



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA LA
PLANTA PILOTO DE OBTENCIÓN DE METALES PRECIOSOS
DEL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

KEVIN ISMAEL GUAMANQUISPE MALDONADO

OSCAR OSVALDO QUIZHPI CAMAS

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA LA
PLANTA PILOTO DE OBTENCIÓN DE METALES PRECIOSOS
DEL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES: KEVIN ISMAEL GUAMANQUISPE MALDONADO

OSCAR OSVALDO QUIZHPI CAMAS

DIRECTORA: Ing. ILIANA ELIZABETH CARRERA FLORES MSc.

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, Kevin Ismael Guamanquispe Maldonado & Oscar Osvaldo Quizhpi Camas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, KEVIN ISMAEL GUAMANQUISPE MALDONADO y OSCAR OSVALDO QUIZHPI CAMAS declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras Fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de diciembre de 2022



Kevin Ismael Guamanquispe
180548372-2



Oscar Osvaldo Quizhpi Camas
060596634-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA LA PLANTA PILOTO DE OBTENCIÓN DE METALES PRECIOSOS DEL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS**, realizado por los señores: **KEVIN ISMAEL GUAMANQUISPE MALDONADO Y OSCAR OSVALDO QUIZHPI CAMAS** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Segundo Hugo Calderón, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022/12/12
Ing. Iliana Elizabeth Carrera Flores, MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022/12/12
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa, MSc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022/12/12

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular va dedicado a Dios, por cada día darme fuerzas, sabiduría y paciencia ante las adversidades que se me presentaron en este difícil y arduo camino, luego a mis padres Carlos Guamanquispe y Mónica Maldonado, quiénes son la mayor inspiración que puedo tener en la vida, que a más del valor económico, fueron aquellos que cada día estuvieron incondicionalmente en mis logros y mucho más en mis fracasos, a mi hermano Alejandro quién me brindaba sus consejos ante alguna dificultad, y por último pero no menos importante a Cristina Granizo, quién se convirtió en más que una buena amiga, en esa persona en quién sabía que podía contar sin importar la circunstancia, este trabajo es por y para ustedes, y un gracias no alcanzaría para agradecerles por estar en este pequeño logro de mi vida.

Ismael

El presente Trabajo de Integración Curricular dedico a mis padres Vicente Quizhpi y María Gertrudis Camas por el apoyo incondicional que me han brindado para convertirme en un profesional, seguir mis metas hacer realidad las ideas que he tenido y ver lo mejor para mí. Por ser un ejemplo de lucha constante en su trabajo y llegar lejos sin perder la fe de que todo lo que se anhela se hace realidad con esfuerzo trabajo y dedicación. Por estar a mi lado y creer en mí en los momentos más duros de la carrera y aún más en los momentos de triunfos. También a toda mi familia por creer en mí, a mis amigos por estar a mi lado en los momentos buenos y malos en el transcurso de la carrera. Gracias Dios por darme la sabiduría y tener la oportunidad de estudiar.

Oscar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar a culminar esta instancia en mi vida y no dejarme solo en ningún momento, a mis padres quienes fueron el pilar fundamental de este grato y valioso momento, a mi hermano por su apoyo incondicional, a mi Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por otorgarme la oportunidad de conocer varios y excelentes profesionales que fueron el camino de luz para hacer brillar mi vida académica.

Ismael

Agradezco a Dios por darme salud y vida para poder cumplir con uno de mis sueños, a mis padres por brindarme su confianza y apoyo incondicional y estar conmigo en las buenas y en las malas, a mis hermanos por compartirme palabras de ánimo en todo momento, a nuestra querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo la cual nos abrió sus puertas para formarnos como profesionales con valores éticos y morales, a mis profesores quienes supieron compartir su valioso conocimiento, sus experiencias, me aconsejaron y me brindaron su ayuda para poder culminar mi meta. Finalmente agradezco a mis compañeros y amigos de carrera que he conocido a lo largo de mi vida estudiantil de quienes aprendí mucho y con quienes compartí gratos momentos.

Oscar

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del Problema	2
1.3.	Justificación	4
1.4.	Beneficiarios directos e indirectos	4
1.4.1.	<i>Beneficiarios directos</i>	<i>4</i>
1.4.2.	<i>Beneficiarios indirectos.....</i>	<i>5</i>
1.5.	Objetivos	5
1.5.1.	<i>Objetivo General.....</i>	<i>5</i>
1.5.2.	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>5</i>

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Antecedentes de investigación.....	6
2.2.	Referencias Teóricas	7
2.2.1.	<i>Minería</i>	<i>7</i>
2.2.2.	<i>Tipos de explotación Minera.....</i>	<i>7</i>
2.2.2.1.	<i>Minería subterránea.....</i>	<i>7</i>
2.2.2.2.	<i>Minería de superficie</i>	<i>7</i>
2.2.2.3.	<i>Minería aluvial.....</i>	<i>8</i>
2.2.2.4.	<i>Minería por paredones.....</i>	<i>8</i>
2.2.2.5.	<i>Minería de pozos de perforación</i>	<i>8</i>
2.2.2.6.	<i>Minería submarina o dragado</i>	<i>8</i>
2.2.3.	<i>Mineral</i>	<i>8</i>

2.2.4.	<i>Tipos de minerales</i>	9
2.2.4.1.	<i>Metálicos</i>	9
2.2.4.2.	<i>No Metálicos</i>	9
2.2.4.3.	<i>Mena</i>	9
2.2.4.4.	<i>Ganga</i>	10
2.2.5.	<i>Características de minerales a triturar</i>	10
2.2.6.	<i>Reducción de tamaño</i>	11
2.2.7.	<i>Características de productos desintegrados</i>	12
2.2.8.	<i>Trituración</i>	12
2.2.9.	<i>Tipos de trituración</i>	13
2.2.9.1.	<i>Trituración primaria</i>	13
2.2.9.2.	<i>Trituración secundaria</i>	13
2.2.10.	<i>Aplicaciones de la trituración</i>	14
2.2.11.	<i>Métodos de trituración</i>	15
2.2.12.	<i>Tipos de equipos para trituración</i>	15
2.2.12.1.	<i>Triturador de mandíbulas</i>	16
2.2.12.2.	<i>Triturador giratorio</i>	16
2.2.12.3.	<i>Triturador de cono</i>	17
2.2.12.4.	<i>Triturador por impacto</i>	17
2.2.12.5.	<i>Triturador de cilindros</i>	17
2.2.12.6.	<i>Triturador de martillos</i>	18
2.2.13.	<i>Tipos de Trituradoras de Mandíbulas</i>	18
2.2.14.	<i>Etapas de Trituración</i>	19
2.2.15.	<i>Componentes de una trituradora de mandíbulas</i>	20
2.2.15.1.	<i>Motor 5 Hp</i>	20
2.2.15.2.	<i>Eje excéntrico</i>	20
2.2.15.3.	<i>Polea</i>	20
2.2.15.4.	<i>Volante de inercia</i>	21
2.2.15.5.	<i>Chumacera</i>	21
2.2.15.6.	<i>Placa trituradora</i>	21
2.2.15.7.	<i>Perno M16</i>	22

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	23
3.1.	Localización del proyecto	23
3.2.	Ingeniería del proyecto	24

3.2.1.	<i>Tipo de Estudio</i>	24
3.2.2.	<i>Metodología</i>	24
3.2.2.1.	<i>Métodos</i>	24
3.2.3.	<i>Técnicas</i>	25
3.2.4.	<i>Selección de la trituradora</i>	26
3.2.4.1.	<i>Análisis de opciones de trituradoras</i>	27
3.2.5.	<i>Determinación de las propiedades de los minerales mediante ensayos</i>	27
3.2.5.1.	<i>Microscopia de barrido electrónico</i>	27
3.2.6.	<i>Planificación de construcción</i>	28
3.2.7.	<i>Materiales utilizados en la construcción del equipo</i>	28
3.2.7.1.	<i>Acero A36</i>	29
3.2.7.2.	<i>AISI 1018</i>	29
3.2.7.3.	<i>Aluminio</i>	30
3.2.7.4.	<i>Acero A304</i>	30
3.2.7.5.	<i>Acero negro</i>	31
3.2.8.	<i>Herramientas empleadas en la construcción del equipo</i>	31
3.2.9.	<i>Equipos aplicados en la construcción del equipo</i>	32
3.2.10.	<i>Montaje de la trituradora de mandíbulas</i>	33
3.2.11.	<i>Diseño de la trituradora</i>	39
3.2.11.1.	<i>Características de la trituradora de mandíbulas</i>	40
3.2.12.	<i>Elementos de transmisión de la trituradora de mandíbulas</i>	41
3.2.13.	<i>Parámetros de Diseño</i>	41
3.2.13.1.	<i>Relación de reducción</i>	41
3.2.13.2.	<i>Ancho de alimentación</i>	42
3.2.13.3.	<i>Longitud de la mandíbula (LB)</i>	42
3.2.13.4.	<i>Desplazamiento de la mandíbula móvil</i>	42
3.2.13.5.	<i>Velocidad de operación mínima</i>	43
3.2.13.6.	<i>Ángulo de fricción</i>	43
3.2.13.7.	<i>Ángulo de sujeción entre las mandíbulas</i>	43
3.3.	Cálculo de potencia y capacidad de trituradora de mandíbulas	44
3.3.1.	<i>Revolución del eje excéntrico</i>	44
3.3.2.	<i>Capacidad de la trituradora de mandíbula (G)</i>	44
3.3.3.	<i>Potencia requerida</i>	44
3.3.4.	<i>Relación de transmisión (z)</i>	45
3.3.5.	<i>Diámetro de la polea conductora (D1)</i>	45
3.3.6.	<i>Diámetro de la polea conducida (D2)</i>	45
3.3.7.	<i>Distancia entre centros (C)</i>	46

3.3.8.	<i>Longitud de la banda de transmisión (L)</i>	46
3.3.9.	<i>Ángulo de contacto de la correa (θ_1)</i>	46
3.3.10.	<i>Cálculo del diámetro de las poleas</i>	46
3.3.11.	<i>Selección del tipo de banda</i>	47
3.3.12.	<i>Determinación del número de bandas</i>	47
3.4.	<i>Selección de las chumaceras</i>	47
3.5.	<i>Cálculo de las mandíbulas</i>	47
3.5.1.	<i>Cálculo del área de la placa de mandíbula móvil</i>	47
3.5.2.	<i>Cálculo del área de la placa de la mandíbula fija</i>	48
3.6.	<i>Cálculo de la estructura de la trituradora de mandíbulas</i>	48
3.6.1.	<i>Cálculo del área de la superficie de la estructura (Ase)</i>	48
3.6.2.	<i>Cálculo del área frontal de la estructura (Afe)</i>	48
3.6.3.	<i>Cálculo del área lateral de la estructura (Ale)</i>	49
3.7.	<i>Masa aproximada de la trituradora de mandíbula</i>	49

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	50
4.1.	Generalidades del Mineral	50
4.2.	Composición del Mineral	50
4.2.1.	<i>Prueba en el microscopio electrónico de barrido previo al diseño</i>	51
4.3.	Mecanismo de variación de salida del tamaño del mineral	53
4.4.	Descripción de los elementos de la trituradora	56
4.4.1.	<i>Estructura de Soporte</i>	56
4.4.2.	<i>Cuerpo Principal</i>	56
4.4.3.	<i>Eje Excéntrico</i>	57
4.4.4.	<i>Polea</i>	57
4.4.5.	<i>Volante de Inercia</i>	57
4.4.6.	<i>Chumacera P207</i>	58
4.4.7.	<i>Tolva de Alimentación</i>	58
4.4.8.	<i>Salida del Mineral</i>	59
4.4.9.	<i>Motor</i>	59
4.4.10.	<i>Perno de Regulación</i>	59
4.4.11.	<i>Mandíbulas</i>	60
4.4.12.	<i>Camisa y soporte</i>	60
4.4.13.	<i>Panel de control</i>	61
4.5.	Parámetros de Diseño	61

4.5.1.	<i>Relación de reducción</i>	61
4.5.2.	<i>Ancho de alimentación</i>	62
4.5.2.1.	<i>Longitud de la mandíbula (LB)</i>	62
4.5.2.2.	<i>Desplazamiento de la mandíbula móvil</i>	62
4.5.2.3.	<i>Velocidad de operación mínima</i>	63
4.5.2.4.	<i>Ángulo de fricción</i>	63
4.5.2.5.	<i>Ángulo de sujeción entre las mandíbulas</i>	64
4.6.	Cálculo de potencia y capacidad de trituradora de mandíbulas	64
4.6.1.	<i>Revolución del eje excéntrico</i>	64
4.6.2.	<i>Capacidad de la trituradora de mandíbula (G)</i>	64
4.6.3.	<i>Potencia requerida</i>	65
4.6.4.	<i>Relación de transmisión (z)</i>	66
4.6.5.	<i>Diámetro de la polea conductora (D1)</i>	67
4.6.6.	<i>Diámetro de la polea conducida (D2)</i>	67
4.6.7.	<i>Distancia entre centros (C)</i>	67
4.6.8.	<i>Longitud de la banda de transmisión (L)</i>	67
4.6.9.	<i>Ángulo de contacto de la correa (θ_1)</i>	68
4.6.10.	<i>Cálculo del diámetro de poleas</i>	68
4.6.11.	<i>Selección del tipo de banda</i>	69
4.6.12.	<i>Determinación del número de bandas</i>	71
4.7.	Selección de chumaceras	71
4.8.	Perno de regulación	74
4.9.	Cálculo de las mandíbulas	74
4.9.1.	<i>Cálculo del área de la placa de mandíbula móvil (AM)</i>	74
4.9.2.	<i>Cálculo del área de la placa de mandíbula fija (AF)</i>	75
4.10.	Cálculo de la estructura de la TM	75
4.10.1.	<i>Cálculo del área de la superficie de la estructura (Ase)</i>	76
4.10.2.	<i>Cálculo del área frontal de la estructura (Afe)</i>	76
4.10.3.	<i>Cálculo del área lateral de la estructura (Ale)</i>	77
4.11.	Masa aproximada de la trituración de mandíbulas	77
4.12.	Balance de masa de la trituradora de mandíbulas	78
4.13.	Análisis de costos	78
4.14.	Guía	80
4.14.1.	<i>Comprobaciones preliminares</i>	80
4.14.2.	<i>Puesta en marcha de la máquina</i>	80
4.14.3.	<i>Limpieza post – trabajo</i>	81

CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Propiedades de materiales a triturar	10
Tabla 2-2:	Escala de Mohs dureza de los minerales	11
Tabla 3-2:	Clasificación de las trituradoras de mandíbulas	18
Tabla 1-3:	Ubicación y coordenadas de la ESPOCH.....	23
Tabla 2-3:	Parámetros de selección	26
Tabla 3-3:	Opciones de Trituradoras	27
Tabla 4-3:	Cronograma de actividades previo a la construcción	28
Tabla 5-3:	Propiedades del Acero A36.....	29
Tabla 6-3:	Propiedades del AISI 1018.....	29
Tabla 7-3:	Propiedades del Acero A304.....	30
Tabla 8-3:	Propiedades del Acero negro.....	31
Tabla 9-3:	Funciones de determinadas herramientas.....	32
Tabla 10-3:	Funciones de determinadas herramientas.....	32
Tabla 1-4:	Peso del mineral	50
Tabla 2-4:	Características del Mineral.....	50
Tabla 3-4:	Composición del mineral	50
Tabla 4-4:	Mecanismo para una trituración fina con una medida de 90 mm.....	53
Tabla 5-4:	Mecanismo para una trituración media con una medida de 95 mm	54
Tabla 6-4:	Mecanismo para una trituración gruesa con una medida de 100 mm	55
Tabla 7-4:	Coefficiente de fricción de materiales movedizos y en pedazos	63
Tabla 8-4:	Velocidades para motores CA	66
Tabla 9-4:	Elección del factor de servicio.....	70
Tabla 10-4:	Masa que presenta la trituradora de mandíbulas	77
Tabla 11-4:	Costo de materiales para la construcción de la trituradora	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Reducción de partícula.....	12
Ilustración 2-2:	Trituración de partícula.....	13
Ilustración 3-2:	Equipo de trituración de mandíbulas	16
Ilustración 4-2:	Equipo de trituración giratoria.....	17
Ilustración 5-2:	Equipo de trituración de cilindros.....	18
Ilustración 1-3:	Ubicación donde se encontrará la trituradora	23
Ilustración 2-3:	Gráfica de construcción del cuerpo principal	34
Ilustración 3-3:	Gráfica de construcción del eje excéntrico	34
Ilustración 4-3:	Gráfica de construcción de la tolva.....	35
Ilustración 5-3:	Gráfica de construcción de la camisa y soporte.....	36
Ilustración 6-3:	Gráfica de construcción del volante de inercia	36
Ilustración 7-3:	Gráfica de construcción de los protectores laterales.....	37
Ilustración 8-3:	Gráfica de construcción de la cubierta de ingreso	38
Ilustración 9-3:	Gráfica del ensamble general.....	39
Ilustración 10-3:	Ensamble general de la trituradora de mandíbulas.....	40
Ilustración 11-3:	Partes de la mandíbula	41
Ilustración 1-4:	Roca grande entrada a la trituradora	51
Ilustración 2-4:	Salida de la trituradora - Entrada del molino	52
Ilustración 3-4:	Salida del molino - Entrada a la celda	52
Ilustración 4-4:	Salida de la celda (concentrado)	53
Ilustración 5-4:	Medida para trituración final	54
Ilustración 6-4:	Medida para trituración media.....	54
Ilustración 7-4:	Medida para trituración gruesa	55
Ilustración 8-4:	Esquema de la estructura de soporte.....	56
Ilustración 9-4:	Esquema del cuerpo principal	56
Ilustración 10-4:	Esquema del cuerpo principal.....	57
Ilustración 11-4:	Esquema de la polea	57
Ilustración 12-4:	Esquema del volante de inercia.....	58
Ilustración 13-4:	Esquema de la chumacera P207.....	58
Ilustración 14-4:	Esquema de la tolva de alimentación.....	58
Ilustración 15-4:	Esquema de la Salida del mineral	59
Ilustración 16-4:	Motor 5hp	59
Ilustración 17-4:	Pernos M16.....	60
Ilustración 18-4:	Esquema de la mandíbula	60

Ilustración 19-4:	Esquema de soporte y camisa	61
Ilustración 20-4:	Esquema del panel de control	61
Ilustración 21-4:	Relación de número de RPM con respecto a la potencia	71
Ilustración 22-4:	Rodamientos para aplicaciones industriales	72
Ilustración 23-4:	Rodamientos para aplicaciones industriales	73
Ilustración 24-4:	Área de la placa de mandíbula móvil.....	74
Ilustración 25-4:	Área de la placa de mandíbula fija.....	75
Ilustración 26-4:	Dimensiones de la estructura	76

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE ENTRADA EN LA TRITURADORA
- ANEXO B:** PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE ENTRADA EN EL MOLINO DE BOLAS
- ANEXO C:** PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE ENTRADA DE LA CELDA DE FLOTACIÓN
- ANEXO D:** PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE SALIDA DE LA CELDA DE FLOTACIÓN
- ANEXO E:** PLANOS DE LAS PARTES DE UNA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO F:** PLANOS DEL CUERPO DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO G:** PLANOS DEL EJE EXCÉNTRICO DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO H:** PLANOS DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO I:** PLANOS DE LA POLEA MAYOR DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO J:** PLANOS DE LA CAMISA Y SOPORTE DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO K:** PLANOS DE PLACA MÓVIL DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO L:** PLANOS DE LA PLACA FIJA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO M:** PLANOS DEL VOLANTE DE INERCIA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO N:** PARTES PRINCIPALES DE TRITURADORA DE MANDÍBULAS
- ANEXO O:** PARTES PRINCIPALES DE TRITURADORA DE MANDÍBULAS
- ANEXO P:** PLANOS DE LAS PARTES DE UNA TRITURADORA DE MANDÍBULA
- ANEXO Q:** VALIDACIÓN DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS

RESUMEN

El presente proyecto técnico consistió en diseñar y construir una trituradora para la reducción de minerales mediante las normativas ASTM. Se efectuó el diseño de trituración, mediante la selección del mineral mismo que cumplió con los requerimientos para el diseño, el mineral de estudio fue sometido a un análisis con un microscopio electrónico de barrido donde se obtuvo la presencia de cuarzo (SIO₂) con una densidad de 2,5 g/ml, una dureza de 7 según la escala de Mohs y una fractura irregular ganchuda. Lograda la identificación del mineral, se calculó la relación de reducción, el ancho de alimentación, longitud de mandíbula, así como el desplazamiento de la placa móvil con la finalidad de reducir el tamaño del mineral en nueve veces, en cuanto al diseño de la estructura de la trituradora, se realizó mediante perfiles y las dimensiones requeridas del material, se tomó en cuenta el ángulo de sujeción de 19° y un ángulo de fricción de 30°, se consideró un factor de seguridad de 2, además se implementó un mecanismo de reducción. Se seleccionó los materiales para la fabricación de la trituradora en base a la disponibilidad y factibilidad económica existentes en el mercado y en función a los parámetros de diseño requeridos. La construcción respectiva de la trituradora se llevó a cabo en un taller siguiendo los pasos correspondientes en el procedimiento de construcción y montaje, el circuito eléctrico de mando y potencia se colocó en un panel de control. Finalmente se efectuó pruebas de funcionamiento para caracterizar los parámetros como el tiempo de trituración y de obtención del mineral de salida. Se recomienda realizar capacitaciones antes de iniciar con el funcionamiento del equipo de trituración.

Palabras clave: <REDUCCIÓN DE MINERALES>, <DUREZA>, <MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO>, <TRITURADORA DE MANDÍBULAS>, <RELACIÓN DE REDUCCIÓN>.



2489-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

This technical project consisted of designing and building a crusher for the reduction of minerals according to ASTM standards. The crushing design was carried out by selecting the ore itself that met the requirements for the design, the study ore was subjected to an analysis with a scanning electron microscope where the presence of quartz (SiO₂) with a density of 2.5 g/ml, a hardness of 7 on the Mohs scale and a hooked irregular fracture was obtained. Achieved the identification of the mineral, the reduction ratio, the feed width, jaw length, as well as the displacement of the mobile plate were calculated with the purpose of reducing the size of the mineral in nine times, as for the design of the structure of the crusher, it was made by means of profiles and the required dimensions of the material, the clamping angle of 19° and a friction angle of 30° were taken into account, a safety factor of 2 was considered, in addition a reduction mechanism was implemented. The materials for the manufacture of the crusher were selected based on the availability and economic feasibility existing in the market and according to the required design parameters. The respective construction of the crusher was carried out in a workshop following the corresponding steps in the construction and assembly procedure, the electrical control and power circuit was placed in a control panel. Finally, operating tests were carried out to characterize the parameters such as crushing time and output ore production. It is recommended to carry out training before starting with the operation of the crushing equipment.

Keywords: <MINERAL REDUCTION>, <HARDNESS>, <SWEEP ELECTRONIC MICROSCOPY>, <MANDIBULATE SHREDDER>, <RELATION REDUCTION>.



Dra. Nanci Margarita Inca Chunata Mgs.

C.I. 060292671-9

INTRODUCCIÓN

En la Época Colonial, la minería era considerada como una actividad que no tenía el grado de importancia adecuado, la minería en nuestro país se encontraba en un estado de avances muy lento, esto se daba por el motivo que las extracciones de minerales, no se las realizaba de manera progresiva, convirtiéndole al sector minero estéril.

Hoy en día el aspecto minero en el país se ha convertido en la principal Fuente económica, debido a que presentan un sin número de beneficios que comprende esta actividad como lo es la generación de empleos, el crecimiento socioeconómico del país, el desarrollo y crecimiento de nuestro país, entre otros, no obstante la industria minera es la más importante de todas las industrias, debido a que ayuda a la existencia de las demás industrias como la automotriz, textil, química e inclusive la electrónica.

Esto es ocasionado debido a que la explotación y extracción de una mena ayuda a obtener el mineral de interés, este mineral es la base para la producción de varios productos con los que hoy en día contamos, de igual manera estos minerales son sometidos a una gran cantidad de procesos para la obtención de determinados productos.

Como se puede identificar la reducción de tamaño es una de las etapas de mayor relevancia para la obtención de un determinado mineral, específicamente si hacemos énfasis en la trituración la cual influirá de manera ideal en el proceso, siendo la primera etapa por la que atraviesa el mineral.

Un factor por tomar en cuenta es ¿qué relación presenta la minería y la educación?, pues su respuesta se fundamenta en que ambos conceptos permiten la formación de personas capacitadas en el ámbito minero para el desarrollo socio-económico de un país mediante los retos y desafíos que permitan el avance de la minería.

Por tal motivo es que el presente proyecto se enfocará en el diseño y construcción de una trituradora de mandíbulas, ya que será la base para la identificación a pequeña escala de cómo se llevan a cabo los procesos extractivos y mineralógicos permitiendo conocer a mayor profundidad conceptos, características y prácticas de prueba que brinden a los estudiantes un mayor nivel en educación formando profesionales de primer nivel.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El origen del proceso de trituración o disminución de tamaño de partículas es una de las técnicas más antiguas inventadas por el hombre, ya en los primeros tiempos de la prehistoria se utilizaba molinillos de piedra para moler semillas y poder obtener productos, primero para la alimentación y luego para solucionar los problemas relacionados con los viajes, es decir, la construcción de carreteras y viviendas. La primera técnica conocida como mano aplastante consistía en elevar una pesada roca con hombres o animales y dejar caer sobre la roca que se deseaba disminuir su tamaño (Baioni, 2021, p.1).

Al comienzo de la década de 1800 la trituración se llevaba a cabo por la utilización de mazos en la cual hombres y mujeres estaban equipados para realizar dicha actividad. A mediados del siglo XIX debido a la aparición de las máquinas de vapor lograron accionar cargadores los cuales permitían mover grandes bloques de roca, posteriormente apareció la primera máquina de trituración misma que fue patentada en Estados Unidos en el año 1830, esta máquina contenía elementos campestres los cuales incorporaban el principio de martinete (Jacome, 2014, p.1).

En 1858 Eli Whitney Blake patentó el primer interruptor mecánico de la trituración de rocas, este invento adoptó un principio mecánico conocido por todos los estudiantes de mecánica. La trituradora de mandíbulas Blake es considerado hoy en día como norma para la construcción de todas las trituradoras de mandíbulas.

En 1919 la compañía Traylor Ingeniería construyó una de las más grandes trituradoras giratorias con una giratoria de 60 pulgadas misma que fue vendida a Michigan de piedra caliza y Chemical Company en Rogers City. Esta máquina se mantuvo hasta 1969 cuando Taylor Ingeniería una trituradora de 72 pulgadas de giratorio la cual se vendió en Canadá y estuvo en servicio hasta el 2021 cuando la mina pasó a la clandestinidad (Perez, 2011, p.7).

1.2. Planteamiento del Problema

En la actualidad el Gobierno Ecuatoriano desea que la minería se convierta en un sector estratégico, permitiéndolo no solo ser una Fuente de ingresos para el país, sino que logre dinamizar notablemente a la economía local, produciendo un bienestar común en la ciudadanía, ya que el compromiso que tiene el Gobierno es buscar los distintos convenidos, para llevar a cabo la extracción minera del país generando plazas de trabajos para un mejor desarrollo sostenible (Ministerio de la Minería, 2016).

La minería es uno de los campos de mayor impacto en nuestro país, debido a que es una actividad económica la cual se encarga del proceso de explotación, extracción y el aprovechamiento de cada uno de los minerales que podemos encontrar en las distintas superficies terrestres con un fin comercial, no obstante para el desarrollo de este sector es necesario observar a profesionales que se encuentren capacitados para el dominio de este sector, es ahí en donde se involucran los Ingenieros Químicos, quienes serán inmersos en diversos procesos y operaciones unitarias para la obtención de un mineral de interés (Ministerio de la Minería, 2016).

Hoy en día los conocimientos teóricos se han convertido en prioridad, dejando de lado la parte práctica, ocasionando que se vea influenciado en la formación académica de varios profesionales, tal grande es la influencia que se puede evidenciar el desconocimiento operativo al momento del uso, control y mantenimiento de algún equipo para un determinado proceso; para una complementación de discernimientos teóricos adquiridos durante la formación académica, es necesario implementar de forma directa la parte práctica. Es por tal motivo que los estudiantes de la Ingeniería Química, perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, deben optar por ambas directrices, para que obtengan una formación académica de gran nivel.

Pero ¿qué relación existe entre el conocimiento práctico, la Ingeniería Química y el sector minero?, en el transcurso de la etapa estudiantil, se ha encontrado de forma evidente la falta de disponibilidad de equipos en determinados laboratorios, provocando la falta de formación académica que requieren los estudiantes de Ingeniería Química, específicamente en la asignatura de Metalurgia y Procesos Extractivos, la cual se encuentra vinculada de forma directa con el Sector Minero.

Como se ve reflejado estos indicadores, han sido perjudiciales en el área de obtención de minerales de manera industrial, dado que se necesita la implementación de una Planta Piloto, mediante una trituradora, un molino de bolas y una celda de flotación, siendo la primera etapa de un proceso de extracción la cual brinde al estudiante la factibilidad de desarrollar habilidades y destrezas en los procesos de extracción, permitiendo identificar el material de interés así como el proceso al cual va ser sometido; cabe destacar que para cubrir estas necesidades presentadas se plantea el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA LA PLANTA PILOTO DE OBTENCIÓN DE METALES PRECIOSOS DEL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS”.

Es por estos factores que la trituración y minería tienen una vinculación directa debido a que todo mineral debe atravesar por una etapa de trituración, por ende, si lo analizamos desde otro punto de vista, esta operación unitaria ayuda a la reducción de partículas siendo la primera etapa por efectuarse, ya que a partir de la misma dependen las próximas etapas del proceso de obtención del mineral de interés (Quezada, 2019, p.1).

1.3. Justificación

Dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la facultad de Ciencias, específicamente la escuela de Ingeniería Química, se pudo evidenciar que en la asignatura de Procesos Extractivos y Metalurgia, no cuentan con ningún equipo para realizar los respectivos procesos de obtención de minerales, que cumplan con los parámetros óptimos para una mejor formación de profesionales dentro de esta área en especial, motivo por el cual nos hemos encontrado en la necesidad de presentar un proyecto que ayude a resolver esta problemática que impide el desarrollo y crecimiento de los estudiantes (López y Tamaño, 2012, pp. 2-4).

