



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

**“Diseño para la implementación de un laboratorio metalúrgico en la ciudad
de Cuenca en base a un estudio de mercado”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MINAS

Autores:

STEVEN FELIPE JARAMILLO COBOS

PAULA DAYME SÁNCHEZ DUTÁN

Director:

FERNANDO TULIO VALENCIA GUARICELA

CUENCA, ECUADOR

2025

Steven Felipe Jaramillo Cobos

Paula Dayme Sánchez Dután

Ing. Fernando Tulio Valencia Guaricela

Mayo 2025

**“Diseño para la implementación de un laboratorio metalúrgico en la ciudad de Cuenca en
base a un estudio de mercado”**

DEDICATORIA

Dedicado en primer lugar a Dios y sobre todo a mi abuela María de los Ángeles Arévalo por guiarme al día de hoy en donde me hubiese gustado que esté presente, pero como su nombre lo dice, será mi angelito que siempre me ayudará a salir adelante.

Dedicado a mis padres: Pilar Cobos y Jhonson Jaramillo y a mi hermano Fabricio Jaramillo por ser mi razón de superación y un ejemplo para seguir adelante, por brindarme todo su apoyo en mi formación de carrera universitaria sin importar los obstáculos, por su paciencia, enseñanzas y confianza en mí.

Steven Felipe Jaramillo Cobos

A mi abuelo Miguel, mi primera y más grande inspiración para seguir esta carrera. Sus raíces fuertes y profundas me sostuvieron durante todo este proceso, y su sabiduría silenciosa y amor incondicional, sin que él lo supiera, me ayudaron a convertir este anhelo en parte fundamental de mi camino.

También dedico este trabajo a mi persona, que pese a todas las circunstancias que la vida me ha puesto, he sabido enfrentar cada una de ellas.

Paula Dayme Sánchez Dután

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a mi madre por todo el sacrificio que ha hecho para que llegue hasta este momento, incluso dejando de ver cosas que le gustasen por darme educación, por darme todo el amor incondicional sin recibir nada a cambio y caminar conmigo a oscuras sin saber lo lejos que sería este camino.

Agradezco a las personas que han disfrutado conmigo este camino de universidad, a mis amigos, familiares, a mis entrenadores de natación, que estuvieron en todo momento, son personas muy especiales para mí, y sobre todo a mi amiga de universidad Paula, por haberme tenido tanta paciencia todos estos años.

Steven Felipe Jaramillo Cobos

Le agradezco a la vida, porque de todas sus infinitas posibilidades, me permitió llegar a esta parte de mi camino, a mis padres Francisco y Carmita por el apoyo brindado en esta etapa, a mis abuelos Miguel e Hilda por siempre estar presentes en mi vida desde que era pequeña, a mi hermano Esteban por ser mi guía.

A mis tíos, Edwin, Miguel, Fredy y a mi tía Salomé por ser la otra parte que me hacía falta para poder alcanzar este logro, a mis sobrinos Santiago y Sofía por iluminar mi vida.

A mis amigos, por siempre animarme a superar los obstáculos que se presentaban, a mi compañero de tesis Felipe, que pese a todas las cosas, llegamos hasta aquí el día de hoy y a mi fiel compañera Abril por estar junto a mí en mis momentos más solitarios, dándome tranquilidad y compañía sin pedir nada a cambio.

Paula Dayme Sánchez Dután

Agradecemos a los ingenieros Fernando Valencia, Eduardo Luna y Andrés Pérez por toda la ayuda y el conocimiento que nos dieron, además del apoyo brindado en todo el desarrollo de este trabajo.

Felipe y Paula

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue proponer el diseño de un laboratorio en Cuenca, basado en un estudio de mercado. Para ello, se obtuvieron datos de la Coordinación Zonal 6 de Minería y se realizó una investigación mediante entrevistas y encuestas a profesionales del sector. El análisis permitió identificar las necesidades específicas de equipos, pruebas y análisis requeridos por la industria local. Con esta información se dimensionó la infraestructura necesaria, definiendo espacios operativos y administrativos. Además, se evaluaron los costos de equipos, reactivos, personal y la demanda proyectada, lo que permitió calcular la inversión inicial. El estudio detallado del mercado garantizó que el diseño del laboratorio respondiera eficazmente a las demandas del sector metalúrgico, optimizando la inversión y maximizando su potencial de éxito.

Palabras clave: laboratorio metalúrgico, procesos metalúrgicos, estudio de mercado, análisis financiero, diseño de laboratorio

ABSTRACT

The objective of this study was to propose the design of a laboratory in Cuenca, based on a market study. To this end, data was obtained from the Zonal Coordination 6 of Mining and research was conducted through interviews and surveys with industry professionals. The analysis identified the specific equipment, testing, and analysis needs of the local industry. This information was used to determine the necessary infrastructure and define the operational and administrative spaces. Furthermore, the costs of equipment, reagents, personnel, and projected demand were evaluated, allowing for the initial investment calculation. The detailed market study ensured that the laboratory design effectively responded to the demands of the metallurgical sector, optimizing the investment and maximizing its potential for success.

Keywords: metallurgical laboratory, metallurgical processes, market study, financial analysis, laboratory design

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
MARCO TEÓRICO	2
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación	2
1.3 Laboratorio Metalúrgico	4
1.3.1 Principales funciones de un laboratorio metalúrgico.....	4
1.3.1.1 Caracterización mineralógica y metalúrgica.....	4
1.3.1.2 Pruebas de conminución	4
1.3.1.3 Pruebas de concentración.....	4
1.3.1.4 Ensayos pirometalúrgicos	5
1.3.1.5 Ensayos hidrometalúrgicos	5
1.3.1.6 Metalurgia física y mecánica	5
1.3.1.7 Control de calidad	5

1.3.2	<i>Equipos comunes en un laboratorio metalúrgico</i>	<i>5</i>
1.3.3	<i>Aplicaciones del laboratorio metalúrgico</i>	<i>6</i>
1.4	Conminución.....	6
1.4.1	<i>Trituración</i>	<i>7</i>
1.4.1.1	Trituración primaria	7
1.4.1.2	Trituración secundaria.....	8
1.4.2	<i>Molienda</i>	<i>9</i>
1.4.2.1	Molienda convencional.....	10
1.4.2.2	Molino de barras	10
1.4.2.3	Molino de bolas.....	10
1.5	Clasificación	11
1.5.1	<i>Tamizado</i>	<i>12</i>
1.5.1.1	Tamices de laboratorio	12
1.6	Concentración	13
1.6.1	<i>Flotación</i>	<i>13</i>
1.6.1.1	Flotación por celda convencional tipo Denver	14
1.6.1.2	Balanza Analítica de 6 dígitos.....	15
1.6.1.3	Vasos de precipitado.....	15
1.6.1.4	Espátulas	16
1.6.1.5	Bandejas.....	16
1.6.1.6	Tiras indicadoras de pH	16
1.6.1.7	Colectores	16
1.6.1.8	Espumantes	17
1.6.1.9	Depresores.....	17
1.6.1.10	Horno de secado.....	18
1.6.2	<i>Cianuración</i>	<i>18</i>

1.6.2.1	Tanques de agitación.....	19
1.6.2.2	Agua destilada.....	20
1.6.2.3	Agentes lixiviantes.....	20
1.6.3	Concentración gravimétrica.....	20
1.6.3.1	Mesa vibratoria	21
1.7	Análisis químico de metales	22
1.7.1	Ensayo al fuego.....	22
1.7.1.1	Horno para ensayo al fuego	22
1.7.1.2	Copelas.....	23
1.7.1.3	Crisoles de fusión.....	23
1.7.1.4	Pinzas para crisoles	24
1.7.1.5	Fundentes	24
1.7.2	Digestión Ácida.....	24
1.7.2.1	Microondas para digestión de muestras.....	25
1.7.2.2	Reactivos.....	25
1.7.2.2.1	Ácido nítrico	25
1.7.2.2.2	Ácido clorhídrico	26
1.7.2.2.3	Agua regia	26
1.7.2.2.4	Ácido sulfúrico.....	26
1.7.3	Espectrofotometría por Absorción Atómica	27
1.7.3.1	Espectrofotómetro de Absorción Atómica	27
1.7.3.2	Lámpara de cátodo hueco	28
1.7.3.3	Tanque de acetileno.....	29
1.8	Estudio de mercado.....	29
1.9	Investigación de mercados.....	30
1.10	Análisis Financiero	30
1.10.1	Valor Actual Neto (VAN)	30
1.10.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	31

CAPÍTULO 2	32
METODOLOGÍA	32
2.1 Introducción a la metodología	32
2.2 Tipo de investigación.....	32
2.3 Población y muestra.....	33
2.3.1 Población.....	33
2.3.2 Muestra	33
2.4 Instrumentos de Investigación	33
2.5 Fuente de información	34
2.5.1 Resultados de las encuestas.....	34
2.5.2 Resultados del estudio de mercado.....	45
2.6 Croquis de la infraestructura del laboratorio	46
CAPÍTULO 3	49
ANÁLISIS FINANCIERO	49
3.1 Introducción al análisis financiero	49
3.2 Análisis Financiero	49
3.2.1. Inversión inicial estimada	49
3.2.1.1. Construcción	50
3.2.1.2 Equipos	51
3.2.1.3 Terreno	53
3.2.1.4 Acreditación	54
3.2.1.5. Mobiliario	55
3.2.1.6. Inversión inicial	55
3.2.1.7. Préstamo.....	56

3.2.2 Costos fijos y variables.....	56
3.2.3 Proyección de ingresos	58
3.2.4 Flujo de caja	60
3.3 Estrategias para asegurar el cumplimiento del consumo de los servicios	62
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de su operación minera o industrial	36
Tabla 2. Sugerencias de servicios competitivos.....	43
Tabla 3. Dimensiones del laboratorio	47
Tabla 4. Costos de los equipos.....	52
Tabla 5. Gastos variables	57
Tabla 6. Salarios.....	58
Tabla 7. Total de los gastos	58
Tabla 8. Ganancia según el tipo de prueba.....	59
Tabla 9. Flujo neto	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Trituradora tipo Blake Modelo: PE-150×250.....	8
Figura. 2. Trituradora de conos Modelo: 911MPE-TM-LCC21	9
Figura. 3. Molino De Bolas.....	11
Figura. 4. Tamices de laboratorio.....	12
Figura. 5. Celda de flotación DENVER D-12	14
Figura. 6. Balanza Analítica de 6 dígitos	15
Figura. 7. Reactor de Lixiviación de Laboratorio.....	19
Figura. 8. Mesa vibratoria.....	21
.....	21
Figura. 9. Horno para ensayo al fuego.....	22
Figura. 10. Microondas para digestión de muestras	25
Figura. 11. Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	28
Figura. 12. Lámpara de cátodo hueco	29
Figura 13. Sector al que pertenece.....	35
Figura 14. Cargos.....	35
Figura 15. Tipo de actividad minera	38
.....	38
Figura 16. Uso actual de servicios	38
Figura 17. Lugar de análisis.....	39

Figura 18. Tipos de análisis	40
.....	40
Figura 19. Frecuencia de uso	40
.....	40
Figura 20. Necesidades del consumidor	41
Figura 21. Problemas y limitaciones.....	42
Figura 22. Servicios confiables y precios competitivos.....	42
Figura 23. Características más relevantes	43
Figura 24. Convenios y alianzas estratégicas	45
.....	45
Figura 25. Croquis de la infraestructura	46
.....	47
Figura 26. Terreno.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. tabulación pregunta 2	73
Anexo 2. tabulación pregunta 3	73
Anexo 3. tabulación pregunta 4	74
Anexo 4. tabulación pregunta 5	74
Anexo 5. tabulación pregunta 6	74
Anexo 6. tabulación pregunta 7	75
Anexo 7. tabulación pregunta 8	75
Anexo 8. tabulación pregunta 9	76
Anexo 9. tabulación pregunta 10	76
Anexo 10. tabulación pregunta 11	77
Anexo 11. tabulación pregunta 12	77
Anexo 12. tabulación pregunta 13	78
Anexo 13. tabulación pregunta 14	78

INTRODUCCIÓN

La industria metalúrgica desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico e industrial de las regiones, al proveer servicios esenciales para sectores como la minería, la construcción, la manufactura y la investigación. En este contexto, la ciudad de Cuenca es reconocida por su creciente dinamismo industrial y demanda infraestructuras especializadas que respalden tanto la formación técnica como la innovación en procesos metalúrgicos. Sin embargo, la oferta actual de laboratorios metalúrgicos en la región es limitada, lo que representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de nuevas instalaciones que respondan a las necesidades del mercado local y regional.

El presente trabajo fue desarrollado para la implementación de un laboratorio metalúrgico en la ciudad de Cuenca, sustentado en un estudio de mercado que permita identificar la demanda real, los servicios requeridos y la viabilidad técnica y económica del proyecto. A través de este enfoque, se buscó no solo cubrir una necesidad insatisfecha, sino también contribuir al fortalecimiento del sector productivo y académico de la ciudad, promoviendo el desarrollo tecnológico y la capacitación especializada.

El estudio se organizó en varias etapas, que comprenden: la recopilación y análisis de datos del mercado objetivo, el desarrollo de un marco teórico que sustente los conceptos clave relacionados con la metalurgia, así como el diseño técnico del laboratorio y un análisis financiero que evalúe la inversión inicial, los costos fijos y variables, la proyección de ingresos y su flujo de caja, donde los resultados obtenidos permitirán establecer lineamientos concretos para un diseño de implementación eficiente y sostenible.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

La industria metalúrgica ha adquirido un rol importante dentro del desarrollo económico de la región. No obstante, la infraestructura y los recursos para llevar a cabo investigaciones, pruebas y procesos metalúrgicos avanzados aún son limitados. En este escenario, la falta de un laboratorio metalúrgico apropiado que facilite la realización de análisis en el área de la metalurgia ha generado una brecha tanto en el uso de recursos como en el progreso general de la industria.

1.2 Justificación

En el contexto de la ciudad de Cuenca, un laboratorio metalúrgico desempeña un papel esencial en el desarrollo de la industria minera, tanto en la minería metálica como en la no metálica. Esta ciudad, ubicada en el centro del país, se caracteriza por su cercanía a zonas mineras de importancia, lo que genera una demanda creciente de servicios especializados en análisis de metales y otras sustancias relacionadas, cruciales para el desarrollo productivo del sector. Los laboratorios metalúrgicos tienen la responsabilidad de ofrecer servicios de análisis de calidad, esenciales para garantizar un correcto proceso de extracción, refinación y comercialización de minerales.

Sin embargo, el país enfrenta una problemática significativa debido a la carencia de laboratorios que cumplan con las expectativas del sector. Las industrias mineras requieren laboratorios que brinden servicios de análisis con altos estándares de calidad, rapidez en la entrega de resultados y, lo más importante, acreditaciones y certificaciones que garanticen

la confiabilidad de los resultados obtenidos. La falta de acreditaciones en los laboratorios disponibles hace que las empresas mineras se vean obligadas a recurrir a servicios internacionales o a procesos que no aseguran la calidad ni la fiabilidad de los resultados.

En este contexto, resulta crucial que el país cuente con infraestructuras de laboratorio capaces de proporcionar estos servicios con los más altos estándares internacionales. Las acreditaciones son vitales no solo para cumplir con las normativas, sino también para asegurar que los procesos metalúrgicos sean confiables y válidos ante autoridades y clientes internacionales. La acreditación también facilita la implementación de protocolos de calidad dentro de las plantas de beneficio, muchas de las cuales carecen de los análisis o ensayos necesarios para garantizar la eficiencia y la seguridad en sus procesos de producción.

Además, es importante destacar que muchas plantas de beneficio en el país no cuentan con los recursos ni con los protocolos de análisis necesarios para optimizar sus procesos. Esto puede generar ineficiencias y riesgos que afectan directamente la calidad del producto final y, como consecuencia, la competitividad en los mercados globales.

Por tanto, la propuesta de crear un laboratorio metalúrgico en la ciudad de Cuenca que cumpla con las exigencias de calidad, rapidez y acreditación resulta esencial. Este laboratorio no solo debe ofrecer análisis de metales y otros minerales, sino también establecer procedimientos y protocolos que permitan optimizar los procesos en las plantas de beneficio, mejorando la eficiencia y reduciendo costos. Con este enfoque, se busca cubrir una necesidad del sector minero, aportando soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible y competitivo de la minería en el país.

1.3 Laboratorio Metalúrgico

Comprende el conjunto de instalaciones destinadas a la realización de análisis y ensayos en metales, con el fin de determinar sus características técnicas avanzadas ejecutadas por técnicos especializados en laboratorio metalúrgico (SCI S.A., 2022).

Un laboratorio metalúrgico es una instalación especializada donde se realizan estudios, análisis y pruebas relacionados con las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los metales y minerales. Su objetivo principal es caracterizar materiales metálicos y evaluar su comportamiento en distintos procesos metalúrgicos, ya sea para propósitos de exploración, investigación, control de calidad, diseño de procesos o desarrollo de nuevos materiales.

1.3.1 Principales funciones de un laboratorio metalúrgico

1.3.1.1 Caracterización mineralógica y metalúrgica

- Identificación de fases minerales mediante microscopía óptica y electrónica.
- Análisis químico de minerales y concentrados (por ejemplo, por espectrometría de absorción atómica o ICP).

1.3.1.2 Pruebas de conminución

- Ensayos de trituración y molienda (ej. índice de Bond, pruebas de molino SAG).
- Determinación de la granulometría antes y después del proceso.

1.3.1.3 Pruebas de concentración

- Métodos físicos como flotación, separación magnética, separación gravimétrica.

- Determinación de recuperaciones y leyes en concentrado y relave.

1.3.1.4 Ensayos pirometalúrgicos

- Tostación, fusión y calcinación de minerales.
- Evaluación de reacciones térmicas mediante análisis térmico diferencial (DTA/TGA).

1.3.1.5 Ensayos hidrometalúrgicos

- Lixiviación con diferentes agentes (ácido, cianuro, etc.).
- Pruebas de extracción por solventes.

