2011)

Para obtener la fuerza resultante se utiliza la ecuación 1 y 8. (A. Casillas 2008).

$$W_t = \frac{2T}{2Dp} \quad (8)$$

$$W_r = W_t * \tan(20^\circ)$$

$$W = \sqrt{W_t^2 + W_r^2}$$

Donde,

W_t es la magnitud tangencial (N).

W es la fuerza resultante y

α es el ángulo de presión °.

$F = W$ es la fuerza resultante(N).

$d = rp$ es el radio primitivo (m).

El $T_d = 3300Nm$ y $\alpha = 20^\circ$, al aplicar las ecuaciones 1 y 8, se obtuvo un

$W = 40134,495N$; $W_t = 37714,28N$ y $W_r = 13726,87N$

Analizamos el diente de contacto para ver la resistencia de una rueda dentada, parte donde soporta el esfuerzo a la carga, como se muestra en la figura 38. Para saber si el engrane va a resistir la carga, se realiza un análisis mediante la ecuación 9, del esfuerzo de AGMA (R. LNorton,2011).

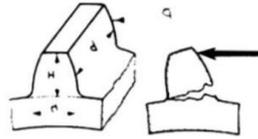


Figura 38: Resistencia del diente en los engranajes. **Fuente:** (R.G. B y J.K Nisbelt,2008).

$$\sigma = W^t K_o k_v k_s \frac{1}{b m_t} \frac{K_H K_B}{Y_j} \quad (9)$$

Donde,

W^t es la carga tangencial transmitida (N),

K_o es el factor de sobrecarga,

K_v es el factor dinámico,

K_s es el factor de tamaño,

b es igual ancho de cara (m),

m_t es el módulo métrico transversal (m),

k_H es el factor de distribución de carga,

K_B es el factor del espesor de aro,

Y_j es el factor geométrico de resistencia a la flexión.

Donde $W^t = 37714,28 N$; $m_t = 0,05m$; $b = 0,0625m$ y del libro (Shigley,2008) los factores son tomados de tablas. donde se extrajo los siguientes valores, $K_o = 1,5$; $K_v = 1,55$; $K_s = 1$; $K_H = 1,19$; $K_B = 1$; $Y = 0,32$ se reemplaza en la ecuación (8) y se consigue que el esfuerzo de carga del engrane $\sigma = 104,34MPa$.

El diente de una rueda dentada opera por resistencia a la flexión, el cual debe ser calculado como un sólido encastrado en la base, el mismo que soportará en la extremidad de la cabeza el esfuerzo, por lo tanto, se calcula como si un solo diente resistiera el esfuerzo tangencial es así que se procederá a la simulación, con una carga tangencial de la ecuación 8, $Wt = 37714,24N$ Obteniendo $\sigma_{sim} = 110,12MPa$ como se indica en la figura 39.

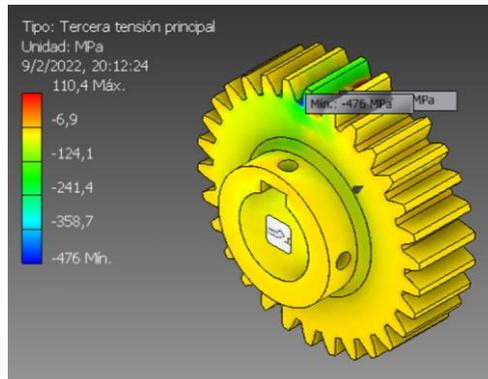


Figura 39: Engranaje Recto Simulación. Fuente: [Autor].

En la figura 39, podemos observar el diente simulado, donde la zona roja es la parte más crítica, debido al esfuerzo máximo que soportara el engranaje recto es $\sigma = 110,12MPa$ y el cálculo matemático es $\sigma = 104,34MPa$, mostrando que los valores se asimilan con un error 5,24% que está dentro del rango.

7.4 Diagrama de Cuerpo Libre en todo el Diseño

Repartimos las fuerzas en dos planos para facilitarnos el estudio como se indica en las figuras 40,41 y 42.

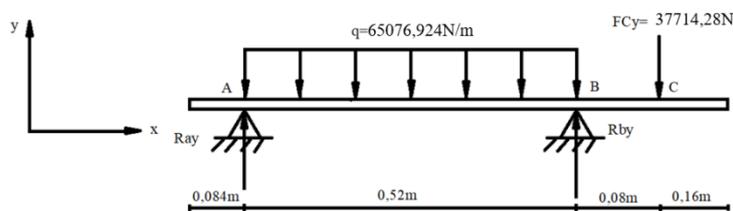


Figura 40: Diagrama de Cuerpo Libre en el plano XY. Fuente: [Autor].

Para encontrar rápidamente transformamos en una fuerza puntual de 33840N en una distancia de 0,26m. Solo para obtener las reacciones.

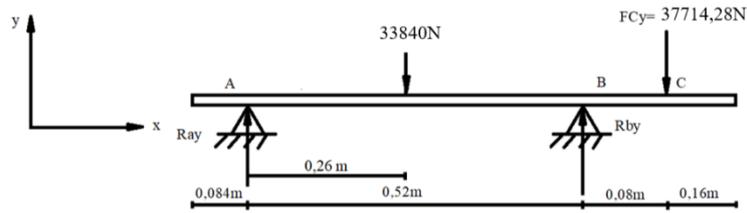


Figura 41:Diagrama de Cuerpo Libre en el plano XY. **Fuente:** [Autor].

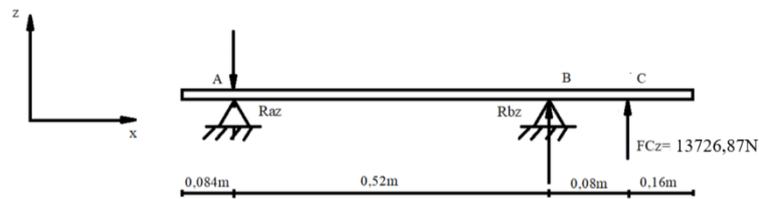


Figura 42:Diagrama de Cuerpo Libre en el plano XZ. **Fuente:** [Autor].

En el plano XY, empleando la sumatoria de momentos y fuerzas en el punto A se obtuvo las reacciones $R_{ay} = 11117,8N$; $R_{by} = 60436,48N$; $R_{az} = 2111,82N$; $R_{bz} = 15838,69N$ como se ve en la figura 43.

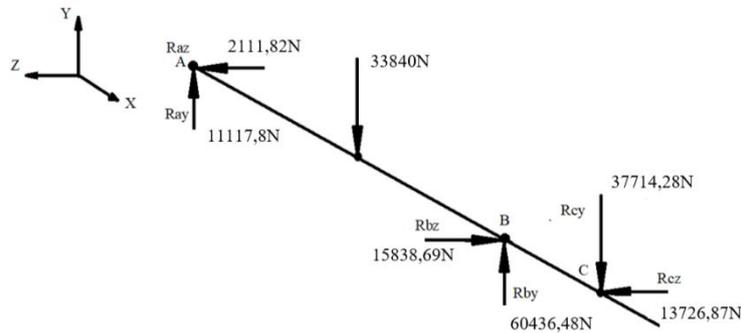


Figura 43:Diagrama de Cuerpo Libre Resuelto. **Fuente:** [Autor].

7.5 Diagramas de Cortante y Momento Flector

Tomando el resultado del Diagrama de Cuerpo Libre de la figura 43, se procede a realizar el diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector en los planos xy y xz como se indican en las figuras 44,45,46 y 47, es el momento máximo que se encuentra localizado en el punto B.

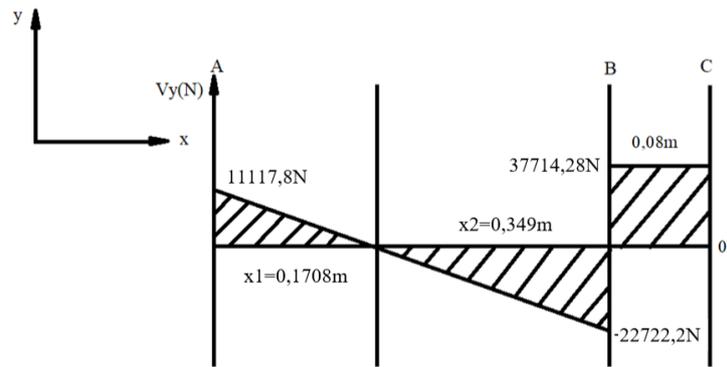


Figura 44:Diagrama de Fuerza Cortante en el plano XY. Fuente: [Autor].

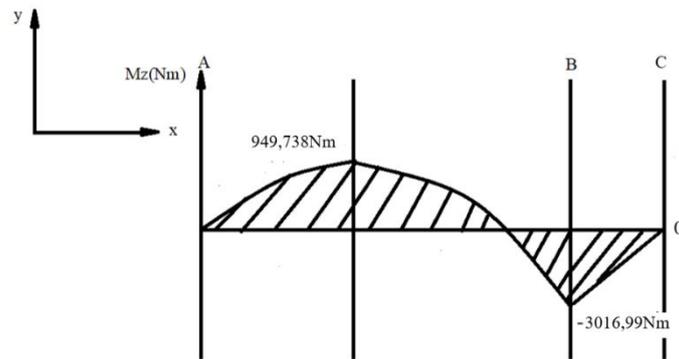


Figura 45:Diagrama de Momento Flector en el plano XY. Fuente: [Autor].

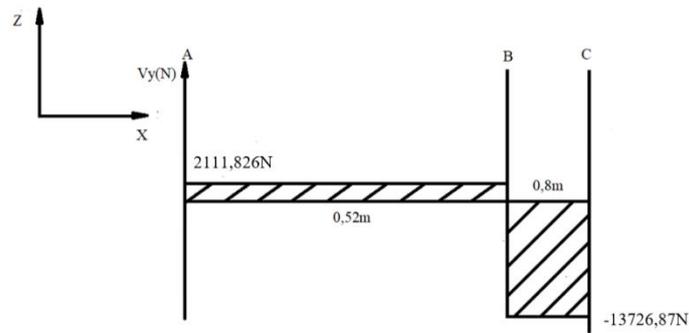


Figura 46:Diagrama de Fuerza Cortante en el plano XZ. Fuente: [Autor].

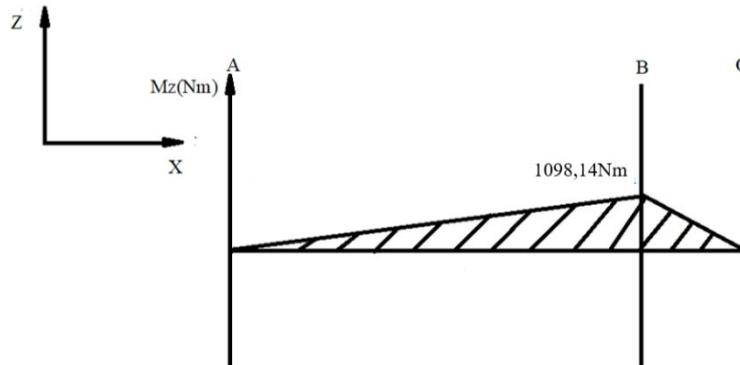


Figura 47: Diagrama de Momento Flector en el plano XZ. Fuente: [Autor].

En la tabla 23 observamos los resultados que fueron empleados en el análisis del factor de seguridad (F.S) y los esfuerzos en cada plano.

Tabla 23: Datos para el Análisis del Factor de Seguridad. Fuente: [Autor].

Momento Máximo			
Momento	Plano XY	Mxy	3017Nm
Flector	Plano XZ	Mxz	1098,19Nm
Momento			
Torsor	En el eje X	Tx	3300Nm
Datos Generales			
D=	80 mm		0,08m
S _y =	70 kg/mm ²		686,46MPa
r=	40mm		0,01m

7.6 Calculo del Factor de Seguridad

Realizamos el cálculo del factor de seguridad por fluencia, utilizaremos las siguientes ecuaciones (R. LNorton,2011).

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (10)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xy} * \sigma_{xz} + \sigma_{xz}^2 + 3\tau} \quad (11)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{MC}{I} \quad (12)$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4} \quad (13)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\tau r}{J} \quad (14)$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad (15)$$

Donde,

N es el factor de seguridad,

S_y es el esfuerzo a cedencia (MPa),

σ_{eq} es el esfuerzo equivalente (MPa),

$\sigma_{m\acute{a}x}$ es el esfuerzo flector máxima (MPa),

M es el momento flector máxima en el plano respectivo (Nm),

C es la distancia desde el eje neutro hasta la fibra más alejada de la viga(m),

I es la inercia para la forma circular (m4),

r es el radio del eje (m),

$\tau_{m\acute{a}x}$ es el esfuerzo torsor máximo (MPa),

T es el momento torsor máximo(Nm),

d es el diámetro del eje (m) y

J es el momento polar de inercia (m4).

A través de las ecuaciones 10,11,12,13,14, y 15 y con los valores de la tabla 24 nos da como resultado los esfuerzos en cada plano $\sigma_{xy} = 330,138MPa$; $\sigma_{xz} = 120,164MPa$; $\tau_{max} = 32,875MPa$; $\sigma_{eq} = 404,146MPa$.

Para el diseño del eje de factor de seguridad lo tomaremos de la tabla 24 según sus parámetros de diseño.

Tabla 24: Rango de factor de seguridad. Fuente: [Autor].

Tipo o Clase de Carga	Acero, Metales Dúctiles	
Carga muerta o carga variable	Basado en la	Basado en la resistencia
bajo análisis por fatiga	resistencia máxima	de la fluencia
	3-4	1,5-2

Para el acero AISI 4340 resistencia a la tensión mínima como podemos ver en la figura 48.

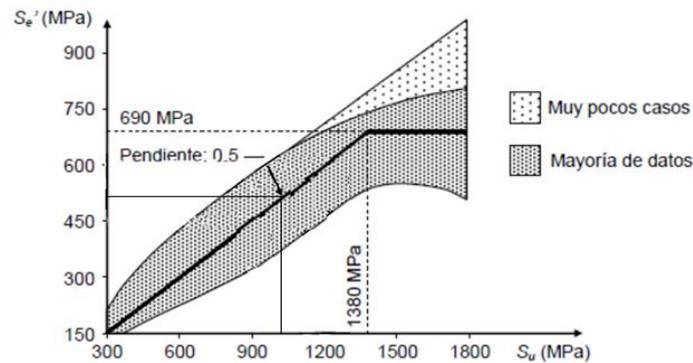


Figura 48: Relación entre límite de fatiga y esfuerzo último Acero (AISI4340). **Fuente:** (V.Faires, 2011)

Para poder hallar el límite de resistencia última a la tensión se utiliza la figura 48, de la cual tomamos el dato de esfuerzo último el siguiente valor.

$$s_u = 950 \text{ Mpa} = (138 \text{ kpsi})$$

$$s'_e = 0,5 s_u \tag{16}$$

Se calcula el límite de resistencia a la fatiga rotativa con la ecuación número 16 y se obtiene el siguiente valor.

$$s'_e = 0,5 (950 \text{ Mpa})$$

$$s'_e = 475 \text{ mpa}$$

Cálculo del factor de Carga k_{carga} el eje se encuentra sujeto a la fatiga, la resistencia a la fluencia y a la rotura de cada material; son diferentes los esfuerzos cortantes, normales y la resistencia a la fatiga.

Para todo eje sujeto a flexión $\alpha = 1; \beta = 0$ reemplazamos en la ecuación 17.

$$k_c = \alpha (s_u)^\beta \tag{17}$$

$$k_c = 1 (138 \text{ Kpsi})^0$$

$$k_c = 1$$

Cálculo de factor de superficie $k_{superficie}$ El acabado superficial del eje tiene consecuencia en la resistencia a la fatiga, si el eje tiene asperezas disminuirá la resistencia, todas las alteraciones reaccionan como pequeños concentradores de esfuerzo que con el lapso del trabajo se puede formar una abertura de manera prematura este dato lo obtenemos de la figura 49.

$$k_{superficie} = 0,72 (\text{mecanizado})$$

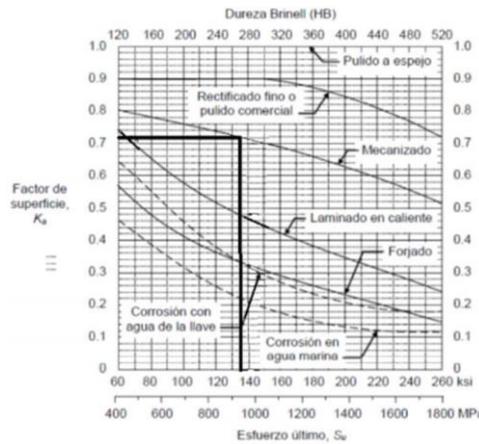


Figura 49: Factores Superficiales para el acero diferentes acabados. Fuente: (Ramos Quispe 2019)

Cálculo de factor de tamaño $k_{tamaño}$ Las dimensiones del eje tiene efectos en la resistencia si mayor es el tamaño del eje disminuye su resistencia, la carga axial no tiene efecto ver la figura 50.

El método del cálculo de factor de tamaño si $65\text{mm} < d < 80\text{mm}$

$$2,79 < d_e < 51\text{mm} \rightarrow k_b = \left(\frac{d_e}{7,62}\right)^{-0,1133}$$

$$d_e > 51\text{mm} \rightarrow k_b = 1,189 \cdot d_e^{-0,097}$$

Figura 50: Condición del factor de Tamaño. Fuente: (R. LNorton,2011).

$$k_{tamaño} = 1,189d^{-0,097} \quad (18)$$

$d = \text{diametro en mm}$

El valor del diámetro aproximado utilizando la tabla 50, ecuación 18 y se hace comparación en la tabla 51.

$$k_{tamaño} = 1,189(80)^{-0,097}$$

$$k_{tamaño} = 0,777$$

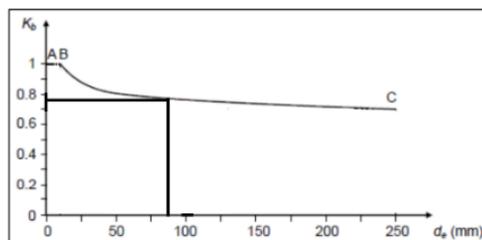


Figura 51: Variación del factor de tamaño vs diámetro. Fuente: (Budynas, Keith,2008pag.647)

Cálculo de factor de temperatura $k_{temperatura}$ Si el factor de temperatura no excede los 450°C de trabajo no es imprescindible para los aceros dúctiles porque no varía su resistencia a la fatiga; por lo tanto:

$$k_{temperatura} = 1(T \leq 450^\circ\text{C})$$

Cálculo del componente de confiabilidad, los componentes de confiabilidad corresponden a 8 desviaciones obteniendo un porcentaje de límite de resistencia a la fatiga como se puede ver en la figura 52.

para $S_d = 0.08 \mu$	
% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Figura 52: Factores de Confiabilidad. Fuente: (R. LNorton, 2011, pág. 265).

Selección de factor de confiabilidad como un valor intermedio y conservador.

$$k_{confiabilidad} = 0,814(\text{confiabilidad de } 99\%)$$

Cálculo de $s_f = s_e$

$$s_f = k_{carga} * k_{tamaño} * k_{superficie} * k_{tem} * k_{confi} * s_e' \quad (17)$$

Para el cálculo de límite a la resistencia última a la fatiga, se utiliza la ecuación número 17 y todos los valores de k obtenidos anteriormente.

$$s_e = (1)(0,76)(0,72)(1)(0,814)(475)$$

$$s_e = 216,307 \text{ Mpa}$$

7.7 Cálculo del diámetro

Los cálculos de diámetro se utilizará la siguiente ecuación:

La ecuación para el cálculo de diámetro del eje según un criterio ASME.

$$d = \left\{ \frac{32 * n_f}{\pi} \left[\left(\frac{K_f * M_a}{s_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (18)$$

Donde,

$n_f =$ Factor de seguridad por fatiga 3

$M_a =$ Momento alternante

$S_e =$ Limite de resistencia a la fatiga

$k_f =$ Factor de concentración de esfuerzo a la fatiga

$s_u = s_y =$ Resistencia ultima

$d =$ diametro de eje

Tramo 0-A

Utilizando la ecuación numero 18 obtenemos el diámetro que aloja a la chumacera con los siguientes valores.

$$T_m = 0$$

$$n_f = 3$$

$$k_f = 1,88$$

$$S_y = 950MPa$$

$$d = 0,0645m$$

Cálculo de factor de corrección

El factor K se encuentra en función a las circunstancias de trabajo del eje, materiales a utilizar y demás ambientes de operación.

Factor de concentración de tensión k_t , el mismo es teórico, es aquel que es el responsable de conservar los efectos locales, estos valores se obtienen de gráficas, para las diversas cargas y discontinuidades.

Debido al tipo de eje a diseñar tomamos $D=80mm$, $d=65mm$, para $r=5mm$ de la figura 53, obtenemos el factor de concentración del eje sujeto a esfuerzo de flexión:

$$k_t = 1,65$$

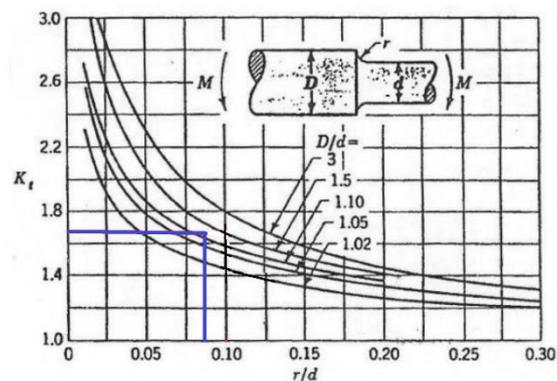


Figura 53: Factor de concentración de esfuerzo para eje a flexión. Fuente: (R. LNorton, 2011, pág. 268).