La importancia del Laboratorio en la educación es primordial debido a que los estudiantes recolectan experiencia, además de aplicar los conocimientos científicos mediante un determinado método, logrando un aprendizaje notable, es por esta razón que el uso frecuente de laboratorios, generando el desarrollo cognitivo y profesional, ya que producen tener una interacción con la ciencia, favoreciendo y promoviendo un aprendizaje ideal (Quezada, 2019, p.1).

El proyecto planteado tiene como finalidad, la aplicación de los conocimientos de Operaciones Unitarias en conjunto con la Metalurgia, para conocer los parámetros, partes, características y requisitos que existen en el diseño y construcción de una trituradora de mandíbulas, además del funcionamiento de este, por medio de los cálculos respectivos para lograr la validación de este equipo, una de las funciones primordiales que tiene esta trituradora es la reducción de tamaño de una amplia gama de minerales con las que cuenta nuestro Ecuador, específicamente se hará énfasis a la producción de un material homogéneo, además de aplicarla como una técnica fundamental para que pueda separar el material de interés del material sin valor, lo cual permitirá aproximarse al grado de liberación del mineral de interés, aumentando así la eficiencia de los procesos posteriores. Para la ejecución del proyecto se requiere de una serie de parámetros a tomar en consideración, dentro de los cuáles se debe contar con la disponibilidad de información correspondiente de la materia prima y conocimiento de material, es por lo que consideramos a la trituración como etapa fundamental (Ramirez, 2022, p.1).

1.4. Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1. Beneficiarios directos

Para este proyecto de Integración Curricular tiene de principales beneficiarios a los estudiantes pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, debido a que la finalidad es ayudar a la contribución de conocimientos, a través del enriquecimiento y mejora de la educación en la asignatura de Metalurgia y Procesos

Extractivos, además de poderla relacionar con la cátedra de Operaciones Unitarias, creando un vínculo ingenieril fuerte, permitiendo así desarrollar las capacidades y habilidades del manejo de equipos en el Laboratorio, debido a que existe ausencia de equipos.

1.4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos que presenta este proyecto son estudiantes de otras carreras que se vean en la necesidad de ocupar este equipo para el desarrollo de algún determinado proceso, no obstante, también se encontraría dispuesto para alumnos de otras Universidades, fomentando así mejores relaciones con otros estudiantes.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar y construir una trituradora para la Planta Piloto de obtención de metales preciosos del Laboratorio de Mineralogía de la Carrera de Ingeniería Química, mediante los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y construir un equipo factible para su respectiva operación y de fácil mantenimiento.
- Determinar las variables de diseño, mediante los cálculos ingenieriles respectivos con la finalidad de construir nuestro equipo.
- Validar el funcionamiento óptimo del equipo en conjunto con la Planta Piloto.
- Crear el manual de usuario para el manejo correspondiente del equipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

La trituración es uno de los procesos más usados en las minerías debido a que este ayuda a reducir el tamaño de los diferentes minerales de extracción, la reducción de cada mineral va a depender para su aplicación, estos se pueden convertir en polvos, partículas de diferentes tamaños, formas es decir se pasa este material a granel. En la actualidad uno de los equipos más usados para este fin es las chancadoras, es una máquina industrial que tiene una gran potencia y capacidad su finalidad es pasar las grandes rocas a un tamaño reducido (Kreativework, 2022, p.1). Según Ortiz y Flores (2012, p.8) en su trabajo “Diseño mecánico de una Trituradora de Mandíbula de Simple Efecto (TMSE)” el tipo de trituradora que usan ayuda a la desintegración de las rocas debido a las fuerzas de compresión y choque que ejercen las mandíbulas, los autores usan un motor y una transmisión por banda para accionar o poner en funcionamiento. Para obtener el mejor diseño y funcionamiento ellos realizan varios cálculos del diseño, donde consideran las limitaciones y los datos iniciales, mediante eso determinan el esfuerzo permisible, la resistencia máxima que puede tener, el espesor, resistencia, funcionamiento, capacidad, etc. Esto de cada una de las partes que conforman la máquina ayudando así a los autores a escoger los materiales adecuados y componentes adicionales. En la Universidad de Cantabria según el autor García (2016, pp.5-6) realiza su diseño de trituradora con la finalidad de obtener de los residuos de construcción, escombros unos tamaños homogéneos mediante el sistema de impacto para estos ser reutilizados como material de relleno de obras de construcción, la idea de el es que la trituradora sea móvil para que pueda ser trasladada a los diferentes lugares de las obras esto dependiendo de la necesidad del beneficiario. Para lograr un mejor diseño lo realiza en AutoCAD Inventor 2015, en donde los cálculos de esfuerzos y estructurales precisos para que pueda comprobar la viabilidad de dicho diseño. En el país según Triana (2016) para realizar el diseño de la planta de trituración y molienda realiza varios cálculos basados en la guía del libro de Shigley y los manuales de trituración Metso con el objetivo que en la planta se alcance la producción necesaria. Para poder usar las bandas transportadoras y saber su diseño utilizan manuales de construcción como también normas ISO 3870, DIN 22101, mientras que en las tolvas efectúan un cálculo análogo para deformación de placa aplicando una norma brasileña NBR 8883. Para determinar las especificaciones del molino y trituradora cónica usan la ecuación de Bond. Previo a la construcción para saber las correctas selecciones estructurales necesitó de un software (SolidWorks), y análisis estructural (SAP 2000, MD Solid). El autor

presenta al final un análisis de costo de la trituradora de mandíbula debido a que realiza un diseño completo de construcción.

En Colombia según los autores Ortiz y Tirado (2005, p.8) realizan su trabajo con la finalidad de diseñar y construir una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada para que cumpla con la segunda fase correspondiente a la primera etapa de conminución de minerales auríferos para que estos tengan un tamaño adecuado para posteriormente pasen al proceso de molienda de manera eficiente, construyen una trituradora de mandíbulas excéntrica elevada este presenta mejores particularidades de diseño, un fácil montaje y mantenimiento debido a su diseño modular, así mismo facilita la alimentación y descarga de material por su movimiento excéntrico, correspondiente al efecto de empuje del mineral hacia la cavidad de trituración, consiguiendo mayor velocidad de triturado y mayor capacidad con menor consumo de energía.

2.2. Referencias Teóricas

2.2.1. Minería

La minería es un proceso que se lleva a cabo a través de la explotación o extracción de los minerales que se encuentran acumulados en la corteza terrestre excepto los de origen orgánico. Es una actividad que se ejecuta desde hace aproximadamente 3 millones de años, en la cual los encargados de realizar dicha actividad son los mineros. Los materiales usados hoy en día, de alguna forma, han sido extraídos mediante la actividad minera, y los materiales que no se los extrae de forma minera, son obtenidos mediante herramientas hechas de materiales explotados en un yacimiento, por lo que se dice que la minería es fundamental para el progreso de la civilización humana (Gilson, 2016, p. 34).

2.2.2. Tipos de explotación Minera

2.2.2.1. Minería subterránea

Es considerada de alto riesgo debido a que su actividad es desarrollada en el interior de la tierra por medio de túneles que pueden ser horizontales o verticales misma razón por la que están en constante peligro ya que puede ocurrir derrumbe de techos, gases peligrosos, explosivos, maquinarias en movimiento, inundaciones, enfermedades laborales por la caída de rocas etc. (Vega, 2018, p.5).

2.2.2.2. Minería de superficie

Es considerada de alto riesgo debido a que su actividad es desarrollada en el interior de la tierra por medio de túneles que pueden ser horizontales o verticales misma razón por la que están en constante peligro ya que puede ocurrir derrumbe de techos, gases peligrosos, explosivos, maquinarias en movimiento, inundaciones, enfermedades laborales por la caída de rocas etc. (Vega, 2018, p.5).

2.2.2.3. Minería aluvial

Sus actividades son operadas en cauces o riveras de los ríos, estos métodos también son empleados en la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales mismas que constituyen pequeñas plataformas sedimentarias que están construidas en un valle fluvial por los sedimentos de este río (Vega, 2018, p.5).

2.2.2.4. Minería por paredones

Este método de explotación es aplicado para la extracción de carbón en fajas delgadas verticales, las cuales son cortadas por medios mecánicos a lo largo de paredes o caras rectas (Vega, 2018, p.5).

2.2.2.5. Minería de pozos de perforación

Sus actividades son desarrolladas con la finalidad de extraer combustibles por medios de perforaciones realizadas en el suelo tales como el petróleo, hidrocarburos gaseosos como el gas entre otros (Vega, 2018, p.5).

2.2.2.6. Minería submarina o dragado

Es un método implementado para obtener materiales que se encuentran bajo el océano o bajo ríos utilizando dragas que permiten remover el lecho del mar o del río en donde se encuentra el mineral de interés (Vega, 2018, p.5).

2.2.3. Mineral

Es considerado como un tipo de materia prima de carácter sólido e inorgánico, con determinadas propiedades y características específicas, poseen una composición química

definida, son cualquier sustancia que recolecte estas cuatro cualidades presentadas a continuación:

- Los minerales son naturales: Sustancias que se forman sin ninguna intervención del hombre.
- Los minerales son inorgánicos: No poseen una composición que involucre el carbono, como se presenta en los seres vivos.
- Los minerales son cristalinos: Tienen una receta distinta y una disposición de átomos (Smol et al., 2020, pp. 2-21).

2.2.4. Tipos de minerales

2.2.4.1. Metálicos

Son aquellos minerales que se explotan con la finalidad de extraer el elemento metálico que contienen. En la actualidad son considerados necesarios ya que representan la materia prima primordial para la fabricación varios productos. Entre la característica que presentan estos elementos se destacan la dureza, el color, el brillo, la exfoliación, la densidad, la tenacidad, la conductividad y la forma. De esta manera se puede considerar: los metales preciosos como el oro, plata, rodio, paladio y los metales del grupo del platino, mismos que se encuentran escasos en la naturaleza razón por la cual el alto valor en el mercado; los metales básicos como cobre, plomo, estaño y cinc; los metales siderúrgicos como hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo; los metales ligeros como magnesio y aluminio; los metales nucleares como uranio, radio y torio y los metales especiales como litio, germanio, galio y arsénico (Rodríguez, 2011, p.1).

2.2.4.2. No Metálicos

Este tipo de minerales son explotados con finalidad distinta a la de los metales a pesar de que se encuentran presentes en la mayor parte del planeta. Según el Banco Central del Ecuador entre “los minerales industriales se tiene el potasio y azufre, el cuarzo, la trona, la sal común, el amianto, el talco, el feldespato y los fosfatos. Los materiales de construcción se tiene la arena, la grava, las arcillas, la caliza y los esquistos materia prima del cemento, las piedras pulidas, como el granito, el mármol, entre otros. Las Gemas o piedras preciosas se incluyen las esmeraldas, los diamantes, los rubíes y zafiros; y, las gemas o piedras semipreciosas como: turquesa, cuarzo, perla, jade, zircón, ámbar, malaquita, etc. Los Combustibles, entre ellos asumimos el carbón, el lignito, el petróleo y el gas” (Banco Central del Ecuador, 2017).

2.2.4.3. Mena

Es el mineral o conjunto de minerales de interés para provechar su valor, se encuentra en un yacimiento y tiene aplicación industrial y económica. Para que un mineral sea considerado como mena, la ley del yacimiento debe ser mayor que la ley límite económica de esta manera su explotación producirá beneficios económicos y técnicos (Blanco, 2022).

2.2.4.4. Ganga

Resto de elementos del yacimiento que no tienen ningún valor económico y que es necesario separar del mineral de interés. La ganga disminuye la ley del elemento, razón por la cual es necesario separarla de la mena, considerado como primera etapa en la concentración y obtención del metal (Blanco, 2022).

2.2.5. Características de minerales a triturar

El proceso de trituración ayuda a reducir a trozos más pequeños o partículas por tanto se puede decir que cualquier material sólido o semisólido es triturable (AdminTridoc, 2019, p.1). Con respecto a materiales para explotación se tiene metales, materiales de construcción, combustibles, minerales industriales, etc. Estos materiales se encuentran casi siempre en forma de rocas debido a la composición de uno o más minerales (García, 2009, p.1).

Según el autor García (2009, p.1) “un material de la corteza terrestre es caracterizado por su composición química y su estructura interna” de ahí la importancia de conocer y saber diferenciar las propiedades de los minerales, esto ayuda a identificar los materiales sin la necesidad de someterlos a análisis químicos. A continuación, se presenta la tabla de parámetros de medición en minerales para determinar sus propiedades como sustancias puras:

Tabla 1-2: Propiedades de materiales a triturar

Físicas: Depende de la composición y estructura: Densidad y conductividad	Mecánicas: Depende de la reacción a un esfuerzo. Tenacidad, fractura, dureza y exfoliación
Ópticas: Depende de la interacción con la luz	Químicas: Depende de cómo reacciona con otros compuestos químicos

Fuente: García, 2009.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Las propiedades importantes para la trituración y molienda son:

Densidad: La podemos definir como la relación entre la masa de un mineral y el volumen que ocupa. Habitualmente se expresa en g/cm³, Kg/m³ o Ton/m³. Se consideran ligeros si tienen

densidades inferiores a 2,5 g/cm³, normales entre 2,5 y 4 g/cm³ y pesados los superiores a 4 g/cm³ (Guzmán, 2009, p.9). Esta propiedad es íntegra para comprobar el tipo de mineral (Guerrero, 2020).

Dureza: Se puede decir que es la resistencia que ofrece la superficie de un mineral a ser rallada. Depende de la estructura, la dureza va a depender de las fuerzas de enlace por tanto mientras mayor sea las fuerzas de enlace su dureza también será mayor, dando como resultado un material resistente a la trituración. Para determinar la dureza, se realiza un rallado de manera consecutiva con 10 minerales (escala de Mohs), esto se aprecia en la Tabla 2-2 con sus respectivos rangos de dureza (Guerrero, 2020).

Tabla 2-2: Escala de Mohs dureza de los minerales

Dureza	Mineral	Equivalente diario (común)	Rango de dureza
10	Diamante	Diamante sintético	Muy alta
9	Corindón	Rubí	
8	Topacio	Papel abrasivo	
7	Cuarzo	Cuchillo de acero	Alta
6	Ortoclasa/Feldespato	Cortaplumas	Media
5	Apatito	Vidrio	
4	Fluorita	Clavo de hierro	
3	Calcita	Moneda de bronce	Baja
2	Yeso	Uña del dedo	
1	Talco	Polvos de talco	

Fuente: Kimosov, 1985.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

2.2.6.Reducción de tamaño

Cuando hacemos referencia al término reducción de tamaño, rápidamente lo involucramos con partículas sólidas las cuales se las puede romper o cortar en proporciones más pequeñas. En los procesos industriales, las partículas sólidas se encuentran sometidas por diversos métodos con diferentes propósitos. Es por tal motivo que los minerales de gran tamaño se desintegran hasta obtener un tamaño ideal para manipularlo, cabe destacar que la reducción de tamaño ayuda a incrementar la reactividad de estos sólidos, permitiendo separar el material no deseado a través

de métodos mecánicos con la finalidad de que su tratamiento sea fácil, por medio de fuerzas de compresión (McCabe, 2007).

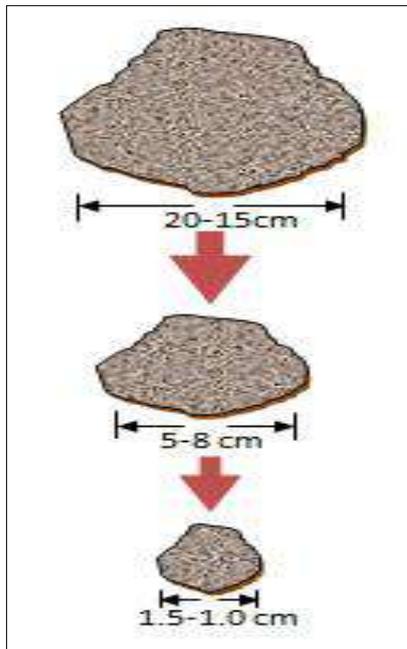


Ilustración 1-2: Reducción de partícula

Fuente: McCabe, 2007.

2.2.7. Características de productos desintegrados

El propósito que tiene la trituración y la molienda es generar partículas pequeñas, por medio de una más grandes, cabe destacar que las partículas pequeñas son las de interés debido a que son deseadas por su forma, así como su tamaño que pueden llegar a alcanzar, de igual manera el producto obtenido no es más que una mezcla de partículas; un punto a tomar en cuenta es que si la alimentación presenta un carácter homogéneo, tanto física como química, dará como resultado que las partículas pueden ser casi uniforme (McCabe, 2007).

2.2.8. Trituración

Es considerada como una operación que permite reducir el tamaño de partículas, cuya finalidad se basa en obtener un producto de interés, siendo la primera reducción de tamaño que presenta un proceso, teniendo como ventaja que el producto obtenido sea transportado de manera fácil (Aza y Camargo, 2015, pp. 17-107).

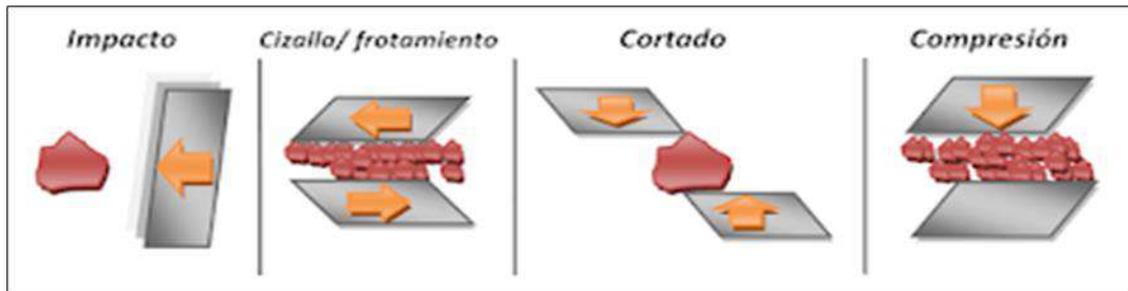


Ilustración 2-2: Trituración de partícula

Fuente: Willis, 2013.

2.2.9. Tipos de trituración

2.2.9.1. Trituración primaria

Esta trituración es la primera etapa de la reducción de material y, a veces, puede ser la única etapa necesaria para generar el producto deseado para un trabajo. En esta trituración se reduce normalmente el tamaño de las gravas de mineral a un valor entre 8" a 6". A continuación, los productos conseguidos se criban en un tamiz vibrante para poder separar aquellas partículas cuya dimensión ya es lo adecuadamente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias (Eagle Crusher , 2020, p.1).

La trituración primaria se lleva a cabo regularmente en quebrantadoras de mandíbulas o en quebrantadoras giratorias. Las quebrantadoras de mandíbulas están constituidas normalmente de dos planchas de acero al manganeso o mandíbulas, estas se encuentran una frente a la otra, una es fija y la otra es móvil y puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior. Mediante un conector adecuado, se comunica a la mandíbula móvil un movimiento de oscilación alternativo hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido (Ramirez, 2011, p.1).

El mineral se carga en el espacio comprendido entre las mandíbulas, y de ellas, la móvil, en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la fija.

Al retroceder la mandíbula móvil, el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas (Eagle Crusher , 2020, p.1).

2.2.9.2. Trituración secundaria

La trituración secundaria, viene a ser la segunda etapa del procesamiento del material después de su reducción inicial. En esta etapa, el material fluirá a través de un segundo impactador o incluso una trituradora de cono, que es eficaz para descomponer este tipo de material. (Eagle Crusher, 2020, p.1). También existen etapas terciarias e inclusive cuaternarias de trituración con el objetivo de lograr los niveles más finos de reducción de material

Estas etapas, además de la trituración secundaria, a menudo se pueden diseñar utilizando un sistema de planta trituradora portátil de circuito abierto donde el material procesado se filtra y transporta de una trituradora a la siguiente (Subba, 2019).

2.2.10. Aplicaciones de la trituración

Uno de los procesos muy importante en el tratamiento y elaboración de materiales es la trituración, muchas veces a partir de este pueden darse otros procesos esto dependiendo que producto se está obteniendo (Ramirez, 2011, p.1).

La trituración se usa comúnmente en las industrias de tratamiento de carbón y minerales, molienda del clinker de cemento, para la obtención de áridos para hormigones, esto para la utilización en carreteras, presas, puertos, ferrocarriles, etc (Ramirez, 2011, p.1).

Cuando se procesan materiales de roca dura, existen básicamente dos tipos de trituración: trituración gruesa o primaria y trituración fina o secundaria; El primero se puede dividir en trituración primaria y trituración intermedia. En tecnología de la construcción, la molienda fina generalmente se divide en dos etapas (secundaria y terciaria), similar al proceso de producción de cemento. Las materias primas de las canteras o minas que se trituran primero, es decir trituradas previamente, tienen un tamaño de 50 a 150 mm, según los casos. La trituración intermedia del producto resultante suele producir materiales más pequeños, de unos 10 mm. Si bien depende del fin a que vayan destinados los áridos, en las obras publicas (si se excluye la fabricación del cemento) no es normal que se siga con procesos de machaqueo para reducir el material a estado polvoriento (Ramirez, 2011, p.1).

El uso de las trituradoras industriales es demasiado amplio, se pueden encontrar estas herramientas en diversos sectores de la industria. A continuación, se detallan algunos ejemplos específicos:

- Trituradoras industriales para el procesamiento de materiales de la minería y la construcción. Para la trituración de granito, basalto, mármol, gujarros, caliza, cuarzo, mineral de hierro y cobre.
- Trituradoras industriales para edificación (como el ladrillo, cemento, ferrocarriles, carreteras).
- Trituradoras industriales para destrucción de documentaciones, fichas y materiales.
- Trituradoras industriales para el tratamiento de restos de madera.
- Trituradoras industriales para tratamiento de residuos compactos urbanos.
- Trituradoras industriales para tratamiento de productos reciclables (COSMOS, 2022).

2.2.11. Métodos de trituración

Para poder aplicar estos métodos, es primordial analizar la dependencia del reglaje que van a presentar la entrada y salida del mineral de interés que se requiere obtener, esto es debido a que no es factible lograr disminuciones (250 mm a 9 mm), para ello se aplican dos diversas acciones (Ramirez, 2022, p.1).

- *Acción periódica:* Intervienen de manera de flexión y aplastamiento, en la que consta de una superficie móvil y otra superficie fija, la primera es aquella que ejerce presión al mineral o roca contra la superficie que se mantiene fija, mediante esta acción los minerales o materiales de aspecto gruesos, brindan una forma irregular, por lo general estos se encuentran aplicados tanto en etapas de carácter primario y secundario respectivamente (Ramirez, 2022, p.1).
- *Acción continua:* Interviene de manera de flexión y aplastamiento, la primera mencionada es la que domina el proceso, dado a que consta de dos superficies en movimiento una de la otra; otorgando como resultado que el mineral se aloje y pueda triturarse en el retorno (Ramirez, 2022, p.1).

2.2.12. Tipos de equipos para trituración

De acuerdo con la dependencia y aplicabilidad, hay que considerar que contamos con la existencia de varias trituradoras, de acuerdo con su función y la necesidad de determinadas industrias ya que poseen una gran cantidad de usos (Yepes, 2015).

De acuerdo con las industrias existen dos diferentes clasificaciones, las cuáles son:

- a) Trituradoras de acuerdo con la presión que se aplica:
 - Triturador de mandíbulas
 - Triturador de cono
 - Triturador giratorio
 - Triturador de cilindros
- b) Triturados de acuerdo con el choque que es sometido:
 - Triturador por impacto
 - Triturador de martillos (Yepes, 2015).

2.2.12.1. Triturador de mandíbulas

Adopta esta denominación debido al movimiento que efectúa su placa de trituración, igual a una mandíbula al momento de masticar. Por lo general la parte primordial de este equipo es su motor, debido a que genera un movimiento de oscilación en la placa de trituración, la cual se encuentra ubicada de forma diagonal. El mineral que va a ser triturado es alimentado por la parte superior de este equipo, ya que presenta una cavidad la cual tiene la finalidad de ir disminuyendo a medida que el producto va ingresando, el movimiento y la oscilación de esta placa produce un sometimiento a los productos, de tal forma que los hace producir un choque con la pared interna del triturador, teniendo como resultado que el mineral de interés (Yepes, 2015).

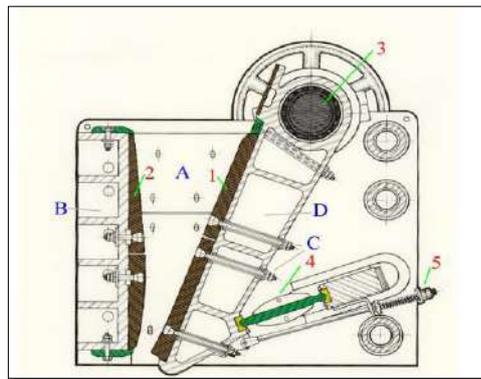


Ilustración 3-2: Equipo de trituración de mandíbulas

Fuente: Willis, 2013.

Por lo general, este equipo es de mayor uso y aplicabilidad en las industrias y minerías, ya que primordialmente lo utilizan para trituraciones gruesas y medianas, de igual manera cuando el mineral de interés presenta resistencia a ser comprimido (Yepes, 2015).

2.2.12.2. Triturador giratorio

Es aquel equipo que es similar al de mandíbulas, pero en esta ocasión provoca un movimiento giratorio, el cual presenta un proceso discontinuo pareciera que fuera de carácter continuo. Para que se produzca este giro el mineral deberá estar ubicado en el punto de compresión, es decir entre la cabeza y el cóncavo, lo que lo hace continuo en ocasiones es el efecto de fragmentación si lo observamos del lado exterior aparenta poseer un funcionamiento continuo.

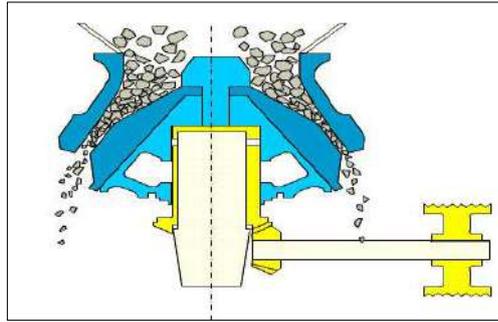


Ilustración 4-2: Equipo de trituración giratoria

Fuente: Willis, 2013.

2.2.12.3. *Triturador de cono*

Este triturador presenta dos conos, los cuales constituyen la zona de triturado y la zona de alimentación, cabe destacar que el primer cono, tiene un aspecto fijo, además de ir acoplado encima de la trituradora. Mientras que el segundo cono, se encuentra en el lado interior presentando rotación excéntrica, ya que a través de este se logra que el mineral se comprima en el cono interior al igual que el exterior, provocando la ruptura del mineral, el motivo para que se produzca este efecto es que el cono exterior consta de sistemas de resortes y uno hidráulico, para poder reducir el tamaño del mineral (Metso:Octotec, 2021).

2.2.12.4. *Triturador por impacto*

En este equipo, el propósito es arrojar el material que va ser triturado a una gran velocidad directamente a las placas que se encuentran estáticas para que interactúen y produzcan un choque entre sí. De igual forma otra opción es que se lo realiza a través de un rotor único sobre el mineral, de tal forma que las placas que lo constituyen puedan efectuar el proceso de trituración, debido a que aprovecha el golpe para que el mineral se rompa. El carácter de este equipo es de tipo mecánico, debido a la gran cantidad de energía que necesita, ya que para su funcionamiento se inyecta energía al rotor para que gire rápidamente (Yepes, 2015).

2.2.12.5. *Triturador de cilindros*

El triturador presenta este nombre debido a que tiene dos cilindros, los cuales se encuentran ubicados de manera paralela y a su vez separados por pequeñas distancias, siendo el reglaje que necesita el equipo. Es por ello por lo que cada cilindro tiene un giro en específico, siendo el caso que se encuentran en sentidos opuestos, ya que de esta manera ayuda de manera sencilla a que el mineral alimentado se dirija a la zona de fragmentación, para que se produzca los giros es

esencial la presencia de motores eléctricos independientes para cada cilindro, de tal manera que cada uno de ellos presente su velocidad autónoma (Universidad Politécnica de Cartagena, 2021).

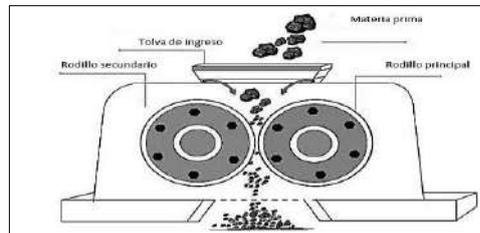


Ilustración 5-2: Equipo de trituración de cilindros

Fuente: Wills Barry, 1981.

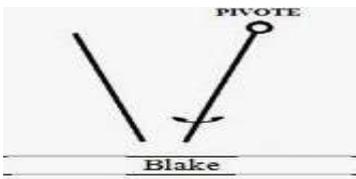
2.2.12.6. Triturador de martillos

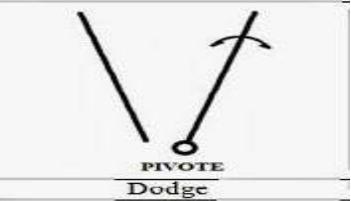
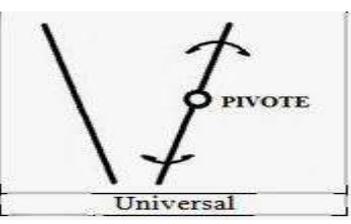
Se enfoca primordialmente en hacer hincapié en la fuerza de impacto, cuyo objetivo permita reducir al mineral de tamaño; además de ser semejante a un triturador por impacto; lo que lo hace diferente es que presenta martillos que mediante una acción libre golpeando duro al mineral, obteniendo la parte de interés con ayuda del rotor.

2.2.13. Tipos de Trituradoras de Mandíbulas

Como se puede evidenciar en las trituradoras de mandíbulas se puede encontrar una gran cantidad de tipos, con diversas características que permiten una determinada función (Willis, 2013, p.9).