1.3.1.6 Metalurgia física y mecánica

- Ensayos de tracción, dureza, impacto y microestructura de metales.
- Tratamientos térmicos y evaluación de sus efectos.

1.3.1.7 Control de calidad

- Verificación de parámetros críticos en procesos metalúrgicos.
- Comparación de muestras con estándares de referencia.

1.3.2 Equipos comunes en un laboratorio metalúrgico

- Balanza analítica y de precisión.
- Molinos de laboratorio (pulverizadores, de bolas, de barras).
- Celdas de flotación Denver o tipo mecánico.
- Hornos de mufla, de inducción o de resistencia.
- Agitadores, columnas de lixiviación y reactores.

- Equipos de espectrometría (AAS, ICP-OES, XRF).
- Microscopios metalográficos y SEM (Scanning Electron Microscope).
- Prensas y cortadoras metalográficas.

1.3.3 Aplicaciones del laboratorio metalúrgico

- Evaluación de la viabilidad técnica de un proyecto minero (estudios metalúrgicos preliminares y definitivos).
- Optimización de procesos en plantas concentradoras.
- Desarrollo de nuevas rutas metalúrgicas.
- Capacitación académica y técnica.
- Control de calidad de productos metálicos en fundiciones o acerías.

Una vez conocidos los procesos, equipos y aplicaciones, se procedió a detallarlos a continuación:

1.4 Conminución

Los procesos de conminución están enfocados a la disminución de tamaños de las partículas de los minerales que se desean estudiar. Una roca del tamaño de un puño puede ser observada o evaluada en cuanto a su dureza, pero no mucho más. Por ello, es necesario aplicar un proceso que permita fracturarla y reducir su tamaño a escalas del orden de milímetros o micrones.

Esta reducción produce la liberación del mineral de interés, ya que al fracturar el material se exponen las distintas especies minerales presentes, lo que facilita su separación física. Es importante destacar que esta reducción también incrementa la superficie de contacto del mineral, lo que contribuye a una caracterización más precisa. Los beneficios

de esta etapa permiten realizar análisis que evidencien las características físicas y químicas del mineral de interés (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.4.1 Trituración

Se trata de la primera etapa mecánica del proceso de conminución, cuyo principal objetivo es liberar las especies valiosas contenidas en el mineral tratado. Generalmente se utiliza para reducir las rocas hasta partículas de 0,5 cm (Alegoría, 2014).

El equipo debe caracterizarse por el tamaño máximo de material que puede admitir, su resistencia y su capacidad para aceptar o descartar componentes indeseables a través de sistemas adecuados. Toda operación de reducción de tamaño conlleva a un nivel de rozamiento, mejorable hasta cierto punto, que depende del tipo y forma del esfuerzo aplicado, del diseño del equipo, del material a fragmentar y de ciertas partes específicas del sistema. Dado el carácter generalmente abrasivo de las sustancias minerales, se produce un desgaste en componentes clave del equipo de fragmentación minera (Blanco, 2011).

1.4.1.1 Trituración primaria

El mineral extraído de la mina, aún sin procesar, llega a la trituración primaria, donde se reduce por primera vez su tamaño. Este equipo opera principalmente mediante fuerzas de compresión e impacto o percusión (Blanco, 2011).

La trituradora Blake es utilizada para la trituración de rocas duras, abrasivas y tenaces, así como de materiales pegajosos. El material de alimentación debe ser grueso y contener una escasa cantidad de finos. Se pueden alcanzar razones de reducción entre 4 y 9 (Ortiz & Tirado, 2005).

Figura. 1. Trituradora tipo Blake Modelo: PE-150×250



Fuente: (Ftmmachinery, 2023)

1.4.1.2 Trituración secundaria

Para realizar una trituración secundaria, es necesario usar una alimentación más fina. Esta es la segunda etapa de trituración, en la cual los tamaños deben estar entre 10 y 100 mm según la designación de Hukki, o entre 40 y 30 mm en la designación más común de productos de cantera, lo que se considera como material grueso. Además, se emplean máquinas más pequeñas o trituradoras de cono, que funcionan de forma similar a las trituradoras giratorias (Blanco, 2011).

La Trituradora de Cono de Laboratorio 911MPE-TM-LCC21 permite una alimentación de 19 mm hasta malla -10, y la precisión de la molienda puede ajustarse fácilmente al rotar el anillo de ajuste. Los conos personalizados están disponibles en diferentes materiales, lo que permite ajustarlos a usos específicos (911Metallurgist, 2012).

Figura. 2. Trituradora de conos Modelo: 911MPE-TM-LCC21



Fuente: (911Metallurgist, 2012)

1.4.2 Molienda

Este proceso unitario puede realizarse en un ambiente tanto húmedo como seco, dependiendo de la finalidad del proceso siguiente. Cuando no se desea modificar las propiedades del mineral, se cuida su superficie y se evita la humedad para prevenir procesos de oxidación u otras reacciones indeseadas.

Si bien el objetivo de ambos procesos es la reducción del tamaño, manejar este ambiente nos permite realizar diversos estudios y descubrir el comportamiento del mineral.

El proceso de molienda se lleva a cabo utilizando equipos giratorios o molinos cilíndricos de dos maneras: molienda convencional o molienda SAG. En esta etapa, se añade agua al material mineralizado en las cantidades necesarias, sin exceder el 4% (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.4.2.1 Molienda convencional

Se realiza en dos etapas: la primera con un molino de barras y la segunda con un molino de bolas. Sin embargo, en las plantas modernas solo se utiliza la segunda. En ambos casos, el material se mezcla con agua para lograr una molienda homogénea y eficiente (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.4.2.2 Molino de barras

Este equipo consta de barras de acero de 3,5 pulgadas de diámetro, que se encuentran en su interior. El molino gira con el material proveniente de la trituración, que se mueve gracias a la acción de las barras libres, las cuales caen sobre el mineral (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.4.2.3 Molino de bolas

Este equipo es especialmente adecuado para la investigación de laboratorio, ya que su principio de funcionamiento se basa en el uso del abrasivo y la muestra. Al rodar a alta velocidad en el tanque de molienda, estos generan un fuerte cizallamiento, impacto y rodadura sobre los materiales, lo que permite su trituración, molienda, dispersión y emulsificación.

Puede moler y mezclar productos de distintos tamaños de partícula y materiales, tanto por métodos secos como húmedos, alcanzando tamaños mínimos de hasta 0,1 micras.

Además, cumple con los requisitos de diversos parámetros del proceso. Gracias a sus ventajas, como la capacidad para trabajar con lotes pequeños, su bajo consumo de energía y su precio accesible, se ha convertido en el equipo preferido por escuelas, instituciones de

investigación y empresas para desarrollar estudios relacionados con tecnologías de trituración, nuevos materiales y revestimientos.

Su uso se extiende ampliamente a campos como la geología, la minería, la metalurgia, entre otros (Hunan Xuecheng Structural Ceramics Technology Co., Ltd., 2024).

Figura. 3. Molino De Bolas



Fuente: (Made in China, 2024)

1.5 Clasificación

El proceso de clasificación para la distribución de tamaños de partículas circulantes en los procesos metalúrgicos es necesario incorporarlo con el propósito de mejorar las condiciones de trabajo de las etapas posteriores. Con ello se asegura el rango de tamaño de cada partícula presente, de la selectividad, de la eficiencia de cada proceso unitario.

En particular, en conminución permite evitar fracturar en exceso el mismo mineral, por ende, controlar la generación de excesos de ultra-finos por sobre molienda de finos. Se reducen pérdidas por polución al separar a tiempo los finos y enviarlos a la operación adecuada, evitando que se mezclen con los gruesos y queden en suspensión. Además, se garantiza la estabilidad estructural de los tranques de relaves al controlar la proporción de

finos y gruesos, y se previenen problemas de embancamiento en las celdas de flotación gracias al uso de equipos como harneros, ciclones y filtros (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.5.1 Tamizado

El tamizado es una operación unificada o un procedimiento para la separación de materiales basado únicamente en su tamaño, particularmente implica la división de una composición de partículas de distintos tamaños en dos o más fracciones, cada una de las cuales estará compuesta por partículas de tamaño más homogéneo que la mezcla inicial (Estrada & Samaniego, 2012).

1.5.1.1 Tamices de laboratorio

Un tamiz de laboratorio es un dispositivo compuesto por una malla tensada sobre un marco, utilizado para separar y clasificar partículas según su tamaño. La denominación del tamiz depende del tamaño de la abertura de su malla, que se mide en micras o milímetros y se identifica mediante un número de tamiz (mesh number), el cual indica la cantidad de aberturas por pulgada lineal. Por ejemplo, un tamiz con un número de malla 100 tiene 100 aberturas por pulgada, y a medida que el número aumenta, el tamaño de las aberturas disminuye (Cromtek, 2025).

Figura. 4. Tamices de laboratorio



Fuente: (JMR EQUIPOS S.A.C., 2025)

1.6 Concentración

Los procesos de concentración son fundamentales en las vías de pirometalurgia e hidrometalurgia, ya que permiten aumentar la ley del elemento de interés o la especie que queremos recuperar. Esta ley corresponde al porcentaje de mineral de interés recuperado con respecto al mineral originalmente tratado.

La finalidad de estos procesos es generar una corriente enriquecida de mineral de interés (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.6.1 Flotación

La flotación es un proceso en el que se concentra el mineral de interés mediante el uso de burbujas de aire y la dosificación de ciertos reactivos que actúan a nivel de la superficie del mineral, modificando sus características de hidrofobicidad y aerofilidad.

Estas burbujas capturan el mineral de interés y lo llevan a la superficie. Al generar una capa densa de espuma, se retira por rebase de la celda donde se acondiciona.

Este proceso genera dos productos: el concentrado, que como su nombre indica, contiene todo el mineral de interés recuperado en un determinado tiempo; y el relave, que es el mineral restante, principalmente la ganga, y lamentablemente, algunas trazas del mineral de interés que no se logran flotar. Sin embargo, se controlan todas las condiciones de la celda para que esta pérdida sea muy inferior a la ley de alimentación (Aracena & Fuenzalida, 2023).

1.6.1.1 Flotación por celda convencional tipo Denver

La flotación en celdas convencionales tiene la función de hacer que las partículas hidrófobas entren en contacto con las burbujas de aire y se adhieran a ellas. Esto permite que determinadas partículas suban a la superficie y formen una espuma, que luego se elimina (Bustamante & Gaviria, 2011).

La marca Denver, con la celda Sub-A (sub-aireadas), hoy conocidas como celdas "cell to cell", revolucionó la flotación. No obstante, la posterior aparición de celdas de mayor volumen y diferentes modelos sigue siendo vigente en las plantas, aunque mantienen el mismo mecanismo de funcionamiento (Azañero, 2008).

Figura. 5. Celda de flotación DENVER D-12



Fuente: (Analista Químico, 2024)

1.6.1.2 Balanza Analítica de 6 dígitos

La balanza es un aparato que permite la medición de masas, se emplea principalmente para medir pequeñas masas. Entre los instrumentos de medición empleados en laboratorios, este tipo de balanza destaca por su uso frecuente y por ser esencial en la fiabilidad de los resultados analíticos.

Al ser balanzas modernas ofrecen precisiones de lectura que van desde 0,1 μg hasta 0,1 mg, y han sido diseñadas con tal nivel de desarrollo que ya no resulta imprescindible utilizar cuartos especiales para realizar las mediciones. Sin embargo, el simple empleo de circuitos electrónicos no descarta las interacciones del sistema con su entorno (Alcántara, 2023).

Figura. 6. Balanza Analítica de 6 dígitos



Fuente: (Alcántara, 2023)

1.6.1.3 Vasos de precipitado

Un vaso de precipitado tiene forma cilíndrica y fondo plano, con una pequeña abertura en la parte superior que facilita la transferencia del líquido contenido. Pueden estar fabricados en vidrio Pyrex, vidrio convencional o plástico. Normalmente incluyen

componentes de Teflón y otros materiales resistentes a la corrosión. Suelen estar graduados según el volumen que poseen: 10 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1 L y 2 L (Paoletti, 2015).

1.6.1.4 Espátulas

La espátula de laboratorio es un instrumento muy práctico e imprescindible en los trabajos de laboratorio. Este utensilio portátil se utiliza para seleccionar muestras de compuestos, recoger elementos en estado sólido y transferirlos de un recipiente a otro (Guinama, 2022).

1.6.1.5 Bandejas

Recipientes diseñados para recoger la espuma que contiene los minerales concentrados que se separan durante el proceso de flotación. Suelen ser rectangulares o cuadradas.

1.6.1.6 Tiras indicadoras de pH

Las tiras indicadoras de pH consisten en pequeños trozos de papel impregnados con reactivos que responden a variaciones del pH. Son herramientas comunes en análisis químicos para evaluar el nivel de acidez o alcalinidad de una solución. Al sumergir una tira en la muestra, los compuestos reaccionan con los iones de hidrógeno presentes y cambian de color, lo que indica el nivel de pH (Pidiscat, 2024).

1.6.1.7 Colectores

Se conoce como colectores a un grupo de reactivos orgánicos con composiciones variables, cuya finalidad es conferir hidrofobicidad selectiva a los minerales. Esto genera

condiciones adecuadas para su adhesión a las burbujas de aire, facilitando su separación del medio acuoso mediante el aumento del ángulo de contacto.

Los xantatos, utilizados como reactivos en la flotación de minerales sulfurados y polimetálicos, corresponden a sales sódicas o potásicas del ácido xántico, como el PAX, SIPX y SIBX donde su composición incluye alcoholes junto con sodio y potasio. Son reactivos de alta selectividad apropiados para la recuperación de sulfuros, minerales nativos y minerales oxidados previamente sulfurados (Pochteca, 2025).

1.6.1.8 Espumantes

Los espumantes son agentes tensioactivos o surfactantes; es decir, presentan actividad superficial y, en particular, inciden en la tensión superficial del plano de contacto entre dos fases. Cuando se añade un surfactante a un líquido, este reduce su tensión superficial. Los espumantes están formados por una parte polar y otra no polar. La parte apolar corresponde a una cadena hidrocarbonada, mientras que la parte polar es típicamente un grupo hidroxilo (Orosco, 2012).

Existen diferentes tipos de espumantes que pueden ser tipo alcohol o de tipo glicoles o poliglicoles.

1.6.1.9 Depresores

Son sustancias que reducen la capacidad de flotación de ciertos minerales. Se utilizan para evitar la hidrofobización de los minerales por acción de los colectores y están destinados a aumentar la selectividad de flotación durante la separación de minerales con propiedades flotativas similares (Petrovskaya & Bobin, 2020).

Los reactivos depresores más comunes son la cal, el cianuro de sodio y el sulfato de zinc. La cal se utiliza ampliamente para evitar que la pirita entre en el concentrado de otros minerales, en particular los sulfuros de cobre y zinc. Su acción es positiva y progresiva; solo es necesario añadirla a la pulpa en cantidad suficiente para que la pirita no flote. Los demás minerales se deprimen simultáneamente, pero pueden volver a flotar al añadir xantato en cantidad adecuada. Esto no afectará a la pirita, siempre que se haya incorporado la cantidad necesaria de cal (911Metallurgist, 2024).

1.6.1.10 Horno de secado

En un laboratorio se emplea un horno de secado para calentar materiales y eliminar su contenido de humedad. Se utiliza normalmente cuando se requiere un pre-secado, ya que el horno agiliza el procedimiento al crear condiciones óptimas para la evaporación. En un horno de aire caliente, el secado se produce por convección, que hace circular el aire alrededor de la muestra. Este tipo de secado es eficaz y eficiente para procesar grandes cantidades de muestra (Cromtek, 2020).

1.6.2 Cianuración

La cianuración se define como un procedimiento hidrometalúrgico en el que los metales preciosos, como el oro y la plata, son disueltos en soluciones alcalinas de cianuro a través de la formación de iones complejos. El proceso para disolver los metales preciosos involucra reacciones heterogéneas en la interfase sólido-líquido (Meza, 1981).

El proceso de cianuración aprovecha la capacidad del oro para disolverse selectivamente en soluciones alcalinas diluidas de cianuro de sodio y potasio, en presencia de oxígeno. Industrialmente, se prefiere el cianuro de sodio (NaCN) por su mayor

proporción de ion CN^- activo por unidad de peso que corresponde al 53 % frente al 40 % del KCN, factor que influye directamente en los costos asociados a su comercialización y transporte. El cianuro de calcio ($\text{Ca}(\text{CN})_2$) no se utiliza con tanta frecuencia, a pesar de presentar un buen porcentaje de ion CN^- activo (56,5 %), debido a que suele comercializarse con un mayor contenido de impurezas en comparación con los otros dos casos (Aguilar, 2021).

1.6.2.1 Tanques de agitación

El tanque de agitación se utiliza en varios procesos como: tratamiento de aguas, cianuración. Donde en el caso de la cianuración estos tienen como objetivo mantener los sólidos en suspensión y homogeneizar la pulpa, con todos los componentes adicionados a la misma como lo es el cianuro de sodio o de potasio (Luna, 2016).

Figura. 7. Reactor de Lixiviación de Laboratorio



Fuente: (911Metallurgist, 2012)

1.6.2.2 Agua destilada

El agua destilada es una sustancia compuesta por H_2O que fue sometida a un proceso de destilación en el que se eliminan las impurezas y iones del agua de origen.

La destilación del agua implica en replicar los procesos de evaporación y condensación que se producen en la naturaleza, de esta manera, se lleva al agua hasta su punto de ebullición por medio de una fuente de calor para que se evapore y, a continuación, se condensa mediante el uso de frío, de manera que se forman gotas de agua a partir del vapor (Zarza, 2024).

1.6.2.3 Agentes lixiviantes

Los lixiviantes son sustancias químicas capaces de disolver de manera selectiva uno o varios elementos que se encuentran en un estado sólido o líquido. La selección de estos agentes se basa en varios factores, tales como su disponibilidad, costo, estabilidad química, características corrosivas o selectividad; el último factor es el más importante, ya que de él depende que el agente sea efectivo en la disolución de los metales a tratar (Vásquez, 1985).

