



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial**

*Título: Diseño y construcción de una mesa concentradora para la optimización del proceso de extracción de Oro en una empresa minera de Zaruma.*

*Title: Design and construction of a concentrator table for optimizing the extraction process in a mining company Gold of Zaruma.*

**Autores: Mayra Fernanda Aguilar Asanza<sup>1</sup>,**

**Javier Oswaldo Corella Merizalde<sup>2</sup>.**

**Director: Ing. Armando López.**

Guayaquil, mayo de 2016

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA**

Nosotros, Mayra Fernanda Aguilar Asanza y Javier Oswaldo Corella Merizalde, declaramos que somos los únicos autores de este Proyecto Técnico titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CONCENTRADORA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ORO EN UNA EMPRESA MINERA DE ZARUMA**”. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

**Mayra Fernanda Aguilar Asanza**

**CI: 0706417532**

---

**Javier Oswaldo Corella Merizalde**

**CI: 0706219326**

## **DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Quienes suscriben, en calidad de autores del Proyecto Técnico titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CONCENTRADORA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ORO EN UNA EMPRESA MINERA DE ZARUMA**”, por medio de la presente, autorizamos a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

---

**Mayra Fernanda Aguilar Asanza**

**CI: 0706417532**

---

**Javier Oswaldo Corella Merizalde**

**CI: 0706219326**

## DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del Proyecto Técnico titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA CONCENTRADORA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ORO EN UNA EMPRESA MINERA DE ZARUMA**”, desarrollado por los estudiantes **Mayra Fernanda Aguilar Asanza y Javier Oswaldo Corella Merizalde** previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el proyecto cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, a los 25 días del mes de mayo de 2016

---

**Ing. Armando Fabrizio López Vargas**

**Docente Director del Proyecto Técnico**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar le damos gracias a Dios por ser nuestro guía y permitirnos cumplir esta meta tan anhelada, en segundo lugar a nuestros padres quienes día a día se esforzaron por sacarnos adelante sin que nada nos falte, por su amor y sacrificio en todos estos años, a nuestros hermanos y demás familiares quienes siempre estuvieron en todo momento apoyándonos incondicionalmente.

Agradecemos:

A la Universidad Politécnica Salesiana por haber aceptado que seamos parte de ella, a cada maestro que formaron parte de nuestra vida universitaria, por habernos transmitido sus sabios conocimientos y consejos, y así convertirnos en buenos profesionales.

A nuestro tutor Ing. Armando López, por su tiempo brindado, sus conocimientos impartidos, su paciencia y consejos para que nuestro proyecto sea exitoso.

A nuestro gran amigo Ing. Marcus Budín, por brindarnos todo su apoyo y permitir que realicemos nuestro proyecto en su prestigiosa Empresa.

**Mayra y Oswaldo**

## **RESUMEN**

La explotación del oro es el primer sustento de los pobladores de las ciudades de Zaruma, Portovelo y Piñas, ubicadas en la parte alta de la provincia de El Oro, pero a su vez esta explotación aurífera produce una serie de acciones que provocan grandes impactos ambientales, que perduran en el tiempo.

Los propietarios de empresas mineras invierten mucho dinero en tecnología, pero esta no es lo suficientemente eficiente, ya que se utilizan muchos químicos muy tóxicos para el medio ambiente y además no obtienen todo el oro en su totalidad, porque parte del oro se encuentra en micro partículas y éstas son arrastradas fácilmente con el agua que es vertida luego del proceso al río.

Este proyecto trata sobre el diseño y construcción de una mesa concentradora usando una tecnología limpia para la optimización del proceso de extracción de Oro, para una Planta de Beneficio de metales de la ciudad de Zaruma.

Este diseño se basa en una mesa que mediante la vibración o movimiento, separa partículas minerales micrométricas de diferente peso específico, este proceso no utiliza ningún reactivo químico contaminante para el medio ambiente, solo necesita agua ( $H_2O$ ), el cual puede ser reutilizada para otros procesos, recuperando aproximadamente el 98% de oro libre y un 88% de oro refractario.

También se menciona la construcción de la estructura y su funcionamiento desde su etapa inicial hasta el resultado obtenido al finalizar el proceso.

Esta mesa reemplaza el proceso que comúnmente se realiza hoy en día para la separación del oro, llamado platoneo, que consiste en utilizar un platón en forma de olla convexa, donde se coloca el material que contiene oro, junto con el mercurio (Hg), esto crea un gran impacto en el medio ambiente por sus emisiones de mercurio y al mismo tiempo efectos a la salud por el contacto directo del mercurio con la piel y por la contaminación del agua que produce arrojar el agua utilizada de este proceso al río.

### **Palabras Claves:**

Concentración de oro, mesa gravimétrica, extracción de oro.

## **ABSTRACT**

Gold mining is the principal livelihood to the residents of Zaruma, Portovelo, and Piñas. These cities are located in the highest area (on the sea level) of “El Oro” province, but this commercial activity produces some reactions that provoke major environmental impacts over time.

The mining company owners invest too much money in technology, but it is not efficient enough because these procedures use many toxic chemicals that affect the environment. Also, this technology is not able to get all the gold because the gold is in micro particles and these are easily drained with the water which is poured into the river after the process.

This project is about designing and constructing a concentrator table using clean technology to optimize the gold extraction process for a metal manufacturing factory in Zaruma.

This design is based on a table, which uses vibration or movement to separate mineral particles micrometric of different specific weight. This process uses no chemical contaminant agent for the environment. This process only needs water (H<sub>2</sub>O), which can be reused for other processes, recovering about 98% pure gold and 88% refractory gold.

In addition, the construction of the structure and operation is also mentioned from the initial stage to the ending result obtained in the process.

Actually, this table replaces the process commonly done for separating gold, process known as “platoneo” that uses a convex pot shaped plate to put the gold and the mercury (Hg) together, mixture that creates a great impact on the environment by the mercury emissions. Same as health effects by direct skin contact with mercury and water pollution made by throwing waste water used in this process to the river.

## **Keywords**

Gold concentration, gravimetric table, gold mining.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....</b>	<b>2</b>
<b>MARCO LEGAL .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1: PROBLEMA .....</b>	<b>11</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Formulación del problema .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Objetivo General .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3. Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4. Alcance del proyecto .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Inventario de las partes interesadas .....</b>	<b>13</b>
<b>1.6. Planificación del alcance .....</b>	<b>15</b>
<b>1.7. Planificación del presupuesto .....</b>	<b>17</b>
<b>1.8. Planificación de tiempo .....</b>	<b>19</b>
<b>1.9. Cronograma de actividades.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO .....</b>	<b>23</b>
<b>FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Procedimiento actual de extracción de oro en las Plantas de Beneficio de la parte alta de El Oro.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. Generalidades .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3. Consecuencias del uso de sustancias tóxicas. ....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.1. Mercurio (Hg).....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.2. Cianuro.....</b>	<b>33</b>



2.4.	Mesa Concentradora .....	35
2.4.1.	Mesas Wilfley .....	36
2.4.2.	Mesa Deister .....	37
2.4.3.	Otros tipos de mesas .....	37
2.5.	Separación Gravimétrica .....	38
2.6.	Principios de las Mesas Concentradoras .....	39
<b>DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>		<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO Y RESULTADOS .....</b>		<b>41</b>
3.1.	Diseño de mesa concentradora .....	41
3.2.	Construcción de la mesa concentradora .....	43
3.3.	Funcionamiento de la mesa concentradora .....	50
3.4.	Cálculos de Mesa Concentradora .....	51
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>60</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>61</b>
<b>BIBLIGRAFÍA .....</b>		<b>62</b>
<b>GLOSARIO .....</b>		<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>67</b>
Anexo 1	Planos en 2D en AutoCAD .....	67
Anexo 2	Diseño 3D Mesa concentradora .....	76
Anexo 3	Fotos de construcción de mesa Concentradora .....	79
Anexo 4	Valoración del impacto ambiental producido por el proceso .....	87
Anexo 5	Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del Sector Minero.....	9
Figura 2	Planta de Beneficio ECOLUXEN .....	10
Figura 3	Desglose de la Estructura de Trabajo (EDT).....	16
Figura 4	Ruta Crítica.....	20
Figura 5	Diagrama de Gantt.....	22
Figura 6	Diagrama de Flujo del proceso artesanal de extracción de oro .....	25
Figura 7	Mercurio (Hg).....	28
Figura 8	Síntomas de intoxicación por mercurio .....	31
Figura 9	Síntomas de intoxicación por cianuro .....	34
Figura 10	Superficie de mesa concentradora .....	36
Figura 11	Mesa Wilfley .....	37
Figura 12	Mesa Deister .....	37
Figura 13	Diferentes tipos de mesas concentradoras .....	38
Figura 14	Estructura para soporte de mesa .....	41
Figura 15	Armazón para transmisión.....	41
Figura 16	Base para fijación con el suelo .....	41
Figura 17	Parrilla para tablero de mesa .....	41
Figura 18	Unión de soporte, armazón para transmisión y parrilla.....	42
Figura 19	Tablero para superficie de mesa .....	42
Figura 20	Fijación de superficie .....	42
Figura 21	Comportamiento de partículas.....	51
Figura 22	Soporte base para mesa .....	58
Figura 23	Base para mesa (IPN) .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de Stakeholders.....	14
Tabla 2	Presupuesto total .....	17
Tabla 3	Presupuesto detallado para elaboración de Mesa Concentradora .....	17
Tabla 4	Tabla de Actividades.....	19
Tabla 5	Pesos específicos de minerales .....	38
Tabla 6	Eficiencias Mecánicas para equipos reductores de velocidad .....	53

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1	Planos en 2D en AutoCAD .....	67
Anexo 2	Diseño 3D Mesa concentradora.....	76
Anexo 3	Fotos de construcción de mesa Concentradora .....	79
Anexo 4	Valoración del impacto ambiental producido por el proceso.....	87
Anexo 5	Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso...	88

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Au	Oro	gr
Ag	Plata	gr
Cu	Cobre	gr
Rpm	Revoluciones por minuto	
V	Velocidad Rotativa	Rad/s
Hg	Mercurio	mmHg
OMS	(Organización Mundial de Salud)	
ADN	Ácido desoxirribonucleico	
(HCN)	Cianuro de nitrógeno	
(NaCN)	Cianuro de sodio	
(KCN)	Cianuro de potasio	
F	Fuerza	N
P	Potencia	HP
Q	Caudal	$m^3/s$
IPN	Perfil/Viga	metros
A	Área	$m^2$
mt	Masa total	Kg
pt	potencia teórica	Kw
Pm	potencia del motor	Hp
W	Peso total	N
$p_{out/in}$	Potencia de entrada/salida	Kw
$F_{cf g}$	Fuerza centrífuga	N

## INTRODUCCIÓN

Zaruma es una de las ciudades más ricas en minerales, en lo que respecta a Ecuador, pues posee una gran cantidad de recursos minerales. Se encuentra ubicada en la parte alta de la Provincia de El Oro, y la actividad minera es una de las principales fuentes de trabajo, que beneficia a la mayoría de los pobladores para poder llevar el sustento a sus hogares.

Pero este trabajo tiene sus consecuencias, al menos de la manera en la que hoy en día se hace la extracción de estos metales, ya que se realizan procesos donde es indispensable el uso de muchos químicos que son contaminantes para el medio ambiente y son perjudiciales para la Salud.

El diseño y construcción de esta mesa concentradora de oro, hace posible que se minimice la contaminación ambiental de este sector, debido a que no exige el uso de ningún reactivo químico, para este proceso solo se utiliza agua ( $H_2O$ ).

El proceso que realiza esta mesa para la separación de metales, tienen muchas ventajas y beneficios, pues esta mesa concentradora de movimiento longitudinal vibratorio separa metales de tamaños muy inferiores aproximadamente de cinco micrones. Este proceso ha cambiado mucho en los últimos tiempos debido a los grandes avances de la tecnología, mejorando cada vez más su estructura, proceso y sus resultados.

El uso de este proceso disminuye notablemente los gastos del proceso de extracción de metales, debido a que no se utilizan químicos, aportando de esta manera a la disminución de la contaminación ambiental.

En cuanto más pequeñas son las partículas del material, más difícil es su separación, debido a que son más fuertes en relación con la fuerza de la gravedad, las fuerzas hidráulicas, y de viscosidad. Estas mesas vibratorias permiten un ajuste en sus parámetros operativos para así adaptarse al material a utilizar, estos minerales pueden ser finos y ultra finos.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo diseñar y construir una mesa concentradora de oro que optimice la extracción del mineral, de forma rentable y con un mínimo impacto ambiental en la ciudad de Zaruma?

## **JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Lo más importante de la construcción e implementación de esta mesa, es que la Planta de Beneficio mejorará sus procesos, su eficiencia, y será amigable con el medio ambiente. Además ayudará a la prevención de enfermedades producidas por aguas contaminadas de los ríos Pache y Amarillo, garantizando los derechos del buen vivir establecidos en nuestra constitución, y a su vez generar mayor rentabilidad obteniendo la máxima extracción de oro.

## **MARCO LEGAL**

### **Ley de Minería**

**Art. 8.- Agencia de Regulación y Control Minero.-** La Agencia de Regulación y Control Minero, es el organismo técnico-administrativo, encargado del ejercicio de la potestad estatal de vigilancia, auditoría, intervención y control de las fases de la actividad minera que realicen la Empresa Nacional Minera, las empresas mixtas mineras, la iniciativa privada, la pequeña minería y minería artesanal y de sustento, de conformidad con las regulaciones de esta ley y sus reglamentos.

La Agencia de Regulación y Control Minero como institución de derecho público, con personalidad jurídica, autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, está adscrita al Ministerio Sectorial y tiene competencia para supervisar y adoptar acciones administrativas que coadyuven al aprovechamiento racional y técnico del recurso minero, a la justa percepción de los beneficios que corresponden al Estado, como resultado de su explotación, así como también, al cumplimiento de las obligaciones de responsabilidad social y ambiental que asuman los titulares de derechos mineros.

**Art. 9.- Atribuciones de la Agencia de Regulación y Control Minero.-** Son atribuciones de la Agencia de Regulación y Control Minero, las siguientes:

- a) Velar por la correcta aplicación de la presente Ley, sus reglamentos y demás normativa aplicable en materia minera.
- b) Dictar las regulaciones y planes técnicos para el correcto funcionamiento y desarrollo del sector, de conformidad con la presente ley.

- c) Emitir informes de los procesos de otorgamiento, conservación y extinción de concesiones mineras, de autorización para la instalación y operación de plantas de beneficio, tratamiento fundición y refinación; y de la suscripción de contratos de explotación, por parte del Ministerio Sectorial.
- d) Llevar un registro y catastro de las concesiones mineras y publicarlo mediante medios informáticos y electrónicos.
- e) Conocer y resolver sobre las apelaciones y otros recursos que se interpongan respecto de las resoluciones de las unidades desconcentradas que llegaren a su conocimiento.
- f) Conocer, tramitar y resolver, en los procesos de amparo administrativo.
- g) Inspeccionar las actividades mineras que ejecuten los titulares de los derechos y títulos mineros.
- h) Vigilar que en las actividades mineras que ejecutan los titulares de los derechos mineros, no se encuentren trabajando, o prestando servicios a cualquier título, niños, niñas y adolescentes y velar por el cumplimiento del artículo 43 de la Constitución de la República; i) Sancionar con lo establecido en la presente ley y su reglamento a los titulares de la actividad minera, si de la observación a que se refiere el literal h) que antecede, se estableciere que existen niños, niñas y adolescentes trabajando e informar a las autoridades competentes en materia de niñez y adolescencia, y laboral, sobre la inobservancia a la normatividad vigente.
- i) Designar un interventor en los casos que la ley lo determine.
- j) Fijar los derechos de concesión en el sector minero de conformidad con lo dispuesto en esta ley y sus reglamentos, así como recaudar los montos correspondientes por multas y sanciones.
- k) Ejercer el control técnico y aplicar las sanciones del caso para asegurar la correcta aplicación de las políticas y regulaciones del sector.
- l) Abrir, sustanciar y decidir los procedimientos destinados a la imposición de las sanciones establecidas en esta ley.
- m) Vigilar, evaluar y divulgar el comportamiento del mercado y las estadísticas del sector minero.



- n) Otorgar las licencias de comercialización de sustancias minerales determinadas en la presente ley.
- o) Las demás que le correspondan conforme a esta ley y los reglamentos aplicables.

**Art. 25.- De las áreas protegidas.-** Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en áreas protegidas. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República, y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, de conformidad a lo determinado en el artículo 407 de la Constitución de la República del Ecuador.

**Art. 26.- Actos administrativos previos.-** Para ejecutar las actividades mineras se requieren, de manera obligatoria, actos administrativos motivados y favorables otorgados previamente por las siguientes instituciones dentro del ámbito de sus respectivas competencias:

- a) Del Ministerio del Ambiente, la respectiva licencia ambiental debidamente otorgada; y,
- b) De la Autoridad Única del Agua, respecto de la eventual afectación a cuerpos de agua superficial y/o subterránea y del cumplimiento al orden de prelación sobre el derecho al acceso al agua.

Adicionalmente, el concesionario minero presentará al Ministerio Sectorial una declaración juramentada realizada ante notario en la que exprese conocer que las actividades mineras no afectan: caminos, infraestructura pública, puertos habilitados, playas de mar y fondos marinos; redes de telecomunicaciones; instalaciones militares; infraestructura petrolera; instalaciones aeronáuticas; redes o infraestructura eléctricas; o vestigios arqueológicos o de patrimonio natural y cultural.

La falsedad comprobada en la declaración de la referencia anterior será sancionada de conformidad con las penas aplicables al delito de perjurio.

Si la máxima autoridad del sector minero de oficio o a petición de parte advirtiere que las actividades del solicitante pudieren afectar a los referidos bienes o patrimonio, solicitará la respectiva autorización a la entidad competente, la que deberá emitir su pronunciamiento en el término de treinta días. De no hacerlo en ese lapso, se entenderá que no existe oposición ni impedimento para el inicio de las actividades mineras, y el funcionario responsable será destituido. Respecto de la emisión de los informes de tales actos administrativos se estará a la aplicación de las normas del procedimiento jurídico administrativo de la Función Ejecutiva.

Los Gobiernos Municipales y Metropolitanos, en el ejercicio de sus competencias, mediante ordenanza, deberán regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos.

**Art. 27.- Fases de la actividad minera.-** Para efectos de aplicación de esta ley, las fases de la actividad minera son:

- a) Prospección, que consiste en la búsqueda de indicios de áreas mineralizadas;
- b) Exploración, que consiste en la determinación del tamaño y forma del yacimiento, así como del contenido y calidad del mineral en él existente. La exploración podrá ser inicial o avanzada e incluye también la evaluación económica del yacimiento, su factibilidad técnica y el diseño de su explotación;
- c) Explotación, que comprende el conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento y a la extracción y transporte de los minerales;
- d) Beneficio, que consiste en un conjunto de procesos físicos, químicos y/o metalúrgicos a los que se someten los minerales producto de la explotación con el objeto de elevar el contenido útil o ley de los mismos;
- e) Fundición, que consiste en el proceso de fusión de minerales, concentrados o precipitados de éstos, con el objeto de separar el producto metálico que se desea obtener, de otros minerales que los acompañan;
- f) Refinación, que consiste en el proceso destinado a convertir los productos metálicos en metales de alta pureza;
- g) Comercialización, que consiste en la compraventa de minerales o la celebración de otros contratos que tengan por objeto la negociación de cualquier producto resultante de la actividad minera; y,
- h) Cierre de Minas, que consiste en el término de las actividades mineras y el consiguiente desmantelamiento de las instalaciones utilizadas en cualquiera de las fases referidas previamente, si no fueren de interés público, incluyendo la reparación ambiental de acuerdo al plan de cierre debidamente aprobado por la autoridad ambiental competente.

