UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

Descripción del proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos, U.E.A Marañón de Cia. Minera Poderosa - 2024

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. Reddy Kenjhy LOAYZA CUADROS

ASESOR:

Msc. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

Esta tesis lo dedico a mis padres Oscar y Maribel, a mis abuelos, a mis tíos, por brindarme su apoyo incondicional, asimismo, por la motivación que me dan para seguir mejorando lograr mis objetivos. También agradecerle al Ingeniero: Hernán Abraham Navarro Chavarria, por apoyarme en mi formación como futuro Ingeniero de Minas.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecer a DIOS por su amor y bondad hacia mi persona porque nunca me abandono, a mis queridos padres por estar siempre presentes y pendientes en mi desarrollo personal, educativo y profesional, al igual al Ing. Hernán Abraham Navarro Chavarria por su apoyo en mi desarrollo profesional, a la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a los docentes que me impartieron sus conocimientos, también a la compañía Minera PODEROSA SA, a la contrata Minera MARÍA DEL MONTE CARMELO (COMADE), al Gerente de Operaciones, Ingeniero Residente, Jefes de Guardia, Ingenieros de Seguridad, Capataces y demás trabajadores que me brindaron su apoyo y conocimientos relevantes sobre las operaciones mineras subterráneas para así realizar satisfactoriamente mi proyecto de tesis.

RESUMEN

En el contexto de la minería subterránea peruana, el oro sigue siendo más que un metal, es una rutina, una esperanza y, en muchos casos, una batalla diaria contra el desperdicio valioso. En la UEA Marañón la jornada laboral minera es crítica considerando que la extracción del mineral aurífero tiene un ciclo de minado ya establecido, sin embargo, en la operación unitaria de limpieza se hace insuficiente porque se ha detectado finos de oro que no se pueden recuperar, solo se recupera el mineral grueso, estos fragmentos diminutos se mezclan con la el suelo y se pierde.

A simple vista parecen insignificantes, pero en conjunto representan una cantidad de oro que con el tiempo, se vuelve relevante. El problema es que las formas tradicionales de limpieza esas escobas metálicas, el agua a presión, el esfuerzo manual de siempre no logran recogerlo todo.

Es como si una parte del mineral quedara escondida debajo de una capa de polvo fino. A partir de esta situación surge la necesidad de describir cómo se realiza la recuperación del mineral mediante succión, conocer los equipos que intervienen en este proceso, las condiciones en las que se trabaja y también la eficiencia que se logra durante la recuperación.

La investigación busca registrar y analizar lo que sucede de manera cotidiana en los tajeos, observando con mayor detalle una actividad que forma parte de la operación diaria, pero que muchas veces no se estudia de manera específica.

El propósito general de la investigación es describir, desde un punto de vista técnico y operativo, cómo se realiza el proceso de succión de finos. Para ello se tomarán en cuenta aspectos como los caudales de trabajo, los tiempos de limpieza, los costos involucrados y los parámetros relacionados con la recuperación del mineral.

La investigación será aplicada, de tipo descriptivo y con enfoque cuantitativo. La

información se obtendrá mediante observación directa en campo, medición de las variables consideradas y un análisis estadístico simple de los datos recopilados.

Los datos se recogerán directamente en campo, dentro de los tajeos que hayan sido seleccionados para el estudio, contando con el apoyo del personal operativo y de supervisión. Con la información obtenida se espera reconocer qué condiciones permiten mejorar la eficiencia del método de succión y, al mismo tiempo, comparar su comportamiento frente a la limpieza manual que se realiza de manera tradicional.

Más allá de los números, este estudio busca generar conciencia sobre el valor oculto que se deja atrás y sobre la posibilidad de aprovechar cada gramo de oro que la mina, silenciosamente, entrega cada día.

Palabras clave: Recuperación de finos, succión minera, eficiencia operativa, tajeos.

ABSTRACT

In the context of Peruvian underground mining, gold continues to represent more than just a metal; it is part of the daily routine, a source of hope, and, in many cases, a constant challenge against the loss of valuable mineral. At the Marañón Mining Economic Unit (UEA Marañón), mining operations follow an established production cycle for gold ore extraction. However, during the cleaning stage, operational limitations have been identified because fine gold-bearing particles cannot be adequately recovered, while only the coarser mineral fragments are effectively collected. These fine particles become mixed with dust and material accumulated on the floor, resulting in progressive mineral losses.

Although these particles may appear insignificant individually, their accumulation over time may represent a considerable amount of recoverable gold. Traditional cleaning methods, such as metal brooms, pressurized water, and manual labor, are not always capable of recovering all the fine material left behind after mining activities.

This situation creates the need to describe the recovery of fine mineral through a suction system, identifying the equipment involved, the operating conditions under which the process is performed, and the efficiency achieved during mineral recovery.

The study seeks to record and analyze the activities carried out routinely in the stopes, examining in greater detail an operation that forms part of the daily mining cycle but is rarely assessed individually from a technical and operational perspective.

The general objective of the research is to describe the technical and operational characteristics of the fine mineral suction process. For this purpose, operating flow rates, cleaning times, associated costs, and mineral recovery parameters will be evaluated.

The research will be applied, descriptive, and quantitative in approach. Information will be obtained through direct field observation, measurement of the variables considered

in the study, and simple statistical analysis of the collected data.

Data will be collected directly from selected stopes with the participation and support of operational and supervisory personnel. The results are expected to identify the operating conditions that improve the efficiency of the suction method and to compare its performance with the conventional manual cleaning method.

Beyond the quantitative results, this study seeks to highlight the economic and operational importance of the fine mineral that remains after conventional cleaning activities and the possibility of improving gold recovery by taking advantage of material that would otherwise remain uncollected during daily mining operations.

Keywords: fine mineral recovery, mining suction, operational efficiency, stopes.

ÍNDICE

Página de aprobación I
DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
RESUMEN IV
ABSTRACT VI
ÍNDICE VIII
INDICE DE TABLAS XI
INDICE DE FIGURAS XII
ANEXOS XIV
CAPITULO I 1
INTRODUCCION 1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 6
1.2.1. Problema general 6
1.2.2. Problemas específicos 6
1.3. OBJETIVOS 7
1.3.1. Objetivo general 7
1.3.2. Objetivos específicos 7
1.4. VARIABLES E INDICADORES 7
1.4.1. Variable principal 7
1.4.2. Matriz de operacionalización 7
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 8
1.6.1. Justificación 8
CAPITULO II 13
MARCO TEORICO 13
2.1. GENERALIDADES 13
2.1.1. Antecedentes de la empresa 13
2.1.2. Ubicación y accesos 14
2.1.3. Clima 16
2.1.4. Fisiografía 16
2.1.5. Geología regional 16
2.1.6. Geología local 19
2.1.7. Geología estructural 21
2.1.8. Geología económica 22
2.1.9. Mineralogía 23

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 24
2.2.1. Antecedentes Internacionales 24
2.2.2. Antecedentes Nacionales 28
2.3. MARCO CONCEPTUAL 33
2.3.1. Recuperación de mineral fino 34
2.3.2. Proceso de succión en tajeos 34
2.3.3. Eficiencia económica del proceso 34
2.3.4. Condiciones operativas 35
2.3.5. Ley del mineral recuperado 35
CAPÍTULO III 36
MATERIAL Y METODOS 36
3.1. MATERIALES 36
3.1.1. Materiales utilizados 36
3.1.2. Procesamiento y análisis de datos 36
3.1.3. Consideraciones éticas y operativas 37
3.2. METODOS 37
3.2.1. Tipo de investigación 37
3.2.2. Nivel de investigación 37
3.2.3. Diseño de investigación 37
3.2.4. Enfoque de la investigación 38
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 38
3.3.1. Población 38
3.3.2. Muestra 38
3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS 39
3.5. ANÁLISIS DE DATOS 39
3.5.1. Técnica de procesamiento 39
3.5.2. Análisis de datos 39
3.6. PROCESO DE RECUPERACION DE MINERAL FINO DE Au 40
3.6.1. Datos de producción 43
3.6.1.1. Perforación 43
3.6.1.2. Voladura 44
3.6.1.3. Sostenimiento 45
3.6.1.4. Limpieza 46
3.6.2. Producción de finos 53
3.6.3. Producción en sacos 55
3.6.4. Producción en Tn 56

3.6.5. Producción en leyes 57
3.6.6. Producción en gramos de Au 59
3.7. PROCESO DE RECUPERACIÓN DE FINOS POR ASPIRADO 60
3.7.1. Secuencia operativa 60
3.7.2. Coordinaciones preliminares 61
3.7.3. Personal mínimo 62
3.7.4. Preparación del área de trabajo 62
3.7.5. Instalación del sistema de aspiración 63
3.7.6. Ejecución de la recuperación de finos 64
3.7.7. Manejo y almacenamiento del material recuperado 66
3.7.8. Control y seguimiento 67
3.7.9. Consideraciones de seguridad 67
CAPITULO IV 68
RESULTADOS Y DISCUSION 68
4.1. RESULTADOS 68
4.2. DISCUSION 72
CONCLUSIONES 75
RECOMENDACIONES 78
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 80
GLOSARIO DE TÉRMINOS 82
ANEXOS 85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización 8

Tabla 2 Acceso a la mina 15

Tabla 3 Cuadro de perforación 44

Tabla 4 consumo de explosivo 45

Tabla 5 Limpieza con aspirador 48

Tabla 6 Gramos recuperados 48

Tabla 7 Limpieza a pulso 49

Tabla 8 Limpieza a pulso 49

Tabla 9 Barrido de mineral 50

Tabla 10 Lavado de tajo 51

Tabla 11 Recuperación de manga 52

Tabla 12 Producción de finos 54

Tabla 13 Producción de sacos 55

Tabla 14 Producción en toneladas 56

Tabla 15 Producción en leyes 57

Tabla 16 Producción en gramos 59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación 15
Figura 2 Geología regional 18
Figura 3 Mapa geológico de cuadrángulo de Pataz 19
Figura 4 Geologia local 20
Figura 5 Columna estratigráfica 22
Figura 6 Nv 1720 40
Figura 7 Ciclo de minado 40
Figura 8 Perforación Jackleg 41
Figura 9 Malla de perforación tajo 43
Figura 10 Sostenimiento 45
Figura 11 Enrejados 46
Figura 12 Instalación de winche 47
Figura 13 Aspirado de mineral fino 48
Figura 14 Limpieza a pulso 49
Figura 15 Barrido de mineral 50
Figura 16 lavado de tajo 51
Figura 17 Recuperación de manga 51
Figura 18 Clasificación de sacos 52
Figura 19 Muestreo de sacos 53
Figura 20 Producción de finos 54
Figura 21 Producción de sacos 55
Figura 22 Producción en toneladas 56
Figura 23Producción en leyes 58
Figura 24 Producción en gramos 59
Figura 25 Diseño de instalación de equipo aspirador 60

Figura 26 Diagrama de proceso de aspiración 63
Figura 27 Recuperación de finos por succión..... 64
Figura 28Instalación de Aspiradora de succión 65
Figura 29 Recolección de mineral fino 65
Figura 30 Colector de finos 66
Figura 31Almacenamiento de sacos 66

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia..... 85

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la minería subterránea peruana, y particularmente en operaciones auríferas como la Unidad Económica Administrativa Marañón de la Compañía Minera Poderosa S.A., el proceso productivo suele centrarse en lo visible: el mineral que se arranca, se carga y finalmente se envía a planta. Sin embargo, dentro de esta dinámica queda una parte del mineral que muchas veces no recibe la misma atención. Después de cada voladura no solo se obtiene material grueso, también se generan finos que pueden quedar dispersos en el piso del tajo, alojados en pequeñas fracturas o atrapados entre los elementos de sostenimiento. Vistos de manera individual pueden parecer poco importantes, pero cuando se acumulan con el tiempo empiezan a representar una cantidad que ya no resulta despreciable.

El problema no está en que estos finos se generen, porque forman parte del propio proceso de voladura, sino en la manera en que luego son recuperados. Los métodos tradicionales, como el barrido manual o el uso de agua, permiten recoger una parte del material, aunque siempre pueden quedar restos que no llegan a recuperarse. A partir de ello surgen algunas preguntas importantes: cuánto mineral fino se está dejando, en qué condiciones ocurre esta pérdida y cuánto podría recuperarse si el proceso se revisara con mayor detalle.

Frente a esta situación, los sistemas de succión aparecen como una alternativa que puede complementar la limpieza convencional. No se plantea como una solución definitiva, sino como una herramienta que permite recoger parte del material fino que otros métodos no alcanzan. Sin embargo, en interior mina su utilización todavía no siempre forma parte de un procedimiento claramente establecido. En algunos casos

depende de la experiencia del operador o de la disponibilidad del equipo, por lo que su uso todavía no se encuentra completamente integrado al ciclo normal de minado. Ahí es donde surge la necesidad de este estudio. Porque, si bien existen antecedentes sobre recuperación de finos y tecnologías asociadas, todavía se percibe una brecha cuando se trata de describir, con detalle y en condiciones reales, cómo se desarrolla este proceso dentro de un tajo subterráneo específico. No basta con saber que la succión permite recuperar parte del mineral fino, también es importante conocer cómo se realiza, en qué momento conviene aplicarla y bajo qué condiciones puede funcionar mejor. Justamente, la falta de información operativa obtenida directamente en campo es una de las razones que da origen a esta investigación.

Por ello, el objetivo principal es describir técnicamente el proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón. A partir de esta descripción se busca reconocer las condiciones de trabajo que influyen en la eficiencia del proceso, identificar sus principales limitaciones y conocer qué función cumple dentro de las actividades de limpieza que se realizan en la operación. También se considera su relación con otras labores como el rastrillaje, el barrido y el lavado, ya que todas forman parte de la recuperación del mineral.

Las preguntas que orientan el estudio buscan conocer cómo se viene realizando actualmente la succión en los tajeos, qué parámetros como el tiempo, el caudal o las condiciones del material influyen en su funcionamiento y qué tan eficiente resulta frente a los métodos tradicionales de limpieza. Aunque estas preguntas son directas, permiten observar con mayor detalle una actividad que forma parte del trabajo diario en interior mina.

Para responderlas se plantea una investigación aplicada, de nivel descriptivo y con diseño no experimental. La información será obtenida mediante observación directa en

campo, registro de variables operativas y revisión de la información técnica disponible en la unidad minera. Entre los datos considerados se encuentran los tiempos de operación, el volumen de material recuperado, las condiciones del tajo y las características que presenta el mineral fino. A continuación, la información recopilada se sistematiza y examina utilizando instrumentos estadísticos elementales, con el propósito de detectar regularidades más que de confirmar vínculos de causalidad rigurosos. Esta estrategia metodológica puede concebirse como una aproximación gradual al fenómeno estudiado. No se altera el desarrollo natural de los hechos, no se manipula… únicamente se contempla. Se documenta. Se verifica. Y sobre esa base, se procura elaborar una lectura coherente con el entorno operativo en el que se desenvuelve la actividad. Respecto a la estructura del informe, el contenido se organiza en varios capítulos siguiendo una secuencia ordenada. En el primer capítulo se presenta el problema de investigación y se explican las condiciones que dieron origen al estudio. El segundo desarrolla el marco teórico, donde se incluyen antecedentes y conceptos relacionados con la recuperación de finos y el uso de sistemas de succión.

En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada, indicando el enfoque, los procedimientos aplicados y los indicadores considerados durante el estudio. El cuarto capítulo presenta las actividades observadas directamente en campo, siguiendo el orden en que se desarrollan dentro de la operación minera.

Posteriormente, el quinto capítulo reúne el análisis y la discusión de los resultados, comparando los hallazgos obtenidos con la información encontrada en la bibliografía revisada. Finalmente, el sexto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones, donde se resumen los principales resultados del estudio y se plantean algunas alternativas de mejora que podrían aplicarse en el proceso.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la minería aurífera subterránea, uno de los problemas que todavía se presenta es la pérdida de mineral fino durante las etapas que siguen al arranque. Muchas veces esta situación no recibe tanta atención como otros procesos de la operación, aunque puede tener un efecto importante. No se trata solamente de un tema metalúrgico, sino también de cuánto mineral se logra aprovechar realmente, de la eficiencia con la que se trabaja y de los costos que puede generar dejar parte de ese material sin recuperar. En distintas operaciones, el mineral grueso suele concentrar la atención del ciclo productivo, mientras que los finos quedan relegados a una condición casi residual, como si fueran una fracción inevitable del proceso. Sin embargo, algunas investigaciones realizadas a nivel internacional han mostrado que esta fracción de mineral fino puede llegar a tener una importancia considerable. Dominy, Glass y Minnitt (2022) señalaron que en las labores subterráneas una parte del contenido metálico puede quedar retenida entre los residuos de mineral roto, lo que termina afectando la reconciliación entre mina y planta y también puede representar una pérdida económica para la operación. De forma similar, Widelski y Stuve (1993) encontraron que el uso de sistemas de vacío en minas auríferas permitió recuperar oro que normalmente ya se daba por perdido, logrando mejorar tanto la recuperación como la rentabilidad del proceso. En términos simples, el oro fino no desaparece, sino que muchas veces queda en zonas donde el proceso de limpieza ya no logra recuperarlo. En el contexto peruano, esta situación toma una importancia particular, ya que la minería subterránea de oro continúa siendo una actividad relevante para varias regiones del país. La producción no depende únicamente de cuánto mineral se extrae, sino también del control de la ley, de cuánto se logra recuperar realmente y de la forma en que se ejecuta cada etapa del ciclo de minado. En condiciones ideales, procesos como la perforación, voladura, sostenimiento, limpieza y acarreo deberían contribuir a aprovechar la mayor cantidad posible de mineral.

Auccaille Quispe (2021), en la Unidad de Producción Santa María de Compañía Minera Poderosa, identificó que los finos de oro que quedaban dispersos después de la voladura representaban una pérdida constante de contenido metálico y también de rentabilidad. Esta situación pudo mejorarse mediante la aplicación de métodos de recuperación más adecuados para este tipo de material. Por su parte, Román Barrios (2025) encontró que la recuperación de finos mediante aspiradora incrementó el tonelaje recolectado frente al uso de escobas metálicas, aunque con diferencias en ley y en rentabilidad, lo que confirmó que el problema no se limita a recuperar más material, sino a recuperar mejor. Es decir, no basta con limpiar; hay que hacerlo con criterio técnico. Llevando esta situación al ámbito específico de la U.E.A. Marañón de la Compañía Minera Poderosa, el problema se vuelve más concreto y también más operativo. En los tajeos, después de cada disparo, el mineral grueso sigue su curso normal de limpieza y transporte, pero queda una fracción fina adherida al piso, acumulada en las irregularidades del terreno, en fracturas, en las mangas de ventilación, en los hastiales e incluso en elementos del sostenimiento. Parte de ese material se barre, parte se lava, parte se recoge a pulso y otra parte se intenta recuperar mediante succión. El punto crítico está en que ese proceso todavía no se encuentra descrito técnica y sistemáticamente en toda su secuencia operativa, pese a que en informes internos ya se evidencia que la recuperación de finos exige un conjunto de etapas encadenadas y horas efectivas de trabajo con aspiradora, incluso bajo condiciones de humedad que generan atascamientos en la tubería y obligan a intervenciones manuales durante la operación. Además, en la labor evaluada fue necesario colocar un entablado utilizando mangas de ventilación que ya no estaban en uso, con la finalidad de evitar que parte del material fino se pierda durante el rastrillaje. Esta medida muestra que el problema ya puede observarse directamente en la dinámica diaria del tajo.