Factor de concentración de tensiones reducido a fatiga k_f este factor se utiliza para calculos clasicos de fatiga, obtenemos el valor en base a la siguiente formula:

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

q igual a la sensibilidad a la entalla, dependiente del material del eje a diseñar y obtendremos por la siguiente figura 54.

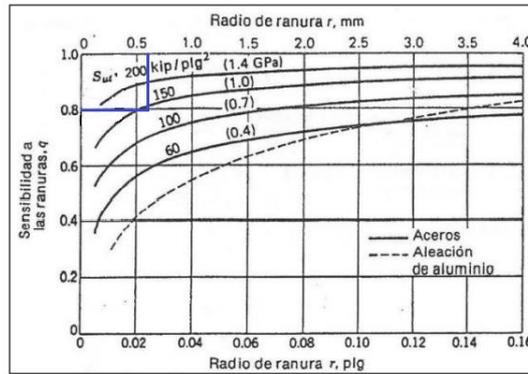


Figura 54:Sensibilidad de las entallas para las cargas axiales y de Flexión. **Fuente:** (R. LNorton,2011, pag.270).

$$q = 0,8$$

$$k_f = 1 + 0,8(1,45 - 1)$$

$$k_f = 1,33$$

Tramo B-C

Es el tramo donde se alojan las cuchillas utilizando la ecuación número 18 y el momento alternante más el concentrador de esfuerzos dados por la figura 53 se obtiene.

$$d = \left\{ \frac{32 * n_f}{\pi} \left[\left(\frac{K_f * M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$M_a = 3017Nm$$

$$d = 0,0804m$$

Tramo C-D

Es el tramo de la chumacera utilizamos la ecuación 18 y la figura 53 los siguientes valores.

$$d = \left\{ \frac{32 * n_f}{\pi} \left[\left(\frac{K_f * M_a}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$n_f = 3$$

$$M_a = 3300Nm$$

$$Tm = 0Nm$$

$$Kf=1,88$$

$$d = 0,0645m$$

Tramo D-0

Es el diámetro donde está alojado la Rueda Dentada se utiliza la ecuación 18 y los siguientes datos.

$$d = \left\{ \frac{32 * nf}{\pi} \left[\left(\frac{Kf * Ma}{Se} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$nf = 3$$

$$Ma = 0$$

$$Tm = 3300Nm$$

$$d = 0,048m$$

Para el diámetro mínimo se aplica el teorema de esfuerzo normal de Rankine esta ecuación 18.

$$M_e = \frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2}) \quad (18)$$

$$M_e = \frac{\pi}{32} * \sigma_b * d^3$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_o}{nf}$$

Donde,

$M =$ Momento maximo

$T =$ Momento Torsor

$M_e =$ Momento Equivalente

$\sigma_o =$ esfuerzo admisible del material a traccion 950MPa

$nf =$ factor de seguridad resistencia a la fatiga 3

$d =$ diametro

Aplicar la ecuación 18 se obtuvo un diámetro de 0.042m

En la siguiente Tabla 25 se aplicó la norma DIN 323 que para diámetros normalizados de árboles y ejes.

Tabla 25: Diametros Normalizados. Fuente: [Autor].

Cálculos	Norma DIN323
$d_{o-A} = 64,53mm$	$d_{CHUMACERA} = 65mm$

$$\begin{array}{ll}
 d_{A-B} = 80,46mm & d_{CUCHILLAS} = 80mm \\
 d_{C-D} = 64,53mm & d_{CHUMACERAS} = 65mm \\
 d_{D-0} = 48,87mm & d_{ENGRANAJE} = 50mm \\
 d_{min} = 42,56mm & d_{min} = 50mm
 \end{array}$$

Calculo para el factor de Seguridad por Von Misses usando Goodman Modificado. (R. LNorton,2011).

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M * C}{I} \quad (19)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{16 * T}{\pi * D^3} \quad (20)$$

Donde,

$$C = \frac{D}{2}$$

Al aplicar la ecuación 19 y 20 los de datos ya los conocemos reemplazamos y obtenemos.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 60,03MPa; \tau_{m\acute{a}x} = 32,85MPa.$$

Calculo del factor de seguridad (R. LNorton,2011).

$$n_f = \frac{S_e * S_y}{\left(S_e * \sqrt{\sigma_{m\acute{a}x}^2 + 3\tau_{m\acute{a}x}^2} + S_y * \sqrt{\sigma_{m\acute{a}x}^2 + 3\tau_{m\acute{a}x}^2} \right)} \quad (21)$$

Donde,

n_f = Factor de seguridad por fatiga

σ = esfuerzo flector maximo

S_e = Limite de resistencia a la fatiga

$s_u = s_y$ = Resistencia ultima

τ = esfuerzo maximo cortante

Vamos a encontrar el factor de seguridad por fatiga aplicando la ecuación 21 donde obtenemos 2,53 es el valor de cargas que va soportar el eje.

7.8 Análisis de deformación del eje

El desequilibrio de los elementos de las máquinas es la inversión de un árbol o eje de su forma original o ideal. Los árboles y ejes se alteran debido a que resisten cargas que a su vez forman esfuerzos en sus componentes. En una aplicación particular, la imperfección puede ser pequeña que talvez no se obtenga la medida por los métodos habituales, siendo este caso de ejes con escasa distancia entre apoyos o árboles con un diseño enormemente riguroso, o una imperfección

considerable y pueda ser tomada en cuenta a simple vista, como puede ser el caso de ejes poco rígidos con cargas en voladizo.

Esta imperfección se da como consecuencia de la desalineación del trabajo de las chumaceras y un mal contacto entre los otros elementos; de lo anterior creamos la necesidad de que los árboles y ejes deban ser diseñados para garantizar que esta imperfección elástica, nacida en ellos bajo carga, se encuentre entre límites admisibles que garanticen la operación adecuada de los elementos conectados.

En el caso de árboles y ejes, es usual valorar la rigidez suficiente realizando una evaluación de la deformación y comparándola con el valor de deformación admisible, según el criterio ASME se muestra en los siguiente.

Según Criterio ASME (R. LNorton,2011).

$$\theta < \frac{1^\circ}{20*d} \quad (22)$$

Donde,

d diámetro del eje (m)

En la siguiente ecuación 22 obtuvimos $0,00625^\circ$.es lo que se va deformar nuestro eje de 0,84m de largo.

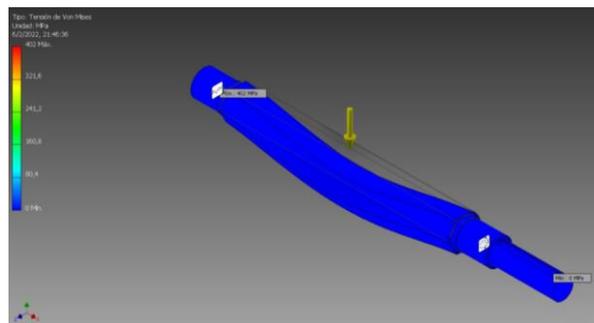


Figura 55: Fuerza Puntual ejercida por las Cuchillas. **Fuente:** [Autor].

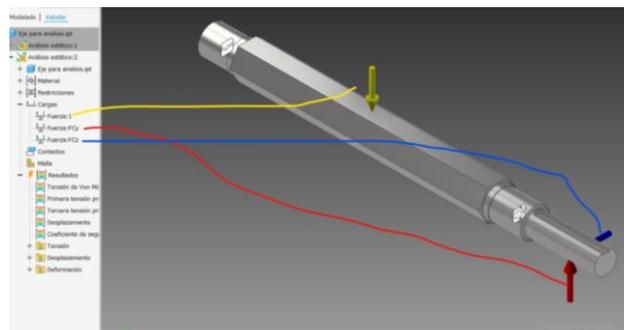


Figura 56: Fuerzas que intervienen en el Eje. **Fuente:** [Autor].

Al aplicar la ecuación 21 nos da un factor de seguridad $nf=2,53$ que está dentro del rango y que es muy parecido al de la simulación ver figura 57.

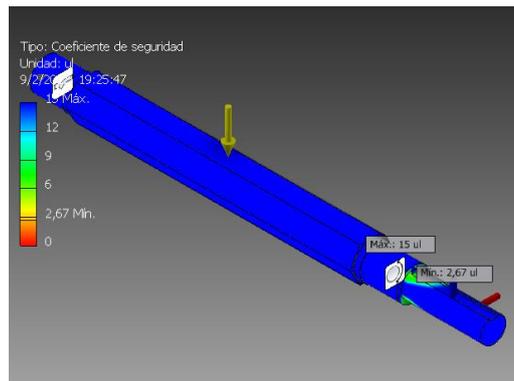


Figura 57: Coeficiente de Seguridad Simulado en Inventor. **Fuente:** [Autor].

Equivalencia a diámetro hexagonal

Se escogió este diseño en el eje de transmisión para eliminar los concentradores de esfuerzo a lo largo de todo el eje donde tendrá mayor sección de apoyo la sujeción de las cuchillas y separadores como se puede ver aplicando la ecuación 23 con un diámetro de 80mm. (Larburu N,2002)

$$S = 0,6495d^2 \quad (23)$$

$$S = 4156,8 \text{ mm}^2$$

7.9 Diseño de la Caja de Trituración

Esta caja de trituración desempeña con algunas funciones, como es: dirigir el material, resistir el peso de los dos ejes, cuchillas y material a triturar, obtener el alojamiento para las chumaceras y demás elementos; y otros.

Geometría

Es de área rectangular, en los extremos tendrá orificios que permitan sostener las chumaceras, la tolva, alojamientos para tornillos, elementos de sujeción y soporte axial

Material

Por las características de la trituradora este debe poseer un material con alta tenacidad, por lo que se ha escogido acero estructural ASTM A-36, el cual tiene un $S_y = 36 \text{ ksi} = 250 \text{ MPa}$.

Dimensiones

Dependiendo de la geometría de la caja, deberá tener un espesor mínimo de sección, los suficientes elementos para el funcionamiento, elementos de área, tapas.

Determinación de cargas Actuantes

El único protagonista sobre la caja de trituración es el peso de los conjuntos (eje, cuchillas, separadores, tolva, chumaceras, etc.). lo que se determinara mediante el software de simulación.

$$P_c = 168,27 \text{ Kf} \rightarrow 1650,73 \text{ N}$$

Cálculo de diseño

En lo explicado anteriormente, la caja va estar funcionando únicamente a compresión y tendrá 4 apoyos sobre los cuales van a estar asentados los dos ejes, el peso va ser repartido en 4 partes iguales para lo cual la ecuación de diseño será (Shigley,2008).

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A_T} \leq [\sigma] = \frac{S_y}{F.S.} \quad (24)$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo de compresión

A_T =Area transversal del soporte de la caja

S_y =Esfuerzo máximo de fluencia 250MPa

$F.S.$ =Factor de seguridad 3

σ =Esfuerzo admisible del material 125MPa

A_T =Area Transversal

$$A_T = e * d \quad (25)$$

Donde,

e =espesor de la caja.

d =Diámetro que soporta el eje 67mm.

De las siguientes ecuaciones 24 y 25 se obtiene $A_T = 0,0000197m^2$; $e = 0,00197m^2 = 0,2mm$.

Se demostrará el correcto diseño, se considera la esbeltez del elemento mediante la ecuación. (Shigley,2008).

$$\lambda = \frac{L}{r_{min}} = < 240 \quad (26)$$

Donde,

λ =Esbeltez.

L =longitud total del elemento 250mm asumimos para el diseño.

r_{min} =radio de giro menor de la caja= $e/2=67mm$.

De la ecuación 25 y 26 se determina que el espesor mínimo de la caja deberá ser de:

$$e = 7,46mm$$

Como resultado observamos que la caja podría ser construida con un espesor de 8 mm para soportar las cargas; sin embargo, se tomará valor mayor a este para el correcto funcionamiento de los elementos que van a soportar.

7.10 Diseño de la estructura de Soporte

Esta estructura de soporte deberá soportar el peso completo de todo el conjunto (cuchillas, ejes, tolva, caja de trituración, motorreductor, chumaceras y demás elementos), se considera que está

sujeto a compresión, flexión en los elementos horizontales de la estructura, en el diseño se evitará vibraciones altas y efecto de pandeo en algunos.

Geometría

La estructura será construida con tubos estructurales de área cuadrada con soportes en zonas críticas, en donde existe esfuerzo de flexión junto con soportes horizontales para que sostengan la máquina.

Material

Emplearemos acero estructural A36, por sus características y su fácil adquisición en el mercado de nuestra ciudad. Ver Anexo 1.

Determinación de las cargas actuantes

Las chumaceras se localizan en las caras transversales de la caja de trituración, debido a que son las que soportan las cargas del grupo (ejes-cuchillas-caja-tolva), además un motorreductor cónico axial que evita vibraciones por su diseño se realiza los diagramas de cuerpo libre.

Diagrama de cuerpo libre del bastidor

Esta sección es la que se encuentra debajo, la caja de trituración va a ser la responsable de resistir estos pesos más el motorreductor, por lo tanto, ver la figura 58.

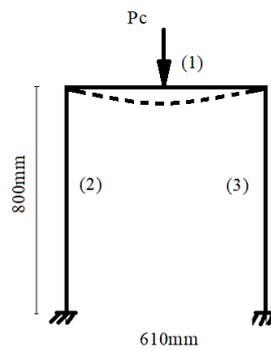


Figura 58: Diagrama de cargas actuantes sobre la estructura. **Fuente:** [Autor].

Donde “ P_c ” es el peso total de los elementos, ésta soportará dicha área, es imprescindible saber todos los efectos que esta carga provoca como flexión pura en el elemento (1), flexión y compresión (2) y (3), se desglosa el diagrama de cuerpo libre en la siguiente figura 59.

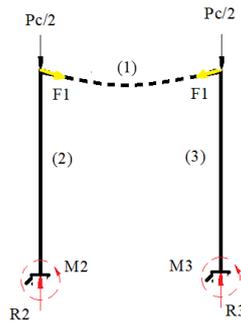


Figura 59:Diagrama del cuerpo libre cargas sobre elemento. Fuente: [Autor].

Cálculos de Diseño

El valor del soporte horizontal va estar sujeto a flexión pura debido a P_c , por consiguiente, de la ecuación de diseño o flexión la misma que considera momentos flectores. (Shigley,2008).

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_{xx}} \leq \sigma = \frac{S_y}{F.S.} \quad (27)$$

Donde,

$\sigma_{m\acute{a}x}$ =Esfuerzo máximo al que será sujeto la estructura.

$M_{m\acute{a}x}$ =Momento flector máximo como resultado de P_c conseguido en diagramas.

S_{xx} = Inercia del Elemento.

$[\sigma]$ =Esfuerzo admisible del material.

s_y Esfuerzo de fluencia 250MPa para acero AWS A36.

FS Factor de seguridad 2,2 (Para momentos Flectores).

Para la realización de los diagramas es necesario primero encontrar la carga total actuante sobre el elemento (1), es decir P_c , la que se obtiene de la siguiente ecuación 28.

$$P_c = P_{MR} + \frac{P_{st}}{2} \quad (28)$$

Donde,

P_c Peso del conjunto.

P_{MR} Peso del monorreductor 3266,73N.

$\frac{P_{st}}{2}$ Peso del subconjunto de trituración obtenido del software de simulación ejes-cuchillas-caja trituracion, etc dividido para 2 ya que se encuentra en ambos soportes laterales 1004,94N.

$$P_c = 5276,61N$$

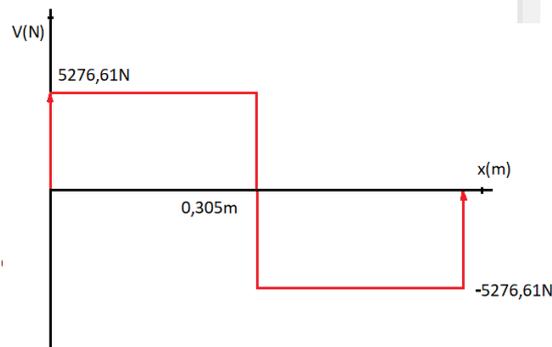


Figura 60:Diagrama de Fuerzas Cortantes en el Soporte Horizontal. Fuente: [Autor].

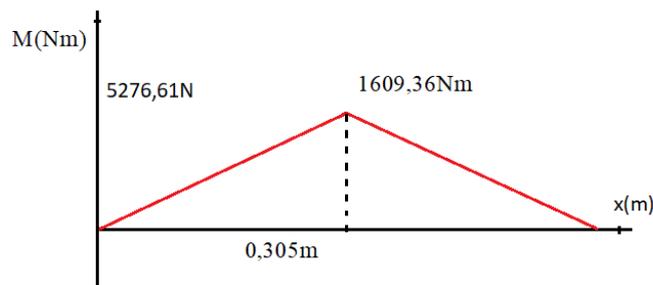


Figura 61:Diagrama de Momento Cortante del Soporte Horizontal. Fuente: [Autor].

Diagrama de Momento Cortante del Soporte Horizontal

Donde, al aplicar la ecuación 27 se obtiene

$$S_{xx} = 1,10 \cdot 10^{-5} m^4 = 0,68 in^4 = Inercia$$

La tubería estructural satisface con este requerimiento es de Sección Cuadrada 2*2*0,106in.

Diseño de componentes (2) y (3).

Las fuerzas flexionantes sobre los componentes son despreciables debido a que en el pandeo del componente (1) va ser mínimo debido al diseño para ambos componentes. (Shigley, 2008).

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A} \leq \sigma = \frac{S_y}{F.S.} \quad (29)$$

Donde,

σ_c Esfuerzo de compresión.

A Sección transversal del tubo estructural.

$\frac{P_c}{2}$ Fuerza que resiste solo uno de los soportes verticales 5276,6N.

S_y Esfuerzo máximo de fluencia 250MPa.

FS factor de seguridad 2,5.

σ Esfuerzo admisible del material 125MPa.

Determinar la sección transversal, despejando de la ecuación 29 obtendremos:

$$A = 2,63 * 10^{-3} m^2 = 1,60 in^2$$

La tubería estructural que cumple con este requerimiento es de Sección Cuadrada 2*2*0,25in.

Se evidenciará el diseño, considerando la esbeltez del elemento mediante la ecuación 26. (Shigley,2008).

Donde,

L longitud del elemento 800mm \rightarrow 31,49in.

r_{min} radio de giro menor de perfil 0,684in es la $\sqrt{\frac{I}{A}}$.

$$\lambda = 45,37 < 240$$

El perfil seleccionado cumple con las necesidades de diseño de la máquina.

7.11 Análisis de Chaveta y Chavetero

En el análisis que se realizó de fatiga sobre el eje, ya se consideró el factor de concentración de esfuerzos debido a la cuña, por lo que las dimensiones del chavetero y chaveta para un diámetro de 50mm van ser.

Chaveta A78*12*50 DIN6886

Tabla 26: Datos de la Chaveta. Fuente: [Autor].

Diámetro	50mm	Alto	12mm
Ancho	20mm	Longitud	80mm

Resistencia de la cuña del eje

Material: ACERO SAE 101 $S_u = 365MPa$; $S_y = 303MPa$; $S_e = 0,5S_y$. (R. LNorton,2011).

$$F = \frac{T}{r} \quad (30)$$

$$\tau_a = \frac{F}{A_{corte}} \quad (31)$$

$$\nabla_a = \sqrt{3\tau_a^2} \quad (32)$$

$$N_f = \frac{1}{\frac{\nabla_a + \nabla_m}{S_e + S_u}} \quad (33)$$

Donde,

$T =$ Momento Torsor.

$F =$ Fuerza de Corte.

$\tau_a =$ Esfuerzo Cortante.

$\sigma_a = \text{Von Misses.}$

$N_f = \text{Factor de seguridad.}$

Aplicando las siguientes ecuaciones 30,31,32 y 33 se obtuvo $F = 182400N; \tau_a = 18,26MPa; \sigma_a = 31,56MPa; N_f = 3,46$

$$N_{f_{eje}} \text{ comparado } N_{f_{chaveta}}$$

Analizando podemos ver que el factor de seguridad de la cuña 3,46 es mayor al factor de seguridad del eje, entonces podemos asumir que va resistir a los esfuerzos.

7.12 Selección del Rodamiento

Esta elección de los rodamientos se la realizó tomando en cuenta: diámetro interno que será igual a 65mm, carga máxima de soporte será mayor al peso de la caja de trituración, velocidad de giro 30rpm, se considera la chumacera UCFL213D1 anclaje a la pared conformada por el rodamiento de bolas de contacto angular UC213D1o intercambiable con YAR213-2F. (Goikolea Ibarguengoitia 2019)

Vida propuesta 3 años con una jornada de 8 horas al día por 264días del año.

$$L = 30RPM * 3años * 264días * 24horas * 60min \\ = 34,214440millones \text{ de revoluciones}$$

$$L = \frac{1000000}{\pi * n} \left(\frac{C}{P} \right)^a \quad (34)$$

$$P = xF_r + yF_a = P_y + 0,25P_y \quad (35)$$

Donde,

$a = 3$ Para rodamiento de bolas.

$a = 10/3$ Para rodamiento de rodillos.

$C = \text{Carga dinamica en Kg fuerza.}$

$P = \text{Fuerza .}$

$n = \text{numero de revoluciones rpm.}$

$P_y = \text{Es la reaccion en B en kg fuerza.}$

Se trabaja con rodamiento de bolas, Calculamos la carga considerando un factor de empuje propuesto de 0,25 la fuerza en R_b en kg fuerza.