El Estado propenderá a la industrialización de los minerales producto de las actividades de explotación, promocionando la incorporación del valor agregado con máxima eficiencia, respetando los límites biofísicos de la naturaleza.

En todas las fases de la actividad minera, está implícita la obligación de la reparación y remediación ambiental de conformidad a la Constitución de la República del Ecuador, la ley y sus reglamentos.

**Art. 57.- Sanciones a la actividad minera ilegal.-** La actividad minera ilegal ejercida por personas naturales o jurídicas, o grupos de personas, nacionales o extranjeras, sin contar con los títulos, autorizaciones, permisos o licencias, será sancionada conforme las prescripciones de este artículo, sin perjuicio de las aplicables en los ámbitos ambiental, tributario o penal, a las que hubiere lugar.

Los bienes, maquinaria, equipos, insumos y vehículos que sean utilizados en actividades ilegales o no autorizadas de explotación, beneficio o procesamiento, fundición, refinación y comercialización clandestina de sustancias minerales, serán objeto de: decomiso especial, incautación, inmovilización, destrucción, demolición, inutilización o neutralización, según el caso, que ejecute la Agencia de Regulación y Control Minero contando con la colaboración de la Policía Nacional y subsidiariamente de las Fuerzas Armadas. Quienes se reputen autores de dichas actividades o propietarios de tales bienes, serán sancionados por la mencionada Agencia, con multa de doscientas a quinientas remuneraciones básicas unificadas dependiendo de la gravedad de la infracción, sin perjuicio del pago de un valor equivalente al total de los minerales extraídos ilegalmente, así como de la obligación de restauración de los ecosistemas e indemnización a las personas y comunidades afectadas.

Las multas a las que se refiere la presente Ley, serán pagadas a la Agencia de Regulación y Control Minero, en el término de cinco días contados a partir de la fecha en que la Resolución cause estado. Si el infractor sancionado administrativamente no cumpliera con la obligación de pago, dicha Agencia, efectuará el cobro en ejercicio de la jurisdicción coactiva atribuida en la presente Ley.

Las multas recaudadas por la Agencia de Regulación y Control Minero, serán destinadas al cumplimiento de los fines inherentes a su competencia.

Las afectaciones al ambiente y el daño al ecosistema y biodiversidad producidos a consecuencia de la explotación ilícita o invasiones, serán considerados como agravantes al momento de dictar las resoluciones respecto del amparo administrativo.

Los procedimientos que hagan efectivas estas medidas, constarán en el Reglamento General de esta Ley.

**Art. 60.- Aprovechamiento del agua y constitución de servidumbres.-** La ejecución de actividades mineras en general y la autorización para la operación de plantas de beneficio, fundición y refinación, requieren el permiso de la autoridad única del agua, para el aprovechamiento económico del agua y podrán solicitar las servidumbres que

fueren necesarias de acuerdo con los procedimientos establecidos en la ley que regule los recursos hídricos.

**Art. 68.- Seguridad e higiene minera-industrial.-** Los titulares de derechos mineros tienen la obligación de preservar la salud mental y física y la vida de su personal técnico y de sus trabajadores, aplicando las normas de seguridad e higiene minera-industrial previstas en las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes, dotándoles de servicios de salud y atención permanente, además, de condiciones higiénicas y cómodas de habitación en los campamentos estables de trabajo, según planos y especificaciones aprobados por la Agencia de Regulación y Control Minero y el Ministerio de Trabajo y Empleo. Los concesionarios mineros están obligados a tener aprobado y en vigencia un Reglamento interno de Salud Ocupacional y Seguridad Minera, sujetándose a las disposiciones al Reglamento de Seguridad Minera y demás Reglamentos pertinentes que para el efecto dictaren las instituciones correspondientes.

**Art. 70.- Resarcimiento de daños y perjuicios.-** Los titulares de concesiones y permisos mineros están obligados a ejecutar sus labores con métodos y técnicas que minimicen los daños al suelo, al medio ambiente, al patrimonio natural o cultural, a las concesiones colindantes, a terceros y, en todo caso, a resarcir cualquier daño o perjuicio que causen en la realización de sus trabajos. La inobservancia de los métodos y técnicas a que se refiere el inciso anterior se considerará como causal de suspensión de las actividades mineras; además de las sanciones correspondientes.

## **2.1. DE LA PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE**

**Art. 78.-** Los titulares de derechos mineros, previamente a la iniciación de las actividades, deberán elaborar y presentar estudios o documentos ambientales, para prevenir, mitigar, controlar y reparar los impactos ambientales y sociales derivados de sus actividades; estudios o documentos que deberán ser aprobados por la Autoridad Ambiental competente, con el otorgamiento de la respectiva Licencia Ambiental. El Reglamento Ambiental para Actividades Mineras, que dictará el ministerio del ramo, establecerá los requisitos y procedimientos para la aplicación de este artículo.

Para el procedimiento de presentación y calificación de los estudios ambientales, planes de manejo ambiental y otorgamiento de licencias ambientales, los límites permisibles y parámetros técnicos exigibles serán aquellos establecidos en la normativa ambiental minera aplicable.

Las actividades mineras previo a la obtención de la respectiva autorización administrativa ambiental, requieren de la presentación de garantías económicas determinadas en la normativa minero ambiental aplicable.

Los titulares de derechos mineros están obligados a presentar, al año de haberse emitido la Licencia Ambiental, una auditoría ambiental de cumplimiento que permita a la entidad de control monitorear, vigilar y verificar el cumplimiento de los planes de manejo ambiental y normativa ambiental aplicable. Posterior a esto, las Auditorías Ambientales de Cumplimiento serán presentadas cada dos años, sin perjuicio de ello, las garantías ambientales deberán mantenerse vigentes cada año.

En el régimen de minería artesanal, se requerirá la aprobación de fichas ambientales, en tanto que, bajo el régimen de pequeña minería, la licencia ambiental deberá otorgarse para operaciones de exploración/explotación simultáneas debiendo contarse para el efecto con estudios ambientales específicos y simplificados.

En los regímenes de mediana y gran minería, para el período de exploración inicial, se requerirá la aprobación de fichas ambientales, para la exploración avanzada una declaratoria ambiental, en tanto que, para la etapa de explotación y las fases subsecuentes requerirán de estudios ambientales, mismos que deberán ser modificados o actualizados en dependencia de los resultados. Sobre la base de estos instrumentos, se otorgarán las correspondientes licencias ambientales.

Una vez que los titulares de derechos mineros, cumplan de manera satisfactoria con los requisitos establecidos en la normativa aplicable, la aprobación de los documentos, estudios o licencias ambientales, deberán otorgarse en el plazo máximo de seis meses contados a partir de su presentación. De no hacerlo en ese plazo, se entenderá que no existe oposición ni impedimento para el inicio de las actividades mineras. El funcionario cuya omisión permitió el silencio administrativo positivo será destituido.

**Art. 81.-** Acumulación de residuos y prohibición de descargas de desechos.- Los titulares de derechos mineros y mineros artesanales, para acumular residuos minero-metalúrgicos deben tomar estrictas precauciones que eviten la contaminación del suelo, agua, aire y/o biota de los lugares donde estos se depositen, en todas sus fases incluyendo la etapa de cierre, construyendo instalaciones como escombreras, rellenos de desechos, depósitos de relaves o represas u otras infraestructuras técnicamente diseñadas y construidas que garanticen un manejo seguro y a largo plazo. Se prohíbe la descarga de desechos de escombros, relaves u otros desechos no tratados, provenientes de cualquier actividad minera, hacia los ríos, quebradas, lagunas u otros sitios donde se presenten riesgos de contaminación. El incumplimiento de esta disposición ocasionará sanciones que pueden llegar a la caducidad de la concesión o permiso.

**Art. 83.-** Manejo de desechos.- El manejo de desechos y residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas que la actividad minera produzca dentro de los límites del territorio nacional, deberá cumplir con lo establecido en la Constitución y en la normativa ambiental vigente.

**Art. 86.- Daños ambientales.-** Para todos los efectos legales derivados de la aplicación de las disposiciones del presente artículo y de la normativa ambiental vigente, la autoridad legal es el Ministerio del Ambiente.

El incumplimiento de las obligaciones contenidas en este Capítulo, dará lugar a las sanciones administrativas al titular de derechos mineros y poseedor de permisos respectivos por parte del Ministerio Sectorial, sin perjuicio de las acciones civiles y penales a que diere lugar. Las sanciones administrativas podrán incluir la suspensión de las actividades mineras que forman parte de dicha operación o la caducidad.

El procedimiento y los requisitos para la aplicación de dichas sanciones estarán contenidos en el reglamento general de la ley.

**Prohibición del uso del mercurio en operaciones mineras.-** Sin perjuicio de la aplicación de la normativa minero ambiental, se prohíbe el uso del mercurio en el país en actividades mineras, de acuerdo a los mecanismos que la autoridad ambiental nacional establezca para el efecto, en conjunto con las instituciones con potestad legal sobre la materia.

## DELIMITACIÓN

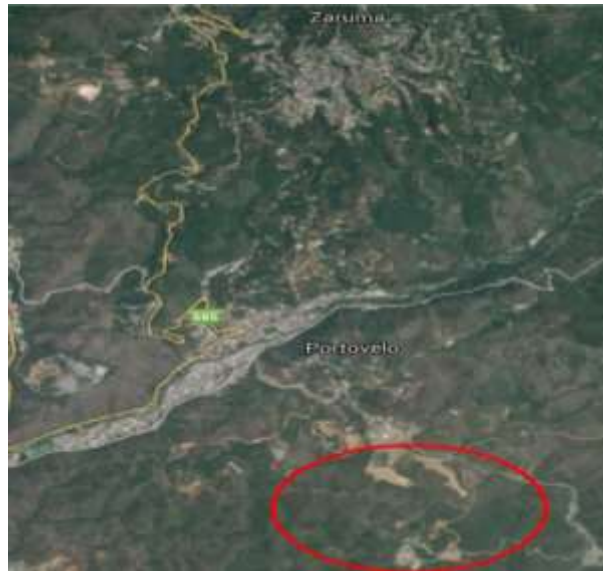
- **Límite Temporal:** El tiempo estimado para la elaboración del proyecto en su totalidad es de 8 meses, a partir de la Aprobación del anteproyecto técnico por parte del Consejo de carrera de Ingeniería Industrial.
- **Límite espacial:** ubicado en Zaruma – El Oro, sitio llamado el Tablón (ver en figura 2, la ubicación de Planta de Beneficio ECOLUXEN S.A).

- Figura 1 Ubicación del Sector Minero



*Fuente: Google Maps*

*Figura 2 Planta de Beneficio ECOLUXEN*



*Fuente: Google Maps*

Respecto a la delimitación académica, nos será de gran ayuda para la realización de este proyecto las siguientes materias de nuestra malla curricular:

**Materias:**

- Dibujo- AutoCAD
- Resistencia de materiales
- Administración de proyectos
- Control y Presupuestación
- Elementos de Maquinas
- Seguridad Industrial
- Electricidad

## **CAPÍTULO 1: PROBLEMA**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La explotación de las minas de oro de Zaruma tiene origen desde la época precolombina, los primeros en descubrir estas riquezas fueron los españoles, quienes encontraron una enorme veta aurífera, a la que denominaron Vizcaya, tiempo después el español Alonso de Mercadillo fundó a toda esta zona como Minas de Zaruma.

Desde ese entonces la explotación del oro es el primer sustento de los pobladores de las ciudades de Zaruma, Portovelo y Piñas, ubicadas en la parte alta de la provincia de El Oro, pero a su vez esta explotación aurífera produce una serie de acciones que provocan grandes impactos ambientales, que perduran en el tiempo.

Los propietarios de empresas mineras invierten mucho dinero en tecnología, pero esta no es lo suficientemente eficiente, ya que se utilizan procesos donde es indispensable el uso de muchos químicos muy tóxicos para el ambiente y además no obtienen todo el oro en su totalidad, porque parte del oro se encuentra en micro partículas y éstas son arrastradas fácilmente con el agua que es vertida luego del proceso al río.

La concentración de industrias mineras están ubicadas en el punto de unión de las tres ciudades, llamado sitio El Pache, el cual lo bordea un río llamado Calera, donde se arrojan miles de litros de aguas residuales productos de la minería, desplazándose esta agua hasta llegar a la intersección con los ríos Amarillo (Zaruma) y El Pindo (Portovelo), afectando negativamente y directamente al medio ambiente y a los pobladores que hacen uso de esta agua para el consumo y riego de sembríos agrícolas.

Con esta mesa de concentración no es necesario de mano de obra intensiva, es fácil de ejecutar y lo más importante, no requiere de la utilización de químicos tóxicos, su proceso es ecológico, es decir, solo se utilizará de agua para su funcionamiento.

#### **1.1. Formulación del problema**

¿Cómo diseñar y construir una mesa concentradora de oro que optimice la extracción del mineral, de forma rentable y con un mínimo impacto ambiental en la ciudad de Zaruma?



## **OBJETIVOS**

### **1.2. Objetivo General**

Diseñar y construir una mesa concentradora para la optimización del proceso de extracción de oro, en una empresa minera de ciudad de Zaruma

### **1.3. Objetivos Específicos**

Investigar mediante ingeniería inversa, las partes que forman parte de las mesas concentradoras para extracción de metales:

1. Caracterizar el proceso de extracción de oro en la empresa minera objeto de estudio.
2. Estimar la capacidad de procesamiento del equipo de acuerdo a las necesidades de la empresa.
3. Definir las características de diseño de los componentes o partes del equipo a construir.
4. Seleccionar los materiales de acuerdo al diseño concebido.
5. Diseñar la estructura del equipo y sus componentes o partes.
6. Determinar el costo total del proyecto.
7. Construir la mesa concentradora.
8. Realizar las pruebas experimentales y las correcciones necesarias.
9. Calibrar los factores que influyen en la concentración como son: Grado de inclinación, flujo de agua, dimensiones de las partículas e intensidad de las vibraciones.

### **1.4. Alcance del proyecto**

El alcance del proyecto se limita con el desarrollo del diseño y construcción de una mesa para la optimización del proceso de extracción de Oro en una empresa minera de Zaruma, ayudando a la reducción de impacto ambiental en el sector minero.

Esta mesa concentradora servirá para separar partículas de oro micrométricas, tan pequeñas como de aproximadamente cinco micras. Consta de un sistema de accionamiento eléctrico y trabaja en un movimiento constante; además contiene un control de velocidades para ajustar y conseguir una separación exitosa, también consta de un interruptor de parada en caso de emergencia.

### **1.5. Inventario de las partes interesadas**

El beneficiario principal es la Planta de Beneficio ECOLUXEN, porque con el desarrollo de este proyecto, su empresa contará con este proceso de extracción de oro, así como también los demás propietarios de otras Plantas de Beneficio que deseen implementar esta máquina, ya que, estarán cumpliendo con las leyes de Minería y Medio Ambiente, además de generarle mayor rentabilidad a la empresa.

Las concesiones mineras que alquilan dicha planta de beneficio para extraer los metales de su material, también son beneficiarios porque esta mesa extraerá la mayor cantidad de oro posible.

Otros beneficiarios son los pobladores de los cantones Zaruma, Portovelo y Piñas y todos los que habitan en las riberas de los ríos Pache y Amarillo, y la naturaleza en general, ya que se evitará la utilización de químicos tóxicos, minimizando la contaminación ambiental.

Y por último con la propuesta se beneficia indirectamente el Estado, ya que con la implementación de esta propuesta en las demás plantas de beneficio, se puede llevar un control adecuado para que no se violen los derechos de la naturaleza, además se beneficia la ciudadanía en general porque van a tener la oportunidad de vivir en un ambiente libre de contaminación de desechos tóxicos emanados por la minería artesanal (ver tabla 1, Matriz de Stakeholders).

## Matriz de Interesados

*Tabla 1 Matriz de Stakeholders*

Inventario de actores	Interés particular	Fase donde interviene*				Actitud potencial frente al proyecto					Acción a desarrollar
		I	P	E	C	MD	D	I	F	MF	
Empresa ECOLUXEN S.A.	Que la empresa implemente procesos más eficientes, con el menor impacto ambiental posible, incrementando sus ingresos y reduciendo notablemente sus gastos	X	x	x	x					X	Entregar recursos para desarrollo del proyecto y aprobar la implementación y desarrollo del proceso. Comprobar su eficiencia, y comparar con el proceso anterior.
ARCOM	Que todas las empresas mineras cumplan con los requerimientos legales.				x				x		Realizar Auditorías, para verificar el cumplimiento de las leyes de Minería.
Ministerio del Medio Ambiente	Que toda empresa implemente procesos que sean amigables con el medio ambiente.				x					x	Realizar Auditorías y exigir procesos menos contaminantes, en la extracción de Metales.
Ministerio de Salud Pública	Que las empresas mineras se preocupen por implementar procesos ecológicos para reducir las enfermedades que causan los químicos.				X				X		Solicitar a las empresas mineras que eviten en su totalidad el uso y contacto con químicos utilizados en los procesos de extracción de oro.
Clientes	Obtención y recuperación de mayor porcentaje de oro de su material.				X					X	Comprobar que este proceso es más eficiente que el proceso tradicional.
Empleados	Menor riesgo de enfermedades, mejor ambiente de trabajo.			X	x			X			S/A

**Fuente: Autores**

**Leyenda:** I-Iniciación, P-Planificación, E-Ejecución, seguimiento y control, C-Cierre MD- Muy desfavorable, D- Desfavorable, I- Indiferente, F- Favorable, MF-Muy favorable.

## 1.6. Planificación del alcance

En esta parte del proyecto estamos determinando como se definirá, validará y controlará el alcance del proyecto donde se detalla de cómo se subdivide las partes que se han realizado.

La estructura de desglose de trabajo (EDT) es una herramienta que nos permite organizar y definir el alcance total del proyecto pudiendo cumplir cada una de las fases en un orden estructurado de lo que se ha realizado. Se debe tomar en consideración ciertos lineamientos para su elaboración.

- Definir el alcance del proyecto en términos de los entregables y la descomposición de tales entregables en paquetes de trabajo.
- Dependiendo del método de descomposición del trabajo utilizado, la EDT puede también definir el ciclo de procesos y los entregables de cada fase. Esta descomposición del alcance del proyecto permite balancear la necesidad de la gestión del proyecto de controlar el proyecto con un nivel adecuado de detalle.
- Dotar al equipo de dirección del proyecto con un marco de referencia adecuado para la toma de decisiones sobre el avance del proyecto.
- Facilitar la comunicación entre el director de proyecto y los interesados a lo largo de la vida del proyecto. La EDT permite comunicar el alcance del proyecto, las relaciones de dependencias entre las diferentes fases y trabajos y el nivel de riesgos, a la vez que facilita el control del presupuesto y el avance del cronograma.
- **5.** La EDT es un elemento clave en los demás procesos del proyecto. (Ver figura 3, Desglose de la estructura EDT).

Figura 3 Desglose de la Estructura de Trabajo (EDT)



Fuente: Autores

### 1.7. Planificación del presupuesto

En esta etapa se presenta el presupuesto, características y materiales utilizados para llevar a cabo la construcción del proyecto técnico, los mismos se encuentran expresados en cantidad, precio unitario y su total (ver en la tabla 3, presupuesto detallado para la elaboración de mesa concentradora).