Las sales de cianuro son los agentes lixiviantes más importantes, en particular el cianuro de sodio ($NaCN$) y el cianuro de potasio (KCN), que son esenciales para la disolución del oro y la plata.

1.6.3 Concentración gravimétrica

La separación por gravedad, también conocida como concentración gravimétrica, se basa en la diferencia de densidades entre dos o más materiales para aislar un mineral de interés, utilizando tanto la fuerza gravitacional como el flujo de corrientes de agua.

La concentración gravimétrica, independientemente del equipo que se vaya a utilizar, requiere de manera indispensable una diferencia considerable de densidades entre los materiales que conforman la mena, ya que, al utilizar menas con densidades semejantes, los minerales actuarían de forma similar durante el proceso y la separación se entorpecería, obteniendo resultados erróneos (Vilcapoma & Chávez, 2012).

1.6.3.1 Mesa vibratoria

La mesa vibratoria, uno de los equipos más comunes en procesos de concentración gravimétrica, opera a través de movimientos acelerados y asimétricos sobre una superficie plana inclinada. La combinación de esta acción con la alimentación en pulpa y, en ciertos casos, el principio de escurrimiento laminar facilita la recuperación eficiente del mineral.

Este equipo trabaja bajo un mecanismo que permite crear vibraciones laterales, las cuales, con la ayuda de pequeñas corrientes de agua, harán que la pulpa se desplace hacia los rifles que es donde ocurre la concentración del mineral de interés (Vilcapoma & Chávez, 2012).

Figura. 8. Mesa vibratoria



Fuente: (ITOMAK LATINOAMÉRICA, 2017)

1.7 Análisis químico de metales

Este tipo de análisis se realiza con el objetivo de conocer la composición química de un elemento, en nuestro caso, el metal.

1.7.1 Ensayo al fuego

El ensayo al fuego es un método de análisis químico y es la técnica más sencilla para cuantificar oro, esta técnica se realiza para contenidos de plata superiores al 20%. La determinación directa por ensayo al fuego de la plata y el oro permite mejorar la precisión de los análisis para altos contenidos de los mismos en los minerales (Álvarez et al., 2000).

El método consiste en emplear una fórmula estandarizada donde se introduce una cantidad de mineral entre 30 y 50 gramos en un crisol de arcilla, agregando una carga de la fundente compuesta fundamentalmente por bórax, carbonato de sodio, óxido de plomo (litargirio) y carbón. La mezcla resultante se funde a aproximadamente 1000 °C. El mineral que contiene los metales nobles debe mezclarse con las proporciones adecuadas de los compuestos que ayuden a la fusión (De la Torre y Guevara, 2005).

1.7.1.1 Horno para ensayo al fuego

Este horno eléctrico es capaz de generar 24000 Watts de calor, lo que permite una temperatura de 1200° C (2200° F). Este horno, cuenta con una superficie de trabajo de 56 cm de profundidad, 59 cm de ancho y 19.5 cm de alto, es útil para: 25 crisoles de 50 o 65 gramos cada uno y 42 crisoles de 30, 40 o 55 gramos (911Metallurgist, 2024).

Figura. 9. Horno para ensayo al fuego



Fuente: (911Metallurgist, 2024)

1.7.1.2 Copelas

Las copelas son pequeños recipientes refractarios y porosos, típicamente hechos de óxido de magnesio (magnesita) de alta pureza, que desempeñan un papel fundamental en la etapa final del ensayo al fuego para la determinación de oro y plata. Su diseño y fabricación controlada aseguran una adecuada absorción del óxido de plomo fundido, permitiendo la separación de los metales preciosos de las impurezas (LabSupplies, 2023).

1.7.1.3 Crisoles de fusión

Un crisol de fusión es un recipiente resistente a altas temperaturas utilizado para fundir o evaporar materiales, el material se calienta hasta su punto de vaporización y el vapor resultante se deposita sobre un sustrato para formar una película fina (Kintek Solution, 2025).

Fabricados con arcilla refractaria mezclada con otros materiales refractarios, soportan temperaturas de hasta 1300 °C y tanto su composición y su diseño ayudan a la

resistencia al ataque de fundentes, de la erosión, y del agrietamiento y el choque térmico (Fire Assay, 2024).

1.7.1.4 Pinzas para crisoles

La pinza para crisol es un instrumento de acero inoxidable diseñado para sujetar y mover de forma segura cápsulas de evaporación, crisoles y otros objetos, especialmente cuando están calientes o representan algún riesgo al tocarlos directamente. Su uso principal es como precaución de seguridad durante la manipulación de estos elementos (Alcántara, 2023).

1.7.1.5 Fundentes

Un fundente convierte compuestos infusibles a una temperatura determinada en otros que se funden a esa temperatura, en términos generales, para fusionar una sustancia ácida es necesario emplear un fundente básico como el litargirio o el carbonato de sodio, en cambio, si queremos fusionar una sustancia básica, utilizaremos un fundente ácido como lo es la sílice o el bórax (Fire Assay, 2025).

1.7.2 Digestión Ácida

Es uno de los métodos convencionales más utilizados para la preparación de muestras, suele llevarse a cabo mediante una placa calefactora convencional o calentamiento asistido por microondas y la aplicación de reactivos oxidantes como: HNO_3 , H_2SO_4 , $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, $\text{HNO}_3 + \text{HF}$ (Torres, 2020).

1.7.2.1 Microondas para digestión de muestras

Se reconoce ampliamente que la digestión por microondas en recipientes cerrados es el método más eficiente para preparar muestras destinadas al análisis de metales mediante técnicas como la absorción atómica en horno de grafito (GFAA), espectroscopía de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Debido a que opera a temperaturas y presiones significativamente superiores a las de un bloque de digestión convencional, es aplicable a una gama mucho más amplia de muestras. Con la digestión por microondas, la muestra se encierra; por lo tanto, la contaminación cruzada y la pérdida de volátiles se eliminan y el uso de materiales de recipiente de alta calidad minimiza la contaminación (Milestone, s. f.)

Figura. 10. Microondas para digestión de muestras



Fuente: (Milestone, s. f.)

1.7.2.2 Reactivos

1.7.2.2.1 Ácido nítrico

El ácido nítrico (HNO_3) es uno de los ácidos inorgánicos más importantes, es un líquido incoloro con un olor extremadamente acre y propiedades corrosivas. Reacciona con facilidad con numerosas sustancias y genera calor al disolverse en agua. Una proporción

significativa de las reacciones que lo involucran son incluso explosivas (PCC Group, 2025).

1.7.2.2.2 Ácido clorhídrico

El ácido clorhídrico (HCl) es una solución acuosa corrosiva, tóxica, inorgánica, fuertemente ácida, de cloruro de hidrógeno completamente ionizado. Se emplea en la fabricación de compuestos orgánicos e inorgánicos, como reactivo en reacciones y preparación de muestras, en control de pH, entre otros (Fisher Scientific, 2025).

1.7.2.2.3 Agua regia

Es una solución altamente corrosiva y de color naranja que se obtiene al combinar ácido nítrico y ácido clorhídrico concentrados en una proporción de uno a tres, respectivamente. Su nombre proviene del latín "aqua regia" debido a su capacidad para disolver metales nobles o "regios", los cuales son conocidos por su baja reactividad y resistencia a la alteración.

El agua regia disuelve al oro, y a otros metales nobles, debido a que sus dos componentes actúan de manera diferente y complementaria. Un agente oxidante es el ácido nítrico, el otro, el ácido clorhídrico, aporta al proceso debido a la capacidad complejante del anión cloruro (Academia de Ciencias de la Región de Murcia, 2019).

1.7.2.2.4 Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico (H₂SO₄) es altamente reactivo y tiene la capacidad de disolver la mayoría de los metales. Como ácido concentrado, oxida, deshidrata o sulfoniza gran parte de los compuestos orgánicos, frecuentemente provocando carbonización. Además, reacciona de manera violenta al entrar en contacto con alcohol y agua, liberando calor, además de

reaccionar con la mayoría de los metales, especialmente al diluirse con agua, para formar hidrógeno gaseoso inflamable, lo que puede generar peligro de explosión. El ácido sulfúrico no es combustible, pero es un oxidante potente que facilita la combustión de otras sustancias y no se quema por sí solo (Nleya & Simate, 2016).

1.7.3 Espectrofotometría por Absorción Atómica

La espectrofotometría de absorción atómica implica dirigir un haz luminoso a través de una llama hacia un monocromador y posteriormente a un detector, el cual determina la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama. Como cada metal tiene su propia longitud de onda y, por tanto, una absorción característica, se utiliza como fuente de luz.

Para obtener esta absorción característica, se emplea una lámpara de cátodo hueco formada por dicho elemento. Esto ofrece un método relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación. La cantidad de energía que absorbe la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento presente en la muestra, en un intervalo de concentraciones (Lajunen, 2004).

1.7.3.1 Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Este equipo es capaz de determinar en un mismo análisis hasta 12 elementos diferentes con facilidad, rapidez y de manera secuencial con gran precisión y sensibilidad. Con una certificación ISO 9001 (Universidad de Valencia, 2023).

Figura. 11. Espectrofotómetro de Absorción Atómica



Fuente: (Universidad de Valencia, 2023)

1.7.3.2 Lámpara de cátodo hueco

Diseñada para emitir el espectrofotómetro de un elemento, los cuales son específicos según el elemento a determinar, se compone de un cátodo hueco del metal a medir, donde junto con el ánodo se ubican en un cilindro de vidrio sellado, y repleto de gas inerte, usualmente argón o neón a baja presión.

La aplicación de una corriente eléctrica al cátodo provoca la liberación de iones metálicos, llenando la lámpara con vapor atómico. Dichos átomos se excitan al interactuar con átomos del vapor inerte mediante colisiones, lo que provoca una excitación electrónica; cuando regresan a su estado fundamental, emiten una energía radiante característica. De esta forma, obtenemos una energía de una longitud de onda adecuada para ser absorbida por los átomos en estado de reposo que se encuentran en la llama (L'antic CFGS Química Ambiental, 2017).

Figura. 12. Lámpara de cátodo hueco



Fuente: (Satia, s.f.)

1.7.3.3 Tanque de acetileno

El tanque presenta una alta pureza, que oscila entre el 99.0% y el 99.5%, cuenta con límites de concentración permisibles (LPP y LPA) de 750 ppm y 1000 ppm respectivamente. En condiciones normales, se presenta en estado gaseoso, caracterizado por ser incoloro y poseer un olor distintivo similar al ajo. Se suministra en cilindros acumuladores que contienen una masa porosa y un disolvente, con un contenido que varía desde 3 hasta 9 kilos y una capacidad para disolver entre 10 y 50 litros de agua. La presión interna del cilindro se mantiene en un rango de 220 a 280 psi, y está equipado con una válvula CGA 510 para su manipulación y conexión (Oxiviva, 2015).

1.8 Estudio de mercado

El propósito de este estudio es establecer cuál es la demanda del servicio o producto valorando lo que se puede esperar del proyecto al entrar en operación. La posible participación que el proyecto tendría en la atención de la demanda insatisfecha ya que esta debe establecerse en base a diversos factores, tales como el precio o tarifa aplicables y

servicios de apoyo, que condicionan el éxito del proyecto y que deben ser precisados como resultado del análisis de mercado (Núñez, 1997).

1.9 Investigación de mercados

La investigación de mercados busca proporcionar datos exactos que representen la situación real. Empleando el método más apropiado para recolectar los datos, que posteriormente se examinan e interpretan, y después se hacen inferencias. Por último, los descubrimientos, las implicaciones y las recomendaciones se presentan en un formato que permita que la información sirva para la toma de decisiones de marketing y que se haga uso correspondiente de la información (Malhotra, 2007).

1.10 Análisis Financiero

Es un proceso que comprende la recopilación, interpretación, comparación y estudio de los Estados Financieros y Datos Operacionales de un negocio, esto el cálculo e interpretación de porcentajes, tasas, tendencias, indicadores, y estados financieros complementarios o auxiliares, los cuales sirven para evaluar el desempeño financiero y operacional de la firma ayudando así a los administradores, inversionistas y acreedores a tomar sus respectivas decisiones (García, 2004).

1.10.1 Valor Actual Neto (VAN)

“El Valor Actual Neto de un proyecto es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una

medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios” (Mete, 2014).

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j}$$

1.10.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

“La TIR, expresa el crecimiento del capital en términos relativos y determina la tasa de crecimiento del capital por período” (Pasqual, 2007)

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Introducción a la metodología

En este capítulo se estableció el método a través del cual se sugirió un diseño apropiado para la implementación del laboratorio metalúrgico; además se determinará el tipo de investigación a llevar a cabo.

2.2 Tipo de investigación

En este trabajo investigativo, el método cualitativo permite la recolección directa de información sobre las variables de investigación, tales como: equipos, análisis y muestras, lo cual a través de entrevistas dirigidas a profesionales de plantas de beneficio podemos obtener respuestas específicas, lo que nos ayudara más adelante en el análisis de resultados.

Por consiguiente, los métodos cuantitativos permiten la determinación de datos relevantes numéricos, donde el propósito es analizar la información obtenida de la investigación de mercado a través de una serie de encuestas a diferentes profesionales del sector pertenecientes a las provincias de Azuay, Cañar, El Oro y Zamora Chinchipe, en términos estadísticos para poder determinar el diseño adecuado para implementar un laboratorio metalúrgico en el área de estudio que es la ciudad de Cuenca.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Para efectos del presente proyecto investigativo, la población de estudio está conformada por profesionales relacionados con el sector de la metalurgia, minería y afines de 4 provincias del Ecuador que son Azuay, Cañar, El Oro y Zamora Chinchipe.

2.3.2 Muestra

Se realizó una previa investigación que corresponde a varias bases de datos proporcionados por la Coordinación Zonal 6 de Minería, en las cuales se obtuvo una muestra conformada por 61 encuestados.

2.4 Instrumentos de Investigación

En este proyecto se utilizaron dos clases de herramientas: En la primera se llevaron a cabo entrevistas con 16 preguntas abiertas, mientras que en la segunda se llevaron a cabo encuestas a un grupo focal.

Como primera parte, se llevó a cabo un análisis cualitativo, por medio de entrevistas, con el objetivo de conocer sobre las diferentes percepciones que tienen los profesionales del área respecto a los servicios proporcionados por un laboratorio metalúrgico ya establecido. Las entrevistas nos permitieron recoger opiniones valiosas sobre la calidad de los análisis de muestras, la confiabilidad de los resultados y su tiempo de entrega, su conocimiento sobre los procedimientos y equipos usados, etc. Este análisis se realizó considerando las diferentes necesidades técnicas del sector, los atributos clave que deben garantizarse para la satisfacción de los clientes, así como lo más relevante para poder

tener una propuesta de valor sólida y una oferta de servicios ajustada a las exigencias del mercado local y regional.

Se realizaron preguntas abiertas con el fin de obtener la mayor cantidad de información posible, las encuestas se llevaron a cabo mediante llamadas telefónicas.

Como segunda parte, se realizó un análisis cuantitativo mediante una serie de encuestas a varios profesionales de distintas empresas, así como a personas que hayan hecho análisis y pruebas previamente con el fin de recolectar toda la información necesaria para poder realizar el diseño para la implementación del laboratorio metalúrgico.

2.5 Fuente de información

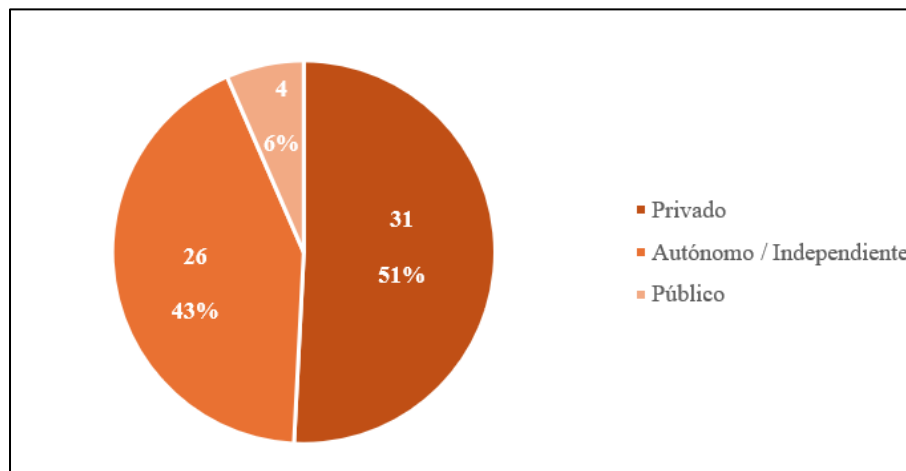
2.5.1 Resultados de las encuestas

La encuesta fue aplicada a 61 personas pertenecientes a las 4 provincias de estudio y que además pertenecen a las diferentes bases de datos proporcionados. La encuesta consta de 15 preguntas divididas en 4 secciones distintas: la primera sección se centra en la información general del encuestado, la segunda sección se enfoca en la demanda de servicios metalúrgicos, la tercera sección es acerca de la percepción sobre los servicios y la disponibilidad local y la cuarta sección habla sobre las expectativas y recomendaciones.

Sin embargo, de las 15 preguntas iniciales, se identificaron y retuvieron 14, ya que se consideraron más relacionadas con los objetivos principales de este estudio. Esta selección se realizó para asegurar que el análisis se concentrara en las variables clave y así evitar la utilización de información menos pertinente.