Reemplazamos en la ecuación 34,35 y obtenemos que $C = 7700,88Kg$ fuerza esta es la carga dinamica.

7.13 Selección de Motorreductor

La elección de este componente es influenciado por la potencia requerida, al igual que el torque, ambos deben ser tomados en cuenta y superiores a los mínimos requeridos, de esta forma determinamos la potencia requerida.

Por esta razón se toma en cuenta un factor de servicio (FS). Este es un factor dado por los fabricantes, el cual afecta directamente a la potencia y al torque requerido por lo que se tiene un factor de servicio 1,5. Revisar Anexo 5.

$$P_M = P_R * FS \quad (36)$$

Donde,

P_R Potencia requerida por el diseño 14HP

FS Factor de seguridad 1,5

Entonces de la ecuación 36 obtuvimos una $P_M = 21Hp \rightarrow 15666kw$

Se selecciono un Motorreductor Conico Axial marca MEG tipo C09L6180ZMB4E

$P_M = 15,66kw$ con un $n = 30rpm$.

7.14 Selección de Acople

El acoplamiento del motorreductor es una de las partes más críticas que este va transmitir el movimiento y el torque que va proporcionar la máquina. Revisar Anexo 6.

El factor dado por los fabricantes (FS) 1,5.

$$T_A = T_R * FS \quad (37)$$

Donde,

T_R Es el torque requerido 3300Nm

En la ecuación 37 se calculo $T_A = 4950Nm$ y se selecciono un N-FLEX tipo 160 marca KASIN ver tabla.

7.15 Diseño de la Tolva

En la tolva de alimentación es de forma trapezoidal según el análisis funcional que se realizó, no existe presencia de cargas considerables, porque su función es captar el material a triturar (Brecker), se encuentra acentada en la caja de trituración. Por consiguiente, la característica principal a tomar en cuenta es el ancho de la plancha la misma que es de 3.18mm del material ASTM A-36, es decir debe cumplir con las dimensiones para poder captar el material, de esta manera brindará la correspondiente seguridad al operador y no permite escapar residuos por la parte superior de la máquina, dando facilidad para que ingresen los materiales.

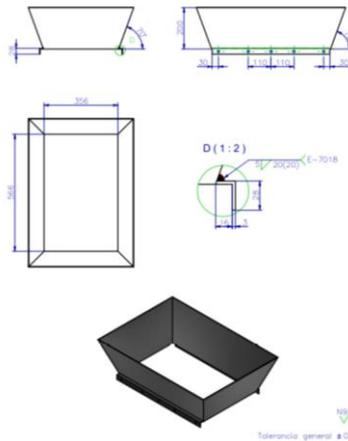


Figura 62 Diseño de la Tolva Fuente: [Autor].

7.16 Selección del Sistema de Control

En este proceso de trituración, es posible que la máquina se trabe por la acumulación del material de entrada o por mal uso, como consecuencia tendríamos un desperfecto en el motor, desalineación de un eje respecto a otro, deterior en los diferentes elementos como son cuchillas y ejes, esto puede ser considerado un daño grave. Para proteger de estos inconvenientes recomendamos utilizar un sistema de control electrónico debido a su bajo costo económico, peso y espacio. Utilizaremos dos sistemas de control los mismos que impedirán descompuestos considerables, el primero será guardamotor y el segundo un sistema de control.

El primer elemento es el guardamotor viene dado según el amperaje de cada motor, esto quiere decir que para el motor de 21hp seleccionado, necesitaremos un guardamotor de alrededor de 65,80 amperios. El mismo es un sensor que mide los amperajes, el momento en que el amperaje nominal del motor llegue a su límite, envía una señal a un controlador y éste corta la corriente y paraliza al motor evitando daños.

Para recuperar la secuencia de producción al motor apagado por el guardamotor, es necesario destrabarlo, otra recomendación es tener inversión de giro por exceso de acumulación de material y seguridad.

8. Simulación

El software de diseño que se utilizó para el desarrollo de los modelos de siumulación fue el Autodesk Inventor 2018, que permite la elaboración de dibujos, y además posibilita realizar el analisis de los esfuerzos que se presentan en el triturador.

Los elementos más criticos del triturador son los ejes, las cuchillas y la carcasa que sostiene a los elementos anteriormente descritos, de los cuales se analizaran los esfuerzos presentes según la Teoria de Von Misses-Hencky, la cual se concrets como el esfuerzo a tensión uni-axial la cual generará la misma energía de distorsión que causa por la combinación real de los esfuerzos aplicados, las Deformaciones en los distintos planos debido a los esfuerzos que realizan las cuchillas al momento de corte, y la carga de Seguridad que se produce en el analisis que es la que validad el proceso de simulación y la resistencia de los elemntos a los esfuerzos que se presentan.

El Proceso de análisis se va realizar en el siguiente orden:

- Insertar los elemntos de analisis en una hoja de ensable de inventor.
- Ensambler los elementos.
- Insertar parametro y objetivos a simular.
- Insertar restricciones en los elemntos.
- Insertar las características de los materiales.
- Creación de la malla.
- Generar las Simulacion.
- Generar la Hoja de Reporte de Analisis.

Todo este analisis detallado se presentará desde las tablas 27 hasta la 58, igualmente las figuras desde 63 hastan 92 debido a que pertenecen a simulaciones.

8.1 Análisis del Eje

Propiedades Fisicas.

Tabla 27: Propiedades físicas del Eje. Fuente: [Autor].

Material	Acero AISI 4340 350C RT
Densidad	7,85 g/cm ³
Masa	25,4923 kg
Área	203405 mm ²
Volumen	3247420 mm ³
Centro de gravedad	x=400,46 mm y=0,357866 mm z=-0,796487 mm

Configuración de malla:

Tabla 28: Configuración de la malla del Eje. Fuente: [Autor].

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

Materiales:

Tabla 29: Material del Eje. Fuente: [Autor].

Nombre	Acero AISI 4340 350C RT	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	1178 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1240 MPa
Tensión	Módulo de Young	207 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	77,8195 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje para analisis.ipt	

Condiciones funcionamiento:

Fuerza:1

Tabla 30: Valores de la Fuerza 1. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	33840,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-33840,000 N
Vector Z	0,000 N

Fuerza:RCy

Tabla 31:Fuerza RCy aplicada al eje. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	37714,280 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-37714,280 N
Vector Z	0,000 N

Fuerza:RCz

Tabla 32: Fuerza RCz aplicada al eje. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	13726,870 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	13726,870 N

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Tabla 33: Fuerza y pares de reacción en restricciones. Fuente: [Autor].

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	16969,3 N	928,563 N	2200,03 N m	43,5672 N m
		16943,8 N		-9,21425 N m
		0 N		2199,58 N m
Restricción de pasador:1	56321 N	-934,071 N	2614,29 N m	0 N m
		54612,9 N		1584,15 N m
		-13733,7 N		2079,66 N m

Resumen de Resultados:

Tabla 34: Resultados de la Simulación al Eje. Fuente: [Autor].

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	3247420 mm ³	
Masa	25,4923 kg	

Tensión de Von Mises	0,133311 MPa	440,805 MPa
Primera tensión principal	-104,808 MPa	479,507 MPa
Tercera tensión principal	-337,639 MPa	140,944 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,464323 mm
Coefficiente de seguridad	2,67239 su	15 su
Tensión XX	-302,065 MPa	391,264 MPa
Tensión XY	-143,436 MPa	107,573 MPa
Tensión XZ	-172,5 MPa	151,94 MPa
Tensión YY	-130,479 MPa	225,702 MPa
Tensión YZ	-72,2525 MPa	87,4816 MPa
Tensión ZZ	-116,881 MPa	170,008 MPa
Desplazamiento X	-0,0837309 mm	0,0908762 mm
Desplazamiento Y	-0,438101 mm	0,0069254 mm
Desplazamiento Z	-0,00534664 mm	0,141886 mm
Deformación equivalente	0,000000580199 su	0,00189609 su
Primera deformación principal	-0,00000432377 su	0,00192617 su
Tercera deformación principal	-0,00129348 su	-0,00000013256 su
Deformación XX	-0,00123925 su	0,0017955 su
Deformación XY	-0,000921595 su	0,000691172 su
Deformación XZ	-0,00110834 su	0,000976231 su
Deformación YY	-0,000684839 su	0,000447114 su
Deformación YZ	-0,000464231 su	0,00056208 su
Deformación ZZ	-0,000520776 su	0,00033081 su

Tensión de Von Mises

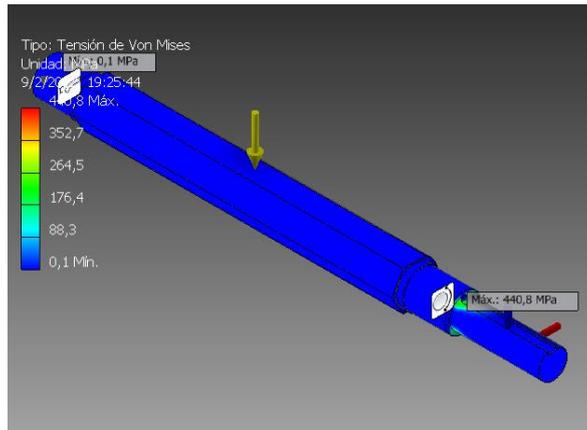


Figura 63: Tensión Von Mises simulación del Eje. Fuente: [Autor].

Coefficientes de Seguridad

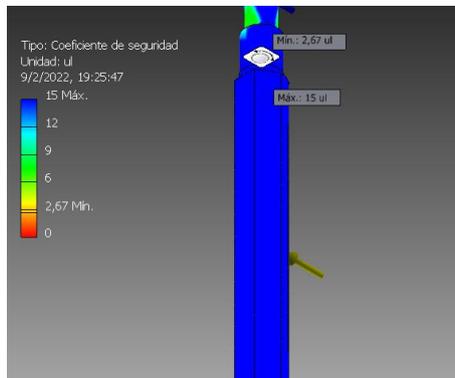


Figura 64: Coeficiente de Seguridad Simulación del Eje. Fuente: [Autor].

Desplazamiento:

En x

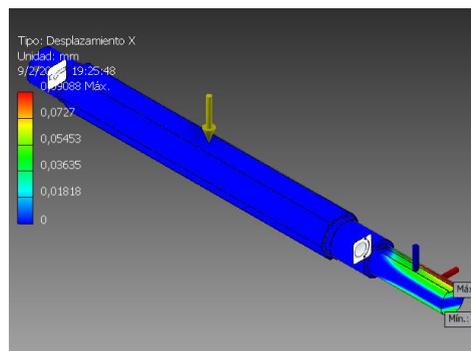


Figura 65: Desplazamiento en X del Eje. Fuente: [Autor].

En y

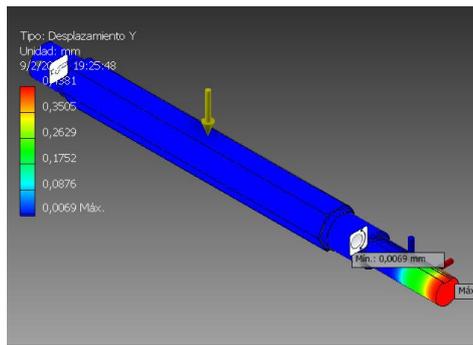


Figura 66: Desplazamiento en y del Eje. Fuente: [Autor].

En Z

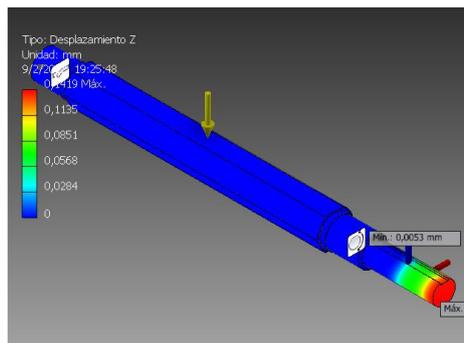


Figura 67: Desplazamiento en z del Eje. Fuente: [Autor].

8.2 Análisis de Cuchilla

Propiedades Físicas:

Tabla 35: Propiedades Físicas de las Cuchillas. Fuente: [Autor].

Material	Acero AISI 1045 500 RT
Densidad	7,85 g/cm ³
Masa	6,71064 kg
rea	80427,2 mm ²
Volumen	854858 mm ³

Centro de gravedad	x=0 mm y=0 mm z=20 mm
--------------------	-----------------------------

Configuración de malla:

Tabla 36: Configuración de la malla de la cuchilla. Fuente: [Autor].

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

Materiales:

Tabla 37: Material de la cuchilla. Fuente: [Autor].

Nombre	Acero AISI 1045 500 RT	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	1728 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1956 MPa
Tensión	Módulo de Young	207 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	77,8195 GPa
Nombre(s) de pieza	Cuchilla.ipt	

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones.

Tabla 38: Fuerzas y Restricciones de la Cuchilla. Fuente: [Autor].

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija: 1	5640 N	-5299,87 N	459,477 N m	0 N m
		-1928,99 N		0 N m
		0 N		459,477 N m

Tabla 39: Resultados de la Simulación de la Cuchilla. Fuente: [Autor].

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	854858 mm ³	
Masa	6,71064 kg	
Tensión de Von Mises	0,00644762 MPa	32,8997 MPa
Primera tensión principal	-0,89711 MPa	36,4981 MPa
Tercera tensión principal	-15,4339 MPa	3,80214 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00771166 mm
Coficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-14,9815 MPa	17,255 MPa
Tensión XY	-4,5492 MPa	15,7706 MPa
Tensión XZ	-2,0475 MPa	2,13275 MPa
Tensión YY	-2,70607 MPa	33,7143 MPa

Tensión YZ	-1,86187 MPa	1,54839 MPa
Tensión ZZ	-1,85499 MPa	8,39427 MPa
Desplazamiento X	-0,000223817 mm	0,00638651 mm
Desplazamiento Y	-0,00121002 mm	0,00432227 mm
Desplazamiento Z	-0,000495164 mm	0,000497441 mm
Deformación equivalente	0,0000000280203 su	0,000145203 su
Primera deformación principal	0,0000000128717 su	0,000162454 su
Tercera deformación principal	-0,000071745 su	-0,0000000146684 su
Deformación XX	-0,0000688381 su	0,0000739029 su
Deformación XY	-0,0000292291 su	0,000101328 su
Deformación XZ	-0,0000131554 su	0,0000137032 su
Deformación YY	-0,0000191986 su	0,000144569 su
Deformación YZ	-0,0000119627 su	0,0000099486 su
Deformación ZZ	-0,0000373396 su	0,0000200654 su

Tensión Von Moises

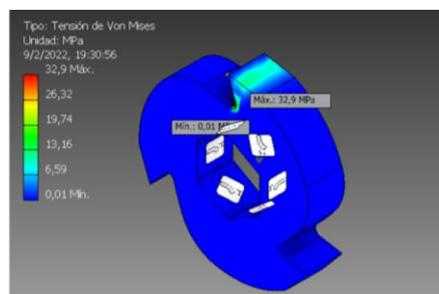


Figura 68: Tensión de Von Moises Simulación de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Coefficiente de Seguridad:

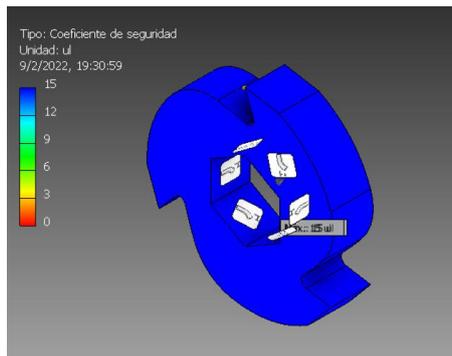


Figura 69: Coeficiente de Seguridad Simulación de la Cuchilla. Fuente: [Autor].

Desplazamiento X

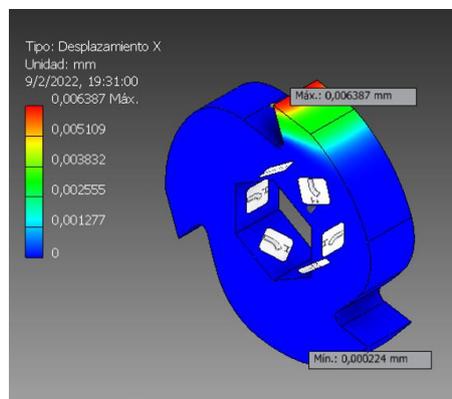


Figura 70: Desplazamiento en X Cuchilla. Fuente: [Autor].

Desplazamiento Y

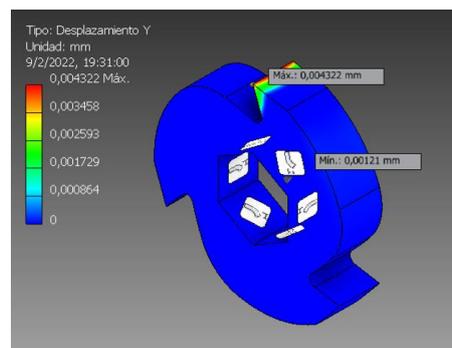


Figura 71: Desplazamiento en Y de la Cuchilla. Fuente: [Autor].

Desplazamiento Z.

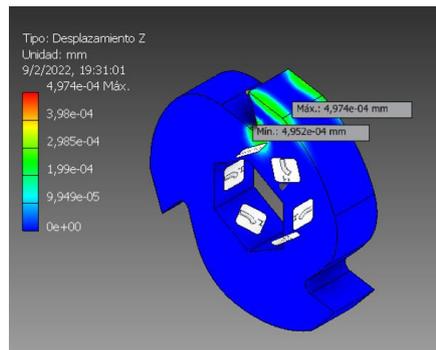


Figura 72: Desplazamiento en Z de la Cuchilla. Fuente: [Autor].

8.3 Análisis de Rueda Dentada

Propiedades Físicas

Tabla 40: Propiedades Físicas del Material Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Material	Acero AISI 4340 350C RT
Densidad	7,85 g/cm ³
Masa	5,42883 kg
Área	86274,3 mm ²
Volumen	691571 mm ³
Centro de gravedad	x=-0,0565696 mm y=-0,343761 mm z=23,4051 mm

Configuración de malla:

Tabla 41: Configuración de la malla Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

Materiales:

Tabla 42: Material de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Nombre	Acero AISI 4340 350C RT	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	1178 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1240 MPa
Tensión	Módulo de Young	207 GPa
	Coficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	77,8195 GPa
Nombre(s) de pieza	Engranaje recto1	

Condiciones de Funcionamiento:

Fuerza: 1

Tabla 43: Fuerza aplicada al Diente. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	40134,495 N
Vector X	-40134,495 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N



Figura 73: Fuerza tangencial sobre el diente de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Tabla 44: Fuerza y pares en Restricción Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija: 1	40134,5 N	40134,5 N	3153,12 N m	0 N m
		0 N		-493,571 N m
		0 N		-3114,25 N m

Resumen de Resultado

Tabla 45: Resultados de la Simulación de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	691571 mm ³	
Masa	5,42883 kg	
Tensión de Von Mises	0,0221206 MPa	364,972 MPa
Primera tensión principal	-140,25 MPa	473,922 MPa
Tercera tensión principal	-476,009 MPa	110,427 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0547461 mm
Coefficiente de seguridad	3,22765 su	15 su
Tensión XX	-321,744 MPa	368,32 MPa
Tensión XY	-178,85 MPa	16,7785 MPa
Tensión XZ	-31,4908 MPa	31,579 MPa
Tensión YY	-347,356 MPa	309,723 MPa

Tensión YZ	-15,2976 MPa	18,7019 MPa
Tensión ZZ	-181,141 MPa	180,385 MPa
Desplazamiento X	-0,0543614 mm	0,00392079 mm
Desplazamiento Y	-0,00997711 mm	0,0106519 mm
Desplazamiento Z	-0,0034738 mm	0,00348361 mm
Deformación equivalente	0,0000000947546 su	0,001658 su
Primera deformación principal	0,0000000683672 su	0,00190798 su
Tercera deformación principal	-0,00178709 su	-0,0000000524618 su
Deformación XX	-0,00120747 su	0,0012963 su
Deformación XY	-0,00114914 su	0,000107804 su
Deformación XZ	-0,000202332 su	0,000202899 su
Deformación YY	-0,00119058 su	0,000995933 su
Deformación YZ	-0,0000982886 su	0,000120162 su
Deformación ZZ	-0,000394285 su	0,000439976 su

Tensión de Von Mises

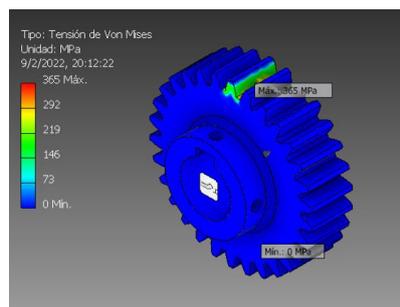


Figura 74: Tensión de Von Mises Simulación Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

Coefficiente de Seguridad

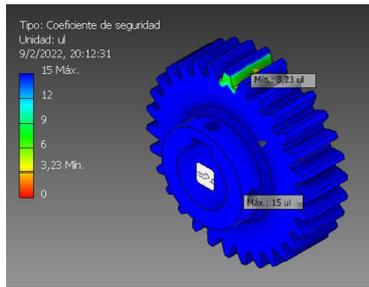


Figura 75: Coeficiente de Seguridad. Fuente: [Autor].