Las consecuencias de esta situación no son solo técnicas, también tienen un efecto económico. Por un lado, la pérdida de finos puede disminuir la ley recuperada y generar diferencias entre lo que geología estima y lo que finalmente llega a procesarse en planta. Por otro lado, también puede aumentar los costos, ya que obliga a repetir trabajos de limpieza, utilizar más personal, prolongar los tiempos de operación y depender de procedimientos que muchas veces se realizan principalmente con base en la experiencia del personal. Cuando estas pérdidas se repiten durante varias guardias, semanas o campañas, dejan de representar una cantidad pequeña y empiezan a tener mayor importancia dentro de la operación. Podría decirse que la operación no solo pierde mineral, sino también orden, trazabilidad y capacidad de control. También persiste una carencia de procedimientos más claramente estandarizados para que la recuperación de finos no dependa únicamente del criterio del operador o de la presión del turno. Por eso, esta investigación resulta necesaria. No desde una lógica abstracta, sino desde una necesidad bastante concreta de la operación minera: comprender, describir y ordenar técnicamente el proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos de la U.E.A. Marañón.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo se desarrolla actualmente el proceso de recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las condiciones operativas bajo las cuales se desarrolla el proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón?

¿Cuál es el nivel de eficiencia económica del proceso de succión en la recuperación del mineral fino, en comparación con los métodos tradicionales de limpieza manual en los tajeos de la U.E.A. Marañón?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Describir de manera técnica y detallada el proceso actual de recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón.

1.3.2. Objetivos específicos

Describir las condiciones operativas del proceso de recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón.

Evaluar el nivel de eficiencia económica del proceso de succión aplicado en la recuperación del mineral fino de oro en los tajeos de la U.E.A. Marañón.

1.4. VARIABLES E INDICADORES

1.4.1. Variable principal

VP = Recuperación de mineral

Dimensión 1: Condiciones técnicas y operativas

Indicador 1: Caudal de succión, presión de trabajo, tiempo por ciclo

Dimensión 2: Eficiencia económica

Indicador 2: Costo por tonelada, rentabilidad

1.4.2. Matriz de operacionalización

Definen la matriz de operacionalización como un instrumento que permite traducir las variables teóricas de una investigación en elementos observables y medibles. Para estos autores, su función es “precisar las dimensiones, indicadores y unidades de medida que

harán posible cuantificar o describir el fenómeno de estudio". En otras palabras, la matriz convierte conceptos abstractos en datos concretos que pueden ser recogidos en campo o en laboratorio. Hernández, Fernández y Baptista (2014). Permite identificar qué se va a medir, cómo se medirá y con qué instrumentos, asegurando que los objetivos de la investigación se correspondan con los datos que se recolectan en campo. En el caso de una tesis minera, esta matriz ayuda a definir los parámetros técnicos del proceso como caudal, presión, tonelaje, ley y costos y su relación con las dimensiones económicas.

Tabla 1 Matriz de operacionalización

Variable principal	Dimensiones	Indicadores
Proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos	Condiciones técnicas	Caudal de succión, presión de trabajo
	Condiciones operativas	tiempo por ciclo
	Eficiencia económica	Costo por tonelada, rentabilidad

Fuente: Autor

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.6.1. Justificación

La justificación de esta investigación parte justamente de allí. No de una idea abstracta, sino de una necesidad bastante concreta: entender cómo se está recuperando ese mineral fino en condiciones reales de mina y qué papel cumple la succión dentro de ese proceso. Una forma sencilla de entender esta situación es pensar que, si el oro ya fue desprendido del macizo rocoso, dejar una parte en el piso del tajo o entre los residuos de limpieza no debería verse como algo inevitable, sino como una señal de que todavía existen posibilidades de mejorar el proceso. En operaciones auríferas, donde diferencias de 3 % a 5 % entre la ley de mina y la ley que finalmente llega a planta ya pueden generar preocupación, la recuperación de finos deja de ser un aspecto secundario y empieza a tener importancia tanto técnica como económica.

A esto también se suma el tema de la seguridad y salud en el trabajo. En minería

subterránea, cualquier actividad adicional que se realice dentro del tajo aumenta el tiempo de exposición del trabajador a condiciones como polvo, humedad, posturas forzadas, manipulación manual de materiales y desplazamiento en espacios reducidos. Si la recuperación de finos no se realiza mediante un procedimiento bien organizado, puede generar mayores tiempos de trabajo, esfuerzos físicos innecesarios e incluso pequeños incidentes que muchas veces no tienen gran visibilidad, pero sí afectan el desarrollo normal de las actividades.

Por ejemplo, una presencia continua de 2 a 3 incidentes leves por cada 100 trabajadores al mes, o la acumulación de días perdidos por sobreesfuerzo y manipulación manual, ya podría mostrar que existe una situación que necesita ser revisada. Considerando lo establecido por la normativa de seguridad y salud en el trabajo para actividades de alto riesgo, resulta necesario observar estos procesos con mayor detalle y buscar formas de organizarlos y mejorarlos.

1.6.2. Importancia

La importancia de esta tesis, entonces, no está solo en el valor económico del oro fino recuperado, aunque eso ya sería una razón fuerte. Está también en la posibilidad de ordenar un proceso que suele quedar disperso entre varias actividades, de aportar evidencia para decisiones de campo y de conectar productividad con seguridad operativa. Esta investigación busca observar con mayor atención una situación que siempre ha estado presente dentro de la operación, pero que muchas veces no se analiza con suficiente detalle. Su aporte está justamente en mostrar que las mejoras no siempre tienen que venir de grandes cambios. En minería, también pueden encontrarse oportunidades importantes en pequeñas partes del proceso donde todavía se pierde

mineral que ya demandó tiempo, esfuerzo y recursos para poder ser extraído.

En la U.E.A. Marañón, el proceso no termina únicamente con la extracción del mineral grueso. Después todavía queda una etapa de limpieza fina que también influye en el aprovechamiento total del mineral. Dentro de esta etapa, la succión aparece como una alternativa que puede ser útil, aunque todavía es necesario conocer mejor cómo funciona en condiciones reales de trabajo.

No basta con señalar que se utiliza una aspiradora o un sistema de succión. También es necesario observar cómo se realiza el proceso, en qué condiciones obtiene mejores resultados, qué dificultades presenta cuando existe humedad, cuánto tiempo requiere, cuántos trabajadores intervienen y qué nivel de recuperación logra frente a métodos tradicionales como el barrido, el lavado o la recuperación manual. La falta de una descripción técnica más clara de estos aspectos constituye una de las principales razones para desarrollar esta investigación.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances

El presente estudio está orientado a describir, desde un punto de vista técnico y operativo, cómo se realiza la recuperación de mineral fino de oro mediante sistemas de succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón, perteneciente a la Compañía Minera Poderosa. En cierto modo, el alcance principal de la investigación está en mirar con detalle una actividad que, aunque forma parte de la rutina minera, no siempre se analiza con la profundidad que merece. En este caso, la investigación no pretende analizar toda la cadena productiva de la unidad minera. El estudio se concentra únicamente en una etapa específica del proceso, que corresponde a la recuperación de finos durante las

labores de limpieza en interior mina.

1.4.1.1. Temporal

En cuanto al tiempo considerado para el estudio, la investigación se limita al año 2024. Durante este periodo se observaron y registraron las condiciones en las que se venía realizando el proceso de succión en los tajeos seleccionados. Por ello, el trabajo no busca hacer una revisión histórica del sistema ni tampoco proyectar su comportamiento a futuro. Más bien, toma como referencia un periodo específico que permite describir cómo se desarrollaba esta práctica dentro de la operación minera en ese momento.

1.4.1.2. Espacial

En cuanto al alcance espacial, la investigación se desarrolla únicamente en la U.E.A. Marañón de la Compañía Minera Poderosa S.A., específicamente en los tajeos donde se viene aplicando la recuperación de finos mediante succión. Por ello, el estudio no busca representar lo que ocurre en toda la minería aurífera subterránea del país, sino conocer con mayor detalle una realidad operativa concreta. En este caso, aspectos como la ventilación, el sostenimiento, las condiciones de limpieza y el acceso a los tajeos forman parte del entorno real en el que se desarrolla el proceso y deben ser considerados para comprender mejor los resultados obtenidos.

1.4.1.3. Conceptual

Desde el punto de vista conceptual, la investigación se enfoca en tres aspectos principales. El primero corresponde al proceso de succión utilizado para recuperar los finos; el segundo considera las condiciones operativas en las que se desarrolla este trabajo; y el tercero está relacionado con la eficiencia económica que se puede obtener a partir de la recuperación del mineral fino. Es decir, no aborda temas como geomecánica

avanzada, diseño de mallas de perforación o procesamiento metalúrgico en planta, salvo cuando estos se relacionan de manera indirecta con la recuperación del mineral fino. En ese sentido, el estudio mantiene una delimitación clara para no dispersarse.

1.4.2. Limitaciones

Como ocurre en muchas investigaciones aplicadas dentro de una operación minera, este trabajo también presenta algunas limitaciones. Una de ellas está relacionada con el acceso a la información operativa, debido a que ciertos registros internos de producción y costos no siempre se encuentran disponibles de forma completa o inmediata.

También existe una limitación en cuanto al tiempo que puede dedicarse a la observación en campo, ya que el ingreso a las labores depende de la programación de la operación, las condiciones de seguridad y la disponibilidad de acceso. A esto se suma que el estudio se concentra únicamente en los tajeos donde se utiliza el sistema de succión, por lo que la comparación con otras labores es más reducida.

Finalmente, los recursos económicos y logísticos disponibles para desarrollar la investigación también influyen en su alcance, sobre todo en la frecuencia con la que se puede realizar el seguimiento y en el nivel de detalle del registro técnico.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Antecedentes de la empresa

La provincia de Pataz tiene una larga historia relacionada con la explotación del oro. En esta zona, la actividad minera se ha desarrollado desde hace muchos años, primero de manera artesanal y luego mediante operaciones empresariales de mayor escala. Las primeras poblaciones asentadas en el lugar comenzaron a trabajar el mineral de una forma más limitada, utilizando los recursos y conocimientos disponibles en ese momento.

La actividad minera empezó a tomar un carácter industrial en el distrito de Pataz hacia 1920, cuando la Northern Perú Mining Corporation instaló una planta de cianuración con una capacidad de procesamiento de 250 toneladas por día. Esta operación se mantuvo hasta finales de la década de 1940. Durante esos años también se realizaron trabajos de exploración en otras zonas del distrito.

En ese contexto, el ingeniero Gordillo Delboy exploró el sector norte de Pataz, principalmente las quebradas La Lima y El Tingo. Como resultado de estos trabajos estimó la existencia de un yacimiento de aproximadamente 48 000 toneladas métricas, con una ley de 13,27 gramos de oro por tonelada. Sin embargo, las dificultades para acceder a la zona y los bajos precios del mineral que se tenían en aquella época hicieron que finalmente estos trabajos fueran abandonados.

En 1967, Wilder Lozano Noriega formalizó el denuncio minero del área que actualmente se conoce como Poderosa. A partir de ese momento impulsó a Jesús Arias Dávila a interesarse por la exploración del yacimiento, iniciativa que también dio lugar a una relación cercana entre ambos. Años después, este proceso culminó con la

constitución de la Compañía Minera Poderosa, el 5 de mayo de 1980.

Para conocer mejor el potencial y la viabilidad del yacimiento, Arias Dávila encargó los trabajos de evaluación a los geólogos Walter Sologuren y Alberto Samaniego, quienes estuvieron acompañados por los estudiantes Marco Antonio y Pablo Catteriano. Posteriormente, en Vijus, Wilder Lozano se incorporó al grupo de trabajo. La comisión se organizó en dos equipos, uno destinado al sector de La Lima y otro al sector de El Tingo. Ambas expediciones identificaron afloramientos y estructuras mineralizadas que evidenciaban la prolongación de la zona aurífera de Pataz, confirmando el valor de Poderosa.

El 19 de diciembre de 1977 presentaron su dictamen, estableciendo perspectivas favorables para el yacimiento. A partir de 1980, se ejecutaron levantamientos geológicos en el depósito de Poderosa bajo la dirección de los ingenieros Carlos Miranda, Luis Seijas, Walter Sologuren y el doctor Alberto Samaniego, en el ámbito de La Lima-Tingo, con el objetivo de caracterizar los atributos petrográficos, estructurales y mineralógicos del sector, documentándose en un Informe Geológico de enero de 1981.

En 1984 se puso en marcha un programa de investigación metalogenética sobre el cinturón aurífero de Pataz, inicialmente dirigido por el doctor Alberto Samaniego y posteriormente continuado por Detlef Schreiber, Detlef Lochman y Fausto Cueva.

2.1.2. Ubicación y accesos

La unidad minera se ubica en el distrito y provincia de Pataz, departamento de la Libertad, ubicado en las siguientes coordenadas: UTM: 9´147178 N y 210,485 E

Se encuentra a una altitud que varía entre 1300 a 2900 msnm. El acceso a la mina puede ser por las siguientes vías:

Por Vía Terrestre:

Tabla 2 Acceso a la mina

LUGAR	TRANSITO	TIEMPO	DISTANCIA
LIMA/TRUJILLO	ASFALTADO	9h	557
TRUJILLO/VIJUS	ASFALTADO-TROCHA	14h	340
VIJUS/PARAISO	TROCHA	1h	24
TOTAL		24	921

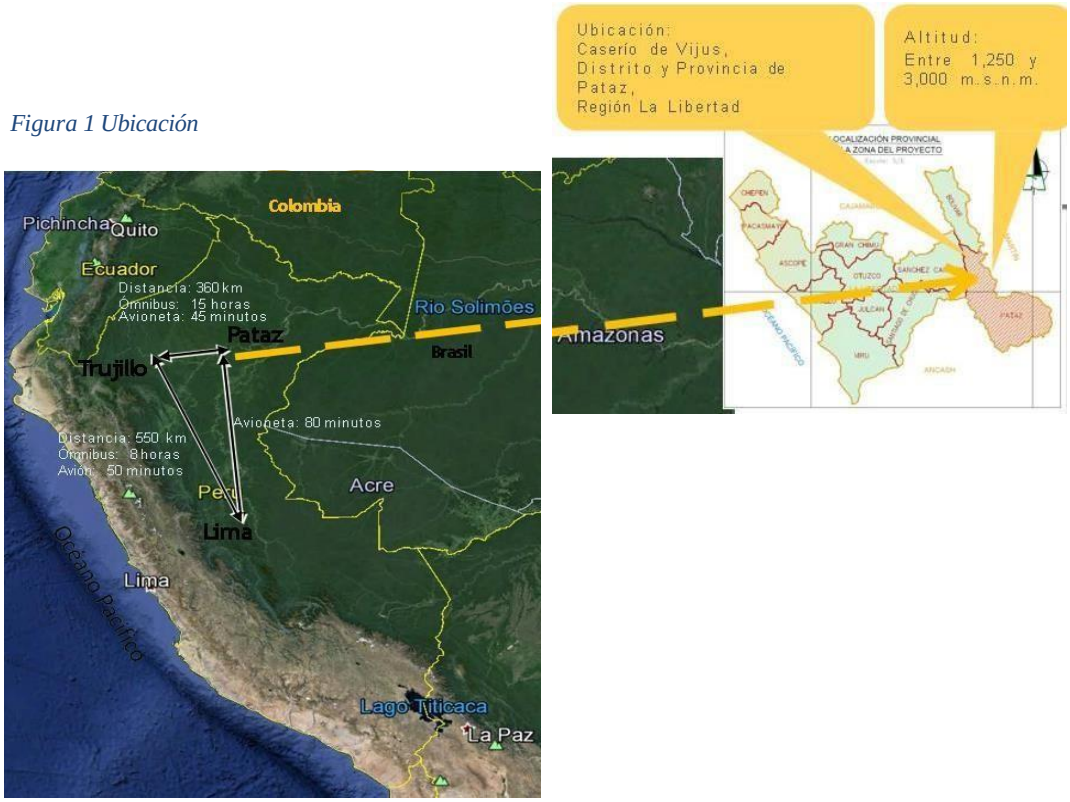
Por Vía Aérea:

El acceso por vía aérea es en avioneta, se aterriza en el aeródromo de Pías.

Lima – Chagual : 1 hora 45 minutos

Trujillo – Chagual : 0.40 minutos

Figura 1 Ubicación



Fuente: Adaptado del Instituto de Ingenieros de Minas

2.1.3. Clima

El clima de la zona varía de templado a cálido, caracterizándose por tener una temporada de lluvias entre los meses de noviembre a abril; y una temporada seca en el resto del año. (De la cruz, 2014).

2.1.4. Fisiografía

La minera está emplazada en el flanco derecho del lecho del rio Marañón, todo su relieve esta caracterizado por contar con una morfología abrupta esto por la presencia de quebradas profundas y laderas escarpadas. Respecto a la regional la mina se ubica en la unidad geomorfológica llamado valle interandino. Las zonas y áreas fisiográficas presentes en la unidad poderosa son, terrazas medias, terrazas bajas, conos de eyección, piedemonte, laderas de montaña, cimas de montaña, escarpes, cauce de rio y quebradas. (Zevallos M. 2024)

2.1.5. Geología regional

La geología de la región se caracteriza por la superposición de múltiples ciclos geológicos que han modelado la estructura y estratigrafía de la cordillera de los Andes en su sector oriental del norte peruano.

El basamento estratigráfico lo define el Complejo de Marañón de edad Precámbrica, que está compuesto por filitas, además de esquistos, rocas volcánicas que tienen espesores por encima de los 2,100 m., con afloramientos que se observan en el río Marañón. Sobre este complejo se disponen las rocas del Paleozoico.

Inicialmente se presentan metavolcánicas del final de este ciclo, sobre las cuales se desarrolló la orogenia Hercínica, representada por la Formación Contaya del Ordovícico una secuencia extensa de estratos oscuros que aparece en los márgenes externos del Batolito de Pataz: al norte por el flanco oeste, al sur por ambos flancos, y como

secuencias deformadas en su interior.

Al inicio del Carbonífero se registra la sedimentación regional del Grupo Ambo, conformado por areniscas, lutitas y horizontes conglomerádicos que superan los 250 metros de espesor, con mayor desarrollo hacia la zona occidental del río Marañón.

Hacia el final del Paleozoico se depositaron conglomerados y areniscas de tonalidad rojiza conocidos como las molosas del Grupo Mitú.

El ciclo Andino del Mesozoico inicia con las dolomitas y calizas del Pucará del Jurásico, que yacen en discordancia sobre formaciones anteriores con potencias mayores a 400 metros. Le sigue la Formación Goyllarisquizga del Cretáceo, caracterizada por material pelítico y areniscas con espesores entre 110 y 250 metros.

La mina se emplaza en la cordillera oriental, al este del río Marañón, presentando diversos sectores mineralizados de oro: El Tingo al sur, Papagayo en la zona central y La Lima al norte. La secuencia estratigráfica abarca desde el Precámbico hasta el Cenozoico.

La litología está dominada por las intrusivas del Batolito de Pataz, que exhiben un elevado grado de meteorización, particularmente en las plagioclasas que sufrieron alteración rápida generando superficies arenosas de grano grueso.

Asimismo, se observan rocas metamórficas esquistos y filitas con marcada esquistosidad, inestabilidad estructural y planos fuertemente inclinados según la pendiente del terreno, atribuidas al Precámbico.