Tabla 3-2: Clasificación de las trituradoras de mandíbulas

Tipo	Ilustración	Características
Trituradoras tipo Blake		En la trituradora tipo Blake, el pivote se halla en la parte superior, caracterizando la máquina por una admisión de material fija y una descarga regulable.

Trituradora tipo Bodge		La triturado tipo Dodge la mandíbula es pivoteada en la parte inferior, otorgando a la máquina una admisión de material variable y una descarga fija.
Trituradora tipo Universal		Las trituradoras de tipo universal es pivoteada en una posición intermedia, lo cual le permite tener una admisión y descarga regulable, pero no independiente una de la otra.

Fuente: Miranda, 2014.

Realizado por: Guamanquispe, K. & Quizhpi, O., 2022

2.2.14. Etapas de Trituración

Las etapas no son nada más que partes del proceso que ayudan a obtener de forma secuencial el material de interés, en el caso de la reducción de tamaño mediante una trituración, pueden existir de dos a tres etapas distintas, dependiendo del material a triturar, además del tamaño (Coulson y Richardson, 2003, pp. 5-126).

Ahora sabiendo que el mineral es sometido a una trituradora, es una etapa de trituración primaria, pero si atraviesa a una segunda trituradora, se realizará una trituración secundaria, mientras que, si se sigue triturando en otro equipo es una etapa terciaria, y así sucesivamente (Coulson y Richardson, 2003, pp. 5-126).

La trituración por lo general se divide en tres (gruesa, mediana y fina) y la molienda en dos (muy fina y extrafina). La trituración de materiales convencionalmente es un proceso que se realiza en seco es decir sin la utilización de agua, la molienda es un proceso que frecuentemente se realiza con la utilización de agua ya que de esta manera se facilita el manejo del producto molido y evita la formación del polvo de sus partículas finas. Por lo tanto, la trituración gruesa, media y fina corresponde a primera, segunda y tercera etapa de trituración, en cuanto a la molienda fina y extrafina llegarían a corresponder al primer y segundo paso de molienda.

2.2.15. Componentes de una trituradora de mandíbulas

Como es de conocimiento general es indispensable que la trituradora cuente con elementos que tienen una función en común para que se lleve a cabo el proceso de disminución de tamaño de una manera idónea.

2.2.15.1. Motor 5 Hp

Es la parte de la máquina que hace que todo el sistema funcione. Funciona convirtiendo la energía, ya sea eléctrica, o cualquier otra, en energía mecánica. HP es la abreviatura inglesa de horsepower, que significa "caballos de fuerza". Es una medida utilizada en relación con la potencia producida por un motor. Cuanto mayor sea el número, más fuerza se transmite y, en teoría, deberían ir más rápido. Sin embargo, en realidad, hay otros elementos como el peso que también afectarán su velocidad y el mismo material que se pondrá a triturar (Kia Corporation, 2021).

2.2.15.2. Eje excéntrico

Consiste en un disco al que se montan dos ejes: el eje giratorio y el eje excéntrico. Las tres partes principales son el disco sobre el que hay dos ejes, el eje giratorio situado en el centro del disco y el eje excéntrico paralelo al anterior y situado a una determinada distancia de este. A medida que el disco gira, el eje del disco excéntrico describe un círculo alrededor del eje cuyo radio está determinado por la distancia entre ellos. Con ejes excéntricos, puede imprimir la rotación en un objeto, imprimir la rotación en un eje con los brazos o las piernas, o convertir la rotación en un movimiento alternativo (Cortec Mecanizados , 2019).

2.2.15.3. Polea

Es un sistema de máquina simple que funciona según el principio de tracción. Se utiliza para transmitir energía y ayudarlo a transportar objetos pesados de manera conveniente. Consiste en una rueda unida a un eje sobre el que gira el cable. De esta manera, la fuerza se distribuye alrededor de la circunferencia del círculo, facilitando el movimiento del objeto. Suele ser un elemento base formado por una rueda con una pequeña ranura en el exterior que evita que la cuerda se deslice. Puede ser de plástico o metal, dependiendo de la fuerza aplicada. Esta rueda está unida a un eje metálico que le permite girar, y este eje a su vez está unido a una estructura que se une a un elemento rígido que le permite funcionar (Leroy, 2022, p.1).

2.2.15.4. *Volante de inercia*

La función principal del volante de inercia es "regular" la velocidad del motor, evitar oscilaciones o vibraciones, actuando como una especie de acumulador de energía. Esto se debe a que, durante el funcionamiento normal del motor, sus ráfagas hacen que el cigüeñal gire no a una velocidad constante sino en forma de pulso, que tienden a ser más constantes cuantos más cilindros tenga el motor, ya que el intervalo entre la explosión de un cilindro y otro es menor. Podemos decir que este volante actúa como un yoyo al hacer girar o cualquier otra masa atada a una cuerda en el aire en círculos, almacena todos esos "picos" y los devuelve en los momentos valle creando un giro constante y sostenido (Gómez, 2021, p.1).

2.2.15.5. *Chumacera*

Una chumacera es un dispositivo que soporta el eje giratorio y está dispuesto paralelo al eje del eje. Diseñado para mejorar el rendimiento de los rodamientos, esta pieza se utiliza en muchas máquinas industriales. Los rodamientos se clasifican según su uso: existen rodamientos hidrodinámicos e hidrostáticos, los primeros generalmente diseñados para bajas velocidades, los segundos para altas velocidades y cargas pesadas (Representaciones industriales reincos SA de CV., 2018).

Existen diversos tipos de chumaceras entre las que destacan: Las de simple-perforado, de hierro fundido, sólidas, revestidas de metal antifricción, sólidas y partidas, cojinetes de brida y tomas, divididas pulidas de bronce, de lámina sólida y cepilladas lubricadas. La selección de chumacera debe tener en cuenta el tamaño del eje, la desviación y la torsión. Se debe considerar también dónde se usará el cojinete y a qué cargas estará sujeto (Representaciones industriales reincos SA de CV., 2018).

2.2.15.6. *Placa trituradora*

Las placas mandíbula (Jaw Plate) están hechas de acero austenítico al manganeso para una excelente resistencia y buena al desgaste. El alto contenido de manganeso de estas aleaciones estabiliza el austenítico independientemente del nivel de carbono. Además, la adición de otros elementos de aleación como el molibdeno y el silicio facilita el tratamiento térmico y el endurecimiento al formar carburos precipitados en la matriz austenítica. Otra posibilidad para aumentar la dureza de los aceros austeníticos al manganeso es el autotemplado, obtenido por deformación plástica debida a choques cíclicos que transforman la matriz austenítica. Otra posibilidad, para acrecentar la dureza de los aceros austeníticos al manganeso, es el auto

endurecimiento que se logra por deformación plástica a causa de los impactos cíclicos transformando su matriz de Austenita en Martensita (Barreiro, 2022).

2.2.15.7. *Perno M16*

Los tornillos hexagonales de acero inoxidable tienen una cabeza hexagonal para realizar el apriete, muy utilizado en mecánica e ingeniería. Permite el ajuste mediante llave o cabeza hexagonales, ideal para uso en máquina. Los pernos de cabeza hexagonal son pernos industriales con mayor rigidez porque están hechos de acero inoxidable A2-70. Por su construcción, son resistentes a la fuerza y al estiramiento, así como a la intemperie y al impacto directo del agua, son considerados tornillo marítimo (TOREC , 2022).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

La trituradora de mandíbulas se ubicará en la ciudad de Riobamba en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo específicamente en el Laboratorio de Mineralogía de la Facultad de Ciencias ($1^{\circ}39'22.1''S$ $78^{\circ}40'40.1''W$) para que sea utilizada por todos los estudiantes de la facultad, orientada específicamente para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química los cuales en su malla curricular poseen la materia de Metalurgia y Procesos Extractivos, para mejores logros de aprendizaje de esta asignatura.

Tabla 1-3: Ubicación y coordenadas de la ESPOCH

Parámetros	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Latitud	$1^{\circ} 39' 32,3''$ sur
Coordenadas	$78^{\circ} 40' 20''$
Clima	$17^{\circ}C$

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.



Ilustración 1-3: Ubicación donde se encontrará la trituradora

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Tipo de Estudio

El presente proyecto tendrá como propósito la construcción de una Trituradora de Mandíbulas, para la primera Planta Piloto con la que contará el Laboratorio de Mineralogía, este equipo será realizado en acero, siguiendo con las normas ASTM correspondientes. Este proyecto es de carácter técnico, ya que se desarrollará con ayuda de una determinada recopilación idónea de Fuentes bibliográficas ideales, relacionadas con la construcción de nuestro equipo, contando como operación unitaria primordial la trituración, además de los diferentes métodos de investigación teniendo un ámbito deductivo, inductivo y experimental. Para el diseño de la trituradora de mandíbulas, se debe considerar varios parámetros de suma importancia, tal es el caso de la flexión, la fuerza, potencia y compresión con la que efectuar el equipo, además contará con la capacidad de alimentación respectiva para su alimentación, de tal forma que el material ingrese con un tamaño correspondiente y su salida sea en pequeños fragmentos cumpliendo con el principio de trituración; no obstante se aplicará diversos cálculos ingenieriles, los cuáles permitan obtener las dimensiones de nuestro equipo de trituración en conjunto de referencias bibliográficas.

3.2.2. Metodología

Para lograr el alcance de los objetivos del proyecto de aspecto técnico, se aplicará los métodos de investigación correspondientes, los cuáles son: inductivo, deductivo y experimental, para lograr la construcción y diseño óptimo; se analizará la calidad del material de construcción como el acero con la normativa ASTM correspondiente, cálculos ingenieriles y la validación del equipo, logrando el desarrollo del proyecto de forma sistemática y organizada.

3.2.2.1. Métodos

Para el presente proyecto se trabajó de modo ordenado, sistemático y responsable, fundamentándose en métodos teóricos y prácticos, además de llevar a cabo un método experimental, siendo el punto de partida la recopilación de una amplia y selecta gama de Fuentes de información las cuáles proporcionan aspectos de trascendental importancia para definir conceptos, teorías, condiciones en conjunto con las variables de proceso, escenario en el cual se llevará a cabo el diseño de trituración, no obstante para el desarrollo experimental se aplicó un prototipo de triturador de mandíbulas de simple efecto, en la parte práctica se

obtuvieron datos de total relevancia que mediante su interpretación son el complemento idóneo para el diseño y construcción del equipo presentado en este proyecto.

- ***Método deductivo***

La prioridad de este método radica en la necesidad de comprender la reducción de tamaño como una operación unitaria, mediante la aplicación de diversos materiales y equipos. El estudio debe poseer un carácter serio y responsable siendo el diseño y construcción, siendo eficientes y contando con una operación sencilla, además de ser seguros para el medio ambiente.

Los cálculos involucrados en conjunto con las variables de control permiten que sea un equipo de fácil uso, además de contar con placas intercambiables lo cual lo vuelve versátil, permitiendo la continuación de indagaciones científicas en el área de la mineralogía.

Este proyecto se suplementa en una aplicación idónea de las bases teóricas correspondientes a las asignaturas de Operaciones Unitarias y Balance de masa.

- ***Método inductivo***

Los requerimientos para el dimensionamiento del equipo de trituración, es el punto de partida, los cuales nos permitirán generar un sistema granulométrico, permitiendo la reducción ideal de una determinada partícula, llevándola así a sus posteriores procesos para obtener el mineral de interés.

- ***Método experimental***

Por medio de la metodología experimental, nos brindará la facilidad de obtener datos más reales basándose en normas de calidad vigente. De tal forma estos datos ayudarán a analizar los parámetros con la que debe funcionar nuestro equipo ya sea en fuerza y potencia, la capacidad de alimentación que debe tener, además de otros indicadores primordiales que conforma el equipo para determinar la eficiencia y rendimiento que presenta el equipo de trituración.

3.2.3. Técnicas

Para la obtención de fragmentos pequeños de una determinada partícula, cuya finalidad es obtener el producto de interés se debe considerar un proceso no complejo, en el cual se encontrarán inmersos las variables de control y propiedades específicas del mineral, como la dureza, raya, densidad, peso específico y exfoliación siendo las primordiales.

Se puede apreciar diversas ventajas que presenta el equipo de trituración de mandíbulas, la cual tiene como elemental prioridad triturar un gran fragmento de mineral, el cual presenta una alta dureza, produciendo como consecuencia una relación de conminución o disminución del mineral, obteniendo pequeños fragmentos homogéneos, y que presentan un mejor manejo para los posteriores procesos.

Dentro de la etapa de trituración, se hace hincapié en el control de determinados parámetros siendo tres en específicos, la alimentación la cual se ocupa de examinar que el equipo no presente una sobresaturación en la capacidad del triturador, permitiendo el control y cumplimiento del flujo másico del mineral a triturarse.

3.2.4. Selección de la trituradora

Para la elección de nuestra trituradora, se debe hacer énfasis en algunos parámetros los cuáles permitan seleccionar la mejor opción, mediante una comparativa de los tipos de trituradoras, no obstante, de acuerdo con la calificación obtenida, se elegirá la que presente mayor calificación, y la que se llevará a cabo para el diseño y respectiva construcción.

Tabla 2-3: Parámetros de selección

Parámetro	Calificación	Ponderación
Capacidad del Equipo	1	Baja
	2	Media
	3	Alta
Tamaño de Grano Obtenido	1	Grueso
	2	Fino
	3	Muy fino
Costo de Fabricación	1	Costoso
	2	Accesible
	3	Económico
Tipo de Materiales Que Muele	1	Materiales frágiles
	2	Materiales medios
	3	Materiales duros
Seguridad de Uso	1	Riesgo
	2	Poco riesgo
	3	Seguro

Fuente: .Wills Barry, 1981.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.4.1. Análisis de opciones de trituradoras

En la siguiente tabla se puede evidenciar las alternativas de trituradoras y cuál es la mejor opción mediante la evaluación de los parámetros con los que debe contar el equipo de trituración, es por lo que en la Tabla 3-3 se hará énfasis en la elección ideal de trituradora a construir.

Tabla 3-3: Opciones de Trituradoras

Parámetro	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
	Trituradoras				
	Mandíbulas	Cono	Giratoria	Cilindros	Martillos
Capacidad de Equipo	2	3	2	1	2
Tamaño de grano obtenido	2	2	3	2	1
Costo de fabricación	3	1	2	1	3
Tipo de materiales que muele	3	2	3	2	1
Seguridad de uso	3	2	1	2	1
Total	13	10	11	8	8

Fuente: Delúquez, Luis et al., 2017.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.5. Determinación de las propiedades de los minerales mediante ensayos

3.2.5.1. Microscopía de barrido electrónico

La aplicación de este ensayo permite de una manera ideal obtener la composición idónea de los elementos que se encuentran presentes en un determinado mineral, su principio se basa en la aplicación de electrones para analizarlo a través de una imagen, el microscopio es el dispositivo encargado de generar electrones los cuales mediante su emisión producen una luz y con la ayuda de diferentes detectores permiten observar muestras integrales, en la cual se logra la

recopilación de datos específicos del mineral como lo son sus propiedades físicas como la forma y textura, además de evidenciar los elementos que se encuentran involucrados.

3.2.6. Planificación de construcción

La construcción de nuestra trituradora de mandíbulas se basará en una secuencia de actividades que permitirán desarrollar el proyecto de una manera óptima, es por ello que se llevara a cabo un cronograma en el cual se planteen logros a alcanzar para la construcción del equipo de trituración en un tiempo determinado, permitiendo así realizar el proyecto de manera organizada y sobre todo responsable.

Tabla 4-3: Cronograma de actividades previo a la construcción

Actividad/ Construcción	1° MES				2° MES				3° MES				4° MES				5° MES				6° MES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cuerpo principal	■	■																						
Eje excéntrico			■	■																				
Tolva					■																			
Estructura soporte						■	■																	
Placa posterior									■	■	■													
Camisa y soporte											■	■												
Volante de inercia													■	■										
Cubierta de ingreso															■	■								
Pruebas y validación																	■	■	■	■				

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.7. Materiales utilizados en la construcción del equipo

Como se puede evidenciar los materiales implementados para la construcción del equipo deben contar con propiedades únicas y específicas que logren que el equipo elaborado sea óptimo y cumpla la función correspondiente, es por lo que se presentará los materiales que se aplicaron para la fabricación de nuestro equipo de trituración (Callister, 2016).

3.2.7.1. Acero A36

Es denominado como acero al carbono, tienen como finalidad la construcción general, haciendo énfasis en las normas ASTM A36 / A 36M-034, este material cuenta con propiedades mecánicas, físicas y químicas (Modenese, 2016).

Tabla 5-3: Propiedades del Acero A36

Propiedades	Descripción
Mecánica	Presenta un esfuerzo de fluencia mínima 250 MPa (36300 PSI). Contiene un esfuerzo de tensión entre valores de 400 -500 MPa. Tiene una mínima elongación de 50 mm.
Física	La densidad que contiene este material es de 7,85 g/cm ³
Química	La composición que presenta el material es: Carbono (C): valores entre 0,25 – 0,29%. Manganeso (Mn): valores de 0,60 -1,20 %. Silicio (Si): valores entre 0,15 – 0,40%. La cantidad máxima de fósforo (P) es de 0,04%. La cantidad máxima de azufre (S) es de 0,05%.

Fuente: S.A, Compañía de Aceros, 2020.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.7.2. AISI 1018

Este acero presenta un grado bajo – medio de carbón, la principal función es que permite una excelente soldabilidad, además la tenacidad y baja resistencia que presenta este material siendo primordial para la composición de un determinado equipo.

Tabla 6-3: Propiedades del AISI 1018

Propiedades	Descripción
Mecánica	La dureza del material es de 126 HB. Presenta un esfuerzo de fluencia mínima 370 MPa (53700 PSI). Contiene un esfuerzo de tensión entre valores de 400 -500 MPa.

	<p>Tiene una mínima elongación máxima de 50 mm.</p> <p>La elasticidad es de 205 GPa.</p> <p>La maquinabilidad que presenta es del 76%.</p>
Física	La densidad que contiene este material es de 7,87 g/cm ³
Química	<p>La composición que presenta el material es:</p> <p>Carbono (C): valores entre 0,15 – 0,20%.</p> <p>La cantidad máxima de fósforo (P) es de 0,04%.</p> <p>La cantidad máxima de azufre (S) es de 0,05%.</p>

Fuente: S.A, Compañía de Aceros, 2020.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.7.3. Aluminio

Una de las principales características que tiene este metal, es su abundancia en la naturaleza, la aplicabilidad destaca en que es excelente, óptimo y apropiado para la construcción de un determinado equipo, las características que lo convierten en un material de primer nivel de la ligereza que tiene, la fortaleza que presenta, la maleabilidad con la que cuenta y su resistencia a la corrosión, permitiendo que estas propiedades han logrado que este metal se convierta en uno de los materiales de mayor aplicabilidad en la actualidad (García, 2020).

3.2.7.4. Acero A304

Una ventaja que presenta este material es que es uno de los de mayor uso, debido a que es un acero de carácter inoxidable austénico, además de su forma laminar que posee (García, 2020).

Tabla 7-3: Propiedades del Acero A304

Propiedades	Descripción
Mecánica	<p>La dureza del material es de 126 HB.</p> <p>Presenta un esfuerzo de fluencia mínima 370 MPa (53700 PSI).</p> <p>Contiene un esfuerzo de tensión entre valores de 400 -500 MPa.</p> <p>Tiene una mínima elongación máxima de 50 mm.</p> <p>La elasticidad es de 205 GPa.</p> <p>La maquinabilidad que presenta es del 76%.</p>
Física	La densidad que contiene este material es de 7,87 g/cm ³

Química	La composición que presenta el material es: Carbono (C): valores entre 0,07% máxima. Manganeso (Mn): valor de 2.00 %, máxima. Cromo (Cr) presenta valores de 17,5 – 19,5%. Níquel (Ni) una cantidad de 8,0 – 10,5%.
---------	---

Fuente: García , 2020.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.7.5. Acero negro

El material presenta ausencia de tratamiento, motivo por el cuál existe carbono de bajo nivel además de que la superficie tiende a oscurecerse.

En la siguiente tabla se presenta la aplicación que tuvo cada uno de los materiales que permitieron la construcción de ciertos elementos para la construcción del equipo de trituración.

Tabla 8-3: Propiedades del Acero negro

Materiales	Elementos
Acero A36	Estructura de la máquina.
AISI 1018	Eje excéntrico.
Aluminio	Poleas
Acero A304	Pernos M8, M10 y M12
Acero negro	Camisa del eje

Fuente: García , 2020.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.8. Herramientas empleadas en la construcción del equipo

Son aquellos instrumentos que nos permiten crear un equipo correspondiente, además de ser de fácil manejo, existen muchas herramientas que tienen diferentes funciones ya sea tomar alguna medida, cortar un material, nivelar o aplanar alguna materia prima, un indicador a tomar en cuenta es que no requieren de energía eléctrica, debido a que son manuales.

Por lo general las características que presentan es su tiempo de vida útil, ya que perduran mucho tiempo, posee múltiples funciones, además destaca su resistencia.

Tabla 9-3: Funciones de determinadas herramientas

Herramientas	Función
Llaves	Ajuste y desajuste de pernos y tuercas
Martillo	Golpear material dúctil
Playo de presión	Sujeción de piezas
Punzón	Crear guías para la fresadora
Pinzas	Sujeción de elementos pequeños
Limas	Acabado final de los bordes
Destornilladores	Fijación de tornillos
Flexómetro	Medición de distancias
Calibrador	Medición de diámetros

Fuente: Gómez, 2021.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.9. Equipos aplicados en la construcción del equipo

Los equipos tienen diversos objetivos en determinados proyectos u obras, es así como su dependencia se basa en la construcción que se va a efectuar, dependiendo su función.

Tabla 10-3: Funciones de determinadas herramientas

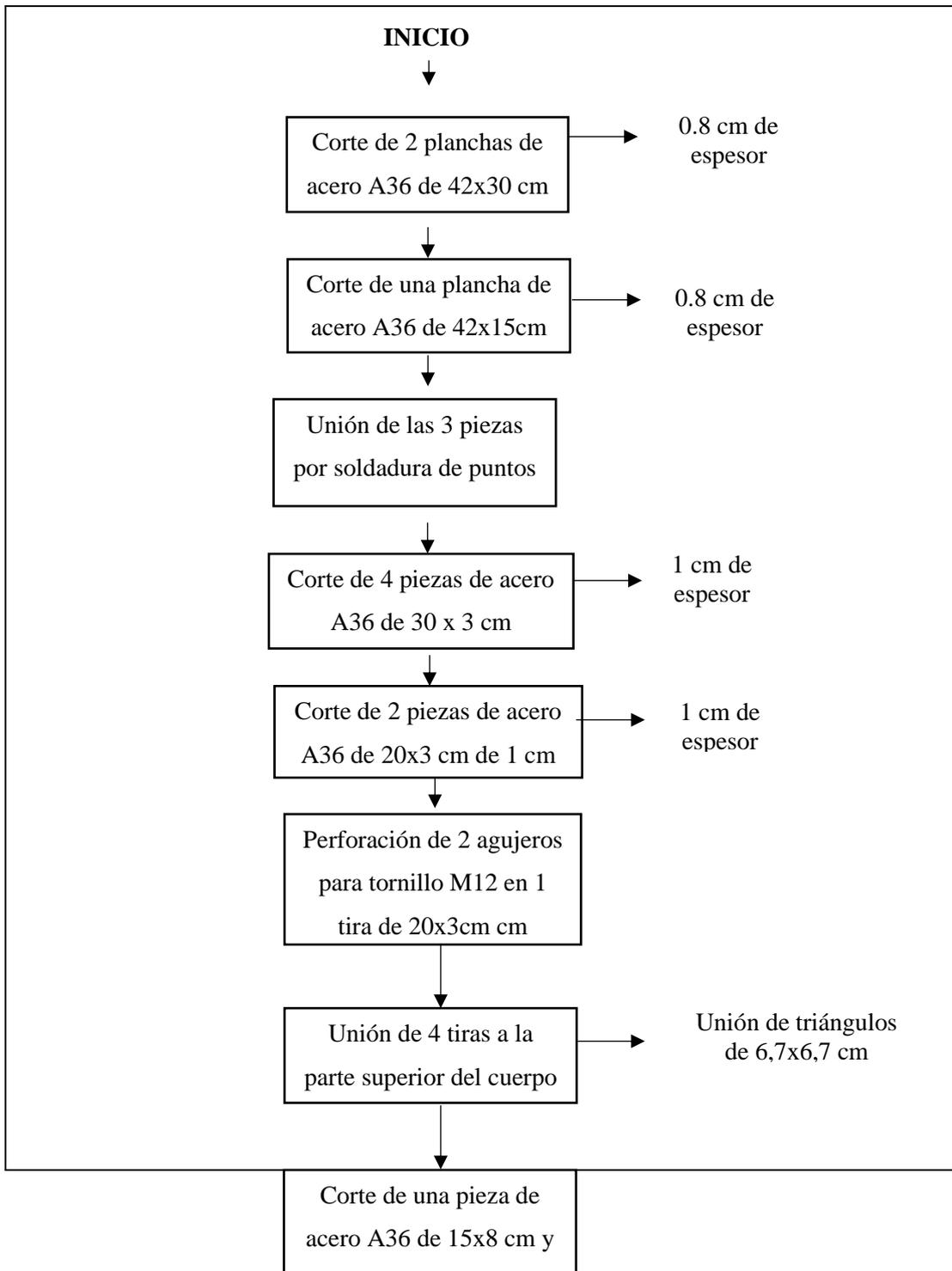
Equipos	Función
Amoladora 115 mm	Corte y pulido del acero
Amoladora 230 mm	Corte y pulido del acero
Soldadora	Unión de piezas de acero
Torno	Mecanizado de eje
Fresadora	Mecanizado de las planchas de acero
Sierra eléctrica	Corte de varillas de acero
Taladro de pedestal	Perforación de agujeros en placas

Fuente: Triana, 2016.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.10. Montaje de la trituradora de mandíbulas

- Cuerpo Principal



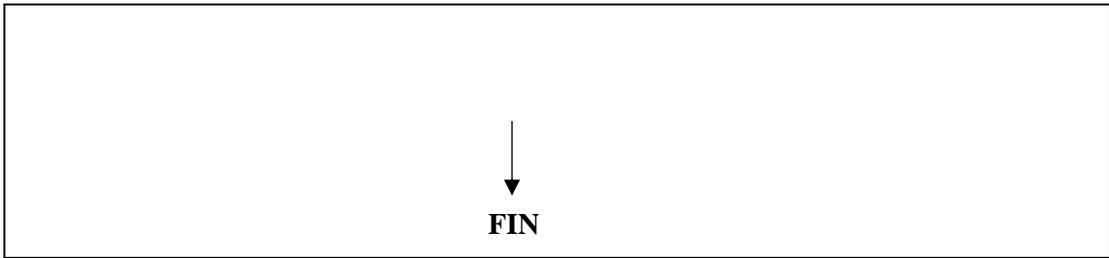


Ilustración 2-3: Gráfica de construcción del cuerpo principal

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Eje excéntrico**

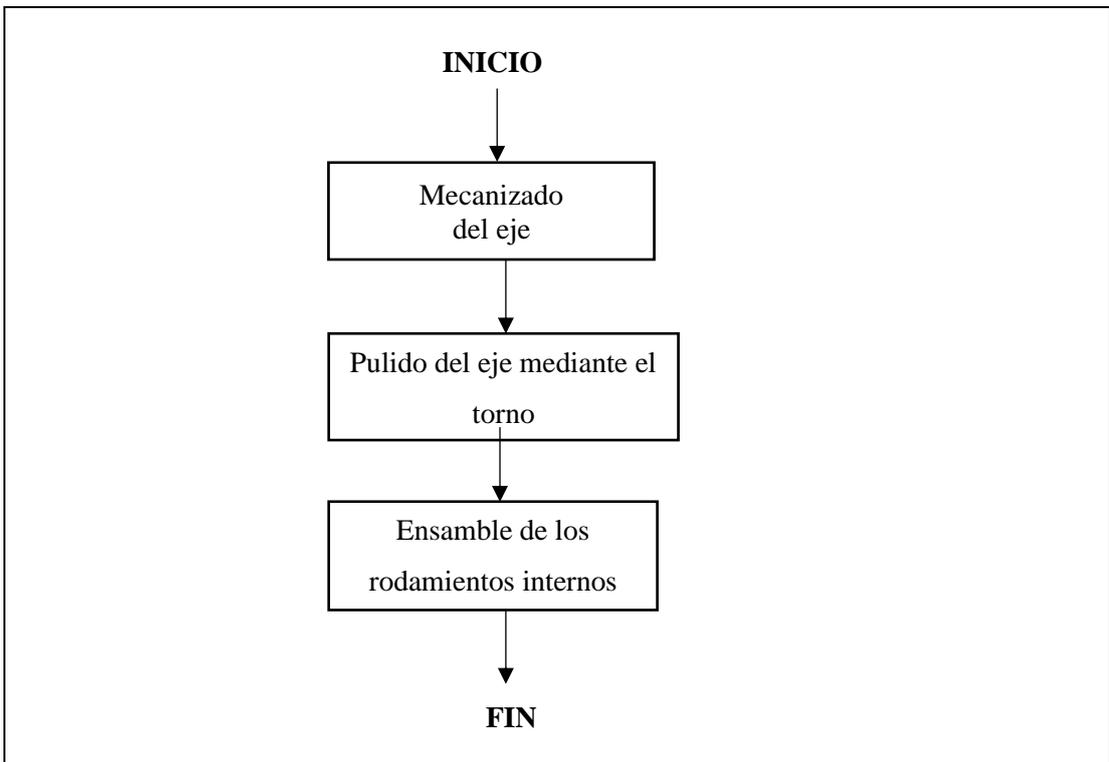
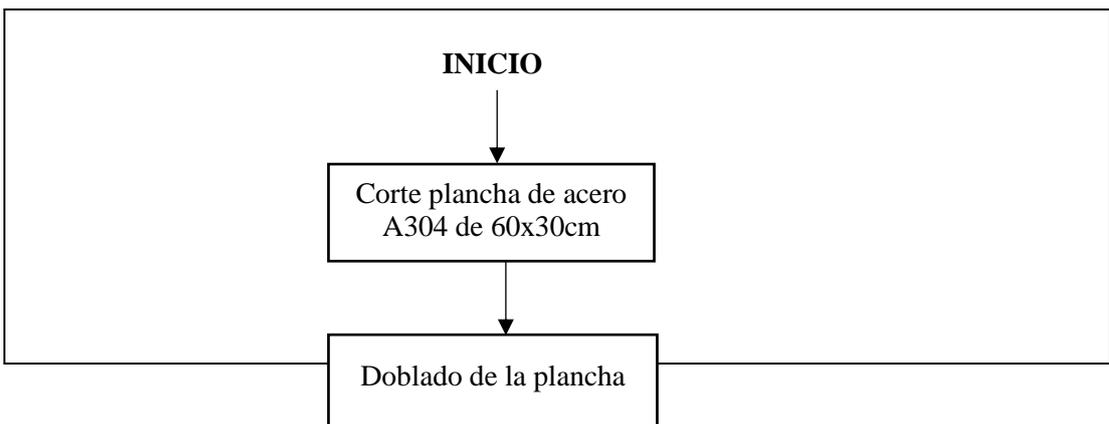