Pregunta 1. Indique a qué sector usted o su empresa/organización pertenecen:

Figura 13. Sector al que pertenece

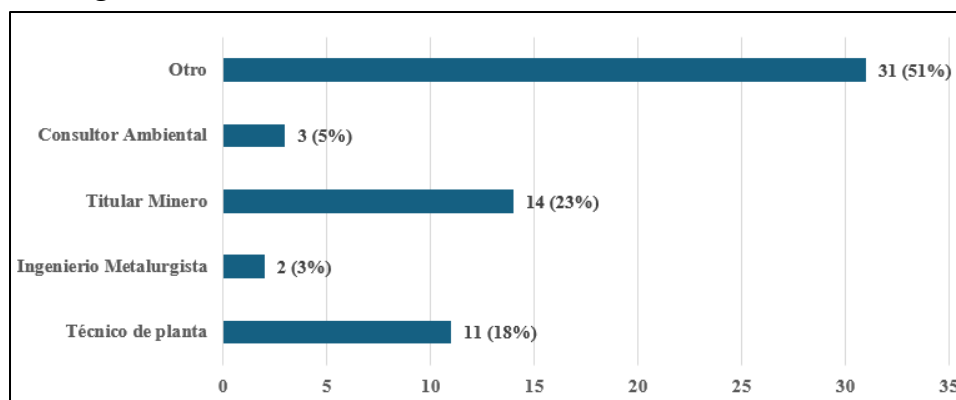


Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la gráfica prevalece el sector privado con un 51%, siguiéndole los profesionales autónomos/ independientes con un 43% y con un 6% el sector público.

Pregunta 2. ¿Cuál es el cargo que desempeña?

Figura 14. Cargos



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra los cargos que desempeñan los encuestados donde el 51% respondieron que pertenecen a otro, donde se destacan ingenieros en minas con un total de

14 respuestas, 8 supervisores de mina, 1 analista de manejo minero, 3 supervisores en salud y seguridad, 2 gerentes, 1 ingeniero de procesos de planta y 2 técnico de control de operaciones mineras. Sin embargo, el 23% pertenecen a titulares mineros y el 18% son técnicos de plantas.

Pregunta 3. Ubicación de su operación minera o industrial (anote la provincia y al cantón al que pertenece):

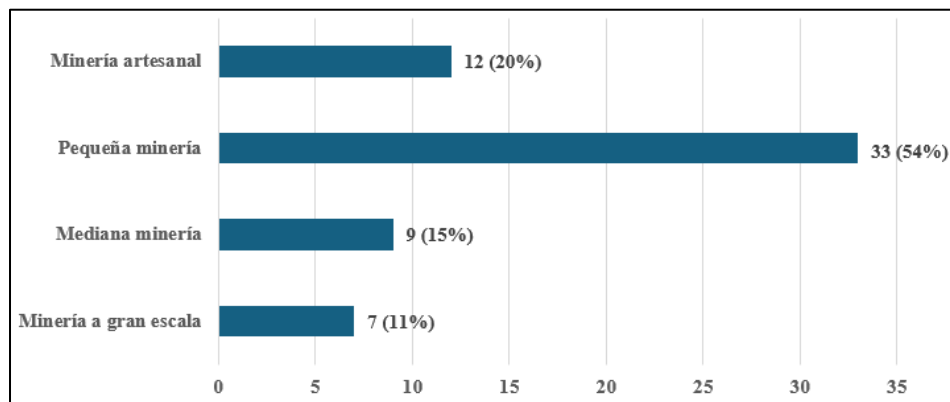
Tabla 1. Ubicación de su operación minera o industrial

N°	Provincia	Cantón	Información Adicional
1	Azuay	Cuenca	
2	Azuay	Cuenca	
3	Azuay	Ponce Enríquez	
4	El Oro	Zaruma	
5	Zamora Chinchipe	Zamora	
6	Zamora Chinchipe	Zamora	
7	Azuay	Ponce Enríquez	
8	Cañar	Azogues	
9	Zamora Chinchipe	Yantzaza	
10	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
11	Zamora Chinchipe	Zamora	Fruta del Norte
12	Zamora Chinchipe	Zamora	
13	Azuay	Cuenca	
14	El Oro	Zaruma	Muluncay - Zaruma
15	El Oro	Zaruma	
16	Azuay	Santa Isabel	
17	Galápagos	Santa Cruz	
18	Cañar	Biblián	
19	El Oro	Pasaje	
20	El Oro	Portovelo	
21	Morona Santiago		(no es operación minera)
22	Zamora Chinchipe	Tundayme	
23	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
24	El Oro	Pasaje	
25	El Oro	Zaruma	
26	El Oro	Pasaje	
27	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
28	El Oro	Pasaje	

29	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
30	Morona Santiago	Limón Indanza	
31	El Oro	Zaruma	
32	El Oro	Pasaje	
33	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
34	Azuay	Cuenca	
35	Azuay	Cuenca	
36	El Oro	Portovelo	
37	Zamora Chinchipe	Zamora	
38	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
39	El Oro	Zaruma	
40	El Oro	Portovelo	
41	Cañar	Troncal	
42	Azuay	Cuenca	
43	El Oro	Portovelo	
44	El Oro	Zaruma	
45	Cañar	Azogues	
46	Azuay	Cuenca	
47	Azuay	Ponce Enríquez	
48	El Oro	Pasaje	
49	Cañar	Troncal	
50	El Oro	Pasaje	
51	Azuay	Cuenca	
52	Azuay	Cuenca	
53	Azuay	Camilo Ponce Enríquez	
54	Cañar	Azogues	
55	Cañar	Troncal	
56	Azuay	Cuenca	
57	El Oro	Portovelo	
58	Zamora Chinchipe	Zamora	
59	El Oro	Zaruma	
60	El Oro	Zaruma	
61	El Oro	Pasaje	

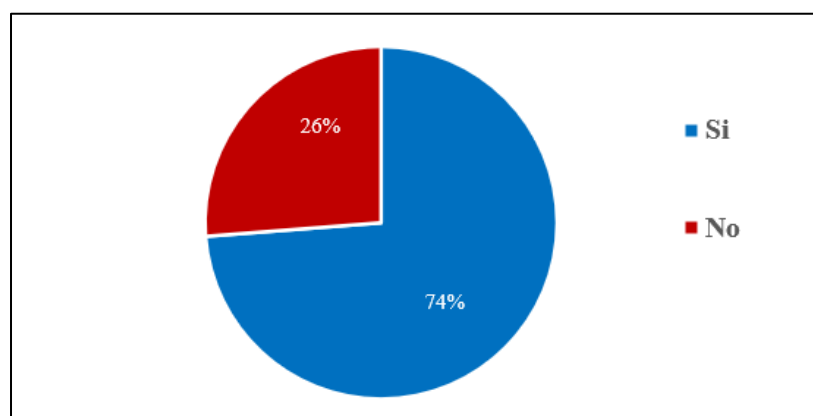
Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla, 21 encuestados pertenecen a la provincia del Azuay, 22 pertenecen a la provincia de El Oro, siguiéndole la provincia de Zamora Chinchipe con 8 encuestados y la provincia del Cañar con 7 encuestados.

Pregunta 4. Tipo de actividad minera que desarrolla:*Figura 15. Tipo de actividad minera*

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se puede apreciar en la gráfica, el 33% desarrolla una pequeña minería siguiéndole la minería artesanal con un 20%.

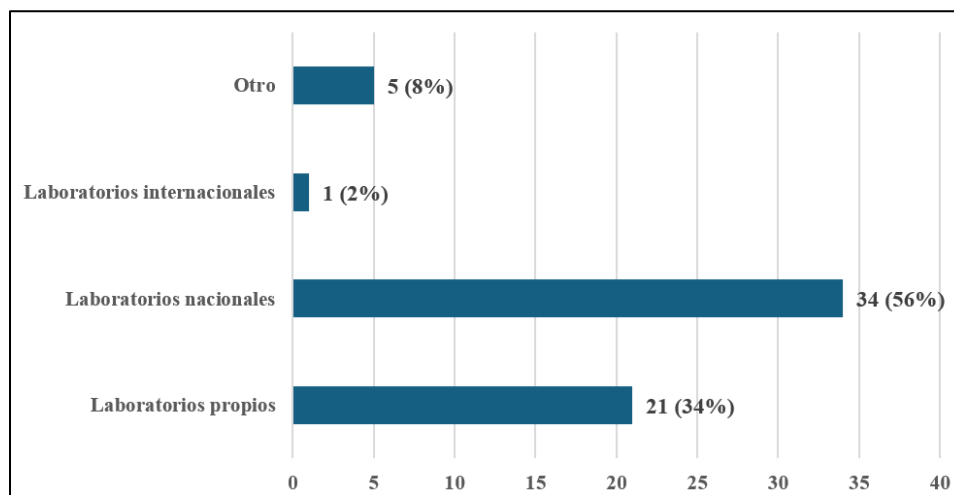
Pregunta 5. ¿Actualmente utiliza servicios de análisis y pruebas metalúrgicas?*Figura 16. Uso actual de servicios*

Fuente: Elaboración propia.

Con relación al uso de servicios de análisis y pruebas metalúrgicas, actualmente el 74% si utiliza los servicios mientras que el 26% no hace uso de ellos.

Pregunta 6. Si respondió "Si", ¿Dónde realiza los análisis?

Figura 17. Lugar de análisis

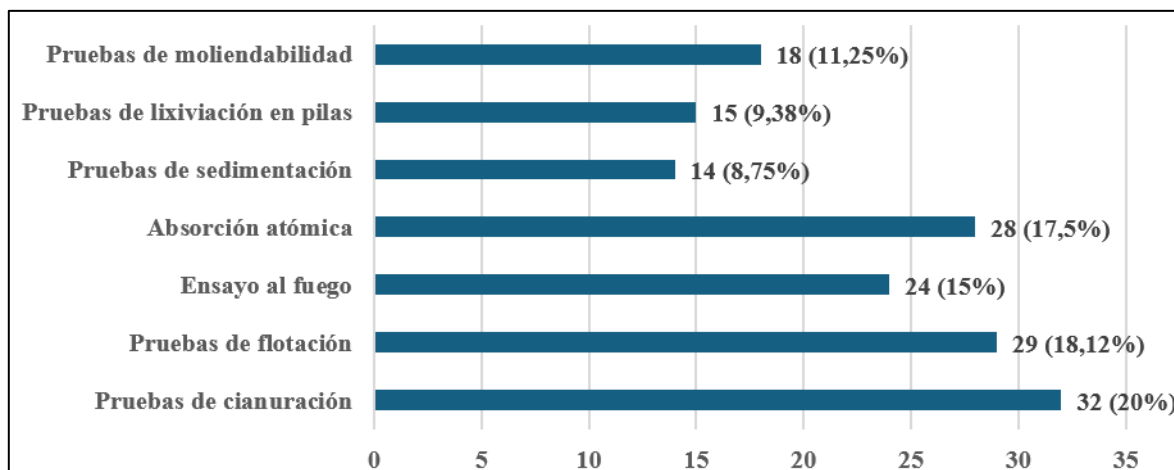


Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la gráfica, el 56% de los encuestados realizan sus análisis en laboratorios nacionales, siguiéndoles el uso de laboratorios propios con un 34%.

Pregunta 7. ¿Cuáles son los principales análisis o ensayos metalúrgicos que su empresa o actividad requiere? (Marque todas las opciones que correspondan)

Figura 18. Tipos de análisis

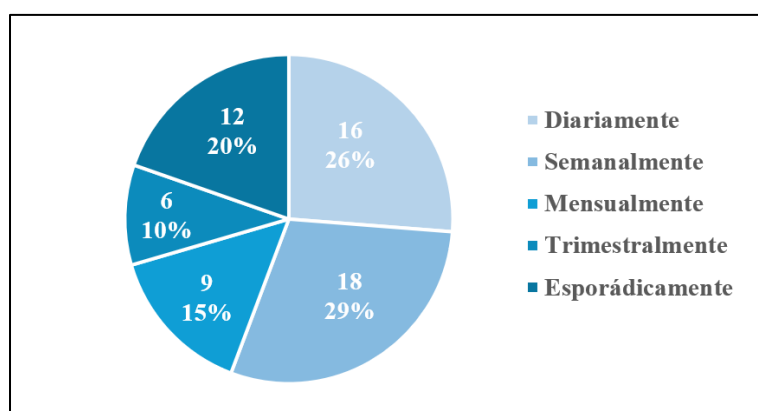


Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados obtenidos, los principales análisis que se realizan son las pruebas de cianuración con un 20%, las pruebas de flotación con un 18,12%, absorción atómica con un 17,5% y pruebas de ensayo al fuego con un 15%.

Pregunta 8. ¿Con qué frecuencia requiere estos servicios?

Figura 19. Frecuencia de uso

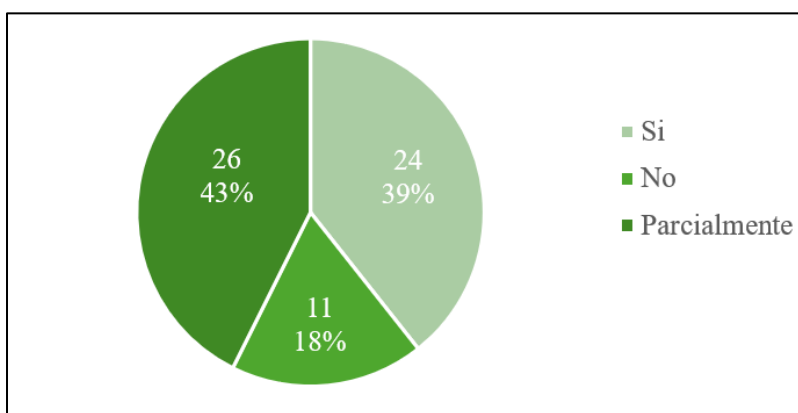


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la pregunta, la frecuencia que más requieren los encuestados son realizar los ensayos semanalmente con un 29%, siguiéndole una frecuencia diaria del 26% y una frecuencia esporádicamente del 20%.

Pregunta 9. ¿Considera que en la región existen laboratorios metalúrgicos que satisfacen sus necesidades?

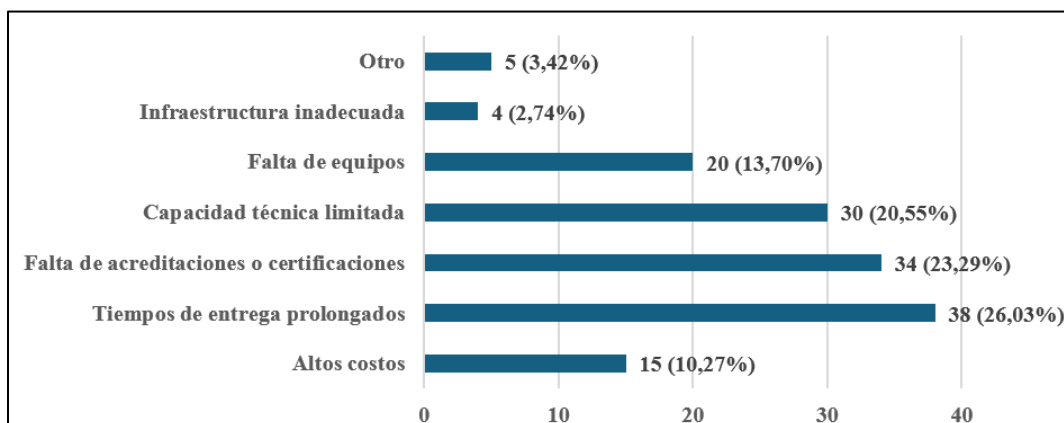
Figura 20. Necesidades del consumidor



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica, el 43% de los laboratorios metalúrgicos de la región satisfacen parcialmente las necesidades de los consumidores, un 39% si las satisface y un 18% no lo hace.

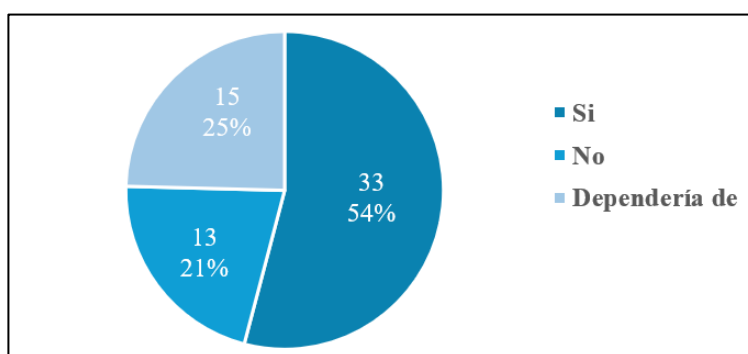
Pregunta 10. ¿Cuáles son los principales problemas o limitaciones que ha encontrado en los laboratorios existentes? (seleccione las opciones que apliquen)

Figura 21. Problemas y limitaciones

Fuente: Elaboración propia.

Los principales problemas y limitaciones que presentan los encuestados son los tiempos de entrega prolongados con un 26,03%, falta de acreditaciones o certificaciones con un 23,29%, capacidad técnica limitada con un 20,55% y falta de equipos con un 13,7%.

Pregunta 11. ¿Estaría dispuesto a utilizar un laboratorio metalúrgico local en la ciudad de Cuenca si ofreciera servicios confiables y precios competitivos?

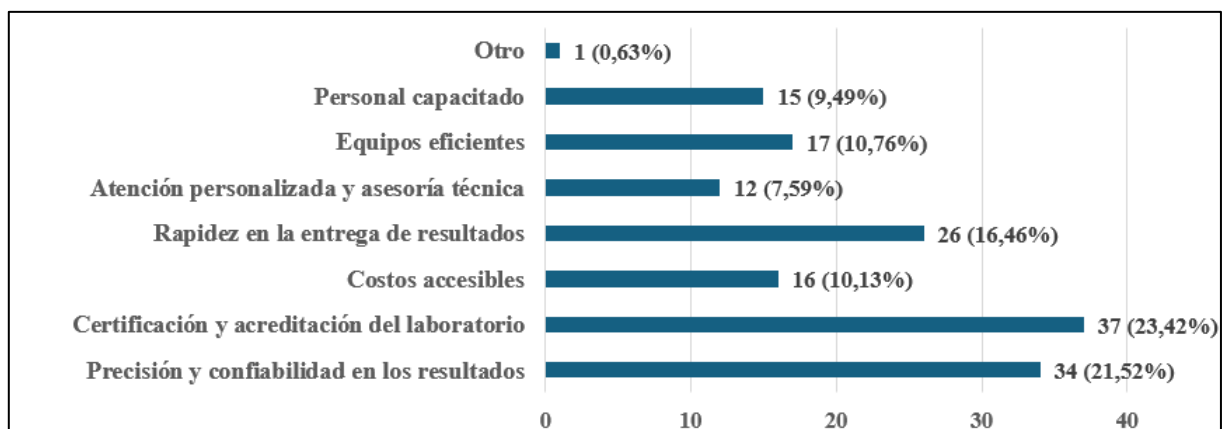
Figura 22. Servicios confiables y precios competitivos

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la gráfica, el 54% de los encuestados si están dispuestos a utilizar un laboratorio local ubicado en la ciudad de Cuenca.