Desplazamientos

En x

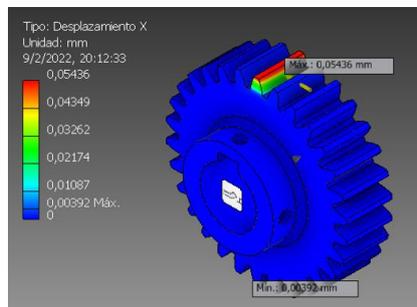


Figura 76: Desplazamiento en X de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

En y

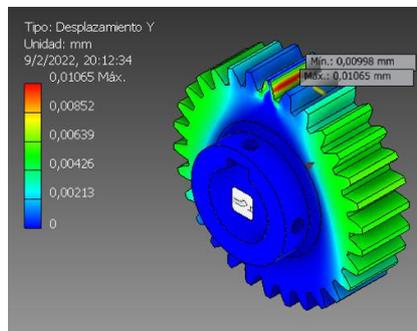


Figura 77: Desplazamiento en Y de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

En z

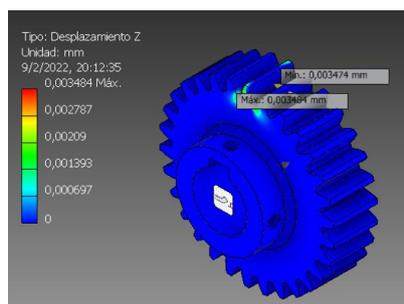


Figura 78: Desplazamiento en Z de la Rueda Dentada. Fuente: [Autor].

8.4 Análisis a la Tapa Frontal porta Chumaceras

Propiedades Físicas

Tabla 46: Propiedades Físicas del Material de la Tapa. Fuente: [Autor].

Material	Acero ASTM A36
Densidad	7,85 g/cm ³
Masa	8,19676 kg
Área	241058 mm ²
Volumen	1044170 mm ³
Centro de gravedad	x=0,000000000228346 mm y=0,724942 mm z=4,7625 mm

Configuración de la malla

Tabla 47: Configuración de la malla Tapa. Fuente: [Autor].

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

Materiales

Tabla 48: Materiales de la Tapa. Fuente: [Autor].

Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	248,225 MPa
	Resistencia máxima a tracción	399,9 MPa
Tensión	Módulo de Young	199,959 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9073 GPa
Nombre(s) de pieza	Plancha porta eje.ipt	

Condiciones de Funcionamiento

Fuerza 1

Tabla 49: Fuerza 1. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	40134,495 N
Vector X	-40134,495 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N

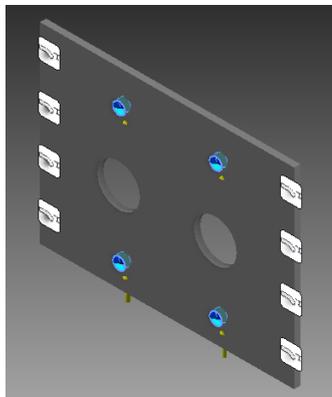


Figura 79: Aplicación de la Fuerza 1 en la Tapa. Fuente: [Autor].

Fuerza 2

Tabla 50: Fuerza 2. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	12767,000 N
Vector X	12767,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N

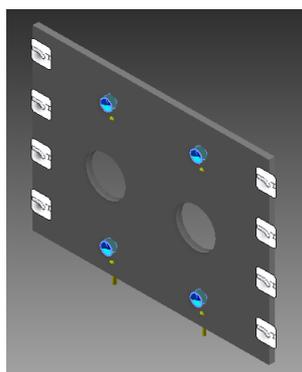


Figura 80: Aplicación de la Fuerza 2 en la Tapa. Fuente: [Autor].

Fuerza y pares de reacción en restriccciones

Tabla 51: Reacción en restricciones Tapa. Fuente: [Autor].

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija: 1	48400,2 N	-12767 N	127,968 N m	0 N m
		-46686 N		0 N m
		0 N		-127,968 N m

Resumen de resultados

Tabla 52: Resultados de la Simulación Tapa. Fuente: [Autor].

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	1044170 mm ³	
Masa	8,19676 kg	
Tensión de Von Mises	0,184799 MPa	94,0768 MPa
Primera tensión principal	-16,5623 MPa	72,8588 MPa
Tercera tensión principal	-72,707 MPa	15,9846 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0254333 mm
Coefficiente de seguridad	2,63853 su	15 su
Tensión XX	-66,2621 MPa	66,1399 MPa
Tensión XY	-50,0901 MPa	43,3261 MPa
Tensión XZ	-11,8682 MPa	11,5896 MPa
Tensión YY	-51,6408 MPa	53,6391 MPa

Tensión YZ	-9,73623 MPa	8,65336 MPa
Tensión ZZ	-19,5321 MPa	18,1179 MPa
Desplazamiento X	-0,00726558 mm	0,0105815 mm
Desplazamiento Y	-0,00219258 mm	0,024873 mm
Desplazamiento Z	-0,000349925 mm	0,000392043 mm
Deformación equivalente	0,000000810507 su	0,000408625 su
Primera deformación principal	0,00000075695 su	0,000385388 su
Tercera deformación principal	-0,000387565 su	-0,000000489377 su
Deformación XX	-0,000383515 su	0,000376489 su
Deformación XY	-0,000325652 su	0,000281677 su
Deformación XZ	-0,0000771593 su	0,0000753481 su
Deformación YY	-0,0003112 su	0,000322401 su
Deformación YZ	-0,0000632984 su	0,0000562584 su
Deformación ZZ	-0,0000699012 su	0,0000720897 su

Tensión Von Mises

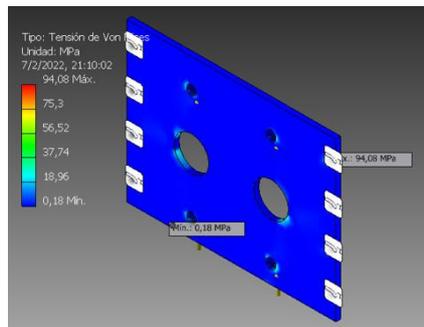


Figura 81: Tensión de Von Misses en la Tapa. Fuente: [Autor].

Coefficiente de Seguridad

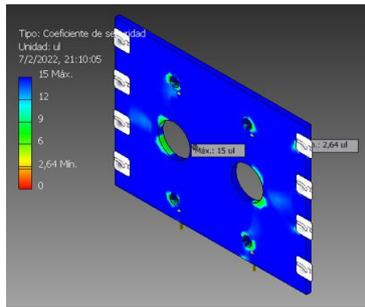


Figura 82: Coeficiente de Seguridad de la Tapa. Fuente: [Autor].

Desplazamientos

Eje x

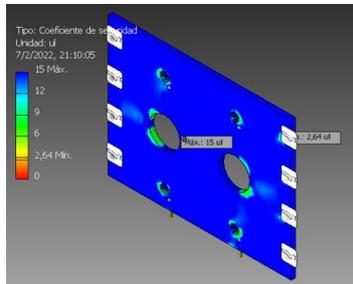


Figura 83: Desplazamiento de X de la Tapa. Fuente: [Autor].

Eje y

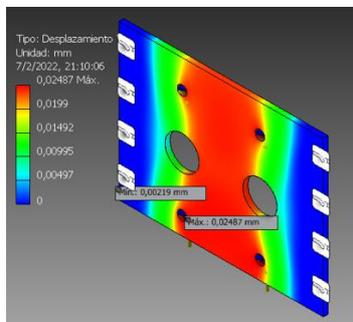


Figura 84: Desplazamiento de Y de la Tapa. Fuente: [Autor].

Eje Z

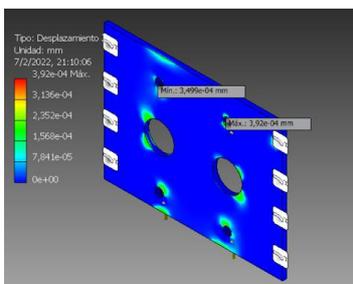


Figura 85: Desplazamiento en Z de la Tapa. Fuente: [Autor].

8.5 Análisis de Estructura

Propiedades Físicas

Tabla 53: Propiedades Físicas del Material Estructura. Fuente: [Autor].

Masa	69,3159 kg
Área	4457950 mm ²
Volumen	8840400 mm ³
Centro de gravedad	x=-237,094 mm y=-153,522 mm z=284,428 mm

Configuración de malla

Tabla 54: Configuración de la malla Estructura. Fuente: [Autor].

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Materiales

Tabla 55: Materiales de la Estructura. Fuente: [Autor].

Nombre	Genérico	
General	Densidad de masa	1 g/cm ³
	Límite de elasticidad	0 MPa

Condiciones de Funcionamiento

Fuerza:1

Tabla 56:Fuerza sobre la Estructura. Fuente: [Autor].

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1652,000 N
Vector X	-0,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	-1652,000 N

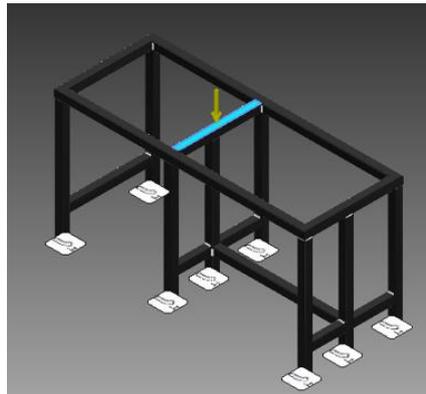


Figura 86: Fuerza en la Estructura. Fuente: [Autor].

Resultados

Fuerza y pares de reacción recctricciones

Tabla 57:Reacción en Restricciones Estructura. Fuente: [Autor].

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	1652 N	0 N	226,745 N m	10,1091 N m
		0 N		226,519 N m
		1652 N		0 N m

Resumen de resultados

Tabla 58:Resultados de la Simulación Estructura. Fuente: [Autor].

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	8840400 mm ³	
Masa	69,3159 kg	
Tensión de Von Mises	0,000260814 MPa	45,336 MPa
Primera tensión principal	-7,53458 MPa	8,22013 MPa
Tercera tensión principal	-51,3954 MPa	3,30627 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0103237 mm
Coefficiente de seguridad	6,06583 su	15 su
Tensión XX	-16,9724 MPa	6,42803 MPa
Tensión XY	-2,55856 MPa	2,49354 MPa
Tensión XZ	-4,94563 MPa	13,8233 MPa
Tensión YY	-16,5748 MPa	3,80384 MPa
Tensión YZ	-19,6273 MPa	4,64383 MPa
Tensión ZZ	-34,8356 MPa	7,57756 MPa
Desplazamiento X	-0,00182277 mm	0,00129299 mm

Desplazamiento Y	-0,00192718 mm	0,00331216 mm
Desplazamiento Z	-0,0103136 mm	0,000323515 mm
Deformación equivalente	0,00000000112233 su	0,000604721 su
Primera deformación principal	-0,00000533298 su	0,000326901 su
Tercera deformación principal	-0,000664581 su	0,0000000308704 su
Deformación XX	-0,0000253554 su	0,0000296125 su
Deformación XY	-0,0000183076 su	0,0000160834 su
Deformación XZ	-0,0000320345 su	0,000266836 su
Deformación YY	-0,0000338116 su	0,0000117696 su
Deformación YZ	-0,000378873 su	0,0000713368 su
Deformación ZZ	-0,00034492 su	0,0000738308 su
Presión de contacto	0 MPa	36,8339 MPa
Presión de contacto X	-9,02235 MPa	11,6824 MPa
Presión de contacto Y	-16,6092 MPa	12,9356 MPa
Presión de contacto Z	-30,731 MPa	25,6536 MPa

Tensión Von Mises

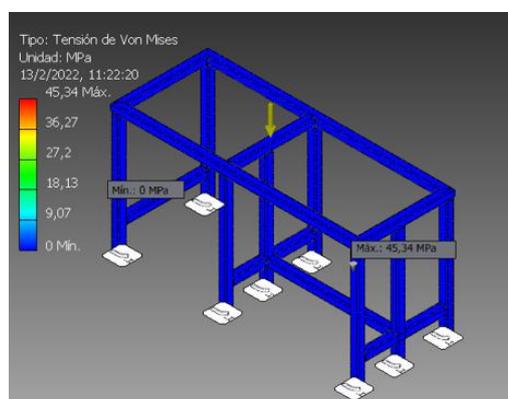


Figura 87: Tensión de Von Mises en la Estructura. Fuente: [Autor].

Coeficiente de Seguridad

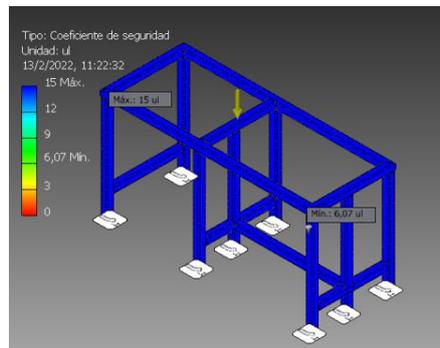


Figura 88: Coeficiente de Seguridad. Fuente: [Autor].

Tensión YY

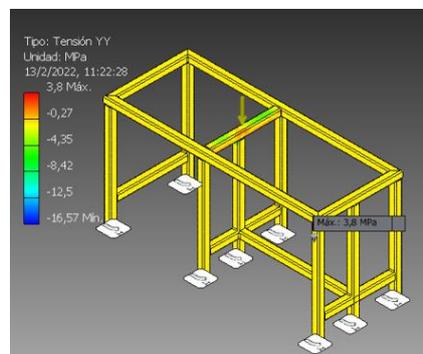


Figura 89: Tensión YY de la estructura. Fuente: [Autor].

Desplazamientos

En X

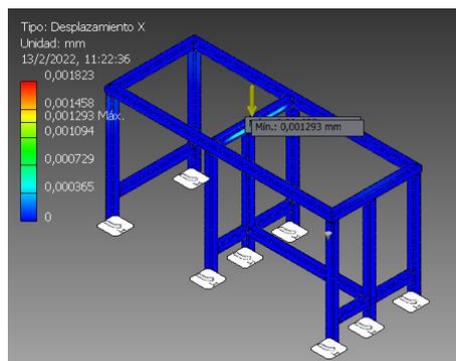


Figura 90: Desplazamiento en X de la Estructura. Fuente: [Autor].

En Y

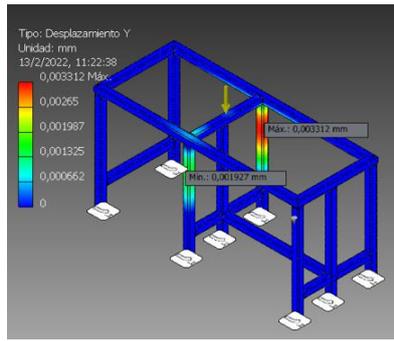


Figura 91: Desplazamiento de Y de la Estructura. Fuente: [Autor].

En Z

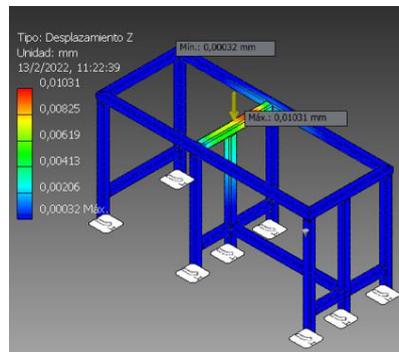


Figura 92: Desplazamiento en Z del Estructura. Fuente: [Autor].

Al momento de comparar, la simulación estática en la tabla 59, observamos un error de 0,05245% el mismo es un valor mínimo. Luego, analizamos el factor de seguridad de la máquina mediante una comparación de resultados el mismo es mínimo, el factor de seguridad 2,53 nos indica que es aceptable ya que es mayor a 1,5.

Tabla 59: Comparación de datos de la Simulación. Fuente: [Autor].

Elemento	Dato	Simulación	Calculo	%Error
Eje	$\sigma_{m\acute{a}x}$	440,80 MP_a	404,14 MP_a	8,316%
	N_{eje}	2,67	2,53	5,243%
Rueda Dentada	$\sigma_{m\acute{a}x}$	110,12 MP_a	104,34 MP_a	5,248%
	N_{RD}	3,227	-	-
Estructura	N_{est}	6,06	-	-
Tapa Frontal	N_{TapF}	2,63	-	-
Cuchilla	$\sigma_{m\acute{a}x}$	32,89 MP_a	-	-
	N_{cuch}	15	-	-
	Deformación- estática	0,00711mm	-	-

9. Costos de Fabricación.

El Diseño de la trituradora de elementos no vulcanizados de un neumático para empresa OQ-Cauchos

Tiene como objetivo es conocer cual va ser el valor a invertir a largo plazo en este tipo de trituradora para mejorar sus procesos de producción donde el factor económico es primordial.

La fábrica OQ Cauchos realizó una cotización de una máquina de pre-corte a una empresa Internacional China llamada Qingdao Honghesheng Industry Co. LTD., con los parámetros de diseño y con una capacidad de 1 tonelada diaria en un valor 25000 dólares americanos siendo ya considerados los costos de importación que bordean 8000 dólares no está incluido el flete de importación ver Anexo 7.

El problema de la importación de un Triturador son los Costos de Mantenimiento, debido a que representan los costos de repuestos, ya que son diseñadas con elementos del mercado donde fue construida también depende de la calidad de estos elementos.

Los fabricantes de estas máquinas cuentan con su personal Técnico de instalación y mantenimiento llegando a ser un rubro considerable de 150 dólares la hora sin considerar los costos de traslado y viáticos

Se presentarán los anexos Anexo 4.

En la siguiente tabla detallamos los valores económicos correspondientes a la compra de elementos normalizados, materias primas, construcción, mano de obra, montaje, etc., para la respectiva construcción de la máquina, las cotizaciones y precios normalizados. Estos rubros son detallados a continuación.

Los elementos normalizados son los que han sido fabricados y diseñados previamente se encuentran incluidos: pernos, tuercas, arandelas, chavetas, motorreductores, acoples de ejes, etc.

La mano de obra que vamos a emplear en el proceso de fabricación es necesario tomarla en cuenta, incluyendo los precios por hora y los precios de mecanizado.

Así mismo, se necesitan otros materiales necesarios para la fabricación y funcionamiento, en el presente caso, estos materiales adicionales son: Diseño del tablero eléctrico.

Tabla 60: Costos de los Elementos a Fabricar del Triturador. Fuente: [Autor].

Costos de Elementos a Fabricar del Triturador			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	V. Total
2	Tubo Cuadrado (2in*2in*0.25in)	48,80	97,60
1	Plancha de acero ASTM A36 (12,7*1610*610) mm	138,50	138,50
1	Plancha de acero ASTM A36 (610*545*3,18)mm	12,60	18,30

2	Plancha de Acero ASTM A36 (520*400*19)mm	50,70	101,40
2	Plancha de Acero ASTM A36 (400*300*10)mm	15,80	31,60
3	Plancha de acero ASTM A36 (600*200*3,18)mm	6,20	18,60
2	Acero AISI 4340 Ø 177,8*76,2mm	42,672	85,34
14	Acero AISI 1045 BOHLER K460 140mm*40mm	75	1050
12	Acero AISI 1045 BOHLER K460 200mm*40mm	86	1032
1	Ángulo (2in*3in*0.25in)	10	10
		Total	\$2583,34

Tabla 61: Costos de Fabricación. ver Anexo 4. **Fuente:** [Autor].

Costo de Fabricación incluido mano de obra y mecanizado.

Elemento	Costo
Estructura	200
Tolva	40
2 Tapas porta chumaceras	80
Criba	80
2 Placas Laterales	40
2 Rueda Dentada	700
2 Ejes hexagonales	650
12 Cuchillas	3000
14 Separador	1400
Total:	\$6190

Tabla 62: Costos de Elementos Normalizados. **Fuente:** [Autor].

Costos de Elementos Normalizados del Triturador

Cantidad	Descripción	V. Unitario	V. Total
-----------------	--------------------	--------------------	-----------------

4	Chumaceras UCFL213	75	300
1	Motorreductor Coaxial WEG21	5450	5450
1	Acoplamiento Nflex Tipo160	140	140
4	Arandela de presión M16	0,30	1,20
4	Pernos hexagonal M16*50	0,75	3
4	Tuercas hexagonales M16	0,20	0,80
4	Pernos Allen hexagonal M12*16	0,10	0,40
10	Pernos hexagonal M8*25	0,08	0,80
10	Tuercas hexagonal M8	0,06	0,60
8	Arandelas de presión M22	0,20	1,60
8	Pernos hexagonales M22*30	0,94	7,52
8	Tuercas hexagonales M8	0,06	0,48
10	Pernos hexagonales M8*16	0,07	0,70
10	Tuercas hexagonales M8	0,06	0,60
20	Arandela de presión M8	0,04	0,80
16	Arandela de presión M10	0,04	0,64
16	Pernos de cabeza hexagonal M10*25	0,08	1,28
	Total		\$5910,42

Tabla 63: Costos del Tablero Eléctrico. **Fuente:** [Autor].

Costos del Tablero Eléctrico incluido Mano de Obra

Cantidad	Descripción	V. Unitario	V. Total
1	Tablero de control arranque estrella	850	850

triangulo con inversor
de giro.

Total \$850

Costo total de Fabricación:

Tabla 64: Costos Totales de Fabricación. Fuente: [Autor].