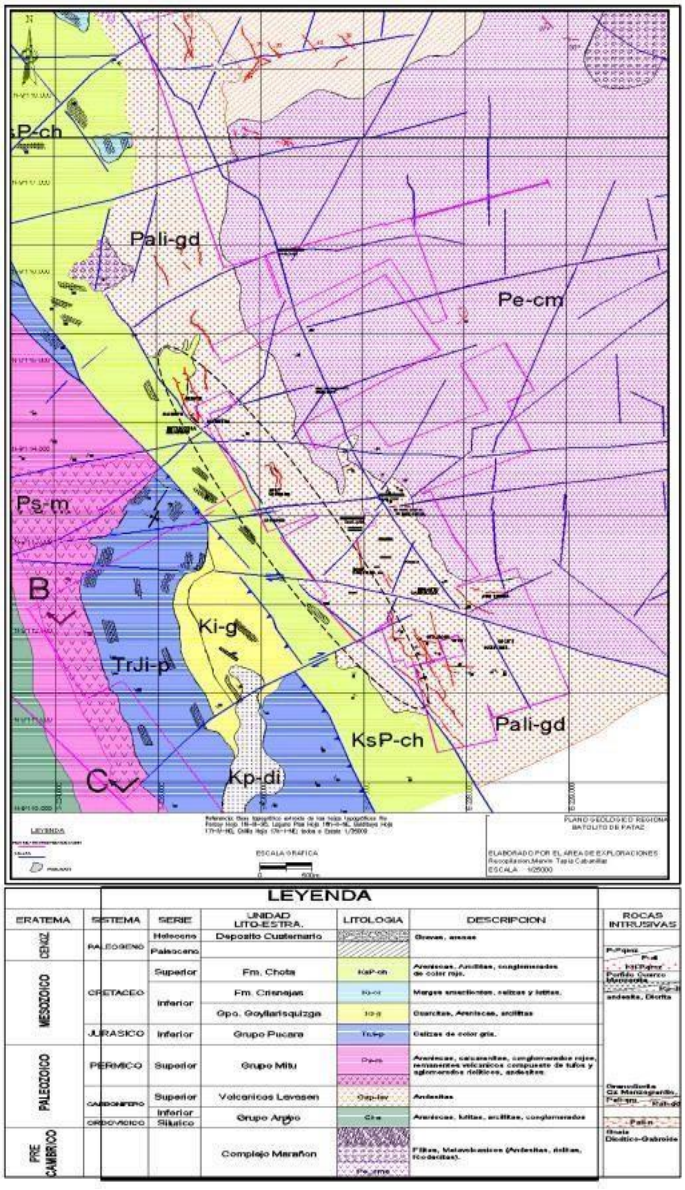
Estas se encuentran cubiertas por rocas volcánicas con niveles piroclásticos de edad Cámbrica, seguidas de areniscas, pizarras y lutitas del Paleozoico Inferior. El Paleozoico Superior comprende la superposición de lutitas y areniscas del Carbonífero, junto con una secuencia continental de estratos rojizos del Pérmico. El Triásico Superior-Jurásico está representado por calizas y dolomitas.

El Mesozoico se completa con una estructura continental de calizas y areniscas, mientras que el Cenozoico se conforma por rocas continentales de limonitas y areniscas rojas.

La mineralización se presenta en vetas de asociación mesotermal típica de cuarzo-pirita-oro, originadas por el relleno hidrotermal de fisuras en rocas metamórficas, generalmente en contacto con o dentro de la masa del Batolito de Pataz.

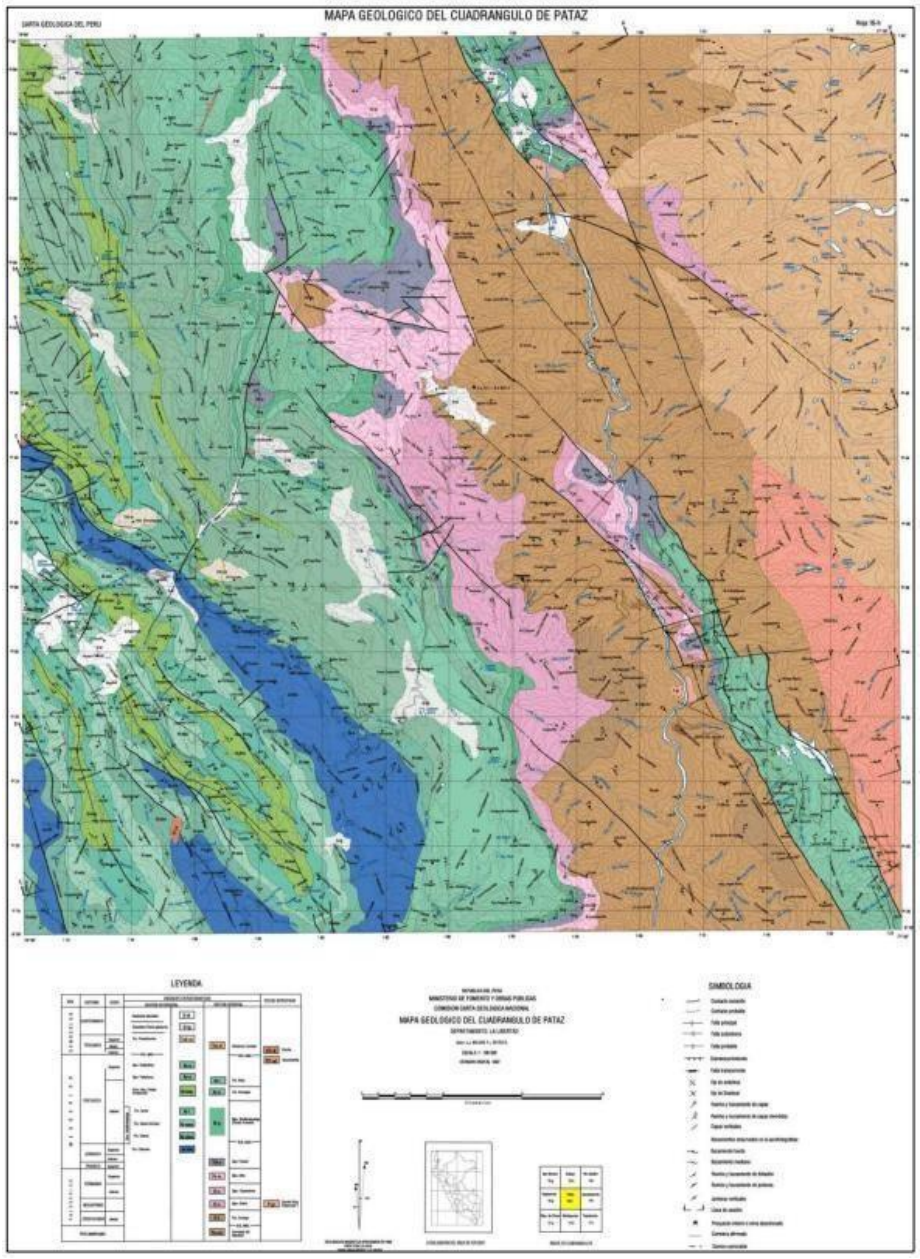
El yacimiento explotado corresponde al tipo filoniano. (Zevallos M. 2024).

Figura 2 Geología regional



Fuente: Adaptado de Zevallos M. (2024)

Figura 3 Mapa geológico de cuadrángulo de Pataz



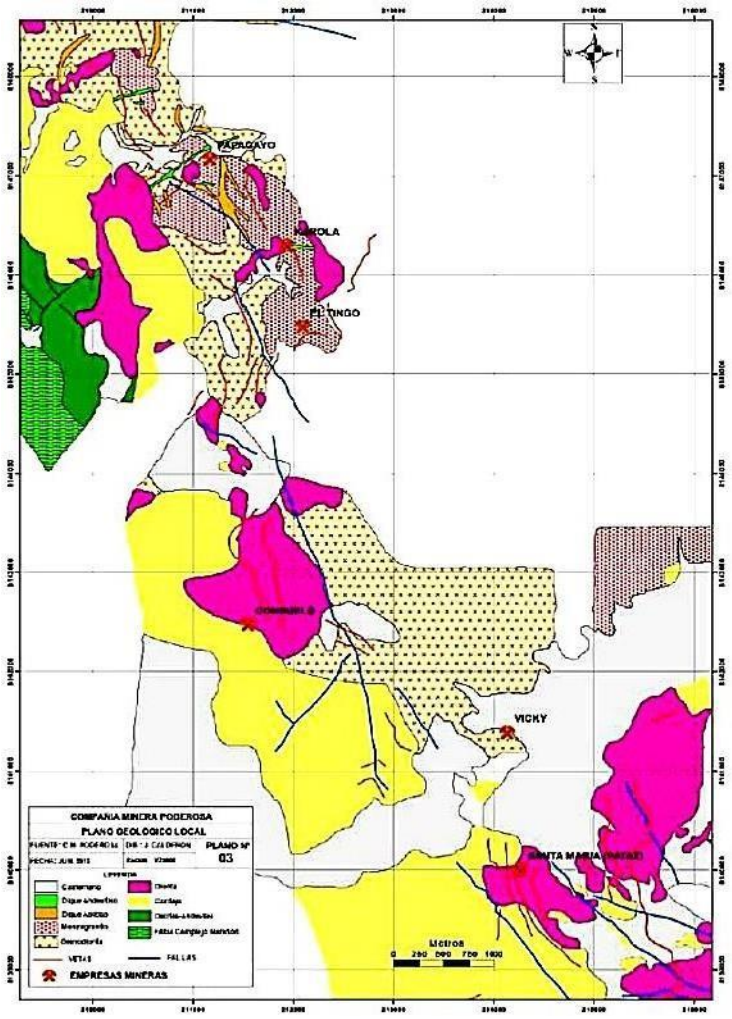
Fuente: INGEMMET

2.1.6. Geología local

La composición litológica de la mina comprende granodioritas, monzogranitos, así como diques de naturaleza aplítica y pegmatítica, que se enmarcan dentro de la serie ácida. Por su parte, las tonalitas, dioritas y microdioritas corresponden a una serie de carácter intermedio, con manifestaciones tardías representadas por diques lamprófiros y

diabásicos. La sucesión ácida, a la cual se suma el granito, constituye el componente predominante de la secuencia intrusiva tanto de la zona como de la totalidad del Batolito de Pataz. Dentro de este conjunto, las granodioritas de mayor volumen relativo presentan en ciertos sectores gradaciones que van desde las tonalitas hasta los granitos y monzogranitos. El cuerpo de rocas ácidas alberga enclaves de variadas dimensiones, oscilando desde pocos centímetros hasta varios metros, compuestos por dioritas, microdioritas y metavolcánicas pertenecientes a la etapa pre-intrusiva. (Zevallos M. 2024).

Figura 4 Geologia local



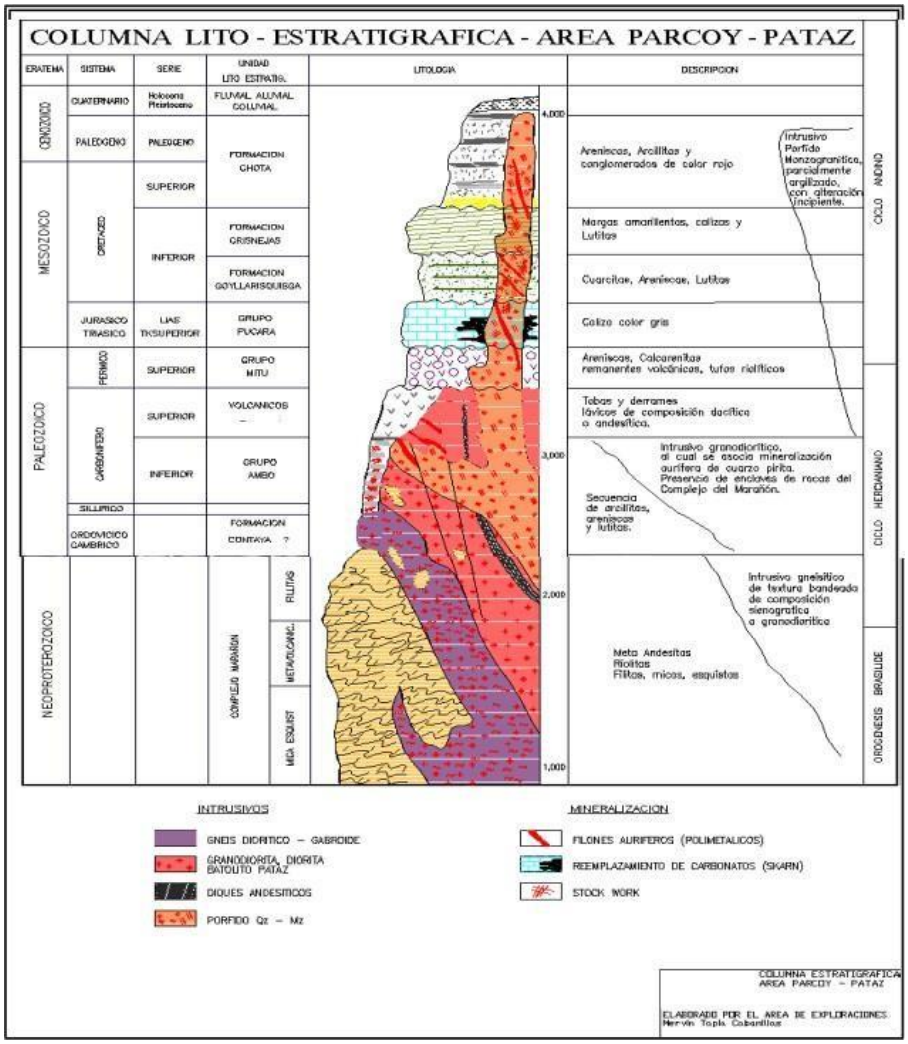
Fuente: Adaptado de Zevallos M. (2024)

2.1.7. Geología estructural

Los planos axiales de estos plegamientos menores guardan relación con la orientación general de los estratos, cuyo rumbo predominante es noroeste (NW) y cuyo buzamiento se dirige hacia el noreste (NE). Esta disposición coincide con la orientación de los propios planos axiales de los pequeños pliegues. A partir de ello, se interpreta que el esfuerzo compresivo principal actuó de manera perpendicular a dichos rumbos, siguiendo una dirección aproximada NE-SW. Desde el punto de vista geológico, la evolución de la zona muestra varias etapas bien marcadas. Durante el Precámbrico, las lutitas y las rocas volcánicas fueron afectadas por un metamorfismo regional. Más adelante, en el Ordovícico, se produjo un proceso de hundimiento acompañado de sedimentación. Luego, entre el Siluriano y el Devónico, predominó una etapa de emersión y erosión. Ya en el Carbonífero inferior, ocurrió una sedimentación continental mixta correspondiente al Grupo Ambo. Posteriormente, en el Pérmico superior, tuvo lugar una regresión marina y un periodo erosivo que dieron origen al Grupo Mitu. Más adelante, durante el Triásico se presenta nuevamente una fase de derrumbe, circunstancia que propició el depósito de las calizas asociadas a la Formación Pucará. En lo que refiere a la columna estratigráfica de Pataz, ésta muestra una sucesión geológica bastante amplia, donde se encuentran unidades que van desde el Precámbrico hasta el Cuaternario que, aunque en este último es poco representado en el área, si se enfoca se puede observar tres grupos fundamentales. El primero de ellos es el Complejo Marañón, compuesto por una secuencia que en su conjunto tiene un espesor de cerca de los 2000 m, y formado en su mayor parte por filitas y metavolcánicas, que han sido datadas como precámbricas. Posteriormente podemos ver las rocas intrusivas representadas por el batolito de Pataz, que se manifiesta por su forma alargada y lenticular, además de una longitud aproximada de los 80 km y un rumbo cercano a los N 20°-30° W, en el que se encuentran emplazadas

varias de las estructuras mineralizadas más importantes de la región. Por último, el Cuaternario resulta en depósitos aluviales, materiales de pie de monte y sedimentos de origen fluvioglaciar, que se suman en las zonas por encima de los 3500 m s. n. m. (De la Cruz E. 2014).

Figura 5 Columna estratigráfica



Fuente: Adaptado de, De la Cruz E. (2014)

2.1.8. Geología económica

La mineralización de Poderosa se ubica dentro de la provincia metalogenética Lima-Huaylillas, en la zona de la cordillera oriental. Las estructuras mineralizadas corresponden a vetas hidrotermales, probablemente de carácter mesotermal, con

temperaturas estimadas entre 200 °C y 300 °C. También se considera posible que durante el Precámbrico y el Paleozoico haya existido una mineralización de tipo singenético, representada por cuarzo aurífero concordante con los estratos del Complejo Marañón. (De la Cruz E. 2014).

2.1.9. Mineralogía

La mineralización en etapas posteriores, fue incorporada por el batolito donde se enriqueció, esta referencia mineralógica predomina un cuarzo lechoso, un cuarzo gris, una pirita, una arsenopirita, una galena; de menor forma aparece minerales como la esfalerita, la calcopirita, la pirrotita y la tetraedrita. El oro se presenta dentro del cuarzo lechoso, que se asocia a la plata como electrum y tiene una vinculación a minerales como minerales de pirita y arsenopirita. En las zonas lixiviadas de afloramiento la ley de oro tiende a disminuir, mientras que en los sectores oxidados suele incrementarse. En cuanto a la alteración hidrotermal, se reconocen procesos de sericitización de tipo mesotermal, además de caolinización y propilitización, esta última vinculada a condiciones epitermales superiores. Estas alteraciones hipógenas pueden presentarse desde unos pocos centímetros hasta espesores cercanos a los 3 m. Texturalmente, las vetas muestran rasgos masivos, bandeados y también evidencias de rellenos asociados a distintos periodos de reactivación. Esto sugiere que la mineralización se desarrolló bajo condiciones de presión considerable en profundidad. La secuencia paragenética indica una deposición inicial de cuarzo, que continúa durante la etapa de mineralización aurífera, seguida por sericitización, caolinización, propilitización, formación de pirita, arsenopirita, oro-electrum, pirrotita, calcopirita, esfalerita, galena y, finalmente, minerales oxidados. Estas vetas presentan un rumbo general N-S, alcanzan longitudes mayores a 1000 m y muestran espesores que oscilan, en promedio, entre 0.5 m y 1.0 m. (De la Cruz E. 2014).

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Antecedentes Internacionales

Dominy, Glass y Minnitt (2022) desarrollaron un estudio titulado “Sampling Broken Ore Residues in Underground Gold Workings: Implications for Reconciliation and Lost Revenue”, publicado en la revista Minerals. La investigación se centró en identificar cuánto oro quedaba atrapado en el material roto dentro de las minas subterráneas, un aspecto que afecta directamente la reconciliación entre lo extraído y lo procesado. Los investigadores tomaron más de cuatrocientas muestras de residuos en galerías abandonadas y determinaron que la cantidad de metal no recuperado podía llegar hasta un doce por ciento del inventario original. Al mismo tiempo, observaron que las técnicas de muestreo tradicionales subestimaban la presencia de finos con valor comercial. El estudio sugirió que la implementación de limpieza por succión o aspiración industrial permitiría reincorporar ese oro a la producción activa. En cifras, las pérdidas económicas equivalían a varios millones de dólares por unidad minera, lo cual reveló la importancia de abordar este problema de manera sistemática. Los autores concluyeron que una etapa de recuperación secundaria con sistemas de vacío o bombas hidráulicas no solo mejora el balance metalúrgico, sino que se convierte en un componente esencial del control económico. Este trabajo reafirma que la recuperación de finos mediante succión representa una alternativa realista y rentable dentro del ciclo minero subterráneo moderno.