Pregunta 12. ¿Cuáles considera que deberían ser las características más importantes de un laboratorio metalúrgico para confiar en sus servicios? (Seleccione hasta 3)

Figura 23. Características más relevantes



Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados, podemos decir que el 23,42% considera más importante la certificación y acreditación del laboratorio, el 21,52% la precisión y confiabilidad en los resultados, el 16,46% la rapidez en la entrega de resultados y el 10,76% en equipos eficientes.

Pregunta 13. ¿Qué otros servicios cree que debería ofrecer un laboratorio metalúrgico para mejorar la competitividad del sector minero en la región?

Tabla 2. Sugerencias de servicios competitivos

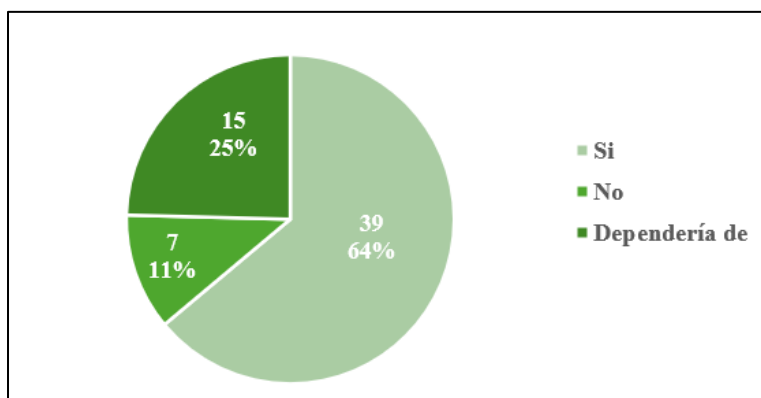
Categoría	Servicio/Aspecto
Análisis y Evaluación	Buena interpretación de datos
	Leyes de minerales
	Pureza y ley de mineral
	Ensayos de espectrometría (no solo metales pesados)

	Cuadros estadísticos
Estudios y Consultoría	Asesoría
	Estudios ambientales en minería
	Estudios ambientales en minería
	Asesoría técnica
	Asesoría personalizada
Ensayos y Laboratorio	Ensayos de mineralurgia
	Toma de muestras
	Ensayos triaxiales de roca (servicio limitado en el país)
Ubicación y Logística	Accesibilidad
	Cerca de lugares donde exista Minerías Metálicas
	Instalaciones y servicios puntuales
Desarrollo Profesional	Prácticas
	Pruebas mecánicas de calidad, oportunidad para jóvenes para ejercer prácticas preprofesionales
	Prácticas
	Capacitación mineralógica
Servicio al Cliente	Servicios personalizados
Insumos	Venta de insumos para planta de beneficios a costos competitivos

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla, se dividieron las respuestas en diferentes categorías para su tabulación, donde los encuestados brindaron sugerencias acerca de: análisis y evaluación, estudios y consultoría, ensayos y laboratorio, ubicación y logística, desarrollo profesional, servicio al cliente e insumos.

Pregunta 14. ¿Tendría interés en establecer convenios o alianzas estratégicas con un laboratorio metalúrgico local?

Figura 24. Convenios y alianzas estratégicas

Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 64% si presenta interés en establecer convenios o alianzas estratégicas con el laboratorio metalúrgico local, mientras que el 25% aceptaría, pero dependiendo de ciertos aspectos como que beneficios traería establecer alianzas y la tecnología usada para realizar los análisis y su precisión.

2.5.2 Resultados del estudio de mercado

En las provincias analizadas, se identifica una demanda considerable por servicios de análisis y pruebas metalúrgicas, especialmente en los sectores de la pequeña minería y la minería artesanal. Esta necesidad se relaciona con el interés de los productores en mejorar sus procesos, asegurar la calidad de sus productos y cumplir con estándares técnicos que les permitan acceder a mejores oportunidades de comercialización.

Una parte importante de los encuestados ya utiliza servicios de laboratorios metalúrgicos, lo que muestra un reconocimiento generalizado sobre la relevancia de estos análisis en su actividad productiva. Sin embargo, también se han identificado importantes limitaciones en la oferta local, como tiempos de entrega prolongados, falta de

certificaciones acreditadas como la ISO/IEC 17025, y una capacidad técnica restringida por equipos obsoletos o insuficientes para atender ciertos tipos de ensayos metalúrgicos.

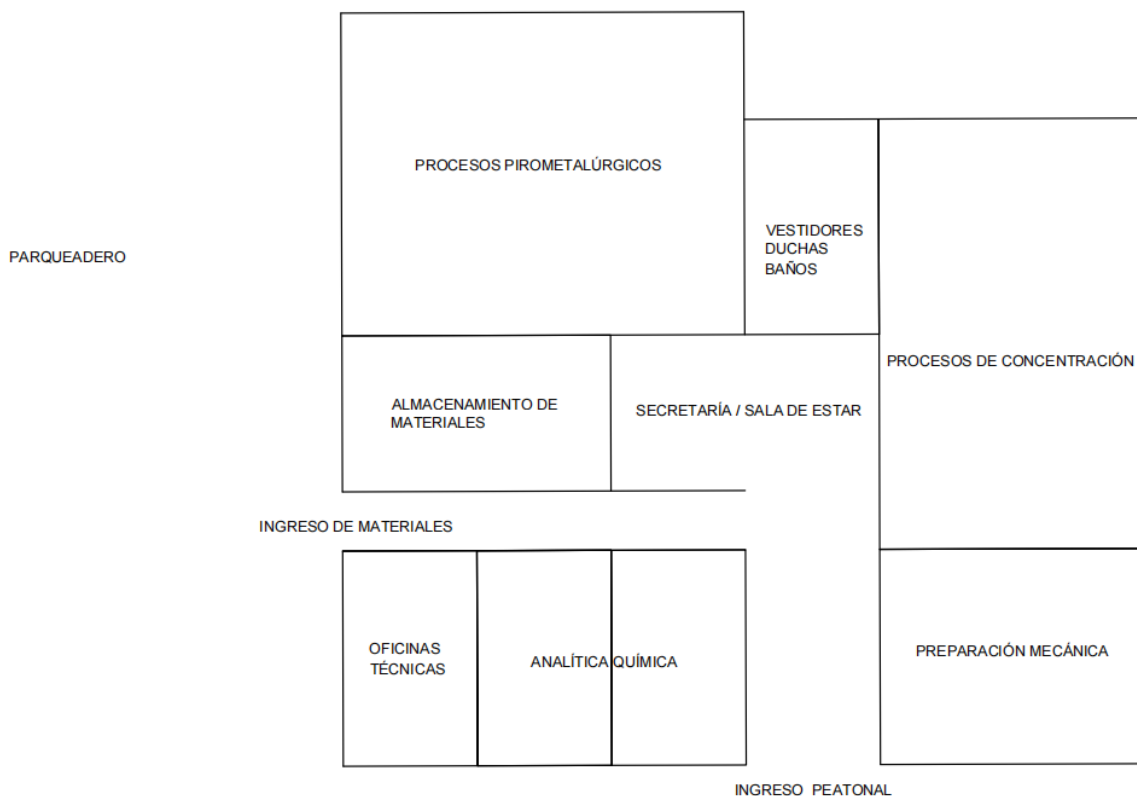
A pesar de estos problemas, existe un alto interés en acceder a nuevas alternativas, ya que el 54% de los encuestados expresó que consideraría enviar sus muestras a un laboratorio ubicado en Cuenca, siempre que este garantice resultados precisos, precios competitivos y servicios confiables. Esto indica que el factor decisivo no es solo la cercanía geográfica, sino la calidad técnica del servicio ofrecido.

Finalmente, un dato relevante es que el 64% de los encuestados manifestó estar dispuesto a establecer alianzas estratégicas con nuevos laboratorios o instituciones técnicas. Esto muestra una actitud abierta hacia la cooperación, el desarrollo conjunto de capacidades y la mejora continua, aspectos clave para elevar la competitividad de la minería local y promover un enfoque más profesional y sostenible en la explotación de recursos.

2.6 Croquis de la infraestructura del laboratorio

Siguiendo todas las especificaciones del laboratorio y los equipos planteados, tenemos el siguiente diseño:

Figura 25. Croquis de la infraestructura



Fuente: Elaboración propia.

2.6.1 Dimensiones del laboratorio

Las dimensiones del diseño del laboratorio planteado son las siguientes:

Tabla 3. Dimensiones del laboratorio

Área	Dimensiones (m)	Superficie (m ²)
Procesos pirometalúrgicos	9 x 7.5	67.5
Procesos de concentración	8 x 5	40
Preparación mecánica	5 x 4	20
Analítica química (División 1)	2.5 x 4	10
Analítica química (División 2)	2.5 x 4	10
Oficinas técnicas	4 x 2.5	10

Almacenamiento de materiales	5 x 3	15
Secretaría y sala de estar	5 x 3	15
Duchas, baños y vestidores	2.5 x 4	10
Ingreso de materiales	1.1 x 7.5	8.25
Ingreso peatonal	5.1 x 2.5	12.75
Parqueadero	15 x 15	225
Total		443.5

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS FINANCIERO

3.1 Introducción al análisis financiero

El análisis financiero consiste en una serie de procedimientos organizados que implican una evaluación crítica y objetiva, así como la conexión lógica de la información contenida en los estados financieros y otros documentos complementarios, como presupuestos y planes de acción. A partir de este análisis se obtienen diversos indicadores que, al interpretarse correctamente, permiten comprender tanto la situación económica y financiera actual como las perspectivas futuras del laboratorio. Esto facilita la toma de decisiones orientadas a corregir problemas existentes, anticipar riesgos que puedan afectar la estabilidad o los intereses del laboratorio, y aprovechar posibles oportunidades.

3.2 Análisis Financiero

3.2.1. Inversión inicial estimada

El costo de inversión inicial viene dado en infraestructura, equipos, materiales, permisos, etc. En donde los equipos a adquirir serán los siguientes:

- Molino de bolas.
- Celda de flotación.
- Mesa vibratoria
- Horno Eléctrico.
- Microondas de digestión ácida.
- Destilador de agua.

- Lámparas de absorción atómica.
- Compresor de aire.
- Tanque de acetileno.
- Tanque de agitación.
- Reactor de lixiviación.
- Microscopio.
- Tamices de laboratorio.
- Espectrómetro de absorción atómica.
- Computadoras.

Por otro lado, también tomamos en cuenta la infraestructura, permisos y seguridad, en donde esta divido de la siguiente forma:

- Terreno
- Construcción
- Acreditación
- Mobiliario

3.2.1.1. Construcción

En infraestructura se prevé que el precio estimado incluirá.

- **Obra Civil**
- **Sistema Eléctrico**
 - Toma corrientes adecuados para equipos.
 - Iluminación.

- **Sistema Hidrosanitario**
 - Duchas de emergencia
 - Agua potable.
- **Sistema de Ventilación**
 - Campanas de extracción humo.
 - Sistema de extracción de polvo.
- **Sistema de Manejo de residuos**
 - Contenedor para residuos sólidos contaminados.
 - Drenajes resistentes a sustancias corrosivas.
- **Sistema de aguas residuales**
 - Tratamiento de agua.

El total de esta parte de infraestructura es de \$55,000.00.

3.2.1.2 Equipos

Los equipos serán importados desde China, a través de la plataforma *Made-in-China*, la cual facilita la conexión entre compradores y proveedores. Esta opción resulta más económica para el inicio del proyecto, sin comprometer la calidad de los equipos, lo que garantiza confianza en los resultados. Los gastos difieren dependiendo del tipo de equipo y la cantidad requerida, en función de la demanda diaria estimada a partir de las encuestas realizadas.

Tabla 4. Costos de los equipos

Tipo de equipo	Precio (USD)	Unidades	Precio total
Celda de flotación	\$1,600.00	4	\$6,400.00
Mesa vibratoria	\$1,700.00	1	\$1,700.00
Molino de bolas	\$1,500.00	1	\$1,500.00
Espectrómetro de absorción atómica	\$25,000.00	1	\$25,000.00
Balanza analítica	\$300.00	2	\$600.00
Horno eléctrico	\$8,000.00	1	\$8,000.00
Microscopio	\$800.00	1	\$800.00
Tamices de laboratorio	\$90.00	21	\$1,890.00
Microondas de digestion	\$17,000.00	1	\$17,000.00
Reactor de Lixiviación	\$1,000.00	4	\$4,000.00

Tanque de agitación	\$4,500.00	1	\$4,500.00
Compresor de aire	\$1,300.00	1	\$1,300.00
Lámparas de absorción atómica	\$350.00	10	\$3,500.00
Destilador de agua	\$4,500.00	1	\$4,500.00
Equipo informático	\$700	3	\$ 2100.00
Total			\$85,190.00

Fuente: Elaboración propia.

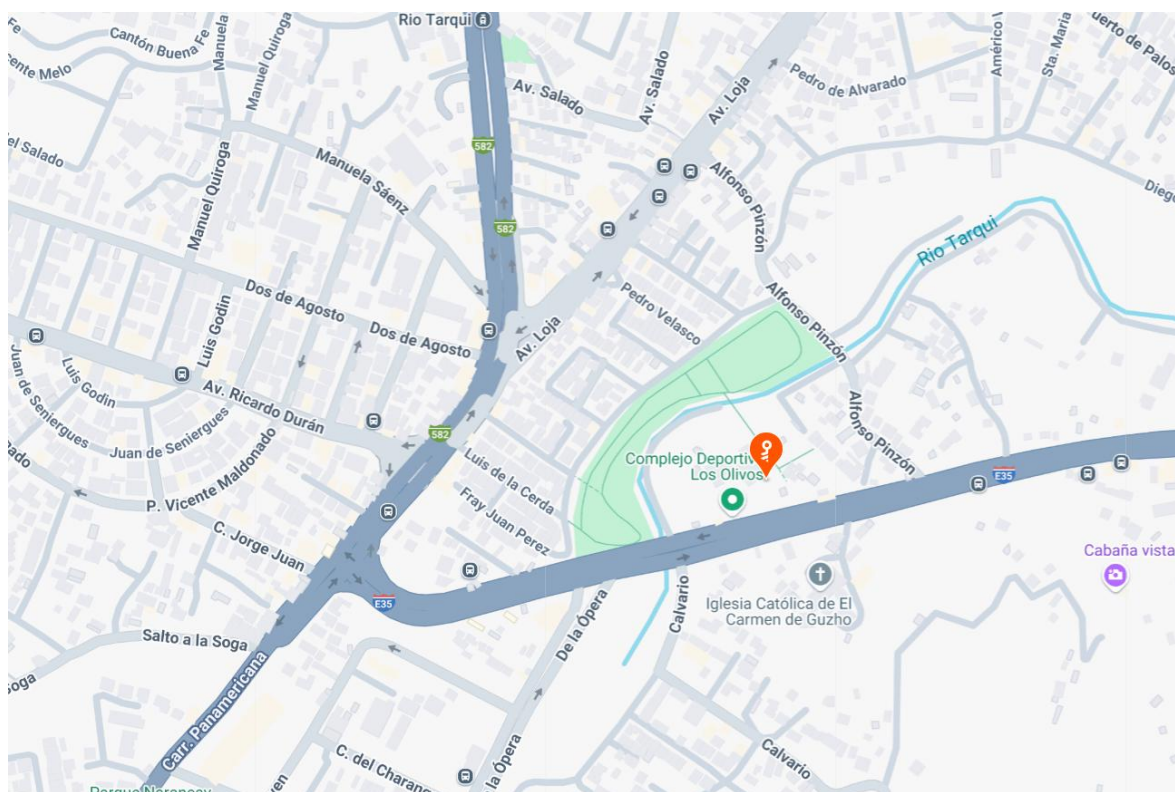
Estos son los equipos indispensables que se requerirán para el laboratorio, con un costo aproximado de \$85,190.00. Este valor se debe a que todos los equipos serán importados desde China, por lo cual será necesario recibir una capacitación específica sobre el uso y mantenimiento de las marcas seleccionadas. Esto permitirá asegurar un mantenimiento periódico adecuado y evitar inconvenientes en su funcionamiento. Además, estos equipos cuentan con garantía, lo que respalda su durabilidad y fiabilidad en el tiempo.

3.2.1.3 Terreno

Se propuso ubicar el terreno en el sector Carmen del Guzho debido a su accesibilidad, ya que se encuentra cerca de la autopista que conecta con el Control Sur, zona de donde proviene la mayoría de los potenciales clientes. Además, el terreno presenta una topografía plana, lo que facilita las labores de construcción.

Se proyecta adquirir 500 m² de un total de 700 m² disponibles. Considerando que el valor del metro cuadrado en este sector ronda los \$100, se estimó un costo total de \$50,000.00 para la adquisición del terreno. La superficie de 500 m² permitirá disponer de un espacio amplio, que incluirá un área de parqueo con capacidad mínima para seis automóviles.

Figura 26. Terreno



Fuente: (Plusvalía, 2025)

3.2.1.4 Acreditación

La acreditación de un laboratorio metalúrgico garantiza confianza y respaldo técnico, ya que asegura que cuenta con personal capacitado, equipos adecuados y opera bajo procedimientos establecidos y confiables. Esta acreditación permite que los resultados de los análisis sean válidos y reconocidos tanto por clientes como por autoridades, al estar

sustentados por normas y certificaciones internacionales, como la ISO/IEC 17025

(Ministerio de Industrias y Productividad, 2017).