Ilustración 3-3: Gráfica de construcción del eje excéntrico

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Tolva**



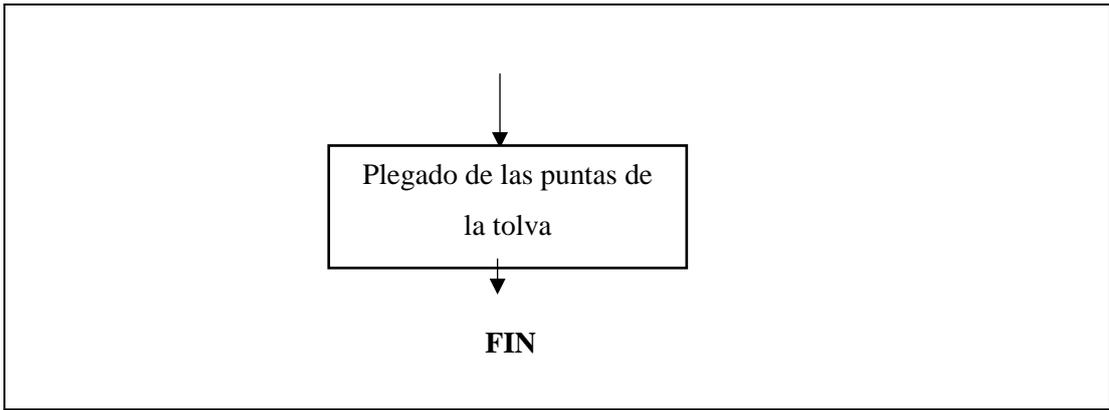
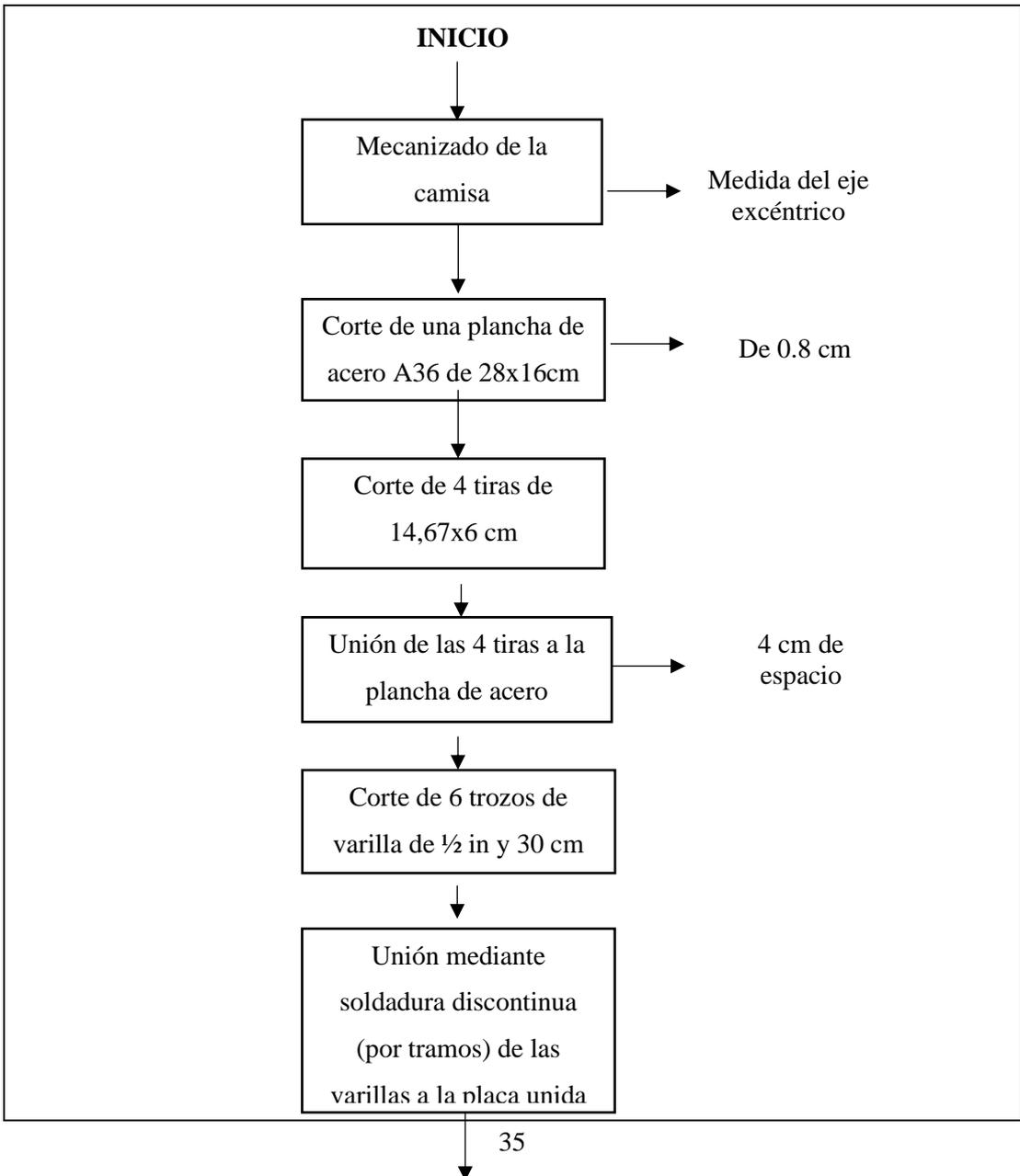


Ilustración 4-3: Gráfica de construcción de la tolva

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Camisa y soporte**



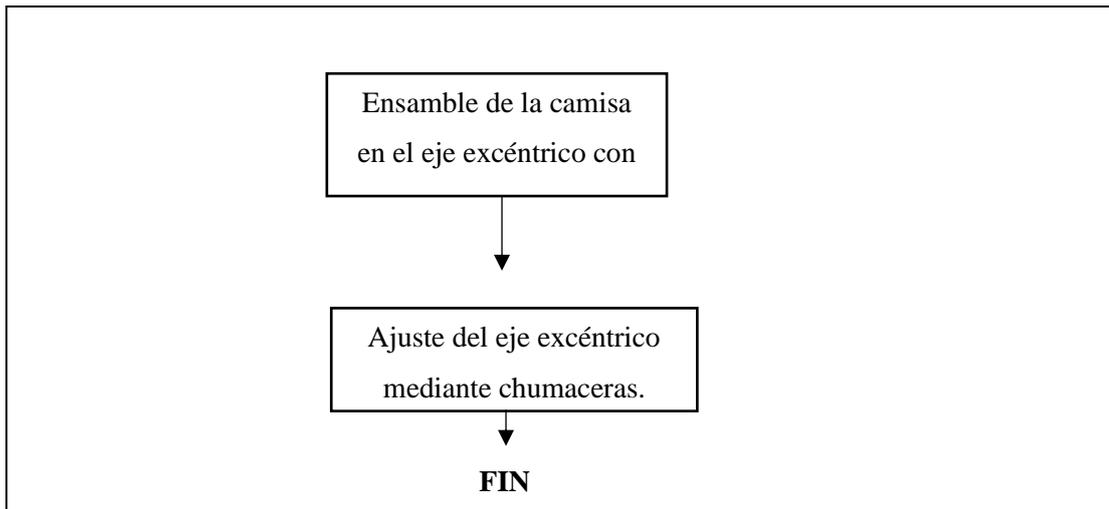


Ilustración 5-3: Gráfica de construcción de la camisa y soporte

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Volante de inercia**

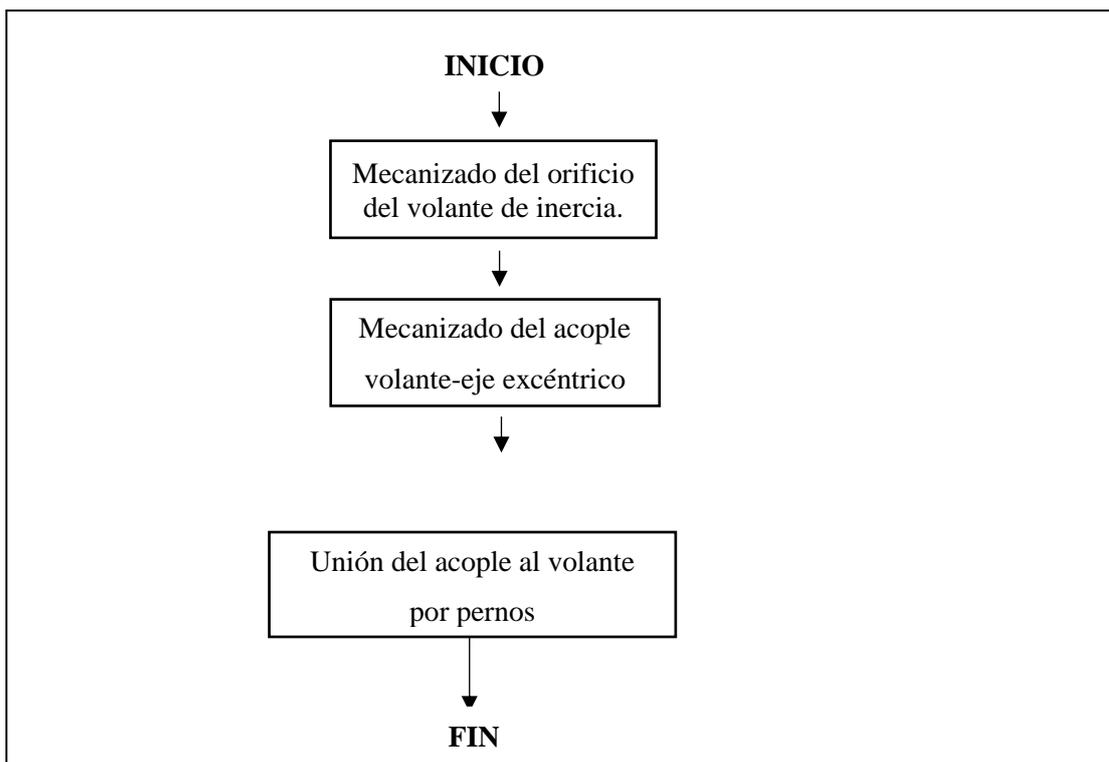
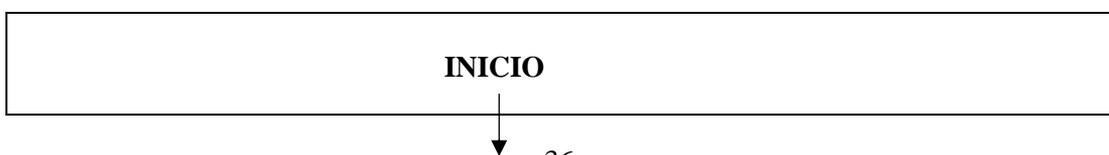


Ilustración 6-3: Gráfica de construcción del volante de inercia

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Protectores laterales**



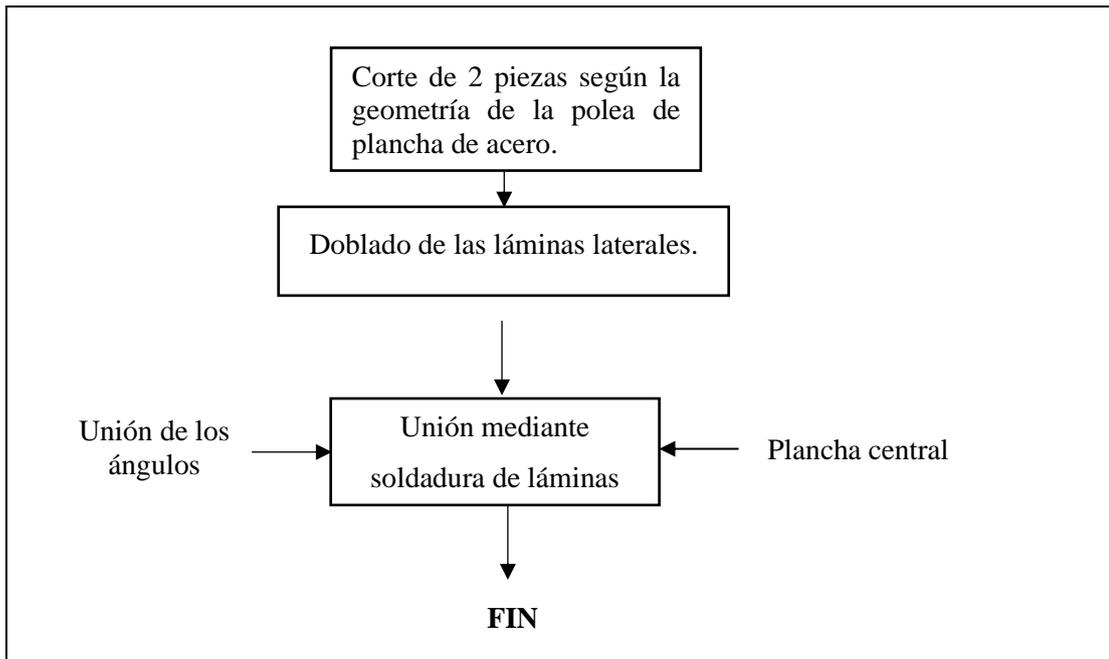
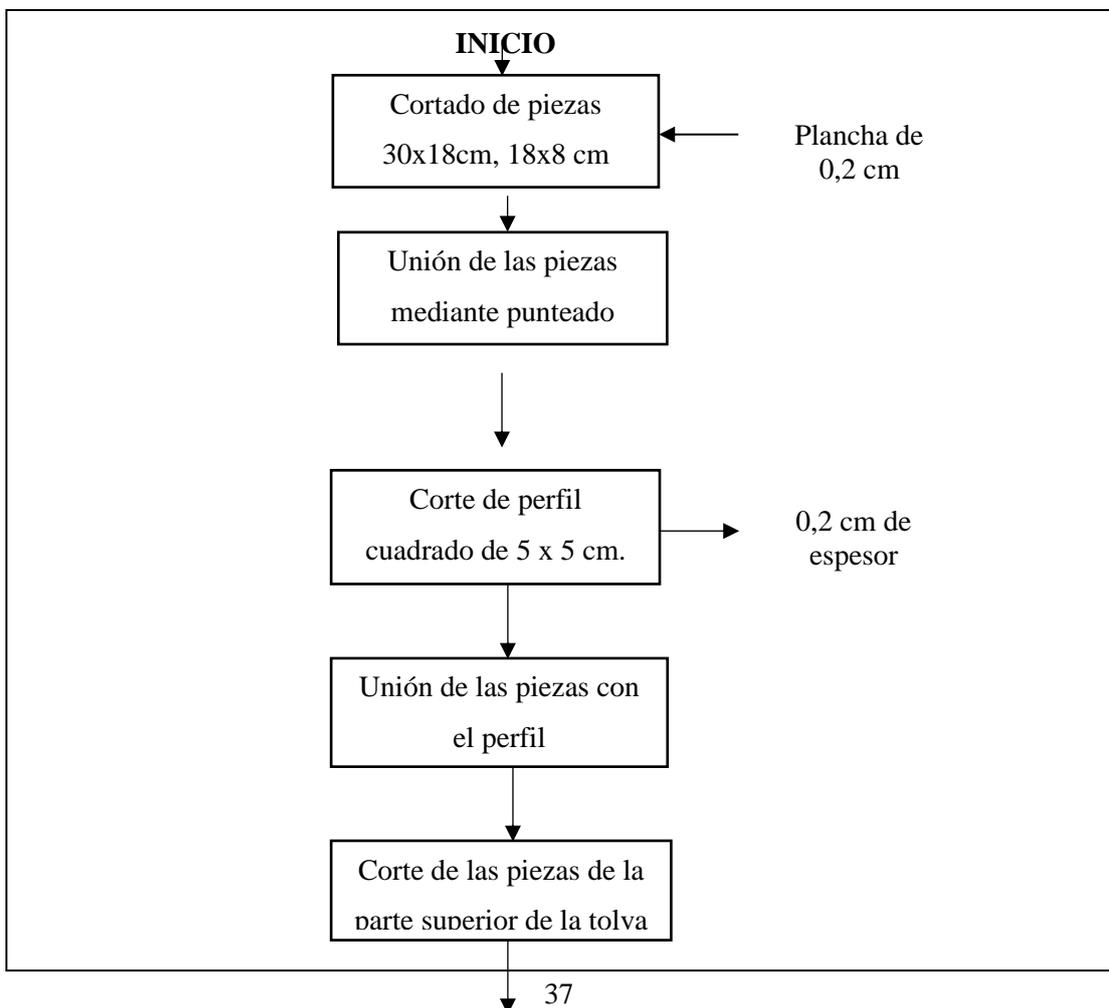


Ilustración 7-3: Gráfica de construcción de los protectores laterales

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Cubierta de ingreso**



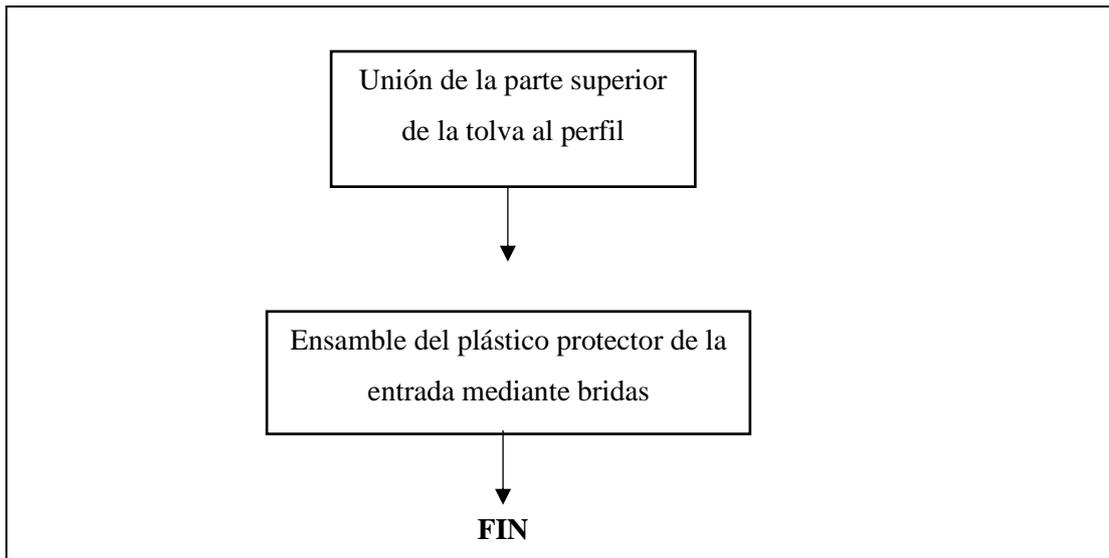
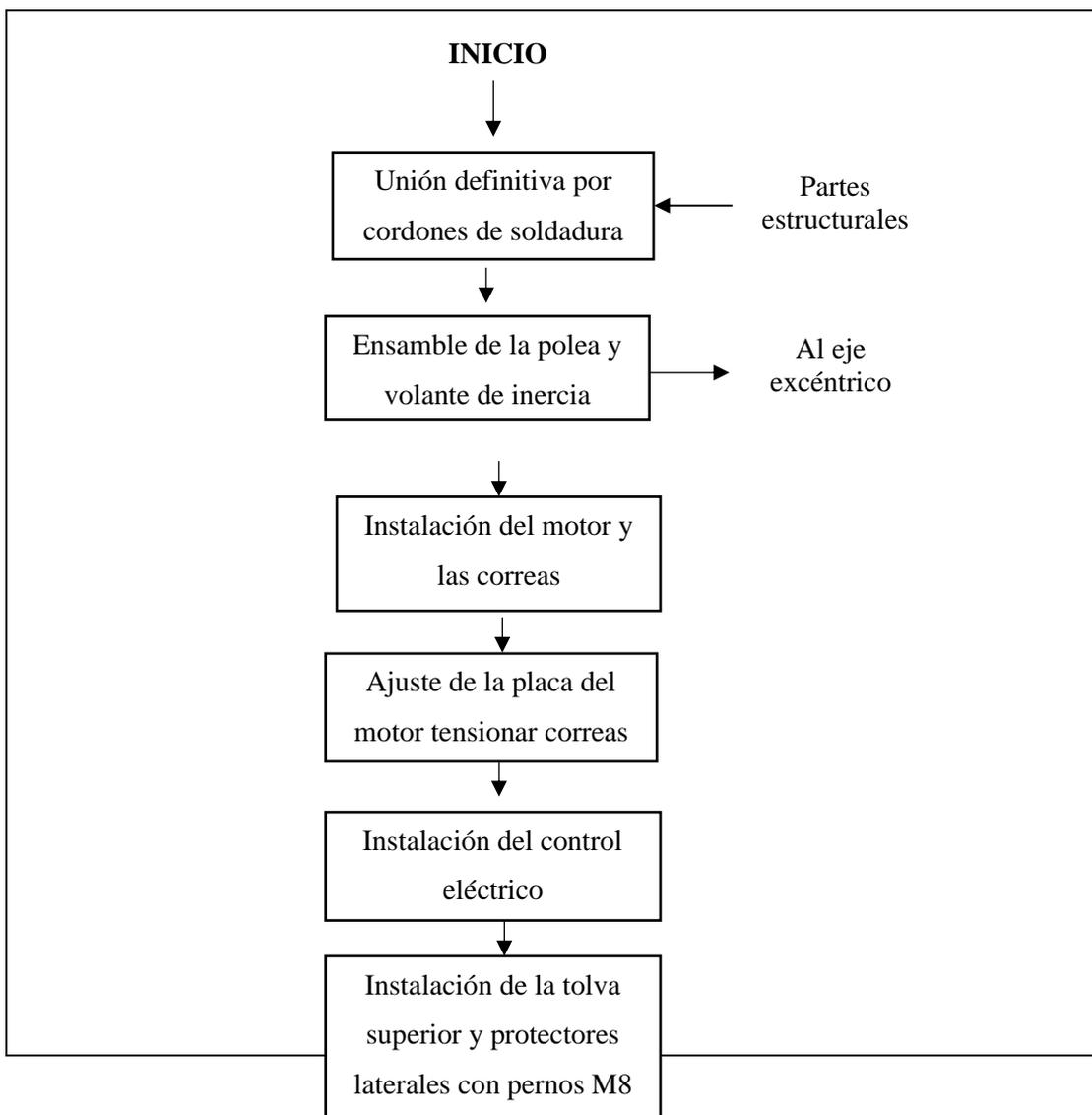


Ilustración 8-3: Gráfica de construcción de la cubierta de ingreso

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- **Ensamble general**



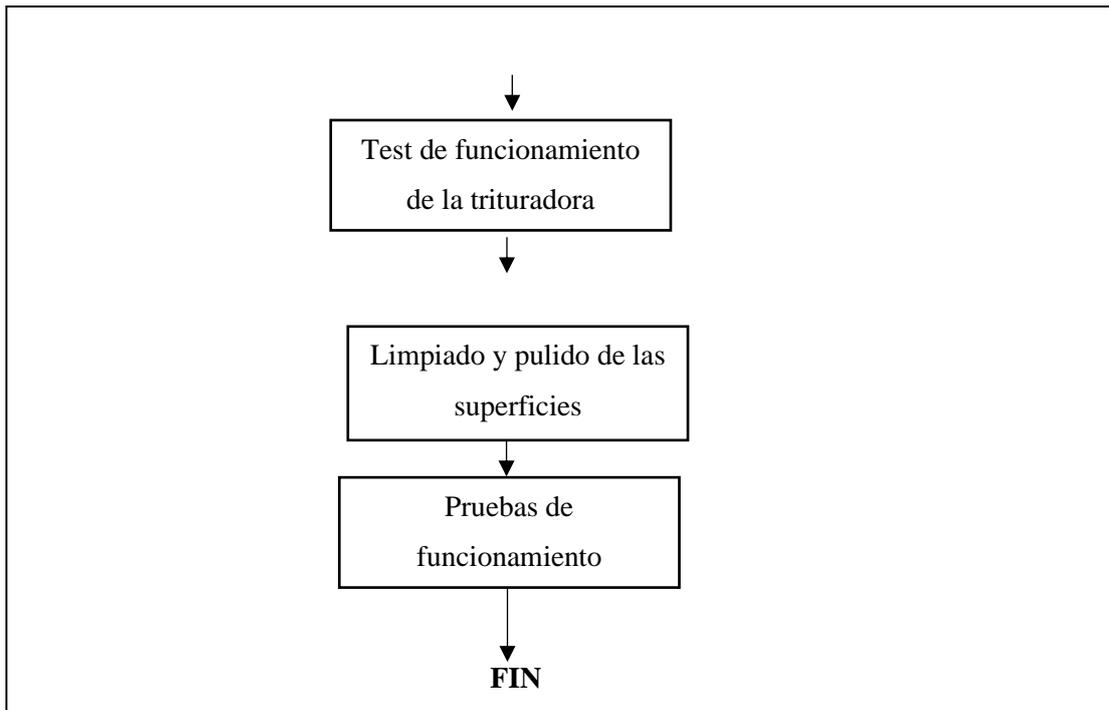


Ilustración 9-3: Gráfica del ensamble general

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

3.2.11. Diseño de la trituradora

Para el diseño de la trituradora de mandíbula, cabe destacar que consta de ciertos requerimientos, de igual manera algunas partes que constituyen este equipo, las cuales son elementos primordiales de la trituradora ya que cumplen con una función en específico.

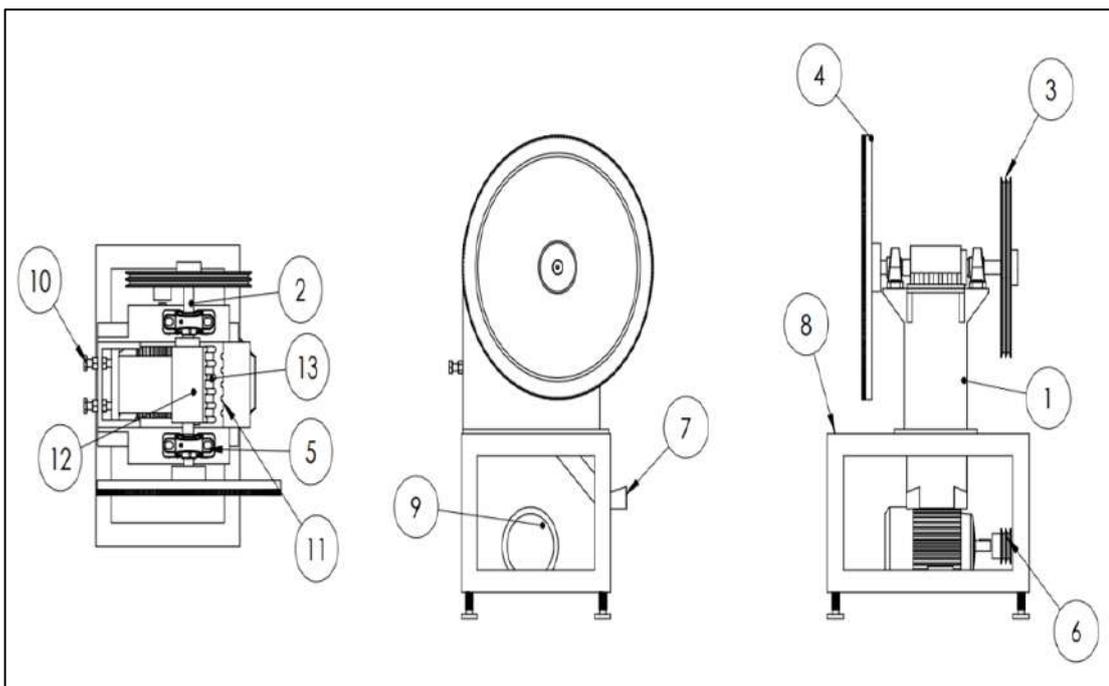


Ilustración 10-3: Ensamble general de la trituradora de mandíbulas

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Para la identificación de las partes del equipo son las siguientes:

1. Cuerpo principal
2. Eje excéntrico
3. Polea 41 cm
4. Volante de inercia
5. Chumacera P207
6. Polea 8 cm
7. Salida del material
8. Estructura soporte
9. Motor 5 hp
10. Perno M16
11. Placa posterior
12. Camisa
13. Placa trituradora

3.2.11.1. *Características de la trituradora de mandíbulas*

La Trituradora de mandíbulas, debida a su simple estructura, además de ser fija, permite que su funcionamiento sea óptimo y sea seguro para sus usuarios, por lo general este tipo de trituradoras se encuentra encaminada al área de minería para la obtención de un mineral de interés por medio del principio de trituración, cabe destacar que ayuda a la reducción de tamaño del material el cual va a ser sometido.

Se puede obtener varias ventajas de este equipo, siendo entre ellas la aplicación que tiene para triturar fragmentos gigantes con una elevada dureza, provocando una relación amplia de disminución y granulosidad homogénea del producto final, además de permitir un fácil transporte hacia otras etapas de proceso, no obstante, esta trituradora en comparación a las demás, presenta un fácil mantenimiento, de igual forma genera menos ruido y genera polvos aún más finos.

Como se puede apreciar en la siguiente Ilustración algunas partes principales de una trituradora de mandíbulas.