El objetivo de esta planificación es dar a conocer a la empresa que nos ha financiado, la cantidad de materiales y su respectivo costo para la ejecución del proyecto (ver en la tabla 2, presupuesto total).

*Tabla 2 Presupuesto total*

<b>Total costos de materiales</b>	\$	2.551,30
<b>Total de gastos</b>	\$	329,00
<b>Subtotal</b>	\$	2.880,30
<b>IVA 12%</b>	\$	345,64
<b>Presupuesto Total del Proyecto</b>	<b>\$</b>	<b>3.225,94</b>

Fuente: Autores

*Tabla 3 Presupuesto detallado para elaboración de Mesa Concentradora*

<b>PRESUPUESTO DETALLADO PARA MESA CONCENTRADORA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Tubo rectangular de 100x50x3mm	1	\$ 38,00	\$ 38,00
Plancha de acero de 6mm	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Variador de frecuencia	1	\$ 420,00	\$ 420,00
Breque	1	\$ 22,00	\$ 22,00
Motor trifásico 1,5 hp	1	\$ 600,00	\$ 600,00
Tornillos	30	\$ 0,10	\$ 3,00
Platina de 10mm	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Arandelas planas y de presión	30	\$ 0,08	\$ 2,40
Tuercas de seguridad	30	\$ 0,06	\$ 1,80
Angulo 1pulgx3mm	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Fibra de vidrio	1	\$ 170,00	\$ 170,00
Tubo plastigama ½	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Llaves de paso ½	4	\$ 12,00	\$ 48,00
Codos plastigama ½	10	\$ 0,60	\$ 6,00
Niples plastigama ½	10	\$ 0,70	\$ 7,00
Mangueras flexibles ½	3	\$ 6,00	\$ 18,00
Teflón	5	\$ 0,70	\$ 3,50

Varilla roscada 5/8	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Chumaceras ½	8	\$ 25,00	\$ 200,00
Ejes acero inox maquinados de ½	4	\$ 25,00	\$ 100,00
Nivel torpedo	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Banda mitsuboshi	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Poleas de un canal	2	\$ 40,00	\$ 80,00
Tubo cuadrado de 40x40x2mm	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Cable flexible # 12	3	\$ 0,70	\$ 2,10
Plancha de tol	2	\$ 70,00	\$ 140,00
IPN 100x100	1	\$ 80,00	\$ 80,00
T Bajante para canalones	5	\$ 12,00	\$ 60,00
Canalones Plastigama	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Codos para canalones	2	\$ 9,00	\$ 18,00
Bajante para canalones	1	\$ 17,00	\$ 17,00
Tapas externa para canalones	2	\$ 3,50	\$ 7,00
Tablero de madera	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Resorte	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Cable concéntrico (10m)	10	\$ 1,60	\$ 16,00
Tiras de madera	5	\$ 1,30	\$ 6,50
Baño de superficie de fibra de vidrio	1	\$ 170,00	\$ 170,00
<b>Total Costos</b>			<b>2551,3</b>
<b>GASTOS</b>			
Suelda E6011	4	\$ 7,00	\$ 28,00
Suelda E7018	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Silicón transparente	1	\$ 16,00	\$ 16,00
Pintura amarilla color Caterpillar	4	\$ 12,00	\$ 48,00
Fondo gris	4	\$ 8,00	\$ 32,00
Lija	15	\$ 0,50	\$ 7,50
Brochas	3	\$ 5,00	\$ 15,00
Pintura azul	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Diluyente	2	\$ 5,00	\$ 10,00
Discos de corte	25	\$ 3,50	\$ 87,50
Grata	2	\$ 8,00	\$ 16,00
Sierra para madera	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Cemento de contacto	2	\$ 2,00	\$ 4,00
<b>Total Gastos</b>			<b>\$ 329,00</b>

Fuente: Autores

## 1.8. Planificación de tiempo

### Ruta crítica

Es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control de proyectos. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada (ver resultado en tabla 4, tabla de actividades y figura 4, ruta crítica).

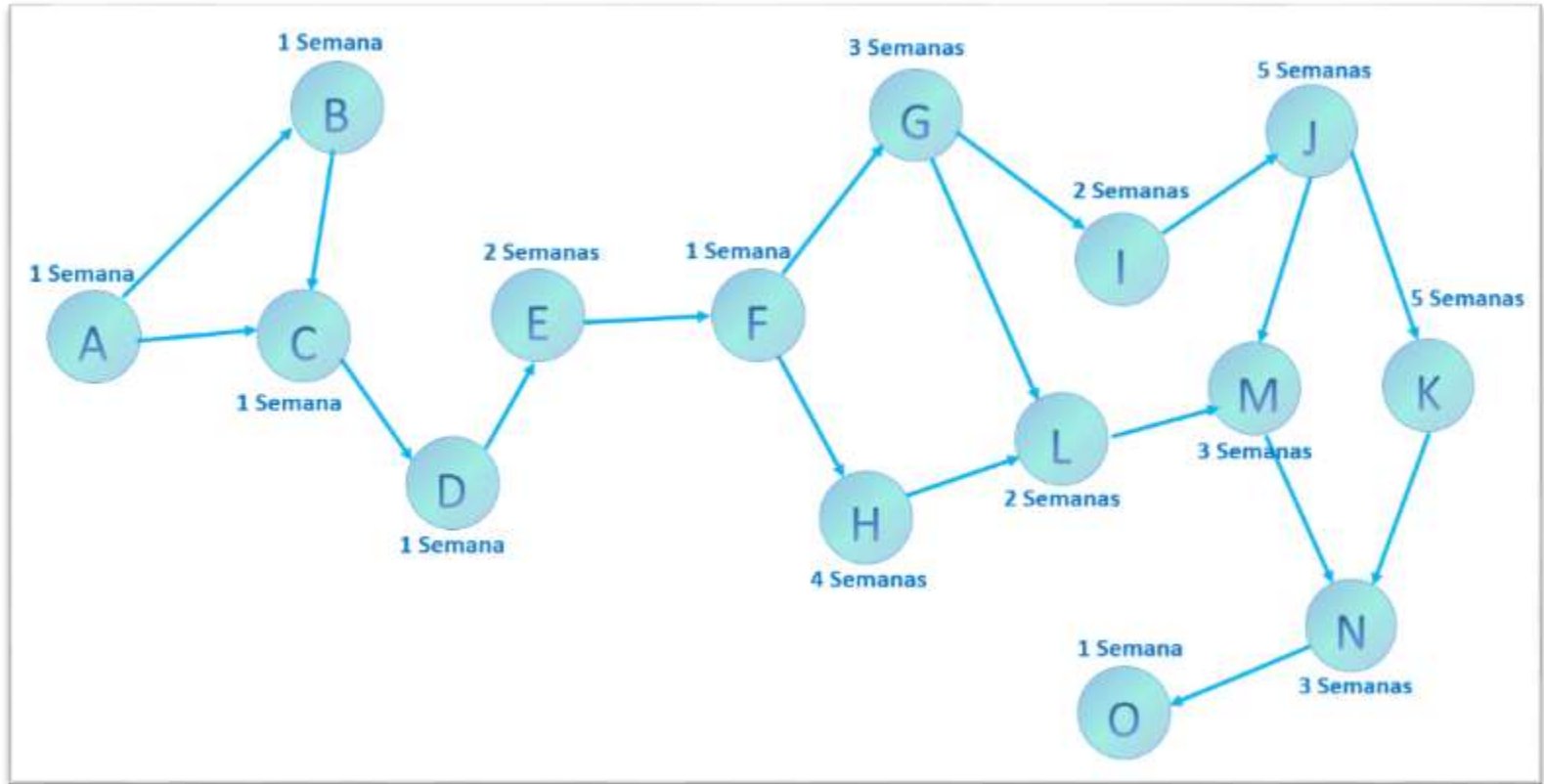
*Tabla 4 Tabla de Actividades*

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (SEMANAS )	DEPENDENCIAS
A	Presentación de Tema de anteproyecto técnico	1	
B	Revisión bibliográfica	1	A
C	Levantamiento de información técnica	1	A,B
D	Corrección y mejoramiento del anteproyecto	1	C
E	Entrega del anteproyecto	2	D
F	Aprobación de Anteproyecto	1	E
G	Levantamiento de información técnica	3	F
H	Visitas técnicas	4	F
I	Diseño de Mesa Concentradora	2	G
J	Construcción de Mesa Concentradora	5	I
K	Elaboración del texto de Proyecto Técnico	5	J
L	Culminación de levantamiento de información	2	H,G
M	Pruebas experimentales del Proyecto	3	J,L
N	Corrección y mejora del proyecto	3	K,M
O	Entrega de proyecto	1	N

*Fuente: Autores*



Figura 4 Ruta Crítica



Fuente: Autores

## **1.9. Cronograma de actividades**

En el cronograma de actividades siguiente se da a conocer todas las actividades que se realizó para la construcción del proyecto y los objetivos propuestos. El cronograma nos permite tener una disciplina de nuestras tareas a realizar, nos permite realizar ajustes en las actividades en función de los criterios más importantes y decisivos, permite controlar su ejecución en términos estructurales, (ver en la figura 5, Diagrama de Gantt).

Figura 5 Diagrama de Gantt

CRONOGRAMA DE PROYECTO TECNICO																										
#	ACTIVIDADES	Mes	1				2				3				4				5				6			
		Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Presentación de anteproyecto técnico		■																							
2	Revisión bibliográfica		■																							
3	Levantamiento de información técnica		■																							
4	Corrección y mejoramiento del tema			■																						
5	Entrega del anteproyecto				■	■																				
6	Inicio de proyecto					■																				
7	Levantamiento de información técnica						■	■	■																	
8	Desarrollo y elaboración del Proyecto									■	■	■	■													
9	Corrección del proyecto													■	■											
10	Trabajo de campo														■	■	■									
11	Visita técnica															■	■	■	■							
12	Culminación de levantamiento de información																		■	■						
13	Entrega de trabajo de campo																			■	■	■				
14	Corrección y mejora del proyecto																					■	■	■		
15	Entrega de proyecto																								■	

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **Situación Actual**

La Planta de Beneficio donde se va a implementar esta mesa concentradora de Oro, está ubicada a 15 minutos de la ciudad de Zaruma, en el cantón Portovelo en el sitio llamado El Tablón, esta empresa ecuatoriana brinda servicios de procesamiento de minerales obtenidos de zonas aledañas a la empresa como Zaruma, Portovelo y Piñas, a través de procesos amigables con el medio ambiente.

Actualmente procesan metales de oro y plata, próximamente contarán con el proceso para la extracción de cobre.

#### **Misión de la Planta de Beneficio.**

Impulsar una minería responsable, brindando el servicio de procesamiento de minerales con un enfoque ecológico y eficiente, que genere grandes resultados para nuestros clientes.

#### **Visión de la Planta de Beneficio**

Ser la empresa líder en el procesamiento ecológico de minerales en el Ecuador en el plazo de 5 años, aportando con nuestros resultados siempre al crecimiento y desarrollo del sector minero -industrial del país y Latinoamérica.

#### **2.1. Procedimiento actual de extracción de oro en las Plantas de Beneficio de la parte alta de El Oro**

El proceso de extracción artesanal de oro, emplea procedimientos rudimentarios a diferencia de la extracción a gran escala. Este tipo de minería es caracterizado por el uso de agentes tóxicos, como lo son el mercurio y el cianuro, estos como medios para la separación y recuperación del metal precioso.

La utilización es de estos agentes, dan como resultado una contaminación del medio ambiente a gran escala. Esta problemática ha creado la necesidad de optar por nueva tecnología para este tipo de minería, como la disposición gravimétrica. Sin embargo estos procedimientos no son utilizados por la minería artesanal, debido a su alto costo de inversión.

El procedimiento para llevar a cabo la extracción de metales en la actualidad, está compuesto por una serie de etapas a continuación mencionadas.

### **Exploración**

Esta etapa consiste en ubicar zonas donde haya la posibilidad de encontrar vetas con metales preciosos en este caso, oro, plata y cobre, y que su explotación sea económicamente rentable. Al encontrar la zona se extraen muestras para someterlas a un pre-análisis, esto ayudará a saber si estamos en el lugar correcto para realizar la inversión.

Si los resultados son positivos, se prosigue con la perforación, con esto se podrá sacar diferentes muestras y así poder saber con más seguridad las características del material de dicha zona.

### **Pre-Minado y Minado**

Antes de empezar con el proceso de minado (**explotación**), es aconsejable retirar la capa superficial orgánica, para impedir el crecimiento de vegetación y dejar el espacio libre por si es necesario el ingreso de maquinaria pesada.

Después del pre-minado se da paso al minado, es decir, a la explotación donde se procede al arranque de mineral, para esto existen dos etapas que son: perforación y voladura.

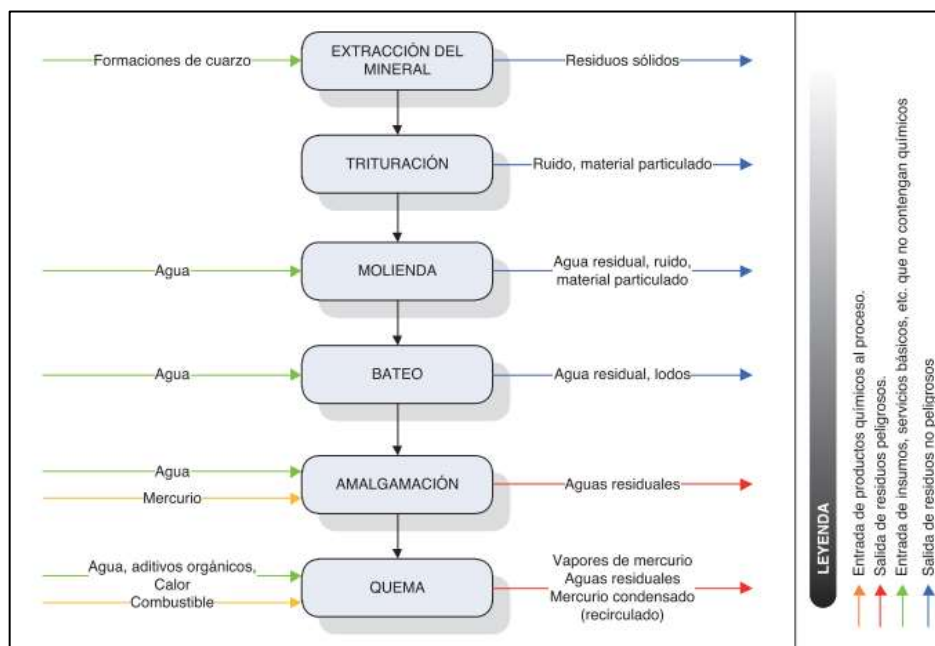
Una vez perforado el terreno se procede a colocar explosivos (voladura) en los agujeros perforados, al denotar se fragmenta las rocas y el suelo subterráneo y esto hace que sea más fácil el traslado desde el interior de la mina al exterior.

### **Carguío y Acarreo**

Una vez fragmentado la veta, se procede con el carguío que consiste en movilizar el material en mini cargadores conocidos con el nombre de burras o vagones que son guiados por rieles y empujados por personas hasta el exterior de la mina., o por carros mineros a batería sobre llantas.

Una vez el material afuera se lo almacena en un lugar hasta tener la cantidad necesaria para cargar y llenar una volqueta o mula (vehículos de carga pesada), y así ser trasladado hasta una Planta de Beneficio, donde se empieza con el proceso de extracción y recuperación de metales. (Ver figura 6, Diagrama de Flujo del proceso artesanal de extracción de oro).

Figura 6 Diagrama de Flujo del proceso artesanal de extracción de oro



Fuente: Ministerio del Ambiente

## Trituración

Una vez descargado el material en una tolva, el cual se lo alimenta de forma automática o manual, el material ingresa a una trituradora, el objetivo de este proceso es disminuir el tamaño del material o rocas provenientes de la mina, ya teniendo la dimensión del material deseado se procede al siguiente paso.

## Molienda

Este proceso hace un trabajo similar al de la trituración, puesto que aquí el molino se encarga de reducir aún más el tamaño de partículas relativamente gruesas que ha dejado la trituradora.

En la actualidad se usa mucho el famoso molino chileno consta de dos ruedas de hierro macizo la cual gira haciendo a la vez fricción con la superficie y moliendo por completo el cuarzo, el material ya granulado en pequeñas dimensiones pasa por los orificios de una malla o tamiz para luego caer a los canalones, los cuales son revestidos de colchas llamadas bayetas, donde el material circula por toda esa superficie, el material es arrastrado longitudinalmente gracias a la corriente del agua, quedando como resultado los materiales más pesados adheridos a la bayeta. El material más liviano y obviamente con menos valor desemboca en una piscina o tanque, y se lo almacena para luego ser sometido a un proceso de flotación.

Luego de esto, se procede a lavar las bayetas sobre una tina obteniendo un extracto del material.

### **Bateo o Platoneo**

El plato o platón es el método más antiguo de los sistemas usados para concentrar oro u otros minerales pesados. Como su nombre mismo lo indica tiene una forma muy similar a un plato, es decir, circular y cóncavo, puede ser de metal o de madera, en la actualidad se utiliza más el de metal con sus bordes inclinados y es de aproximadamente de 45cm de diámetro, aunque algunos mineros sostienen según experiencia que el platón de madera obtiene mejores resultados debido a que detienen con mayor facilidad las micro partículas de oro que son difíciles de retener en un platón de metal. El trabajo en sí del bateo o platoneo es concentrar los minerales más densos, en este caso el oro, es decir; el oro se queda asentado en el fondo del platón mientras que los minerales más livianos son arrastrados fácilmente con el agua durante un movimiento de rotación y al inclinar el platón para que se derrame el agua y arrastre la arena.

Dependiendo de la cantidad obtenida de concentración de oro, se decide qué proceso escoger, es decir, si la cantidad es pequeña se procede a liquidar, sino no es así, se procede a utilizar una maquina llamada chancha similar al molino de bolas.

### **Liquidación**

- **Liquidación Manual (Amalgamación):** este tipo de proceso es utilizado para pequeñas cantidades de material concentrado, aquí interviene el uso del mercurio (Hg) para amalgamar y así mejorar la separación de las partículas de oro de la arena. Por último se utiliza una tela filtrante para así eliminar el mercurio residual.
- **Liquidación Mecánica (Chancha):** este proceso es utilizado cuando la cantidad de concentrado es elevado, su forma es cilíndrica y en su interior contiene bolas de acero que al verter el concentrado con mercurio (Hg) va girando y hace que se forme una amalgama. Normalmente este proceso dura entre 3 a 4 horas hasta que el mercurio haya agarrado todo en oro, ya terminado el proceso se procede a sacar el material de la chancha, se lo vierte en un recipiente y por ende en mercurio es pesado este se ubica al fondo del recipiente, se llena con agua y se lo hace decantar hasta obtener la amalgama para luego ser separado del mercurio y obtener solo el oro y proceder a fundirlo.

Por último el oro obtenido se le funde o refina, según como lo desee el/los dueño/s.