SRK Consulting (2021), en su artículo titulado “Technical Report on the Nechí Alluvial Gold Mineral Assets”, representa uno de los ejemplos más recientes de aplicación industrial de la succión hidráulica a gran escala. En esta operación, ubicada en la cuenca del río Nechí, se evaluaron dragas con capacidad de hasta ciento sesenta metros cúbicos por hora. Los auditores técnicos analizaron el rendimiento de las bombas, la

granulometría del material y el porcentaje de recuperación del oro fino, obteniendo resultados notables: una eficiencia promedio del noventa y tres por ciento y costos unitarios de apenas 4,8 USD por metro cúbico procesado. Además, las pérdidas se mantuvieron por debajo de 0,5 gramos por tonelada, lo que confirma la estabilidad del sistema. El informe concluyó que el uso de succión hidráulica continua, combinado con un monitoreo ambiental adecuado, permite mantener la rentabilidad sin comprometer la sostenibilidad. Este antecedente ofrece evidencia contemporánea del potencial técnico y económico de la recuperación por succión, marcando un puente directo entre la minería aluvial y los proyectos de recuperación de finos en entornos subterráneos.

Widelski y Stuve (1993), en su estudio titulado “Recovery of “Lost” Gold with Vacuum Technology”, analizaron la problemática del oro que se pierde en las minas subterráneas una vez concluidas las etapas de explotación. Los autores, al observar que el rendimiento metalúrgico real nunca coincidía con las expectativas iniciales, propusieron implementar un sistema de succión al vacío para recuperar el material fino acumulado en zonas antiguas de laboreo. Su trabajo se realizó principalmente en minas sudafricanas, donde probaron distintos métodos de limpieza: desde el barrido manual hasta el uso de chorros de agua a presión. Sin embargo, fue la tecnología de vacío la que ofreció resultados consistentes. En los ensayos iniciales se logró recuperar cerca del 85 % del oro remanente, lo que significó un incremento sustancial en la rentabilidad sin alterar la estructura de la mina. La experiencia demostró que más de un centenar de equipos de succión podían operar de forma simultánea con bajo consumo energético y un mantenimiento sencillo. Este antecedente evidencia que el empleo de sistemas de vacío no solo mejora la eficiencia metalúrgica, sino que también reduce pérdidas invisibles en el proceso minero. En un sentido técnico, la recuperación adicional obtenida marcó un

antes y un después en la minería subterránea, consolidando esta práctica como una medida real y económicamente sustentable.

Janisch (1986) En su artículo “Gold in South Africa: Sources, Production and Technology of Gold Mines”, expuso una visión integral del desarrollo tecnológico de las minas de oro sudafricanas, haciendo énfasis en las estrategias utilizadas para reducir las pérdidas metálicas. A partir de registros operativos y análisis comparativos de distintas plantas, el autor identificó que una proporción considerable del oro se perdía durante la limpieza de galerías o el transporte del mineral. Frente a ello, las compañías comenzaron a implementar mecanismos de succión neumática y sistemas de recuperación fina. Estos equipos lograron disminuir la pérdida promedio de oro de un quince a un ocho por ciento, mejorando el factor de llamada de mina hasta un 0,93. La investigación, aunque de corte histórico, evidencia cómo la innovación tecnológica permitió optimizar los procesos sin alterar significativamente la infraestructura existente. Janisch concluyó que la adopción de métodos de recolección más precisos era fundamental para sostener la rentabilidad en operaciones profundas, donde el costo de extracción es elevado y cada gramo recuperado representa una ganancia significativa. En esencia, su trabajo ofrece una mirada técnica y pragmática sobre la necesidad de perfeccionar los mecanismos de limpieza y succión dentro de la minería subterránea.

Hamilton (1988), en su tesis “A Study of the Fine Gold Recovery of Selected Sluicebox Configurations”, desarrollada en la Universidad de British Columbia, examinó de manera experimental cómo el diseño de las canaletas influye en la recuperación de oro fino proveniente de sistemas de succión. En su laboratorio, evaluó diferentes configuraciones de riffles y alfombrillas, simulando condiciones de caudal controlado y variaciones en la concentración de sólidos. Los resultados mostraron que los canales recubiertos con

malla expandida lograron retener más del noventa por ciento del oro de tamaño entre 65 y 100 mallas, superando ampliamente a los modelos lisos. El investigador destacó que la combinación adecuada entre pendiente, flujo de agua y rugosidad superficial determina la eficiencia del proceso. Estas conclusiones, aunque basadas en minería aluvial, se aplican también a la recuperación de finos en entornos subterráneos, donde el control hidráulico resulta clave para evitar arrastres de material valioso. En términos técnicos, la tesis de Hamilton ofrece una base sólida para comprender cómo pequeñas variaciones en el diseño de las canaletas pueden representar diferencias significativas en la productividad y la rentabilidad de una operación aurífera.

Poling y Hamilton (1990) ampliaron los hallazgos del estudio anterior mediante la obra “Fine Gold Recovery of Selected Sluicebox Configurations”, validando en campo los diseños experimentales. Las pruebas se realizaron en dragas de cuatro y seis pulgadas en ríos canadienses, donde se controlaron variables como el caudal, la pendiente y el tipo de material tratado. Los resultados confirmaron que una relación de agua a sólidos de 4:1 y una pendiente aproximada de 1,5 pulgadas por pie proporcionaban la mejor estabilidad hidráulica y una recuperación superior al noventa y dos por ciento. Las conclusiones indicaron que el equilibrio entre caudal y inclinación es determinante para evitar la pérdida de oro ultrafino. Este trabajo aporta una mirada práctica sobre el ajuste de los sistemas de succión y demuestra que la eficiencia del proceso depende tanto del diseño físico como de la calibración operativa. La experiencia de campo descrita por los autores se convirtió en una referencia para el dimensionamiento de equipos de bombeo y canaletas, y sigue siendo un punto de comparación útil para proyectos actuales de recuperación de finos mediante aspiración controlada.

United States Geological Survey (1997), en el informe técnico titulado “Studies of Suction

Dredge Gold-Placer Mining Operations Along the Fortymile River, Eastern Alaska", documentó una de las evaluaciones más completas sobre dragado por succión. La investigación observó el desempeño de dragas de ocho a diez pulgadas en el río Fortymile, con caudales de hasta setenta metros cúbicos por hora. Se midieron parámetros de eficiencia metalúrgica, turbidez y concentración aurífera en los sedimentos procesados. Los resultados mostraron una recuperación media del ochenta y ocho por ciento, con niveles de turbidez menores a treinta unidades NTU, lo que confirmó que un manejo adecuado del flujo podía mantener el equilibrio ambiental. El estudio resaltó la importancia del control del caudal y la reubicación del material residual como medidas para minimizar el impacto ecológico sin afectar la productividad. En síntesis, la investigación de la USGS demostró que el dragado por succión puede ser eficiente y ambientalmente seguro, siempre que se apliquen protocolos técnicos de control hidráulico y gestión de efluentes.

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Auccaille J. (2021), en su tesis "Incremento de la recuperación de finos auríferos con métodos adecuados en las labores de la Unidad de Producción Santa María – Compañía Minera Poderosa S.A." Describe que durante su experiencia en la mina Santa María de la Compañía Minera Poderosa S.A., observo algo que parecía rutinario pero que, en realidad, tenía bastante importancia. Cada vez que se realizaba una voladura, quedaban pequeños restos de mineral esparcidos sobre el piso de las labores. Al inicio podía parecer que recoger estos finos no representaba un beneficio importante. Sin embargo, con el tiempo se observó que ese material, aunque muchas veces era casi imperceptible, contenía oro que se iba perdiendo de manera continua. Esa pérdida acumulada terminaba afectando directamente la recuperación del mineral y también la rentabilidad

de la operación.

Esa observación diaria fue el punto de partida de su investigación, que buscó entender y mejorar el modo en que se realizaba la limpieza y la recuperación de ese material, a simple vista parecía poco, pero al final del mes esa pérdida representaba un valor considerable de oro que no llegaba a planta. Frente a este problema que se presentaba de manera frecuente en la operación, se planteó una investigación aplicada orientada a mejorar la recuperación de finos mediante métodos más adecuados y con un mayor control. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, pero mantuvo un carácter principalmente operativo, ya que se trabajó directamente con las condiciones que se presentaban en campo.

Para ello se compararon tres formas de limpieza. La primera fue el método tradicional con escobas metálicas, la segunda correspondió a la limpieza hidráulica con agua a presión y la tercera combinó la succión mecánica con el barrido húmedo. Cada una de estas alternativas se aplicó en diferentes frentes, procurando que las condiciones fueran similares en cuanto a humedad, tipo de superficie y granulometría del mineral. De esta manera, la comparación pudo realizarse bajo condiciones lo más equivalentes posible.

Los resultados mostraron una diferencia clara entre los métodos evaluados. Cuando se aplicó la combinación de succión y lavado, la recuperación de oro fino aumentó aproximadamente en 27 %. Además, se alcanzó una ley promedio de 38 g/t, mientras que con el sistema manual se obtuvo una ley cercana a 28 g/t. Estos valores permiten observar que la combinación de ambos métodos logró un mejor aprovechamiento del material fino recuperado. Además, el tiempo de limpieza disminuyó en aproximadamente un veintidós por ciento, lo que permitió acelerar el ciclo operativo y aprovechar mejor las horas efectivas de trabajo.

En lo económico, el costo por tonelada bajó de veintiocho dólares con setenta a veintitrés

con cuarenta, generando un ahorro estimado de un dieciocho por ciento, el autor concluyó que el incremento de la recuperación depende tanto de la elección del método como del control constante de las condiciones de humedad y del orden operativo dentro de la labor.

Indicadores técnicos: mejora metalúrgica = +27 %, reducción de tiempo = 22 %, ahorro económico = 18 %. En palabras simples, el estudio demostró que pequeñas innovaciones en la limpieza diaria pueden traducirse en un aumento real de la producción y en un uso más racional de los recursos de la mina.

Cahuana (2020), en su tesis “Evaluación del proceso de limpieza de relaves auríferos mediante succión hidráulica en la cuenca del Inambari”, desarrolló su investigación en la cuenca del Inambari, región de Puno, con el propósito de evaluar la eficiencia de la succión hidráulica en la recuperación de oro contenido en relaves antiguos. Su estudio se centró en un problema recurrente en la minería artesanal: la baja recuperación del oro fino que permanece atrapado en los sedimentos. Mediante un diseño experimental se realizaron pruebas con una bomba centrífuga de 10 HP, trabajando con caudales que variaron entre 20 y 60 L/min y con partículas menores a 1 mm. Los mejores resultados se obtuvieron con un caudal intermedio de 40 L/min, condición en la que se alcanzó una recuperación de 89,6 % y pérdidas inferiores al 5 %.

También se observó que el uso de alfombras sintéticas en las canaletas ayudaba a retener mejor el material aurífero fino. A partir de estos resultados, Cahuana concluyó que la succión hidráulica puede ser una alternativa eficiente y sostenible para recuperar valor de los relaves, siempre que se mantenga un adecuado control del flujo y se realicen labores periódicas de mantenimiento al sistema de bombeo. Este antecedente resulta importante porque aporta resultados experimentales y cuantitativos sobre el uso del

bombeo hidráulico en la recuperación de finos, y sirve como referencia técnica para su posible aplicación en operaciones subterráneas.

Moscoso y Pereira (2012) desarrollaron un proyecto orientado a determinar la rentabilidad de la extracción aurífera mediante una draga de succión en el río Cruzado, ubicado en la parroquia Indanza, Ecuador. La investigación nació del interés por aprovechar los depósitos aluviales existentes en el lecho fluvial, utilizando un sistema de bombeo que permitiera recuperar oro de manera más eficiente y con un bajo impacto ambiental. El estudio, planteado desde un enfoque descriptivo y aplicado, incorporó pruebas de cateo con batea metálica y un análisis financiero que evaluó la viabilidad económica del proceso. Los resultados mostraron una producción promedio de 0,193 onzas troy por día. Si se toma en cuenta el precio internacional del oro que se tenía en ese momento, este nivel de producción permitía considerar rentable la inversión inicial. Además, la draga se presentó como una alternativa viable para operaciones artesanales de pequeña escala, ya que la contaminación generada era reducida y podía ser controlada.

Los autores también señalaron que el uso de motobombas y sistemas de succión podía incorporarse junto con medidas de manejo ambiental y seguridad en el trabajo. A partir de ello, concluyeron que la explotación mediante succión hidráulica puede ser económicamente viable, siempre que exista un control técnico adecuado y se cuide también el aspecto ambiental. Este antecedente resulta importante porque muestra que la tecnología de succión, cuando se aplica correctamente, puede ayudar a reducir pérdidas de contenido metálico y, al mismo tiempo, contribuir a una operación artesanal más ordenada y eficiente.

Román J (2025). En su tesis “Recuperación de finos mediante aspiradora en comparación con escobas de acero en las labores de la Unidad de Producción Santa María Poderosa, 2024” El punto de partida no fue una teoría, sino una observación que cualquier trabajador de mina reconoce: después de cada voladura, el piso queda cubierto con restos finos de mineral que, en muchos casos, se pierden porque no se logran recoger por completo. Esos pequeños volúmenes, que al principio parecen insignificantes, terminan representando una pérdida constante de oro con el paso de las guardias. A partir de esa observación, el autor se planteó una pregunta bastante directa: ¿valía realmente la pena reemplazar las escobas de acero por una aspiradora industrial dentro de las labores subterráneas? Con esa duda en mente decidió hacer la comparación, no desde la teoría, sino desde la práctica cotidiana. El estudio se enfocó en probar ambos métodos bajo condiciones reales de trabajo, observando cómo respondían en cuanto a rendimiento y costo. Fue un trabajo aplicado, pensado más para encontrar soluciones concretas que para elaborar modelos complejos. Para realizar la comparación se seleccionaron diez tajos que presentaban condiciones similares, principalmente en humedad, tipo de roca y nivel de producción. En cada uno de ellos se fueron alternando las dos formas de limpieza, con la intención de observar su comportamiento bajo condiciones parecidas.

Durante las pruebas se registró la cantidad de material recuperado, la ley promedio del mineral obtenido y el costo de operación de cada sistema por tonelada procesada. Con esta información fue posible comparar no solo cuál método recuperaba mejor el material, sino también qué efecto económico podía tener su aplicación dentro de la operación diaria. Para analizar los datos se utilizaron herramientas estadísticas mediante SPSS y se aplicaron pruebas de hipótesis sencillas, con el fin de comprobar si las diferencias

observadas entre ambos métodos eran realmente significativas. En los resultados se observó que la aspiradora logró levantar más material, aproximadamente unas 1306 toneladas, lo que equivale a un 16 % más de volumen en comparación con el método manual. Sin embargo, la ley del mineral recuperado fue menor: 28 gramos por tonelada frente a los 40 gramos que se alcanzaron con las escobas. En otras palabras, el equipo mecánico permitió ganar en cantidad, pero se perdió algo de pureza en el concentrado. Esa diferencia terminó notándose en los resultados económicos, pues el método manual siguió mostrando una utilidad mayor, cercana al veintinueve por ciento más, además de requerir un gasto operativo algo menor. En otras palabras, aunque la aspiradora ayudó a recoger más material, el sistema tradicional seguía siendo más rentable cuando se analizaban los números finales. El autor, después de revisar todo el proceso y conversar con el personal de campo, concluyó que el uso de aspiradoras puede resultar muy útil en zonas donde el acceso es limitado o donde se necesita trabajar con rapidez, especialmente en tajos de difícil limpieza. Sin embargo, reconoció también que las escobas metálicas continúan siendo más precisas a la hora de recuperar material con mayor ley de oro. Al final, su propuesta fue más bien de equilibrio: combinar ambos métodos según el tipo de labor y las condiciones del terreno. De esa forma, se lograría una limpieza más ágil sin sacrificar la calidad del mineral obtenido. Esta combinación, según sus observaciones, podría mejorar el aprovechamiento general de los finos y mantener estable el ritmo de producción sin alterar la rutina normal de la mina.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Cuando se desarrolla una investigación, especialmente en áreas técnicas como la minería subterránea, suele aparecer una necesidad bastante clara: ordenar las ideas que sostienen el estudio y precisar qué se entiende realmente por los conceptos que se

utilizan. En ese sentido, el marco conceptual cumple justamente esa función. Podría decirse que actúa como una especie de guía que ayuda a interpretar el problema de investigación desde un conjunto de términos definidos con claridad. No se trata únicamente de incluir definiciones formales, sino de explicar cómo se entienden ciertos conceptos dentro del contexto específico del estudio.

2.3.1. Recuperación de mineral fino

La recuperación de mineral fino comprende el conjunto de operaciones destinadas a aprovechar las partículas auríferas de tamaño reducido que permanecen en el piso o entre los residuos de mina después del disparo. Según Dominy, Glass y Minnitt (2022), la pérdida de finos representa una fracción significativa del oro no contabilizado en minas subterráneas, lo que justifica la implementación de métodos específicos de limpieza y recolección. En el contexto operativo, se mide el porcentaje de material recuperado respecto al total estimado, considerando su granulometría, su ley y la eficiencia del método aplicado.

2.3.2. Proceso de succión en tajeos

El proceso de succión en tajeos se basa en el uso de vacío o flujo hidráulico controlado para extraer material fino en labores de difícil acceso. Widelski y Stuve (1993) demostraron que la aplicación de sistemas de succión de alta potencia permite recuperar oro residual con una eficiencia superior al 85 %, superando a los métodos de barrido manual. En la operación subterránea, este proceso se evalúa mediante indicadores de caudal, presión y tonelaje recolectado, además de su incidencia en la reducción del tiempo de limpieza y la mejora del rendimiento productivo.

2.3.3. Eficiencia económica del proceso

La eficiencia económica del proceso hace referencia a la relación costo-beneficio

obtenida tras aplicar un método de recuperación determinado. Peña Aguilar (2021) señala que en las operaciones auríferas la eficiencia económica depende de la capacidad del sistema para reducir pérdidas metálicas y mantener costos unitarios competitivos sin afectar la calidad del mineral recuperado. En este sentido, evaluar la rentabilidad del método de succión implica comparar los gastos operativos (energía, mantenimiento y personal) con las utilidades generadas por el incremento de oro recuperado durante la jornada.

2.3.4. Condiciones operativas

Las condiciones operativas engloban los factores técnicos que inciden en el desempeño del proceso de succión, como caudal, presión, tipo de superficie, granulometría, humedad y accesibilidad. Herrera Herbert (2018) sostiene que controlar estos parámetros permite alcanzar un equilibrio entre estabilidad hidráulica y eficiencia en la recuperación. En la práctica minera subterránea, dichos factores se registran para determinar su influencia sobre la cantidad de mineral fino recuperado, buscando optimizar la configuración del sistema y adaptar el procedimiento a las características geológicas y estructurales del tajo.