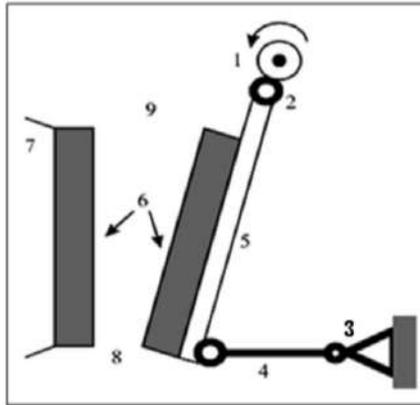


Ilustración 11-3: Partes de la mandíbula

Fuente: Perez, 2011.

1. Polea mayor
2. Eje excéntrico
3. Soporte de placa
4. Placa
5. Porta mandíbula
6. Mandíbulas
7. Bastidor
8. Abertura de salida
9. Abertura de entrada

3.2.12. Elementos de transmisión de la trituradora de mandíbulas

Para que se transmita la potencia a una trituradora de mandíbulas, es necesario contar con los siguientes elementos:

- Motor
- Polea

3.2.13. Parámetros de Diseño

3.2.13.1. Relación de reducción

En la trituración de minerales, la relación de reducción hace hincapié a la relación que hay entre tamaño máximo de alimentación del mineral (d_i) y el tamaño máximo de salida del material triturado (d_f), su fórmula es la siguiente:

$$Rr = \frac{di}{df}$$

Donde:

Rr: Relación de reducción

di: Diámetro inicial de alimentación del mineral

df: Diámetro final del mineral

3.2.13.2. Ancho de alimentación

El ancho mínimo de la boca de alimentación generalmente debe ser un 15% mayor al tamaño máximo de alimentación del mineral.

$$di = 0,85 * A$$

Donde:

di: Diámetro inicial de alimentación del mineral

A: Ancho de la boca de alimentación

3.2.13.3. Longitud de la mandíbula (L_B)

Para el cálculo de la longitud de la boca de mandíbula también se debe tener en cuenta que debe ser mayor al tamaño de entrada del mineral, se expresa de la siguiente manera:

$$L_B = (m * di) + (0,15 * di)$$

Donde:

L_B : Longitud de la boca

di: Diámetro inicial de alimentación del mineral

m: Compensación de la longitud con respecto a *di*

3.2.13.4. Desplazamiento de la mandíbula móvil

El desplazamiento de la mandíbula móvil hace referencia al movimiento hacia arriba y hacia debajo de la placa que es ejercida por la fuerza motor y viene dada de la siguiente formula:

$$e = 0,06 * A^{0,62}$$

Donde:

e: Desplazamiento de la mandíbula

A: Ancho de la boca de alimentación

3.2.13.5. *Velocidad de operación mínima*

La velocidad mínima de operación hace referencia a las revoluciones por minuto con la que trabaja el equipo, se calcula con la siguiente formula:

$$n_{op} = 280 * 2,71^{(-0,212*(A)^3)} [rpm]$$

Donde:

A: Ancho de la boca de alimentación

n_{op}: Velocidad de operacion minima

3.2.13.6. *Ángulo de fricción*

El ángulo de fricción se calcula mediante el coeficiente de fricción del material (*f*), este coeficiente se toma de la Tabla 7-4 debido a que el equipo tiene la capacidad de reducir minerales con una máxima dureza de 6 según la escala de Mohs, por ende, el coeficiente que se considera de la tabla será “Diferentes minerales” donde $f = 0.58$, su fórmula es la siguiente:

$$\varphi = \text{arc tg } f$$

Donde:

φ : Ángulo de fricción

f: Coeficiente de fricción

3.2.13.7. *Ángulo de sujeción entre las mandíbulas*

Una vez calculado el ángulo de fricción se puede calcular el ángulo de sujeción entre mandíbulas, aquí se debe tener en cuenta que el ángulo no sea mayor al doble del ángulo de fricción debido ya que al no considerar este aspecto, los minerales al ingresar a la trituradora saldrán despedidos de la boca de alimentación al tratar de ser comprimidos por las mandíbulas, además de disminuir el grado de trituración. Generalmente el valor del ángulo se puede tomar valores entre (19° a 21°), siempre en cuando se considere lo mencionado anteriormente.

En nuestro caso para el diseño de nuestro equipo se consideró 19°.

$$\alpha = 19$$

3.3. Cálculo de potencia y capacidad de trituradora de mandíbulas

3.3.1.Revolución del eje excéntrico

Se analiza la velocidad con la que gira el eje, específicamente en revoluciones por minuto.

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{tg \alpha}{s}}$$

Donde:

s: Recorrido de mandíbula

n: Número de revoluciones del eje excéntrico

α : Angulo de sujecion entre las mandibulas

3.3.2.Capacidad de la trituradora de mandíbula (G)

Cuando mencionamos la capacidad con la que cuenta nuestro equipo de trituración, se lo denotará con la letra *G*, el cual viene dada en gramos /minuto.

$$G = \frac{3,5 * \mu * \gamma \alpha * n * L_B * e * d_f}{tg \alpha}$$

Donde:

G: capacidad de la trituradora de mandíbula

γ : Peso específico aparente del material

L_B : Longitud de la Boca

μ : Coeficiente de variación de peso específico

n: Revolución del eje excéntrico

e: Desplazamiento de la mandíbula móvil

di: Diámetro del mineral triturado

3.3.3.Potencia requerida

Para encontrar el valor de la potencia se empieza con el cálculo de Bond posteriormente este valor reemplazara en la fórmula de potencia donde se debe considerar un factor de seguridad independientemente del equipo que se va a construir:

$$W_B = 10 W_i * \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

Donde:

W_B : *Calculo de Bond*

W_i : *Índice de trabajo de Bond*

P_{80} : *Dimensión de salida del mineral*

F_{80} : *Alimentación del mineral*

$$P = W_B * G * F_s$$

Donde:

P : *Potencia*

G : *Capacidad de la trituradora de mandíbula*

W_B : *Calculo de Bond*

F_s : *Factor de seguridad*

3.3.4. Relación de transmisión (z)

Al hablar de este indicador hacemos referencia al valor o grado de disminución de tamaño, debido a la velocidad de salida del motor.

$$z = \frac{V_m}{n}$$

Donde:

V_m = *Baja velocidad del motor*

n = *número de revoluciones*

3.3.5. Diámetro de la polea conductora (D1)

Polea conductora, viene siendo la polea menor cuya función es la que sujeta el eje del motor; este diámetro se seleccionará valores tentativos

$$D_1 = 410 \text{ mm}$$

3.3.6. Diámetro de la polea conducida (D2)

Cuando se adquiere el valor del diámetro de la polea conductora, se calcula el diámetro en la polea conducida.

$$D_2 = \frac{V_m * D_1}{n}$$

Donde:

V_m = Baja velocidad del motor

D_1 = Diámetro en la Polea conductora

3.3.7. Distancia entre centros (C)

Hace referencia al dimensionamiento que existe entre el centro de la polea al centro de la otra.

$$D_2 < C < 3 * (D_2 + D_1)$$

3.3.8. Longitud de la banda de transmisión (L)

Cuando se realiza el cálculo las longitudes no debe ser ni demasiada larga ni demasiada corta.

$$L = 2C + 1,57 (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4C}$$

3.3.9. Ángulo de contacto de la correa (θ_1)

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2C} \right)$$

$$\theta_1 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2C} \right)$$

3.3.10. Cálculo del diámetro de las poleas

La polea es aquella cuya finalidad es ejercer una fuerza, para ello necesita de la relación entre la polea del motor con respecto a la polea eje.

$$\text{relación de poleas} = \frac{Polea_{motor}}{Polea_{eje}}$$

De igual manera para obtener la velocidad de rotación del eje es indispensable que se aplique la siguiente fórmula:

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{\text{vel. rotación motor}}{\text{relación de poleas}}$$

3.3.11. Selección del tipo de banda

Al momento de elegir la banda ideal para nuestro equipo es indispensable conocer aquella que me permita transmitir una fuerza ya sea aumentando o disminuyendo energía. Para ello es indispensable conocer el factor de servicio el cual se encuentra en la Tabla 9-4 permitiendo de esta manera lograr escoger la banda ideal.

$$P_{diseño} = P_{transmisión} \cdot F_{servicio}$$

3.3.12. Determinación del número de bandas

Se la determina por medio de la potencia de diseño en relación a la potencia máxima de trabajo.

$$P_{máxima trabajo} = P_{diseño} * K_L$$

$$N_{correas} = \frac{P_{diseño}}{P_{máxima trabajo}}$$

3.4. Selección de las chumaceras

Se recomienda que se escoja de acuerdo con los parámetros presentados en la Tabla 10-4, en la cual se procederá a analizar su idoneidad y su respectiva aplicación.

3.5. Cálculo de las mandíbulas

3.5.1. Cálculo del área de la placa de mandíbula móvil

El dimensionamiento de la placa móvil es de vital importancia, ya que de ella depende el tamaño del mineral a reducir. Es decir, es importante conocer el área de este elemento.

$$A_M = A * L$$

Donde:

A_M : Área de la placa de mandíbula móvil

A: Ancho de la placa de mandíbula móvil

L: largo de la placa mandíbula móvil

3.5.2. Cálculo del área de la placa de la mandíbula fija

$$A_F = A * L$$

Donde:

A_F : Área de la placa de mandíbula fija

A: Ancho de la placa de mandíbula fija

L: largo de la placa mandíbula fija

3.6. Cálculo de la estructura de la trituradora de mandíbulas

3.6.1. Cálculo del área de la superficie de la estructura (A_{se})

$$A_{se} = A * L$$

Donde:

A_{se} : Área de la superficie de la estructura

A: Ancho de la estructura

L: Largo de la estructura

3.6.2. Cálculo del área frontal de la estructura (A_{fe})

$$A_{fe} = h * A$$

Donde:

A_{fe} : Área lateral de la estructura

h: Altura de la estructura

A: Ancho de la estructura

3.6.3. Cálculo del área lateral de la estructura (A_{le})

$$A_{le} = h * A$$

Donde:

A_{le} : Área lateral de la estructura

h: Altura de la estructura

A: Ancho de la estructura

3.7. Masa aproximada de la trituradora de mandíbula

Hace referencia a cada uno de los pesos en kg que presentan los materiales y elementos que constituyen el acabado del equipo.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Generalidades del Mineral

Tabla 1-4: Peso del mineral

Mineral	Peso (g)	Tamaño del mineral (mm)
Entrada	3000	70
Salida	2945	8

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Tabla 2-4: Características del Mineral

Propiedad	Característica
Densidad	2.5
Dureza	7
Fractura	Ganchuda o irregular

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.2. Composición del Mineral

La composición del mineral se determinó mediante un microscopio electrónico de barrido o SEM por sus siglas en inglés (Scanning Electron Microscope) el cual utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para crear una imagen. Tiene una gran profundidad de campo, lo que permite enfocar gran parte de la muestra a la vez.

Tabla 3-4: Composición del mineral

Composición	Porcentaje en Masa
Carbono (C)	6,89
Oxígeno (O)	11,24
Aluminio (Al)	0,57
Silicio (Si)	6,88
Azufre (S)	0,31
Potasio (K)	0,20
Zinc (Zc)	0,54

Oro (Au)	0,58
----------	------

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.2.1. Prueba en el microscopio electrónico de barrido previo al diseño

Estos análisis se desarrollaron en la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, las muestras fueron examinadas en el microscopio electrónico JEOL SEM modelo JSM- IT 100 utilizando de 5 a 13 KV. Obteniendo los siguientes resultados:

- Muestra 001 Roca grande entrada a la trituradora

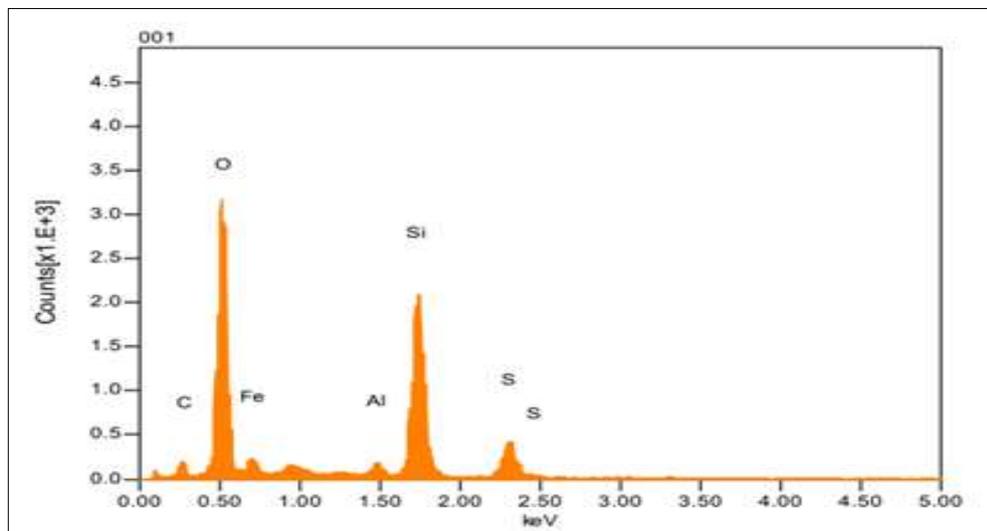


Ilustración 1-4: Roca grande entrada a la trituradora

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- Muestra 002 Salida de la trituradora – Entradas del molino

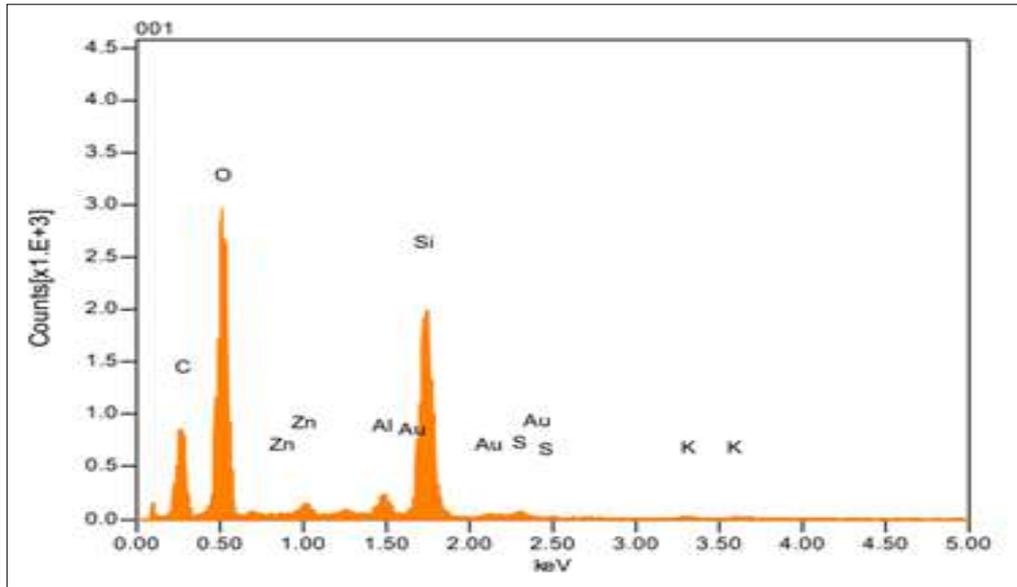


Ilustración 2-4: Salida de la trituradora - Entrada del molino

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- Muestra 003 Salida del molino – Entrada a la celda

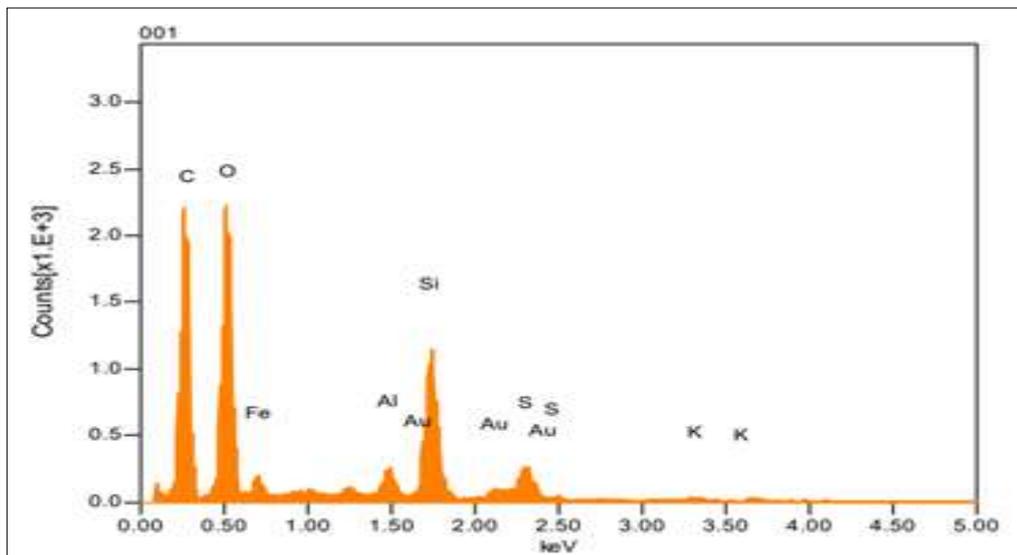


Ilustración 3-4: Salida del molino - Entrada a la celda

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

- Muestra 004 Salida de la celda (Concentrado)

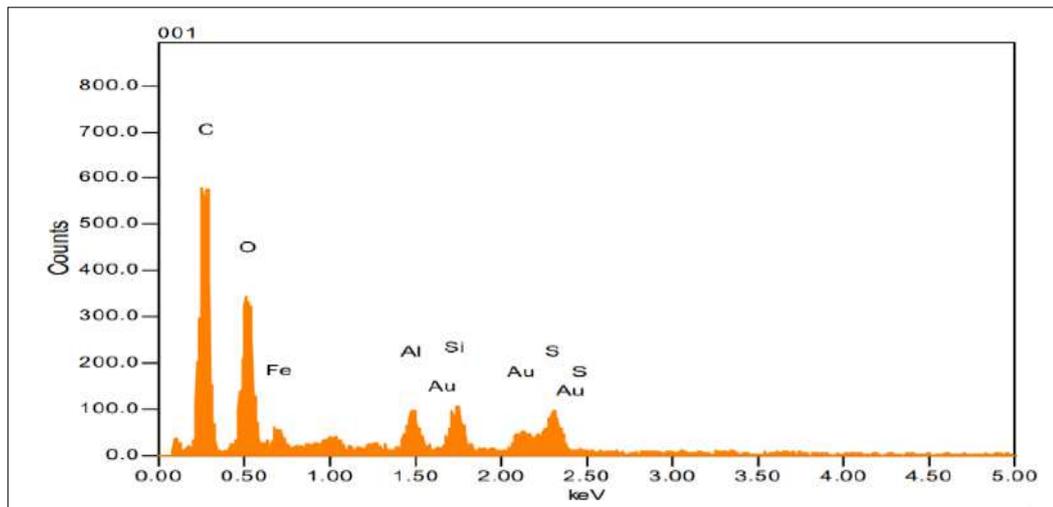


Ilustración 4-4: Salida de la celda (concentrado)

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.3. Mecanismo de variación de salida del tamaño del mineral

Nuestro equipo consta de 2 pernos de regulación M16 que tienen la finalidad de regular la salida del mineral por medio de la placa móvil ya que puede desplazar hacia adelante y hacia atrás permitiendo la obtención del tamaño del mineral deseado. Para determinar el tamaño que se desea triturar se realizaron 3 pruebas con medidas de 9cm, 9,5 cm y 10 cm desde la cabeza del perno hasta el tope del equipo tal como se puede apreciar en las siguientes tablas:

Tabla 4-4: Mecanismo para una trituración fina con una medida de 90 mm

Tamaño máximo de mineral de entrada (mm)	Distancia entre la cabeza del perno y el equipo (mm)	Tamaño del mineral de salida (mm)					Tamaño máximo de mineral de salida (mm)
		7,7	8	7,7	6,9	6,3	
70	90	7,7	8	7,7	6,9	6,3	8

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Para determinar el tamaño de salida de mineral se seleccionó y se midió con un pie de rey 5 muestras del producto triturado de los cuales según Ortiz y Tirado (2005) para realizar los cálculos de diseño se considera el tamaño máximo del mineral de salida. El tamaño máximo de producto que se obtuvo con una medida de 90mm entre la cabeza del perno de regulación y el tope del equipo es de 8mm obteniendo una relación de reducción de aproximadamente 9 el cual indica que el mineral suministrado se reduce 9 veces.



Ilustración 5-4: Medida para trituration final

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Tabla 5-4: Mecanismo para una trituration media con una medida de 95 mm

Tamaño máximo de mineral de entrada (mm)	Distancia entre el perno y el equipo (mm)	Tamaño del mineral de salida (mm)					Tamaño máximo de mineral de salida (mm)
70	95	13,9	17,4	9,9	10,8	11,7	17,4

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Con un tamaño de alimentación del mineral de 70mm y con una medida de 95mm entre la cabeza del perno y el tope del equipo se obtiene un producto de 17mm, la relación de reducción es aproximadamente 4 mismo valor que indica que el mineral se reduce 4 veces de su tamaño inicial.



Ilustración 6-4: Medida para trituration media

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Tabla 6-4: Mecanismo para una trituración gruesa con una medida de 100 mm

Tamaño máximo de mineral de entrada (mm)	Distancia entre el perno y el equipo (mm)	Tamaño de salida del mineral (mm)					Tamaño máximo de mineral de salida (mm)
		17,1	16,1	20,4	18,20	19,3	
70	100	17,1	16,1	20,4	18,20	19,3	20,4

Realizado por: Guamanquispe, I., Quizhpi, O. 2022.

Aplicando los mismos mecanismos anteriores con un tamaño de alimentación de 70mm y con una medida de 100mm entre la cabeza del perno y el tope del equipo se obtiene un producto máximo de salida de 20,4mm. Según Ortiz y Tirado (2005) el rango de la relación de reducción para que el equipo sea optimo va de 4 a 9, con los datos obtenidos se obtiene una relación de 3 valor el cual es demasiado bajo para poder trabajar, razón por la cual no se recomienda trabajar con esta medida.

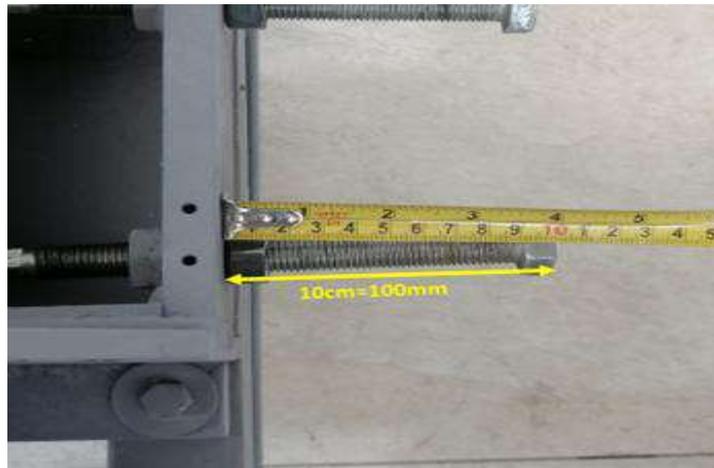


Ilustración 7-4: Medida para trituración gruesa

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

En base a los mecanismos planteados y a las necesidades requeridas por la siguiente operación de molienda para el cálculo de nuestro diseño se utilizó una alimentación del mineral de 70 mm con una medida de 90mm entre la cabeza del perno de regulación y el tope del equipo, ya que al trabajar con estas variables obtenemos productos de salida de máximo 8mm rindiendo un valor ideal para su siguiente operación de reducción tamaño y obtención de metales preciosos.

4.4. Descripción de los elementos de la trituradora

La trituradora está constituida de diferentes elementos y materiales como láminas de acero de A36, AISI 1018, aluminio, acero A304 cumpliendo con las normativas respectivas de contricción, cabe destacar que nuestro equipo cuenta con los siguientes elementos de quiénes se detallará con mayor énfasis.

4.4.1. Estructura de Soporte

La estructura de soporte es la base que resiste todo el peso del equipo (500 kg), está fabricada de acero laminado A36, el cual está compuesto por aleaciones de aceros al carbono estructurales mismos que son utilizados para la fabricación de artículos y piezas para usos generales del sector de la construcción y la ingeniería, además de ser implementados para construcción industrial y civil debido que cumplen los requisitos de las normas ASTM A36/ A36M.



Ilustración 8-4: Esquema de la estructura de soporte

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.2. Cuerpo Principal

El cuerpo soporte es el lugar en donde van ubicadas las mandíbulas, el eje excéntrico con la polea y un volante de inercia en cada extremo y los pernos de regulación.



Ilustración 9-4: Esquema del cuerpo principal

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.3. Eje Excéntrico

El eje excéntrico está construido con un acero al carbono AISI 1018, es el encargado de transmitir el movimiento del motor a la placa móvil, por medio de su excentricidad permite que la mandíbula móvil se acerque y se aleje de la placa fija.



Ilustración 10-4: Esquema del cuerpo principal

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.4. Polea

Es la encargada de transmitir de la fuerza del motor eléctrico y proporcionar inercia al sistema de trituración.



Ilustración 11-4: Esquema de la polea

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.5. Volante de Inercia

Este elemento es el encargado de proporcionar inercia al sistema de trituración además sirve para equilibrar el sistema mecánico ya que en el otro extremo del eje excéntrico está una polea de 41 cm, además acumula energía en el momento en que la mandíbula móvil se aleja de la fija y la devuelve cuando la mandíbula móvil se acerca a la fija.



Ilustración 12-4: Esquema del volante de inercia

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.6. Chumacera P207

El tipo de chumaceras que se implementó en la construcción de nuestro equipo es de tipo P207, brinda apoyo al eje de rotación y va colocado en el cuerpo del equipo.



Ilustración 13-4: Esquema de la chumacera P207

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.7. Tolva de Alimentación

La finalidad de este elemento es la alimentación del mineral que va a ser objeto de trituración.



Ilustración 14-4: Esquema de la tolva de alimentación

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.8. Salida del Mineral

Es el espacio por el cual se obtiene el mineral reducido previo a su siguiente operación de molienda.



Ilustración 15-4: Esquema de la Salida del mineral

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.9. Motor

Es el encargado de proporcionar la fuerza necesaria para poner en marcha el sistema de trituración, debido a que este dispositivo es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, produce el movimiento en la transmisión por banda trapecial



Ilustración 16-4: Motor 5hp

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.10. Perno de Regulación

Los pernos de regulación M16 permiten el desplazamiento de la mandíbula móvil hacia adelante y hacia atrás dependiendo de ellos el tamaño del mineral que se desea obtener. Para que funcione este mecanismo se utilizaran 2 pernos, cumplen la función de apretar o aflojar a la misma vez.



Ilustración 17-4: Pernos M16

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.11. Mandíbulas

Son los elementos encargados de realizar la reducción de tamaño de los minerales esto ocurre cuando la mandíbula móvil ejercida por la fuerza del motor se acerca y aleja de la mandíbula fija fragmentando las rocas y cumpliendo con su función que es la trituración. La mandíbula móvil debe su movimiento debido a la excentricidad del eje de la trituradora.



Ilustración 18-4: Esquema de la mandíbula

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.12. Camisa y soporte

La camisa es implementada como un apoyo para la mandíbula móvil, la cual ayuda a resistir el impacto al momento de triturar los minerales, además junto con el sistema de regulación rige el tamaño del material triturado.



Ilustración 19-4: Esquema de soporte y camisa

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.4.13. Panel de control

La función principal que otorga este panel es el encendido (botón verde) y el apagado (botón rojo) del equipo, conectado a una alimentación de 220 V.



Ilustración 20-4: Esquema del panel de control

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.5. Parámetros de Diseño

4.5.1. Relación de reducción

$$Rr = \frac{d_i}{d_f}$$

Donde:

Rr: Relación de reducción

d_i: Diámetro inicial de alimentación del mineral

d_f: Diámetro final del mineral

$$Rr = \frac{7 \text{ cm}}{0,8 \text{ cm}}$$

$$Rr = 8,75 \approx 9$$

4.5.2. Ancho de alimentación

$$di = 0,85 * A$$

Donde:

di: Diámetro inicial de alimentación del mineral

A: Ancho de la boca de alimentación

$$A = di/0,85$$

$$A = 7 \text{ cm}/0,85$$

$$A = 8,24 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}$$

El 0,85 hace referencia al tamaño máximo con el cual debe alimentar a la trituradora.

4.5.2.1. Longitud de la mandíbula (L_B)

$$L_B = (m * di) + (0,15 * di)$$

Donde:

L_B : Longitud de la boca

di: Diámetro inicial de alimentación del mineral

m: Compensación de la longitud con respecto a *di*

$$L_B = (1,5 * 7) + (0,15 * 7)$$

$$L_B = 18 \text{ cm}$$

4.5.2.2. Desplazamiento de la mandíbula móvil

$$s = 0,06 * A^{0,85}$$

Donde:

s: Desplazamiento de la mandíbula

A: Ancho de la boca de alimentación

$$s = 0,06 * 0,08^{0,62}$$

$$s = 0,0125m$$

$$s = 12,5 mm$$

4.5.2.3. Velocidad de operación mínima

La velocidad mínima de operación hace referencia a las revoluciones por minuto con la que trabaja el equipo. Se calcula con la siguiente:

$$n_{op} = 280 * 2,71^{(-0,212*(A)^3)} [rpm]$$

Donde:

A: Ancho de la boca de alimentación

$$n_{op} = 280 * 2,71^{(-0,212*(0,08)^3)} [rpm]$$

$$n_{op} = 266,15 \approx 266[rpm]$$

4.5.2.4. Ángulo de fricción

Para hallar el coeficiente de fricción es necesario la aplicación de la siguiente tabla:

Tabla 7-4: Coeficiente de fricción de materiales movedizos y en pedazos

Material	Coeficiente de fricción					
	Sobre acero		Sobre madera		Sobre concreto	
	f	Fo	f	fo	f	fo
Antracita	0,29	0,84	0,47	0,84	0,51	0,9
Carbón fino	0,32	0,84	0,47	0,84	0,51	0,9
Carbón pardo y seco	0,58	1	0,7	1	0,7	1
Coque	0,47	1	0,84	1	0,84	1
Ceniza seca	0,47	0,84	0,84	1	0,84	1
Tierra, arena y grava	0,58	1	-	-	-	-
Piedra caliza	0,58	1	-	-	-	-
Diferentes minerales	0,58	1,19	-	-	-	-
Escoria	0,7	1,19	-	-	-	-
Carbón en polvo	1	2,77	-	-	-	-
f: en movimiento			fo: en reposo			

Fuente: Shubin y Pedre, 1977.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

$$\varphi = \text{arc tg } f$$

Donde:

φ : Ángulo de fricción

f : Coeficiente de fricción

$$\varphi = \text{arc tg } (0,58)$$

$$\varphi = 30^\circ$$

4.5.2.5. Ángulo de sujeción entre las mandíbulas

$$\alpha = 19$$

4.6. Cálculo de potencia y capacidad de trituradora de mandíbulas

4.6.1. Revolución del eje excéntrico

Se analiza la velocidad con la que gira el eje, específicamente en revoluciones por minuto.