El costo de la acreditación dependerá de la cantidad y tipo de ensayos que se deseen validar. En particular, mientras mayor sea el número de análisis de metales a evaluar, más elevado será el costo asociado a la evaluación técnica. El costo estimado para este proceso es de aproximadamente \$85,000.00, considerando los gastos de adecuación del laboratorio, capacitación del personal, auditorías y otros requisitos técnicos exigidos por el organismo acreditador.

3.2.1.5. Mobiliario

El mobiliario corresponde al conjunto de muebles y estructuras físicas que deben instalarse en el laboratorio para garantizar su correcto funcionamiento. Este incluye, entre otros elementos:

- Estanterías.
- Gabinetes de seguridad.
- Sillas.
- Mesas especializadas antivibración.
- Superficies resistentes a ácidos, calor y golpes.

El costo estimado para esta parte del equipamiento es de aproximadamente \$1,500.00.

3.2.1.6. Inversión inicial

La inversión inicial es el monto total o capital necesario que se necesita para emplear el proyecto. En la inversión inicial se propuso que el monto sea destinado a:

- Equipos.

- Infraestructura.
- Terreno.
- Acreditación.
- Mobiliario.

El monto total estimado asciende a \$276,690.00. Esta cifra corresponde a la suma de los costos previamente detallados, los cuales abarcan los equipos, mobiliario, acreditación y demás elementos necesarios para el funcionamiento del laboratorio.

3.2.1.7. Préstamo

Esta inversión se financiará mediante un préstamo, el tipo de préstamo adecuado para para este análisis es el préstamo francés porque las cuotas son fijas. El financiamiento será a 5 años (60 meses), con una tasa efectiva anual del 14% y una tasa efectiva mensual del 1.10%.

Con base en estos datos, la cuota mensual sería de \$6,320.31 y la cuota anual de \$75,843.71 lo que implica un total a pagar de \$379,218.54 al finalizar el periodo. Estos valores serán utilizados en el flujo de caja, ya que representan el monto a reponer al término de los 5 años.

3.2.2 Costos fijos y variables

Es fundamental considerar los distintos tipos de gastos que pueden surgir al operar un laboratorio, especialmente cuando se proyecta recuperar la inversión en un periodo de cinco años. En el caso de estudio, los gastos fijos corresponden a aquellos que se mantendrán constantes durante este tiempo de reinversión. Entre ellos se incluyen los salarios del personal, las capacitaciones, el mantenimiento de los equipos y las condiciones necesarias para garantizar un ambiente laboral seguro y adecuado.

Uno de los gastos más relevantes es el relacionado con el salario del personal. En Ecuador, para que un laboratorio metalúrgico opere correctamente y consiga la acreditación correspondiente, se recomienda tener al menos tres trabajadores: un jefe de laboratorio, un supervisor y un técnico.

Por otro lado, los gastos variables son aquellos que pueden presentar ligeras fluctuaciones mensuales. En esta categoría se incluyen los reactivos de laboratorio, el consumo de energía, los equipos de seguridad, la renovación de señalética, entre otros.

La sumatoria total de los gastos un total de \$82,160.00 lo cual se justifica con las siguientes tablas a continuación.

Tabla 5. Gastos variables

Gastos adicionales	Ejemplo específico	Frecuencia	Mensual	Anual
Lubricantes	Aceites	Mensual	\$100.00	\$1,200.00
Equipo de protección personal	Uniformes, equipo, etc.	Mensual	\$60.00	\$720.00
Reactivos	Reactivos de cianuración y flotación	Mensual	\$120.00	\$1,440.00
Mantenimiento de equipos	De todos los equipos	Mensual	\$150.00	\$1,800.00
Mantenimiento de equipos	Mantenimiento general	Anual	\$ 5,000.00	\$5,000.00
Servicios básicos	Luz, internet, agua	Mensual	\$1,000.00	\$12,000.00
Capacitaciones del personal	Cursos técnicos, certificaciones	Anual	\$3,000.00	\$3,000.00
Total				\$25,160.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Salarios

Puesto	Salario Básico Mensual (USD)	Décimo Tercero (USD)	Aporte al IESS (9.45%) (USD)	Seguro (USD)	Otros Descuentos (USD)	Total Descuentos (USD)	Total Ingresos (USD)	Valor a Cobrar (USD)
Ingeniero Metalúrgico	\$1,400	\$116.67	\$132.30	\$70	-	\$202.30	\$1,516.67	\$1,314.37
Técnico Químico	\$1,200	\$100.00	\$113.40	\$70	-	\$183.40	\$1,300.00	\$1,116.60
Técnico de laboratorio	\$800.00	\$66.67	\$75.70	\$70	-	\$145.70	\$866.67	\$721.07
Secretaria	\$525.00	\$43.75	\$49.61	\$70	-	\$119.61	\$568.75	\$449.14
Conserje	\$475.00	\$39.58	\$44.89	\$70	-	\$114.89	\$514.58	\$399.70
TOTAL	\$4,400							\$4,000.87
Total anual	\$52,800							\$48,010.40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Total de los gastos

	Salarios	Gastos	Seguro Privado	Total
Total de gastos y salarios	\$52,800	\$25,160.00	\$4,200	\$82,160

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Proyección de ingresos

Para la proyección de ingresos, es necesario considerar aspectos clave como el precio unitario de los diferentes tipos de ensayos que se ofrecerán, la frecuencia con la que se solicitarán dichos ensayos y la demanda estimada. Estos factores se verán reflejados en la ganancia diaria.

Un aspecto fundamental a tener en cuenta es la disponibilidad de la cantidad adecuada de equipos, lo cual es esencial para garantizar la correcta ejecución de los ensayos ofrecidos.

A partir de los datos obtenidos en las encuestas, es posible determinar el porcentaje de pruebas que se ofertarán, lo que permite calcular un promedio estimado de ingresos diarios y anuales. Con esta información, se puede evaluar la rentabilidad del proyecto.

Cabe aclarar que el número de empresas con las que prevé trabajar son 9 empresas mineras, en donde según las encuestas realizadas se extrajo dicho porcentaje de la demanda de ensayos con más necesidad.

Tabla 8. Ganancia según el tipo de prueba

Tipo de pruebas	Precio Unitario	Demanda según las encuestas	Redondeado	Ganancia diaria	Ganancia Anual
Prueba de cianuración	\$85.00	6.489	6	510.00	\$127,500.00
Prueba de flotación	\$85.00	6.46	6	510.00	\$127,500.00
Ensayo al fuego	\$25.00	5.435	5	125.00	\$31,250.00
Prueba de concentración gravimétrica	\$25.00	3.231	3	75.00	\$18,750.00
Absorción atómica	\$40.00	6.462	6	240.00	\$60,000.00
Total				\$1,460.00	\$365,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la ganancia anual, es necesario considerar los días laborables en Ecuador, excluyendo fines de semana, feriados nacionales e internacionales. En promedio, el país cuenta con 250 días laborales al año. Multiplicando la ganancia diaria por este número de días, se puede estimar el ingreso anual, dato que será fundamental para el análisis financiero del proyecto.

3.2.4 Flujo de caja

El flujo de caja es una herramienta financiera que permite estimar si el laboratorio es accesible o rentable. A través de este análisis, se puede conocer la capacidad del proyecto para generar, cubrir sus costos y recuperar la inversión inicial.

El flujo de caja se presenta a un periodo de cinco años. Considerando los ingresos por los tipos de ensayos metalúrgicos, los costos fijos y variables anuales, y por supuesto la inversión inicial en donde por estos parámetros se puede ver la viabilidad económica del laboratorio y calcular indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El flujo de caja fue construido a partir de:

- Inversión Inicial \$276,690.00
- Gastos anuales \$82,160.00
- Ingresos anuales \$365,000.00
- Impuestos \$20%
- Cuota anual del préstamo \$75,843.71

Tabla 9. Flujo neto

Año	Ingresos	Gastos	Utilidad antes de impuestos	Impuestos 20%	Utilidad después de impuestos	Cuota préstamo anual	Flujo Neto
0	0	\$276,690.00	\$ -276,690.00	0	\$ -276,690.00	0	\$ -276,690.00
1	\$365,000.00	\$82,160.00	\$282,840.00	\$56,568.00	\$226,272.00	\$75,843.71	\$150,428.29
2	\$365,000.00	\$82,160.00	\$282,840.00	\$56,568.00	\$226,272.00	\$75,843.71	\$150,428.29
3	\$365,000.00	\$82,160.00	\$282,840.00	\$56,568.00	\$226,272.00	\$75,843.71	\$150,428.29
4	\$365,000.00	\$82,160.00	\$282,840.00	\$56,568.00	\$226,272.00	\$75,843.71	\$150,428.29
5	\$365,000.00	\$82,160.00	\$282,840.00	\$56,568.00	\$226,272.00	\$75,843.71	\$150,428.29

$$\text{VAN} = \$265,570.33$$

$$\text{TIR} = 46\%$$

El flujo de caja proporciona una proyección a cinco años, donde se puede observar tanto la entrada como la salida de efectivo en el laboratorio. Este análisis permite evaluar la viabilidad financiera, considerando los ingresos por ventas, los gastos, el pago de impuestos y los préstamos. Es importante tener en cuenta que estos son estimados de gastos, ya que pueden existir cambios en las leyes del país, especialmente en lo relacionado con los impuestos. Sin embargo, a pesar de esto, los resultados obtenidos son favorables.

Se presentó un proyecto en el que se estimó un ingreso anual de \$365,000.00 basado en la demanda de ensayos y los tipos de ensayos que se ofrecerán. Los gastos se calcularon en \$82,160.00 los cuales se dividen entre gastos fijos y variables. Además, se tuvo en cuenta una tasa de impuestos del 20% y una cuota anual de préstamo de \$75,843.71. Cabe señalar que la inversión inicial se obtuvo mediante el método de préstamo francés, en el cual las cuotas son fijas. La inversión inicial se mantiene en el año 0.

El flujo de caja neto resultante es de \$150,428.29 anuales desde el primer año, lo que permite que el proyecto pueda generar una rentabilidad positiva.

Indicadores financieros del proyecto

Valor actual neto (VAN): \$265,570.33

Tasa Interna de Retorno (TIR): 46%

El Valor Actual Neto (VAN) positivo indica que, al descontar todos los flujos de ingresos futuros al presente, considerando los intereses, el proyecto no solo recupera la inversión inicial de \$270,669.00, también genera una utilidad neta de \$226,272.00.

Lo que indicaría que, si se realiza el proyecto bajo estas condiciones previstas como ingresos, gastos, e impuestos, etc., se obtendrá una ganancia significativa luego de 5 años.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa el rendimiento porcentual generado por el proyecto durante los cinco años. En este caso, con un 46%, la TIR es considerablemente alta, superando lo estimado en otros tipos de proyectos, como los de minería, donde generalmente ronda el 32%.

Este implica que el proyecto tiene una capacidad de generar ingresos muy eficientes en relación con lo que se plantea invertir, lo cual es una excelente opción desde el punto de vista matemático y financiero.

3.3 Estrategias para asegurar el cumplimiento del consumo de los servicios

Contratar a una persona especializada en marketing y relaciones comerciales, que se encargue de promocionar el laboratorio a través de estrategias de publicidad digital y tradicional. Esta persona también debe realizar visitas directas a empresas, concesiones mineras y plantas de beneficio, con el objetivo de presentar los servicios del laboratorio, establecer vínculos comerciales y captar clientes potenciales. Además, debería representar al laboratorio en ferias, conferencias y eventos del sector metalúrgico, minero y académico para aumentar su visibilidad y posicionamiento en el mercado.

Establecer alianzas estratégicas con manufactureras y consultoras del sector, creando una red de contactos que permita asegurar contratos a largo plazo y recomendaciones continuas por parte de ingenieros y profesionales vinculados a la industria.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió alcanzar de manera satisfactoria el objetivo general, que fue proponer un diseño para la implementación de un laboratorio metalúrgico en la ciudad de Cuenca, basada en el análisis real de las necesidades del sector minero regional. Esta propuesta se construyó a partir de una evaluación detallada del entorno, lo que permitió validar la viabilidad técnica, operativa y económica del proyecto.

Mediante la investigación de mercado, se identificaron los servicios de análisis más requeridos por los actores del sector, entre los que sobresalen las pruebas de flotación, ensayos de cianuración, análisis químicos por ensayo al fuego y la absorción atómica. Estos datos fueron fundamentales para definir la oferta técnica del laboratorio y asegurar su alineación con la demanda real.

En el diseño del laboratorio se seleccionaron equipos funcionales de gama media, considerando eficiencia, costos y cumplimiento de normas de calidad y seguridad. A su vez, se definió una distribución interna que optimiza el flujo de trabajo y garantiza condiciones operativas seguras y eficientes para las actividades analíticas.

Desde el punto de vista financiero, se elaboró un análisis completo que incluyó los costos de inversión inicial, gastos operativos y proyecciones de ingresos. Con base en estos datos se calcularon indicadores clave como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el plazo de recuperación de la inversión, arrojando resultados positivos que respaldan la viabilidad económica y sostenibilidad del proyecto en el mediano plazo.

Finalmente, se concluye que todos los objetivos planteados en la investigación fueron alcanzados, abarcando los aspectos técnicos, comerciales y financieros del proyecto.

El estudio proporciona una base sólida y una hoja de ruta viable para la implementación de un laboratorio metalúrgico moderno, con potencial para fortalecer la capacidad analítica del sector minero y contribuir al desarrollo productivo, tecnológico y sostenible de la región.

RECOMENDACIONES

Se recomienda establecer convenios con universidades, centros de investigación y empresas del sector minero-metalúrgico, con el fin de asegurar una demanda constante de servicios, fomentar la investigación aplicada y facilitar la manera en que se comparten conocimientos.

Se sugiere que los estudiantes del laboratorio aprendan sobre marketing y emprendimiento, para que puedan ofrecer mejor sus servicios y crear sus propios proyectos en el futuro.

Actualizar regularmente los equipos del laboratorio, ya que la tecnología metalúrgica cambia con rapidez, y contar con equipos modernos ayuda a mantener la calidad y precisión de los resultados.

Revisar cada cierto tiempo las necesidades del mercado para ajustar los servicios del laboratorio y evitar que se queden desactualizados.

Considerar, a futuro, la ampliación del laboratorio hacia una planta piloto para hacer pruebas a mayor escala y simular mejor las condiciones reales de la industria.

Se recomienda, para futuras investigaciones, mejorar la comunicación con los profesionales de la industria, explicando claramente los objetivos y beneficios del estudio, con el fin de reducir la reserva al momento de responder. Asimismo, se sugiere establecer vínculos con asociaciones del sector para facilitar el acceso y la participación, y ofrecer retroalimentación a los encuestados como una forma de incentivar su colaboración en estudios posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

911Metallurgist. (2012). *Trituradora cónica para laboratorio*.

<https://metalurgia.911metallurgist.com/trituradora-conica/>

911Metallurgist. (2024). Flotation depressants. *911Metallurgist*.

<https://www.911metallurgist.com/blog/flotation-depressants/>

911Metallurgist. (2024). *Horno para ensayo al fuego*.

<https://metalurgia.911metallurgist.com/horno-para-ensayo-al-fuego/>

Academia de Ciencias de la Región de Murcia. (2019). *Agua regia*. Portales Web.

<https://portales.um.es/web/acc/-/agua-regia/1.0>

Aguilar, B. (2021). “*Aplicación de pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina Crithian David, Pasaje-El Oro*” [Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en minas, Universidad del Azuay].

[https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10715/1/16262.pdf#page=47&zoom=100,109,](https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10715/1/16262.pdf#page=47&zoom=100,109,94)

94

Alcántara, S. (2023). Balanza analítica. *Laboratorio Químico*.

<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/balanza-analitica.html>

Alegría, D. (2014). *Propuesta de mejora para la recuperación aurífera de la zona "La Bella" de la concesión Bella Rica*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6543/1/T-UCE-0012-400.pdf>

Álvarez, A., Miranda, S., & Rodríguez, J. (2000). Certificación química del producto final de las plantas de Au (doré). En *CENAM*.

<https://www.cenam.mx/memorias/descarga/simposio%202002/doctos/te067.pdf>

Aracena, A., & Fuenzalida, P. (2023). *Procedimientos de laboratorio para la investigación en metalurgia extractiva*. Editorial Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Azañero, A. (2008). *Concentración y Flotación de Minerales*. Lima: Ciudad Universitaria.

Blanco, E. (2011). *BLOQUE II – CAPÍTULO 7. TRITURACIÓN* [Diapositivas]. Open course ware.

https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2439/course/section/2474/7._trituracion.pdf

Bustamante, O., & Gaviria, A. (2002). *Beneficio Y Flotación De Minerales En Minerales Industriales*. Instituto de minerales CIMEX, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia, 1-164.

Cromtek. (2020). *Horno de secado: Tipos y usos en el laboratorio*.

<https://www.cromtek.cl/2022/09/22/horno-de-secado-tipos-y-usos-en-el-laboratorio/>

Cromtek. (2025). *Tamiz de laboratorio*. <https://www.cromtek.cl/2021/06/04/tamiz-de-laboratorio-todo-lo-que-necesitas-saber/>

De la Torre, E. y Guevara, A., 2005, “Recuperación de oro a partir de minerales refractarios polisulfurados”, Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, pp. 2-6.

Estrada, E., & Samaniego, M. (2012). *Diseño y construcción de un equipo mixto de molienda y tamizado para materiales minerales* [Tesis de Grado, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO].

<https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/808c6178-d7b8-49f1-8bf3-e10f0ad68a57/content>

Fire Assay. (2024). *Fire assay Crucibles & Ashes Assay crucibles*. <https://fireassay.eu/fire-assay-crucibles>

Fisher Scientific. (2025). *Ácido clorhídrico*.
<https://www.fishersci.es/es/es/browse/80013682/%C3%A1cido-hidrocl%C3%B3rico?page=1>

García, O. (2004). *Administración Financiera Fundamentos y aplicaciones* (4.^a ed.).