2.3.5. Ley del mineral recuperado

La ley del mineral recuperado representa la cantidad de oro por tonelada de material procesado, siendo un indicador directo de la pureza y calidad del concentrado. Hamilton (1988) explicó que pequeñas variaciones en la configuración de los equipos de recuperación como el flujo hidráulico o el diseño de canaletas pueden modificar la ley final del mineral. En el caso del proceso de succión, la determinación de la ley permite comparar su rendimiento frente a las técnicas tradicionales de limpieza, evidenciando su impacto en la conciliación mina-planta y en la rentabilidad de la operación.

CAPÍTULO III

MATERIAL Y METODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales utilizados

Para el desarrollo del trabajo de campo se emplearon materiales propios de la operación minera y del registro técnico, entre ellos:

- Equipos de succión (aspiradora minera)
- Mangueras y tuberías de conducción
- Elementos de protección personal (EPP)
- Fichas de registro
- Bitácoras de campo
- Equipos de cómputo para procesamiento de datos

Estos recursos no solo hicieron más sencilla la recopilación de datos, sino que también posibilitaron una comprensión más profunda de las circunstancias reales en las que se lleva a cabo el proceso.

3.1.2. Procesamiento y análisis de datos

Tras la recopilación de los datos, estos fueron sistematizados en programas de hoja de cálculo, donde se ejecutaron tareas de organización, limpieza y categorización.

El análisis se efectuó a través de técnicas de estadística descriptiva, empleando medias de tendencia central, análisis comparativos y visualizaciones gráficas. Más que buscar correlaciones complejas, el interés estuvo en identificar patrones operativos, diferencias entre métodos y condiciones que influyen en la eficiencia del proceso.

En cierto modo, el análisis no se limita a números. También incorpora una interpretación técnica basada en lo observado en campo, lo que permite darles sentido a los resultados.

3.1.3. Consideraciones éticas y operativas

El desarrollo de la investigación se realizó respetando las condiciones de seguridad establecidas por la empresa y la normativa vigente en minería subterránea. Se contó con autorización para el acceso a la información y a las labores, y se procuró no interferir con el normal desarrollo de las operaciones.

Asimismo, la información obtenida fue utilizada únicamente con fines académicos, manteniendo confidencialidad en aquellos datos sensibles para la empresa.

3.2. METODOS

3.2.1. Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca dentro de una investigación de tipo aplicada, ya que parte de una situación concreta observada en campo y busca aportar conocimiento útil para mejorar un proceso operativo dentro de la actividad minera. En cierto modo, no se trata solo de describir por describir, sino de entender una práctica real que tiene implicancias directas en la recuperación del recurso.

3.2.2. Nivel de investigación

Por otro lado, el nivel de investigación es descriptivo, porque se orienta a detallar cómo se desarrolla el proceso de recuperación de mineral fino mediante succión en los tajeos. No se pretende establecer relaciones causales complejas ni comprobar teorías, sino más bien observar, registrar y ordenar lo que ocurre en la práctica. Una forma de verlo es que el estudio se enfoca en responder al “cómo” del proceso, más que al “por qué” en términos explicativos.

3.2.3. Diseño de investigación

El diseño adoptado es no experimental y de corte transversal. No experimental porque el

proceso no es manipulado; se observa tal como ocurre dentro de la operación minera. Es decir, no se interviene el sistema, sino que se analiza en su estado natural.

En cuanto al corte transversal, la información se recoge en un periodo determinado durante el año 2024 lo que permite tener una fotografía técnica del proceso en ese momento específico. No se busca evaluar su evolución en el tiempo, sino comprender su comportamiento actual.

3.2.4. Enfoque de la investigación

Es de enfoque cuantitativo porque la investigación trabaja con datos medibles y verificables del proceso de recuperación de mineral fino mediante succión. En este caso no se busca interpretar percepciones subjetivas ni construir significados desde discursos amplios, sino registrar variables concretas de la operación, como el tiempo de limpieza, caudal de succión, cantidad de material recuperado, ley del mineral y costo del proceso. Una forma de verlo es que el estudio necesita números para describir técnicamente lo que ocurre en el tajo. Por ejemplo, no basta con decir que la succión “mejora la recuperación”; hace falta mostrar cuánto material se recupera, cuántas horas opera el equipo, cuánto cuesta por tonelada o qué variación existe en la ley del mineral fino recuperado. Todo eso son datos cuantificables.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población de estudio está conformada por todos los tajeos en operación dentro de la U.E.A. Marañón donde se realiza la recuperación de mineral fino como parte del ciclo de limpieza posterior a la voladura.

3.3.2. Muestra

Se trabajó con una muestra no probabilística e intencional, seleccionando el Nv 1720 Tj

5480-1 donde el proceso de succión se encontraba en ejecución activa. En estos espacios fue posible observar directamente las etapas de limpieza, succión, barrido y recuperación manual. En cierto modo, la muestra no busca representar toda la mina, sino concentrarse en aquellos puntos donde el fenómeno es más evidente.

3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS

Técnica de recolección de datos

- Observación técnica directa
- Análisis documental

Instrumentos de recolección de datos

- Tabla geomecánica GSI
- Fichas técnicas.
- Registro de campo

3.5. ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. Técnica de procesamiento

Con los datos ya registrados se aplicará su procesamiento mediante:

- Análisis estadístico descriptivo y comparativo.
- Hojas de cálculo de Excel

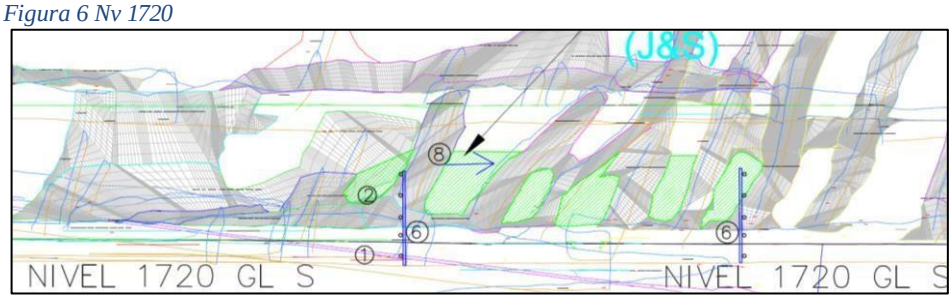
3.5.2. Análisis de datos

En la presente investigación, el análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, debido a que el estudio corresponde a un diseño no experimental, de corte transversal y nivel descriptivo. En ese sentido, la información recopilada en campo no fue utilizada para contrastar hipótesis, sino para describir el proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón.

3.6. PROCESO DE RECUPERACION DE MINERAL FINO DE Au

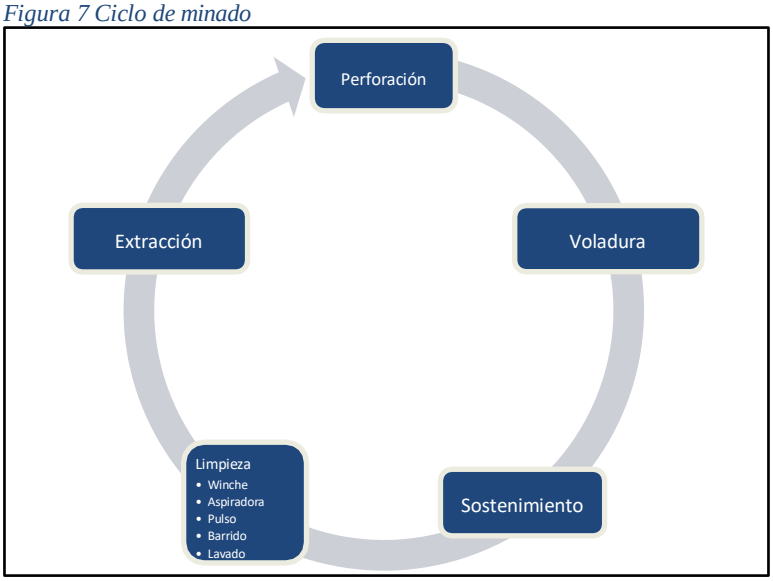
El proceso de recuperación de mineral fino en el nivel 1720, tajeo 5480-1, se desarrolla como una extensión del ciclo de minado, pero con un enfoque más meticuloso, casi como si se tratara de recuperar lo que el proceso principal no logra capturar en una primera etapa.

Figura 6 Nv 1720



En cierto modo, no es una actividad aislada, sino una secuencia que empieza desde la propia planificación del minado.

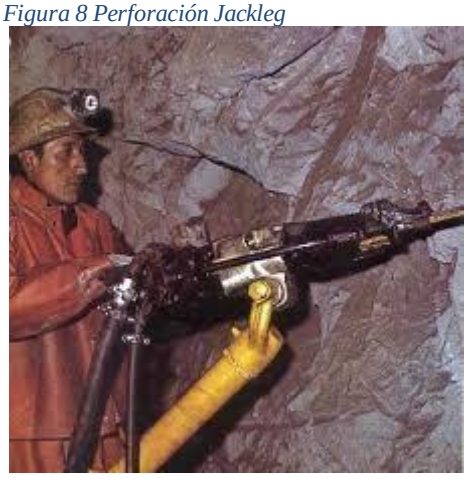
Figura 7 Ciclo de minado



Todo inicia con la etapa de perforación, donde se considera una potencia de veta promedio de 0.5 m. La malla aplicada es en zig-zag, con espaciamientos de aproximadamente 0.3 m tanto en burden como en separación, utilizando barras de perforación de 4 pies para evitar desviaciones y asegurar el corte tanto del techo como

del piso. Este detalle no es menor, porque una perforación bien ejecutada reduce la generación excesiva de finos, aunque en la práctica siempre se producen.

Figura 8 Perforación Jackleg



Luego se pasa a la voladura, que se realiza con explosivos convencionales como carmex, emulnor y mecha rápida. Esta etapa, si bien es necesaria para la fragmentación del macizo, también es una de las principales fuentes de generación de mineral fino. Es decir, lo que después se busca recuperar, en gran parte, se origina aquí.

Posteriormente, se ejecuta el sostenimiento, donde se instalan puntales con sistema Jackpot, con espaciamiento de un metro. Este sistema aplica pretensado, brindando estabilidad al techo y condiciones seguras para el trabajo en el tajo. Sin embargo, también genera superficies irregulares donde el mineral fino puede quedar retenido.

Una vez asegurada la labor, se inicia la etapa de limpieza, que en realidad es donde se concentra el proceso de recuperación de finos. Esta fase no es única, sino que se compone de varias actividades consecutivas.

Primero se realiza el pallaqueo y pircado, que consiste en separar el desmonte proveniente de falsas cajas. Para ello se colocan enrejados entre los puntales y se deposita el material estéril. En esta etapa aún no se recuperan finos de manera directa, pero sí se empieza a diferenciar el material útil.

Luego se procede con el rastrillaje mediante winche, donde el mineral grueso es trasladado hacia el ingreso del tajo para su posterior evacuación con scoop. Aquí se implementa una estrategia clave: el canal de rastrillaje es acondicionado con soleras y mangas de ventilación en desuso, sobre las cuales se colocan tablas. Esto permite que el mineral fino no se pierda durante el arrastre, quedando retenido sobre estas superficies para su posterior. Podría decirse que esta es una de las primeras acciones directas de control de pérdidas.

Una vez retirado el mineral grueso, se inicia la etapa central del proceso: la recuperación mediante aspiradora. En esta actividad participan tres trabajadores: uno encargado de operar el equipo, otro que realiza la succión y un ayudante que, de forma eventual, golpea la tubería para evitar obstrucciones causadas por la humedad del material. La aspiradora registra aproximadamente 84.6 horas de operación, lo que refleja la intensidad del trabajo requerido. En esta fase se logra recuperar una parte importante del mineral fino acumulado.

Sin embargo, el proceso no termina ahí. Se complementa con la recuperación a pulso, especialmente en zonas donde no se cuenta con entablado o donde el material presenta alta ley. También se aplica durante el desentablado del canal de rastrillaje, recuperando el mineral de los hastiales.

Luego se realiza el barrido del tajo, enfocado en zonas donde el mineral fino queda atrapado en irregularidades del piso, como protuberancias o fracturas. Aun así, se observa que no todo el material es recuperado, lo que da paso a una etapa adicional.

Se continúa con el lavado del tajo, donde se emplea agua para desprender el mineral fino que permanece en fisuras, patillas de puntales y cribenes. Esta actividad permite limpiar completamente la superficie y recuperar material que no pudo ser removido en las etapas anteriores.

Posteriormente, se realiza la recuperación de mangas, retirando el entablado y recolectando el mineral fino acumulado sobre las mangas de ventilación. Esta etapa confirma que, incluso con controles previos, el material sigue depositándose en distintos puntos del proceso. Finalmente, se procede con la clasificación de sacos, diferenciando el material recuperado mediante succión y el obtenido a pulso, lo que permite un mejor control operativo. Los sacos son posteriormente muestreados por el área de geología para determinar su ley y asegurar la trazabilidad del mineral.

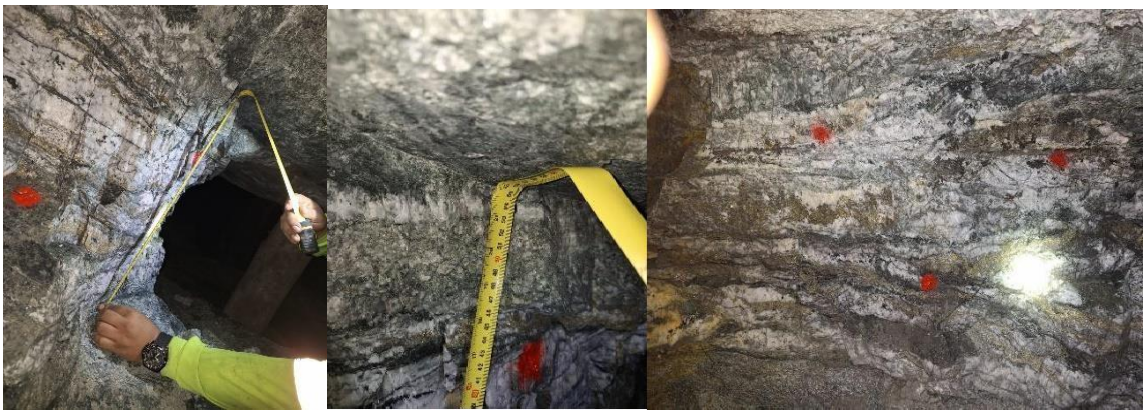
El proceso concluye con la extracción y transporte del mineral hacia planta, previa coordinación con la operación para asignar equipos como dumper y volquetes, registrando los tonelajes y leyes correspondientes. En conjunto, lo que se observa es un proceso secuencial donde cada etapa cumple una función específica. No se trata de una sola técnica, sino de la suma de varias actividades que, poco a poco, permiten recuperar el mineral fino. Y en ese punto, la succión no es el único método, pero sí uno de los más importantes dentro del sistema de recuperación.

3.6.1. Datos de producción

3.6.1.1. Perforación

Considerando una potencia de veta promedio de 0.5m, nuestra malla de perforación fue en zig-zag, en algunos casos con malla 2 a 1, en potencias mayores a 0.5m.

Figura 9 Malla de perforación tajo



La longitud de perforación se ha realizado con barra de perforación de 5 pies para evitar desvíos y perforar caja tanto del techo como del piso. Cada tanda de disparo se realiza en un promedio de 15 taladros, La perforación se realiza con equipo neumático Jack leg con los siguientes datos:

B x E: 0.3 x 0.3

Densidad: 2.85 t/m^3

Tabla 3 Cuadro de perforación

Nv	Labor	Potencia	Long. Tal.	Longitud	M3	Toneladas
1720	Tj 5480-1	0.5	1.1	5	2.75	**7.8375**

Promedio de toneladas por cada tanda de disparo y controlar la perforación para evitar dilución la cual controla diariamente geología.

3.6.1.2. Voladura

La voladura se realizó de forma convencional, utilizando carmex, emulnor y mecha rápida Z-1, está voladura se realiza considerando los siguientes parámetros:

- Explosivo total = 4.31 kg
- 15 taladros por disparo

Carga por taladro

- Carga por taladro = 4.31/15
- Carga por taladro = 154.31
- Carga por taladro = 0.287 kg/taladro

Resultado: 0.29 kg por taladro

Factor de carga por taladro (kg/m de taladro)

- Longitud de taladro = **1.1 m**
- FC taladro=0.287/1.1
- FC taladro = 0.26 kg/m

Factor de carga global

- FC=4.31/2.75
- FC =1.57 kg/m3

Factor de potencia

- FP = 4.31/7.84
- FP = 0.55 kg/t

El consumo de explosivo de 4.31 kg por disparo, distribuido en 15 taladros, genera una carga promedio de 0.29 kg por taladro, lo cual refleja un diseño de voladura orientado al control de la fragmentación y la minimización de la sobrerotura.

Tabla 4 consumo de explosivo

Long.	Pot.	Tal.	N° Cart/Tal	N° Tal.	Kg.Expl.	M3	Tn	Fact. Pot.	Fact. Carga
5	0.5	1.1	3	15	4.32	2.75	7.838	0.55	1.57

Una forma de verlo es que el diseño no busca alta potencia de rotura, sino precisión, esto es coherente con labores de veta angosta, donde el objetivo principal es evitar la dilución y conservar la ley del mineral. Además, el valor de 0.26 kg/m indica una carga relativamente baja, lo que reduce: Generación excesiva de finos, daño a cajas y pérdida de mineral, pero, al mismo tiempo, obliga a tener una perforación bien controlada.

3.6.1.3. Sostenimiento

Para la fortificación del área roto por la voladura, se ha colocado puntales con Jackpot con un espaciamiento de 1.0 metro de puntal a puntal.

Figura 10 Sostenimiento



El Jackpot aplica un pretensado a los puntales de seguridad de madera a la hora de su establecimiento, ofreciendo una ayuda dinámica rápida a la caja techo, creando un entorno de trabajo mucho más seguro para los trabajos de sostenimiento en tajeos y Wood Pack, nuestro alto de labor es en promedio 0.6 metros.

- Puntal/Jackpot : 1 x 1 (Rec. geomecánica)
- Wood pack : 1 (Rec. geomecánica)
- Relleno detrítico : Toda el área explotada

Por recomendación de geomecánica se realizará estos sostenimientos.

3.6.1.4. Limpieza

Para la limpieza del mineral se realiza de la siguiente manera:

a. Pallaqueo y pircado:

Aún de realizar nuestra perforación y voladura en veta se cuenta con desmonte producto de las falsas cajas tanto del techo como del piso. Este desmonte se hace un pallaqueo y pircado, para ello se coloca enrejados entre los puntales y se hace el depósito del desmonte.

Figura 11 Enrejados



b. Winche:

El mineral grueso es rastrillado hasta el ingreso del tajo, donde ingresa el scoop y hace la extracción.

Para evitar la pérdida de mineral fino, todo el canal de rastrillaje se ha colocado soleras, luego se ha tendido mangas de ventilación en desuso, sobre estas mangas se colocó tablas para el paso del rastrillo, así, cuando es arrastrado el mineral y tenga mineral fino o durante este rastrillaje el mineral reduce de tamaño quede todo este mineral sobre las mangas de ventilación, para luego antes de realizar el relleno del tajo se recuperó todo el mineral fino.

Figura 12 Instalación de winche



c. Aspiradora:

Luego de haber realizado la limpieza de gruesos todo el mineral fino se acumula y se realiza el aspirado. Dentro de esta actividad se realiza con 01 trabajador que opere la aspiradora y haga la descarga del colector, 01 trabajador esta succionando todo el mineral fino y su ayudante esporádicamente realiza el golpeteo de la tubería para evitar la acumulación y atascamiento por la humedad del mineral.