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{\text{tg } \alpha}{s}}$$

Donde:

s : Recorrido de mandíbula

n : Número de revoluciones del eje excéntrico

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{\text{tg } 19}{0,0125}}$$

$$n = 349,02 \text{ rpm}$$

$$n = 350 \text{ rpm}$$

4.6.2. Capacidad de la trituradora de mandíbula (G)

$$G = \frac{3,5 * \mu * \gamma \alpha * n * L_B * e * d_f}{\text{tg } \alpha}$$

Donde:

G : capacidad de la trituradora de mandíbula

$\gamma \alpha$: Peso específico aparente del material

L_B : Longitud de la Boca

μ : Coeficiente de variación de peso específico

n : Revolución del eje excéntrico

e : Desplazamiento de la mandíbula móvil

d_i : Diámetro del mineral triturado

$$G = \frac{3,5 * 2,91 * 1,4 * 335 * 0,18 * 0,0125 * 0,008}{\operatorname{tg} 19^\circ}$$

$$G = 0,2497 \text{ ton/h}$$

$$G = 250 \text{ Kg/h}$$

4.6.3. Potencia requerida

Para encontrar el valor de la potencia se lo realiza a través de la ecuación de Bond:

$$N_B = 13,33 W_i * \frac{Q}{\Omega} \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

$$W_B = 10 * W_i * \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

Donde:

W_B : Calculo de Bond

W_i : Índice de trabajo de Bond

P_{80} : Dimensión de salida

F_{80} : Alimentación

$$W_B = 10 * 35 * \left(\frac{1}{\sqrt{4500}} - \frac{1}{\sqrt{70000}} \right)$$

$$W_B = 3,89 \text{ kW}$$

El cálculo de bond se reemplaza en la fórmula de la potencia considerando un factor de seguridad F_s según el artículo escrito por Blanco (2016, pp.8-34) en la Universidad de Cantabria sobre la Trituración primaria, el factor de seguridad ideal para trituradoras de mandíbulas es 2,0.

$$P = W_B * G * F_s$$

Donde:

P : Potencia

G : Capacidad de la trituradora de mandíbula

W_B : *Calculo de Bond*

F_s : *Factor de seguridad*

$$P = W_B * G * F_s$$

$$P = 3,89 * 0.45 * 2$$

$$P = 3,51kW$$

$$P = 4,70HP$$

La selección de la potencia como se puede apreciar en nuestros cálculos realizados es de 4.70HP para trabajar con minerales que presentan una dureza inferior a 7 según la Escala de Mohs, realizado mediante un análisis con el microscopio electrónico de barrido, razón por la cual se necesita mayor potencia para su trituración, por ende, para la construcción de nuestro equipo se implementó un motor de 5HP. El criterio de selección del motor se basa en otros equipos construidos con una capacidad de procesamiento similar al del proyecto. Para este caso, el motor más utilizado por su torque y revoluciones es el motor AC de 5hp y 1720 rpm.

4.6.4. *Relación de transmisión (z)*

Tabla 8-4: Velocidades para motores CA

No de polos	Velocidad sincrónica (rpm)	Velocidad a plena carga (rpm)
2	3600	3450
4	1800	1720
6	1200	1140
8	900	850
10	720	690
12	600	575
Aproximadamente 95 % de la velocidad síncrona (deslizamiento normal)		

Fuente: Robert y Mott, 2006.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

$$z = \frac{V_m}{n}$$

Donde:

V_m = *Baja velocidad del motor*

n = *número de revoluciones*

$$z = \frac{1720}{335}$$

$$z = 5,13$$

4.6.5. Diámetro de la polea conductora (D_1)

$$D_1 = 80 \text{ mm}$$

4.6.6. Diámetro de la polea conducida (D_2)

$$D_2 = \frac{V_m * D_1}{n}$$

Donde:

$V_m =$ Baja velocidad del motor

$D_1 =$ Diámetro en la Polea conductora

$$D_2 = \frac{1720 * 80}{335,6}$$

$$D_2 = 410 \text{ mm}$$

4.6.7. Distancia entre centros (C)

$$D_2 < C < 3 * (D_2 + D_1)$$

Por ende:

$$400 < C < 3 * (400 + 80)$$

$$400 < C < 1440$$

No obstante, se considera dentro del rango:

$$C = 460$$

Selección de poleas por catálogo según el diámetro

4.6.8. Longitud de la banda de transmisión (L)

$$L = 2C + 1,57 (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(460) + 1,57 (410 + 80) + \frac{(410 + 80)^2}{4(460)}$$

$$L = 1819,79 \text{ mm}$$

$$L = 1820 \text{ mm}$$

4.6.9. Ángulo de contacto de la correa (θ_1)

- Para la polea menor

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2C} \right)$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{400 - 80}{2(460)} \right)$$

$$\theta_1 = 139,29^\circ$$

$$\theta_1 = 139^\circ$$

- Para la polea mayor

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2C} \right)$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{400 - 80}{2(460)} \right)$$

$$\theta_2 = 220,70^\circ$$

$$\theta_2 = 221^\circ$$

4.6.10. Cálculo del diámetro de poleas

El cálculo del diámetro de las poleas se hace en base a la velocidad objetivo y la velocidad de rotación del motor

Velocidad del motor: 1720 rpm

Velocidad del eje (requerido): 335 rpm

Para la determinación del diámetro de las poleas se consideró 3 iteraciones:

- Iteración 1

$$\text{relación de poleas} = \frac{\text{Polea}_{\text{motor}}}{\text{Polea}_{\text{eje}}}$$

$$\text{relación de poleas} = \frac{30}{5}$$

$$\text{relación de poleas} = 6$$

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{\text{vel. rotación motor}}{\text{relación de poleas}}$$

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{1720}{6}$$

velocidad de rotación del eje = 287 rpm (no válido)

- Iteración 2

$$\text{relación de poleas} = \frac{Polea_{motor}}{Polea_{eje}}$$

$$\text{relación de poleas} = \frac{41}{5}$$

$$\text{relación de poleas} = 8,2$$

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{\text{vel. rotación motor}}{\text{relación de poleas}}$$

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{1720}{8,2}$$

velocidad de rotación del eje = 210 rpm (no válido)

- Iteración 3

$$\text{relación de poleas} = \frac{Polea_{motor}}{Polea_{eje}}$$

$$\text{relación de poleas} = \frac{41}{8}$$

$$\text{relación de poleas} = 5,125$$

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{\text{vel. rotación motor}}{\text{relación de poleas}}$$

$$\text{velocidad de rotación del eje} = \frac{1720}{5,125}$$

velocidad de rotación del eje = 335 rpm (válido)

Para el diseño del equipo se necesita una polea de eje de 41cm ya que el eje de rotación necesita trabajar con 335 rpm.

4.6.11. Selección del tipo de banda

Tipo de correas disponibles: A Z V

Velocidad del motor: 1720 rpm

Motor: 5hp (3,73 kW)

Velocidad del motor: 1720 rpm

Velocidad del eje: 335 rpm

Diámetro de contacto polea mayor: 41 cm

Distancia entre los centros (C) . 64 cm

Tabla 9-4: Elección del factor de servicio

Aplicación	Motor C.A. par motor medio	Motor C.A. par motor alto	Motor diésel
Agitadores	1 – 1,2	1.2-1.4	-
Compresores	1,2 – 1,4	-	1,2
Cintas transportadoras	-	1,4	-
Máquinas trituradoras	-	1,6	1,4 – 1,6
Ventilador de hélice	1,4	2	1,4
Generadores	1,2	-	2

Fuente: Robert y Mott, 2006.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Esta tabla es una compilación de otras tablas hechas por talleres, normas, y catálogos de fabricantes de correas. Los valores mostrados suelen ser empíricos y depende del criterio del diseñador, siendo el factor de servicio $F_{servicio} = 1,6$.

$$P_{diseño} = P_{transmisión} * F_{servicio}$$

$$P_{diseño} = 5 * 1,6$$

$$P_{diseño} = 8 \text{ Hp (5,97 kW)}$$

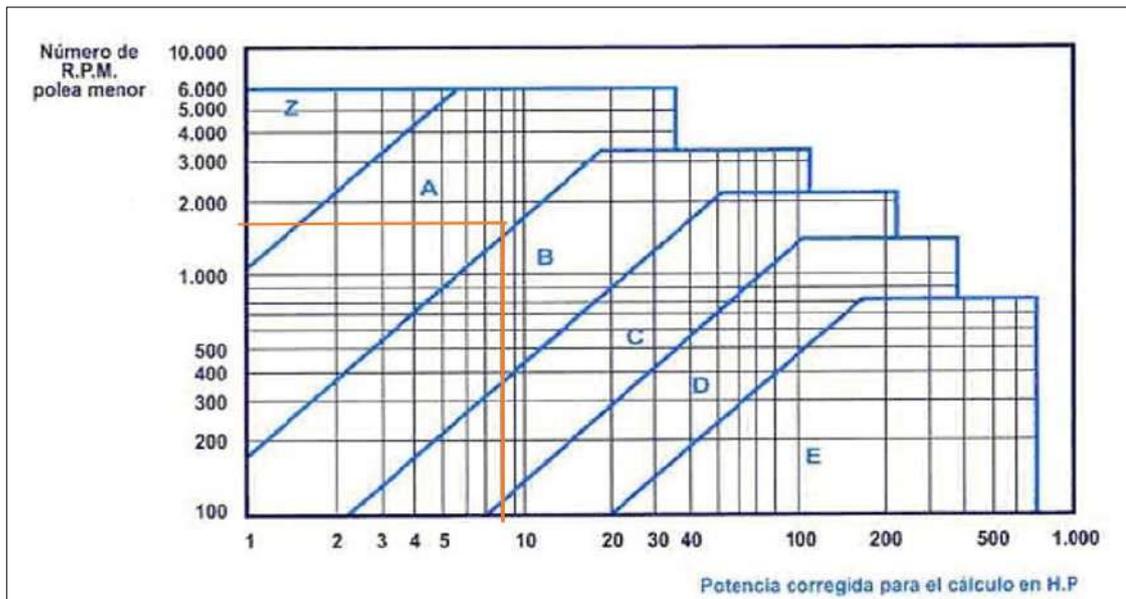


Ilustración 21-4: Relación de número de RPM con respecto a la potencia

Fuente: Robert y Mott, 2006.

Por medio del cálculo de la potencia de diseño y el número de RPM de la polea menor, permite la selección de una polea correspondiente de tipo A.

4.6.12. Determinación del número de bandas

$K_l = 1.1$ (de Manual práctico de cálculos de ingeniería – Tyler G. Hicks)

$$P_{\text{máxima trabajo}} = P_{\text{diseño}} * K_L$$

$$P_{\text{máxima trabajo}} = 3,51 * 1,1 = 3,86 \text{ kW}$$

$$N_{\text{correas}} = \frac{P_{\text{diseño}}}{P_{\text{máxima trabajo}}}$$

$$N_{\text{correas}} = \frac{5,97}{3,86}$$

$$N_{\text{correas}} = 1,55$$

Se ajusta siempre al inmediato superior de las unidades: $N_{\text{correas}} = 2$

4.7. Selección de chumaceras

Se debe considerar las siguientes apreciaciones:

- Temperatura de funcionamiento = 20 C (ambiente)

- Diámetro del eje: 35 mm
- Velocidad de rotación: 235 rpm
- Tipo de rodamiento disponible en la localidad: rodamientos de bolas, chumaceras serie P
- Carga máxima a soportar 317.06 N

Idoneidad de los rodamientos para aplicaciones industriales

Símbolos	Capacidad de carga			Desalineación	
	Carga radial	Carga axial	Carga de momento	Desalineación estática	Desalineación dinámica (unas décimas de grado)
+++ excelente ++ bueno + aceptable - deficiente -- inadecuado ↔ doble efecto ← simple efecto □ desplazamiento libre sobre el asiento ■ desplazamiento libre dentro del rodamiento ✓ sí ✗ no					
Tipo de rodamiento					
Rodamientos rígidos de bolas					
Rodamientos de inserción					
Rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular					
apareados de una hilera					
de dos hileras					
con cuatro puntos de contacto					
Rodamientos de bolas a rótula					
Rodamientos de rodillos cilíndricos, con jaula					
completamente llenos de rodillos, de una hilera					
completamente llenos de rodillos, de dos hileras					

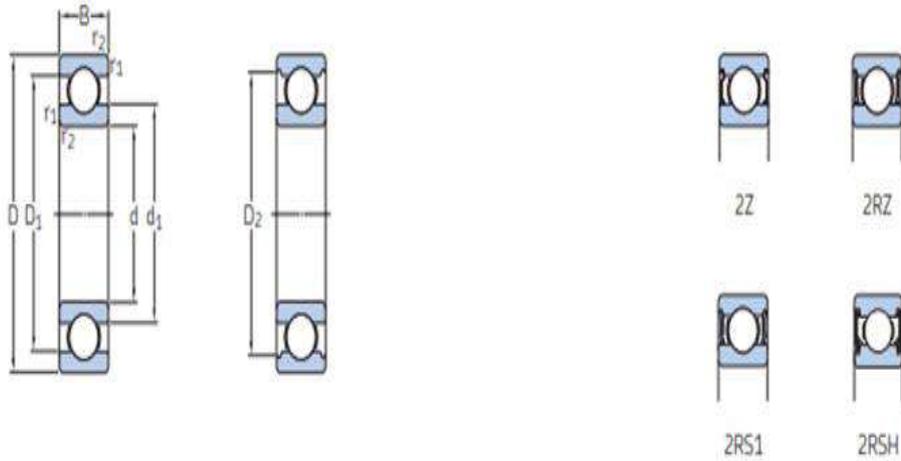
Ilustración 22-4: Rodamientos para aplicaciones industriales

Fuente: Robert y Mott, 2006.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 35 – 40 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹⁾
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
35 cont.	72	17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,26	6207 ETN9	-
	72	23	25,5	15,3	0,655	-	6 300	0,4	62207-2RS1	-
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	12 000	0,46	6307	-
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	17 000	0,54	6307 M	-
	80	21	35,1	19	0,815	-	6 000	0,46	6307-2RSH	6307-RSH
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	9 500	0,48	6307-27	6307-7
	80	31	33,2	19	0,815	-	6 000	0,68	62307-2RS1	-
	100	25	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,97	6407	-
40	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	13 000	0,034	61808-2RZ	-
	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	16 000	0,032	61808	-
	62	12	13,8	10	0,425	-	6 700	0,12	61908-2RS1	-

Ilustración 23-4: Rodamientos para aplicaciones industriales

Fuente: Robert y Mott, 2006.

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

Como se puede evidenciar mediante el catálogo, se deberá elegir el rodamiento 6207 ETN9 que corresponde a la chumacera P207.

4.8. Perno de regulación

Los dos pernos de regulación que se va a implementar en nuestro diseño tienen como función la regulación de la abertura de la mandíbula móvil para la salida del mineral. Es por lo que en nuestro diseño se ocupó dos pernos M16 X 150 mm.

4.9. Cálculo de las mandíbulas

4.9.1. Cálculo del área de la placa de mandíbula móvil (A_M)

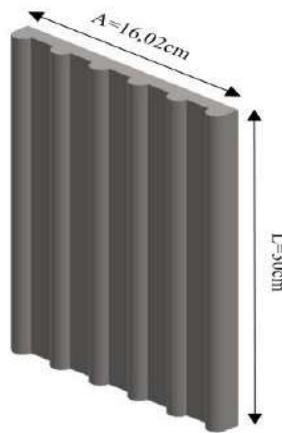


Ilustración 24-4: Área de la placa de mandíbula móvil

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

$$A_M = A * L$$

Donde:

A_M : Área de la placa de mandíbula móvil

A: Ancho de la placa de mandíbula móvil

L: largo de la placa mandíbula móvil

$$A_M = 16,02\text{cm} * 30\text{cm}$$

$$A_M = 480,6\text{cm}^2$$

$$A_M = 4,806\text{m}^2$$

4.9.2. Cálculo del área de la placa de mandíbula fija (A_F)

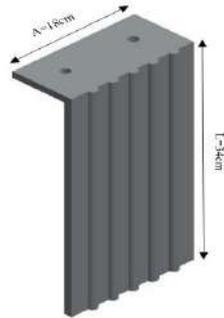


Ilustración 25-4: Área de la placa de mandíbula fija

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

$$A_M = A * L$$

Donde:

A_F : Área de la placa de mandíbula fija

A: Ancho de la placa de mandíbula fija

L: largo de la placa mandíbula fija

$$A_M = 18cm * 34cm$$

$$A_M = 612cm^2$$

$$A_M = 6,12m^2$$

4.10. Cálculo de la estructura de la TM

La estructura de la trituradora es la base que soporta todos los componentes del equipo además del impacto de la acción al triturar las minerales, por ende, para su diseño se debe optar por un material muy rígido y resistente. Para el material a utilizar se selecciona de la Tabla 10-4 (Propiedades de los aceros estructurales).

Para el diseño de nuestro equipo se utilizó acero estructural (ASTM A36), donde se obtiene lo siguiente:

$$\sigma_y: \text{Resistencia a la fluencia } (\sigma_y = 250Mpa = 255Kg/cm^2)$$

$$\sigma_u: \text{Resistencia límite de tensión } (\sigma_u = 400Mpa = 4079Kg/cm^2)$$

$$E: \text{Módulo de elasticidad } (E = 207Gpa = 2,1107Kg/cm^2)$$

La estructura está formada con las siguientes dimensiones tal como se indica en los planos:



Ilustración 26-4: Dimensiones de la estructura

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

En la base de la estructura se colocará una placa de 22,85cm*37cm aproximadamente en donde se ubicará el motor de 5Hp con un peso de 52 Kg.

4.10.1. Cálculo del área de la superficie de la estructura (A_{se})

$$A_{se} = A * L$$

Donde:

A_{se} : Área de la superficie de la estructura

A: Ancho de la estructura

L: Largo de la estructura

$$A_{se} = 47cm * 63,50cm$$

$$A_{se} = 2984,5cm^2$$

$$A_{se} = 0,29845m^2$$

4.10.2. Cálculo del área frontal de la estructura (A_{fe})

$$A_{fe} = h * L$$

Donde:

A_{fe} : Área frontal de la estructura

h: Altura de la estructura

L: Largo de la estructura

$$A_{fe} = 36cm * 63,50cm$$

$$A_{fe} = 2286 cm^2$$

$$A_{fe} = 0,2286 \text{ m}^2$$

4.10.3. Cálculo del área lateral de la estructura (A_{le})

$$A_{le} = h * A$$

Donde:

A_{le} : Área lateral de la estructura

h : Altura de la estructura

A : Ancho de la estructura

$$A_{le} = 36\text{cm} * 47\text{cm}$$

$$A_{le} = 1692\text{cm}^2$$

$$A_{le} = 1,692\text{m}^2$$

4.11. Masa aproximada de la trituración de mandíbulas

La masa aproximada de la triturado de mandíbulas se puede calcular con la suma de las masas de cada uno de los elementos que conforma el equipo.

Tabla 10-4: Masa que presenta la trituradora de mandíbulas

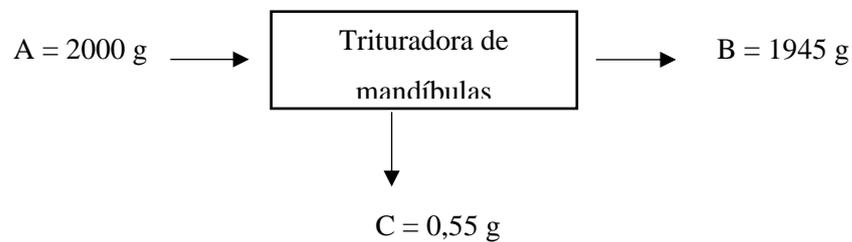
Partes del Equipo	Cantidad	Peso (Kg)	Peso total (Kg)
Motor	1	52	52
Cuerpo Principal	1	26	26
Eje excéntrico	1	5,27	5,27
Polea 41cm	1	1,25	1,25
Volante de inercia	1	20,45	20,45
Chumacera P207	2	1,65	3,30
Polea 8cm	1	0,40	0,40
Salida del material	1	0,91	0,91
Estructura soporte	1	13	13
Placa móvil	1	6,2	6,2
Placa fija	1	7,30	7,30
Camisa	1	9,36	9,36
Perno M16	2	0,48	0,96
Perno M18	2	0,28	0,56
Perno M12	4	0,17	0,68

Protectores	2	2,15	4,30
Tolva	1	5,70	5,70
Panel de control	1	0,7	0,7
Soportes	12	0,60	7,2
TOTAL	24		182,74

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.12. Balance de masa de la trituradora de mandíbulas

El balance de masa se realizó en base a una práctica, utilizando una alimentación de 2 kg donde se obtuvo los siguientes datos:



Donde:

A: alimentación del mineral

B: Salida del mineral

C: Pérdida del mineral

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$\%R = \frac{B}{A} * 100\%$$

$$\%R = \frac{1945}{2000} * 100\%$$

$$\%R = 97\%$$

4.13. Análisis de costos

Los gastos económicos que se invirtió en la construcción de la trituradora de mandíbulas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 11-4: Costo de materiales para la construcción de la trituradora

Materiales	Cantidad	Unidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Planchas de acero				

A36 de 1 x 2,50 m 8 mm de espesor	2	Unidad	170	340
Planchas de acero A36 de 1 x 1,50 m 10 mm de espesor	1	Unidad	135	135
Planchas de acero A36 de 2 x 1,50 m 2 mm de espesor	2	Unidad	65	130
Acero AISI 1080	1	Unidad	60	60
Mineral	20Kg	Unidad	20	20
Varilla ½ in y 30 cm	12	Unidad	0,50	6
Pernos M16	2	Unidad	3,5	7
Perno M18	2	Unidad	3,75	7,5
Pernos M12	4	Unidad	2,50	10
Pernos de construcción	18	Unidad	0,75	13,50
Poleas de transmisión de aluminio	2	Unidad	25	50
Rodamientos	4	Unidad	6	24
Chumaceras ¼ in	2	Unidad	30	60
Volante de inercia	1	Unidad	450	450
Platinas de acero 6 mm	4	Unidad	25	100
Motor marca WEG 5hp	1	Unidad	750	850
Arrancador directo cableado y toma eléctrica 220V	1	Unidad	100	100
Mano de obra	1		1300	1600
Bandas A79	2	Unidad	15	30
Patas de soporte	4	Unidad	5	20

regulables				
Llaves hexagonales 13,14 y 24	3	Unidad	2	6
Bandeja	1	Unidad	6	6
Total				\$ 4030,00

Realizado por: Guamanquispe, K.; Quizhpi, O., 2022.

4.14. Guía

4.14.1. Comprobaciones preliminares

- 1) Verificar que no exista ningún elemento obstruyendo el recorrido de las correas
- 2) Verificar que no exista ningún elemento tapando la ventilación del motor
- 3) Revisar que el equipo esté en una superficie plana y estable (que no se produzcan vibraciones al tratar de mover la máquina)
- 4) Comprobar la entrada de la máquina, no debe haber ningún elemento que no sea material triturable (piedras de hasta el tamaño máximo)
- 5) Comprobar que existe un depósito para el material saliente de la máquina y que su ubicación es adecuada: próxima a la salida de material triturado
- 6) Comprobar que no existan elementos retenidos en la tolva de la máquina
- 7) Verificar la conexión eléctrica: el motor debe estar conectado a una Fuente de 220 V

4.14.2. Puesta en marcha de la máquina

- 1) Ajustar la apertura de salida en función al material diámetro requerido de salida mediante los pernos de control situados en la parte posterior. Se puede requerir quitar la tolva para verificar el tamaño de salida, o también se puede comprobar esta medida desde la parte inferior de la máquina.
- 2) Encender la máquina desde el control del motor
- 3) Comprobar que la placa trituradora gira constante y fluidamente
- 4) Introducir gradualmente el material que requiere ser triturado mediante la tolva
- 5) Una vez que se confirma que está saliendo el material, volver a introducir material mediante la tolva
- 6) Una vez acabado el material a triturar, apagar la máquina desde el control y desenchufar la toma de corriente.

4.14.3. Limpieza post – trabajo

- 1) Verificar que la máquina no está conectada a la corriente eléctrica
- 2) Quitar la tolva mediante los pernos de anclaje que la unen al cuerpo de la máquina
- 3) Limpiar cualquier elemento que pudiere quedar en el cuello de la tolva
- 4) Comprobar y limpiar, si es requerido, la entrada de la tolva haciendo uso de una herramienta adecuada: una varilla de acero de hasta ½ in o un destornillador largo.
- 5) Desatornillar los pernos de control (hasta lo máximo posible) situados en la parte posterior para poder abrir la parte inferior de la mandíbula de trituración
- 6) Limpiar, en la medida de lo posible, los exteriores del ventilador de refrigeración del motor. SI este está muy sucio se puede requerir quitar su protección con un destornillado y hacer una limpieza más a fondo.
- 7) Una vez esté limpia la máquina, ensamblar nuevamente la tolva superior con los pernos de anclaje

CONCLUSIONES

- El diseño de la trituradora para la Planta Piloto para la obtención de metales preciosos tiene como finalidad afianzar los conocimientos de cada uno de los estudiantes que conforman la carrera de Ingeniería Química, debido a que en el transcurso de la carrera se ha evidenciado que la falta de este equipo en la Facultad ha generado grandes vacíos en los estudiantes, dado que no han logrado percibir su funcionamiento en la vida real, lo cual ha generado grandes vacíos en el entendimiento específicamente de la materia de mineralogía, por lo que se ha visto la necesidad de implementar un equipo que resuelva esta problemática, a partir de los conocimientos de Operaciones Unitarias, Balance de Masa y Metalurgia siendo los pilares fundamentales para la construcción del equipo de trituración.
- La construcción de la trituradora de mandíbulas presenta varias condiciones que lo convierten en un equipo idóneo para el laboratorio de Mineralogía, siendo su rendimiento, confiabilidad y su excelente eficiencia los factores que permiten que la operación de trituración se realice de manera ideal teniendo un índice de reducción alto, dando a conocer que la disminución de tamaño de un determinado mineral será extraordinaria, no obstante al hablar de mantenimiento de la misma cabe destacar que es desmontable ya que cada uno de los elementos que lo conforman se los puede reemplazar cuando no tengan el mismo rendimiento o con el paso del tiempo lleguen a deteriorarse, de igual manera algo a considerar es que presenta aislantes cuya función es evitar la contaminación auditiva de los usuarios que lo estén utilizando.
- Las variables que se encontraron involucradas en el diseño y construcción de nuestro equipo fue la relación de reducción, de cual depende el número de veces que se reduce el mineral de estudio, no obstante, los parámetros que influyen en el diseño son: el ancho de alimentación en el cual ingresará el mineral a ser tratado teniendo en cuenta que debe presentar un porcentaje del 15% mayor al tamaño máximo del mineral, el desplazamiento de la mandíbula móvil generando un movimiento para la trituración, contando con un ángulo de sujeción de 19 grados entre mandíbulas, mientras que por medio de iteraciones que la velocidad de rotación del eje será de 335 rpm misma que ayudará a la selección de dos bandas a través de un factor de servicio correspondiente a 1,6, además el motor que se aplicó para el funcionamiento de la trituradora es de 5 Hp debido a la dureza que presenta el mineral, haciendo énfasis en uno de dureza siete para lograr fragmentarlo de manera eficiente.
- Se validó la trituradora de mandíbula mediante pruebas de funcionamiento realizadas en el laboratorio de Mineralogía el día 08 de agosto del 2022, con la ayuda de los materiales y reactivos correspondientes se desarrolló una práctica de reducción de tamaño, donde resaltó el equipo de trituración debido a que los elementos e instalaciones que lo conforman son las adecuadas para que se logre el objetivo de fragmentar un determinado mineral, conduciendo así a los resultados anhelados y esperados de nuestro equipo.

- Se creó el manual de usuario, siendo un instrumento cuyo propósito se basa en la información que se debe considerar con respecto al equipo de trituración, como es el caso de las comprobaciones preliminares y verificación de que no exista ningún elemento que obstruya, dañe o perjudique el equipo, asimismo este instrumento ayuda a conocer la manera ideal en la que se debe utilizar el equipo y la limpieza responsable post - trabajo para que no exista polvo y mucho menos partículas pequeñas que deterioren los elementos de la trituradora de mandíbulas y desgasten al mismo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que antes de iniciar con el funcionamiento del equipo de trituración, se brinde una capacitación previa de las características, funcionamiento, elementos que contiene y los riesgos que presenta su mal uso para evitar cualquier peligro en futuras prácticas, además que ayudará a los estudiantes al ser más responsables con el manejo de la trituradora de mandíbulas.
- Es recomendable que después de cada práctica realizada se brinde la limpieza correspondiente al equipo, ya que al trabajar con minerales los cuáles van a ser fragmentados, por ende, generan polvo y un material particulado muy pequeño teniendo como consecuencia el deterioro de los elementos, como sugerencia la limpieza se la debe elaborar con un compresor, para que la limpieza sea ideal.
- Se sugiere que el mineral que va a ser suministrado en el equipo presente un diámetro menor o igual a 7 cm, debido a que el ancho de la mandíbula tiene que ser un 15 al 20% mayor al tamaño máximo del mineral de alimentación, de igual forma el mineral no debe presentar una dureza mayor a 7 de acuerdo a la Escala de Mohs.
- Se recomienda utilizar los equipos de protección personal durante la manipulación del equipo, como son los protectores auditivos, las gafas, mandil, guantes de cuero para prevenir cualquier incidente, de igual manera en el caso de no conocer el funcionamiento del equipo preguntar al técnico docente encargado.
- Al momento de ingresar el mineral en el equipo es recomendable hacerlo de manera cautelosa, caso contrario produciría una aglomeración en el equipo y como consecuencia ocasionaría el deterioro del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

ADMINTRIDOC. Tridoc: Trituración móvil de documentos. *ADMINTRIDOC* [En línea]. 15 de febrero de 2019. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://tridoc.com.mx/materiales-que-se-pueden-triturar/>

AZA, C.; & CAMARGO, I. Elaboración de un manual de operaciones mineras y trituración hazemag mina belencito [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Sogamoso. Colombia. 2015. pp. 1-110. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1532/1/TGT-270.pdf>

BAIONI. El origen de la trituración: de ayer a hoy. *Baioni.it* [En línea]. 25 de agosto de 2021. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.baioni.it/es/el-origen-de-la-trituracion/>

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Sector minero. *BCE* [En línea]. 2017. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

BARREIRO, J. Muelas de trituradoras de quijada. *COMESA* [En línea]. 2022. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.comesa.com.pe/jaw-plate-jaw-crusher/>

BLANCO, E. *Tecnología mineralúrgica: Introducción a la mineralúrgica*. 2022.