Costo Total del Triturador

Costos de Elementos del Triturador	\$2583,34
Costos de Elementos Normalizados del Triturador	\$5910,42
Costo de Fabricación incluido mano de obra y mecanizado.	\$6190,00
Tablero eléctrico incluido mano de obra	\$ 850,00
Costo Total	\$15533,76

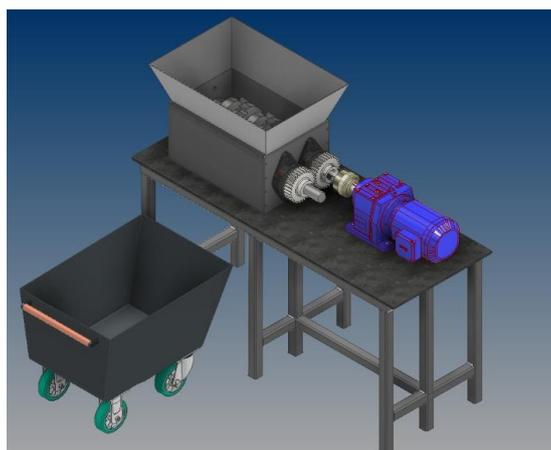


Figura 93: Trituradora de Elementos no Vulcanizados de un Neumático. Fuente: Autor

Al momento de comparar la proforma enviada por la empresa china y los costos de fabricación de nosotros se puede observar que son similares para la capacidad de la trituradora que es de una tonelada en 8 horas, nos ahorramos el valor del flete, los impuestos por importación y los costos de instalación que bordea un valor de USD. 13.000 por lo tanto se escoge nuestro diseño porque escogeremos el material de los elementos de la trituradora.

10. Conclusiones:

El diseño de la trituradora y su posterior implementación permitirá reducir la contaminación y los residuos de breaker en el Relleno Sanitario “Pichacay” de la ciudad de Cuenca, debido a que se obtendrá el 90% de aprovechamiento del material mencionado, ayudando a que el relleno obtenga una vida útil por más tiempo, aportando de esta manera a la conservación del medio ambiente.

Con la implementación de la máquina trituradora de breaker, se evitará la acumulación de este tipo de material y su consecuente contaminación por gases emitidos, ya que este material tarda

más de cien años en descomponerse, se evitará la lixiviación, que es la afectación al suelo con toxinas y la contaminación del agua.

El diseño implementado en la empresa OQ CAUCHO RECICLAJE INDUSTRIAL, aportará al buen funcionamiento de la planta, mejorando sus tiempos de producción, además permitirá abrir nuevas plazas de empleo. En la metodología funcional se estableció dos módulos, el primero es clasificar el material y el segundo es el diseño de la trituración, tomando aquí en cuenta los parámetros para el nuevo personal.

Para el diseño de la trituradora se ha considerado una fuerza de corte de 5640 N, este dato fue determinado a través del ensayo de corte realizado por la empresa OQ Caucho. Con este valor se determinó un torque de 3300 Nm con una potencia de 21hp, con 2 ejes de trituración que, mediante la simulación, todos los factores de seguridad establecidos en el diseño presentaron valores mayores a 2,5, siendo un valor aceptable para corroborar la resistencia de cada uno de los componentes de la máquina.

La máquina trituradora fue diseñada para un sistema de precorte con lo cual se hizo más fácil la selección de los elementos que componen la trituradora, su capacidad para triturar será de 125 kilos/hora en una jornada completa diaria de trabajo, resulta una tonelada de material recuperado en pedazos de 4 cm.

Con los diferentes materiales en el mercado local y con el respectivo estudio de costos, comprobamos que la fabricación de la máquina tendrá un valor aproximado de USD. 16000,00 con lo cual se toma en consideración en referencia de una máquina importada desde la China, donde el costo oscila en un valor de USD. 25000,00.

11. Recomendaciones:

Se debe establecer una cultura del reciclaje industrial, donde la academia, la empresa privada, los gobiernos municipales y gubernamentales converjan para establecer normas y reglamentos para su mejor implementación dentro de los diferentes parques industriales.

Revisar continuamente el mecanismo de corte, los filos de las cuchillas pueden presentar un deterioro excesivo, a fin de establecer un proceso de afilado a tiempo y poder precautelar su vida útil, ya que presentan un alto costo de fabricación.

En el montaje se recomienda alinear bien los ejes de la trituradora para evitar futuros daños en cuchillas y todos los elementos que componen el corte.

El diseño de la máquina permite un mantenimiento preventivo y correctivo adecuado y rápido, lo que evita que la producción se paralice por períodos largos de tiempo.

Una capacitación permanente al personal para el correcto manejo de la máquina garantizará la vida útil de la trituradora, así como la seguridad industrial del operador.

Para que funcione el motor correctamente, debe ser conectado en estrella triángulo, con su respectivo guarda motor, que sirve para la protección del mismo, además se debe incluir un condensador a la capacidad del amperaje del motor para evitar penalizaciones en la planilla de la luz por altos valores de reactiva.

12. Bibliografía

- A. Casillas, Maquinas, Calculo de Taller, España,2008.
- Andino Bolaños, Juan Fernando, y Abel Alejandro Oviedo Yagual. 2018. «Diseño de un mecanismo de trituración para neumáticos fuera de uso». B.S. thesis, Espol.
- Arévalo, Javier Renato Moyano, Eugenia Mercedes Naranjo Vargas, y Alex Giovanni Tenicota García. 2020. «Diseño y selección de cuchillas para el proceso de trituración de neumáticos y análisis de costos de fabricación». *ConcienciaDigital* 3(1.1):29-43.
- Asensio, I., J. Rincón, R. Camarillo, y A. Martin. 2008. «Reciclado de catalizadores de automóviles. análisis de las técnicas actuales y propuestas de futuro». en *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*.
- Azogue, Luis Edwin Chimborazo, Elías David Caisa Yucailla, y Rodrigo Fernando Miranda López. 2017. «Trituración de neumáticos reciclados como desencadenantes en los procesos industriales en la Provincia de Tungurahua». *Revista Publicando* 4(12 (2)):427-39.
- Castro, Guillermo,2008. «Materiales y Compuestos de un Neumático, Departamento de Ingeniería Mecánica, F.I.U.B.A»
- Budynas y Keith,2008, Diseño en ingeniería Mecánica, Variación del factor de tamaño versus diámetro.
- Gallardo Bastidas, Juan José. 2013. «Diseño de una máquina destalonadora de neumáticos».
- Goikolea Ibarquengoitia, Eneko. 2019. «Fórmula ingenieril para el cálculo del par de fricción en rodamientos de vuelco en vacío y bajo carga axial».
- Hernández Murcia, Hugo Alejandro, y Hernán David Sánchez Ramírez. 2015. «Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto usando neumáticos triturados como reemplazo del 15%, 25% y 35% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural».
- Luna Morocho, Patricio Miguel. 2013. «Estudio de la aplicación de residuos de caucho reciclados provenientes de la Empresa Continental Tire Andina como rellenos en materiales estructurales». B.S. thesis.
- Larburu N, 2002 Prontuario de Maquinas
- Mansilla, Marcela Angela. 2012. «Influencia de la microestructura en las propiedades mecánicas y térmicas de mezclas de caucho natural y caucho estireno butadieno». PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Marroquín del Castillo, Diego Xavier, y Santiago Javier Solano Bejar. 2008. «Diseño de un horno de pirólisis de lecho fluidizado para desechos neumáticos». B.S. thesis.

- Méndez Peñaloza, Christian Víctor, y Franklin Vinicio Solano Arias. 2010. «Diseño de triturador de neumáticos usados; capacidad de 1TON/h, para la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC)». B.S. thesis.
- Morales Dávila, Lola Lili. 2020. «Obtención de fragmentos de neumáticos mediante un prototipo de pre-corte». B.S. thesis.
- Muñoz Montana, Ana Milena. s. f. «Análisis del sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de las llantas usadas desarrollado por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI)».
- Navarrete Schettini, Gabriel Antonio. 2019. «Reutilización de residuos sólidos de elastómero y pavimento asfáltico envejecido y su impacto ambiental en Manabí-Ecuador».
- Pérez, Marifeli Laresgoiti. 2010. «Reciclado químico de neumáticos mediante pirólisis». PhD Thesis, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Ramos Quispe, Gene Roberth. 2019. «Diseño de una trituradora de neumáticos para reciclado y comercialización de migas de caucho, Arequipa, 2018».
- R.G.B.yJ.K Nisbelt, Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, México, Mc Graw Hill,2008.
- R.L. Norton, Diseño de Maquinas un enfoque integrado, México, Pearson Educación 2011.
- R.L.Mott, Diseño de Elementos de Maquinas, México; Pearson Educación,2006.
- Salazar, Neyva Gissela Almeida. 2011. «Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón Ambato».
- V. Faires, Diseño De Elementos De Maquinas, Barcelona: Montaner y Simón S.A.,2011.
- Villa, David Saldarriaga. s. f. «El caucho en Colombia como alternativa de desarrollo».

13. Anexos

Anexo 1. Propiedades de los Materiales

Material	Densidad, kg/m ³	Resistencia última			Cedencia ³		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 ⁻⁵ /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, ² MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa				
Acero										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
Inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
Fundición										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	635	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
Aluminio										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
Cobre										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaino bronce (85 Cu, 8 Sn, 4 Zn)	8 800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8 360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6

Anexo2: Propiedades del ACERO AISI 1045

Propiedad	Condición de estudio del material		
	Trefilado en frío (Entrega)	Normalizado	Recocido
Coefficiente de endurecimiento por deformación (n)	0,0319 ($\sigma = 0,013$)	0,1554 ($\sigma = 0,016$)	0,2461 ($\sigma = 0,003$)
Coefficiente de correlación (R^2)	0,8345 ($\sigma = 0,037$)	0,9410 ($\sigma = 0,008$)	0,9683 ($\sigma = 0,004$)
Módulo de corte G (GPa)	29,26 ($\sigma = 2,52$)	20,65 ($\sigma = 3,39$)	13,99 ($\sigma = 0,12$)
Esfuerzo de fluencia (τ_y) (MPa)	495,06 ($\sigma = 29,39$)	355,12 ($\sigma = 44,034$)	252,62 ($\sigma = 4,68$)
Esfuerzo último (τ_{max}) (MPa)	675,51 ($\sigma = 8,99$)	664,36 ($\sigma = 9,308$)	592,38 ($\sigma = 12,79$)
Deformación angular a la rotura (γ_{max}) (rad/rad)	0,28 ($\sigma = 0,02$)	0,78 ($\sigma = 0,07$)	0,77 ($\sigma = 0,04$)

σ : Desviación estándar

Anexo 3: Ensayo de Corte del Material Brecker



PRUEBA DE ENSAYOS DE CORTE MATERIAL BRECKER

Tipo de Prueba: Analisis de Corte del material Brecker(Cimas de caucho entrelazados).

Laboratorista:

Tabla 1. Datos Generales.

Nombre: Santiago Ordóñez	Fecha:11/09/2021
Material:Brecker	Numero de ensayos:10

Instrumentación:

Datos Tecnicos:

Tabla 2: Prensa Hidraulica.

Capacidad:	500 bar de Presión
Motor:	10HP
Área de trabajo:	600mm*600mm

Tabla 3: Calibrador pie de rey.

Marca:	Mitutoy
Rango:	0-1500mm/0-5"1/2"

Materiales:

Tabla 4. BRECKER

Numero de ensayos:	10 muestras
Diferentes espesor que oscilan:	2,4,6. mm

Tabla 5. Punzon filo en V.

Material:	ACESO AISI 1045
Dimensiones	diametro en v de 4+mm*25mm rosca interna M20 pasante
Acople:	acoplado mediante una rosca M20 interna a un eje perno AISI1020 diametro 38mm*75mm.

Protocolo de Pruebas

Tema: Estimación de la fuerza de corte del material Brecker (cintas de caucho entrelazadas de acero) conocido como SRAP-3 para un proceso de trituración.

Objetivo: Determinar la fuerza de corte en material Brecker(cintas de caucho entrelazadas de acero) conocido como SCRAP-3.

Materiales:

- 10 Probetas de diferentes espesores de (2mm hasta 6mm) para las pruebas ver figura 1.



Figura 1. Materiales Fuente: OQ Cauchos

Equipo:

- Prensa hidraulica de 500bar
- 1 punzon de diametro de 44mm*25mm de largo con un dimetro interior roscado de M20 adaptado a un eje perno M20 de diametro exterior de 38mm*75mm de largo.
- Calibrador Mitutoy
- 1 Computadora
- 1 Celular
- 1 Corrector Blanco

Metodo:

1. Obtencion de 10 probetas de material Brecker de diferentes espesores con forma cuadrada.
2. Etiquetar las probetas con numeracion para realizar las perforaciones.
3. Se coloca la probeta en la prensa , se presiona hasta obtener la presion de corte.
4. El proceso fue documentado.
5. Se midió el diámetro y el espesor de brecker perforado ver figura 2, además se calculo el perimetro para obtener el área de corte , para utilizar la ecuación 1.

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde,

P: presión bar transformamos a Pa

F: Fuerza N



A. Área paralela m^2 dado por el diametro del punzón



Figura 2. Perforación y Lectura del Manómetro Fuente: OQ Cauchos.

6. Se tabulan las 10 Perforaciones en cada probeta, como se observan en las figura(3.4,5 y6) y se registra la presión ejercida en cada perforación.

Tabla 6. Tabulación de los datos y calculo de la fuerza en N

Muestra	bar	Presión (N/m2)	Punzón		Troquel		Fuerza (N)	Espesor Material (mm)
			Diámetro(mm)	Área (m2)	F=P*A			
1	20	2000000	44	0,00152053	3041,0688	2		
2	35	3500000	44	0,00152053	5321,8704	4		
3	45	4500000	44	0,00152053	6842,4048	6		
4	40	4000000	44	0,00152053	6082,1376	6		
5	50	5000000	44	0,00152053	7602,672	6		
6	35	3500000	44	0,00152053	5321,8704	4		
7	25	2500000	44	0,00152053	3801,336	2		
8	40	4000000	44	0,00152053	6082,1376	4		
9	40	4000000	44	0,00152053	6082,1376	4		
10	35	3500000	44	0,00152053	5321,8704	2		
Promedio	36,5	3650000	44	0,00152053	5502,05056	4		



Figura 3. La Fuerza en(N) con relacion al Area (m) Fuente: OQ Cauchos



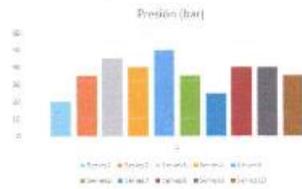


Figura 4. Presiones obtenidas Fuente: OQ Cauchos

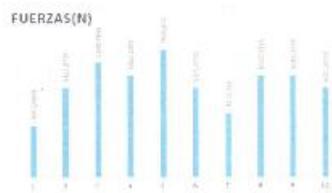


Figura 5. Fuerzas con su magnitud Fuente: OQ Cauchos

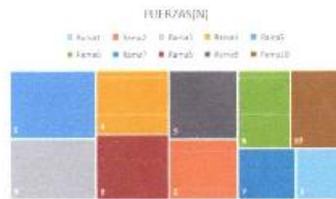


Figura 6. Jerarquización de las Presiones Fuente: OQ Cauchos

Conclusiones:

Como se puede observar en la tabla 6 se puede concluir que la fuerza promedio requerida para el corte del material Becker en este ensayo realizado es de 5500N.



Anexo 4: Proforma de Mecanizado

PROFORMA TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS

MECANIZADOS EN CNC PARRA

Dirección: Lorenzo Piedra 13-60 y Hortensia Mata

CUENCA-ECUADOR

SR. ORDOÑEZ QUITO RAUL SANTIAGO

FECHA: 01 DE FEBRERO DEL 2022

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO
1	1	Estructura	200,00
2	1	Tolva	40,00
3	2	Tapas para chumaceras	80,00
4	1	Criba	80,00
5	2	Placas Laterales	40,00
6	2	Rueda Dentada	700,00
7	2	Eje Exagonal	650,00
8	12	Cuchillas	3000,00
9	14	Separador	1400,00
TOTAL			6190,00

Atentamente,



Henry Parra

PROPIETARIO

Anexo 5: Datos del Motorreductor marca WEG Cónico Axial.

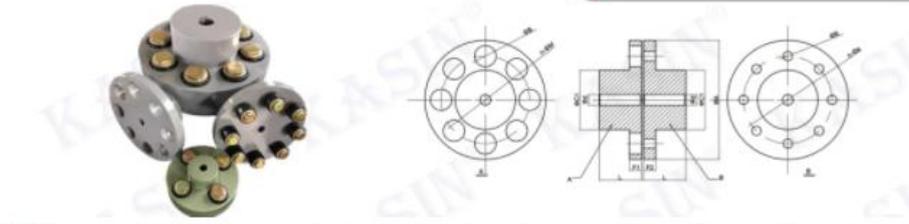
Datos Técnicos

		C00	C01	C03	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C13	C14	C16
Torque nominal	[lb-in]	440	750	1760	3540	5300	7250	13700	26500	39800	70800	115000	159300
Número de etapas		2-etapas	2-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas	2-/3-etapas
Rango de reducción		2.44 - 47.44	3.09 - 66.5	3.34 - 286.32	3.83 - 328.43	3.73 - 375.71	5.30 - 351.33	5.12 - 368.94	4.22 - 306.73	4.19 - 246.43	4.00 - 204.88	5.17 - 206.88	5.96 - 234.67
Velocidad de salida para 1750 rpm 60 Hz	[rpm]	37 - 717	26 - 566	6 - 524	5 - 457	5 - 469	5 - 330	5 - 342	6 - 415	7 - 418	8 - 438	8 - 338	7 - 294
Potencia nominal en 60 Hz	[hp]	0.16 - 1.0	0.16 - 2.0	0.16 - 4.0	0.16 - 10	0.16 - 12.5	0.16 - 20	0.25 - 30	0.75 - 40	1.50 - 40	5 - 75	5 - 75	8 - 100
Eje de salida	[in]	0.750x1.57	0.750x1.57	1.000x1.97	1.250x2.36/ 1.375x2.76	1.375x2.76	1.625x3.15	2.125x3.94	2.375x4.72	2.875x5.51	3.625x6.69	4.375x8.27	4.750x8.27
Brida de salida IEC	[mm]	120/140/160	120/140/160	120/140/160/200	160/200/250	200/250	250/300	300/350	350/450	350/450	450/550	450/550	550/660
Material de la carcasa		Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Hierro gris						

Technical Data

		C00	C01	C03	C05	C06	C07	C08	C09	C10	
Nominal torque	[lb-in]	440	750	1760	3540	5300	7250	13700	26500	39800	
Number of stages		2-stage	2-stage	2-/3-stage	2-/3-stage	2-/3-stage	2-/3-stage	2-/3-stage	2-/3-stage	2-/3-stage	
Ratio range		2.44 - 47.44	3.09 - 66.50	3.34 - 286.32	3.83 - 328.43	3.73 - 375.71	5.30 - 351.33	5.12 - 368.94	4.22-306.73	4.19-246.43	
Speed range at 1750 rpm 60Hz	[rpm]	37 - 717	26 - 566	6 - 524	5 - 457	5 - 469	5 - 330	5 - 342	6 - 415	7 - 418	
Power range 60 Hz	[hp]	0.16 - 1	0.16 - 2	0.16 - 4	0.16 - 10	0.16 - 12.5	0.16 - 20	0.25 - 30	0.75 - 40	1.50 - 40	
Output shaft	[in]	0.750 x 1.57	0.750 x 1.57	1.000 x 1.97	1.250 x 2.36 1.375 x 2.76	1.375 x 2.76	1.625 x 3.15	2.125 x 3.94	2.375 x 4.72	2.875 x 5.51	
Output flange IEC	[mm]	120/140/160	120/140/160	120/140/ 160/200	160/200/250	200/250	250/300	300/350	350/450	350/450	
Housing material		Aluminium						Cast iron			

Anexo 6: Acople del motor.

Descripción de Producto		Información de la Compañía																
y Más la vida laboral.																		
Por lo tanto es muy exigida en el mediano y menor de los sistemas de transmisión de energía impulsados por motores, tales como reductores de velocidad, Montacargas, Compresores, cintas transportadoras, máquinas de hilado y tejido y molinos de bolas.																		
Fecha de técnica																		
																		
																		
KASIN No.	Un	D	L	C1	C2	B	F1	F2	N	Un	M	T	ParteNo.	Max.Par	Max.R.P.M	La excentricidad	La angularidad	End-Play
FCL 100	100	11~25	35.5	42.5	42.5	67	16	16	4	10	23	3	#2	29nm	4000	0.1	1/6°	±2.1.
FCL 112	112	13~28	40	50	50	75	16	16	4	10	23	3	#2	33nm	4000	0.1	1/6°	±2.1.
FCL 125	125	13~32	45	56	50	85	18	18	4	14	32	3	#3	73nm	4000	0.1	1/6°	±2.1.
FCL 140	140	13~38	50	71	63	100	18	18	6	14	32	3	#3	130 N.M	4000	0.2	1/6°	±2.1.
FCL 160	160	15~45	56	80	80	115.	18	18	8	14	32	3	#3	200 N.M.	4000	0.2	1/6°	±2.1.
FCL 180	180	15~50	63	90	90	132	18	18	8	14	32	3	#3	230 N.M.	3500.	0.2	1/6°	±2.1.
FCL 200	200	21~56	71	100	100	145	22.4	22.4	8	20	41	4	#4	440 N.M.	3200	0.2	1/6°	±2.8
FCL 224	224	21~63	80	112	112	170	22.4	22.4	8	20	41	4	#4	510nm	2850	0.2	1/6°	±2.8
FCL 250	250	25~71	90	125	125	180	28	28	8	25	51	4	#5	850 N.M.	2550	0.2	1/6°	±2.8
FCL 280	280	34~80	100	140	140	200	28	40	8	28	57	4	#6	1500nm	2300	0.3	1/6°	±2.8
FCL 315	315	41~90	112	160	160	236	28	40	10	28	57	4	#6	2200nm	2050	0.3	1/6°	±2.8
FCL 355	355	60~100	125	180	180	260	35.5	56	8	35.5	72	5	#8	3500nm	1800	0.3	1/6°	±3.5
FCL 400	400	60~110	125	200	200	300	35.5	56	10	35.5	72	5	#8	5000nm	1600	0.3	1/6°	±3.5
FCL 450	450	65~125	140	224	224	355	35.5	56	12	35.5	72	5	#8	7100nm	1400	0.3	1/6°	±3.5
FCL 560	560	85~140	160	250	250	450	35.5	56	14	35.5	72	5	#8	10000Nm	1150	0.3	1/6°	±3.5
FCL 630	630	95~160	180	280	280	530	35.5	56	18	35.5	72	5	#8	16000Nm	1000	0.3	1/6°	±3.5

Anexo 7: Proforma de Maquina China



Qingdao Honghesheng Industry Co.,LTD

Quotation

Automatic raw rubber crusher

SELLER:

Qingdao Honghesheng Industry Co.,Ltd

Address:, Huangshan economic zong , Jiaonan District, Qingdao City, Shandong Province, China.