Guinama. (2022). *¿Para qué sirve la espátula de laboratorio?*

<https://www.guinama.com/blog/espátula-laboratorio/>

Hunan Xuecheng Structural Ceramics Technology Co., Ltd. (2024). *Molino de bolas planetario de laboratorio de alta eficiencia para nanopulvos con recipientes de molienda de circonio*. Made-in-China.com. https://6029f08e820b8037.en.made-in-china.com/product/vFYGSVBgroTe/China-High-Efficiency-Laboratory-Planetary-Ball-Mill-for-Nano-Powder-with-Zirconia-Grinding-Jars.html?pv_id=1irdckm9m555&faw_id=1irdcr19n202&bv_id=1irdcr19p092&pbv_id=1irdckld0698

Kintek Solution. (2025). *¿Qué significa crisol de fusión? Guía esencial de recipientes de alta temperatura*. Kintek. <https://es.kindle-tech.com/faqs/what-is-the-meaning-of-melting-crucible>

Labsupplies. (2023). *Copelas de Magnesita*. Link solutions.
<https://linksolutions.com.pe/product/copelas-de-magnesita/>

Lajunen, L. (1992). *Spectrochemical analysis by atomic absorption and emission*. Royal Society of Chemistry. Finland.

L'antic CFGS Química Ambiental. (2017). *Espectroscopia de absorción atómica*. Institut Mercè Rodoreda. <https://agora.xtec.cat/ies-merce-rodoreda/modul-b/espectroscopia-de-absorcion-atmica/>

Luna, E. (2016). *Elaboración de guías prácticas de procesos metalúrgicos para el Laboratorio de Minas de la Universidad del Azuay* [Trabajo de graduación previo a la obtención del título de ingeniero en minas, Universidad del Azuay].
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6351/1/12519.pdf>

Malhotra, N. (2007). *Investigación de mercados* (5.^a ed.). PEARSON Educación.
<https://www.elmayorportaldegerencia.com/Libros/Mercadeo/%5BPD%5D%20Libros%20-%20Investigacion%20de%20Mercados.pdf>

Mete, M. (2014). VALOR ACTUAL NETO y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. *Revista de Difusión Cultural y Científica de la Universidad la Salle En Bolivia*. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X20140001000006&script=sci_abstract

Meza, L. (1981). “*Aspectos Fundamentales de los procesos hidrometalúrgicos de los metales preciosos*”, Colombia, pp. 28-94.

Milestone. (s. f.). *Digestión por microondas*.
<https://www.milestonesrl.com/es/productos/digestion-por-microondas>

Ministerio de Industrias y Productividad. (2017). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. En *Servicio de Acreditación Ecuatoriano - SAE*.

https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/CURSO-NORMA-ISO-17025_2017.2.pdf

Nleya, Y., & Simate, G. (2016). Evaluación de la sostenibilidad de la recuperación y utilización del ácido del drenaje ácido de minas. *Science Direct*, 113.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615016145>

Núñez, E. (1997). “*Guía para la preparación de Proyectos de servicios públicos municipales*”. [https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/1430-guia-para-la-](https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/1430-guia-para-la-preparacion-de-proyectos-de-servicios-publicos-municipales)

[preparacion-de-proyectos-de-servicios-publicos-municipales](https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/1430-guia-para-la-preparacion-de-proyectos-de-servicios-publicos-municipales)

Orosco, Y. (2012). Estudio del efecto del tipo y concentración de espumante en la selectividad del proceso de flotación a escala de laboratorio. Santiago de Chile:

Universidad de Chile, Departamento de ingeniería química y biotecnología.

Ortiz, E., & Tirado, R. (2005). Diseño y construcción de una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico,

Universidad Industrial de Santander]. En *www.academia.edu*.

https://www.academia.edu/9274001/DISE%C3%91O_Y_CONSTRUCCI%C3%93N_DE_UNA_TRITURADORA_DE_MAND%C3%8DBULAS_DE_EXC%C3%89NTRICA_ELEVADA

Oxiviva. (2015). *FICHA TÉCNICA ACETILENO*. <https://oxiviva.com/wp-content/uploads/2018/05/DAGI-049.00-FT-ACETILENO.pdf>

Paoletti, M. (2015). *Vaso de precipitado*. Kita.

https://kitlab.exa.unicen.edu.ar/vaso_de_precipitado.html

Pasqual, J. (2007). Los criterios Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rendimiento. *Revista Electrónica Sobre la Enseñanza de la Economía Pública*, 2.

https://www.researchgate.net/publication/28239645_Los_criterios_Valor_Actual_Neto_y_Tasa_Interna_de_Rendimiento

PCC Group. (2025). *Ácido nítrico (V) – características, usos y peligros*. PCC Group

Product Portal. <https://www.products.pcc.eu/es/blog/acido-nitrico-v-caracteristicas-usos-y-peligros/>

Petrovskaya, N., & Bobin, I. (2020). *Depresores*. Google Sites.

<https://sites.google.com/site/mineriaservicio/pr%C3%A1ctica-de-flotaci%C3%B3n/reactivos-de-flotaci%C3%B3n/depresores>

Pidiscat. (2024). *Tiras indicadoras pH*. <https://pidiscat.cat/es/analitica/tiras-indicadoras-ph#:~:text=Las%20tiras%20indicadoras%20de%20pH,o%20alcalinidad%20de%20una%20soluci%C3%B3n.>

Pochteca. (2025). Reactivos colectores de flotación, ¿Qué son y cómo se clasifican?

Pochteca Chile | Venta de materias primas para la Industria.

<https://chile.pochteca.net/reactivos-colectores-de-flotacion-que-son-y-como-se-clasifican/#:~:text=Existen%20tres%20alternativas%20para%20la,que%20ha%20tenido%20mayor%20desarrollo.>

SCI S.A. (2022). *¿Qué es un laboratorio metalúrgico?* SCI SERVICIOS DE CONTROL E INSPECCIÓN S.A. <https://scisa.es/laboratorio-de-metalografia-2/>

Torres, A. (2020). *Comparación bibliográfica de la eficiencia del método de digestión ácida tradicional y asistida por microondas en la preparación de muestras* [Universidad técnica de Machala]. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16327/1/E-10379_TORRES%20HERAS%20ARIANA%20PAULETTE.pdf

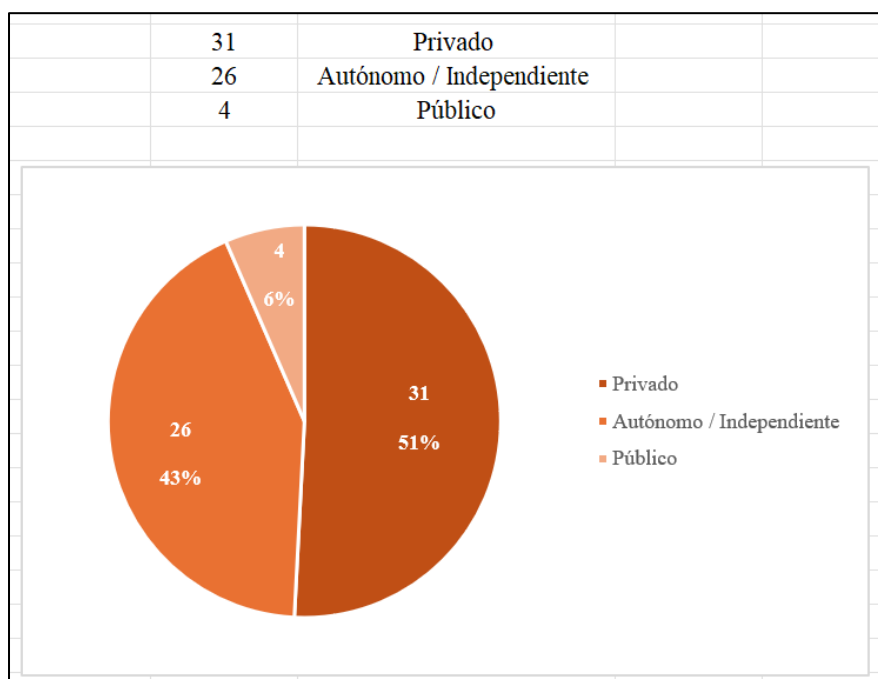
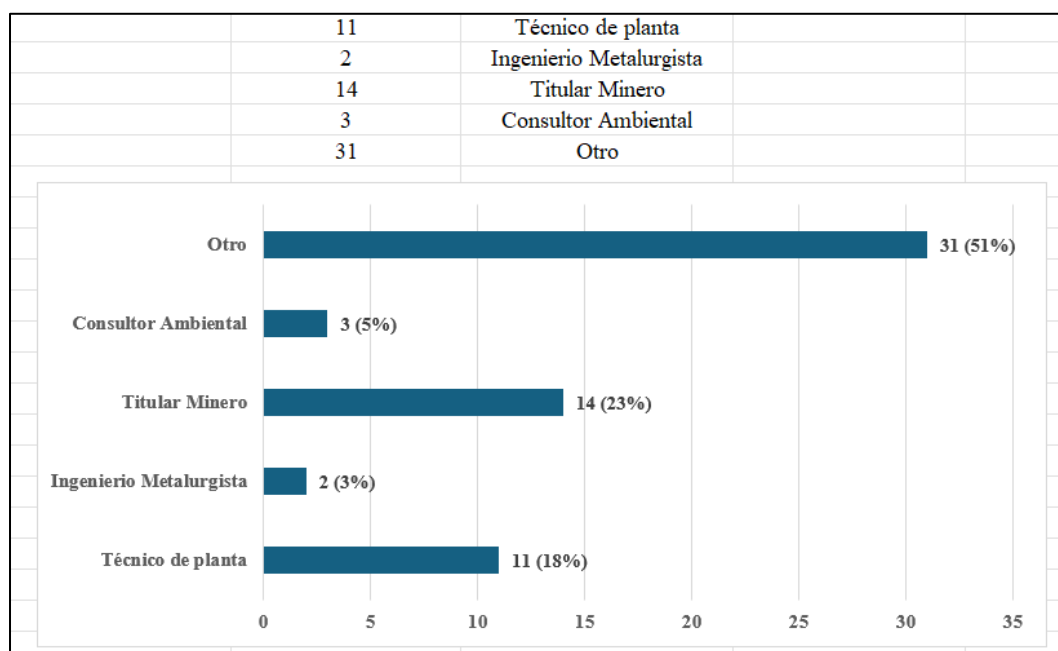
Universidad de Valencia. (2023). *Espectrofotómetro de absorción atómica multielemental (FAAS)*. Uvweb. <https://www.uv.es/uvweb/servicio-central-soporte-investigacion-experimental/es/organizacion/scsie-burjassot-paterna/espectroscopia-atmica-molecular/equipos/espectrofotometro-absorcion-atmica-multielemental-faas-1285876881946/OCTRecurs.html?id=1286169643673>

Vásquez, B. (1985). II Procesos de Lixiviación en Hidrometalurgia. Recuperado de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/6716/Capitulo2.pdf>.

Vilcapoma, J., & Chávez, Z. (2012). Pruebas Experimentales A Nivel De Laboratorio De Concentración Gravimétrica Y Flotación De Minerales De Oro En La Planta Concentradora "Caselita". Huancayo-Perú.

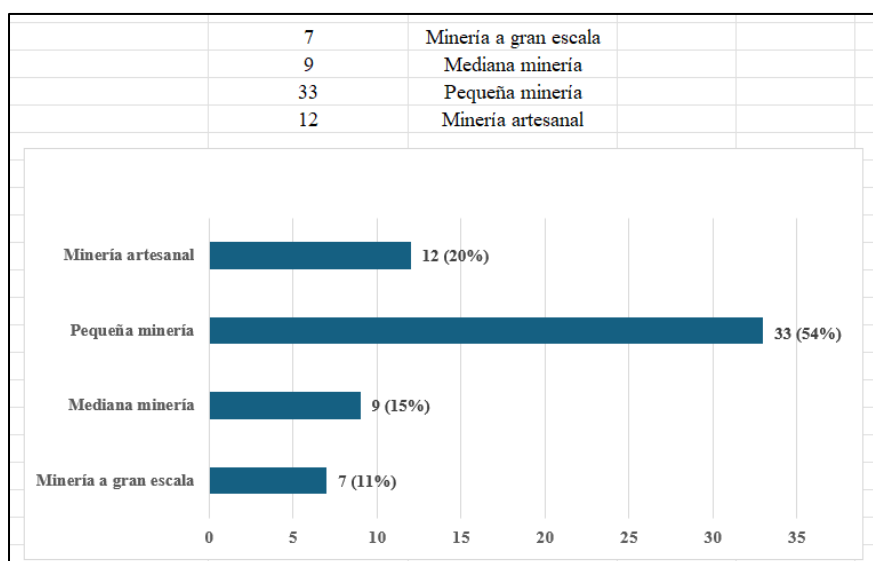
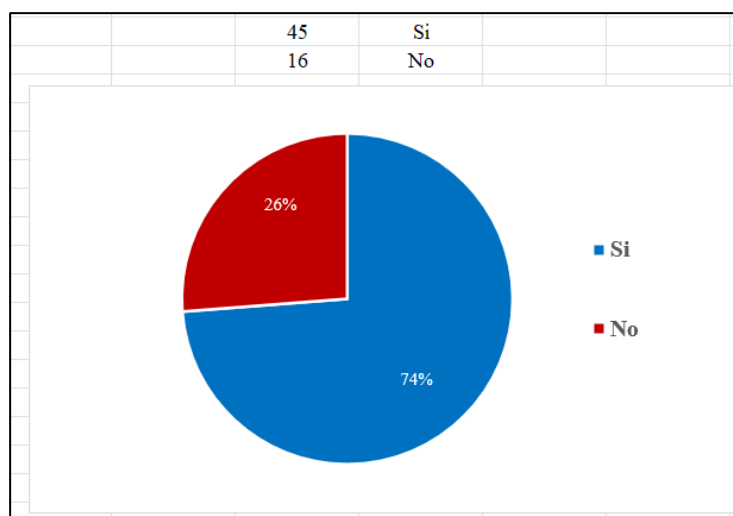
Zarza, L. (2024). *¿Qué es el agua destilada?* iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-destilada>

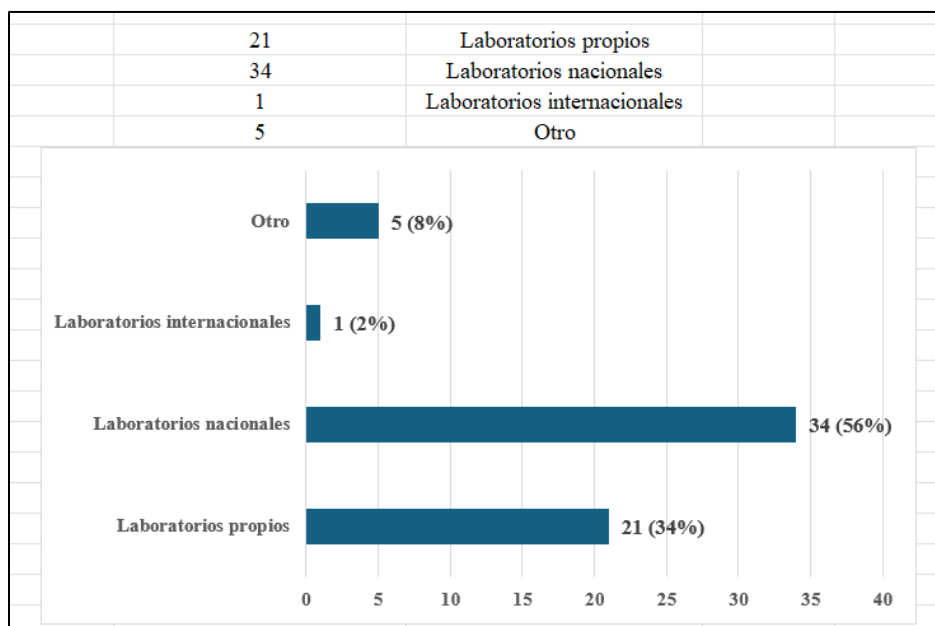
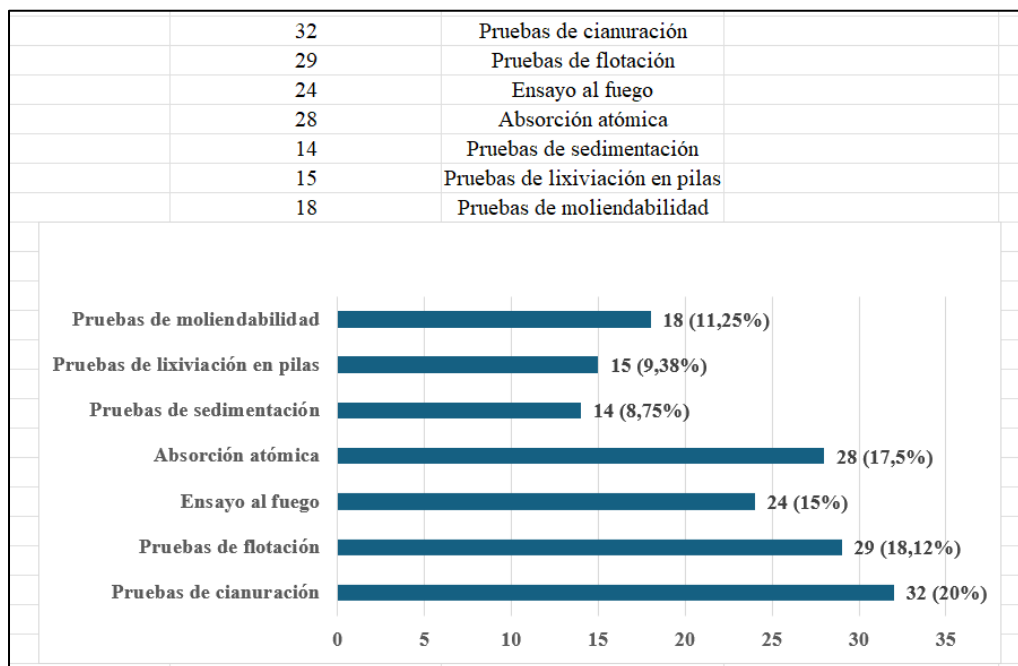
ANEXOS