CALLISTER, W. *Ciencia e Ingeniería de materiales*. Barcelona: Reverté. 2016.

CORTEC MECANIZADOS. Fabricantes de ejes excéntricos. *CORTEC* [En línea]. 2019. [Consulta: 2 agosto 2022]. Disponible en: Obtenido de <https://cortec.es/servicios/fabricantes-ejes-excentricos/#:~:text=Con%20los%20ejes%20exc%C3%A9ntricos%20se,movimiento%20giratorio%20en%20lineal%20alternativo.>

COSMOS. Trituradoras industriales. *Cosmos* [En línea]. 2022. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <https://trituradorasindustriales.com/>

COULSON, J.; & RICHARDSON, J. *Ingeniería Química: Operaciones básicas Tomo II* [En línea]. Barcelona: Reverté S.A. 2003. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/05_Apunte%20Trituracion.pdf

EAGLE CRUSHER. . What Is Primary, Secondary, and Tertiary Crushing? [En línea]. 10 de julio de 2020. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <http://eaglecrusher.com/what-is-primary-secondary-and-tertiary-crushing/>

GARCÍA, A. *Diseño de máquina trituradora de áridos de impacto*. Santander. 2016.

GARCÍA, A. Diseño de una máquina separadora y trituradora de paneles de aluminio [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías. 2020. pp.1-225 Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8213/1/4142830-2020-2-IM.pdf>

GARCÍA, C. Las rocas. Tipo y ciclo. *Mailxmail.com.* ? [En línea]. 2009. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-rocas-tipos-ciclo/trituradoras-rocas-minerales>

GILSON, T. Diseño de una planta trituradora y molienda de piedra para la extracción de oro [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil-Ecuador. 2016, pp. 1.211.

GÓMEZ, J. ¿Qué es el volante de inercia o volante motor y para qué se utiliza? *DIARIOMOTOR* [En línea]. 2021. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/volante-de-inercia-motor/>

GUERRERO, C. Análisis del bronce fosforado de corte libre c54400 combinado por mezcla de polvos, y su incidencia en la dureza, tracción e impacto. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2020. pp. 1-116.

JACOME, H. El origen de la trituración: de ayer a hoy. *BAOIONI* [En línea]. 2014. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.baioni.it/es/el-origen-de-la-trituracion/>. Quito. 2014.

KIA CORPORATION. ¿Qué significa hp en autos? *KIA* [En línea]. 2021. [Consulta: 2 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.kia.com/pe/util/news/-que-significa-hp-en-autos-.html>

KIRNOSOV, V. *Medición de fuerzas y dureza*. Habana: Biblioteca Nacional Jose Marti. 2985.

KREATIVEWORK. Trituración y molienda de materiales. *Sotecma* [En línea]. 2022. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.sotecma.es/proceso-trituracion-molienda-minerales/>

LEROY MERLÍN. Polea. *Bricopedia* [En línea]. 2022. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en:

<https://www.leroymerlin.es/bricopedia/polea#:~:text=La%20polea%20es%20un%20sistema,eje%20donde%20gira%20un%20cordel>

LÓPEZ, A.; & TAMAÑO, Ó. “Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales”. *Revista Latinoamericana de Estudios*, vol. 1, n°1 (2012), pp. 2-4.

MCCABE, W. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México D.F.: McGraw-Hill. 2007.

METSO:OCTOTEC. Chancadores: Para todo tipo de reducción de tamaños. *Metso* [En línea]. 2021. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.mogroup.com/es/productos-y-servicios/plantas-y-equipos-de-capital/chancadores/>

MINISTERIO DE LA MINERÍA. Ecuador Catálogo Minero. *Issuu* [En línea]. 2016. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: https://issuu.com/mineriaecuador/docs/master_catalogo_mineria_final_esp_0

MIRANDA, C. Trituradoras mandíbulas I. *Apuntes de ingeniería mecánica* [En línea]. 2014. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://apuntes-ing-mecanica.blogspot.com/2014/01/trituradoras-quiadas-i.html?m=0>

MODENESE, P. Herramientas más usadas en la construcción. *Artículos* [En línea]. 2016 [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.manualdeobra.com/blog/2016/6/20/herramientas>

ORTIZ, C.; & FLORES, J. Diseño de trituradora de mandíbula de simple. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Industria. Managua. 2012. pp. 1-113.

ORTIZ, E.; & TIRADO, R. Diseño y construcción de una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas. Bucaramanga. 2005. pp. 1-147.

PEREZ, V. Diseño y construcción de una trituradora de materia vegetal. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. Mexico. 2011. pp. 1-186.

QUEZADA, G. ¿Qué importancia tienen los laboratorios en la educación? *Dialoguemos* [En línea]. 2019. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://dialoguemos.ec/2019/04/que-importancia-tienen-los-laboratorios-en-la-educacion/>

RAMIREZ, N. Procesos Industriales. *Proindustriales* [En línea]. 2013. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <http://proindustriales.blogspot.com/2013/05/trituracion.html>

REPRESENTACIONES INDUSTRIALES REINCOS SA DE CV. ¿Qué es una chumacera? [En línea]. 06 de Junio de 2018. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.reincos.mx/blog/articles/que-es-una-chumacera-#:~:text=Una%20chumacera%20es%20un%20dispositivo,m%C3%BAltiples%20maquinarias%20de%20la%20industria>

ROBERT, L.,& MOTT, P. *Diseño De Elementos De Maquinas*. New York: PEARSON educacion. 2006.

RODRIGUEZ, R. Los minerales metálicos. *Geología venezolana* [En línea]. 25 de Junio de 2011. [Consulta: 12 febrero 2022]. Disponible en: <https://geologiavenezolana.blogspot.com/2011/06/los-minerales-metalicos.html>

S.A, COMPAÑÍA DE ACEROS. Aceros especiales. *Manual de obra* [En línea]. 2020. [Consulta: 12 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.manualdeobra.com/blog/2016/6/20/herramientas>

SHUBIN, V., & PEDRE, C. *Diseño de Maquinaria Industrial*. Cuba: Pueblo y Educacion. 1997.

SMOL, M.; et al. “Importance of Sustainable Mineral Resource Management in Implementing the Circular Economy”. *MDPI*, vol. 1, n°1 (2020) pp. 2 -21.

TOREC. Tornillo Hexagonal Inoxidable - M16 x. [En línea]. 2022. [Consulta: 12 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.torec.mx/products/thmin16x50>

UNIVERSIDAD POLIÉCNICA DE CARTAGENA. *Reducción de Tamaño: Trituración - Parte 3.* 2021.

VEGA, G. Análisis de la inversión extranjera directa en ecuador y su incidencia en la extracción minera metálica en el periodo 2007-2014. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 2018. pp. 1-107

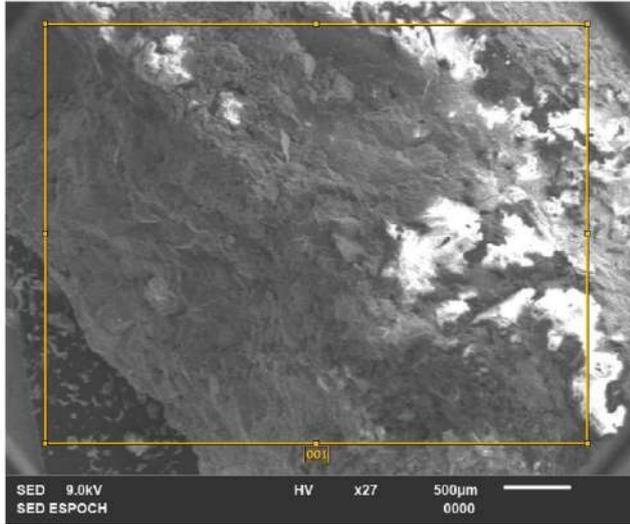
YEPES, V. (2015). Trituradoras. *Academia.edu* [En línea]. 2015. [Consulta: 12 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.academia.edu/22551806>



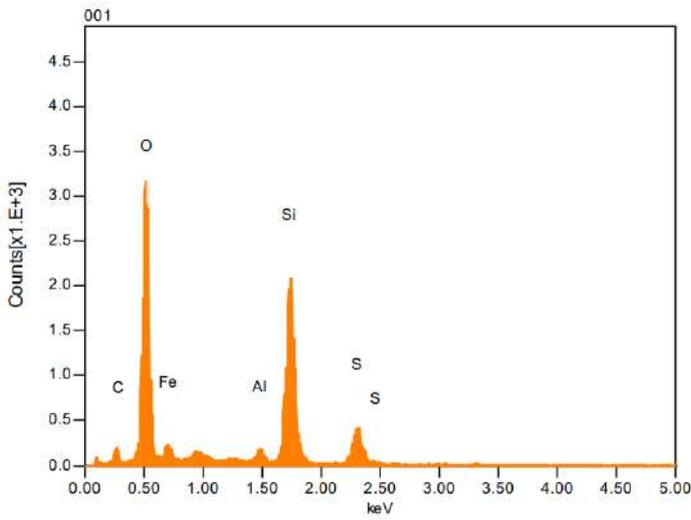
ANEXOS

ANEXO A: PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE ENTRADA EN LA TRITURADORA

001



Volt : 9.00 kV
 Mag. : x 27
 Date : 2022/08/04
 Pixel : 640 x 480

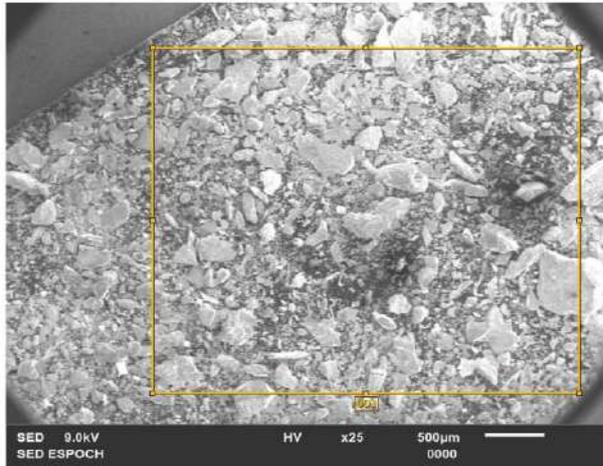


Acquisition Condition
 Instrument : IT100LA
 Volt : 9.00 kV
 Current : ---
 Process Time : T4
 Live time : 94.60 sec.
 Real Time : 96.63 sec.
 DeadTime : 3.00 %
 Count Rate : 804.00 CPS

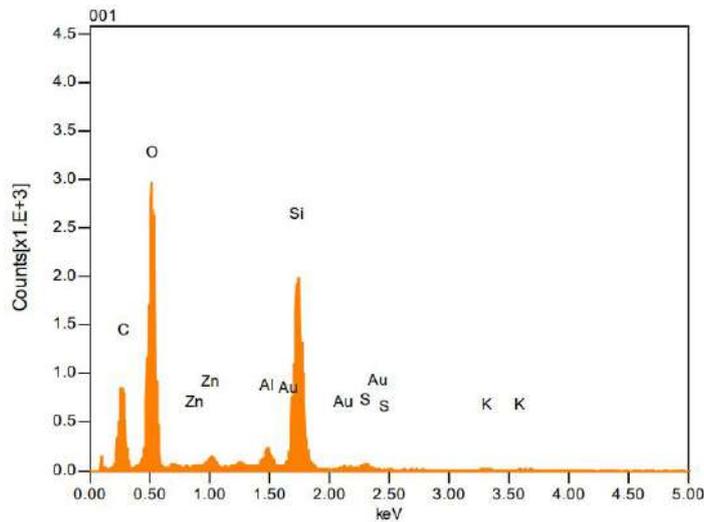
Formula	mass%	Atom%	Sigma	Net	K ratio	Line
C	2.08	11.56	0.06	812	0.0051659	K
O	12.28	51.28	0.06	16618	0.1007659	K
Al	0.56	1.39	0.02	1067	0.0039237	K
Si	9.15	21.77	0.06	16540	0.0692979	K
S	3.00	6.24	0.04	3852	0.0210071	K
Fe	6.49	7.76	0.19	1792	0.0252941	L
Total	33.56	100.00				

ANEXO B: PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE ENTRADA EN EL MOLINO DE BOLAS

002



Volt : 9.00 kV
 Mag. : x 25
 Date : 2022/08/04
 Pixel : 640 x 480

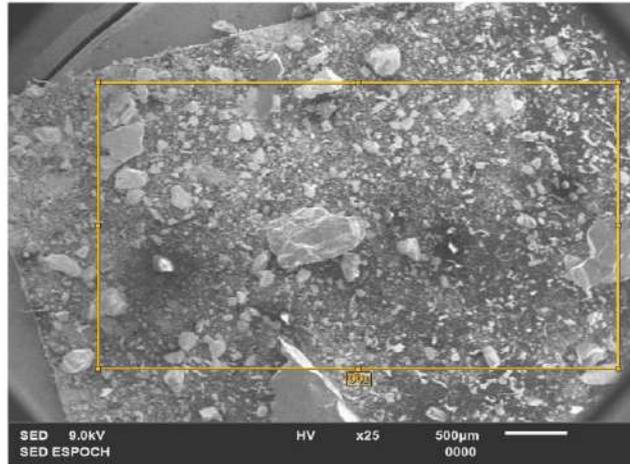


Acquisition Condition
 Instrument : IT100LA
 Volt : 9.00 kV
 Current : ---
 Process Time : T4
 Live time sec. : 120.00
 Real Time sec. : 121.95
 DeadTime : 1.00 %
 Count Rate CPS : 644.00

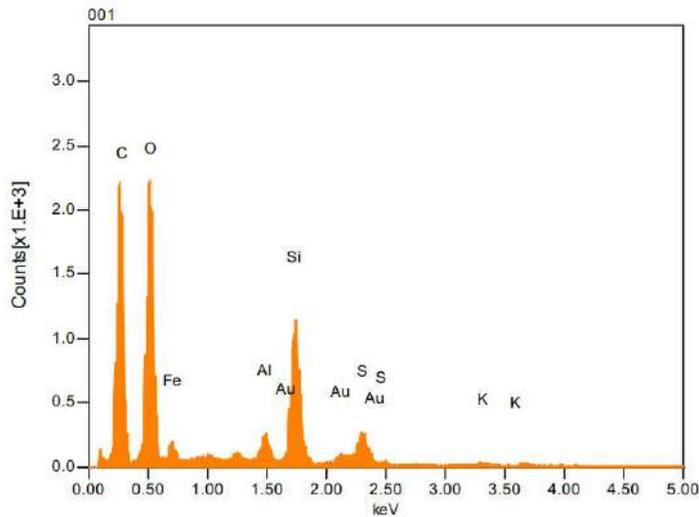
Formula	mass%	Atom%	Sigma	Net	K ratio	Line
C	6.89	36.58	0.07	4253	0.0213402	K
O	11.24	44.79	0.06	15342	0.0733395	K
Al	0.57	1.35	0.02	1401	0.0040593	K
Si	6.88	15.62	0.05	15867	0.0524059	K
S	0.31	0.61	0.01	496	0.0021344	K
K	0.20	0.33	0.02	191	0.0014553	K
Zn	0.54	0.53	0.03	705	0.0026399	L
Au	0.58	0.19	0.05	448	0.0026881	M
Total	27.23	100.00				

ANEXO C: PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE ENTRADA DE LA CELDA DE FLOTACIÓN

003



Volt : 9.00 kV
 Mag. : x 25
 Date : 2022/08/04
 Pixel : 640 x 480

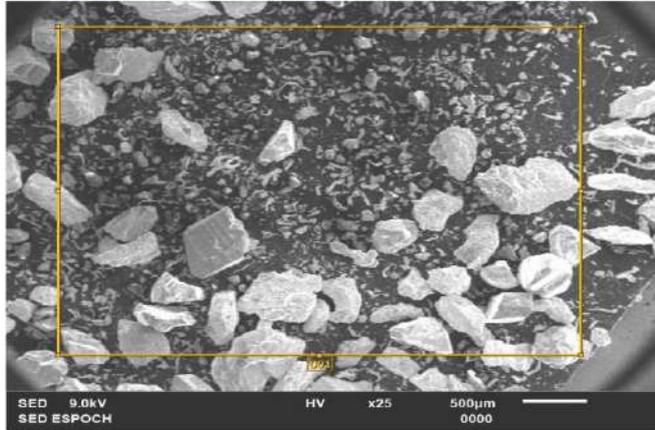


Acquisition Condition
 Instrument : IT100LA
 Volt : 9.00 kV
 Current : ---
 Process Time : T4
 Live time : 120.00 sec.
 Real Time : 121.85 sec.
 DeadTime : 1.00 %
 Count Rate : 644.00 CPS

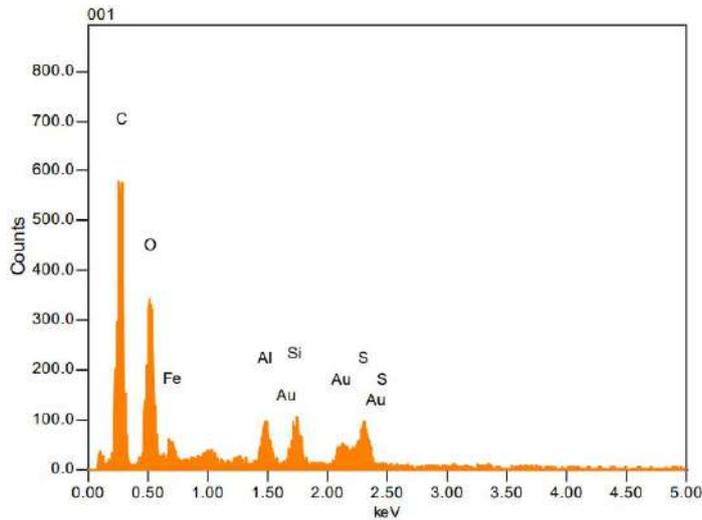
Formula	mass%	Atom%	Sigma	Net	K ratio	Line
C	13.12	55.27	0.08	10656	0.0534748	K
O	9.51	30.10	0.06	11728	0.0560618	K
Al	0.61	1.14	0.02	1490	0.0043181	K
Si	3.68	6.63	0.04	8573	0.0283155	K
S	1.38	2.17	0.02	2362	0.0101549	K
K	0.25	0.33	0.02	248	0.0018906	K
Fe	4.49	4.07	0.14	1453	0.0161685	L
Au	1.14	0.29	0.07	889	0.0053379	M
Total	34.17	100.00				

ANEXO D: PRUEBA MICROSCOPICA DEL MINERAL DE SALIDA DE LA CELDA DE FLOTACIÓN

004



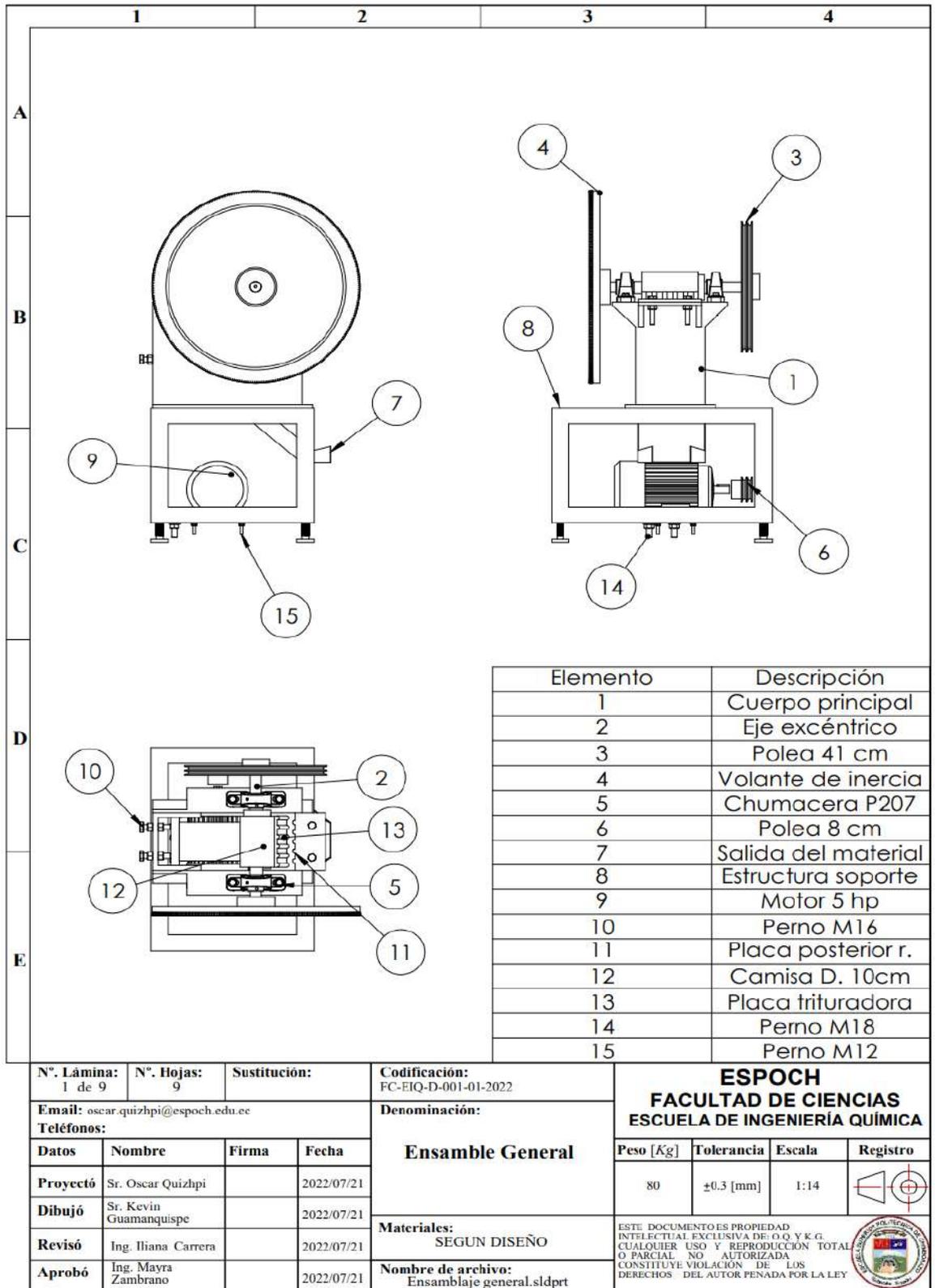
Volt : 9.00 kV
 Mag. : x 25
 Date : 2022/08/04
 Pixel : 640 x 480



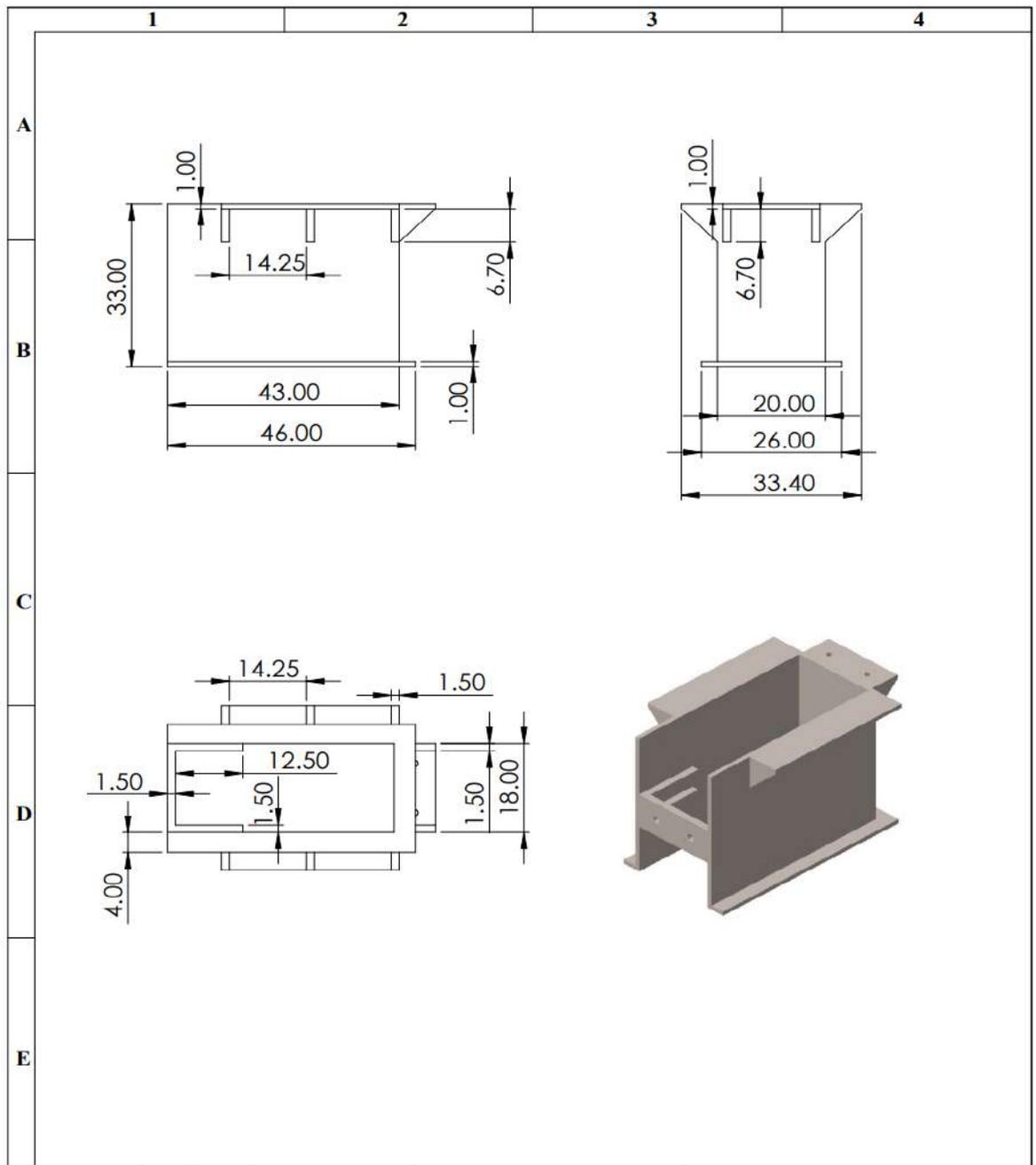
Acquisition Condition
 Instrument : IT100LA
 Volt : 9.00 kV
 Current : ---
 Process Time : T4
 Live time : 30.78 sec.
 Real Time : 31.27 sec.
 DeadTime : 2.00 %
 Count Rate : 472.00 CPS

Formula	mass%	Atom%	Sigma	Net	K ratio	Line
C	12.89	64.34	0.14	2948	0.0576744	K
O	5.87	21.99	0.09	1781	0.0331948	K
Al	0.91	2.02	0.04	590	0.0066651	K
Si	1.17	2.50	0.05	718	0.0092400	K
S	1.79	3.35	0.05	812	0.0136120	K
Fe	4.55	4.89	0.28	407	0.0176579	L
Au	3.01	0.92	0.18	618	0.0144588	M
Total	30.20	100.00				