Postcode:266400

Website: www.hhsjx.com

Alibaba Website: <http://hhsjx.en.alibaba.com/>

Cell phone: +86 357382680

WhatsApp: +86 357382680 (viber)

E-mail: sales1@hhsjx.com

2 Price

No.	Description	Quantity (SET)	Unit price	Total price usd
1	Scrap Rubber Chuser	1set	24638 USD	24638 USD
TOTAL	Fob Qingdao port price			24638 USD

Payment terms: 30% t/t advance payment, balance paid before shipment

Delivery time:30 working days after deposit.

Warranty:1 year

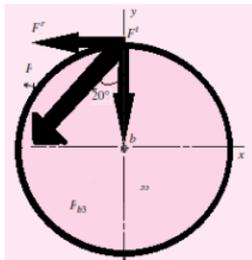
Terms below::

Anexo 8. Tabla de Módulos de engranaje.

Módulos	
Preferidos	1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50
Siguiente elección	1.125, 1.375, 1.75, 2.25, 2.75, 3.5, 4.5, 5.5, 7, 9, 11, 14, 18, 22, 28, 36, 45

Fuente: diseño e ingeniería mecánica de shigley 8th ed. P.677.

Fuerzas de Engranaje:



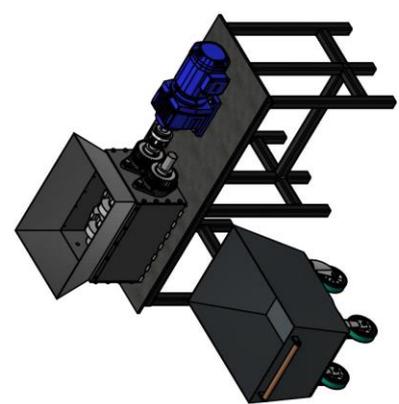
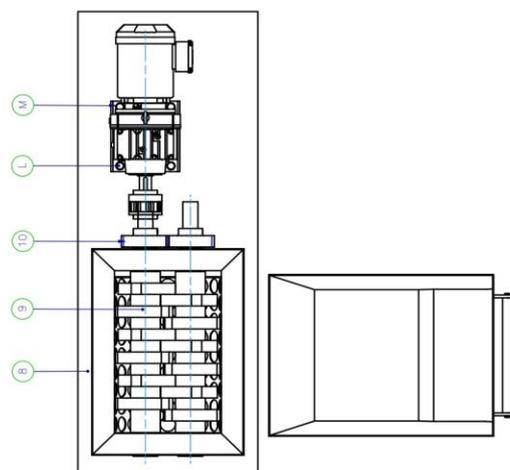
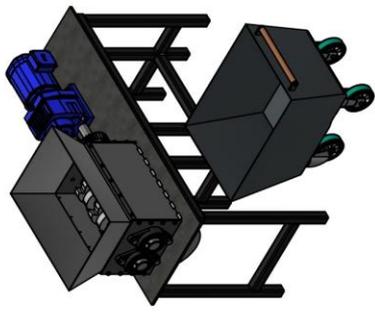
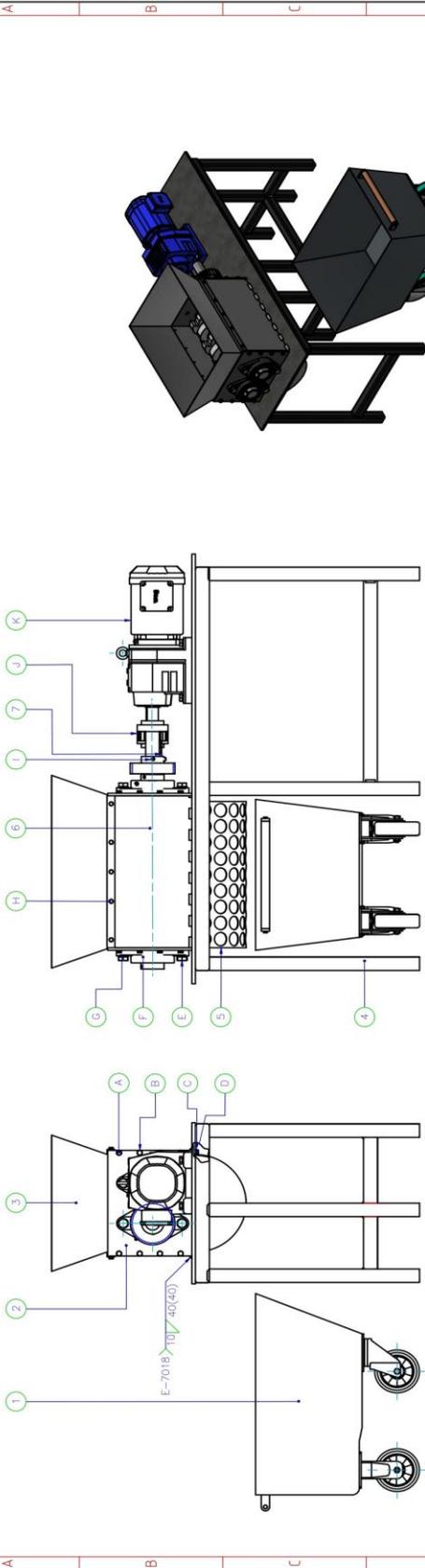
Fuente: diseño e ingeniería mecánica de Shigley 8th ed. P.688.

Tamaño de cuñas.

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

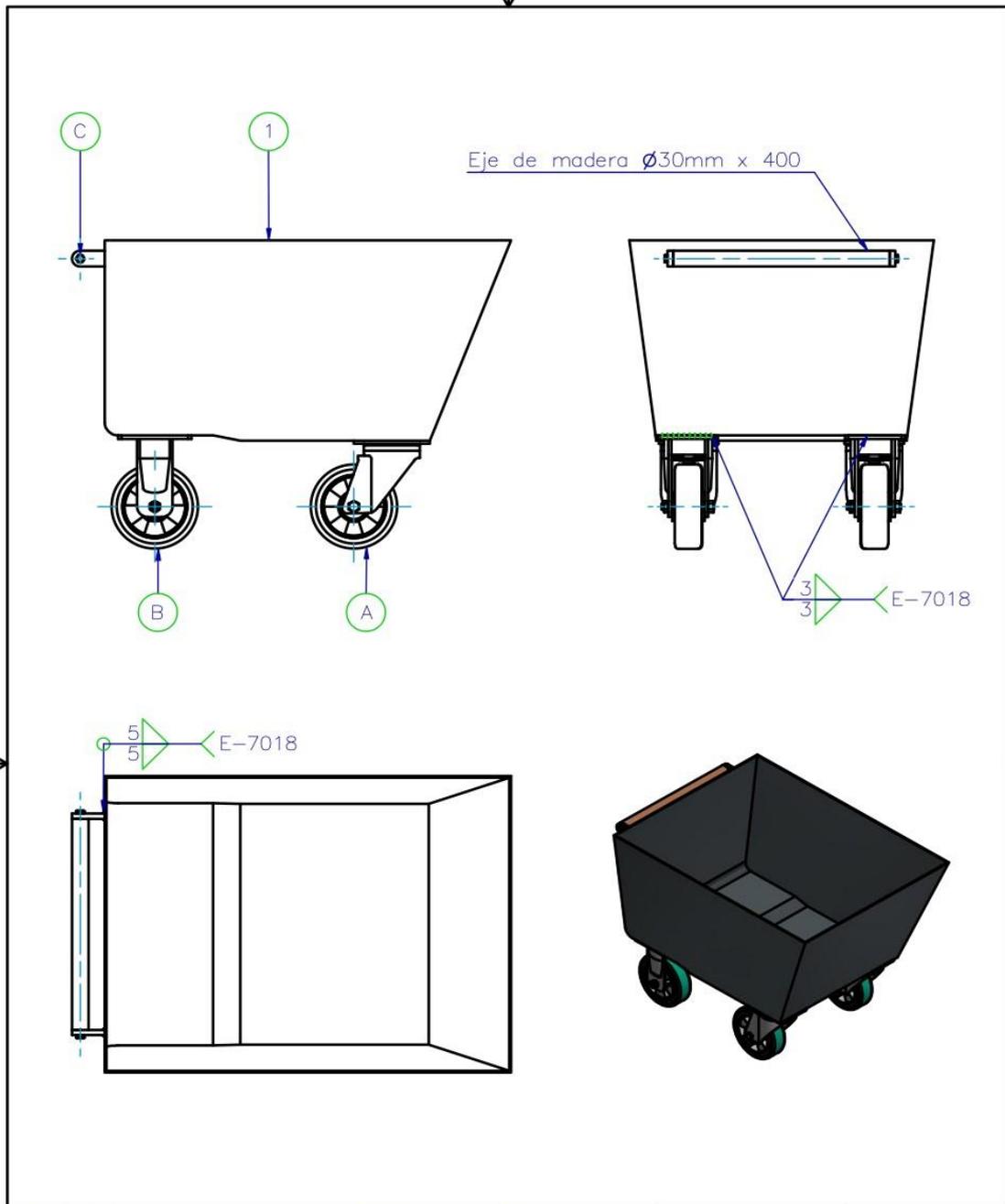
Fuente: diseño en ingeniería mecánica de Shigley 8th p. 379

Anexo 9. Planos de detalle y Conjunto.

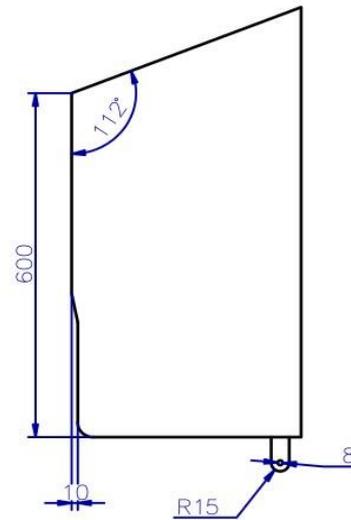
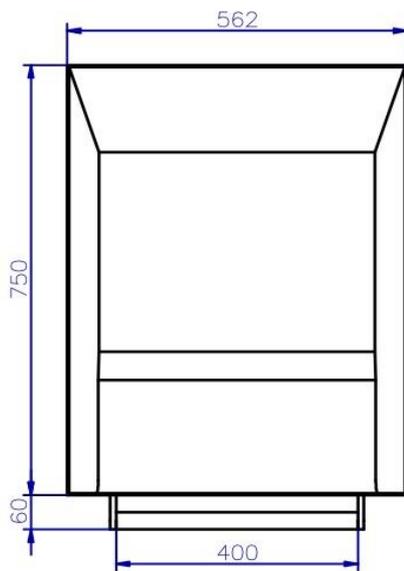
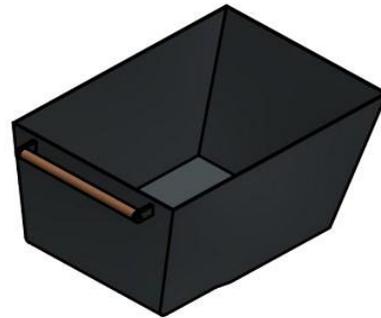
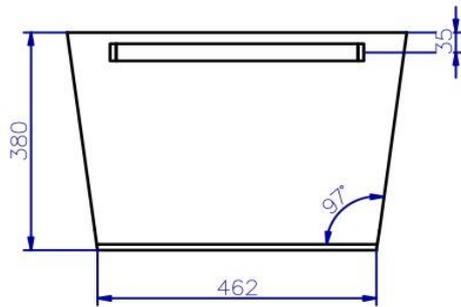


Pos.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NÚMERO	UNIDAD	OTROS DATOS
M	4	Arandela de presión M16	DIN 127		
L	4	Perno cabeza hex. M16x50	DIN 933		
K	1	Motorreductor MEG 21HP- 50rpm			
J	1	Acoplamiento N-FLEX TFS0160			
I	4	Perno allen hexagonal M24x16	DIN 913		
H	10	Perno cabeza hex. M8x20	DIN 933		
G	8	Arandela de presión M22	DIN 127		
F	4	SPE_LUCEL 213			
E	8	Perno cabeza hex. M22x50	DIN 933		
D	10	Perno cabeza hex. M8x16	DIN 933		
C	20	Arandela de presión M8	DIN 127		
B	16	Arandela de presión M10	DIN 127		
A	16	Perno cabeza hex. M10x25	DIN 933		
10	2	Rueda dentada	Acero AISI 4340	Ø6" x70	
9	1	Subconjunto Cuchillas	Acero AISI 1045		
8	1	Placa para mesa	Acero ASTM A36	1610x1041,2	
7	2	Chaveta	Acero AISI 4340	80x20x1,2"	
6	2	Placa lateral	Acero ASTM A36	1570x302x3/4"	
5	1	Criba	Acero ASTM A36	1610x49x3	
4	1	Estructura	Acero A36		
3	1	Talva	Acero ASTM A36		
2	2	Plancha porta eje	Acero ASTM A36	400x310x10	
1	1	Carrillo Recolector de Producto			

Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Santiago Grófiez	15/01/2022	
Ing. Nelson Jara	07/07/2022	
PROYECCIÓN		ESCALA: 1:10
TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS		L.PINHA N° 01/16



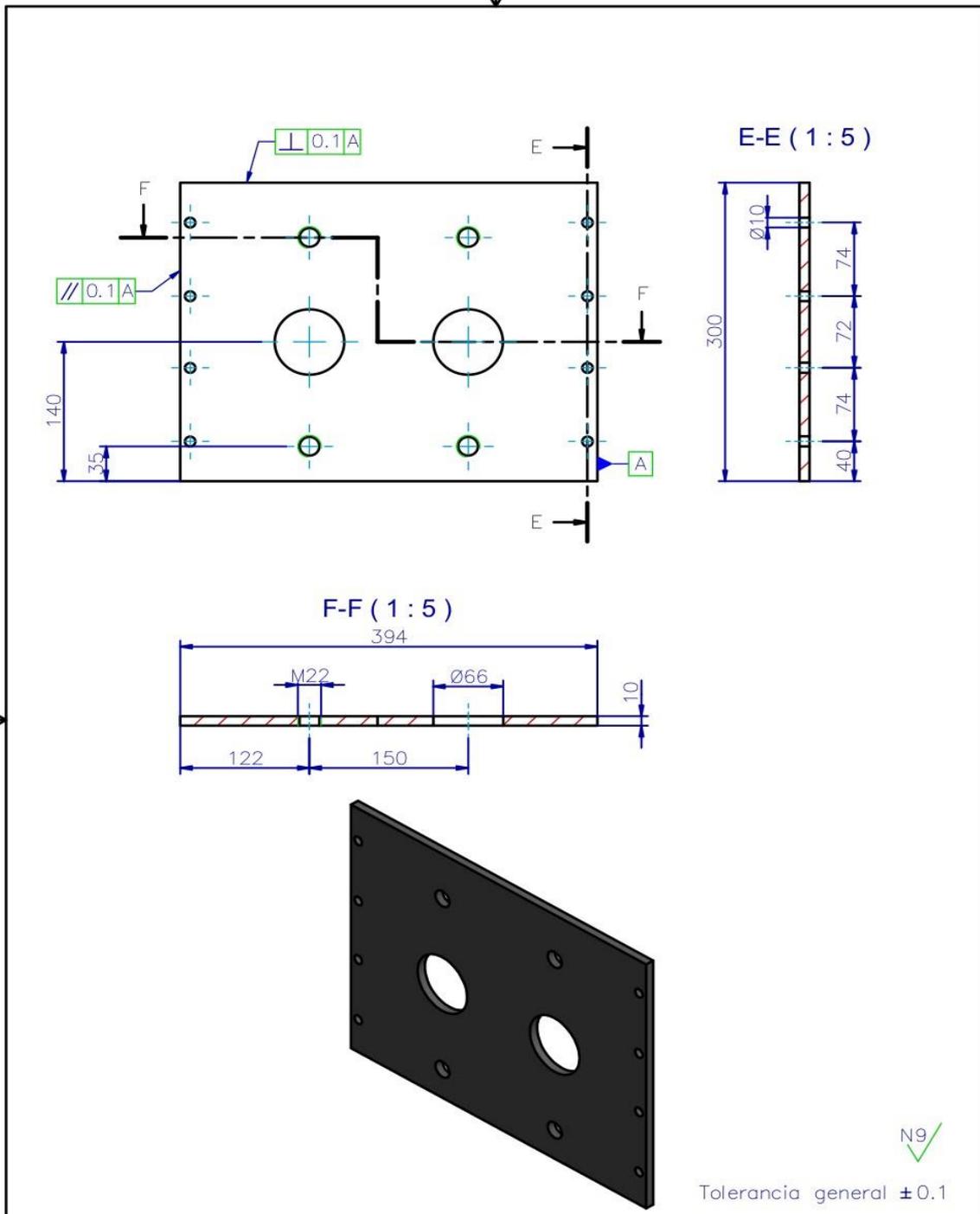
C	2	Perno cabeza hex. M8x20	DIN 933			
B	2	Rueda movil 160mm		Poliuretano		
A	2	Rueda fija 160mm		Poliuretano		
1	1	Recipiente		Acero ASTM A36		
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
DIBUJADO		Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE		
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022	MATRIZ CUENCA		
PROYECCIÓN	 TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				ESCALA:	1:10
					LÁMINA N°	02/16



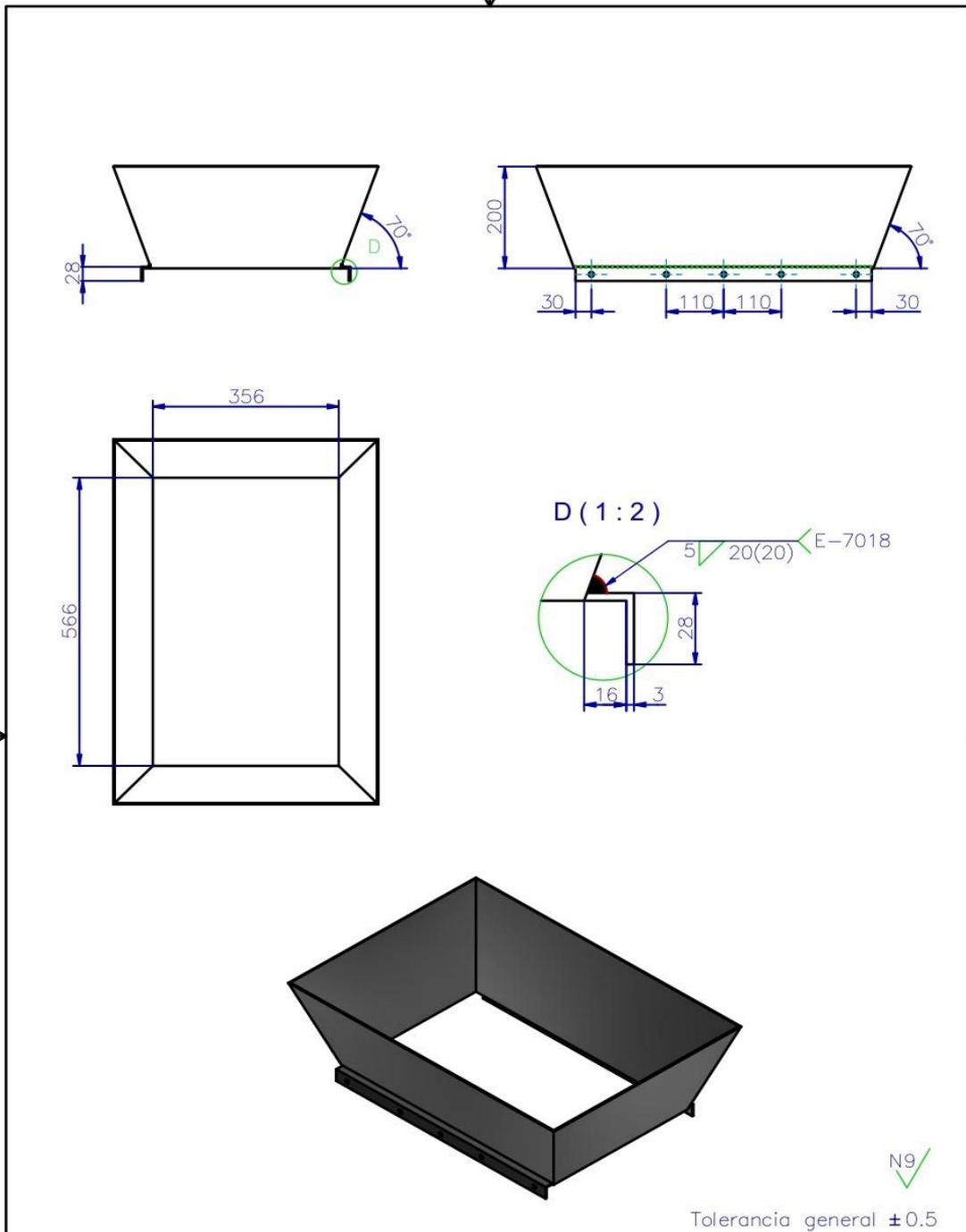
Juntas entre planchas se realizan con E-7018
Posterior pulido.