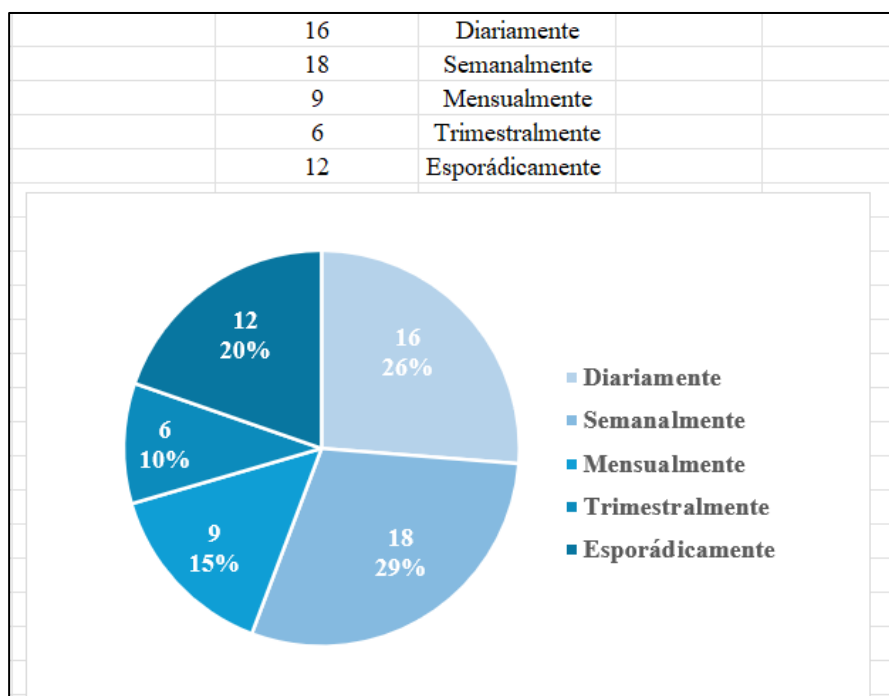
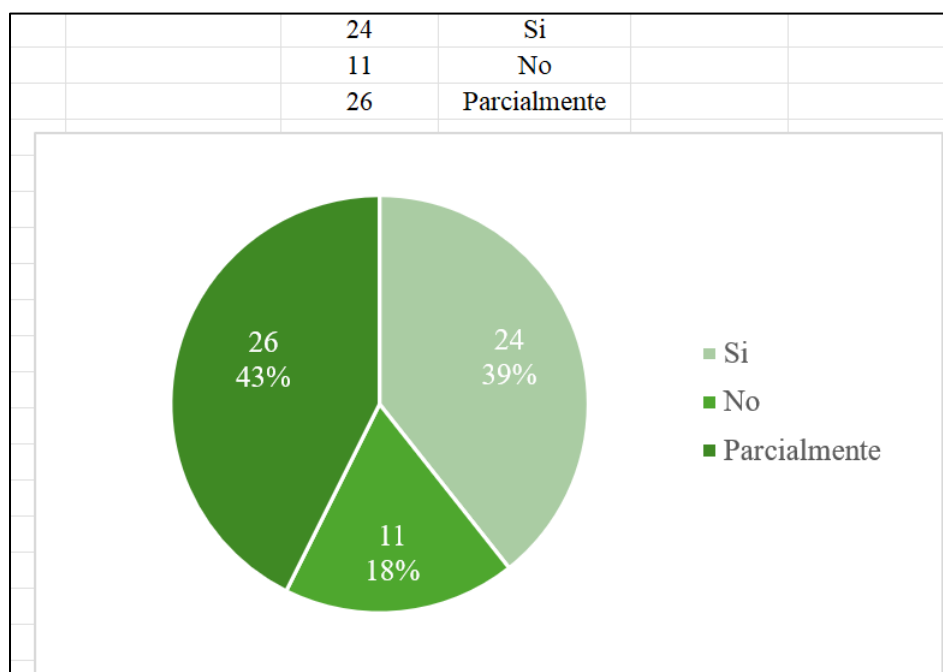
Anexo 1. tabulación pregunta 2*Anexo 2. tabulación pregunta 3*

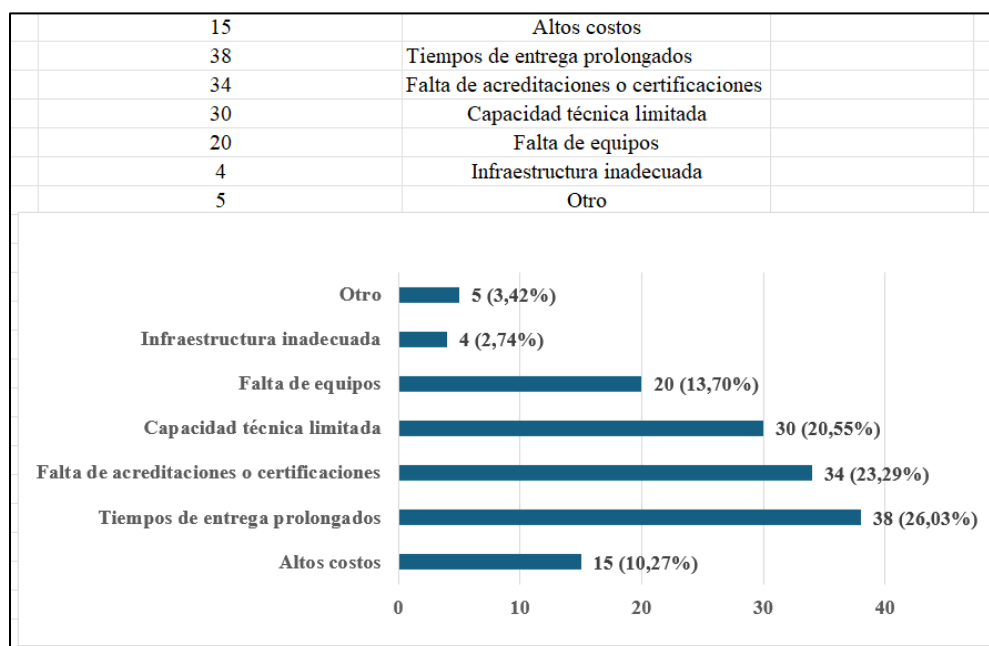
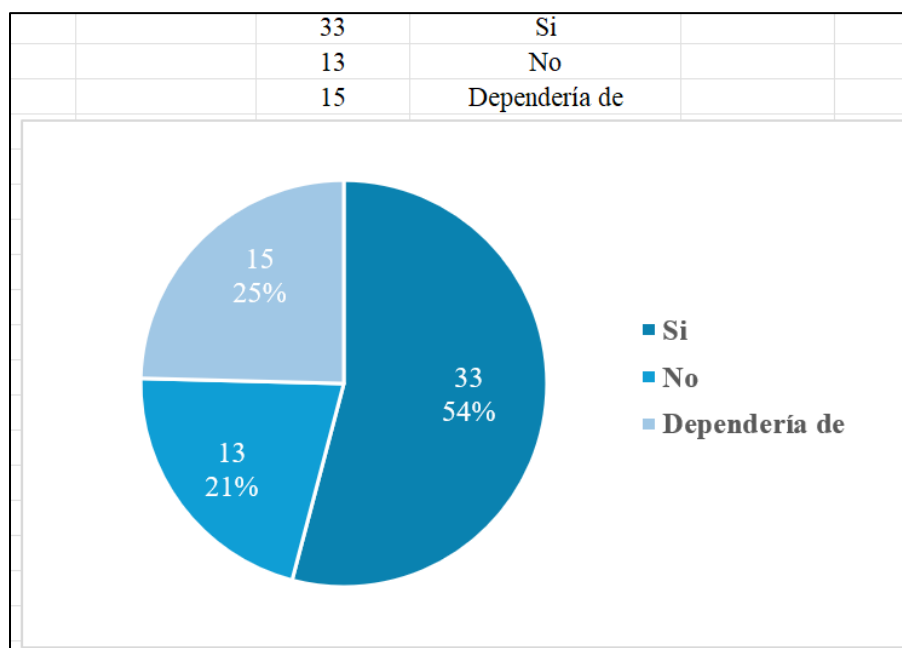
Anexo 3. tabulación pregunta 4

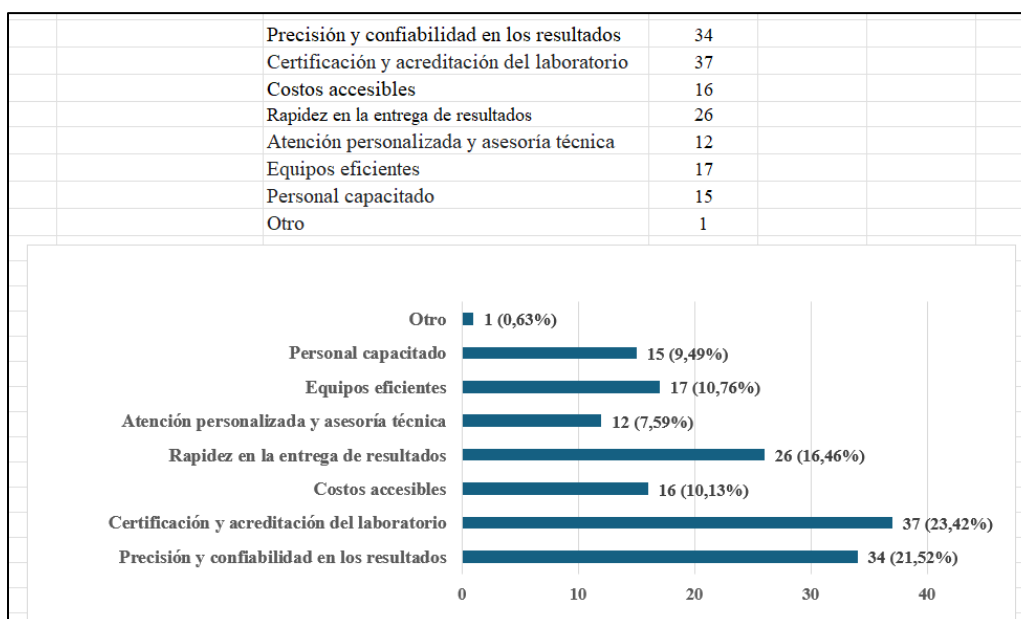
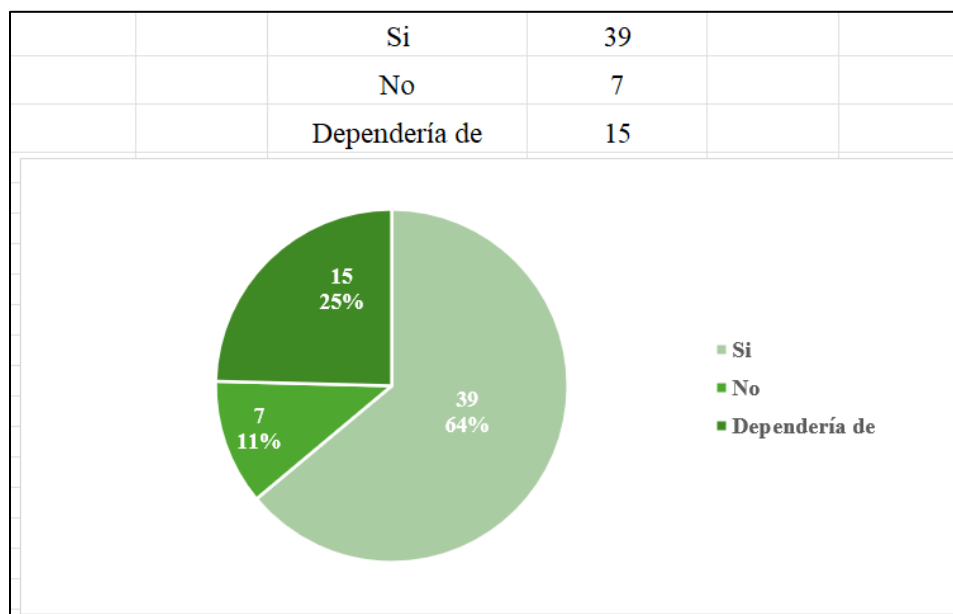
	Azuay	21	
	Cañar	7	
	El Oro	22	
	Galápagos	1	
	Morona Santiago	2	
	Zamora Chinchipe	8	
N°	Provincia	Cantón	Información Adicional

Anexo 4. tabulación pregunta 5*Anexo 5. tabulación pregunta 6*

Anexo 6. tabulación pregunta 7**Anexo 7. tabulación pregunta 8**

Anexo 8. tabulación pregunta 9**Anexo 9. tabulación pregunta 10**

Anexo 10. tabulación pregunta 11**Anexo 11. tabulación pregunta 12**

Anexo 12. tabulación pregunta 13**Anexo13. tabulación pregunta 15**

Anexo 14. préstamo por el método francés

Método francés							
# Cuotas	Saldo Inicial Capital	Cuota	Intereses	Amortizacion del capital	Saldo final del capital	Préstamo	276,690.00
						Cuotas	60
0						Tasa efectiva anual	14%
1	276,690.00	6,320.31	3,037.74	3,282.57	273,407.43	Tasa efectiva mensual	1.10%
2	273,407.43	6,320.31	3,001.70	3,318.61	270,088.82	Mod vencido	0
3	270,088.82	6,320.31	2,965.27	3,355.04	266,733.78	Cuota mensual	\$6,320.31
4	266,733.78	6,320.31	2,928.43	3,391.88	263,341.90	Cuota anual	\$75,843.71
5	263,341.90	6,320.31	2,891.19	3,429.12	259,912.78		
6	259,912.78	6,320.31	2,853.54	3,466.77	256,446.02		
7	256,446.02	6,320.31	2,815.48	3,504.83	252,941.19		
8	252,941.19	6,320.31	2,777.00	3,543.31	249,397.88		
9	249,397.88	6,320.31	2,738.10	3,582.21	245,815.68		
10	245,815.68	6,320.31	2,698.77	3,621.54	242,194.14		
11	242,194.14	6,320.31	2,659.01	3,661.30	238,532.85		
12	238,532.85	6,320.31	2,618.82	3,701.49	234,831.36		
13	234,831.36	6,320.31	2,578.18	3,742.13	231,089.23		
14	231,089.23	6,320.31	2,537.09	3,783.21	227,306.01		
15	227,306.01	6,320.31	2,495.56	3,824.75	223,481.26		
16	223,481.26	6,320.31	2,453.57	3,866.74	219,614.52		
17	219,614.52	6,320.31	2,411.12	3,909.19	215,705.33		
18	215,705.33	6,320.31	2,368.20	3,952.11	211,753.21		
19	211,753.21	6,320.31	2,324.81	3,995.50	207,757.71		
20	207,757.71	6,320.31	2,280.94	4,039.37	203,718.34		
21	203,718.34	6,320.31	2,236.59	4,083.72	199,634.63		
22	199,634.63	6,320.31	2,191.76	4,128.55	195,506.08		
23	195,506.08	6,320.31	2,146.43	4,173.88	191,332.20		
24	191,332.20	6,320.31	2,100.61	4,219.70	187,112.50		
25	187,112.50	6,320.31	2,054.28	4,266.03	182,846.47		

26	182,846.47	6,320.31	2,007.44	4,312.86	178,533.61
27	178,533.61	6,320.31	1,960.09	4,360.21	174,173.39
28	174,173.39	6,320.31	1,912.22	4,408.09	169,765.31
29	169,765.31	6,320.31	1,863.83	4,456.48	165,308.83
30	165,308.83	6,320.31	1,814.90	4,505.41	160,803.42
31	160,803.42	6,320.31	1,765.44	4,554.87	156,248.55
32	156,248.55	6,320.31	1,715.43	4,604.88	151,643.67
33	151,643.67	6,320.31	1,664.87	4,655.44	146,988.23
34	146,988.23	6,320.31	1,613.76	4,706.55	142,281.69
35	142,281.69	6,320.31	1,562.09	4,758.22	137,523.47
36	137,523.47	6,320.31	1,509.85	4,810.46	132,713.01
37	132,713.01	6,320.31	1,457.04	4,863.27	127,849.73
38	127,849.73	6,320.31	1,403.64	4,916.67	122,933.07
39	122,933.07	6,320.31	1,349.66	4,970.65	117,962.42
40	117,962.42	6,320.31	1,295.09	5,025.22	112,937.21
41	112,937.21	6,320.31	1,239.92	5,080.39	107,856.82
42	107,856.82	6,320.31	1,184.14	5,136.16	102,720.65
43	102,720.65	6,320.31	1,127.75	5,192.55	97,528.10
44	97,528.10	6,320.31	1,070.75	5,249.56	92,278.54
45	92,278.54	6,320.31	1,013.11	5,307.20	86,971.34
46	86,971.34	6,320.31	954.85	5,365.46	81,605.88
47	81,605.88	6,320.31	895.94	5,424.37	76,181.51
48	76,181.51	6,320.31	836.39	5,483.92	70,697.58
49	70,697.58	6,320.31	776.18	5,544.13	65,153.45
50	65,153.45	6,320.31	715.31	5,605.00	59,548.45
51	59,548.45	6,320.31	653.77	5,666.54	53,881.92
52	53,881.92	6,320.31	591.56	5,728.75	48,153.17
53	48,153.17	6,320.31	528.67	5,791.64	42,361.53
54	42,361.53	6,320.31	465.08	5,855.23	36,506.30
55	36,506.30	6,320.31	400.80	5,919.51	30,586.79

56	30,586.79	6,320.31	335.81	5,984.50	24,602.29
57	24,602.29	6,320.31	270.10	6,050.20	18,552.08
58	18,552.08	6,320.31	203.68	6,116.63	12,435.45
59	12,435.45	6,320.31	136.53	6,183.78	6,251.67
60	6,251.67	6,320.31	68.64	6,251.67	(0.00)
TOTALES		379,218.54	102,528.54	276,690.00	