## 2.2. Generalidades

- La extracción de Oro se ha convertido en una actividad muy importante ya que gracias a esta muchas familias tienen como subsistir.
- El contacto con químicos tóxicos utilizados en el proceso de extracción de oro causan cientos de enfermedades.
- Las enfermedades producidas por esta actividad afectan a miles de personas, no solo a las que están en contacto directo, sino también a las que se encuentran en su alrededor.
- Al ejercer de manera excesiva esta actividad, provoca grandes impactos al medio ambiente, al ecosistema, y a la biodiversidad en general.
- Muchos pequeños y grandes mineros no tienen muchos conocimientos acerca de los daños que provoca el mal manejo de residuos mineros.
- La mayoría de Plantas de Beneficio siguen utilizando los mismos procesos de extracción que se utilizaban en la antigüedad, esto por no tener los recursos necesarios para invertir en tecnología avanzada.

## 2.3. Consecuencias del uso de sustancias tóxicas.

En esta sección nos referimos al uso de químicos como el Mercurio (Hg) y el Cianuro, que son sustancias químicas tóxicas y que al estar en contacto continuo trae una serie de consecuencias para el medio ambiente y a la salud de las personas que se encuentran en su alrededor.

### 2.3.1. Mercurio (Hg).

El mercurio es un elemento químico noble pesado cuyo símbolo se representa con Hg, su número atómico es 80, peso atómico de 200.59, es tan suave como el plomo, de color blanco plateado, único en estado líquido a 0°C, muy denso y poco comprensible, que se adapta a la forma del recipiente que lo contiene. Posee una gran capacidad de amalgamar a casi todos los metales como se ve en la (figura 7, mercurio).

Según la OMS (Organización Mundial de Salud), el mercurio se encuentra entre los diez productos químicos que plantean problemas de salud pública, se lo puede encontrar en distintas formas como:

- a) Mercurio elemental, es el metal blanco plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente.
- b) Mercurio inorgánico, este se forma cuando el mercurio se mezcla con otros elementos distintos del carbono.
- c) Mercurio orgánico, este se obtiene cuando el mercurio se mezcla con carbono.



La utilización de mercurio (Hg) para la extracción del oro, es todavía una práctica habitual y común en las instalaciones mineras, esto debido a su baja inversión y sobre todo a la facilidad de inversión.

Emisiones principales de mercurio en los procesos tradicionales:

- **En las colas de amalgación de concentrados:** en forma de harina de mercurio, flóculos de amalgama, amalgama fina, oro parcialmente amalgado.
- **En la quema de la amalgama:** en forma de vapor.
- **En pérdidas de derrame (con o sin propósito):** en forma de mercurio líquido.

Este elemento es utilizado en la etapa de molienda de material, a través de la quema de una amalgama. Los porcentajes de emisiones son los siguientes:

- 35% son liberados a la atmósfera.
- 65% son liberados a la hidrósfera como ríos, lagos, lagunas y suelos.

Hoy en día este elemento químico es muy utilizado en la extracción de metales, pero la mayoría de los mineros no tienen conocimiento de los grandes riesgos y problemas que conlleva el uso del mismo, mayor aún sin la utilización de protección personal. (Ver en figura 7, Mercurio).

*Figura 7 Mercurio (Hg)*



*Fuente: Google Académico*

## Efectos del Mercurio en la Salud y Medio Ambiente

La exposición del mercurio se puede dar de diferentes maneras:

- **Por inhalación y vía oral:** en lo que respecta a la salud ocupacional, esta es la vía más importante, tanto el mercurio elemental como el inorgánico y sus derivados, pueden ingresar por inhalación y alcanzar la sangre con una eficiencia aproximada del 80%.
- **Contacto con la piel:** se han descrito algunos casos de intoxicación por aplicación tópica de compuestos que contienen metilmercurio, sin embargo no se ha demostrado aún que esta vía tenga un papel importante en la exposición ocupacional, comparada con las otras.
- **Adherencia a la ropa:** en este caso el mercurio se adhiere a la ropa y se penetra fácilmente hasta que llega al contacto con la piel.
- **Por vía digestiva o ingestión:** En el tracto gastrointestinal, el mercurio inorgánico se absorbe en cantidad menor al 0.01%, probablemente por su incapacidad de reacción en moléculas biológicamente importantes.

Absorbido el mercurio, este es transportado por la sangre en un ratio glóbulo rojo o plasma, además cabe destacar su gran afinidad por el encéfalo, quizá porque la mayor parte del mercurio circulante va al cerebro, más que al hígado o riñón. Altos niveles de mercurio son hallados en ciertos grupos neuronales del cerebro, médula espinal, pedúnculos y mesencéfalo, aunque también se lo ha detectado en epitelio de tiroides y páncreas, en células medulares de las glándulas adrenales, en espermatozoitos, epidermis y cristalinios.

Se estima que el contenido normal de mercurio en el organismo humano oscila entre 1 y 13mg, del cual 10% es metilmercurio. Su distribución en el organismo es: músculo 44 a 54%, hígado 22%, riñón 9%, sangre 9 a 15%, piel 8%, cerebro 4 a 7% e intestino 3%.

Con respecto al modelo toxicocinético de eliminación, la eliminación del tóxico se realiza desde los compartimientos central, periférico y el 'cuarto compartimiento.

El compartimento central está formado por todos los órganos, menos riñón e hígado.

El compartimento periférico está constituido por el riñón, que acumula Hg por mayor tiempo y lo aclara muy lentamente, y por el hígado, que también lo acumula, pero por periodos cortos, pues lo aclara rápidamente. En este compartimento periférico se incluye los procesos de filtración glomerular, secreción biliar y secreción por la mucosa intestinal.

El cuarto compartimento es el punto final antes de su excreción; lo integran orina, heces, pelo y uñas.

Los daños producidos en la salud por el mercurio son:

- Daño al sistema nervioso
- Daño al ADN y cromosomas
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio y dolor de cabeza
- Efectos negativos en la reproducción
- Daños en el periodo de gestación y lactancia
- Defectos de nacimientos y abortos.

### **Intoxicación por mercurio**

La exposición a mercurio asociada a malas prácticas de higiene laboral favorece al desarrollo de la intoxicación ocupacional, que se manifiesta por el cuadro clínico denominado mercurialismo o hidrargirismo.

En la fase de absorción o impregnación, los síntomas son generales e inespecíficos, como por ejemplo: pérdida de apetito, adelgazamiento, cansancio fácil, cefalea, mareos, insomnio, artralgias y parestesias. (Ver en figura 8, síntomas por intoxicación por mercurio).

En la fase de intoxicación, encontramos ya el cuadro patognomónico, con los siguientes síndromes:

- Síndrome Digestivo: este se caracteriza por tener un sabor metálico, mal aliento, náuseas, diarrea, vómito. En rara ocasión se puede apreciar un color el estigma mercurial en los dientes, coloración parduzca en los incisivos, frecuentemente asociada a pésima higiene bucal.
- Síndrome Neurológico: este síndrome se asocia con irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, sueño agitado, temor, debilidad muscular, pérdida de memoria, excesiva timidez, etc., todo esto debido a los daños producidos en los centros corticales del sistema nervioso central, que puede llevar a encefalitis, condicionante del síndrome psicoorgánico crónico y definitivo, que termina provocando demencia en el trabajador.
- Síndrome Renal: se ha descrito lesión glomerular de varios tipos, que van desde lesión mínima de aspecto semejante a la nefrosis lipoide, hasta glomerulonefritis extramembranosa. Se afirma unánimemente que el sistema inmunitario es el primer órgano blanco y que posteriormente solo aparece daño renal.
- Síndrome Oftalmológico: como signo precoz de intoxicación se describe casos aislados de escotomas anulares y centrales, incluyendo visión tubular.

Otras alteraciones aparte de estos síndromes son las siguientes:

- Piel: dermatitis de contacto localizadas en manos, antebrazos o cara, además de lesiones hiperqueratósicas que pueden ulcerarse, y en ocasiones crónicas, alopecia irreversible.
- Rinitis y conjuntivitis: estas son causadas por acción irritativa directa del mercurio.
- Sangre: el mercurio produce incremento de colesterol, por lo que al exponerse a este compuesto puede aumentar el riesgo ateromatoso en patología preexistente de aorta.
- Hipersensibilidad: se puede encontrar acrodinia, reacción de hipersensibilidad caracterizada por descamación, color rosado de las mejillas y plantas de los pies y manos, fotofobia, sudoración, irritabilidad e insomnio.
- Por último puede producir efectos teratógenos y cancerígenos: la exposición a mercurio elemental o a compuestos inorgánicos no produce cáncer ni teratogenicidad, que si están demostrados en los compuestos orgánicos como el metilmercurio. La intoxicación mercurial ocupacional no es necesariamente causada por exposición a cantidades elevadas de mercurio en el ambiente, sino también puede ocurrir con los niveles bajos de exposición.

*Figura 8 Síntomas de intoxicación por mercurio*



*Fuente: Referencia Bibliográfica*

### **Daños del mercurio en mujeres embarazadas y niños**

- La exposición de mercurio no solo se da en el contacto con el mismo en el proceso de minería, sino también en la alimentación, ya que el metilmercurio derivado del mercurio se encuentran principalmente en peces, por este motivo no es aconsejable pescar a los alrededores de la productividad minera.
- Los lactantes se exponen a altos niveles de metilmercurio durante la lactancia.
- Es tan dañino, que el metilmercurio atraviesa la placenta y se acumula en el cerebro y el sistema nervioso del feto en desarrollo.
- Así sean cantidades relativamente bajas pueden ocasionar serios retrasos motores y de comunicación.

### **Indicadores biológicos de exposición**

- **Mercurio inorgánico en la orina:** su valor no debe ser mayor de 35  $\mu\text{g/g}$  creatinina, muestra tomada antes de la jornada laboral.
- **Mercurio inorgánico total en sangre:** menor a 15 $\mu\text{g/g}$ , en muestra tomada al final de la jornada diaria o al fin de la semana laboral.
- En exposición ocupacional, se recomendable medir el mercurio en orina de 24 horas, mientras que en exposición aguda o accidental se debe preferir su dosaje en sangre.
- Para la valoración de la función renal, la vigilancia médica debe hacerse con indicadores precoces de daño renal.

### **Daños del mercurio al medio ambiente**

- Los relaves de material contienen mercurio y estos son expuestos al suelo, unos se vierten a ríos, arroyos, estanques y lagos.
- El mercurio en el aire puede instalarse en los cuerpos de agua, contaminándola.
- El metilmercurio se acumula en el interior de los peces, motivo por el cuál llegan a niveles en que hacen daño a otras especies, incluyendo al ser humano.
- En el suelo, el mercurio es absorbido por las planta por ende se encuentra en los frutos y semillas de esta.

### **Posibilidades para mejorar el uso y la emisión de mercurio**

- Mejorar el manejo general de mercurio, tanto como su transporte como en su almacenamiento.
- Eliminar totalmente el uso de mercurio en circuitos cerrados.
- Optimizar el proceso de la amalgación de los concentrados.
- Recuperar el mercurio de la amalgama.
- Limpiar las colas de la amalgación y depositarlas adecuadamente

Por último se puede afirmar que el mercurialismo es una enfermedad ocupacional grave, puesto que el tratamiento para estas enfermedades tiene eficacia limitada, pues una vez establecido el daño es irreversible.

### **2.3.2. Cianuro**

Cianuro se le llama al grupo de sustancias químicas que en ellas contengan carbono y nitrógeno. Se presenta como cianuro de hidrógeno (HCN), que es gas, o en forma de cristales como el cianuro de sodio (NaCN) o el cianuro de potasio (KCN). Generalmente se caracteriza por tener un olor a almendra amargas, pero ni siempre emana ese olor o al menos no todas las personas pueden detectarlo.

El cianuro es uno de los pocos reactivos que pueden disolver el oro (Au) en agua (H<sub>2</sub>O). Este hace la función de lixiviador de oro, es decir se adhiere a él, facilitando su separación. A pesar de que es de gran ayuda en el proceso de extracción de oro, no es amigable con la salud de las personas que lo rodean y para el ecosistema. Su alto grado de toxicidad lo convierten en un compuesto de gran peligrosidad, más aun si no es manipulado de manera adecuada.

La toxicidad del cianuro depende como este se encuentre, puede estar en forma libre ya sea gas o líquido, o compleja, es decir, acuoso o sólido. Este compuesto puede ser inhalado fácilmente si se encuentra en estado gaseoso, ingerido si está en estado líquido o sólido, y adsorbido por contacto térmico. La intoxicación aguda en el ser humano provoca convulsiones, vómitos, coma y la muerte.

### **Efectos del Cianuro en la salud y el medio ambiente**

Los principales riesgos o daños que ocasiona el uso o exposición al cianuro en el proceso de la minería son los siguientes:

- Exposición de los trabajadores al gas de cianuro de hidrógeno concentrado.
- Filtraciones de cianuro en el medio ambiente.
- Exposición de las comunidades que rodean las Plantas de Beneficio, debido a las emisiones
- 3.0 accidentales.
- El contacto directo con la piel puede resultar fatal.

### **Daños producidos en la salud por el cianuro.**

El cianuro provoca envenenamiento, este depende de algunos factores:

- La cantidad de cianuro al que da sido expuesto la persona
- La forma de exposición
- La duración de la misma.

El cianuro actúa de manera inmediata en el interior del cuerpo, pues este evita que las células del cuerpo reciban oxígeno, provocando que estas mueran, causando sofocación al individuo (Ver en la figura 9, síntomas de intoxicación por cianuro).

***Figura 9** Síntomas de intoxicación por cianuro*



*Fuente: Referencia Bibliográfica*

El cuerpo posee diversos mecanismos para expulsar el cianuro de forma efectiva. El cianuro reacciona con tiosulfato y produce tiocianato en reacciones catalizadas por enzimas de azufre como la rodanasa. El tiocianato es liberado por la orina en cuestión de días.

El cianuro se une a la citocromo oxidasa de forma reversible, inhibe la fosforilación oxidativa y daña aquellos tejidos que más dependen de ella, como el miocardio y el sistema nervioso central, bloqueando dicha cadena y por ende la respiración.

### **Daños del cianuro al medio ambiente**

- Las concentraciones de cianuro de hidrógeno, pueden ser letales para muchos animales.
- El ambiente acuático es uno de los medios más afectados debido a su sensibilidad a los efectos del cianuro, no pueden evitar una vez que éste ingrese a su territorio.
- También es perjudicial para la vegetación, puesto que el cianuro es Fito tóxico e interfiere en la fotosíntesis de las plantas, demorando su recuperación y crecimiento.
- El cianuro es un generador de drenaje ácido, el mismo que tiene impactos devastadores a lo largo de las fuentes de agua y la biodiversidad.

### **Daños a la vida Silvestre**

- Además del hombre, y del medio ambiente, los animales también son afectados por los efectos del cianuro, los mamíferos terrestres son afectados de forma limitada, debido principalmente a que las actividades mineras se encuentran debidamente aisladas.
- Un segundo grupo de animales afectados por este compuesto químico, son las aves migratorias y acuáticas que llegan a pozas o a espejos de agua abiertos con altos contenidos de cianuro. La solución a este problema es la colocación de coberturas o bolas flotantes.

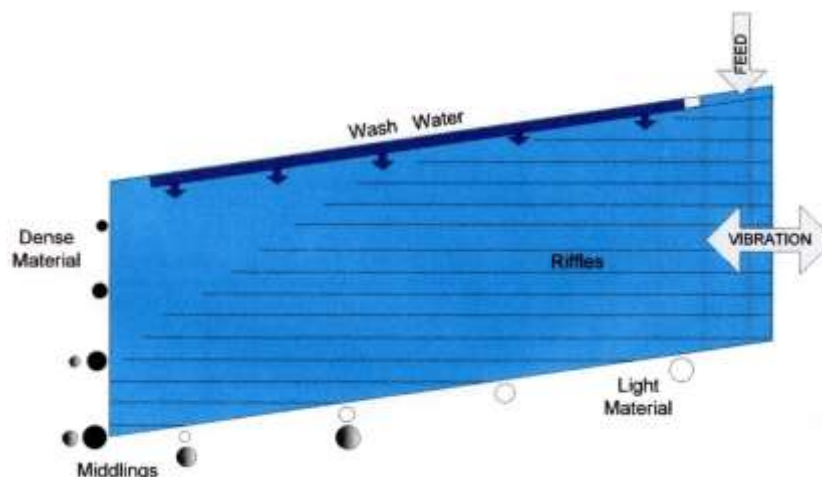
### **2.4. Mesa Concentradora**

Una mesa concentradora es una máquina de gran ayuda para la pequeña minería, adicional contribuye con el medio ambiente por su tecnología de no utilizar ningún químico para la concentración del material, es una máquina que ayuda a separar las partículas o arenas que tienen más valor con las que no lo tienen.

Esta mesa se la puede describir como un plano rectangular o romboide que adicionada a su superficie contiene rifles. (Ver figura 10, Superficie de mesa concentradora). El mecanismo de esta mesa funciona mediante un movimiento longitudinal, a lo largo del eje axial, cuando el agua fluye en la dirección del eje más corto.



*Figura 10 Superficie de mesa concentradora*



*Fuente: Referencia Bibliográfica*

Esta máquina tiene dos funciones, una primaria y una secundaria. La función primaria consiste en realizar un excelente trabajo al separar los minerales constituyentes en dos o más fases, mientras que la función secundaria es hacer que la separación sea efectiva descargando las diferentes fases en compartimientos separados.

El Proceso gravimétrico es la separación de metales o minerales con diferente densidad a partir que se esparcen por toda la superficie dependiendo el grado de inclinación con ayuda de la fuerza de la gravedad y el flujo de agua.

Las mesas más comunes son la Wilfley y Deister, funcionan por proceso gravimétrico y con un grado de inclinación para realizar la respectiva separación.

#### **2.4.1. Mesas Wilfley**

Es utilizada para la separación de minerales de diferentes densidades utilizando la fuerza de gravedad y la fuerza centrífuga. La efectividad de estas mesas depende de la homogeneidad del material de alimentación y de la densidad de pulpa; ya que cualquier fluctuación altera las condiciones de transporte del agua hacia fuera de la corriente [15]

Fue lanzada en 1895 y fue la primera mesa vibratoria. Después se crearon más modelos de mesas estando seguros de su eficiencia. (Ver figura 11, Mesa Wilfley).

*Figura 11 Mesa Wilfley*

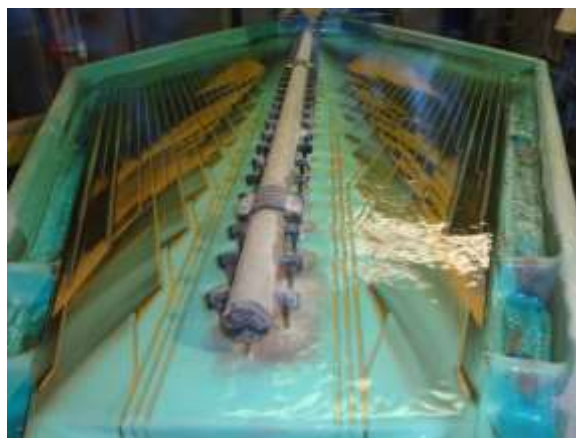


*Fuente: Google Académico*

#### **2.4.2. Mesa Deister**

Esta mesa tiene la misma funcionalidad que la mesa Wilfley. Las diferencias entre estas dos mesas son mínimas, pues una diferencia principal es su mecanismo del cabezal, la geometría de su tablero y el tipo de riffles. (Ver figura 12, Mesa Deister).