N9 ✓
Tolerancia general ± 0.5

1	1	RECIPIENTE			ACERO ASTM A36		
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
DIBUJADO		Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE MATRIZ CUENCA			
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022				
PROYECCIÓN	TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					ESCALA: 1:10	
						LÁMINA N° 03/16	

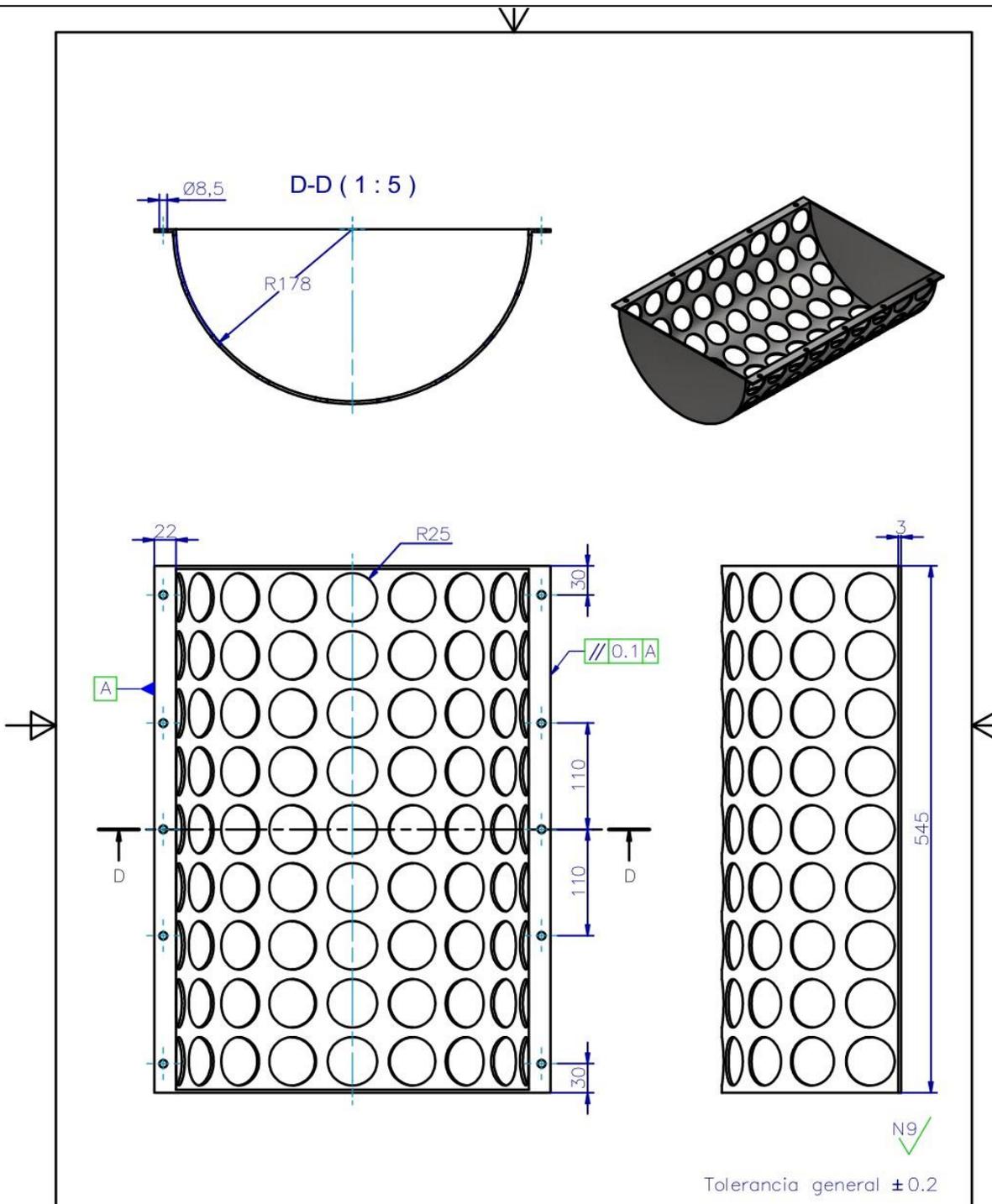


2	2	PLANCHA PORTA EJE			ACERO ASTM A36	400x310x10	
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
DIBUJADO		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022	SEDE MATRIZ CUENCA			
PROYECCIÓN	TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					ESCALA:	1:5
						LÁMINA Nº	04/16



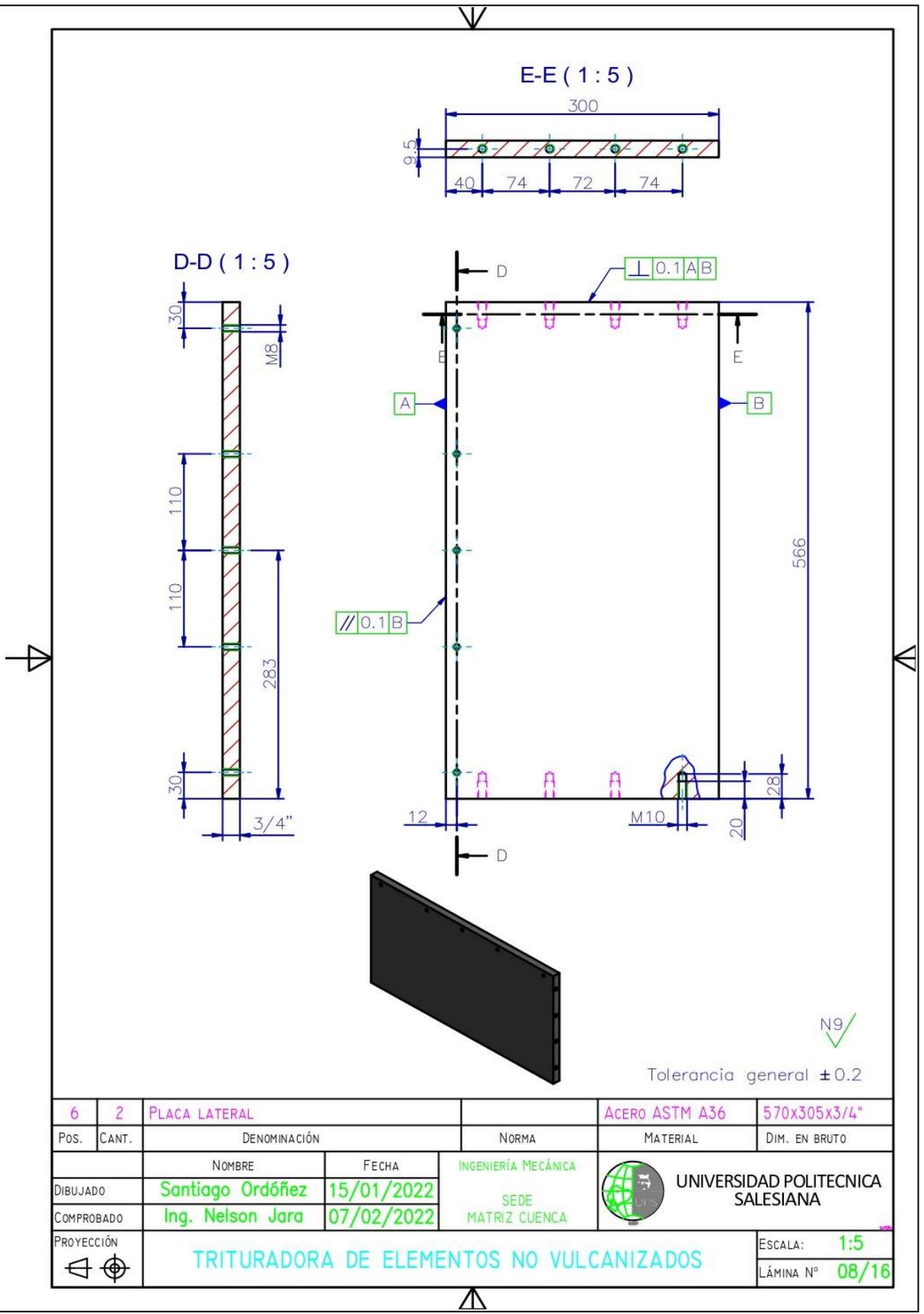
Tolerancia general ± 0.5

3	1	TOLVA			ACERO ASTM A36	
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
DIBUJADO		Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE MATRIZ CUENCA		
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022			
PROYECCIÓN	 TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					ESCALA: 1:10
						LÁMINA N° 05/16

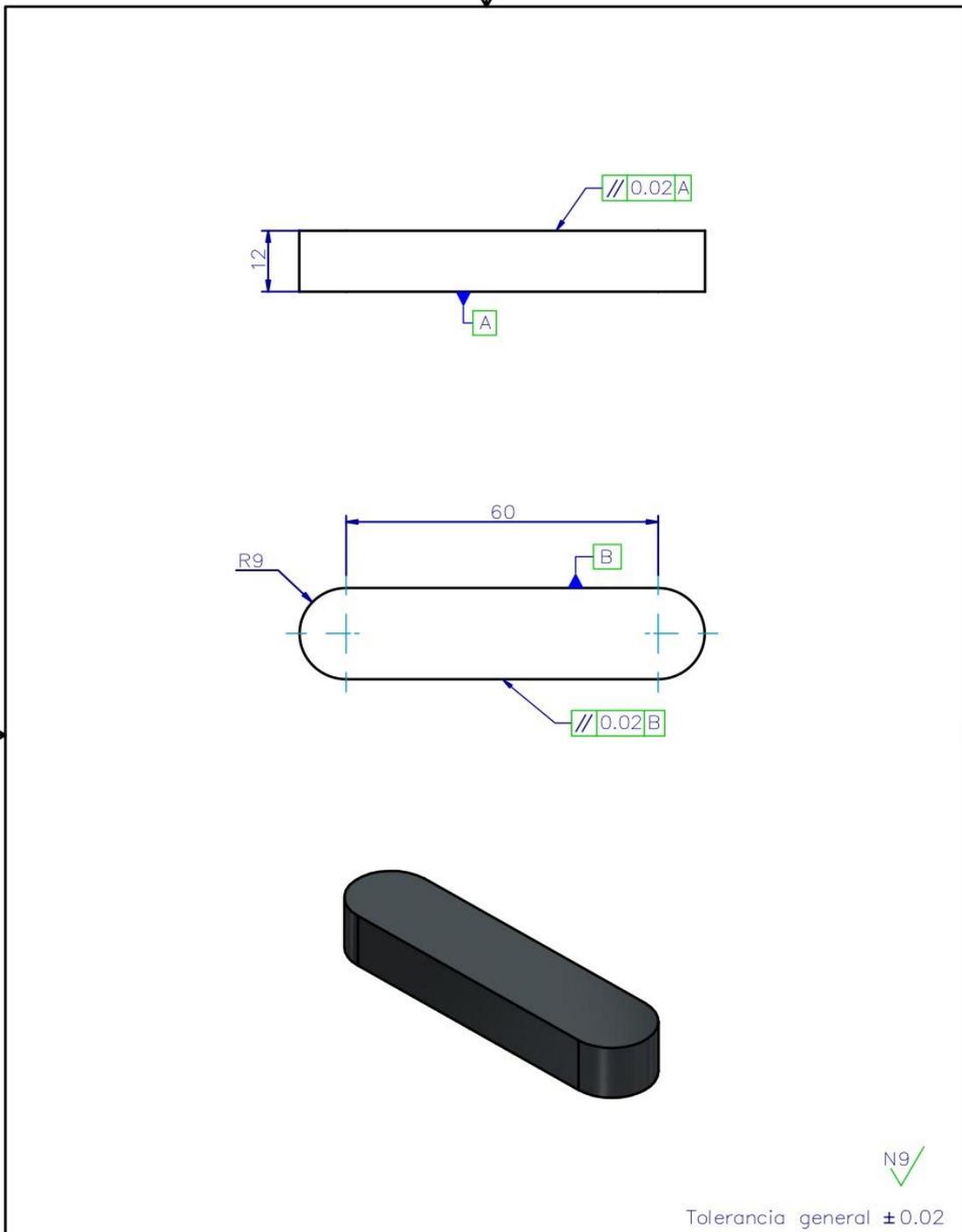


Tolerancia general ± 0.2

5	I	CRIBA		ACERO ASTM A36	610x545x3	
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
DIBUJADO		Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE MATRIZ CUENCA		
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022			
PROYECCIÓN	TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				ESCALA:	1:5
					LÁMINA N°	07/16



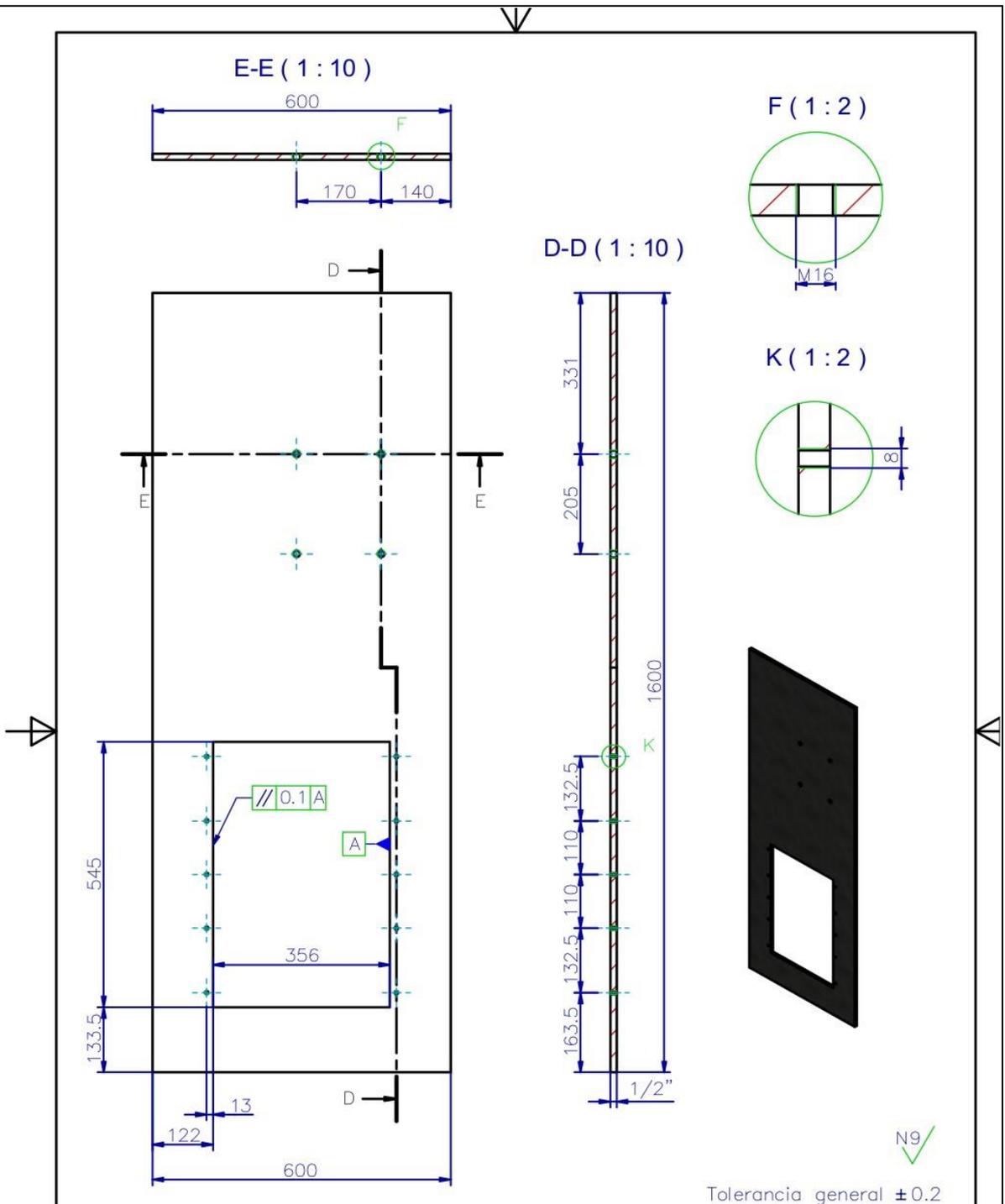
6	2	PLACA LATERAL		ACERO ASTM A36	570x305x3/4"
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN	NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
DIBUJADO	Santiago Ordóñez	15/01/2022	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ESCALA: 1:5 LÁMINA N° 08/16
COMPROBADO	Ing. Nelson Jara	07/02/2022	SEDE MATRIZ CUENCA		
PROYECCIÓN	TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				



N9 ✓

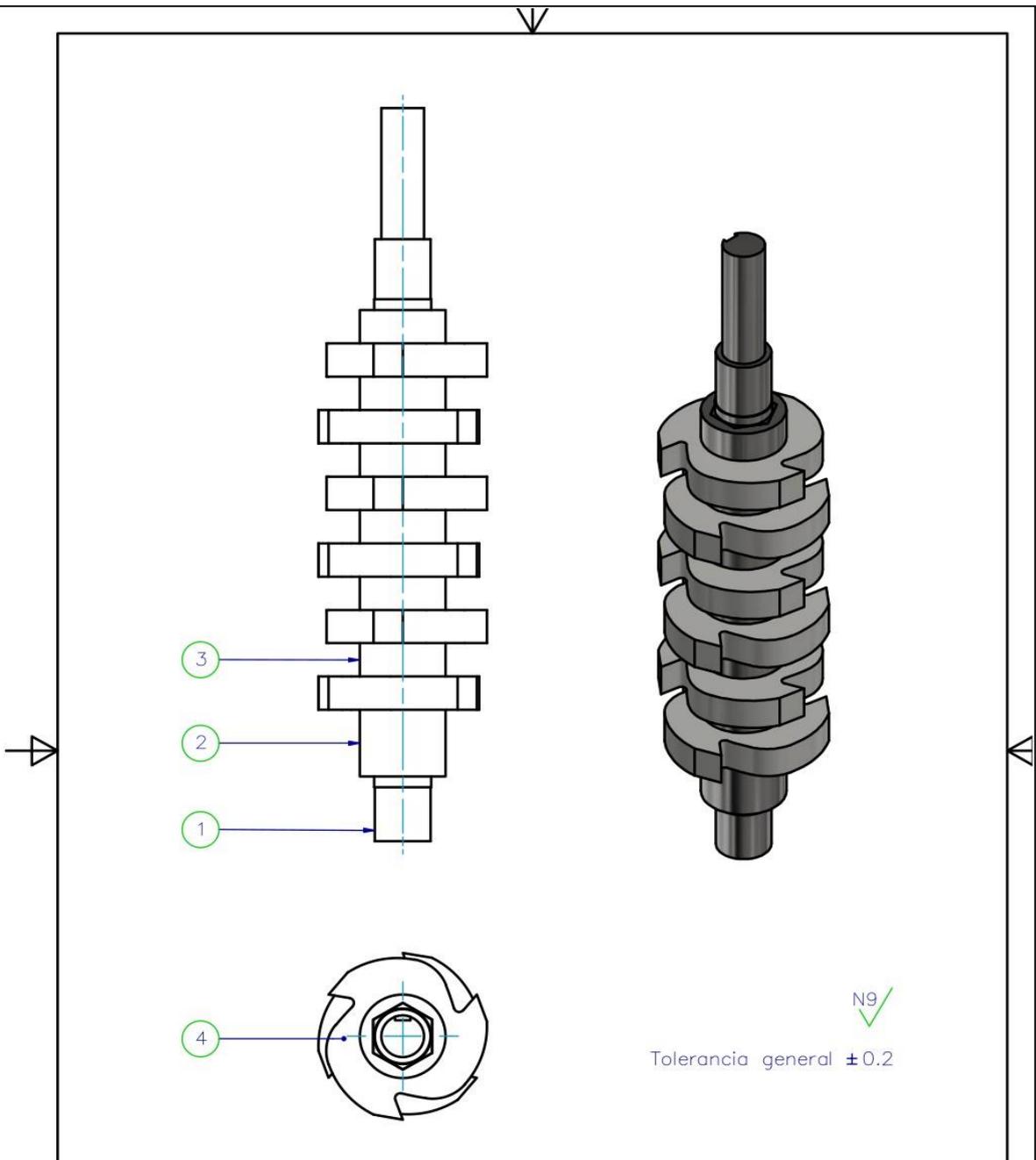
Tolerancia general ± 0.02

7	2	CHAVETA			ACERO AISI 4340	80x20x1/2"	
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA SEDE MATRIZ CUENCA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		
		DIBUJADO	COMPROBADO				
		Santiago Ordóñez	15/01/2022			ESCALA: 1:1	
		Ing. Nelson Jara	07/02/2022			LÁMINA N° 09/16	
PROYECCIÓN		TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				ESCALA: 1:1	
						LÁMINA N° 09/16	