Figura 13 Aspirado de mineral fino



Tabla 5 Limpieza con aspirador

	Aspirado	Equipo/colector	Obs
Limpieza	carga < 2"	01 trabajador	Previo desatado y regado de carga se debe contar área sostenida Pallaqueo de desmonte que sale por voladura Seleccionamiento de carga fina menor a 2" y acumular en un punto o área para poder
		Succionar	succionar Personal revisando y golpeando la tubería de succión para que no se atasca el mineral
		02 trabajadores	que tenga mayor humedad producto del regado Succionar carga menor a 2 pulgadas Ensacado y acumulado en lugar asignado

De tonelaje y ley a contenido metálico

El contenido metálico en gramos se calcula con:

$$Gr = Tn \times Gr/Tn$$

- Tn: 32.63
- Ley: 35 gr/tn
- Gr = 32.63 tn* 35 gr/tn
- Gr = 1142.05 gr

La aspiradora tiene 84.6 horas de operación.

Tabla 6 Gramos recuperados

Tarea	Sacos	Tn	gr/tn	gr
Aspiradora	1305	32.63	35	1142.05

Por lo que:

Producción hora:

- P_{rh}: 1142.05 gr / 84.6 h/gr
- P_{rh}: 13.49 gr/h

d. A Pulso

Se ha realizado limpieza a pulso cuando el mineral era de un alto contenido metálico y no se tenía entablado todo el canal de rastrillaje, también al realizar el desentablado del canal de rastrillaje se recuperó a pulso el mineral de los hastiales.

Figura 14 Limpieza a pulso



Tabla 7 Limpieza a pulso

LImpleza	**Pulso**	**Personal**	**Obs**
	Carga > 2"	03 directo a sacos	Previo desatado y regado de carga se debe contar área sostenida Pallaqueo de desmonte que sale por voladura Enrejado entre puntales con rajados para acumular el desmonte Pircado del desmonte Seleccionar carga gruesa Ensacado de mineral grueso Traslado de sacos con mineral grueso hacia área de acumulación (ingreso de equipo)

- Tn: 106.03
- Ley: 19.08 gr/tn
- Gr = 106.03 tn* 19.08 gr/tn
- Gr = 2023.05 gr

Tabla 8 Limpieza a pulso

Tarea	Sacos	Tn	gr/tn	gr
A pulso	4241	106.03	19.08	2023.05

e. Barrido:

Se ha realizado después de haber culminado toda la limpieza mencionada líneas arriba, ya que en las protuberancias, desniveles y fracturas del piso quedan mineral fino.

Figura 15 Barrido de mineral



- Tn: 0.63
- Ley: 21.63 gr/tn
- Gr = 0.63 tn* 21.63 gr/tn
- Gr = 13.6269 gr

Tabla 9 Barrido de mineral

Tarea	Sacos	Tn	gr/tn	gr
Barrido	25	0.63	21.63	13.6269

f. Lavado de Tajo:

Después de barrido del piso de tajo se observó que aún quedaba mineral fino en las fracturas, patilla de los puntales y cribenes.

Por lo cual se procedió a realizar el lavado de lo mencionado, de esta forma todo el tajo quedo sin mineral fino.

Figura 16 lavado de tajo



- Tn: 1.93
- Ley: 20.5 gr/tn
- Gr = 1.93 tn* 20.5 gr/tn
- Gr = 39.57 gr

Tabla 10 Lavado de tajo

Tarea	Sacos	Tn	gr/tn	gr
Lavado	77	1.93	20.5	39.57

g. Recuperación de manga (Piso):

Una vez recuperado todo el mineral fino con barrido y lavado, se procedió recuperar el entablado, observando que sobre la manga de ventilación se tenía bastante mineral fino, que se procedió a recuperar a pulso, todo el canal de rastrillaje, para que se pueda realizar el relleno de tajo.

Figura 17 Recuperación de manga



- Tn: 5.75
- Ley: 30 gr/tn
- Gr = 5.75 tn* 30 gr/tn
- Gr = 172.50 gr

Tabla 11 Recuperación de manga

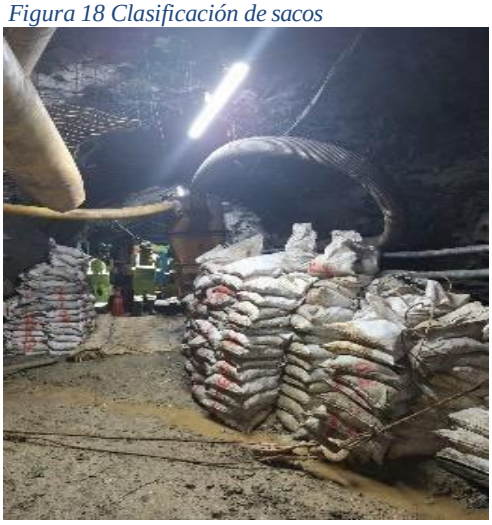
Tarea	Sacos	Tn	gr/tn	gr
Recuperacion de manga	230	5.75	30	172.50

h. Clasificación de sacos

Dentro de nuestros controles operacionales y en coordinación con la supervisión, se clasifica mineral aspirado y a pulso en lugares establecidos para un adecuado control.

En la toma fotográfica, los sacos de la izquierda son de aspirado y los de la derecha son a pulso.

Figura 18 Clasificación de sacos



i. Muestreo de Sacos:

Los muestreos de los sacos se realizan diariamente por personal asignado por el área de geología, quienes ingresan a inicio de guardia y los sacos que no tienen marca roja son las que se debe muestrear y los que ya cuentan con la marca roja

ya fueron muestreados, de esta manera se lleva los controles de los sacos recuperados.

Figura 19 Muestreo de sacos



3.6.2. Producción de finos

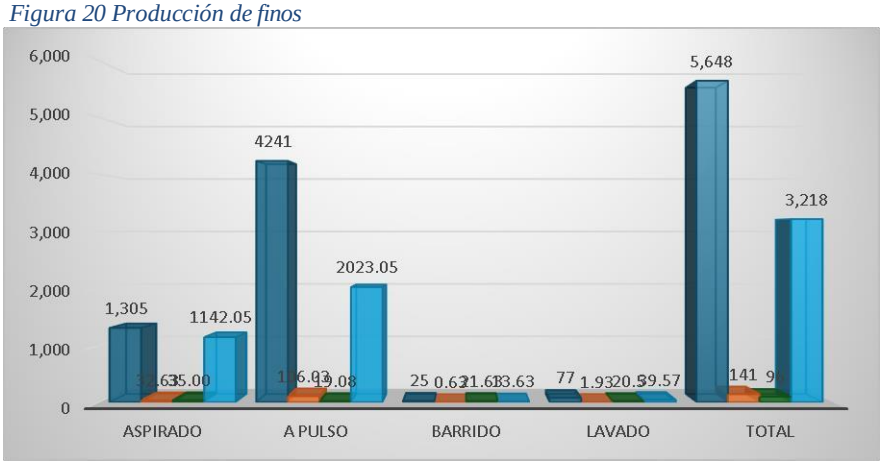
Al revisar el cuadro de recuperación de finos de oro por tipo de tarea, se observa que el proceso no se comporta de manera uniforme, sino que cada actividad aporta de forma distinta tanto en volumen (Tn) como en contenido metálico (gr). En primer lugar, el método “A pulso” concentra la mayor cantidad de material recuperado, alcanzando 106.03 toneladas, lo que representa aproximadamente el 75.2 % del tonelaje total. Asimismo, aporta 2023.05 gramos de oro, equivalente al 62.9 % del total recuperado. Sin embargo, su ley promedio es de 19.08 gr/Tn, una de las más bajas del conjunto, lo que deja entrever que, aunque mueve mayor volumen, la calidad del material es relativamente menor.

Tabla 12 Producción de finos

Tarea	Sacos	Tn	gr/tn	gr
Aspirado	1,305	32.63	35.00	1142.05
A pulso	4241	106.03	19.08	2023.05
Barrido	25	0.63	21.63	13.63
Lavado	77	1.93	20.5	39.57

En contraste, el proceso de “Aspirado” muestra un comportamiento bastante interesante. A pesar de representar solo 32.63 toneladas (alrededor del 23.1 % del total), logra recuperar 1142.05 gramos de oro, lo que equivale al 35.5 % del contenido metálico total. Lo más relevante aquí es su ley de 35.00 gr/Tn, claramente superior al resto de métodos. Si se compara directamente con el método “A pulso”, el aspirado presenta una ley 83.4 % mayor, lo que evidencia una mayor eficiencia en la recuperación de partículas finas con alto contenido aurífero.

Figura 20 Producción de finos



Por otro lado, las actividades de “Barrido” y “Lavado” tienen una participación bastante limitada. El barrido aporta apenas el 0.45 % del tonelaje y el 0.42 % del oro recuperado, mientras que el lavado contribuye con aproximadamente 1.37 % del tonelaje y 1.23 % del contenido metálico. En términos comparativos, su impacto operativo es marginal frente a los otros métodos, lo que sugiere que su rol dentro del proceso es más complementario que determinante.

3.6.3. Producción en sacos

El total recuperado fue de 5,648 sacos, equivalente al 100% de las tareas registradas.

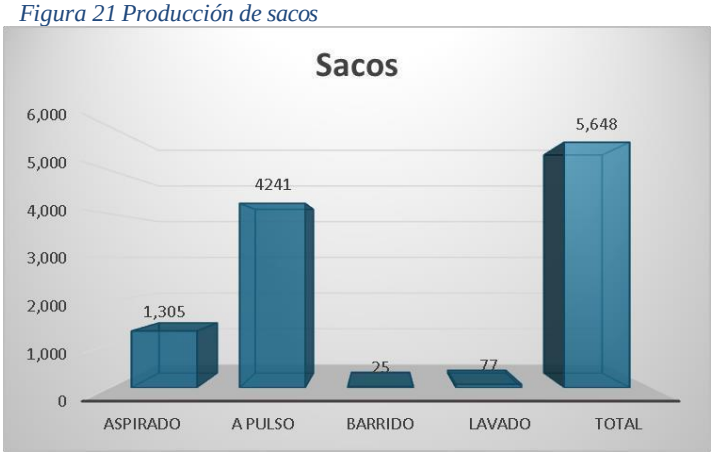
Tabla 13 Producción de sacos

Tarea	Sacos
Aspirado	1,305
A pulso	4241
Barrido	25
Lavado	77
Total	5,648

- Pulso: 4,241 sacos, que representan el 75.08% del total.
- Aspirado: 1,305 sacos, que representan el 23.11% del total.
- Lavado: 77 sacos, que representan el 1.36% del total.
- Barrido: 25 sacos, que representan el 0.44% del total.

Se observa que la actividad con mayor aporte en la recuperación de material fue “A pulso”, con 4,241 sacos, concentrando más de las tres cuartas partes del total recuperado (75.08%). Esto indica que, dentro del proceso evaluado, esta tarea fue la de mayor incidencia operativa.

Figura 21 Producción de sacos



En segundo lugar, se encuentra el aspirado, con 1,305 sacos, equivalente al 23.11%. Aunque su participación es bastante menor respecto a “A pulso”, sigue

representando cerca de una cuarta parte del total, por lo que también constituye una actividad relevante dentro del proceso de recuperación.

Por otro lado, las tareas de lavado y barrido muestran una participación mínima. El lavado alcanzó 77 sacos (1.36%), mientras que el barrido solo registró 25 sacos (0.44%). En conjunto, ambas tareas suman apenas 102 sacos, es decir, 1.81% del total, lo que evidencia una incidencia muy reducida frente a las demás actividades.

3.6.4. Producción en Tn

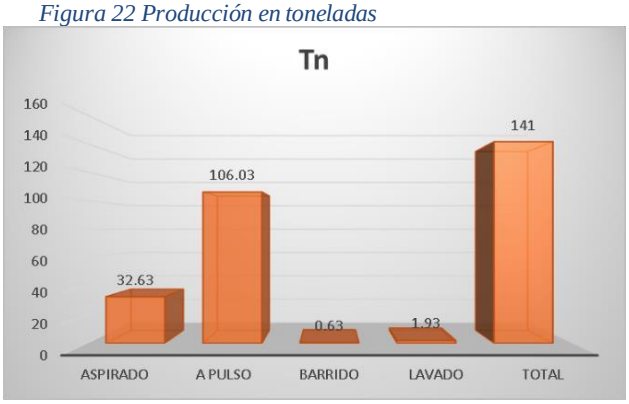
El volumen total recuperado asciende a 141 Tn, que representa el 100% del material considerado en el proceso.

Tabla 14 Producción en toneladas

Tarea	Tn
Aspirado	32.63
A pulso	106.03
Barrido	0.63
Lavado	1.93
Total	141

- A pulso: 106.03 Tn, equivalente al 75.20% del total.
- Aspirado: 32.63 Tn, equivalente al 23.14% del total.
- Lavado: 1.93 Tn, equivalente al 1.37% del total.
- Barrido: 0.63 Tn, equivalente al 0.45% del total.

Figura 22 Producción en toneladas



Se aprecia que la mayor cantidad de material recuperado provino de la actividad a pulso, con 106.03 Tn, concentrando aproximadamente tres cuartas partes del total (75.20%).

Este resultado muestra que dicha tarea fue la principal fuente de recuperación dentro del proceso evaluado.

En segundo orden se ubica el aspirado, con 32.63 Tn, lo que representa 23.14% del total.

Aunque su contribución es claramente menor respecto al trabajo a pulso, sigue teniendo una participación importante, cercana a una cuarta parte del total recuperado.

Por su parte, las actividades de lavado y barrido registran valores bastante reducidos.

El lavado alcanzó 1.93 Tn (1.37%), mientras que el barrido apenas llegó a 0.63 Tn (0.45%).

En conjunto, ambas tareas suman 2.56 Tn, es decir, apenas 1.82% del total, lo que evidencia una incidencia operativa marginal.

3.6.5. Producción en leyes

La sumatoria de leyes registradas es de 96.21 gr/tn

Tabla 15 Producción en leyes

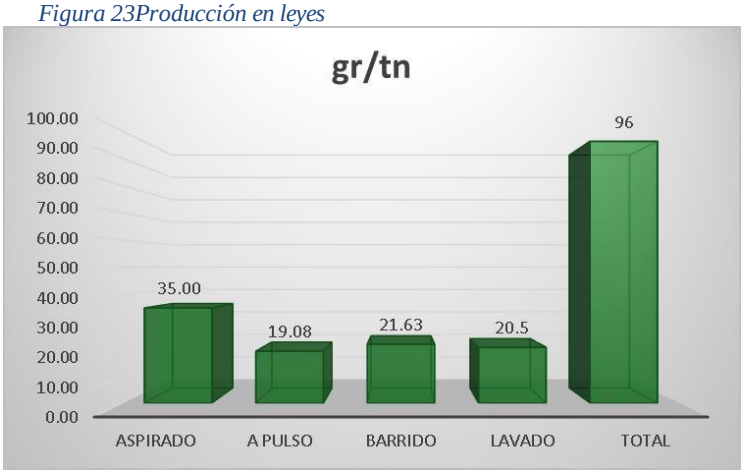
Tarea	gr/tn
Aspirado	35.00
A pulso	19.08
Barrido	21.63
Lavado	20.5
Total	96.21

Tomando como base la suma de las leyes individuales (96.21 gr/tn = 100%), la distribución es la siguiente:

- Aspirado: 35.00 gr/tn, equivalente al 36.38%
- Barrido: 21.63 gr/tn, equivalente al 22.48%
- Lavado: 20.50 gr/tn, equivalente al 21.31%
- A pulso: 19.08 gr/tn, equivalente al 19.83%

Desde el punto de vista de la ley del material, la tarea de aspirado presenta el valor más alto, con 35.00 gr/tn, concentrando 36.38% de la ley total acumulada. Esto indica que el material recuperado mediante aspirado tuvo una calidad metalúrgica superior respecto a las demás tareas evaluadas.

Figura 23Producción en leyes



En segundo nivel se ubica el barrido, con 21.63 gr/tn, que representa 22.48% del total. Muy cerca aparece el lavado, con 20.50 gr/tn, equivalente al 21.31%.

Ambas actividades muestran leyes intermedias, relativamente próximas entre sí, con una diferencia de apenas 1.13 gr/tn.

Por su parte, la tarea a pulso registra la ley más baja, con 19.08 gr/tn, representando 19.83%.

Aunque fue la actividad con mayor volumen en sacos y toneladas en los cuadros anteriores, aquí se observa que su contenido metálico por tonelada fue menor frente al material recuperado por aspirado.

3.6.6. Producción en gramos de Au

El contenido total recuperado fue de 3,218.30 gramos, equivalente al 100% del total.

Tabla 16 Producción en gramos

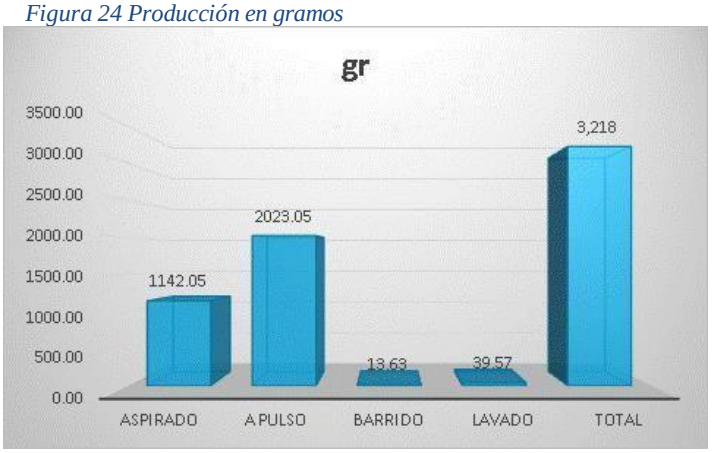
Tarea	gr
Aspirado	1142.05
A pulso	2023.05
Barrido	13.63
Lavado	39.57
Total	3,218

Tomando como base el total calculado de 3,218.30 gr, la distribución es la siguiente:

- A pulso: 2,023.05 gr, equivalente al 62.86%
- Aspirado: 1,142.05 gr, equivalente al 35.49%
- Lavado: 39.57 gr, equivalente al 1.23%
- Barrido: 13.63 gr, equivalente al 0.42%

Se observa que la mayor recuperación de oro en gramos provino de la tarea a pulso, con 2,023.05 gr, lo que representa 62.86% del total recuperado. Este resultado confirma que, en términos de contenido metálico absoluto, esta actividad fue la más representativa dentro del proceso.

Figura 24 Producción en gramos



En segundo lugar, se encuentra el aspirado, con 1,142.05 gr, equivalente al 35.49%. Aunque su participación es menor que la recuperación a pulso, sigue constituyendo una fracción bastante importante del total, superior a un tercio del contenido recuperado.