*Figura 12 Mesa Deister*

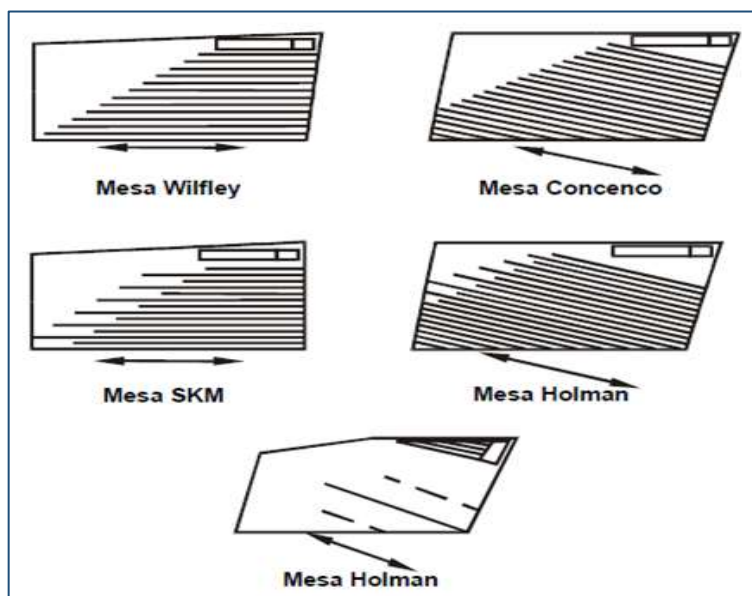


*Fuente 1 Referencia Bibliográfica*

#### **2.4.3. Otros tipos de mesas**

Existen otros tipos de mesas, no muy conocidas en el medio, tienen la misma funcionalidad, la única diferencia es inclinación y ubicación de sus riffles. (Ver figura 13, Diferentes tipos de mesas).

Figura 13 Diferentes tipos de mesas concentradoras



Fuente: Referencia Bibliográfica

## 2.5. Separación Gravimétrica

Estos métodos se los utilizó mucho hasta el medio siglo, estos métodos fueron desapareciendo debido a la aparición del proceso por flotación pero en la actualidad estos procesos se están reavivando por alto nivel de contaminación y su alto costo de los reactivos para el proceso de flotación.

Este es un proceso que nos ayuda o nos facilita la separación de granos diminutos según su forma, densidad y peso específico, este proceso se cumple gracias a la gravedad y a la fuerza del fluido laminar que circula por la superficie de la mesa, el oro tiene un peso más alto y por ende es más fácil la separación. (Ver tabla 5, Pesos específicos de minerales).

Tabla 5 Pesos específicos de minerales

Sustancia	Peso específico Kg/dm <sup>3</sup>	Sustancia	Peso específico Kg/dm <sup>3</sup>
<b>Oro</b>	19,33	Piedra poma	2,5
<b>Plata</b>	10,5	Arcilla	2,2
<b>Plomo</b>	11,34	Grafito	2,1
<b>Hierro</b>	7	Arena	1,6
<b>Cuarzo</b>	2,6	Fibra volcánica	1,28

Fuente: Autores

## **2.6. Principios de las Mesas Concentradoras**

La separación efectuada por esta máquina, es el resultado de varios principios de procesamiento mineral que actúan simultáneamente sobre la carga en la mesa. Esto se tiene debido a una película de flujo laminar, el principio de obstrucción de libre asentamiento de la partícula, reordenamiento por consolidación y aceleración asimétrica.

### **a) El fenómeno de película de flujo laminar.**

Es el resultado de la velocidad diferencial de la partícula de flujo líquido, siendo la máxima velocidad cerca del tope de la película, y es casi nulo en el fondo. Este tipo de concentración da como resultado de que partículas gruesas y de baja densidad sean movidas, por la capa superior de este flujo, moviéndose consecuentemente a la máxima velocidad. Por lo contrario, partículas finas de elevada densidad se presentan en el fondo de este fluido y se mueven con mínima velocidad. Las partículas gruesas de alta densidad y las finas de baja densidad se mueven a una velocidad intermedia en la mitad de la capa de la película líquida.

### **b) El principio de obstrucción al libre asentamiento de las partículas.**

Es un proceso de selección debido a la gravedad específica de las partículas que están sobre la mesa cuando la suspensión de partículas densamente empaquetadas se concentra sobre los rifles y son suspendidas verticalmente por el flujo. La clasificación resultante de las partículas es similar a la obtenida por el principio anterior.

### **c) El reordenamiento por consolidación.**

Esto ocurre subsecuentemente al fenómeno de interrupción a libre asentamiento de las partículas, por el que las partículas finas continúan colándose entre los espacios porosos de las partículas más gruesas, después de que estas se han asentado.

### **d) La aceleración asimétrica.**

Este es el resultado del movimiento recíproco asimétrico impartido a la superficie de la mesa, el cual provoca un movimiento intermitente de los sólidos que descansan en la superficie de la mesa.

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

Este proyecto fue desarrollado siguiendo los siguientes tipos de investigación:

### **Investigación Cualitativa**

Este tipo de investigación consistió en la selección de personas expertas o familiarizadas con el tema, como ingenieros metalúrgicos, mecánicos e industriales, todo esto con la intención de obtener más conocimiento y datos reales.

### **Investigación de Campo**

Este tipo de investigación se la realizó en diferentes lugares donde se realizan las mismas actividades, con el fin de conocer todos los procedimientos y ver las diferencias existentes entre ellas.

### **Investigación Exploratoria**

Este tipo de investigación nos permitió familiarizarnos más con el tema a tratar en nuestro proyecto y todo lo relacionado con él, en este caso, se buscaba conseguir información más amplia y detallada que ubicara el contexto del sector minero, desde su procedimiento, funcionamiento, normas y leyes que lo regulan.

### **Investigación Descriptiva**

Una vez obtenida la información anteriormente descrita, se prosigue con este tipo de investigación con el objetivo de conocer las diferentes situaciones, procesos, costumbres y actitudes predominantes dentro de las diferentes plantas de beneficio a través de la descripción exacta de las actividades, procedimientos, procesos y personas que se involucran en ella, identificando la relación que existe entre las diferentes variables. Por último se hace el análisis de la información.

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO Y RESULTADOS

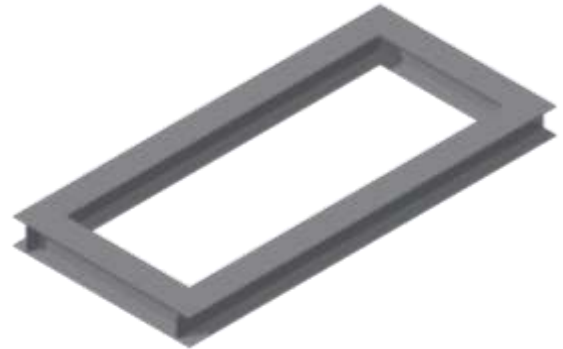
### 3.1. Diseño de mesa concentradora

Se realizó un diseño preliminar de todas las partes de la mesa a construir, para tener una mejor perspectiva de nuestro objetivo, para ello se utilizó un software para ingeniería que nos ayuda a visualizar nuestra mesa en escala real.

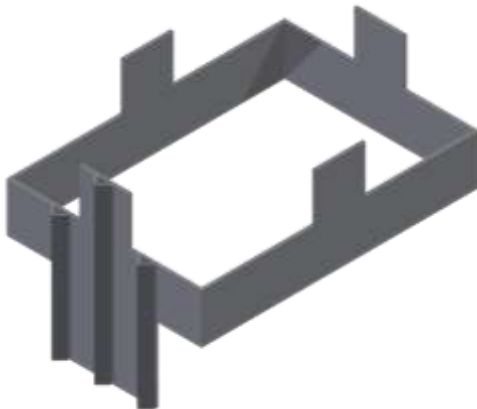
*Figura 14 Estructura para soporte de mesa*



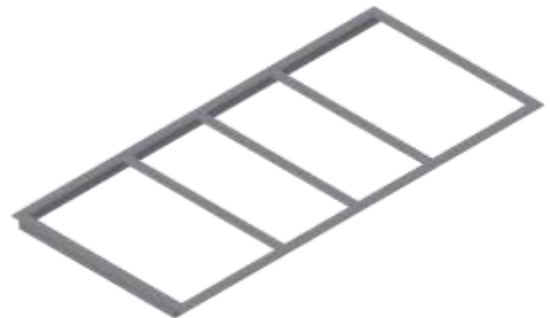
*Figura 16 Base para fijación con el suelo*



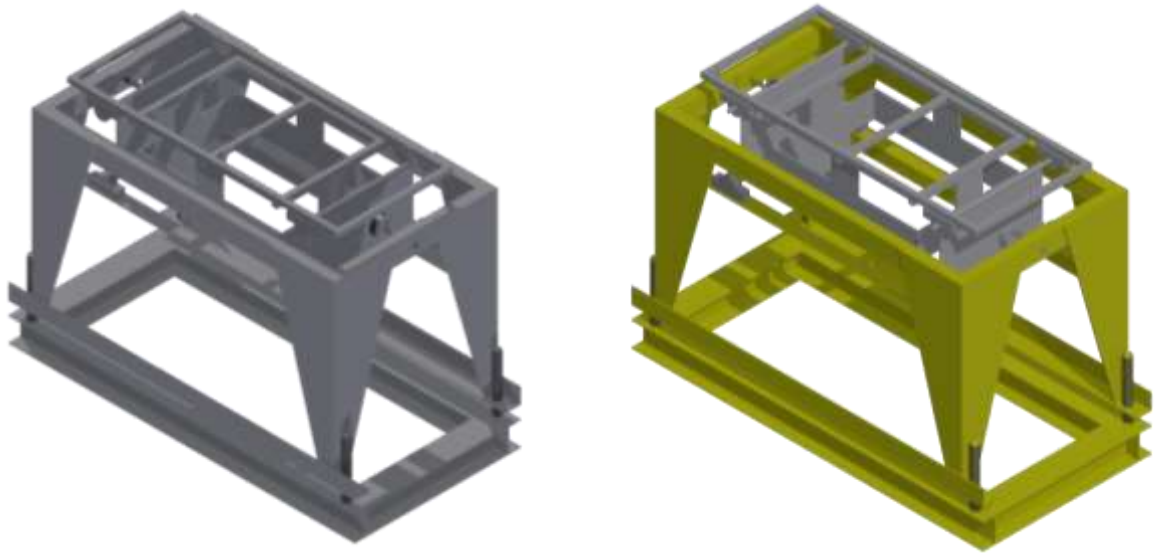
*Figura 15 Armazón para transmisión*



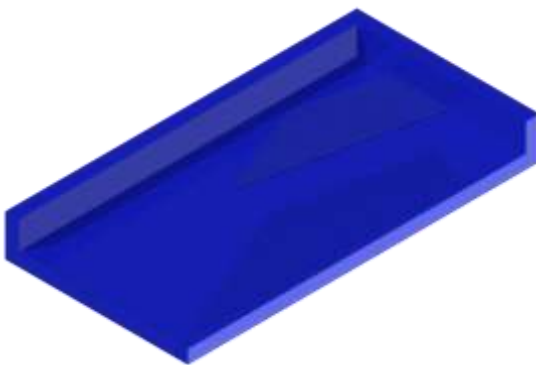
*Figura 17 Parrilla para tablero de mesa*



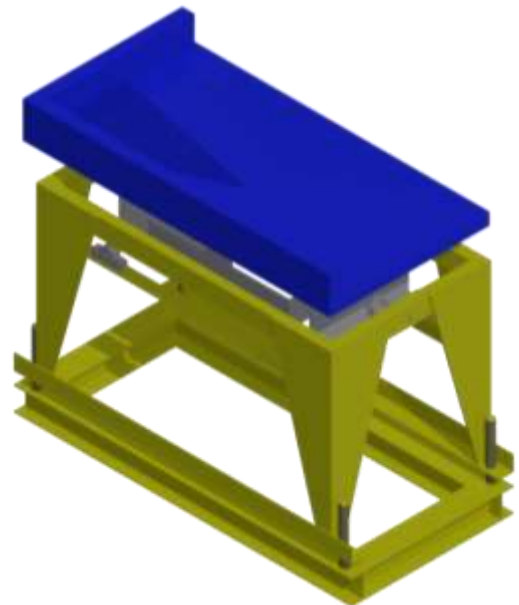
*Figura 18 Unión de soporte, armazón para transmisión y parrilla.*



*Figura 19 Tablero para superficie de mesa*

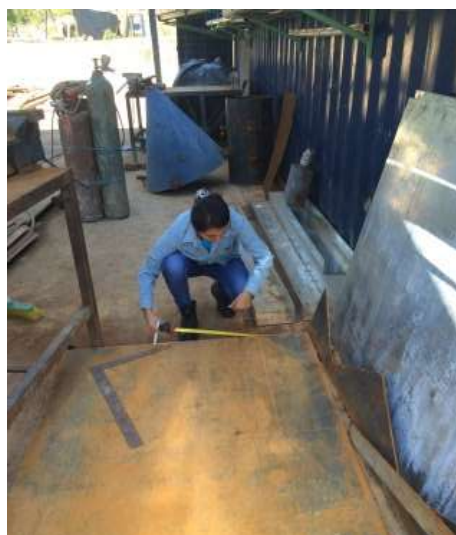


*Figura 20 Fijación de superficie*



### 3.2. Construcción de la mesa concentradora

**Paso 1.** Trazar las medidas para los soportes para mesa (patas), en plancha de 6mm  $\cong$  ¼.



**Paso 2.** Corte de los moldes trazados



**Paso 3.** Doblar las planchas donde tiene sus trases a 90°, para ello se utiliza una dobladora hidráulica.



**Paso 4.** Medir, trazar los tubos cuadrados para hacer cortes de 45 grados para el marco de la mesa.







**Paso 5.** Unir las 4 partes del marco de la mesa y soldarlas.



**Paso 7.** Medir, trazar, cortar y soldar soportes para la transmisión.



**Paso 6.** Soldar las patas dobladas a 90° con el marco de la mesa.



**Paso 8.** Fabricar parrilla para la superficie.



**Paso 9.** Corte de planchas para la transmisión longitudinal.



**Paso 10.** Fabricación de ejes de acero inoxidable para chumaceras, en torno.



**Paso 11.** Fijar con soldadura los ejes en las planchas de transmisión.



**Paso 12.** Construcción de armazón para la transmisión.

Esta armazón se la fábrica de tubo cuadrado de 2 cmx 2cm, esta debe ser bien resistente ya que esta soportará todo el peso del motor y el movimiento, también se corta una plancha de 6mm en forma de T donde se colocará el motor.





**Paso 13.** Instalación de chumaceras inferiores, contrapeso, motor y poleas.



**Paso 14.** Construcción de base IPN para inclinación de la mesa.



**Paso 15.** Fabricación del tablero para la superficie de la mesa.



**Paso 16.** Fabricación y fijación de rifles.



**Paso 17.** Fibra de Vidrio.

Teniendo ya los rifles fijados, se procede al baño con fibra de vidrio, se le hace los baños que requiera hasta obtener una superficie completamente lisa.

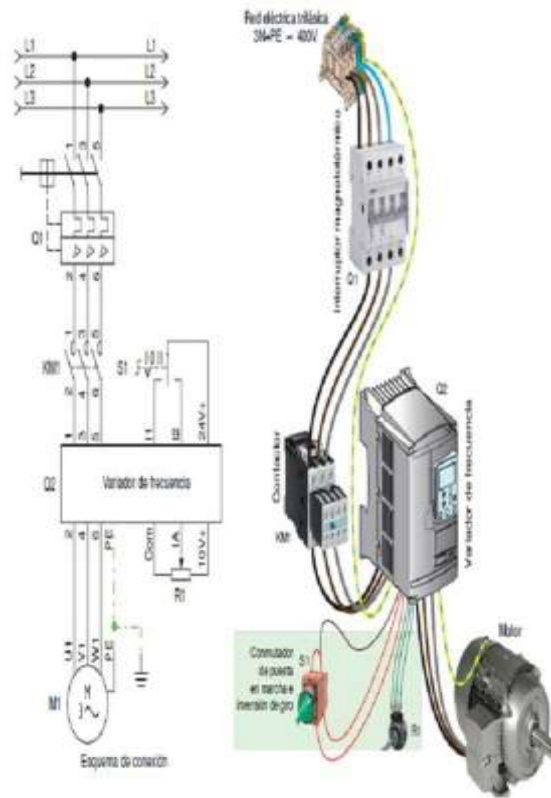


**Paso 18.** Pintado de la mesa**Paso 19.** Instalación de Tolvas, tubería y canalones para agua.**Paso 20.** Instalación eléctrica

Se le instala a la mesa un variador de frecuencia que permitirá regular las revoluciones necesarias que el usuario desee, para procesar cada tipo de material, facilitándole un golpe preciso y eficaz.

Esta instalación contiene un breakers para la alimentación principal y una botonera de paro y arranque.

**Paso 21.** Colocación de resorte para Amortiguación.



### 3.3. Funcionamiento de la mesa concentradora

Se abre el paso del agua, se enciende la máquina y de esta manera fluye una película de agua sobre la superficie plana de la mesa, ya teniendo la mesa abastecida de material se le da la inclinación adecuada a cierto grado observando el mejor resultado de separación para fijar la inclinación, el agua es pegada a la superficie y es frenada por la fricción, adicional se calibra el golpe mediante unos pernos ajustables hasta obtener un golpe preciso sin alterar o mezclar el material.

Todo este proceso requiere de calibración y pruebas de ensayo para adquirir la experiencia necesaria y obtener una separación rápida y precisa.

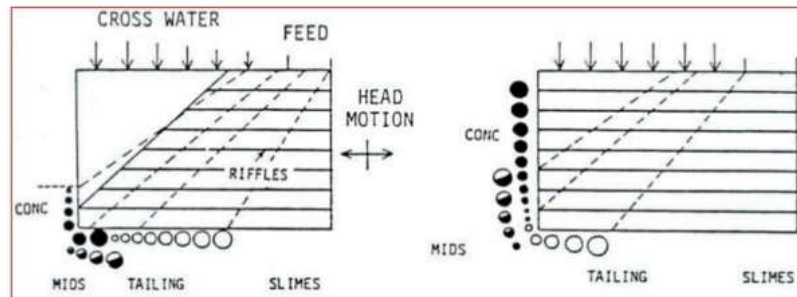
En operación, una suspensión de sólidos y aguas es alimentada en la parte superior de la mesa. A medida que el material en suspensión se mueve a través de la mesa, este es atrapado, llenando a su vez de agua los sitios detrás de los riffles longitudinales. La acción vibradora diferencial de la mesa causa clasificación por tamaño así como estratificación debido a la gravedad específica de las partículas. Como resultado se obtiene que partículas de gravedades específicas similares se comiencen a ordenar verticalmente de acuerdo a su tamaño.

Una vez que la capa es formada la adición de lo más sólido en suspensión y la acción del flujo transversal de agua causa arrastre en las capas superiores de las partículas estratificadas, forzando a las partículas gruesas y de baja gravedad específica a remontar los riffles y viajar hacia al lado más bajo de la mesa concentradora.

La altura de los riffles y el de la capa de las partículas decrecen desde el extremo de alimentación hasta el extremo de descarga y como resultado se obtiene una concentración continua del tipo de flujo laminar por el cual las partículas más finas y de alta densidad se mueven longitudinalmente a lo largo de los riffles de la mesa. (Ver figura 21, Comportamiento de partículas).

El mecanismo del movimiento diferencial esta diferenciado de tal manera que al final del golpe hacia atrás, la mesa y las partículas sobre su superficie se encuentran momentáneamente en reposo.