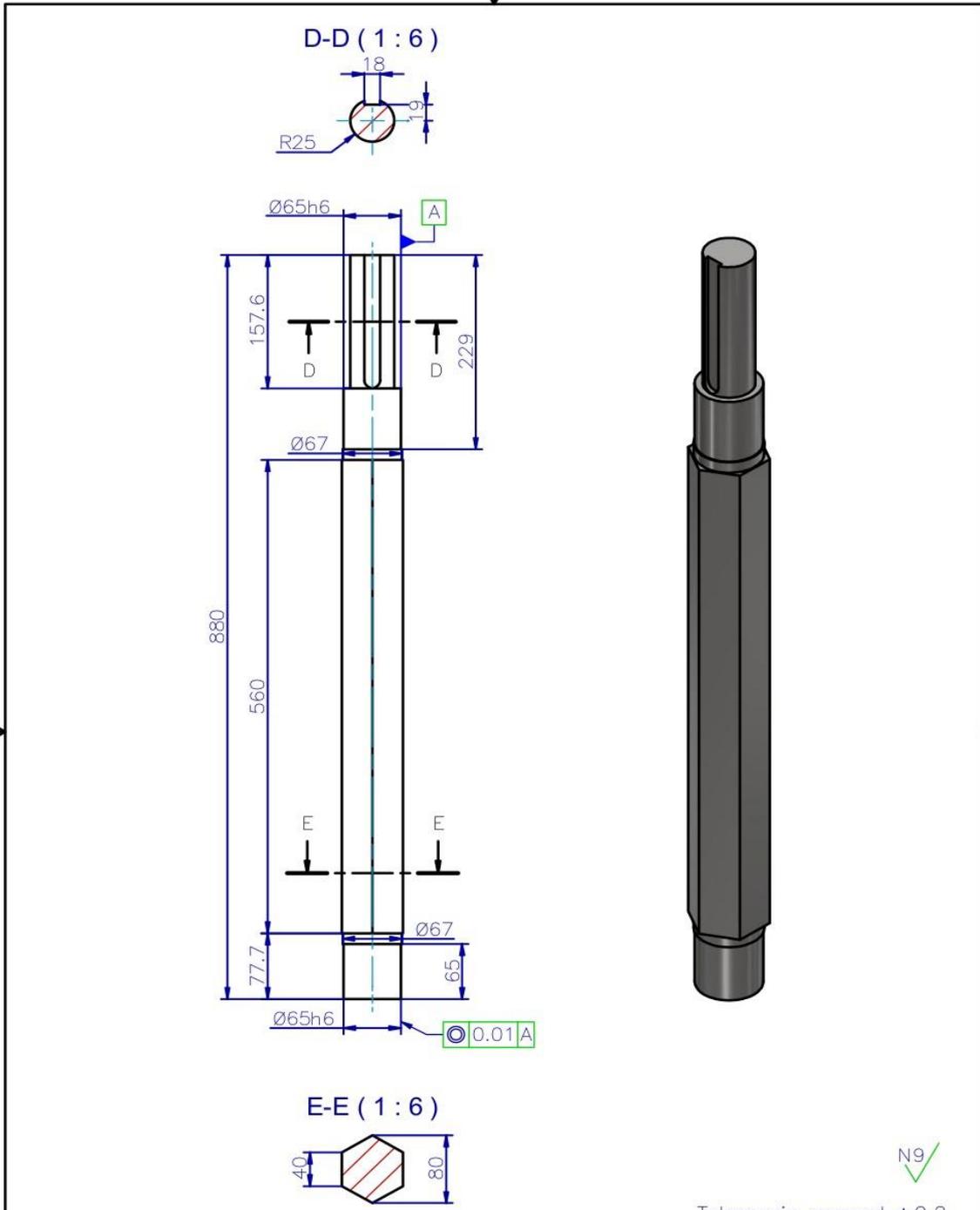
N9 ✓
Tolerancia general ±0.2

8	I	PLACA PARA MESA			ACERO ASTM A36	I610x610x1/2"	
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		
DIBUJADO	Santiago Ordóñez	15/01/2022		SEDE MATRIZ CUENCA			
COMPROBADO	Ing. Nelson Jara	07/02/2022					
PROYECCIÓN	 TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					ESCALA:	1:10
						LÁMINA N°	10/16



N9 ✓
Tolerancia general ± 0.2

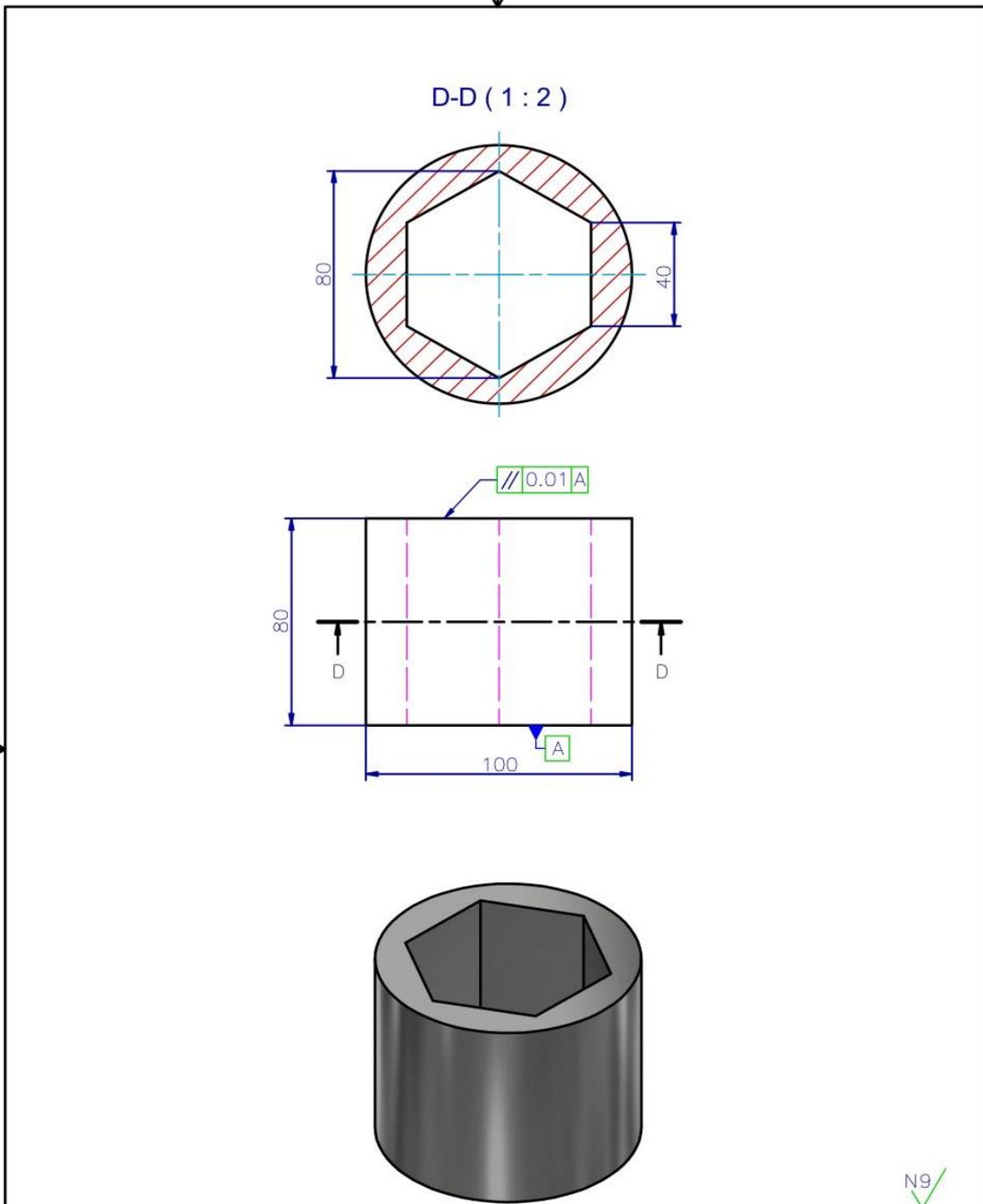
4	12	Cuchilla		Acero AISI 1045	$\varnothing 8'' \times 42$	
3	12	Separador de Cuchillas		Acero AISI 1045	$\varnothing 4'' \times 45$	
2	2	Separador de Cuchillas 80mm		Acero AISI 1045	$\varnothing 4'' \times 85$	
1	2	Eje principal		Acero AISI 4340	$\varnothing 80 \times 890$	
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
DIBUJADO		Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE		
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022	MATRIZ CUENCA		
 TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					ESCALA: 1:5	
					LÁMINA N° 11/16	



N9 ✓

Tolerancia general ±0.2

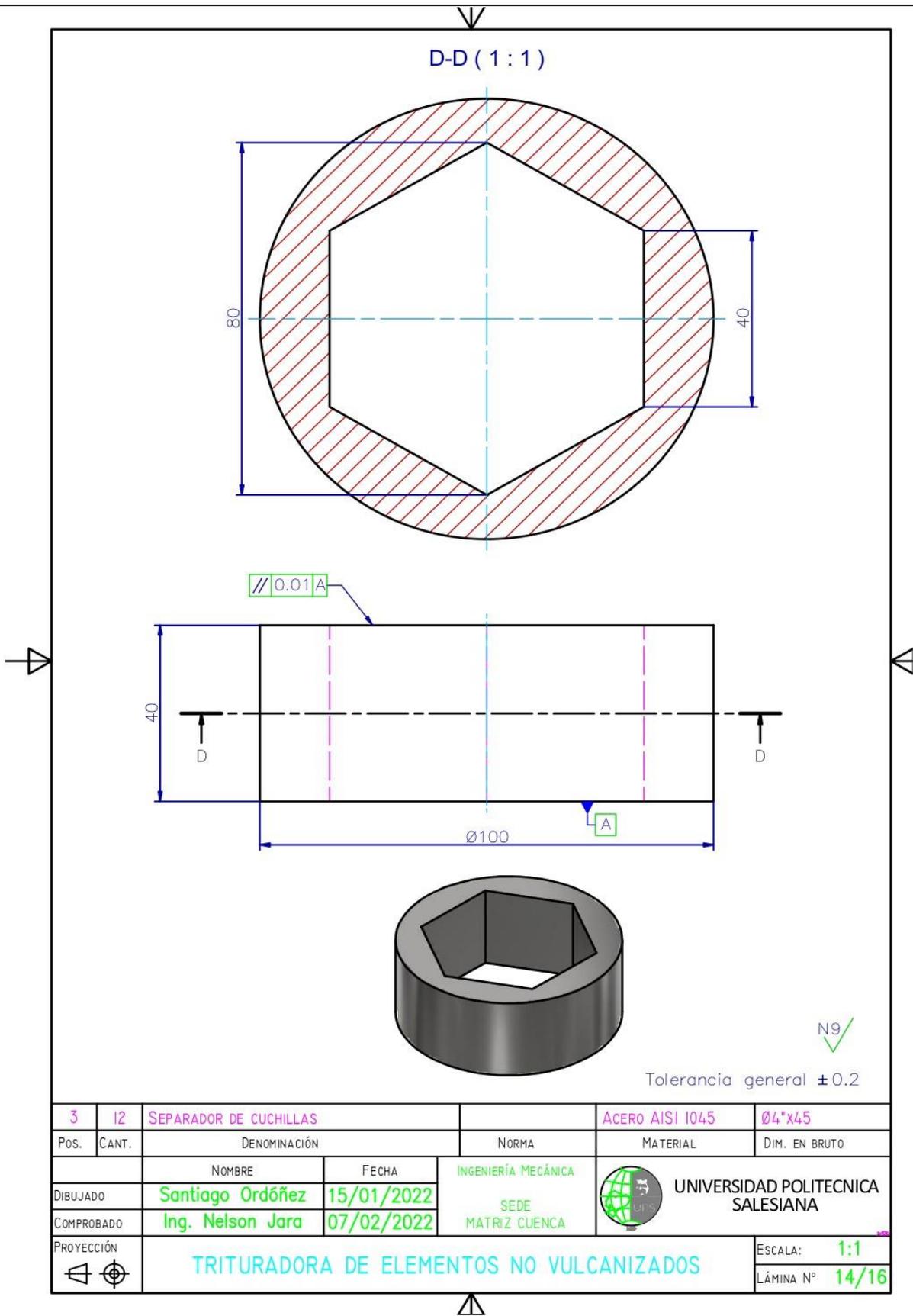
1	2	EJE			ACERO AISI 4340	Ø80x890
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA SEDE MATRIZ CUENCA	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
DIBUJADO		Santiago Ordóñez	15/01/2022			
COMPROBADO		Ing. Nelson Jara	07/02/2022			
PROYECCIÓN	 TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					ESCALA: 1:6
						LÁMINA N° 12/16



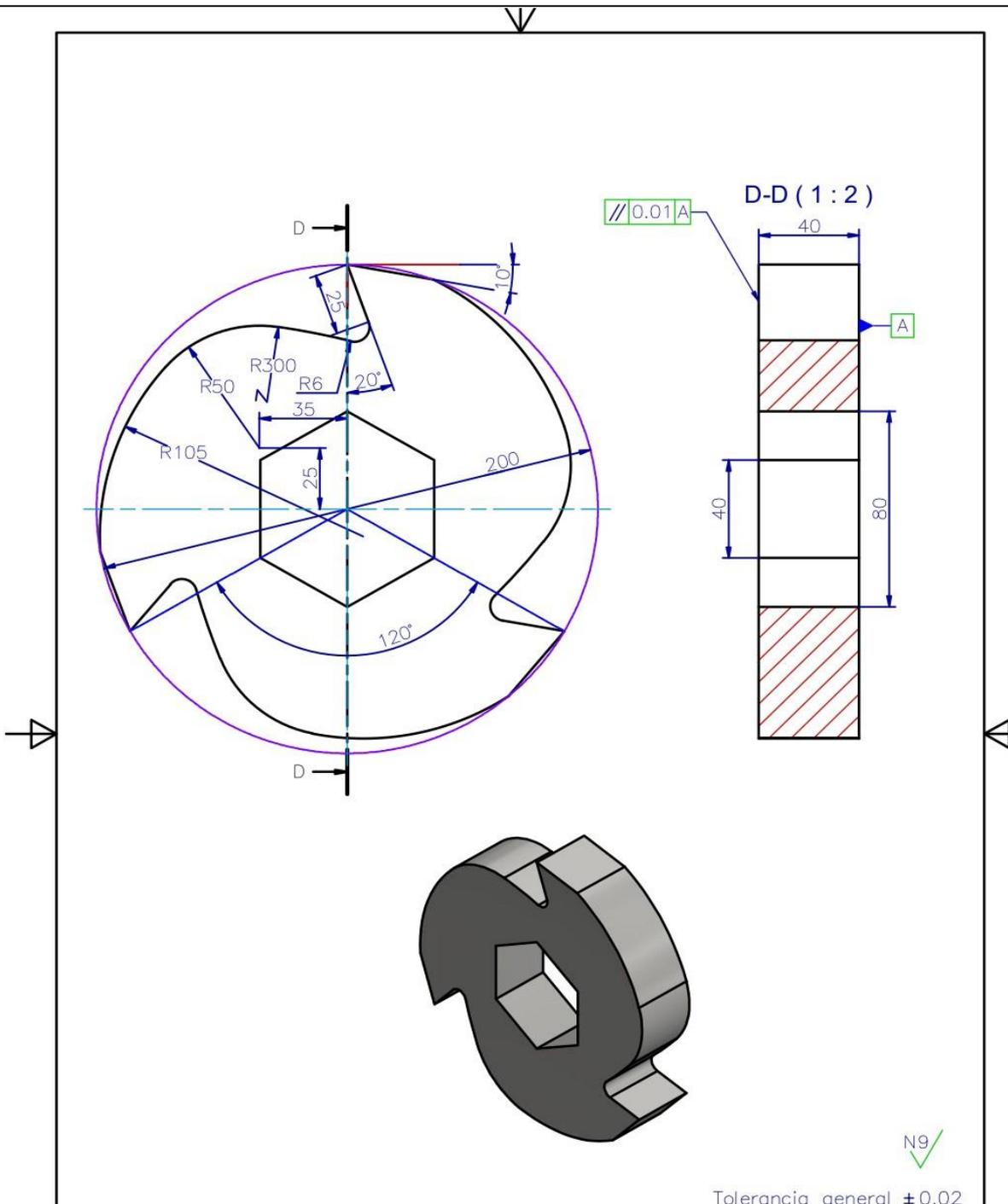
N9 ✓

Tolerancia general ± 0.2

2	2	SEPARADOR DE CUCHILLAS 80MM			ACERO AISI 1045	Ø4"x85
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
DIBUJADO	Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE			
COMPROBADO	Ing. Nelson Jara	07/02/2022	MATRIZ CUENCA			
PROYECCIÓN	 TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				ESCALA: 1:2	
					LÁMINA N° 13/16	

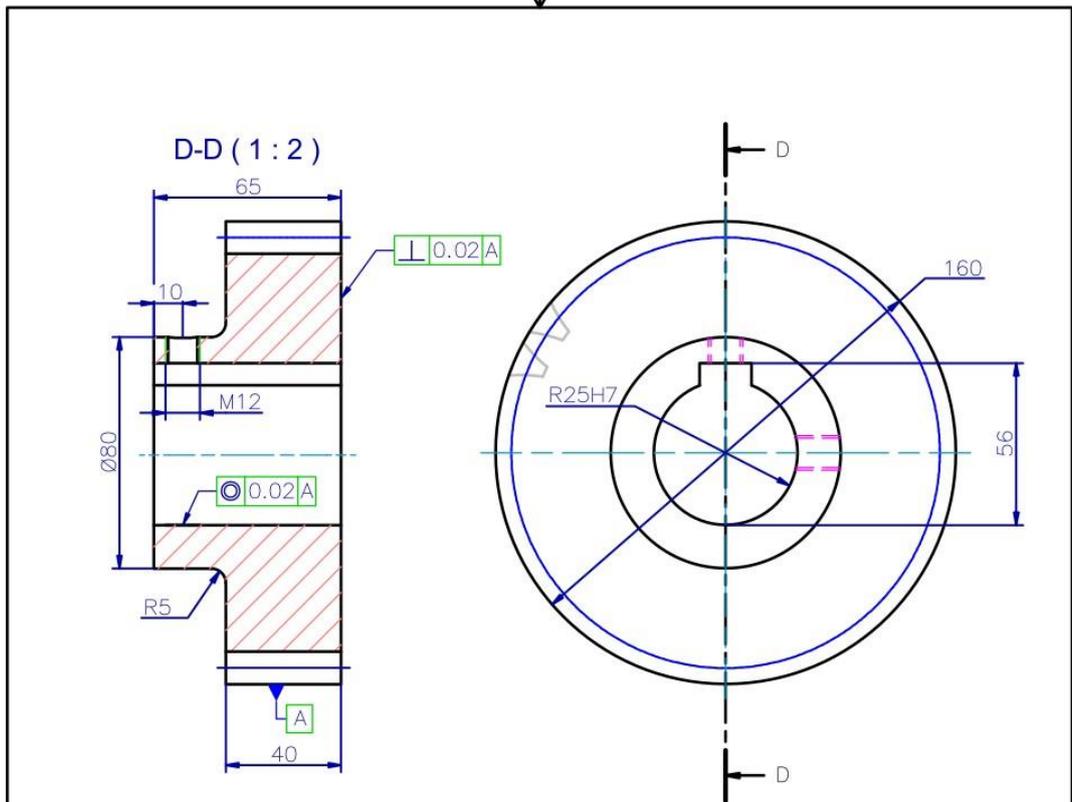


3	12	SEPARADOR DE CUCHILLAS			ACERO AISI 1045	Ø4"x45	
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
DIBUJADO	NOMBRE		FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA SEDE MATRIZ CUENCA	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	ESCALA: 1:1	
COMPROBADO	Ing. Nelson Jara		07/02/2022				
PROYECCIÓN	TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS					LÁMINA N°	14/16

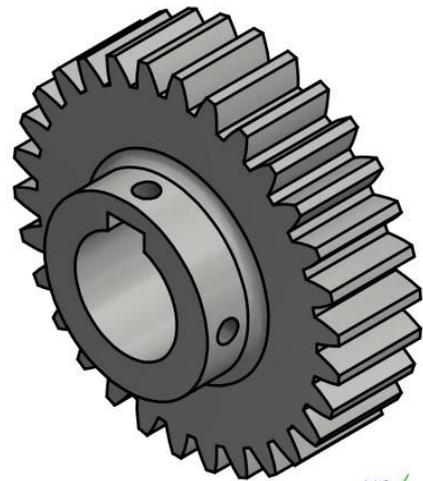


Tolerancia general ± 0.02

4	12	CUCHILLA			ACERO AISI 1045	$\emptyset 8 \times 42$	
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
		DIBUJADO	Santiago Ordóñez	15/01/2022	SEDE MATRIZ CUENCA	ESCALA: 1:2	
		COMPROBADO	Ing. Nelson Jara	07/02/2022			LÁMINA N° 15/16
PROYECCIÓN		TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				ESCALA: 1:2	
						LÁMINA N° 15/16	



Módulo	5
Número de dientes Z	30
Cremallera tipo	UNE 18016
Diámetro primitivo d_p	150



N9 ✓

Tolerancia general ± 0.02

10	2	RUEDA DENTADA			ACERO AISI 4340	$\emptyset 6 \times 70$	
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO	
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA SEDE MATRIZ CUENCA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		
		DIBUJADO	15/01/2022				
		COMPROBADO	07/02/2022				
PROYECCIÓN		TRITURADORA DE ELEMENTOS NO VULCANIZADOS				ESCALA:	1:2
						LÁMINA Nº	16/16