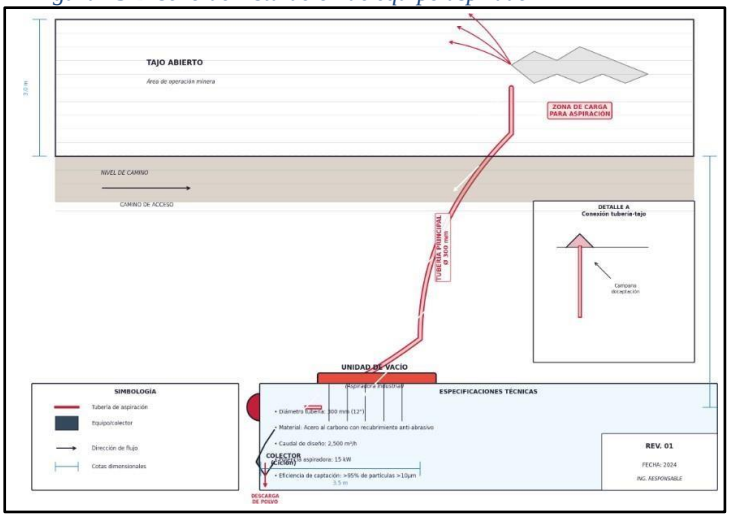
Las tareas de lavado y barrido presentan una incidencia muy reducida. El lavado aportó 39.57 gr (1.23%), mientras que el barrido apenas alcanzó 13.63 gr (0.42%). En conjunto, ambas tareas sumaron 53.20 gr, es decir, solo 1.65% del total recuperado, lo que evidencia una participación marginal frente a las dos actividades principales.

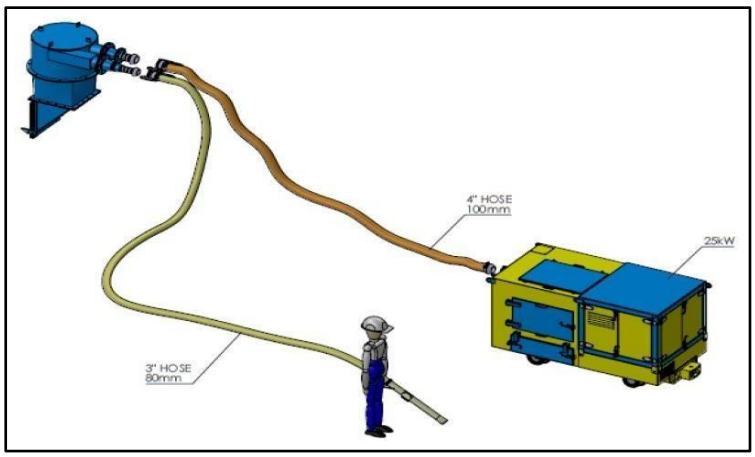
3.7. PROCESO DE RECUPERACIÓN DE FINOS POR ASPIRADO

3.7.1. Secuencia operativa

Establecer la secuencia operativa para la recuperación eficiente de mineral fino en labores subterráneas mediante el uso de sistema de aspiración, optimizando la recuperación de contenido metálico y reduciendo pérdidas operativas en los tajeos, incluyendo las cámaras de instalación del sistema de aspiración, líneas de tuberías y zonas de acumulación de material fino.

Figura 25 Diseño de instalación de equipo aspirador







3.7.2. Coordinaciones preliminares

Antes de iniciar los trabajos, es necesario asegurar una adecuada articulación entre las áreas involucradas, ya que el proceso no depende únicamente del equipo aspirador, sino del conjunto de condiciones operativas que lo rodean.

La Jefatura de Mantenimiento Mina deberá brindar soporte en la adecuación de las instalaciones eléctricas necesarias para el funcionamiento del equipo, además de capacitar al personal en la operación segura de la aspiradora y en la aplicación de medidas preventivas. Asimismo, se deberá implementar el check list operativo del equipo.

Por su parte, la Jefatura de Mina deberá asignar un técnico responsable del proceso de recuperación de finos, quien estará encargado de coordinar los trabajos en campo, supervisar la ejecución y asegurar el cumplimiento de las actividades programadas. De igual forma, deberá gestionar la disponibilidad de equipos auxiliares, como el scoop, para la limpieza de carga, así como garantizar condiciones adecuadas de ventilación y sostenimiento en las zonas de trabajo.

Se deberá contar con la documentación técnica del equipo aspirador, la cual permitirá una mejor comprensión de sus condiciones de operación y mantenimiento.

3.7.3. Personal mínimo

- 01 perforista
- 01 ayudante perforista
- 01 operador de aspiradora
- 01 operario de revisión de red de tuberías
- 01 operador de colector

Cada trabajador deberá contar con las certificaciones correspondientes (SUCAMEC y licencias internas), según la actividad que desempeñe.

3.7.4. Preparación del área de trabajo

Previo al inicio de la recuperación, se deberá acondicionar la zona de operación, lo cual implica una serie de actividades que, aunque pueden parecer rutinarias, son determinantes para el éxito del proceso.

En primer lugar, se realizará la limpieza de las labores hasta la cámara donde se instalará la aspiradora. Esta limpieza permitirá eliminar material grueso que pueda interferir con el sistema de succión.

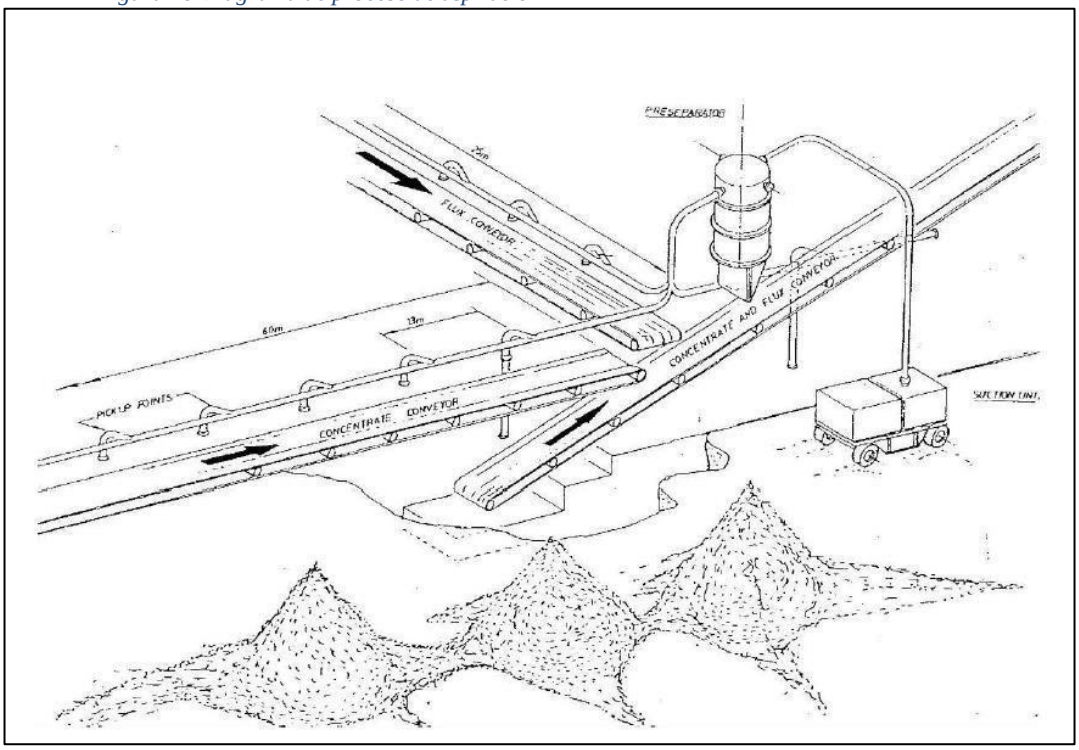
Luego se procederá con la habilitación de accesos por chimeneas, los cuales permitirán el tránsito del personal y la instalación de las tuberías hacia los tajeos. Este punto es importante, porque la eficiencia del sistema depende en gran medida de la continuidad de la red de succión.

3.7.5. Instalación del sistema de aspiración

Una vez habilitada la zona, se procederá a la instalación del sistema, el cual comprende varios componentes que deben funcionar de manera integrada.

Se realizará la instalación de las tuberías de succión, verificando cada uno de sus accesorios: alcayatas, abrazaderas, codos, bridas, empaquetaduras y seguros con cadena en los empalmes. Se debe asegurar que no existan fugas de aire, ya que estas reducen la eficiencia del sistema.

Figura 26 Diagrama de proceso de aspiración



De manera paralela, se deberá verificar y adecuar la ventilación de la cámara, asegurando condiciones seguras para el personal y el correcto funcionamiento del

equipo.

Asimismo, se revisará el sostenimiento de la cámara, garantizando estabilidad estructural durante toda la operación.

Posteriormente, se realizará el traslado, ubicación y nivelación de la aspiradora, considerando criterios de accesibilidad, seguridad y facilidad de operación.

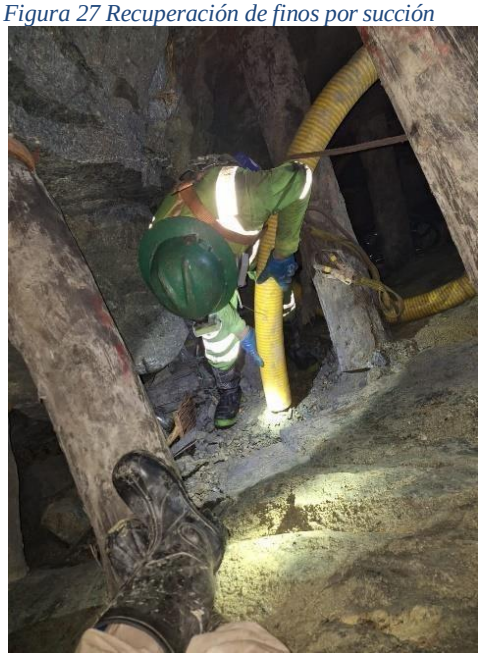
Finalmente, se instalará el colector de material, el cual permitirá separar y almacenar el mineral fino aspirado.

3.7.6. Ejecución de la recuperación de finos

Con el sistema instalado, se inicia la etapa operativa.

El proceso comienza en los tajeos, donde el material fino acumulado en el piso, fracturas y zonas irregulares es succionado a través de la red de tuberías.

Figura 27 Recuperación de finos por succión



El operador de la aspiradora controla el flujo, mientras que el operario de tuberías supervisa posibles obstrucciones.

Figura 28Instalación de Aspiradora de succión

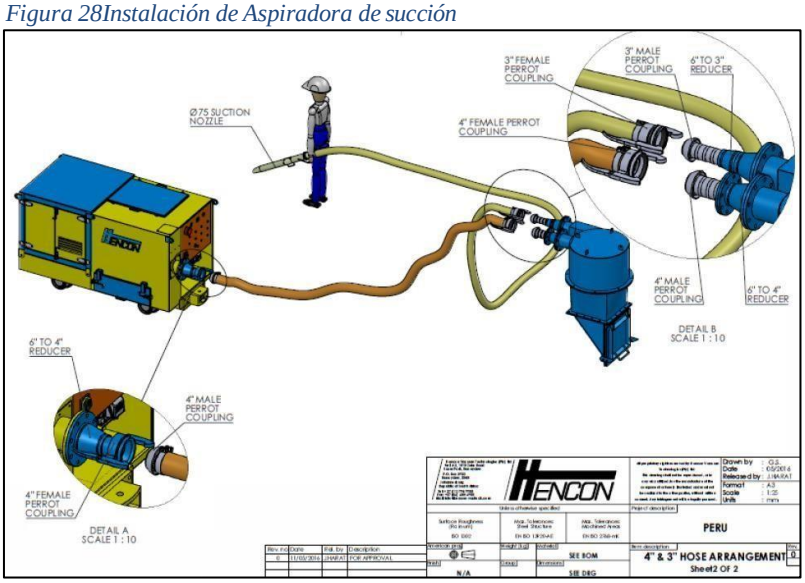


Figura 29 Recolección de mineral fino



El material es transportado por la tubería hasta el colector, donde se deposita para su posterior embolsado.

De manera complementaria, se puede realizar recuperación manual en zonas donde la succión no alcanza, especialmente en espacios reducidos o con alta humedad.

Figura 30 Colector de finos



3.7.7. Manejo y almacenamiento del material recuperado

El mineral fino recolectado se almacena en sacos, los cuales son trasladados hacia una cancha de acopio previamente definida.

Figura 31Almacenamiento de sacos



En esta etapa se debe llevar un control de:

- Número de sacos
- Peso estimado
- Procedencia del material
- Condiciones de humedad

Posteriormente, los sacos son enviados a planta para su procesamiento y análisis de ley.

3.7.8. Control y seguimiento

Durante toda la operación se deberá realizar un control continuo del proceso, verificando:

- Funcionamiento de la aspiradora
- Estado de las tuberías
- Rendimiento de recuperación
- Condiciones de seguridad

Podría decirse que este seguimiento es lo que permite ajustar el proceso en campo, ya que no todas las condiciones son iguales en cada tajo.

3.7.9. Consideraciones de seguridad

El personal deberá cumplir estrictamente con el uso de EPP completo, así como con las normas de seguridad establecidas en minería subterránea.

Se deberá prestar especial atención a:

- Polvo en suspensión
- Ruido del equipo
- Riesgo eléctrico
- Caída de rocas

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron describir, con base en registros operativos y de producción, cómo se desarrolla la recuperación de mineral fino de oro mediante succión en el Nv 1720, tajeo 5480-1 de la U.E.A. Marañón. En términos generales, el proceso no se limita al uso aislado de la aspiradora, sino que forma parte de una secuencia de trabajo en la que también intervienen actividades complementarias como limpieza a pulso, barrido, lavado de tajo y recuperación del material retenido sobre mangas de ventilación. Esta observación es importante, porque en la práctica el aprovechamiento del fino no depende de una sola acción, sino del encadenamiento ordenado de varias etapas operativas.

Durante la etapa de perforación se trabajó con una potencia promedio de veta de 0,5 m. Para ello se utilizó una malla en zig-zag con un espaciamiento de 0,3 m × 0,3 m, taladros de 1,1 m de longitud y barras de perforación de 5 pies. Con estos parámetros se estimó un volumen de 2,75 m^3 por tanda, equivalente aproximadamente a 7,84 toneladas de material.

Estas condiciones muestran que la perforación debía realizarse con bastante control, principalmente por el reducido ancho de la veta. Al tratarse de una sección angosta, cualquier desviación durante el arranque podía incorporar material de caja y aumentar la dilución. Por ello, mantener la precisión durante la perforación era importante para aprovechar mejor el mineral y evitar una mezcla innecesaria con material estéril.

Respecto a la voladura, se utilizaron 4.31 kg de explosivo total por disparo,

distribuidos en 15 taladros, lo que generó una carga media de 0.29 kg por taladro. El factor de carga fue de 0.26 kg/m de taladro, el factor de carga global alcanzó 1.57 kg/m³ y el factor de potencia fue de 0.55 kg/t. Estos resultados reflejan una voladura de intensidad moderada, diseñada más para controlar la fragmentación que para maximizar rotura. De alguna manera, estas condiciones están relacionadas con lo que busca la operación, que es mantener un mejor control de la sobrerotura, reducir la dilución y evitar, en lo posible, que se genere una cantidad excesiva de finos que luego queden dispersos dentro de la labor.

En cuanto al sostenimiento, después del disparo se colocaron puntales con Jackpot con un espaciamiento de 1,0 m × 1,0 m. Este sistema se complementó con wood pack y relleno detrítico en toda el área explotada. Aunque el sostenimiento no forma parte directa del proceso de recuperación de finos, sí influye en este de manera indirecta, porque define la estabilidad del tajo y también puede generar zonas irregulares, patillas o espacios donde parte del material fino termina quedando atrapado. En otras palabras, el sostenimiento no solo aporta seguridad, también modifica la manera en que el fino se deposita y luego puede ser recuperado.

Al evaluar la producción de finos por tipo de tarea, se obtuvo un total de 5,648 sacos, equivalente a 141 Tn y a un contenido metálico total de 3,218.30 g de Au. La recuperación a pulso fue la actividad de mayor aporte, con 4,241 sacos, es decir, 75.08% del total. En tonelaje alcanzó 106.03 Tn, equivalente al 75.20%, y produjo 2,023.05 g de Au, lo que representa 62.86% del contenido recuperado. Sin embargo, su ley fue de 19.08 gr/Tn, la más baja entre las actividades principales. Esto deja ver que el método a pulso destaca por volumen, pero no necesariamente por selectividad metalúrgica.

Por otro lado, el aspirado recuperó 1,305 sacos, equivalentes al 23.11% del total. En

peso alcanzó 32.63 Tn (23.14%) y generó 1,142.05 g de Au, es decir, 35.49% del oro recuperado. Lo más relevante aquí es la ley obtenida: 35.00 gr/Tn, la más alta del conjunto y equivalente al 36.38% de la sumatoria de leyes registradas. Este resultado indica que, aunque la aspiradora no fue la actividad de mayor volumen, sí mostró una recuperación más rica en contenido metálico por tonelada tratada. En términos comparativos, la ley del aspirado fue 83.4% mayor que la obtenida en la limpieza a pulso, lo que evidencia una mejor calidad del material recuperado por succión.

Las actividades de barrido y lavado tuvieron una contribución bastante menor. El barrido registró 25 sacos (0.44%), 0.63 Tn (0.45%) y 13.63 g de Au (0.42%), con una ley de 21.63 gr/Tn. Por su parte, el lavado permitió recuperar 77 sacos, que representaron el 1,36 %, con un total de 1,93 Tn, equivalente al 1,37 %, y 39,57 g de Au, correspondiente al 1,23 %. La ley obtenida en esta etapa fue de 20,50 gr/Tn. Al considerar de manera conjunta estas dos actividades, se alcanzó un total de 102 sacos, 2,56 Tn y 53,20 g de Au, lo que muestra que su participación dentro del proceso fue principalmente complementaria.

Aun así, estas tareas fueron importantes porque permitieron recoger parte del material que había quedado retenido en fracturas, patillas de los puntales y pequeñas irregularidades del piso. Con ello, el tajo quedó prácticamente libre de finos residuales.

Otro resultado que muestra la importancia de este proceso corresponde a la recuperación de manga. En esta etapa se obtuvieron 5,75 Tn de material con una ley de 30 gr/Tn, lo que representó una recuperación de 172,50 g de Au. Este resultado permite observar que el entablado realizado con mangas de ventilación en desuso no solamente ayuda a evitar que los finos se pierdan durante el rastrillaje, sino que también funciona como una superficie donde parte de este material queda retenido.

En la práctica, esto demuestra que la recuperación de finos no depende únicamente del sistema de succión. También tiene bastante influencia la manera en que se prepara el piso del canal de rastrillaje y el control que se mantiene sobre el desplazamiento del mineral durante la limpieza gruesa. Una adecuada preparación de esta zona puede ayudar a que una mayor cantidad de finos quede disponible para su posterior recuperación.

En el caso de la aspiradora, se registraron 84,6 horas de trabajo, tiempo en el que se logró recuperar 1 142,05 g de Au. Esto representa un rendimiento aproximado de 13,49 g de Au por hora de operación. Este dato permite observar de una manera más clara el desempeño real del equipo, ya que no solo interesa la cantidad de material que logra aspirar, sino también cuánto oro se recupera durante el tiempo que permanece en funcionamiento.

Bajo esta forma de evaluación, la succión presenta un rendimiento favorable, principalmente cuando se realiza después de la limpieza gruesa. Además, sus resultados pueden mejorar cuando previamente se aplican medidas como el entablado del canal de rastrillaje y una adecuada clasificación de los sacos recuperados.

En síntesis, los resultados muestran que la recuperación de finos en la U.E.A. Marañón se apoya principalmente en dos actividades. Por un lado, la limpieza a pulso, que concentra la mayor cantidad de material recuperado y también el mayor contenido metálico. Por otro, el aspirado, que cumple una función importante dentro de la etapa final de limpieza.