Figura 21 Comportamiento de partículas



Fuente: Referencia Bibliográfica

### 3.4. Cálculos de Mesa Concentradora

#### Tablero de Mesa Concentradora

- *Área de superficie*

$$A = b * h$$

$$A = 0.67m * 1.2m$$

$$A = 0.8 m^2$$

- *Peso de superficie*

$$P = m * g$$

$$P = 12 kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 117.6 N$$



## Motor eléctrico

### Cálculo de potencia de motor eléctrico

- *Potencia por guías de carga*

$$r = \text{radio de la polea} = 0.11 \text{ m}$$

$$w = 450 \text{ rpm} * \frac{2\pi}{60} = 47.12 \text{ Rad/s}$$

$$v = w * r$$

$$v = 47.12 \frac{\text{Rad}}{\text{s}} * 0.11 \text{ m}$$

$$v = 5.1832 \text{ m/s}$$

$$l = \text{longitud de la polea} = 0.33 \text{ m}$$

$$P_s = 0.08 * v * l$$

$$P_s = 0.08 * 5.18 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.33 \text{ m}$$

$$P_s = 0.136 \text{ Kw}$$

- *Masa total del movimiento*

$$m_T = \text{superficie} + \text{material} + \text{contrapeso}$$

$$m_T = 14 \text{ kg} + 3 \text{ kg} + 3.12 \text{ kg}$$

$$m_T = 20.12 \text{ kg}$$

- **Peso total**

$$W = 20.12 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$W = 197.17 \text{ N}$$

- **Potencia teórica**

$$Pt = \frac{W * v}{1000} + Ps$$

$$Pt = \frac{197.17 \text{ N} * 5.1832 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1000} + 0.136 \text{ Kw}$$

$$Pt = 1.16 \text{ Kw}$$

- **Potencia del motor**

Tabla 6 Eficiencias Mecánicas para equipos reductores de velocidad

Tipo de reducción	Eficiencia (%)
Poleas y bandas en V	94%
Catalina y cadena de rodillos	93%
Catalina y cadena de rodillos, lubricados en aceite	95%
Reductor de engranes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio 20:1)	90%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio de 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio de 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranes rectos (maquinados)	90%
Reductor de engranes rectos (fundidos)	85%

Fuente: Referencia Bibliográfica

$$P_m = \frac{P_t}{\eta * \varepsilon}$$

$$P_m = \frac{1.16 \text{ Kw}}{0.85 * 0.94}$$

$$P_m = 1.45 \text{ Kw}$$

$$P_m = \frac{1.45 \text{ Kw}}{746} * 1000$$

$$P_m = 1.95 \text{ HP} \cong 2 \text{ HP}$$

*El motor a utilizar es de 2 HP*

#### **Motor Siemens de 2 HP**

- *Potencia entrada*

$$P_{out} = 2 * 746W$$

$$P_{out} = 1.49 \text{ kW}$$

- *Potencia de entrada*

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}}$$

$$P_{in} = \frac{1.49 \text{ kW}}{0.85}$$

$$P_{in} = 1.75 \text{ kW}$$

- **Corriente de línea**

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * I_L * V_L * FP$$

$$I_L = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} * V_L * FP}$$

$$I_L = \frac{2.09kW}{\sqrt{3} * 230 * 0.81}$$

$$I_L = 6.6 A$$

- **Corriente de arranque**

$$I_a = 4.7 * I_L$$

$$I_a = 4.7 * 6.6 A$$

$$I_a = 31.02 A$$

- **Fuerza centrífuga del movimiento rotativo de la polea**

$$F_{cfg} = \frac{m * v^2}{r}$$

$$F_{cfg} = \frac{3.12kg * (5.18 \frac{m}{s})^2}{0.11 m}$$

$$F_{cfg} = 761.06 N$$

$$m_{Máx} = \frac{761.06 N}{9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$m_{Máx} = 77.7 kg$$

Esto significa que el contrapeso puede mover a la superficie máximo 77.7 kg.

**Nota: Si se desea trabajar con una masa mayor a 77.7 kg se le puede adicionar peso al contrapeso.**

La masa movable en este caso es de 20.12 kg, lo que representa un 25.89% de la capacidad máxima.

- *Revoluciones por golpe*

### Motor eléctrico

#### Datos:

$$P = 1.48 \text{ Kw}$$

$$n = 1681 \text{ rpm}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

Velocidad nominal deseada con una frecuencia de 35 Hz

$$35 \text{ Hz} * \frac{1681 \text{ rpm}}{60 \text{ Hz}} = 980.58 \text{ rpm}$$

- *Relación de poleas*

Calculos

Datos

Polea 1 conductora= 11 cm

Polea 2 Conducida= 22 cm

60 herts

Velocidad= 1681 rpm

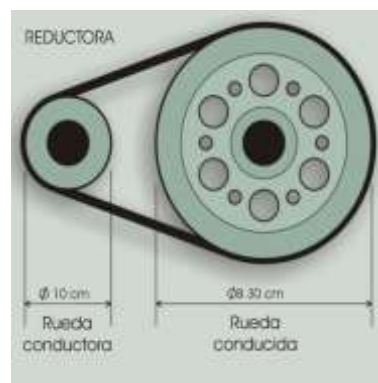
$i = ?$

Donde:

$i =$  Relacion Transmision

D1= Polea conductora

D2= Polea conducida



- *Relación de transmisión*

$$D1 * n1 = D2 * n2$$

$$i = \frac{D1}{D2} = \frac{n2}{n1}$$

$$i = 11/22$$

$$i = 0.5$$

- *Velocidad de polea conducida*

$$D1 * n1 = D2 * n2$$

$$980.58 * 11 = 22 * n2$$

$$n2 = 490 \text{ rpm}$$

A esta velocidad se la multiplica por un factor de resistencia de 0.85

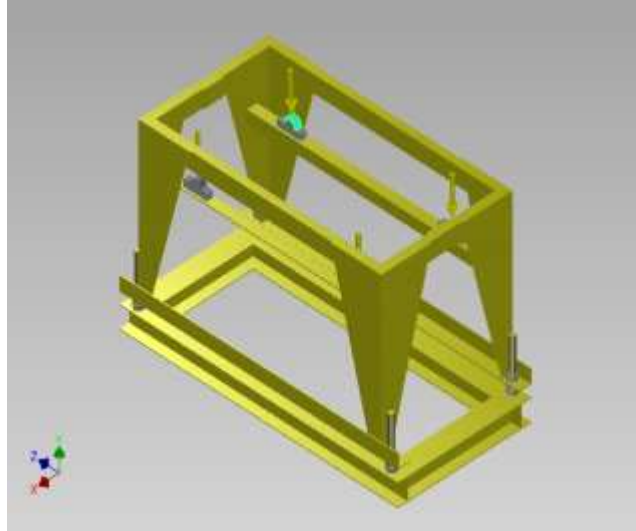
$$n_{35\text{hertz}} = 490.29 * 0.85$$

$$n_{35\text{hertz}} = 416.75 \cong 417 \text{ rpm}$$

La mesa a 35 Hertz realiza 417 golpes por minuto, normalmente es 490 rpm pero tenemos una pérdida de velocidad por las poleas.

## Reporte de Esfuerzos (AUTODESK INVENTOR)

*Figura 22 Soporte base para mesa*

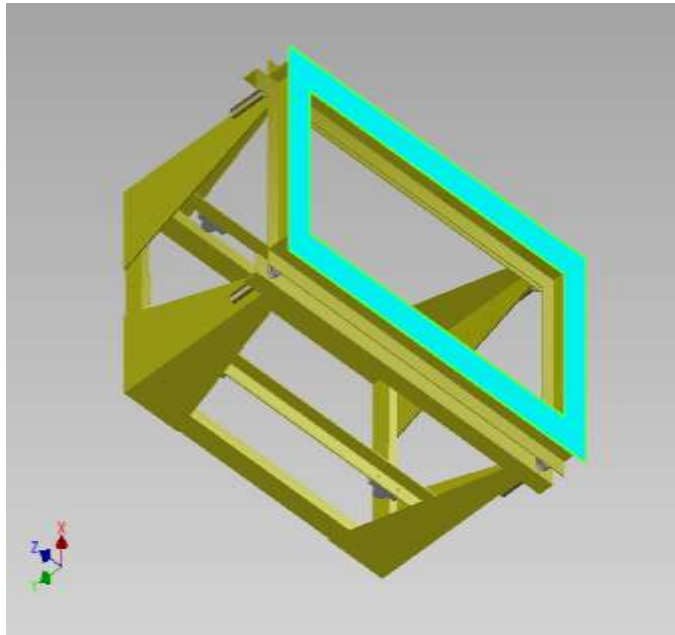


*Fuente: Autores*

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Limite elástico	207 MPa
	Reacción a la tensión máxima	345 MPa
Stress	Módulo de Young	210 GPa
	Relación de Poison	0,3 ul
	Módulo de corte	80,7692 GPa
Part Name(s)	soporte base mesa	

Nombre	Acero al carbón	
General	Densidad de la masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Limite elástico	350 MPa
	Reacción a la tensión máxima	420 MPa
Stress	Módulo de Young	200 GPa
	Relación de poison	0,29 ul
	Módulo de corte	77,5194 GPa
Part Name(s)	Chumacera	

*Figura 23 Base para mesa (IPN)*



*Fuente: Autores*

Nombre	Acero (IPN)	
General	Densidad de la masa	7,75 g/cm <sup>3</sup>
	Limite elástico	689 MPa
	Reacción a la tensión máxima	861,25 MPa
Stress	Módulo de Young	206,7 GPa
	Relación de Poison	0,27 ul
	Módulo de Corte	81,378 GPa
Part Name(s)	Base para mesa IPN	



## CONCLUSIONES

Al dar por finalizado el proyecto, se pudo concluir que sí es posible construir una mesa concentradora de oro para la minimización de la contaminación del impacto ambiental ocasionado por el hombre en esta actividad en la actualidad.

Los resultados fueron exitosos, se obtuvo una excelente firmeza de la mesa, la cual nos ayudó en la precisión de la vibración. La selección correcta de los materiales fue un paso muy esencial para la construcción de la mesa.

Se concluyó que la mesa consta de tres partes principales: base, transmisión, superficie. Cada una de estas partes son totalmente desarmables y regulables.

De acuerdo a los cálculos planteados, esta mesa tiene un área de  $0.8\text{m}^2$ , y puede soportar un peso máximo de  $761.5\text{ N}$ , si se desea incrementar el peso de carga se le debe añadir peso al contrapeso, en este caso la masa del contrapeso fue de  $3.12\text{kg}$ , que equivale a  $30.6\text{ N}$ .

La mesa fue diseñada para procesar aproximadamente  $790\text{ kg/día}$ .

También se pudo concluir que todo material es diferente, dependiendo su origen, este puede ser material grueso, medio grueso, fino y ultra fino, lo que quiere decir es que, para cada tipo de material se va a obtener diferentes porcentajes de recuperación de oro, y se debe calibrar la mesa con diferente grado de inclinación y ajustar el golpe.

En las pruebas pilotos realizadas con material de río, se recuperó aproximadamente el  $82\%$  de oro.

El valor de la inversión para la construcción del proyecto (mesa concentradora) resultó ser:  $\$ 3.225,94$  Dólares Americanos.

Se llegó a la conclusión gracias a los análisis obtenidos que la mesa concentradora si cumple y abarca todas expectativas de los objetivos planteados.

Se pudo obtener el modelo y medidas exactas de toda la mesa en plano 2D y 3D, se la diseño en el programa Inventor, que también nos ayudó con un reporte de análisis de fuerzas y esfuerzos.

Los resultados obtenidos del reporte de (AUTODESK INVENTOR) nos hicieron saber que los soportes si pueden resistir el peso de la superficie que es  $117\text{ N}$ .

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que se fabriquen otro tipo de superficies para procesar distintos tipos de materiales ya sea de río o mina, aprovechando que la mesa es 100% desarmable, de esta manera ya no sería necesario el ajuste de grado de inclinación.

Se supone que la mayoría de los pequeños mineros tienen poco conocimiento de la distribución de tamaños de partículas del oro presente en su mineral, por lo tanto, el método más práctico de establecer la eficacia de una mesa vibratoria para la recuperación de oro a partir de un mineral dado, sería llevar a cabo ensayos previos de procesamiento.

Se recomienda no alimentar la mesa con materiales ya procesados o cianurados, la mesa se la diseñó con el fin de reducir los impactos ambientales ocasionados actualmente por empresas mineras que extraen oro por proceso de cianurización o amalgamación con mercurio (Hg).

Se recomienda que se utilice todo el equipo de protección personal necesario para que realice un trabajo seguro y eficaz estos equipos son: Tapones auditivos (orejeras), guantes, overol, gafas, botas industriales, etc.

Se recomienda dar a conocer el manual de uso a todas las personas que quieran manipular la mesa para que adquieran el debido conocimiento del correcto funcionamiento de la misma.

Se recomienda automatizar la calibración para el ángulo de inclinación de la superficie, se reemplazaría los pernos roscados por gatos hidráulicos y así facilita y agiliza el proceso de calibración de la inclinación.

## BIBLIografía

- [1]. Alguacil, F. J. (1995). El refinado del oro. *Revista de Metalurgia*, 31(3), 182-191.
- [2]. A., Chambi, L. C., & Núñez, G. (2010). Recuperación de oro a partir de piritas auríferas. *Reporte Metalúrgico y de Materiales*, 5.
- [3]. Carrión, P., & Álava, H. E. (1991). Recuperación de oro de relaves utilizando mera concentradora y cianuración por agitación.
- [4]. Ceferino, R., Wilfrido, B., & Velasco Valarezo, J. S. (1996). Estudio mineralúrgico de concentración gravimétrica y de flotación para la recuperación de oro a partir de arenas cianuradas de la compañía ORENAS SA.
- [5]. Galafassi, G. (2008). Minería de oro y plata y conflictos sociales. Un proceso de historia reciente en la Patagonia. *Ponencia presentada en las XXI Jornadas de Historia Económica*, 23-26.
- [6]. Guerrero Campos, D. I. (2013). *Diagnóstico Ambiental de las Descargas Mineras Líquidas y Sólidas, en los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos del Cantón Portovelo* (Doctoral dissertation, QUITO/EPN/2013).
- [7]. Legorreta García, F. (2010). Caracterización y separación gravimétrica de arenas de Caolín procedente de Agua Blanca de Iturbide, Hidalgo (México).
- [8]. Pantoja-Timarán, F., Álvarez-Rodríguez, R., & Rodríguez-Avelló, A. S. (2005). Métodos para reducir la contaminación por mercurio en la pequeña minería del oro. *Revista de Metalurgia*, 41(3), 194-203.
- [9]. Paz-Bolivia, L. A. Tecnología de la concentración centrífuga. Logsdon Mark, J., Karen, H., & Mudder, T. (2001). El Manejo del Cianuro en la extracción del Oro. *Consejo internacional de Metales y Medio Ambiente. Canada*.
- [10]. Plyler, E. K., Danti, A., Blaine, L. R., & Tidwell, E. D. (1960). *Vibration-rotation structure in absorption bands for the calibration of spectrometers from 2 to 16 microns*. US Department of Commerce, National Bureau of Standards.
- [11]. Quisa, C., & Emilio, B. (2012). Modelo de planta piloto para recuperación del oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales.

- [12]. Romero Añazco, V. D. (2014). La ley de minería del Ecuador y su aplicación en los ríos Pache y río Amarillo, por la explotación minera en los cantones Portovelo y Zaruma de la provincia del Oro–Ecuador.
- [13]. SAAD, P. T. (1992). Estudio mineralúrgico para la concentración de oro de los relaves de Ponce Enríquez.
- [14]. Valdivieso, A. L., Amaya, A. I., Rangel, S. O., & Bahena, M. J. L. R. Concentración gravimétrica centrífuga de oro y plata. Su implementación en el circuito de molienda de mineral de Pilón.
- [15]. Pantoja-Timarán, F., Álvarez-Rodríguez, R., & Rodríguez-Avelló, A. S. (2005). Métodos para reducir la contaminación por mercurio en la pequeña minería del oro. *Revista de Metalurgia*, 41(3), 194-203.
- [16]. Wotruba, H. Procesos de beneficio mineral aptos para la minería en pequeña escala. *Comunidades y minería en pequeña escala (CASM); Set*, 23-28.
- [17]. Ramírez, A. V. (2008, March). Intoxicación ocupacional por mercurio. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 69, No. 1, pp. 46-51). UNMSM. Facultad de Medicina.
- [18]. Machado, L. G., Ospina, J. H., Henao, N. A., & Marin, F. D. (2010). *Problemática ambiental ocasionada por el mercurio proveniente de la minería aurífera tradicional, en el corregimiento de Providencia, Antioquia* (Doctoral dissertation, Especialización en Gestión Ambiental).
- [19]. Espinoza, C. G. (2004). ¿Más valor que el oro? Los movimientos populares en oposición a la minería con cianuro. *Theomai*, (9), 0.
- [20]. Guerrero, J. (2005). Cianuro: Toxicidad y destrucción biológica. *El Ingeniero de minas*, 10, 22-25.
- [21]. Fernández, A. R., & del Pozo Hessing, C. Contra el uso de cianuro en la minería.
- [22]. Logsdon, M. J., Hagelstein, K., & Mudder, C. T. I. El Manejo DEL Cianuro.
- [23]. Perilla Castillo, E., & Pinilla Sepúlveda, Á. E. (2004). Analysis of dynamic and acoustic behavior and computational verification for designing flutes.

- [24]. Saavedra, P. (1998). Análisis de vibraciones en Máquinas Rotatorias. Universidad de Concepción. Chile.
- [25]. Martín, J. M. (2000). Geología e historia del oro de Granada.
- [26]. Jeffus, L. (2009). Soldadura: principios y aplicaciones (Vol. 3). Editorial Paraninfo.
- [27]. Yarto, M., Gavilán, A., & Castro, J. (2004). La contaminación por mercurio en México. Gaceta Ecológica, (72), 21-34.
- [28]. Guerrero, J. (2005). Cianuro: Toxicidad y destrucción biológica. El Ingeniero de minas, 10, 22-25.
- [29]. Salager, J. (2007). Granulometría Teoría.
- [30]. Cano, F. P. P. Y. J., & Pavon, G. Y. (1977). MÉTODOS ANALÍTICOS DE SEPARACIÓN. Publicaciones De La Universidad De Sevilla.

## GLOSARIO

**Flujo laminar:** Movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado, suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entre mezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente. (Perilla Castillo, E., & Pinilla Sepúlveda, Á. E. 2004).

**Vibracion:** se puede considerar como la oscilación o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio. La posición de equilibrio es la a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero. (Saavedra, P. 1998).

**Oro:** El oro es un elemento químico de número atómico 79, que está ubicado en el grupo 11 de la tabla periódica. Es un metal precioso blando de color amarillo. Su símbolo es Au. (Martín, J. M. (2000).

**Soldadura:** Proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el baño de soldadura) y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón. (Jeffus, L. 2009).

**Mercurio:** El mercurio (Hg), es un elemento metálico, de color plateado que permanece en estado líquido a temperatura ambiente. Su número atómico es de 80 y es uno de los elementos de transición del sistema periódico. El mercurio, en otra época llamado plata líquida o azogue, fue objeto de estudio de la alquimia. (Yarto, M., Gavilán, A., & Castro, J. 2004).

**Cianuro:** El cianuro es una sustancia química, caracterizada por la presencia de una unidad química formada por el enlace - carbono-nitrógeno (CN) se combina con una gran mayoría de compuestos orgánicos e inorgánicos. Es potencialmente letal, que actúa rápidamente sobre el sistema respiratorio. (Guerrero, J. 2005).