ANEXO E: PLANOS DE LAS PARTES DE UNA TRITURADORA DE MANDÍBULA

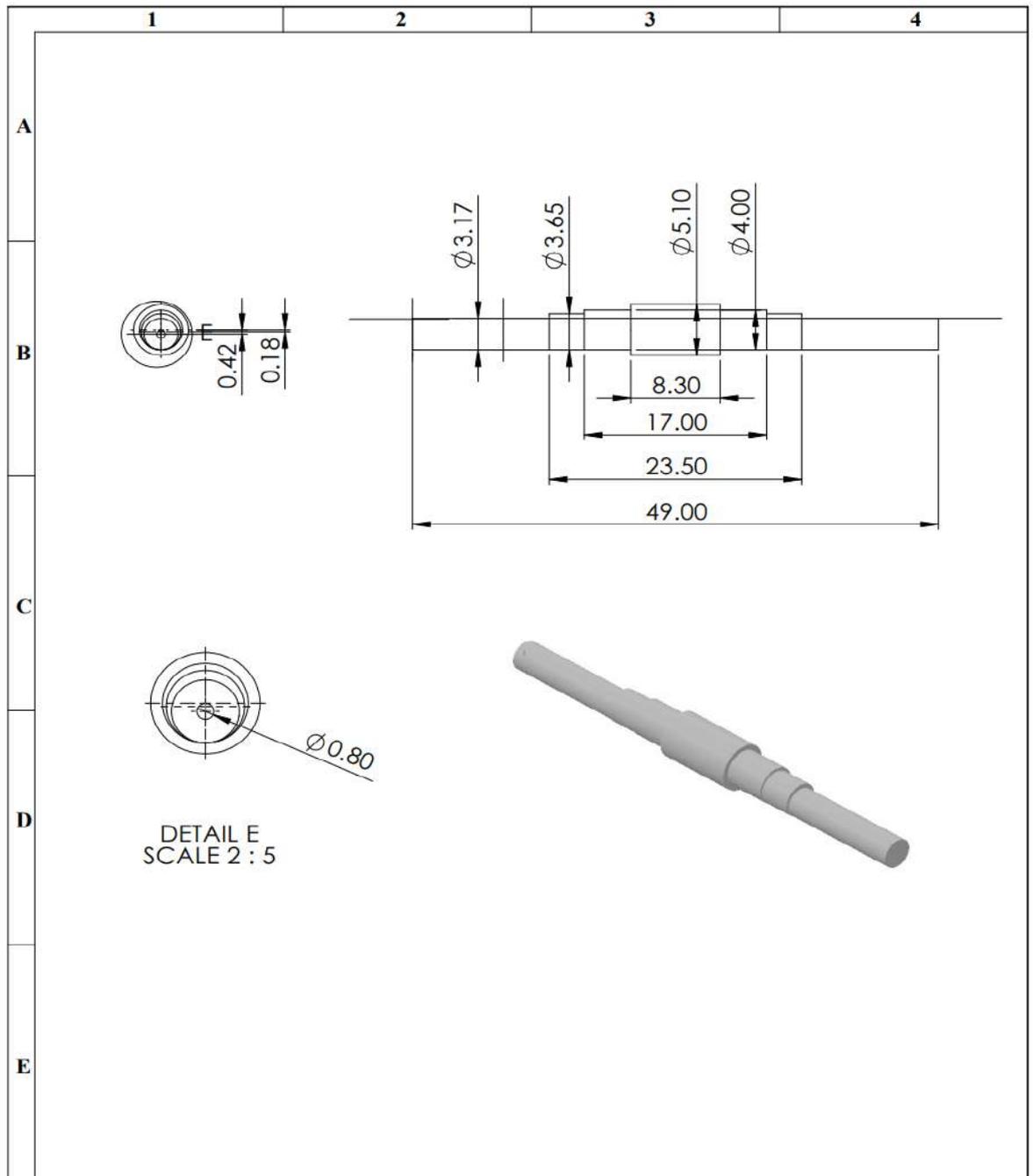


ANEXO F: PLANOS DEL CUERPO DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



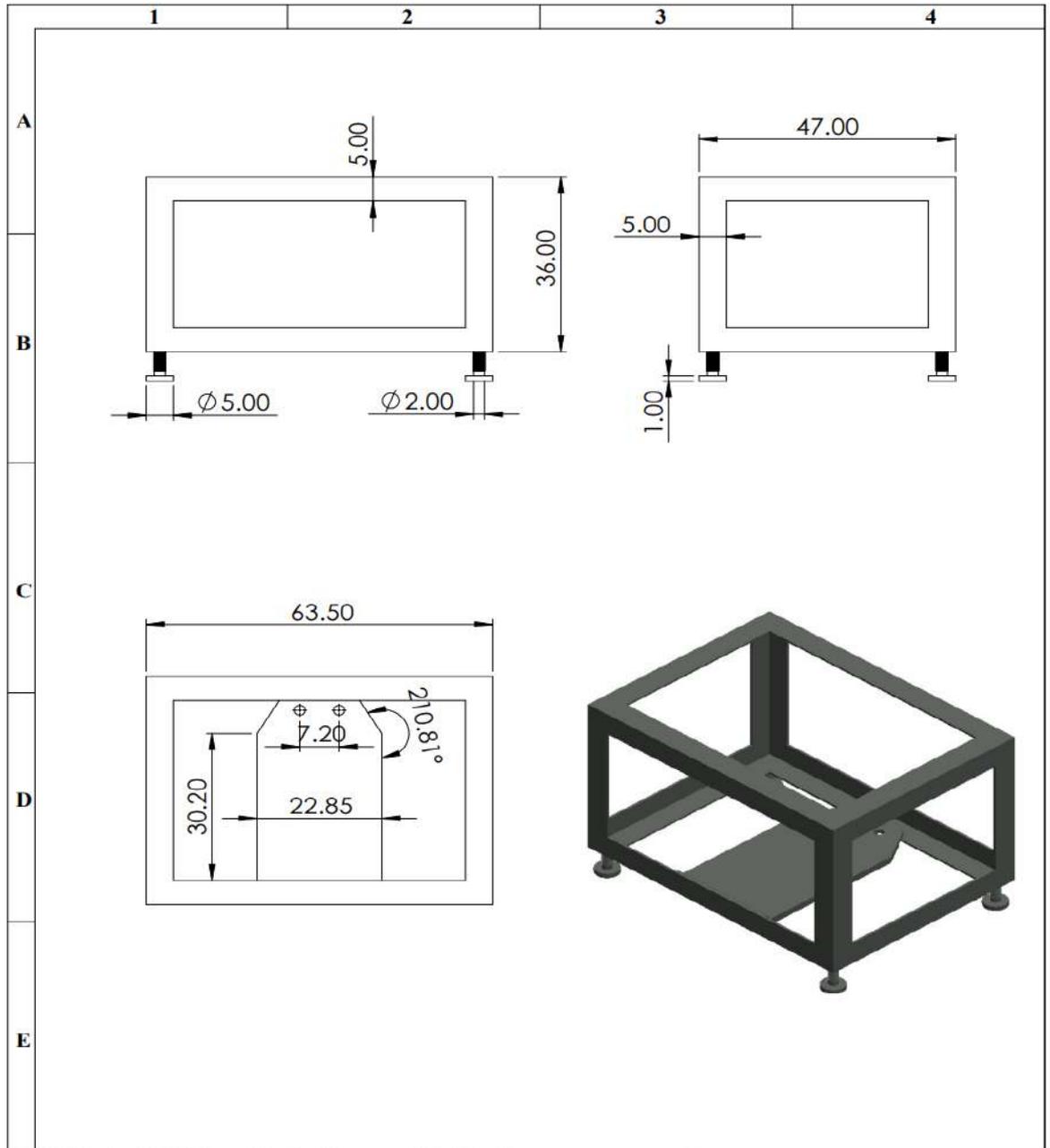
N°. Lámina: 2 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA				
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec Teléfonos:			Cuerpo	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
				26	±0.3 [mm]	1:10		
Datos	Nombre	Firma		Fecha	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: O.S. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi			2022/07/21				
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe			2022/07/21				
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21					
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21	Materiales: A36		Nombre de archivo: Cuerpo.sldprt		

ANEXO G: PLANOS DEL EJE EXCÉNTRICO DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



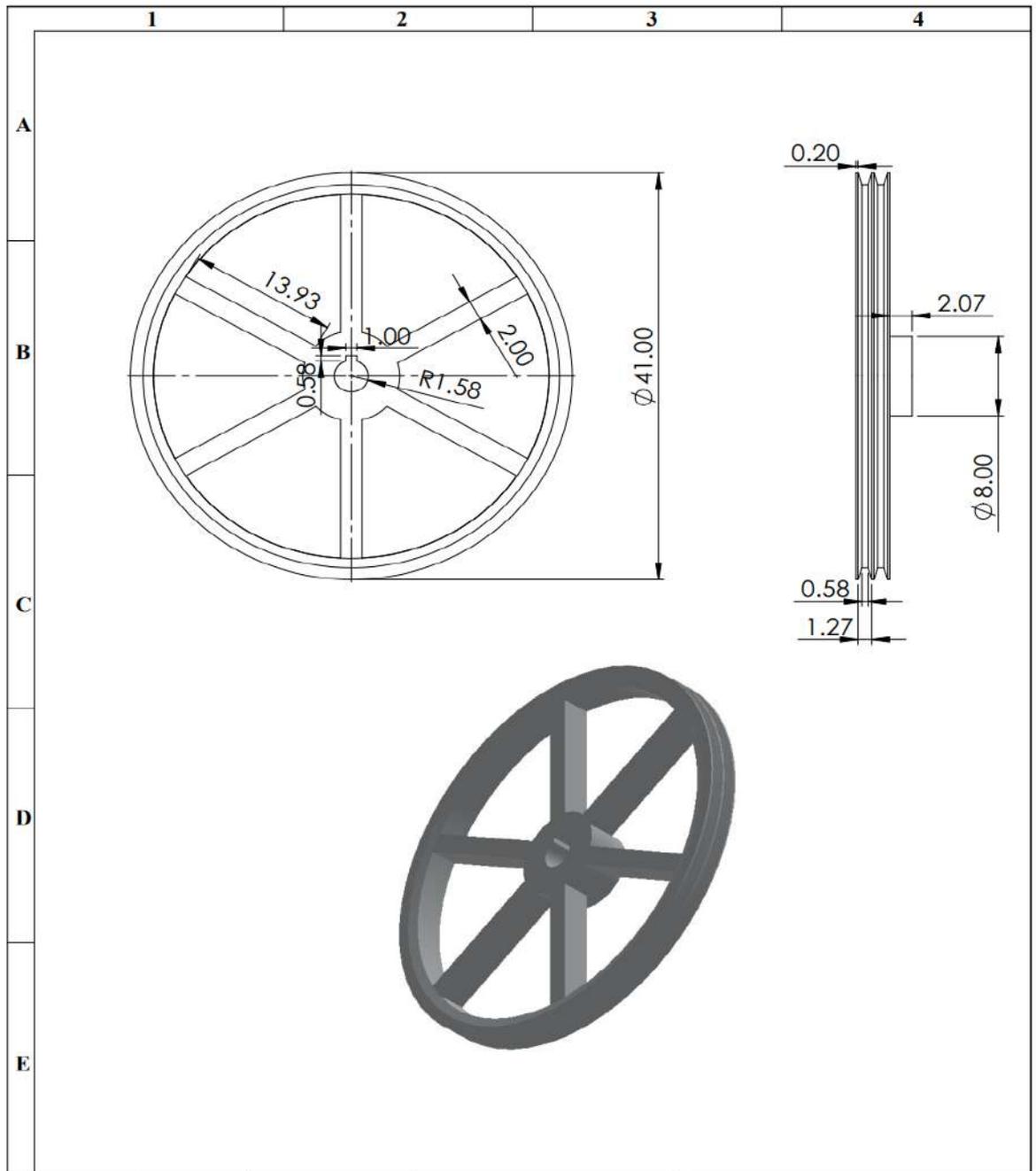
N°. Lámina: 3 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA							
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos:		Eje excéntrico		4		±0.3 [mm]		1:5							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: O.Q. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY									
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi		2022/07/21	Acero de transmisión											
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe		2022/07/21	Nombre de archivo:											
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21	Eje excéntrico.sldprt											
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21												

ANEXO H: PLANOS DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



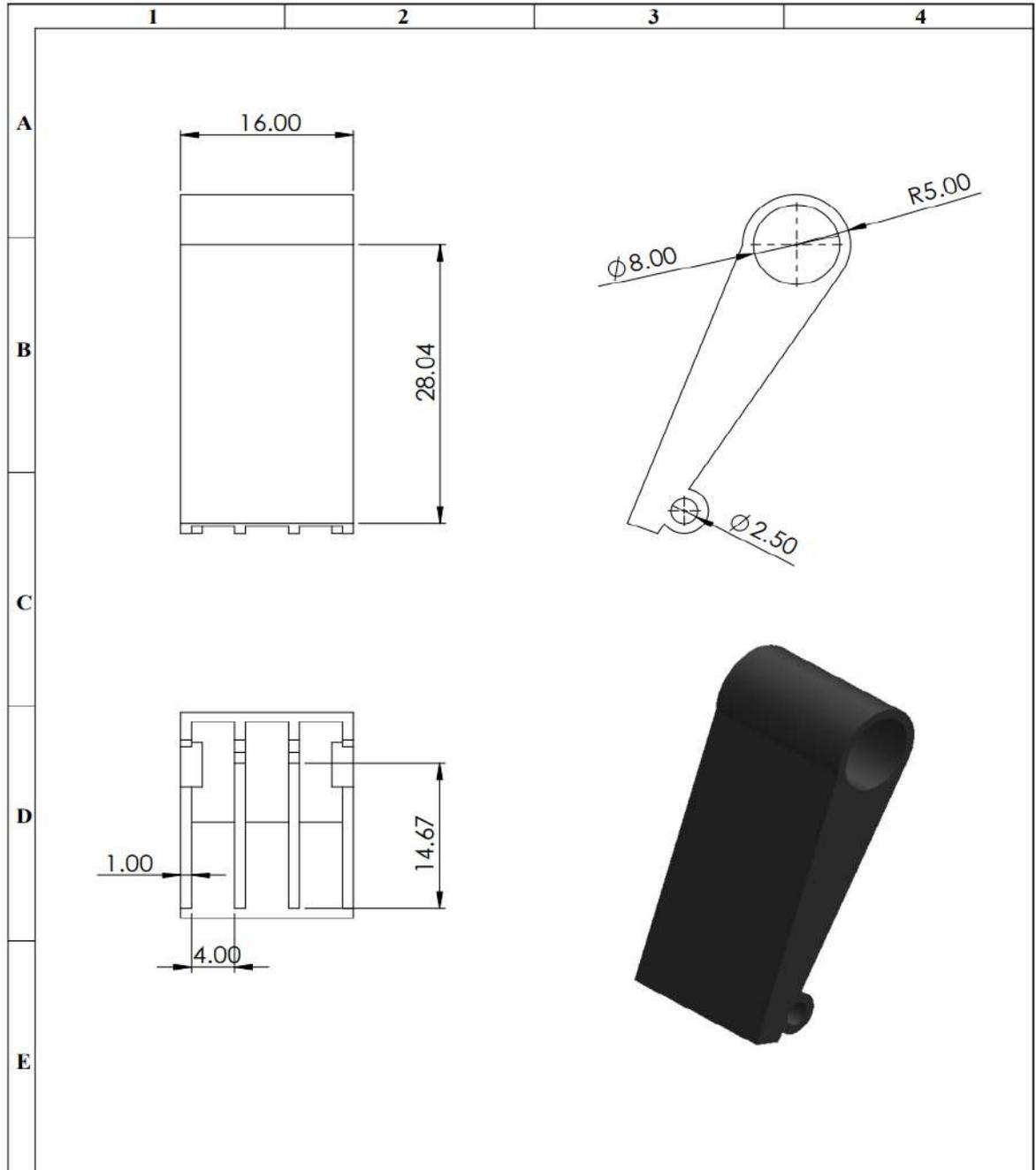
N°. Lámina: 4 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA							
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos:						Estructura		4		±0.3 [mm]		1:10			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Acero estructural				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE O.Q. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi		2022/07/21	Nombre de archivo: Estructura											
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe		2022/07/21												
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21												
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21												

ANEXO I: PLANOS DE LA POLEA MAYOR DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



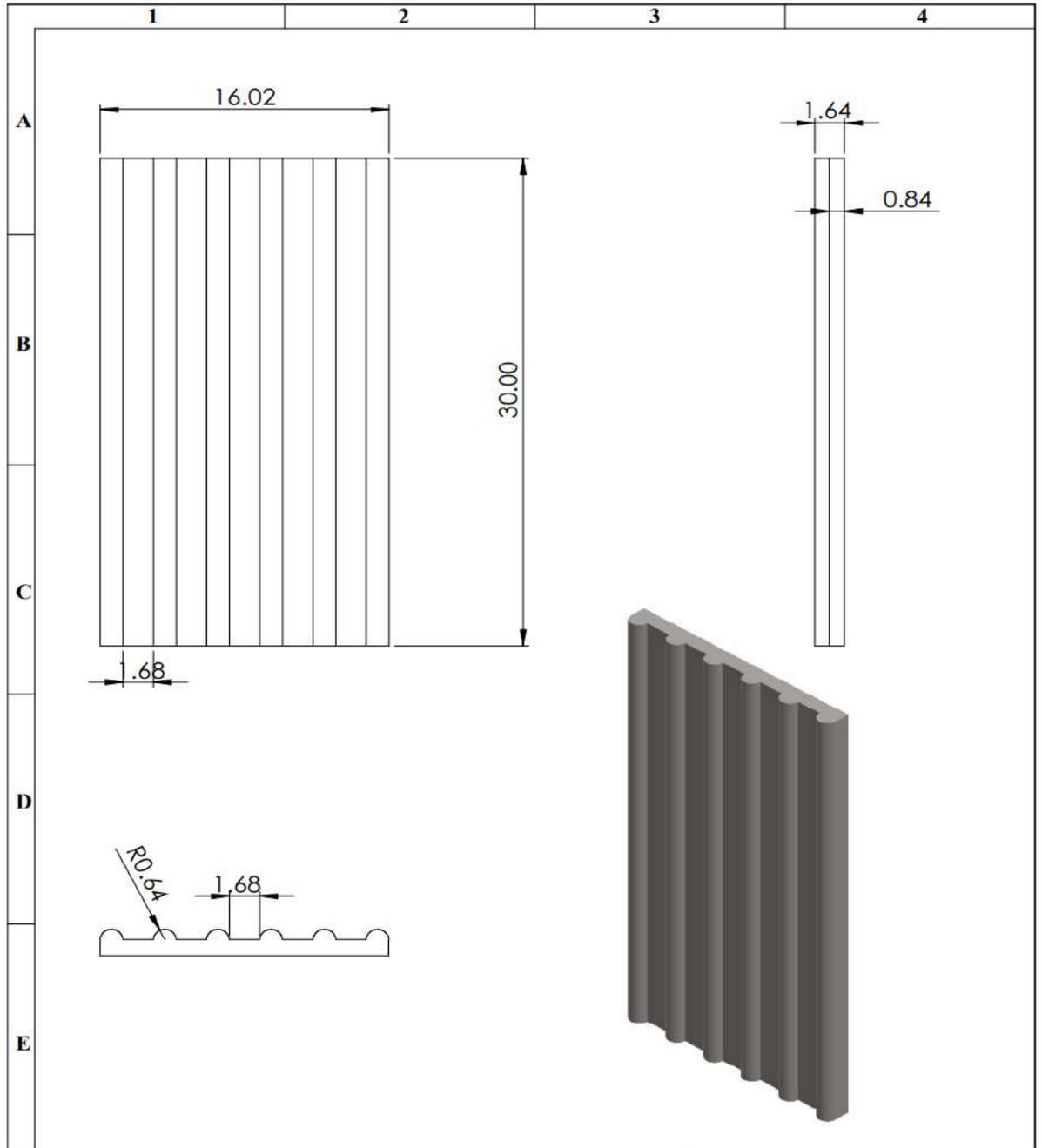
Nº. Lámina: 5 de 9		Nº. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec Teléfonos:						Denominación: Polea 41 cm					
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Materiales: Aluminio		2	±0.3 [mm]	1:5	
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi		2022/07/21								
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe		2022/07/21								
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21								
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21	Nombre de archivo: Polca 41cm.sldprt		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: O.O. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>					

ANEXO J: PLANOS DE LA CAMISA Y SOPORTE DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



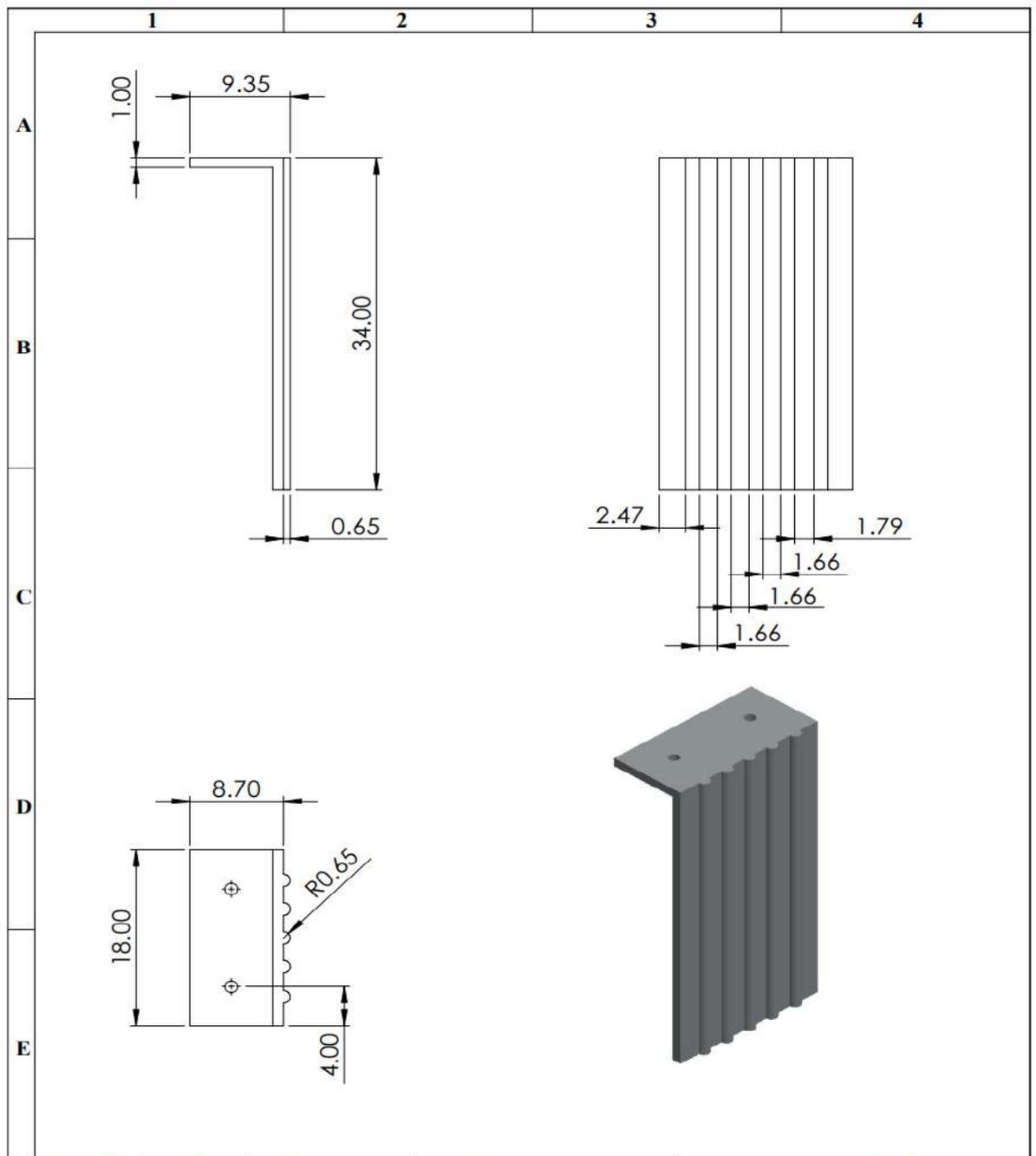
N°. Lámina: 6 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA											
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec						Denominación:		<table border="1"> <tr> <td>Peso [Kg]</td> <td>Tolerancia</td> <td>Escala</td> <td>Registro</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>±0.3 [mm]</td> <td>1:5</td> <td></td> </tr> </table>				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	3.5	±0.3 [mm]	1:5	
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro																
3.5	±0.3 [mm]	1:5																	
Teléfonos:						Camisa y soporte													
Datos	Nombre	Firma	Fecha																
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi		2022/07/21																
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe		2022/07/21																
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21																
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21																
						Materiales: A36		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE O.O. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY											
						Nombre de archivo: Camisa.sldprt													

ANEXO K: PLANOS DE PLACA MÓVIL DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



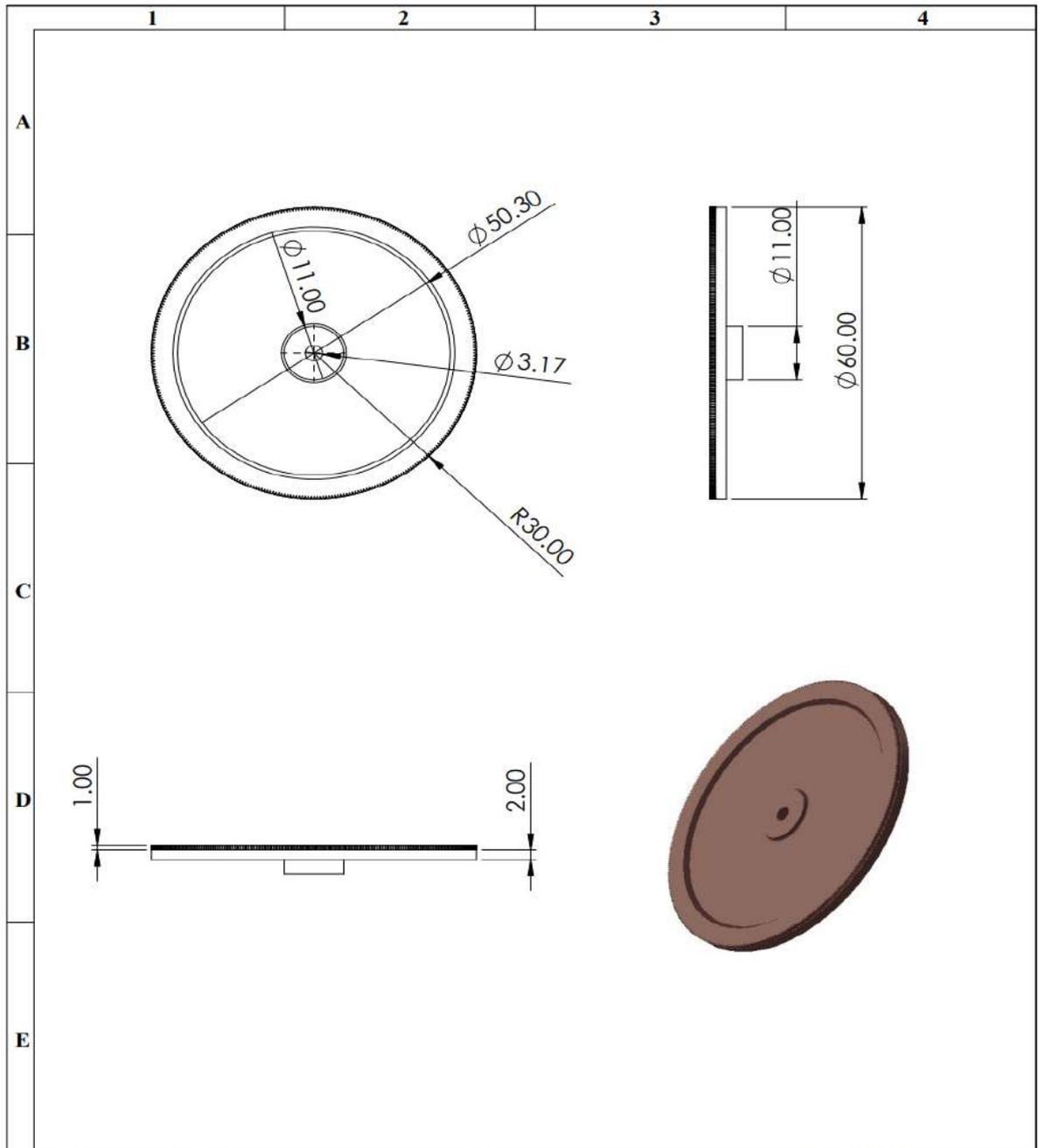
N°. Lámina: 7 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA											
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Placa trituradora				4.2		±0.3 [mm]		1:3			
Proyectó		Sr. Oscar Quizhpi				2022/07/21						Materiales:		A36		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE O.O. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó		Sr. Kevin Guamanquispe				2022/07/21		Nombre de archivo: Placa trituradora.sldprt											
Revisó		Ing. Iliana Carrera				2022/07/21													
Aprobó		Ing. Mayra Zambrano				2022/07/21													

ANEXO L: PLANOS DE LA PLACA FIJA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



N°. Lámina: 8 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec						Denominación:					
Teléfonos:						Placa posterior		2	±0.3 [mm]	1:5	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:				A36 ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: O.Q. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi		2022/07/21	Nombre de archivo:							
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe		2022/07/21	Placa posterior.sldprt							
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21								
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21								

ANEXO M: PLANOS DEL VOLANTE DE INERCIA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULA



N°. Lámina: 9 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FC-EIQ-D-001-01-2022		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA							
Email: oscar.quizhpi@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos:						Volante de inercia		13		±0.3 [mm]		1:10			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Hierro fundido				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE O.Q. Y K.G. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó	Sr. Oscar Quizhpi		2022/07/21	Nombre de archivo: Volante de inercia.sldprt											
Dibujó	Sr. Kevin Guamanquispe		2022/07/21												
Revisó	Ing. Iliana Carrera		2022/07/21												
Aprobó	Ing. Mayra Zambrano		2022/07/21												

ANEXO N: PARTES PRINCIPALES DE TRITURADORA DE MANDÍBULAS

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Realizado por: Guamnquispe, Ismael & Quizhpi, Oscar., 2022.</p>	PARTES PRINCIPALES DE LAS CUALES ESTÁ FORMADO LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS		
<p>a. Estructura y cuerpo soporte de la trituradora.</p> <p>b. Volante de inercia.</p> <p>c. Polea de 41 cm.</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/05/08

ANEXO O: PARTES PRINCIPALES DE TRITURADORA DE MANDÍBULAS

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Realizado por: Guamnquispe, Ismael & Quizhpi, Oscar., 2022.</p>	PARTES PRINCIPALES DE LAS CUALES ESTÁ FORMADO LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS		
<p>a. Chumaceras P207 b. Mandíbulas: fija y móvil c. Motor monofásico de 5hp de 4 polos</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	2022/06/16

ANEXO P: PLANOS DE LAS PARTES DE UNA TRITURADORA DE MANDÍBULA

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA </p>	PARTES PRINCIPALES DE LAS CUALES ESTÁ FORMADO LA TITURADORA DE MANDÍBULAS.		
<p>a. Pernos de regulación de la mandíbula móvil</p> <p>b. Tolva de alimentación del mineral a suministrar</p> <p>c. Panel de control con una alimentación de 220 V.</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		3	1:1	2022/07/11	

Realizado por: Guamnquispe, Ismael & Quizhpi, Oscar., 2022

ANEXO Q: VALIDACIÓN DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS

b.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA </p>	VALIDACIÓN DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS EN EL LABORATORIO DE MINERALOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS		
<p>a) Presentación de la validación del equipo</p> <p>b) Preparación del equipo de trituración previo a su operación</p> <p>c) Trituradora de mandíbula validada.</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		4	1:1	2022/08/08	

Realizado por: Guanquispe, Ismael & Quizhpi, Oscar., 2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 13 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Oscar Osvaldo Quizhpi Camas Kevin Ismael Guamanquispe Maldonado
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.