Por ello, la succión no debería analizarse como una actividad separada del resto del proceso, sino como parte de una secuencia más amplia de recuperación. Uno de los

aspectos que deja más claro el estudio es que la eficiencia del método no depende únicamente del equipo utilizado. También influyen el orden en que se desarrollan las tareas, la forma en que se ejecuta la limpieza y el control que se mantiene en cada una de las etapas del trabajo.

4.2. DISCUSION

Al revisar los resultados obtenidos, se puede observar que la recuperación de mineral fino de oro en la U.E.A. Marañón no depende de una sola actividad, sino de varias labores que se complementan entre sí, como el aspirado, la recuperación a pulso, el barrido y el lavado. En conjunto, estas actividades permitieron recuperar 141 Tn de material y 3 218,30 g de Au.

Sin embargo, la participación de cada actividad fue diferente. La recuperación a pulso fue la que concentró la mayor cantidad de material, alcanzando 106,03 Tn, que representan el 75,20 % del total recuperado. Esta actividad también aportó 2 023,05 g de Au, equivalente al 62,86 % del oro total. En el caso del aspirado, se recuperaron 32,63 Tn, es decir, el 23,14 %, junto con 1 142,05 g de Au, que representan el 35,49 %. Además, esta etapa presentó la ley más alta, con 35,00 gr/Tn. En cambio, el barrido y el lavado tuvieron una participación bastante menor, con 0,63 Tn y 1,93 Tn, respectivamente.

Otro aspecto importante es el tiempo de trabajo de la aspiradora. El equipo operó durante 84,6 horas y alcanzó un rendimiento aproximado de 13,49 g de Au por hora. Este resultado permite apreciar que la succión tiene un aporte importante dentro de la recuperación de finos, aunque su mejor desempeño se entiende cuando forma parte de una secuencia de limpieza y no como una actividad realizada de manera independiente.

Estos resultados tienen relación con lo encontrado por Román Barrios (2025). En su investigación, la aspiradora MONICA permitió recuperar 1306,0 TM de material, cantidad que fue 16,1 % mayor a las 1124,9 TM obtenidas mediante el uso de escobas de acero. Sin embargo, al revisar la calidad del material recuperado, el comportamiento fue diferente. El método manual alcanzó una ley promedio de 40,6 gr/ton, mientras que con la aspiradora se obtuvo 28,0 gr/ton.

Algo similar ocurrió con el contenido de oro recuperado. Mediante el método manual se alcanzaron 1483,9 Oz Au, mientras que la aspiradora obtuvo 1172,2 Oz Au. Esta diferencia también se reflejó en el aspecto económico, ya que el método manual generó una utilidad neta de US$ 3 054 087,7, superando en US$ 692 932,5 al método mecanizado. Estos resultados muestran que recuperar una mayor cantidad de material no necesariamente significa obtener una mejor recuperación, ya que también deben considerarse la ley del mineral, el contenido de oro y el resultado económico final.

De manera similar, Auccaille (2021) encontró que la aplicación de métodos más adecuados, acompañados de estándares, PETS, cochas y el uso de una aspiradora Hencon, permitió mejorar los resultados económicos del proceso. En su estudio se reportó un incremento de las utilidades de US$ 1 166 199,00, además de un VAN de US$ 541 659,60, una TIR de 86,03 % y un periodo de recuperación de la inversión de 1,16 meses.

Estos resultados guardan relación con lo encontrado en la presente investigación, principalmente porque muestran que la recuperación de finos no depende solamente del equipo que se utiliza. También influyen bastante la manera en que se organiza el trabajo, el control que se mantiene durante la operación y la existencia de procedimientos estandarizados para realizar cada actividad.

En conjunto, los tres estudios muestran una coincidencia importante: la recuperación de finos mejora cuando el proceso deja de ser improvisado y pasa a controlarse con criterio técnico. La diferencia está en el énfasis. En Marañón, el aspirado destacó por su alta ley y por su rol dentro de una secuencia integrada; en Santa María, el método manual mostró mayor rentabilidad final; y en el estudio de Auccaille, la mejora se sostuvo en la combinación de equipo, procedimiento y gestión. Por otro lado, también se ve que las barreras siguen siendo parecidas: humedad del mineral, necesidad de entablado, atascamiento de tuberías y dependencia de varias etapas para cerrar completamente la limpieza del tajo. En ese sentido, podría decirse que la succión es una herramienta potente, sí, pero su verdadero rendimiento aparece cuando trabaja.

CONCLUSIONES

1. Se logró describir de manera técnica y detallada cómo se realiza actualmente la recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón. A partir de ello se pudo observar que este proceso no funciona como una actividad independiente, sino que forma parte de una secuencia de limpieza en la que intervienen varias tareas, entre ellas el pallaqueo, el rastrillaje con winche, el aspirado, la recuperación a pulso, el barrido, el lavado y la recuperación del material que queda retenido en las mangas.

   Dentro de esta secuencia, la succión ocupa una etapa importante, aunque su resultado depende también de cómo se desarrollan las labores anteriores, de la preparación del canal de rastrillaje y del control que se realiza después sobre el material recuperado. En total, durante el proceso evaluado se recuperaron 141 toneladas de material fino, equivalentes a 3 218,30 gramos de oro. Estos resultados permiten concluir que la limpieza fina tiene una participación real en el aprovechamiento del recurso aurífero, ya que permite recuperar material que, de no aplicarse estas actividades, podría quedar como una pérdida dentro del tajo.
2. Se describieron las principales condiciones operativas bajo las cuales se realiza la recuperación de mineral fino de oro mediante succión. A partir de lo observado, se pudo determinar que este método combina control operativo, apoyo manual y algunas adaptaciones realizadas dentro del propio tajo.

   Entre los aspectos más importantes se identificó la necesidad de colocar mangas de ventilación en desuso sobre el canal de rastrillaje, con la finalidad de evitar pérdidas de material fino. También se observó la participación de tres trabajadores durante la etapa de aspirado. Por otro lado, la presencia de humedad generó

algunas obstrucciones en las tuberías, por lo que en ciertos momentos fue necesario realizar golpeteos para recuperar el flujo normal del sistema. Asimismo, la aspiradora registró 84.6 horas de operación, alcanzando un rendimiento aproximado de 13.49 gramos por hora, indicador que muestra una capacidad de recuperación constante, aunque condicionada por la humedad del mineral, la accesibilidad de la labor y el estado del piso del tajo. También se observó que el aspirado recuperó 32.63 toneladas, equivalentes al 23.14 % del total, pero con una ley de 35.00 gr/Tn, que resultó ser la más alta de todo el proceso. Esto significa que, aunque no fue la actividad de mayor volumen, sí presentó una mejor calidad metalúrgica del material recuperado.

3. En relación con la evaluación de la eficiencia económica del proceso de succión, se concluye que el aspirado mostró un comportamiento favorable desde el punto de vista de la calidad del material recuperado, aunque no dominó en volumen total frente a la recuperación a pulso. El método a pulso concentró 106.03 toneladas, equivalentes al 75.20 % del total, y recuperó 2,023.05 gramos de oro, es decir, 62.86 % del contenido metálico total. Sin embargo, su ley fue de apenas 19.08 gr/Tn, mientras que el aspirado alcanzó 35.00 gr/Tn, valor superior en 83.4 % respecto al método a pulso. Este resultado permite sostener que la succión ofrece una mejora clara en selectividad metalúrgica, ya que logra recuperar material de mayor contenido aurífero por tonelada tratada. En consecuencia, su eficiencia económica no debe analizarse solo por el tonelaje movilizado, sino por la relación entre ley recuperada, contenido metálico obtenido y tiempo efectivo de operación. Los resultados también permitieron establecer que las actividades de barrido y lavado cumplieron una función complementaria dentro del proceso, pero con una incidencia operativa bastante reducida. El barrido apenas aportó 0.63 toneladas

(0.45 %) y 13.63 gramos de oro (0.42 %), mientras que el lavado recuperó 1.93 toneladas (1.37 %) y 39.57 gramos (1.23 %). En conjunto, ambas etapas solo representaron 1.82 % del tonelaje total y 1.65 % del contenido metálico recuperado. Aun así, su aporte no resulta irrelevante, porque permitieron retirar el mineral retenido en fracturas, patillas de puntales y pequeñas irregularidades del piso, mejorando la limpieza final del tajo. Por eso, más que métodos de alta producción, funcionan como etapas de cierre operativo que reducen pérdidas residuales y contribuyen a dejar la labor en mejores condiciones para el relleno y la continuidad del ciclo minero.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer un procedimiento operativo estandarizado para la recuperación de mineral fino mediante succión. Los resultados obtenidos muestran que este trabajo no depende únicamente del aspirado, sino de una secuencia de actividades que incluye pallaqueo, rastrillaje, succión, recuperación a pulso, barrido, lavado y recuperación del material retenido en las mangas. Considerando que todo el proceso permitió recuperar 141 Tn de material y 3 218,30 g de Au, resulta importante que cada una de estas etapas quede claramente definida. Para ello se deberían establecer responsables, tiempos de ejecución, controles y criterios de trabajo, de manera que se reduzcan las improvisaciones y sea posible llevar un mejor seguimiento de lo realizado en cada fase del proceso.
2. Se recomienda optimizar las condiciones operativas del sistema de aspiración, especialmente en lo referido a humedad del material, obstrucción de tuberías y continuidad del flujo de succión. Durante la operación se registraron 84.6 horas de trabajo con aspiradora y un rendimiento de 13.49 g/h, pero también se observó la necesidad de golpeteo eventual de tuberías por atascamientos. En ese sentido, conviene implementar rutinas de inspección preventiva de mangueras, codos, empalmes y colectores, así como controles más estrictos del estado del piso y del grado de humedad del material antes del inicio del aspirado.
3. Se recomienda mantener y fortalecer el uso de entablado con mangas de ventilación en desuso en el canal de rastrillaje, debido a que esta medida mostró resultados concretos en la retención de finos. La recuperación de mangas alcanzó 5.75 Tn y 172.50 g de Au, con una ley de 30 gr/Tn, lo que demuestra que este control previo evita pérdidas durante el arrastre del mineral grueso. Por ello, esta

práctica no debería quedar como una acción ocasional, sino incorporarse como parte regular del proceso de limpieza en aquellos tajeos donde exista riesgo de dispersión de finos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

Auccaille Quispe, J. (2021). Incremento de la recuperación de finos auríferos con métodos adecuados en las labores de la Unidad de Producción Santa María – Compañía Minera Poderosa S.A. [Tesis, completar universidad].

Cahuana, [Iniciales]. (2020). Evaluación del proceso de limpieza de relaves auríferos mediante succión hidráulica en la cuenca del Inambari [Tesis, completar universidad].

Dominy, S. C., Glass, H. J., & Minnitt, R. C. A. (2022). Sampling broken ore residues in underground gold workings: Implications for reconciliation and lost revenue. Minerals, 12

Hamilton, J. C. (1988). A study of the fine gold recovery of selected sluicebox configurations [Tesis de maestría o tesis universitaria, University of British Columbia].

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Janisch, P. R. (1986). Gold in South Africa: Sources, production and technology of gold mines.

Moscoso, [Iniciales], & Pereira, [Iniciales]. (2012). [Título completo del proyecto sobre rentabilidad de extracción aurífera mediante draga de succión en el río Cruzado]

Román Barrios, J. (2025). Recuperación de finos mediante aspiradora en comparación con escobas de acero en las labores de la Unidad de Producción Santa María Poderosa, 2024

SRK Consulting. (2021). Technical report on the Nechí alluvial gold mineral assets [Informe técnico].

United States Geological Survey. (1997). Studies of suction dredge gold-placer mining operations along the Fortymile River, Eastern Alaska [Informe técnico].

Widelski, T., & Stuve, R. (1993). Recovery of “lost” gold with vacuum technology.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Recuperación de mineral fino

Se refiere al proceso mediante el cual se recolectan las partículas auríferas de pequeño tamaño que permanecen en el piso o entre el material estéril después de la voladura. Dominy, Glass y Minnitt (2022) explican que la pérdida de finos es una de las principales causas de diferencia entre la ley de mina y la ley de planta, afectando la eficiencia metalúrgica y la rentabilidad operativa.

Succión minera

La succión minera consiste en aplicar un flujo de vacío o presión negativa para extraer material fino aurífero desde zonas de difícil acceso en labores subterráneas. Widelski y Stuve (1993) demostraron que el uso de sistemas de vacío industrial incrementa la recuperación de oro en más de 20 %, reduciendo pérdidas metálicas y mejorando la limpieza del tajo.

Tajeo

El tajeo es la labor principal de extracción en minería subterránea donde se realiza el arranque del mineral. Según Herrera Herbert (2018), los tajeos se diseñan considerando la geotecnia del macizo rocoso, la ley del mineral y el método de explotación, siendo el espacio donde se aplican directamente las labores de perforación, voladura, limpieza y succión.

Método de corte y relleno ascendente

Es un sistema de explotación subterránea que consiste en extraer el mineral por bancos horizontales y rellenar los vacíos con material estéril o pasta cementada para mantener la estabilidad del macizo rocoso. Herrera Herbert (2018) señala que este método facilita un mejor control de leyes y una mayor recuperación de mineral fino que otros métodos convencionales.

Eficiencia económica

La eficiencia económica mide la relación entre los beneficios obtenidos y los costos operativos del proceso minero. Peña Aguilar (2021) afirma que la rentabilidad de una operación aurífera depende de su capacidad para reducir costos unitarios y maximizar la recuperación metálica sin afectar la calidad del mineral procesado.

Eficiencia de recuperación aurífera

Representa el porcentaje del oro efectivamente recuperado en relación con el contenido total estimado en el mineral. Widelski y Stuve (1993) sostienen que la incorporación de tecnologías de vacío puede aumentar este indicador hasta un 85 %, optimizando el aprovechamiento del mineral y disminuyendo pérdidas económicas.

Ley del mineral

La ley del mineral expresa la concentración promedio de oro presente en una tonelada de material extraído. Hamilton (1988) destaca que pequeñas variaciones en el flujo hidráulico o en el diseño del equipo de recuperación pueden modificar la ley del concentrado final, afectando directamente la conciliación mina-planta.

Granulometría

La granulometría describe la distribución de tamaños de las partículas de un mineral o roca. Según Taggart (1956), este parámetro es esencial en la selección del método de concentración, ya que determina la eficiencia del proceso y la posibilidad de recuperación del oro fino mediante succión o canaletas.

Condiciones operativas

Son los factores técnicos y ambientales que influyen en el desempeño de una labor minera, como caudal, presión, humedad, inclinación del piso y accesibilidad. Herrera Herbert (2018) indica que controlar estos parámetros mejora la estabilidad del proceso y la eficiencia en la recuperación del mineral fino.

Caudal de succión

Se refiere al volumen de aire o agua que circula por el sistema de succión en un tiempo determinado. Widelski y Stuve (1993) demostraron que un control adecuado del caudal permite mejorar el rendimiento del equipo y evitar pérdidas de material durante la recuperación.

Costos unitarios de operación

Corresponden al gasto total necesario para producir o recuperar una tonelada de mineral, incluyendo mano de obra, energía, mantenimiento y suministros. Peña Aguilar (2021) explica que el análisis de costos unitarios es clave para determinar la rentabilidad del método de succión frente a los sistemas tradicionales de limpieza manual.

Relave aurífero

El relave es el material residual que queda después de extraer el oro del mineral. Según Rybár y Straka (2017), su correcta gestión evita pérdidas de metal y reduce impactos ambientales.

Seguridad operacional minera

La seguridad operacional comprende las medidas destinadas a proteger la integridad del personal y las instalaciones durante las labores de mina. Cahuaya y Cuadros (2019) destacan que la aplicación de sistemas de limpieza mecanizada, como la succión, reduce la exposición de los trabajadores a riesgos ergonómicos y respiratorios.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el conjunto de acciones planificadas para conservar en óptimas condiciones los equipos mineros y evitar fallas durante la operación. Herrera Herbert (2018) enfatiza que los sistemas de succión hidráulica, el mantenimiento regular de bombas, mangueras y filtros garantiza un flujo estable y reduce el tiempo improductivo.

ANEXOS

Anexo 1**: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO: Descripción del proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos, U.E.A Marañón de Cia. Minera Poderosa-2024

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÌA
General: ¿Cómo se desarrolla actualmente el proceso de recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón? **Específicos:** ¿Cuáles son las condiciones operativas bajo las cuales se desarrolla el proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón? ¿Cuál es el nivel de eficiencia económica del proceso de succión en la recuperación del mineral fino, en comparación con los métodos tradicionales de limpieza manual en los tajeos de la U.E.A. Marañón?	**General:** Describir de manera técnica y detallada el proceso actual de recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón. **Específicos:** Describir las condiciones operativas del proceso de recuperación del mineral fino de oro mediante succión en los tajeos de la U.E.A. Marañón. Evaluar el nivel de eficiencia económica del proceso de succión aplicado en la recuperación del mineral fino de oro en los tajeos de la U.E.A. Marañón.	**VARIABLE PRINCIPAL:** **V1 =** Recuperación de mineral **Dimensión 1:** Condiciones técnicas y operativas **Indicador 1:** Caudal de succión, presión de trabajo, tiempo por ciclo	**Enfoque de Investigación:** **Cuantitativo** **Tipo de Investigación:** Aplicada **Nivel de Investigación:** Descriptiva **Diseño de investigación:** No experimental **Población:** Tajeos activos en UEA Marañón **Muestra:** La muestra tajo 5480-1 representativo **Técnicas e instrumentos de recolección de datos:** ○ Medición directa ○ Observación directa

UNSCH FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 52-2026-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 232-2026-FIMGC-D**, a los **veintidós días del mes de julio de 2026**, siendo las **10:10 a.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas**, bajo la presidencia del **MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS**, y los miembros: **Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO**, **Dr. Víctor Félix FLORES MORENO** y **Ing. José Agustin ESPARTA SANCHEZ**, actuando como secretario docente el **Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero de Minas**, del Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

REDDY KENJHY LOAYZA CUADROS

Quien presentó la tesis denominada:

Descripción del proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos, U.E.A. Marañón de Cía. Minera Poderosa-2024

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

Aprobado con 17 (diecisiete)

Siendo las **11:03 a.m.** del día **22 de julio del 2026**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS
Presidente

Dr. Víctor Félix FLORES MORENO
Miembro

Ing. José Agustin ESPARTA SANCHEZ
Miembro

Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO
Miembro - Asesor

Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151

UNSCH

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : LOAYZA CUADROS, Reddy Kenjhy
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de la Tesis : Descripción del proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos, U.E.A Marañón de Cia. Minera Poderosa-2024
- Evaluación de la originalidad : 04% de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente la constancia de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 28 de setiembre de 2026

.....

MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

Descripción del proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos, U.E.A Marañón de Cia. Minera Poderosa-2024

por Reddy Kenjhy LOAYZA CUADROS

Fecha de entrega: 28-sept-2026 11:07p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3045329152
Nombre del archivo: TESIS_Reddy_Kenjhy_LOAYZA_CUADROS..pdf (2.72M)
Total de palabras: 20338
Total de caracteres: 120627

Descripción del proceso de recuperación de mineral fino de oro mediante succión en tajeos, U.E.A Marañón de Cia. Minera Poderosa-2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%	4%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1%
8	s3.amazonaws.com Fuente de Internet	<1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		