**Granulometria:** Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. Salager, J. (2007). Granulometría Teoría.

**Gravimetria:** Un método analítico cuantitativo para determinar la cantidad de una sustancia midiendo su peso. (Cano, F. P. P. Y. J., & Pavon, G. Y. 1977).

**Fuerza:** Es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los materiales. (Streeter, V. L., Wylie, E. B., Bedford, K. W., & Saldarriaga, J. G. 1988).

**Trituración:** reduce normalmente el tamaño de los trozos de mineral a un valor comprendido entre 8" a 6". A continuación, los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias. (Bueno, G. 2004).

**Planta de beneficio:** Instalación física donde se realiza la fase industrial del proceso minero, sea éste mecánico (quebradores, zarandas, molinos, ciclones, etc.), químico o biológico, incluyendo el proceso de concentración, fundición y refinado. (Durán, Q., Sierra, G. A., & García, J. A. 2004).

**Mina:** Es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas necesarias para el tratamiento del mineral extraído. (Domergue, C., Sillières, P., Martin, T., & des Universités, P. 1977).

**Amalgama:** Es un proceso que se aplica para recuperar oro y plata nativa de materiales auríferos o argentíferos. El oro, la plata y varios otros metales y sus compuestos son capaces de alearse con el mercurio Zavala, S. (1962). La amalgama en la minería de Nueva España. *Historia mexicana*, 11(3), 416-421.

**Explotación Aurífera:** Es una actividad económica que a lo largo del tiempo ha ido cambiando de lugar e intensidad. La extracción artesanal del oro emplea procedimientos rudimentarios para su extracción. Usualmente, los depósitos de oro con partículas muy delgadas, necesitan del metal hg para un buen recobro del mismo. (Caro, A. R. 2004).

**Optimización:** Es una grandiosa técnica para llevar a cabo debido a que se basa en la eficacia y la eficiencia para alcanzar grandes objetivos utilizando la menor cantidad de recursos posibles. (Olcina, A. G. 2010).

**Viscosidad:** La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. Mato, F., & Hernandez, J. L. (1969). *Viscosidad de Mezclas Líquidas Binarias II*. Anal.

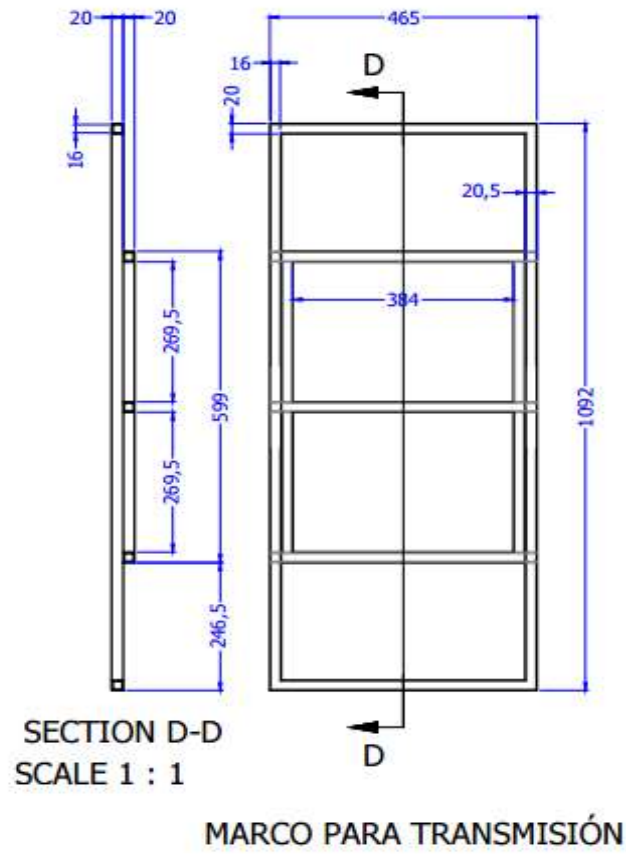
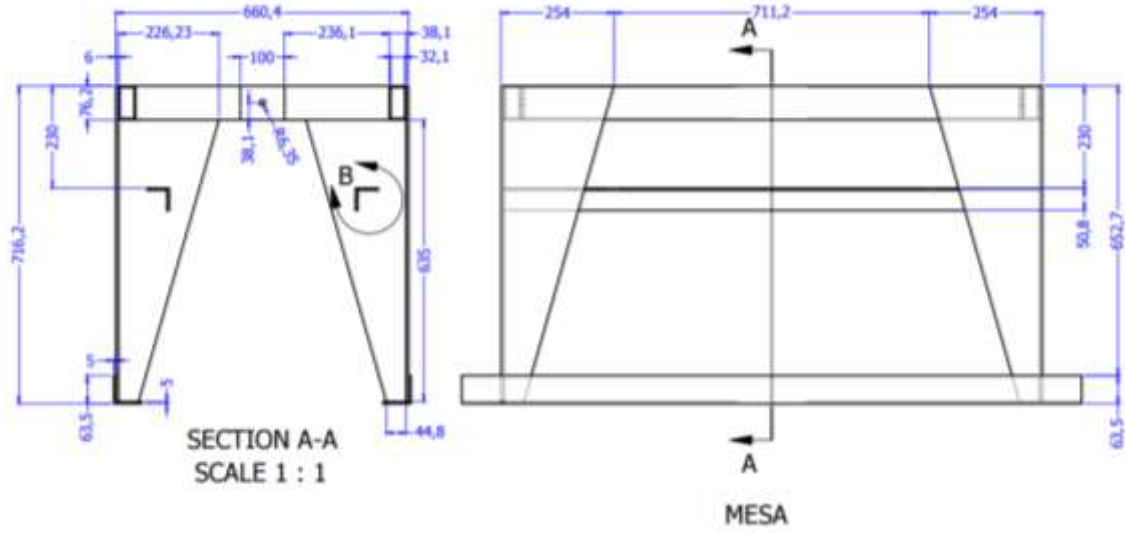
**Peso específico:** Es la relación que existe entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso. García Cárcel, R. (1988). La identidad de los escritores del Siglo de Oro. *Studia Historica. Historia Moderna*, 6, 20.

**Partículas:** Porción de dimensiones muy reducidas de materia Marion, J. B. (1975). *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*. Reverté.

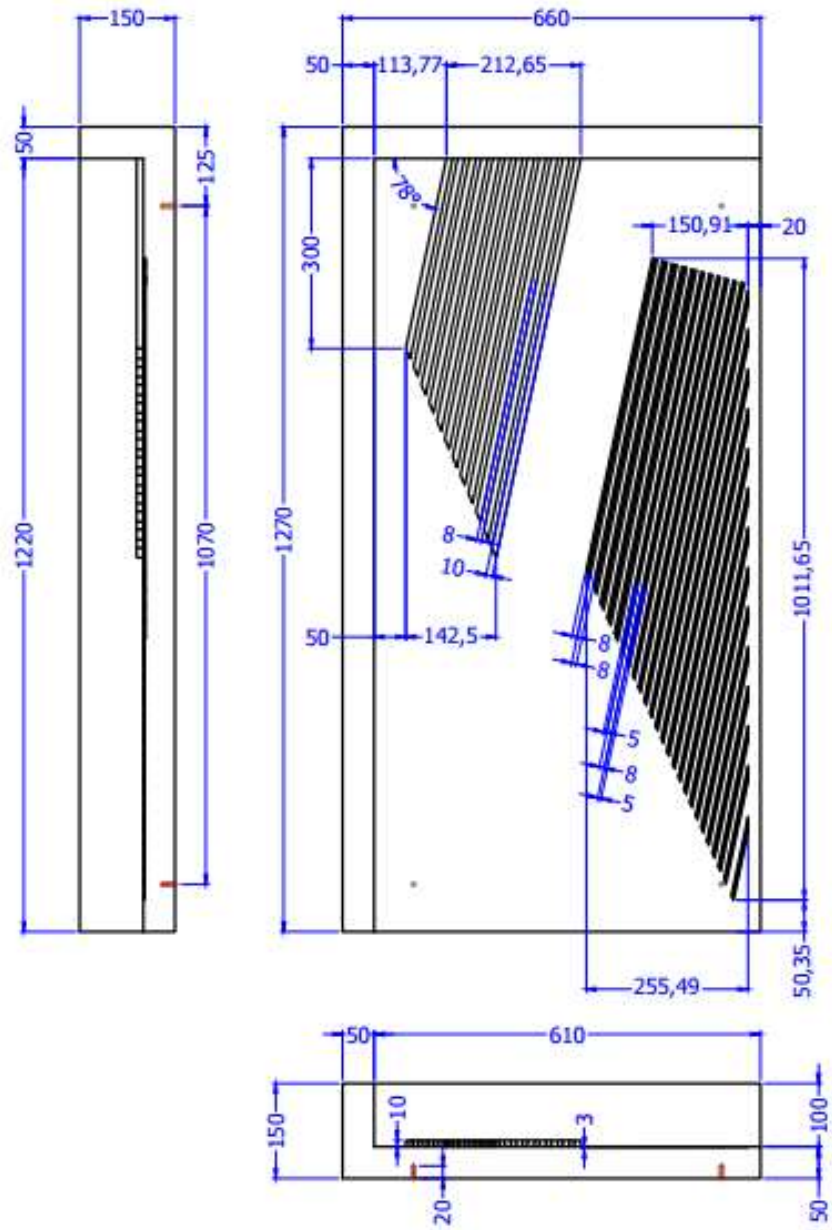
**Superficie:** Aspecto exterior de una situación, que se percibe a primera vista, sin profundizar en su conocimiento Casanova, R., & Debroise, O. (1989).

## ANEXOS

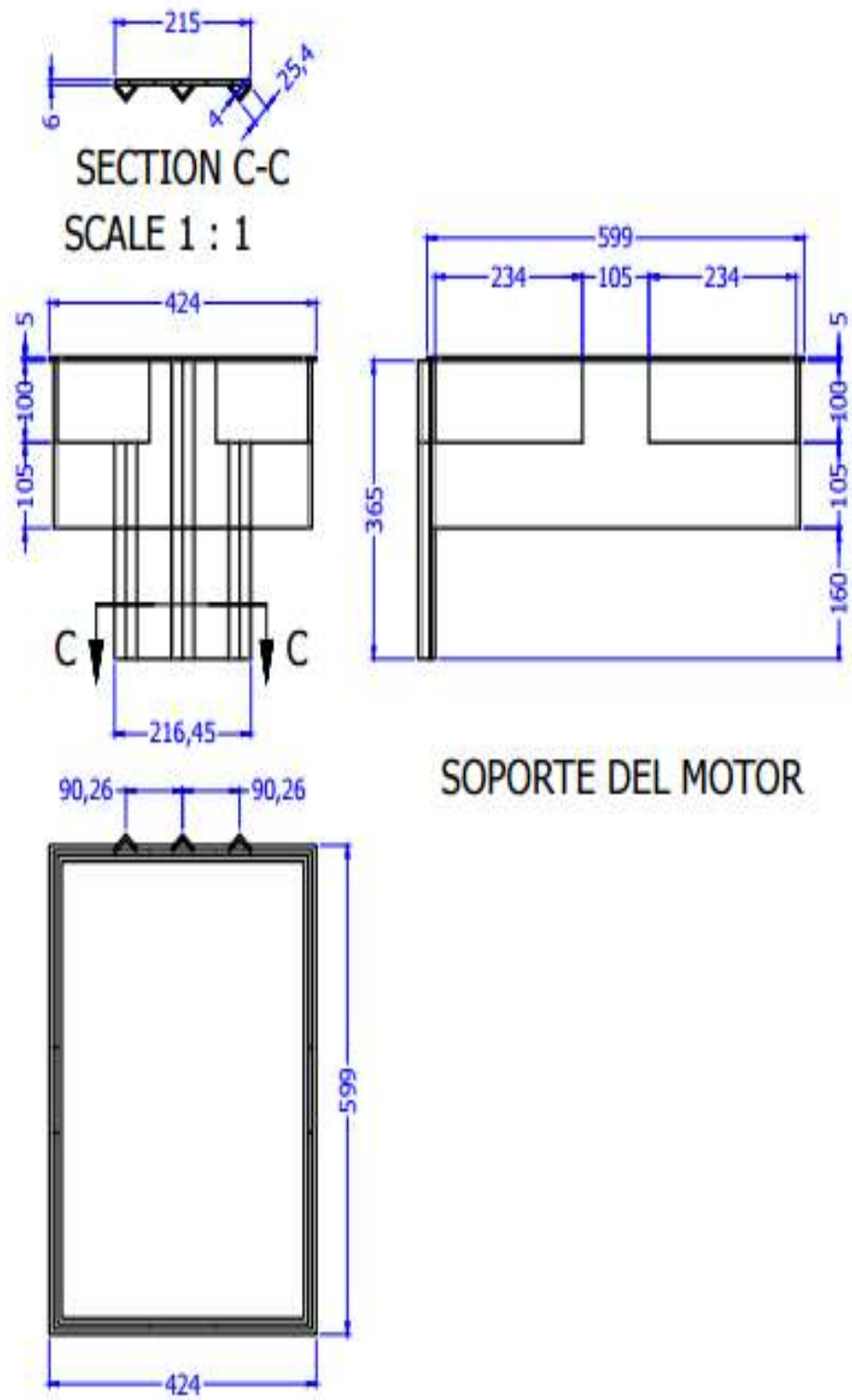
## Anexo 1 Planos en 2D en AutoCAD

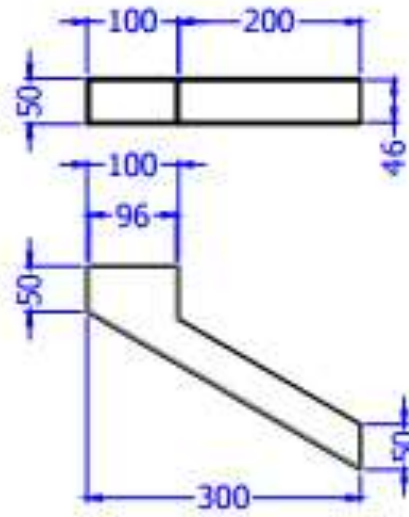




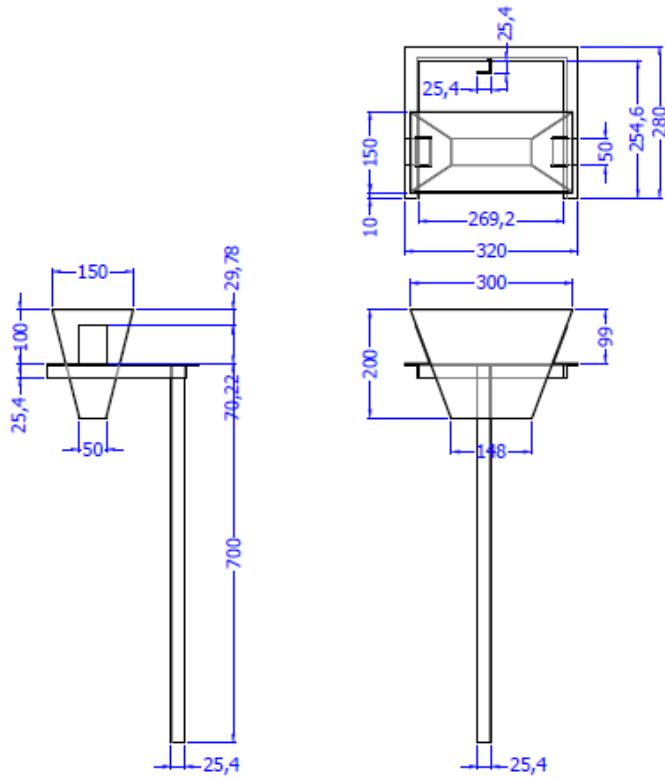


TABLERO

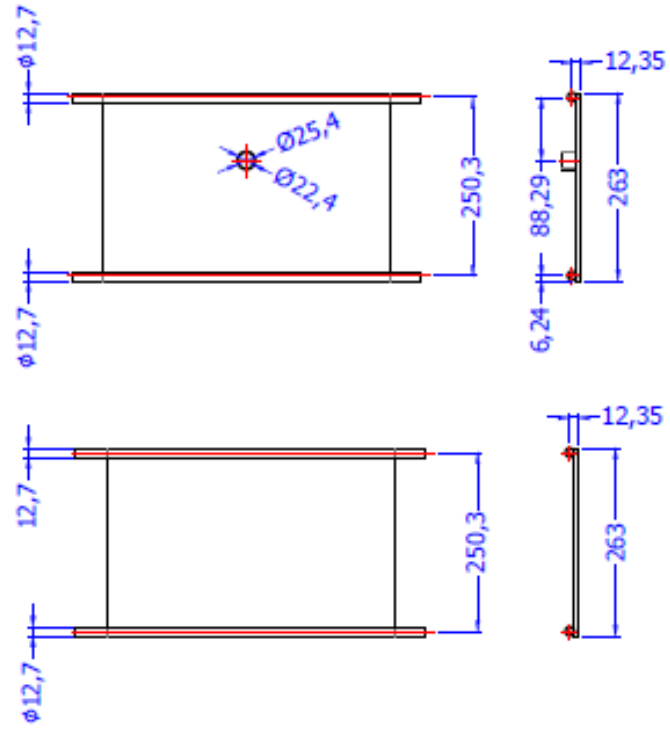




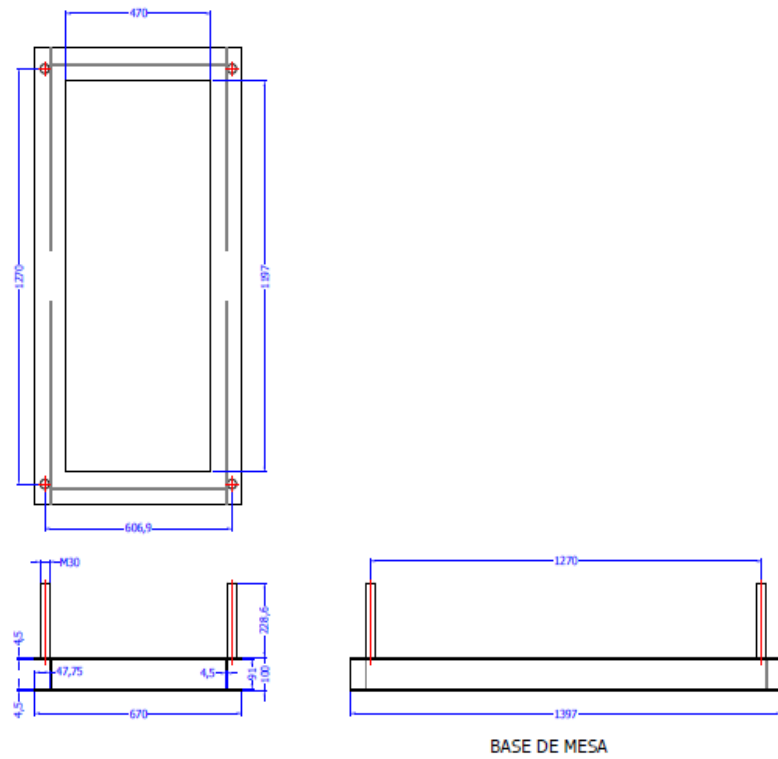
DESCARGA



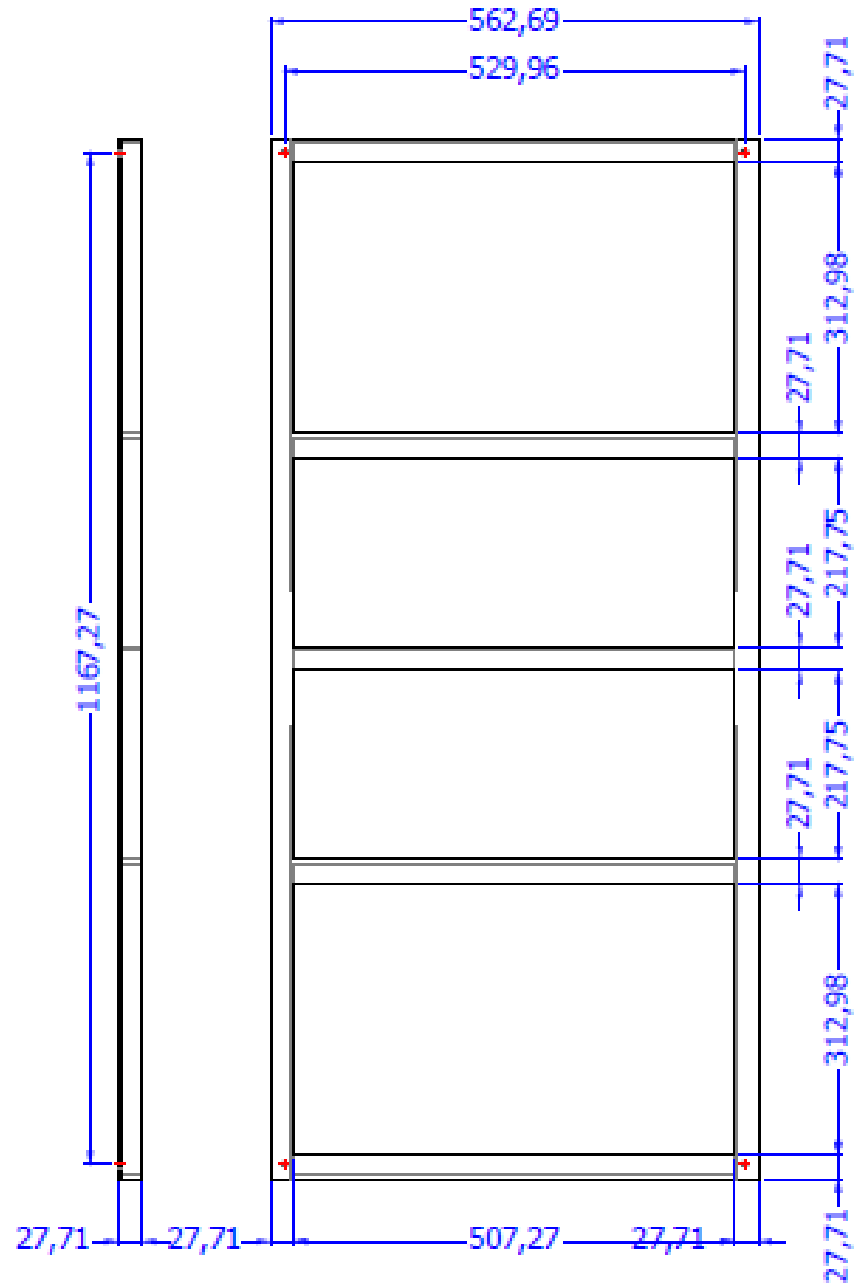
TOLVA DE CARGA



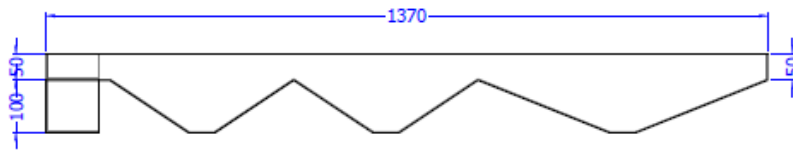
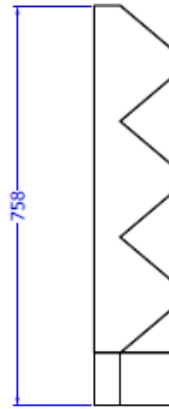
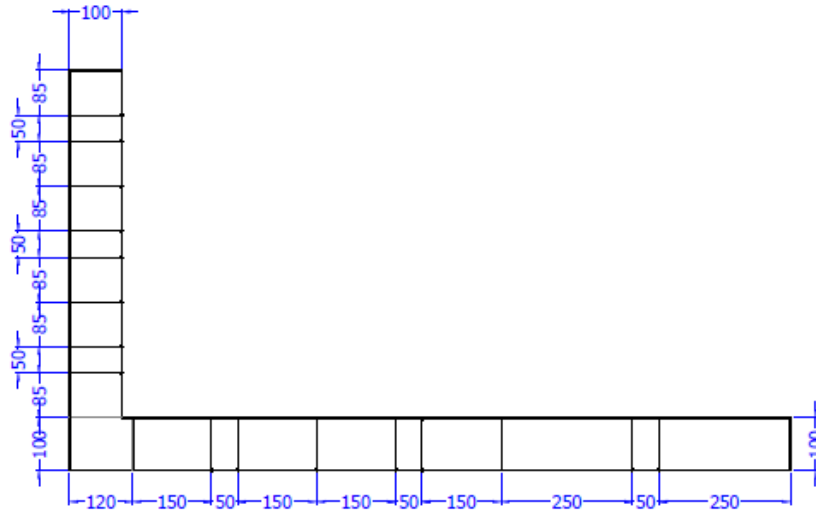
## PLANCHAS



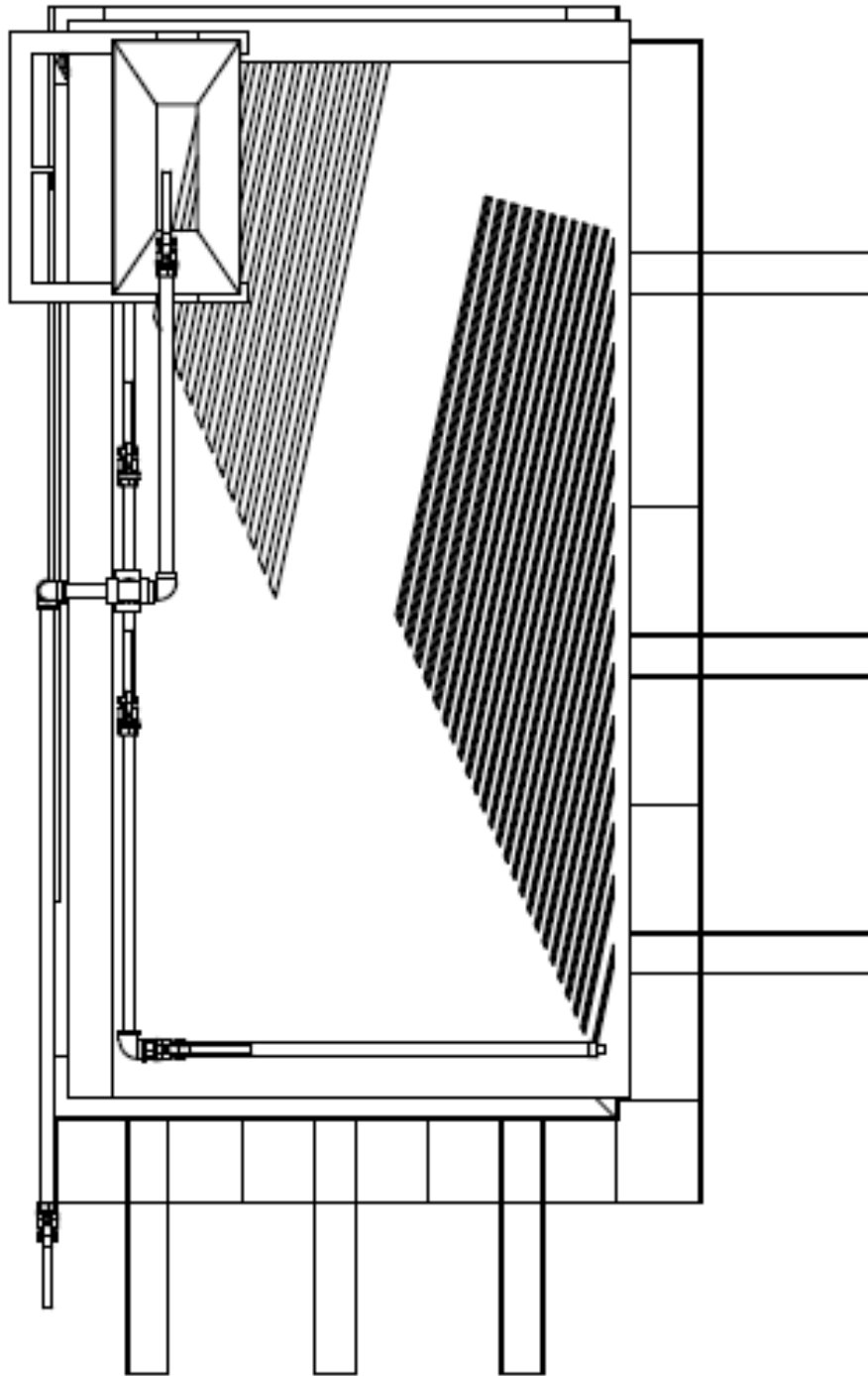
BASE DE MESA

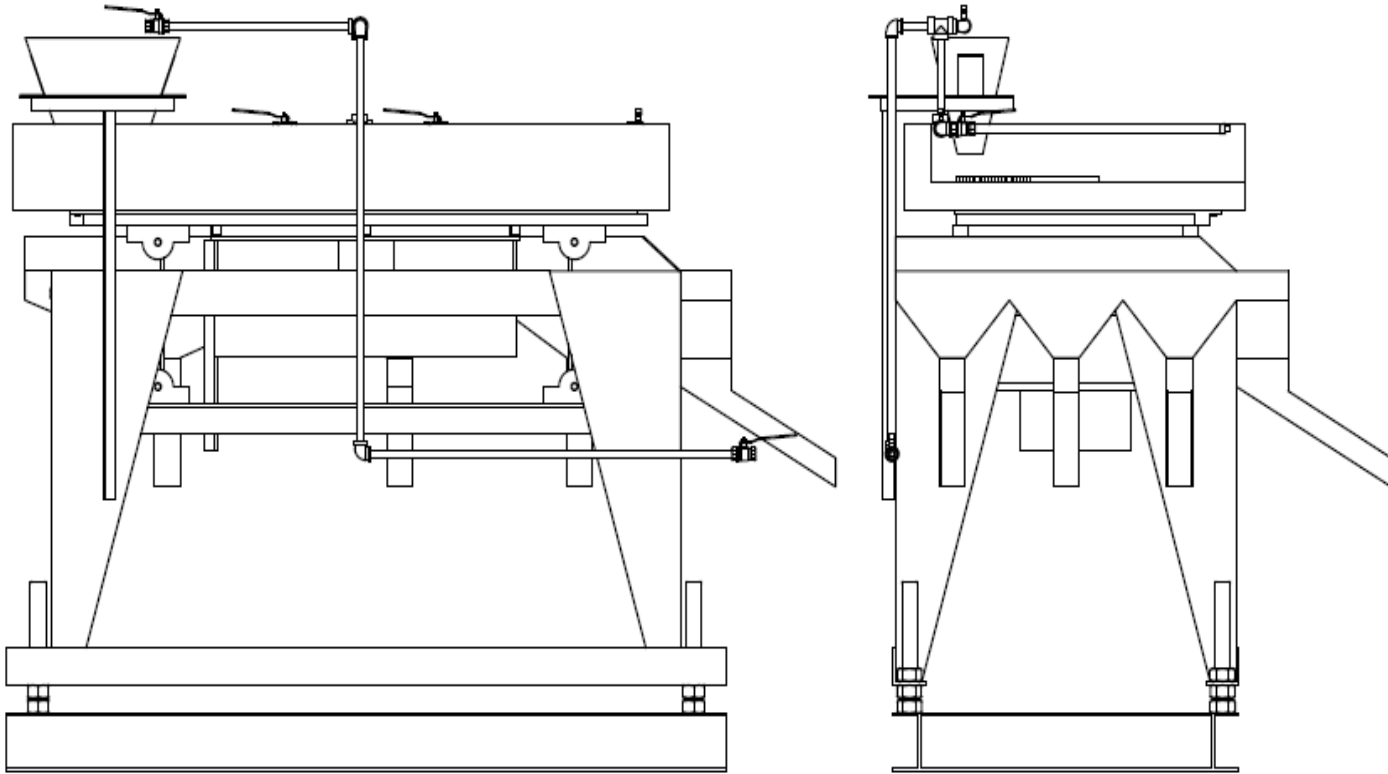


**SOPORTE DEL TABLERO**



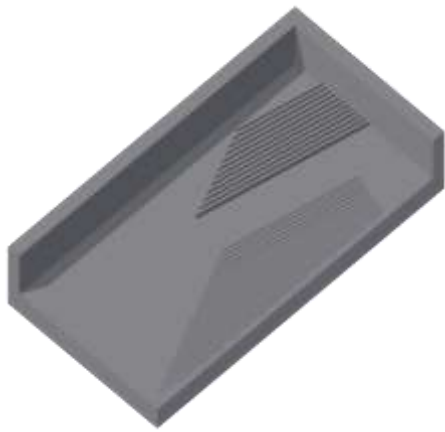
DESCARGA

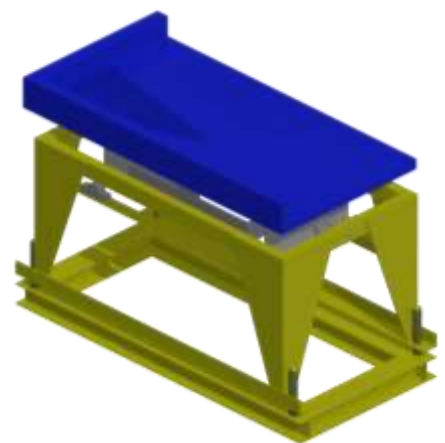
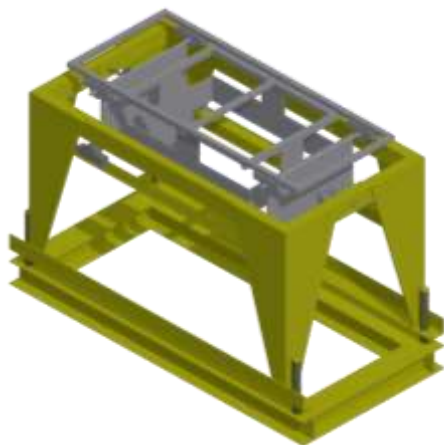
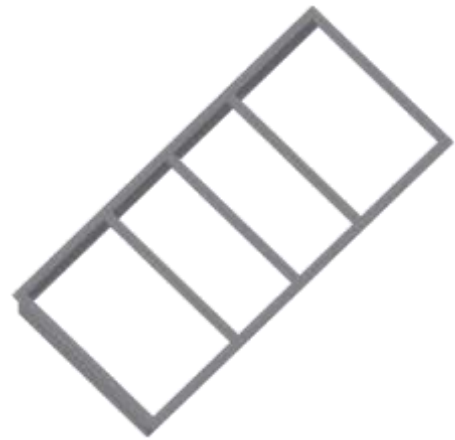
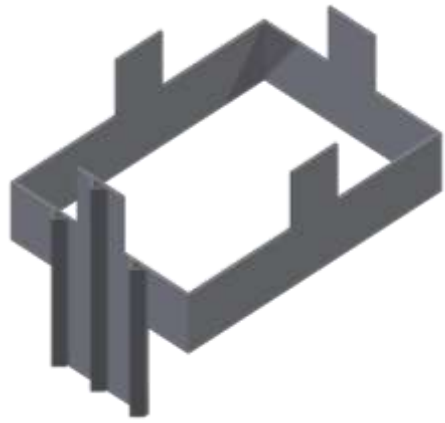


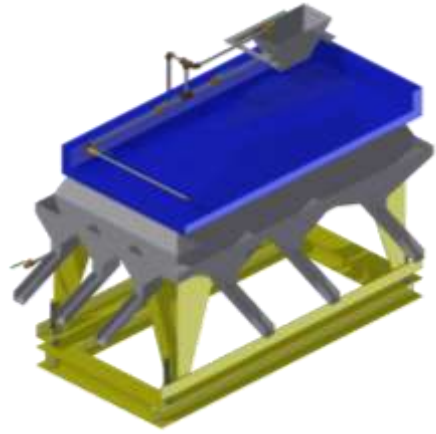
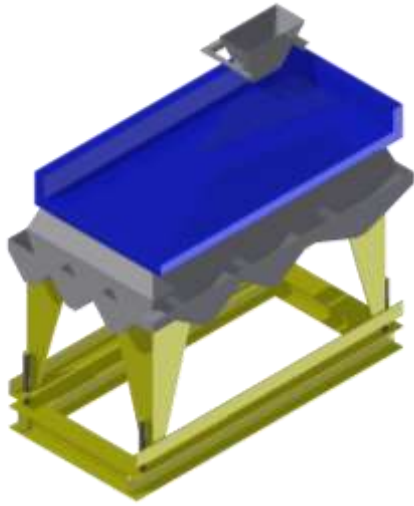




**Anexo 2 Diseño 3D Mesa concentradora**





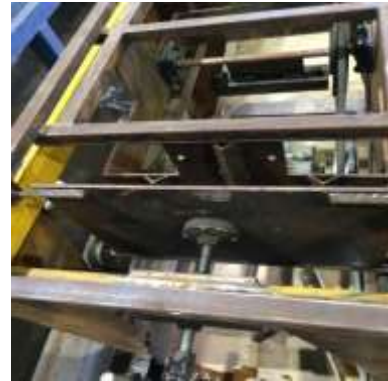


**Anexo 3 Fotos de construcción de mesa Concentradora**





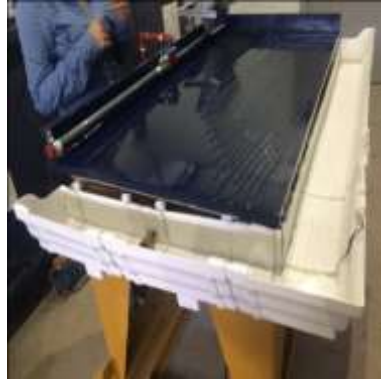














## Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso artesanal de extracción de oro.

### Anexo 4 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso

Componentes	Factores	Valor de impacto	Porcentaje de afectación
Recurso aire	Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores)	-16,50	-5,8%
	Nivel de ruido y vibraciones	-8,00	-2,8%
Recurso agua	Calidad de agua (generación de efluentes)	-56,00	-19,7%
Recurso suelo	Calidad de suelo	-8,00	-2,8%
Desechos	Generación de desechos sólidos	-12,00	-4,2%
Proceso geomorfodinámico	Erosión	-0,40	-0,1%
	Geomorfología	-0,40	-0,1%
	Inestabilidad	-0,40	-0,1%
Medio biótico	Flora	-0,40	-0,1%
	Fauna	-4,00	-1,4%
	Ecosistemas	-4,00	-1,4%
Socioeconómico	Actividades comerciales	60,00	21,1%
	Empleo	50,00	17,6%
	Aspectos Paisajísticos	-8,00	-2,8%
	Riesgos a la población	-20,00	-7,0%
	Servicios básicos	-4,00	-1,4%
	Calidad de vida de las comunidades	-4,00	-1,4%
	Salud Ocupacional y seguridad laboral	-28,00	-9,9%
Impacto total		-64,10	-22,6%
Porcentaje del impacto			

## Anexo 5 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso

