



Vigilada Mineducación

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA TERCERIZACIÓN DE LOS PROCESOS
DEL LABORATORIO QUÍMICO *IN SITU* EN EL PROYECTO MINERO ARIS
MINING MARMATO

Prefeasibility study for the outsourcing of the on-site chemical laboratory processes in the Aris
Mining Marmato mining project

LIYEN LUCÍA GONZÁLEZ PÉREZ

Trabajo de Grado como requisito para la obtención del título académico de Magíster en
Administración

Asesor

Ricardo Uribe Marín

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN - MBA
MEDELLÍN
2024

CONTENIDO

Lista de ilustraciones	5
Lista de tablas	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Planteamiento del problema	10
Contexto	10
Justificación	16
Objetivos.....	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos.....	17
Marco de referencia y conceptual.....	18
Laboratorios químicos en minería.....	18
Tipos de laboratorios de minería.....	18
Estudio de prefactibilidad.....	19
Marco metodológico.....	21
Realizar un estudio del entorno y un análisis sectorial para la utilización de datos arrojados por laboratorios químicos en las empresas mineras	21
Llevar a cabo un estudio de mercado para los servicios de laboratorios químicos para el sector minero en Colombia	22
Formulación del problema	22
Desarrollo del plan de investigación para recopilar información	23
Efectuar un estudio técnico para el laboratorio interno de Aris Mining Marmato, que refleje el estado general de las operaciones del laboratorio a nivel de infraestructura, capacidad instalada, capacidad operativa y métodos de análisis	24

Realizar un estudio legal sobre el uso de laboratorios externos para la operación de los proyectos mineros en Colombia.....	25
Elaborar una evaluación financiera y de riesgos sobre el uso de los datos arrojados por el laboratorio interno y el uso de los datos arrojados por un laboratorio externo.....	25
Desarrollo	26
Estudio del entorno y del sector	26
Entorno político	26
Entornos económicos.....	27
Entorno sociocultural.....	29
Entorno tecnológico.....	29
Entorno ecológico.....	30
Entorno legal.....	31
Estudio de mercado	31
Servicio	31
Demanda	32
Estudio técnico	33
Infraestructura.....	34
Equipos necesarios.....	36
Personal necesario: perfiles de cargo, funciones y capacidades.....	41
Especificaciones operativas de las operaciones del laboratorio para las diferentes fases del proyecto.....	42
Estudio legal.....	44
Estudio Financiero.....	46
Conclusiones.....	50
Referencias	53
Anexos.....	56
Anexo A	56
Anexo B.....	57

Anexo C. Costo variable SGS en dólares63

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Resumen de los costos del laboratorio propio de Aris Mining	11
Ilustración 2. Pulverización de muestras antes del 2020	12
Ilustración 3. Horno de secado antes del 2020	13
Ilustración 4. Hornos de copelación antes del año 2020	13
Ilustración 5. Cabinas de extracción antes del 2020	14
Ilustración 6. Copelas realizadas en cemento antes del 2020	14
Ilustración 7. Laboratorio químico actual	32
Ilustración 8. Layout actual del laboratorio Aris Mining Marmato	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Listado de equipos para el área de preparación	36
Tabla 2. Listado de equipos para el área de pesaje de flux	37
Tabla 3. Listado de equipos para el área de ensayo al fuego	37
Tabla 4. Listado equipos para el área de sala de pesaje doré y cianuro	38
Tabla 5. Listado equipos para el área de húmedo	38
Tabla 6. Listado de equipos para el área de absorción atómica	39
Tabla 7. Listado de equipos actuales en el laboratorio Aris Mining Marmato	39
Tabla 8. Listado de equipos requeridos para aumentar la capacidad de procesamiento de muestras y mejorar la calidad en el laboratorio Aris Mining Marmato	41
Tabla 9. Personal necesario para el laboratorio tercerizado	41
Tabla 10. Personal necesario para el laboratorio in situ para procesar 15.000 muestras	42
Tabla 11. Matriz legal para la operación de laboratorio Aris Mining Marmato	44
Tabla 12. Estructura de costos del laboratorio tercerizado	47
Tabla 13. Resumen de los costos mensuales de tercerización	47
Tabla 14. Estructura de costos del laboratorio propio	48
Tabla 15. Resumen de los costos mensuales de laboratorio propio	49

RESUMEN

El presente trabajo pretende analizar los resultados de un ejercicio de investigación que busca evaluar la factibilidad de la tercerización del laboratorio químico interno, que actualmente opera en la empresa Aris Mining Marmato. Mediante una metodología descriptiva, se pretende destacar los aspectos relevantes que ayuden a tomar decisiones financieramente más rentables. Realizando un análisis contextual de los comportamientos de la economía mundial en los retos que afronta el sector minero en el ámbito ambiental, sociocultural y político, se identifica el mejor escenario para la operación del laboratorio, garantizando la calidad de sus servicios y el tiempo de respuesta. Para determinar la factibilidad del desarrollo de la tercerización, este trabajo planteó dos propuestas en las que se analizaron los costos de operación y de inversión, tanto de un laboratorio tercerizado por una empresa externa, en este caso SGS Colombia, y comparar los costos de operación y de inversión de un laboratorio interno adaptando ambas propuestas para dar cumplimiento a la demanda de 15.000 muestras mensuales, para lo cual se basó en las teorías de evaluación de proyectos que enmarca: Estudio del entorno, de mercado, técnico, legal y financiero y económico.

Palabras clave: Laboratorio químico, Prefactibilidad, Estudio financiero, Minería de oro, Muestras planta de beneficio, Muestras de geología.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the results of a research exercise that seeks to evaluate the feasibility of outsourcing the internal chemical laboratory currently operating in the company Aris Mining Marmato. By means of a descriptive methodology, it is intended to highlight the relevant aspects that help to make more financially profitable decisions. Performing a contextual analysis of the behavior of the world economy and the challenges faced by the mining sector in the environmental, socio-cultural and political spheres, the best scenario for the operation of the laboratory is identified, guaranteeing the quality of its services and response time. To determine the feasibility of the outsourcing development, this work proposed two proposals, in which the operation and investment costs of an outsourced laboratory by an external company, in this case SGS Colombia, were analyzed, and to compare the operation and investment costs of an internal laboratory, adapting both proposals to meet the demand of 15,000 samples per month, based on the project evaluation theories: environmental, market, technical, legal and financial-economic study.

Keywords: Chemical laboratory, Prefeasibility, Financial study, Gold mining, Processing plant samples, Geology samples.

INTRODUCCIÓN

“La industria minera es sin duda un campo empresarial específico, muchas personas lo considera arriesgado por los posibles problemas que pueden surgir, lo mismo ocurre con los empresarios y los trabajadores que pertenecen a esta industria” (Vrzic, 2021, párr. 1).

Las empresas del sector minero buscan minimizar factores negativos que perjudiquen sus operaciones debido a la complejidad que las identifica. El sector minero se caracteriza por su elevado riesgo, tanto en seguridad, en calidad y en operación; en consecuencia, la estrategia de desarrollo minero se debe enfocar, principalmente, en la optimización, en el control de costos, la innovación y la resiliencia (Mincape, 2021).

La extracción y procesamiento de minerales involucran una serie de operaciones críticas que van desde la exploración y la extracción en sí hasta el transporte y la comercialización de los productos finales. De esa manera, el laboratorio químico juega un papel importante en las operaciones mineras e impactan directamente en las decisiones que involucran costos. Por eso, es imperativo que los laboratorios que se contraten en estas empresas sean de alta calidad, con experiencia técnica y tecnológica (Energyminas, 2019).

La función del laboratorio minero es fundamental. De hecho, la asociación Mina/Laboratorio Analítico comienza desde la primera fase de exploración para servicios de análisis químico y mineralógico para la estimación de reservas, así como para los estudios de optimización del proceso de tratamiento de minerales hasta la rehabilitación de los sitios mineros después del cierre de la mina. Para cumplir con los diversos requisitos de la industria minera, el laboratorio de servicio debe poder proporcionar resultados rápidos y confiables mediante el manejo de una variedad de instrumentos analíticos complejos. (Mincape, 2021, párr. 2)

Para el desarrollo de este estudio de prefactibilidad se planteó el siguiente interrogante: ¿Qué viabilidad tiene la tercerización de las actividades del laboratorio interno del proyecto minero Aris Mining Marmato?

En el desarrollo del estudio, primero se describió el contexto general del proyecto minero Aris Mining Marmato, luego se justificó el interés de evaluar la prefactibilidad del proyecto y poder analizar el entorno y el sector, lo que conllevó a investigar los distintos

factores que influyen sobre el mercado, así como el análisis técnico que arroja información para los estudios administrativos y organizacionales.

Por último, se analizaron los componentes legales y financieros con los cuales se calcularon los criterios de evaluación financiera a fin de plantear las conclusiones y las recomendaciones, en las que se señaló que el proyecto es viable dadas las tendencias a nivel de la operación minera.

A continuación, se encontrará en el documento el marco conceptual en el cual se basa la investigación, seguido de la forma como se obtuvieron los resultados, o método de solución de la situación inicial. Luego se presentan y analizan los resultados. Finalmente, se llega a unas conclusiones detalladas y a las referencias bibliográficas que el autor utilizó para llegar a dichas conclusiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto

El trabajo se desarrolló en la empresa de Aris Mining Marmato S.A.S., que pertenece al sector de la minería y tiene como “objeto social la exploración, explotación, extracción, beneficio, transformación, transporte, y su comercialización en el país o en el exterior de minerales que se encuentren en el suelo y en el subsuelo, como el oro, plata, entre otros” (Cámara de Comercio de Manizales de Caldas, 2023, p. 3).

La mina de oro subterránea de Marmato está ubicada a 80 kilómetros de Medellín y se encuentra situada en el cerro el burro, una colina prominente que ha sido explotada durante casi 600 años e históricamente dividido en tres títulos mineros contiguos con numerosas licencias dentro de ellos incluyendo zona alta CHG_081, zona baja 014-89M y Echandía RPP-357. El título de zona baja fue explotado por primera vez entre 1908 y 1925 por la Compañía Colombiana de Minas y Explotación la cual mino extensivamente en los niveles superiores desde el nivel 18 a 1.160 metros sobre el nivel de amor y abrió socavón desde el nivel 17, 50 metros por encima del nivel 18. En el año 1925 las minas fueron expropiadas y cerradas y en 1993 Mineros Nacionales S.A.S. puso en marcha una mina subterránea de 300 toneladas extraídas por día en el nivel 18, desde entonces una serie de propietarios diferentes han explotado el área conocida como mina superior en el título de zona baja. (Aris Mining et al. 2022, p. 20)

Además,

Aris Mining es una empresa minera canadiense que cotiza en la TSX con el símbolo “ARIS” y en la NYSE-A con el símbolo “ARMN”. Aris Mining está dirigida por un equipo ejecutivo con un historial demostrado de creación de valor mediante la creación de empresas mineras de oro de relevancia mundial. Aris Mining opera las minas Segovia y Marmato en Colombia, que en conjunto produjeron más de 230.000 onzas de oro en 2022. La compañía también es operadora y propietaria del 50 % del proyecto de clase mundial Soto Norte en Colombia. Aris Mining también posee el proyecto Toroparu en etapa avanzada en Guyana y el proyecto Juby en Ontario, Canadá. Aris Mining promueve la formalización de la minería a pequeña escala ya que este proceso permite a todos los mineros operar de manera legal, segura y

responsable que los proteja a ellos y al medio ambiente. (Aris Mining Corporate, 2023, párr. 1)

En Aris Mining Marmato, el producto principal es el Au (Oro) y como producto secundario es la Ag (Plata). Este proyecto minero cuenta con un laboratorio interno, el cual proporciona resultados de análisis diarios de Au y Ag de las muestras provenientes de la mina, de la planta de beneficio y de la gestión ambiental, con el fin estimar la producción y el control de los avances del desarrollo en la mina, el control en los procesos internos de planta de beneficio y el balance de producción al final de Au y Ag. De esta manera, a partir de datos del laboratorio interno, se toman decisiones que generan rentabilidades operativas en la obtención del mineral, su procesamiento y producción final.

También se cuenta con un área de exploración, desde donde se envían muestras a laboratorios externos certificados para la estimación de los recursos y las reservas.

El laboratorio interno cuenta con más de treinta años en la operación, y a través de los años se ha adaptado a las necesidades y al crecimiento de la producción de la mina La Maruja y de la planta de beneficio. La preparación de las muestras antes del año 2000 no contaba con protocolos de cadena de custodia, por lo que los registros de ingreso de muestras al laboratorio se realizaban en un libro de registro, como se puede observar en la ilustración 1.

Ilustración 1. Resumen de los costos del laboratorio propio de Aris Mining

The image shows an open ledger book with two pages visible. The pages are filled with handwritten entries in a structured format, likely representing a cost ledger. The columns contain numerical values and some text, organized in a way typical of a financial or operational record. The handwriting is in black ink on aged paper. The book is placed on a dark, textured surface.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del año 2000, el área de Geología implementó la metodología de nuevos formatos, donde se registra el número consecutivo que identifica las muestras. Este formato sirve como guía en el laboratorio para conocer la identificación de estas, ya que no se cuentan con registros históricos de entrega y recepción las muestras.

Posterior a la etapa de recepción de muestras, el secado se realizaba en un horno con capacidad de 18 bandejas y a una temperatura entre 200 y 300 °C, sin un control de temperatura. Las muestras eran trituradas y pulverizadas, y no se contaba con controles de granulometría del minera ni sistema de extracción de polvos. Esta situación se puede evidencia en las ilustraciones 2 y 3.

Ilustración 2. Pulverización de muestras antes del 2020



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3. Horno de secado antes del 2020



Fuente: Elaboración propia.

La etapa de fundición se realizaba a través de muflas sin control de temperaturas, y el ataque químico a través de cabinas de extracción, como se muestra en las ilustraciones 4 y 5.

Ilustración 4. Hornos de copelación antes del año 2020



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5. Cabinas de extracción antes del 2020



Fuente: Elaboración propia.

Los insumos utilizados para el análisis eran realizados por el personal del laboratorio, como la preparación del fundete y la fabricación de copelas en cemento (ver ilustración 6).

Ilustración 6. Copelas realizadas en cemento antes del 2020



Fuente: Elaboración propia.

Aris Mininig, al cotizar en la TSX en la decidió invertir en todas las áreas productivas para mejorar los procesos, incluyendo el área del laboratorio interno –con el fin de garantizar la calidad de los resultados dentro de la operación minera–, al 2023 se ha logrado resultados positivos en la mayoría de los procesos. Sin embargo, los resultados utilizados para el balance de producción en planta de beneficio aún no cumple con la confiabilidad de los resultados, lo que lleva a cuestionar sobre la viabilidad de contar con un laboratorio *in situ* o solicitar los servicios de las actividades a un laboratorio certificado.

JUSTIFICACIÓN

La operación de Marmato realiza un balance metalúrgico mediante el cual se determina la recuperación global de la planta y la producción en onzas de oro, esto a partir de los datos de análisis de Au y Ag que realiza el laboratorio interno.

Por otro lado, se realiza una reconciliación a partir del oro obtenido mensualmente, con el fin de determinar el tenor de cabeza de molino (cantidad en gramos / toneladas de lo que ingresa al proceso de beneficio). Los tenores obtenidos de la cabeza de molino reconstruida se compara con el tenor de cabeza de molino reportada por el laboratorio, y la cabeza de molino esperada por el área de Geología. Estos últimos tenores se obtienen de los datos del laboratorio interno.

Actualmente se evidencian brechas existentes entre el tenor de la cabeza de molino de la reconcilización (Au fundido), el tenor esperado por Geología y el tenor del balance. Debido a que los datos arrojados por el área de laboratorio son determinantes para el cálculo de los tenores, es imperativo que el laboratorio interno arroje datos confiables.

Desde la gerencia se inició un plan de acción con el objetivo de cerrar las brechas que existen en los tenores arrojados por las diferentes áreas que intervienen: producción de la mina, muestreo en Geología, producción planta y análisis de laboratorio.

En el caso del área de laboratorio, se requiere asegurar que los resultados arrojados sean confiables. Para esto, se requiere de inversiones en cuanto a personal, insumos y equipos para mejorar los métodos y procedimientos y de asesorías con expertos, para, de esta manera, poder lograr los objetivos de tener confiabilidad de los resultados del laboratorio interno.

El presente proyecto de investigación pretenderá estudiar la prefactibilidad de los procesos del laboratorio químico *in situ* en el proyecto minero Aris Mining Marmato, evaluando su oportunidad sectorial, de mercado, legal, técnica y financiera, proporcionando información objetiva concluyente a la gerencia general, con el ánimo de orientar la toma de decisión del desarrollo e inversión de la solución planteada.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un estudio de prefactibilidad para la tercerización de los procesos del laboratorio químico *in situ* en el proyecto minero Aris Mining Marmato, con el fin de determinar la factibilidad de la operación del laboratorio interno de Aris Marmato.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio del entorno y un análisis sectorial para la utilización de datos arrojados por laboratorios químicos en las empresas mineras.
- Llevar a cabo un estudio de mercado para los servicios de laboratorios químicos para el sector minero en Colombia.
- Efectuar un estudio técnico para el laboratorio interno de Aris Mining Marmato que refleje el estado general de las operaciones del laboratorio a nivel de infraestructura, capacidad instalada, capacidad operativa, métodos de análisis.
- Realizar un estudio legal sobre el uso de laboratorios externos para la operación de los proyectos mineros en Colombia.
- Elaborar una evaluación financiera y de riesgos sobre el uso de los datos arrojados por el laboratorio interno y el uso de los datos arrojados por un laboratorio externo.

MARCO DE REFERENCIA Y CONCEPTUAL

Desde finales de la década de 1990, como resultado de escándalos financieros bien documentados dentro de la industria minera, las empresas han instigado programas de Calidad (QA/QC), aumentando la exigencia del desarrollo de políticas claras, y aplicadas durante todas las fases de la minería (Davies, 2016, párr. 2).

El interés de realizar este proyecto de grado es impulsado por la gran incertidumbre que tienen las áreas de producción minera y de producción planta en cuanto a los datos arrojados por el laboratorio químico interno, debido a que estos se usan como control interno de la operación de planta y como guía de la operación de la mina. Lo anterior crea la necesidad de que los procesos del laboratorio sean de calidad, utilizados en las operaciones para una toma de decisiones eficaces y eficientes.

Laboratorios químicos en minería

La función del laboratorio minero es fundamental.

De hecho, la asociación Mina/Laboratorio Analítico comienza desde la primera fase de exploración para los servicios de análisis químicos y mineralógicos para la estimación de reservas, así como para los estudios de optimización del proceso de tratamiento del mineral hasta la rehabilitación de las explotaciones mineras tras el cierre de la mina. Para satisfacer las variadas exigencias de la industria minera, el laboratorio de servicios debe ser capaz de proporcionar resultados rápidos y fiables mediante el manejo de una gran variedad de instrumentos analíticos complejos. (Mincape, 2021, párr. 1)

Tipos de laboratorios de minería

- **Laboratorios fijos.** *Los laboratorios fijos son los más populares. Este tipo está equipado con diversos instrumentos analíticos agrupados en cuatro unidades. En primer lugar, la unidad de recepción de muestras y preparación mecánica. Esta unidad, de gran importancia, garantiza la buena preparación de las muestras para que sean representativas y no estén contaminadas para las mediciones analíticas. La*

segunda unidad se dedica a la caracterización física y geotécnica de las rocas (granulometría, índice de plasticidad). La tercera unidad se encarga de la caracterización química utilizando diversos instrumentos analíticos (Absorción atómica, FRX, C/S.). El último bloque es la caracterización mineralógica utilizando principalmente difracción de rayos X, microscopía óptica y electrónica, mineralogía automatizada y microanálisis por microsonda electrónica y ablación láser (Mincape, 2021, párr. 4).

- *Instalaciones móviles.* Este tipo de laboratorio se presenta en forma de pequeñas unidades mecánicas de preparación de muestras y unidades de análisis sencillas que no requieren grandes aparatos de medición. Este tipo es adecuado para zonas remotas donde la contratación de personal cualificado es difícil o donde las condiciones climáticas son severas. Esto permite a la mina reducir el coste de los análisis y concentrar sus recursos y su capital en su actividad principal (Mincape, 2021, párr. 5).
- *Laboratorios automatizados especializados in situ.* Este tipo de laboratorio es una solución nueva e innovadora para explotaciones situadas en zonas remotas de difícil acceso. Esta solución ofrece ventajas en términos de eficacia, coherencia y seguridad. Sin embargo, el coste de los análisis es elevado y este tipo de solución no se adapta fácilmente a proyectos de pequeño y mediano tamaño (Mincape, 2021, párr. 6).

Estudio de prefactibilidad

Este tipo de estudio indaga sobre el mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión (Urbina, 2010).

Esta etapa, puramente cuantitativa, utiliza información secundaria como fuente principal. Aunque se puedan identificar buenos estándares técnicos, no siempre son posibles de obtener, y algunas veces la parte cualitativa toma peso por el efecto de variables emocionales o subjetivas de los clientes finales (Sapag, 2021).

No existe una estructura exclusiva para realizar un proyecto. Hay diferentes tipos de proyectos enfocados en distintas soluciones, lo que implica costos y beneficios específicos asociados, como lo es la naturaleza del proyecto, el área al que pertenece, el fin buscado, etc.

En casos de proyectos privados, se mide en función al impacto en la compañía, como también los proyectos públicos o sociales que lo determinan otro tipo de impactos (Córdoba, 2011).

Méndez (2016) menciona varios componentes para la guía de un proyecto de factibilidad, y realiza una lectura que se hace desde diferentes perspectivas. A continuación se mencionan cada una de ellas:

- Consideraciones básicas.
- Análisis de oferta y demanda de un bien o servicio.
- Estudio de mercado y comercialización.
- Aspectos técnicos del proyecto: tamaño, localización, ingeniería del proyecto.
- Aspectos legales y administrativos.
- Inversiones y financiamiento.
- Presupuesto de ingresos, costos y gastos.

Por lo general, el estudio de una inversión es su foco principal es la viabilidad económica o financiera. Sin embargo, los factores diferentes factores mencionados de una u otra manera pueden definir la vida del proyecto y una de las posibilidades es que no se pueda avanzar o inviabiliza su avance (Chain, 2014).

Existen varias metodologías para la formulación y evaluación de proyectos, y la elección de la metodología adecuada dependerá del tipo de proyecto y de los objetivos específicos.

Marco lógico. Es una herramienta que expone de forma clara y resumida la identificación de los proyectos, pero, a su vez, se convierte en una guía en la formulación, ejecución y evaluación de los proyectos. Se fundamenta en la planificación y calidad, donde se prima la comunicación y la interacción entre los participantes (Montañez, 2019).

PESTEL. Es muy común usar esta herramienta para estudiar el macroentorno: Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal. Para estudiar el macroentorno se deben concretar los factores que podrían impactar el proyecto, más enfocado a estimar tendencias e impactos sobre sus resultados (Sapag, 2021).

MARCO METODOLÓGICO

La oportunidad de mejora que se pretende realizar a través de este trabajo de investigación surge de conocer la viabilidad de inversión de la tercerización de los procesos del laboratorio químico *in situ* en el proyecto minero Aris Mining Marmato. Este análisis se enfocará en realizar un estudio de prefactibilidad que proyecta responder al objetivo general y específicos propuestos mediante el estudio de entorno y el análisis sectorial, de mercado, técnico, legal y económico. Estos estudios están dirigidos a dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos de la investigación y poder dar solución a la oportunidad de mejora planteada. Los objetivos específicos que se darán respuesta son los siguientes.

Realizar un estudio del entorno y un análisis sectorial para la utilización de datos arrojados por laboratorios químicos en las empresas mineras

El entorno está conformado por diferentes factores de distinta naturaleza, cuya pertinencia depende de la actividad analizada. Usualmente, dentro del entorno global se pueden distinguir diferentes tipos de entorno (Paturel, 2006).

El análisis PESTEL destaca seis factores medioambientales en particular: *políticos, económicos, sociales tecnológicos, ecológico y jurídicos*. Además de la lista mencionada, se enfatiza que el entorno que incluye no solo los factores del mercado, sino también los factores ajenos a ellos (Johnson, Whittington, Regner, Scholes, & Angwin, 2017).

El elemento *político* de PESTEL destaca el papel del Estado y otros factores políticos en el macroentorno. Hay dos pasos importantes en este: primero, identificar la importancia de los factores políticos; en segundo lugar, llevar a cabo un análisis del riesgo político (Johnson, Whittington, Regner, Scholes, & Angwin, 2017).

El elemento *económico* manifiesta que es importante que una organización entienda que el dinamismo de la economía como las fluctuaciones de la tasa de crecimiento, los tipos de cambios, tipos de intereses, pueden afectar sus mercados (Johnson, Whittington, Regner, Scholes, & Angwin, 2017).

Los factores *socioculturales* son los que nacen de los clientes o potenciales clientes. Estos cambios pueden ser difíciles de predecir o identificar hasta que se produce un impacto importante (Cadle, Paul, & Turner, 2014). De acuerdo con el sector que se esté investigando, este factor expone cómo los valores, las costumbres de vida y de consumo de los individuos de una muestra determinada pueden evolucionar (Paturel, 2006).

Los factores *tecnológicos* hacen referencia a un ámbito que enmarca los factores atribuidos al desarrollo de la tecnología, de los cuales se pueden generar dos tipos de cambio: uno en la tecnología de la información, y el otro puede generar desarrollos en la tecnología específica de un sector o mercado (Cadle, Paul, & Turner, 2014).

El entorno *jurídico* enmarca los lineamientos legales a las empresas teniendo en cuenta las condiciones, las restricciones y la obligatoriedad (Paturel, 2006). Es importante tener en cuenta cómo influyen en los proyectos los poderes públicos, y los cambios en la legislación laboral.

Lo *ecológico* hace referencia a temas macroambientales, ejemplo de ello es la contaminación, los residuos y el cambio climático, así como el marco legal competente y el desarrollo sostenible que motiva a la innovación de nuevas maneras de trabajar (Johnson, Whittington, Regner, Scholes, & Angwin, 2017).

Llevar a cabo un estudio de mercado para los servicios de laboratorios químicos para el sector minero en Colombia

Formulación del problema

Se requiere describir la oportunidad de mejora sobre el modelo de tercerización de las operaciones o los procesos de una empresa; en este caso, los procesos internos del laboratorio químico. Es importante que, antes de iniciar con el estudio de mercado, se requiera formular el problema a resolver. En esta etapa se debe identificar el nivel jerárquico, explorar qué fines y recursos se tienen, incluyendo variables controlables e incontrolables (Benassini, 2014). Lo anterior se puede abarcar desde varios enfoques metodológicos; sin embargo, la investigación descriptiva se la que mejor se adapta al planteamiento y a los objetivos del presente proyecto.

Como su nombre lo indica, la investigación descriptiva caracteriza los objetos, personas, grupos, organizaciones, entornos; por eso, esta investigación responde a las preguntas: quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo (Santos, 2017).

Desarrollo del plan de investigación para recopilar información

Necesidades y fuentes de información

Para desarrollar el plan de investigación se requiere entender las teorías y conceptos relevantes para construir una base sólida. Para ello, es necesario tener en cuenta la literatura existente relacionada con el tema de investigación.

La investigación de mercados ayuda a adquirir información precisa que refleje un estado verdadero de la situación; es objetiva y debe realizarse de manera imparcial, libre de los sesgos personales o políticos del investigador (Malhotra, 2020).

La anterior información es valiosa para realizar un análisis minucioso de los datos para obtener conclusiones iniciales y diseñar el resto del estudio (Benassini, 2014).

Preparación de los medios para el acopio de datos

Por lo general, en el cuestionario es la herramienta más usada para la recopilación de datos. Sin embargo, se pueden utilizar más métodos para llevar a cabo esta actividad, entre ellos, las sesiones de grupo y las entrevistas en profundidad. Es importante tener en cuenta que independientemente del método que se elija, es necesario asegurarse de que este incluya toda la información necesaria para resolver el problema (Benassini, 2014).

Para este estudio se utilizarán las encuestas en línea. Las principales ventajas de aplicar encuestas utilizando Internet son: la ausencia de intermediarios entre el cuestionario y el entrevistado; esto permite una mayor objetividad y menores costos; y que la interactividad del encuestado con la organización es mayor, ya que se evita el condicionante del entrevistador; además de rapidez para levantar y analizar los datos.

Diseño de la muestra

Es necesario seleccionar una muestra que sea representativa de la población a estudiar, tanto en su tamaño como en sus características. La calidad de la información depende directamente de la calidad de la muestra (Benassini, 2014).

Recopilación de la información

El método de recopilación de datos depende en buena medida de las necesidades del muestreo y de la clase de información que se necesita obtener (Benassini, 2014).

Análisis de los datos recabados

Una vez que se obtienen los datos, es necesario ordenarlos, validarlos y analizarlos. El tipo de análisis puede incluir desde sumas y porcentajes elementales hasta complejos modelos que determinen correlaciones entre variables significativas (Benassini, 2014).

Efectuar un estudio técnico para el laboratorio interno de Aris Mining Marmato, que refleje el estado general de las operaciones del laboratorio a nivel de infraestructura, capacidad instalada, capacidad operativa y métodos de análisis

El estudio técnico es una guía para dimensionar las inversiones necesarias y determinar el costo de las operaciones. Se deben especificar la infraestructura, los equipos necesarios, el personal necesario para operar el proyecto, bien sea propio o tercerizado, teniendo en cuenta perfiles de cargo, funciones y capacidades. Asimismo, es necesario determinar las especificaciones operativas de las operaciones del laboratorio y las diferentes fases del proyecto hasta su puesta en marcha, con el fin de evaluar correctamente la prefactibilidad.

Esta información se puede recopilar a través de fuentes secundarias como propuestas económicas de proveedores de servicios, consultores senior, etc.

Realizar un estudio legal sobre el uso de laboratorios externos para la operación de los proyectos mineros en Colombia

El estudio legal enmarca el análisis de las normas y leyes que regulan la minería en Colombia a través de la Agencia Nacional de Minería. Para esto es necesario verificar y estudiar leyes, normas y decretos pertinentes no solo para el establecimiento que encierra la tercerización de las operaciones del laboratorio, sino también la normatividad laboral teniendo en cuenta el nuevo modelo de trabajo mediante servicios. Es importante tener en cuenta el marco legal de la seguridad social que puede determinar la línea de operación de este tipo de relación.

Elaborar una evaluación financiera y de riesgos sobre el uso de los datos arrojados por el laboratorio interno y el uso de los datos arrojados por un laboratorio externo

En el estudio financiero y de riesgos se analizarán los ingresos, la estimación de gastos y de costos y los flujos de caja, así:

- *Ingresos*: se obtendrá de la confiabilidad de los datos arrojados por el laboratorio, de tal manera que, si se realiza una estimación de tenor y un balance de materia en la operación con datos confiables, se tomarán decisiones financieras acertadas.
- *Costos*: dentro de los costos se debe determinar los costos fijos, que son aquellos que permanecen durante todo el proceso de ejecución del proyecto, es decir, que no dependen de los resultados y que deben hacerse más allá de las fases que se realicen. Un ejemplo de costo fijo es la nómina del personal; en cuanto a los costos variables, se trata de los costos que van directamente ligados a la producción del bien o servicio, como son los consumibles.
- *Gastos*: los gastos se pueden estimar al igual que los costos, con la diferencia de que los gastos no son atribuibles directamente a la producción del bien o servicio objeto de la empresa o proyecto.
- *Flujo de caja*: el flujo de caja del proyecto es útil para medir la rentabilidad de la inversión que requiere el proyecto para ponerlo en marcha (Orozco, 2017).

DESARROLLO

Estudio del entorno y del sector

Los laboratorios químicos de minería dependen directamente del sector minero, por lo que es importante conocer cómo se ha venido comportando este sector en Colombia.

Este estudio se ejecutará a través de la metodología PESTEL, en el cual se investiga a fondo el entorno político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal.

Entorno político

El entorno político puede afectar en gran medida a los proyectos mineros a través de políticas y regulaciones gubernamentales, como las regulaciones de las exportaciones de metales preciosos, en este caso oro, la implementación de impuestos y aranceles y el cumplimiento de las normas laborales del país.

La Subdirección de Minería de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) reportó en el año 2022 una producción de 42,14 toneladas de oro, en distintos departamentos del territorio colombiano, de los que sobresalen Antioquia, Chocó y Bolívar, ricos en yacimientos auríferos, y territorios en los que esta actividad ha formado parte integral de sus economías locales (Armando Tarra & Restrepo Baena, 2024).

Sin embargo, el nuevo gobierno que dio inicio en el 2022 inquieta la estabilidad del sector. El pasado 26 de diciembre del 2023, la Agencia Nacional de Minería informó que resumirá las funciones de autoridad minera que fueron delegadas a la Gobernación de Antioquia a partir del próximo 1 de enero (Bolivar, 2023). Lo anterior implica que Antioquia perdió su autonomía en la titularidad minera del departamento, la cual venían desarrollándose desde hacía más de veinte años. En promedio, en los últimos cuatro años, la participación de Antioquia en la producción de oro del país fue de 44,1 % y en la producción de plata fue de 68,7 %. Por lo tanto, importantes títulos mineros que venían siendo fiscalizados desde la Secretaría de Minas de Antioquia pasaron a la Agencia Nacional de Minería, la cual es controlada desde Bogotá. La posibilidad de un manejo diferente a la distribución de regalías y la pérdida de ingresos económicos para la región es una de las grandes preocupaciones.

El pasado 4 de agosto de 2022 el Consejo de Estado, dentro del proceso de la Acción Popular 2013-02459-01, ordenó a las autoridades mineras y ambientales actualizar la Política Minera Nacional. En cumplimiento de esta decisión, el Ministerio de Minas y Energía (el “Ministerio”) publicó la versión para comentarios de la nueva Política Minera Nacional titulada “Una Nueva Visión de la Minería en Colombia” (la “Política Minera”). (Urrutia, 2023)

La estructura de esta nueva política minera da un enfoque diferente a la actividad y va de la mano del actual Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, en el cual, uno de los pilares es el cuidado del ecosistema. Esto inicia la transición de una perspectiva extractivista y se trabaje en una minería con propósito. (Energía, 2023).

A lo anterior se suma que esta nueva política quiere dar incentivos a las mejores prácticas ambientales y mineras, con el fin de mitigar las actividades ilícitas. De esta manera, anticiparse o estar mejor preparados para posibles cierres mineros, enfocando todos los esfuerzos en la generación de valor agregado y en la integridad de la industria (Energía, 2023).

La estabilidad política nacional influye directamente en la seguridad y la continuidad de las operaciones. Las nuevas propuestas de transformación de la minería hacen que los estándares de calidad en toda la operación sean más rigurosos; esto implica más inversión y una revisión minuciosa de cómo se está trabajando y cómo se necesita trabajar para cumplir con la minería responsable, sin dejar a un lado los cambios del nuevo gobierno que generan incertidumbre en el sector minero. Esto hace que las operaciones de los proveedores que trabajen para este sector se vean afectados, tanto los laboratorios que prestan servicio a los proyectos mineros como también los laboratorios que se encuentran en campo y estén dentro de la operación.

Entornos económicos

La minería de oro juega un papel importante en la economía del país, en parte por el comportamiento del precio del oro, el cual ha tenido una tendencia al alza, aumentando la

mayor parte de la última década, alcanzando máximos históricos que han superado los 2.000 dólares la onza troy (Armando Tarra & Restrepo Baena, 2024).

En el PIB colombiano, el aporte del sector minero es de cerca del 1,3 %, además de ser generador de 254.000 empleos directos, aproximadamente, y de más de un millón indirectos, mediante sus encadenamientos productivos, aportando así más de USD11.700 millones en impuestos y regalías al país durante la última década (Minería, 2023). Aunque el aporte de la minería al PIB no supera el 2 %, las ganancias netas acumuladas están alrededor de \$5,5 billones. Esta industria atrae el 15 % de la inversión extranjera directa, es decir, por cada peso que se genera en la minería, se generan \$2,4 en otros sectores encadenados (González, 2022).

De acuerdo con el DANE (2021), la extracción de oro ocupa el segundo lugar en participación porcentual del valor agregado de las actividades medidas en la Cuenta Satélite de Minería en Colombia.

Por su parte, la minería subterránea hizo un aporte importante en la producción nacional de oro, la cual, en el 2022, representó más del 42 % de la producción total y de la cual se destacaron los proyectos más representativos en producción de onzas de oro, como: en primer lugar, se encuentra Buriticá de Zijin, de Continental Gold, con 246.886 onzas; en segundo lugar, Segovia y Marmato, de Aris Gold Corporation, con 235.379 onzas; en tercer lugar, Cisneros, de Antioquia Gold, con 48.955 onzas; en cuarto lugar, Cisneros, de Antioquia Gold, con 48.955 onzas; en el quinto lugar, El Bagre y Nechi, de Soma Gold Corp, con 23.115 onzas; y en el sexto lugar, El Roble, de Atico Mining Corporation, con cerca de 11.254 onzas (Armando Tarra & Restrepo Baena, 2024).

Aunque en la actualidad el precio del oro ha tenido un comportamiento constante, más enfocado al alza, uno de los retos a los que se enfrenta la minería de oro es, precisamente, depender del comportamiento volátil de los factores externos, como los son el precio del oro en los mercados y el precio del dólar; y sin dejar de lado factores como la inflación que ahora están subiendo tanto a nivel mundial. Es importante tener en cuenta que estas fluctuaciones pueden tener un efecto importante en la rentabilidad de las operaciones mineras, debido que los proyectos mineros de extracción de oro tienen los costos operativos elevados y proyectos a largo plazos que, en caso de una caída de los principales factores externo y el aumento de la inflación, se puede generar una inestabilidad en el sector.

Entorno sociocultural

Los factores socioculturales para este trabajo de investigación dependen directamente de la zona en la que se trabaja. Es importante conocer la aceptación de la minería de tal manera que se perciba la imagen pública del laboratorio químico y su licencia social para operar, asimismo, se requiere considerar las posibles afectaciones de las operaciones del laboratorio en la comunidad local en términos de salud, generación de empleo y calidad de vida.

En las operaciones de Aris Mining Marmato, la gran mayoría de los trabajos son cubiertos por personal operativo de la zona y sus alrededores; esto hace que la empresa tenga un gran compromiso con el bienestar de las personas de la región.

Es importante cuando se presenta un proyecto de mejora, como el que se plantea de una tercerización de operaciones, incluir al personal que actualmente está trabajando, en caso tal de poder brindar una solución de reestructuración para garantizar que no haya afectaciones negativas a las personas, como lo es la falta de empleo, lo que desmejoraría considerablemente el bienestar de una familia.

Otro de los retos más importantes es poder alinear al personal con los objetivos estratégicos. En este caso, un aporte significativo es la capacitación del personal en métodos de trabajo de laboratorios químicos en minería.

La formación académica de laboratorios químicos en minería de oro no es común, ya que las empresas privadas son las que ofertan estos servicios, lo que hace que el conocimiento empírico sea valorado en el sector.

Entorno tecnológico

La tecnología juega un papel muy importante en el proyecto debido a que los métodos de determinación de Au han mejorado, conforme a que la disponibilidad de inversión se adapta a la tecnología.

Existen sistemas de laboratorio automatizados *in situ* especializados, lo que representa una solución nueva e innovadora para sitios ubicados en zonas remotas y alejadas de la ciudad y de difícil acceso, como es el caso de Marmato, caldas. Esta solución tiene ventajas en términos de eficiencia, calidad y seguridad; sin embargo, hay que asumir el costo

del análisis elevado, lo cual hace que esta alternativa no se adapte fácilmente a proyectos mineros pequeños y medianos.

Una de las estrategias para mejorar la eficiencia e incrementar la productividad de los laboratorios es tecnificar las operaciones mediante un Sistema LIMS, con el fin de procesar la data generada en el sistema de gestión de calidad (Avellaneda & Silvia, 2022).

Un LIMS es un sistema computacional de gran complejidad que tiene como función gestionar datos de laboratorio con énfasis en el aseguramiento de la calidad. Actualmente, se han desarrollado distintos sistemas, debido que se vuelve un servicio casi personalizado para cada necesidad, lo que lo hace tener un costo elevado ya que es un activo que no se puede reutilizar (Melo et al., 20120).

Entorno ecológico

Existe una oportunidad positiva en el factor ambiental debido a que una mejora en la infraestructura del laboratorio y en los sistemas de extracción y emisión de gases contribuiría al cuidado del medioambiente.

Las principales emisiones de gases que se generan en los laboratorios químicos de minería de oro son: vapores de plomo, material particulado, vapores de ácido, vapores sumamente perjudiciales a la salud de las personas y del medioambiente. También se generan soluciones ácidas como resultado del ataque químico realizado durante el proceso de análisis de muestras.

En Colombia la Resolución 909 del 2028 “establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones” (Minambiente, 2028)

De acuerdo con la zona donde se encuentra el proyecto minero, aplican las entidades regulatorias. Como Aris Marmato se encuentra ubicada en la zona del departamento de Caldas, es Corpocaldas la entidad ambiental encargada de vigilar el cumplimiento de la norma.

Entorno legal

Los factores para tener en cuenta desde el aspecto legal están principalmente estipulados por la Agencia Nacional de Minería, la cual “es la autoridad minera en Colombia, responsable del manejo de los recursos minerales de nuestro país, así como del otorgamiento y seguimiento de títulos mineros y el fomento de la actividad minera, como sus principales actividades” (Minería, 2023).

La ANM realiza una fiscalización donde se presentan los procedimientos que se llevan a cabo para garantizar el cumplimiento de la normatividad (minera, de seguridad e higiene minera y ambiental), en la cual se muestra cuánto se proyecta de producción, la implementación de las mejores prácticas de exploración y producción, teniendo en cuenta aspectos técnicos, operativos y ambientales, dentro de los cuales se hallan los procedimientos y protocolos de QAQC, aseguramiento y control de calidad del laboratorio, para poder garantizar resultados confiables.

Estudio de mercado

El laboratorio químico de Aris Mining Marmato requiere mejorar la confiabilidad de los resultados emitidos a las áreas de Geología y Planta de beneficio. Para ello se plantea una alternativa de solución que es la tercerización de las operaciones del laboratorio de Aris Marmato.

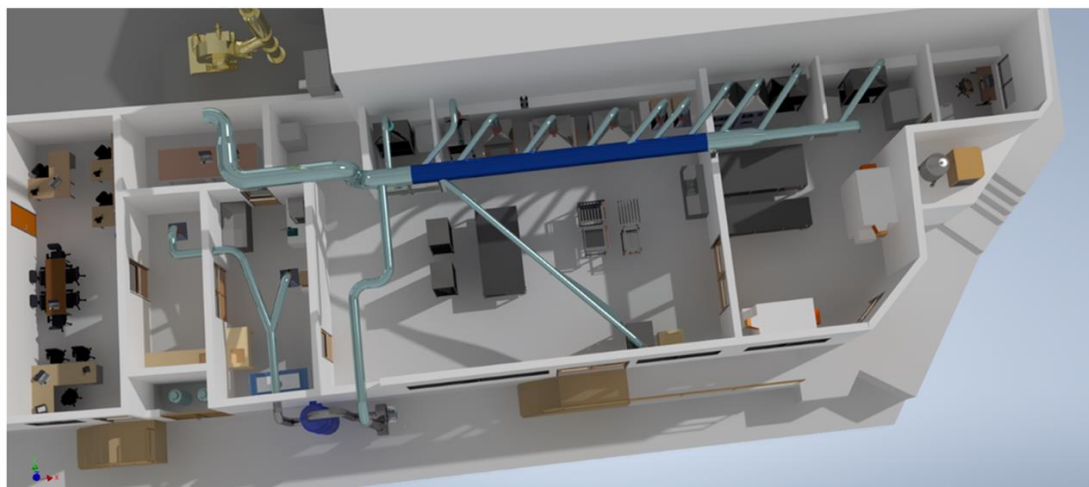
Servicio

El desarrollo de la tercerización de las operaciones del laboratorio químico tiene como objetivo mejorar la confiabilidad de los resultados emitidos a las áreas de Geología y Planta de beneficio, adaptándose a los tiempos de respuesta que la operación necesita.

Se plantean dos posibilidades para mejorar la confiabilidad de los resultados del laboratorio de acuerdo con los oferentes o demandantes, los cuales son la base para la construcción de las alternativas de solución para la mejora de los resultados de análisis.

La primera alternativa de solución es el laboratorio actual con posibilidades de inversión para su mejora.

Ilustración 7. Laboratorio químico actual



Fuente: Elaboración propia.

La desventaja de esta opción es que las inversiones no son tan altas. Por lo general, este tipo de laboratorio se presenta en forma de pequeñas unidades mecánicas de preparación de muestras y unidades de análisis simples, aunque la contratación de personal calificado es difícil por la ubicación geográfica. La ventaja es que permite al proyecto minero reducir el costo del análisis y concentrar sus recursos y capital en su negocio principal.

La segunda alternativa de solución es la tercerización de la operación del laboratorio, lo cual implica adquirir el servicio para la construcción, administración y operación integral del laboratorio *in situ*, en las instalaciones de Aris Mining Marmato. Este tipo de solución requiere inversiones altas de capital.

Demanda

Una vez delimitados los intereses que componen el estudio de la demanda, se tomó en cuenta los requerimientos de información definidos en el plan de investigación.

Análisis e interpretación de los resultados

Las características demográficas, socioeconómicas y el estilo de vida de los mercados objetivo de la propuesta se definieron de la siguiente manera. Para determinar los tamaños de la muestra, se tuvo en cuenta el grupo de interés, los clientes internos y los trabajadores del actual laboratorio, así como las gerencias con capacidad de toma de decisiones sobre recursos e inversión.

Aproximadamente 1200 personas hacen parte de Aris Mining Marmato. Sin embargo, se delimita la población a 51 personas a encuestar, entre clientes y usuarios y trabajadores de laboratorio. La encuesta fue realizada mediante la aplicación web: <https://es.surveymonkey.com/home/>. Se encuestó a las personas con preguntas abiertas, cerradas y de selección múltiple. las preguntas se pueden ver en el anexo A.

En el anexo B se muestran los resultados de la encuesta realizada, donde, en la primera pregunta hecha a las 51 personas encuestadas, el 90 % ha utilizado los servicios de laboratorio químico de Aris mining Marmato. De los cuales, el mayor uso que se le ha requerido al laboratorio de Aris Mining Marmato es el método de Ensayo al fuego + gravimetría con un 34,04 %; por otro lado, el tiempo de respuesta fue el atributo que mayor destacó, superando a la calidad de la información. En las preguntas abiertas solo se obtuvieron 37 respuestas con percepciones positivas acerca del servicio prestado por el laboratorio, con diferentes recomendaciones encaminadas a tecnificar o ampliar el funcionamiento del laboratorio.

Ahora bien, el 84,31 % de los encuestados manifiesta que no estaría de acuerdo con una eventual tercerización del laboratorio, contra un 15,69 % que sí lo está. De esto se puede inferir que sus principales clientes internos tienen una percepción positiva, y que ven oportunidades de mejora en cuanto a calidad y tecnificación de los métodos.

Estudio técnico

Para este estudio, es importante listar las inversiones más importantes y determinar el costo de las operaciones para dos tipos de escenarios: un laboratorio propio o un laboratorio

tercerizado. Es importante tener presente que la información presentada del laboratorio interno se basa en la operación del laboratorio en el año 2023; y la información del laboratorio externo se basa en una propuesta económica por parte del laboratorio SGS Colombia del año 2022.

Infraestructura

Laboratorio tercerizado

La propuesta principal fue presentada por SGS Société Générale de Surveillance, empresa líder mundial en inspección, verificación, ensayos y certificación.

La propuesta implica la creación de un nuevo laboratorio que sería construido bajo un esquema mixto de estructura móvil (en contenedores) y en una estructura fija (nave). Se propone un laboratorio en combinación de nave industrial y juego de contenedores de un área de 552 m² y 11 contenedores de 20ft y 10 ft.

Para la nave industrial se especifica que debe tener un tamaño de 23,5 x 23,5 m, para el área de preparación de muestras, y un área de fundición de 225 m². Se recomienda un ala de estructura metálica con cubierta, con aberturas laterales en algunos puntos, por las altas temperaturas que manejan los hornos, la cimentación y pisos. La estructura debe ser resistente a vibraciones y altas cargas, debido a los equipos que se deben tener. Es importante tener en cuenta la cimentación, la cual no est  incluida en esta propuesta económica, puesto que su costo dependerá de un estudio de suelos que será responsabilidad de Aris Mining Marmato.

La propuesta inicialmente esta para una capacidad máxima de 20.000 muestra por mes; sin embargo, para esta investigación se tomar  la capacidad máxima de 15.000 muestras, para lo cual el laboratorio de SGS habilitará únicamente las siguientes actividades:

- Preparación de muestras.
- Análisis de Au y Ag por ensayo al fuego con terminación gravimétrica.
- Análisis de Au y Ag por ensayo al fuego con terminación por absorción atómica.
- Cuantificación de Ag por digestión agua regia.
- Análisis de muestras líquidas de planta para determinación de Au.

- Bullion Test1.

Es importante que la actividad de muestreo del Doré debe ser realizado por personal de Aris Mining Marmato.

Laboratorio propio

El laboratorio propio se encuentra ubicado actualmente en las instalaciones de la empresa, dentro del área administrativa. El área de preparación está dividida en un área regular de 77.31 m² más un área irregular en forma de trapecio que cuenta con una longitud mayor 8.51 m y una menor de 3.21 m; cuenta con una altura de 5.23 m para un área de 30.64 m², el área de la Sala de fundición es de 73.5 m², el área de análisis químico es de 49.66 m² y un área de oficinas de 24 m².

Ilustración 8. Layout actual del laboratorio Aris Mining Marmato



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, para el volumen de muestras proyectado de 15.000 muestras, se requiere mayor espacio, sobre todo en el área de preparación de muestras. Para ello, se plantea la

adquisición de un contenedor de 20 ft, con el fin de atender las muestras que llegan de la mina, mientras que las muestras de planta se procesarían en el área de preparación actual.

Este laboratorio está habilitado para realizar únicamente las siguientes actividades:

- Muestreo en planta de beneficio y filtración.
- Preparación de muestra.
- Análisis de Au y Ag por ensayo al fuego con terminación gravimétrica.
- Análisis de Au y Ag por ensayo al fuego con terminación por absorción atómica.
- Granulométricos.
- Retalla.
- % humedad.
- Determinación de cianuro.
- Análisis de Au soluciones cianuradas AA.
- Análisis Químico de ley de barras.

Equipos necesarios

Laboratorio tercerizado

SGS propone que los equipos necesarios para realizar el análisis de las muestras deben adquirirse por Aris Mining bajo el modelo “En Comodato”, los cuales deben estar en óptimo estado operativo y a disposición del oferente, en este caso SGS. A continuación, se presenta el listado de los equipos recomendados:

Tabla 1. Listado de equipos para el área de preparación

Laboratorio de preparación de muestra	Cantidad
Cabina de extracción	1
Balanza a&d gx4000 4100g x 0.01g with rs232 interfaz	1
Trituradora boyd elite rsd d/split 380-415v 50hz	1

Tamizadora rotap rx29	1
Tamiz 200mm dia st./marco de acero y malla 2.00 mm gps	2
Tamiz 200mm dia st./marco de acero y malla 150 um gps	2
Tamiz 200mm dia st./marco de acero y malla 212 um gps	2
Tamiz receptor 200mm dia gps	2
Tapa de tamiz 200mm dia gps	2
Riffle splitter 300x150x15mm acero suave	3
Trituradora boyd elite rsd d/split 380-415v 50hz	2
Molino pulverizador, pv2, mark ii,415v,50hz, trifasico	5
Bowl solo b800	15
Divisor retsch pt200 (retsch)	1
Lavador de tamices ultra sonic bath for cleaning screens estimate cost 20ltr	1
Cabina de extracción	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Listado de equipos para el área de pesaje de flux

Pesaje	Cantidad
Balanza a&d 310g x 0,001g gf300 con interfaz rs232	1
Peso s/acero 0,001-2g set nata certified	1
Espátula s/s spoon 210mm	2
Espátula mango de madera 200mm	2
Espátula mango de madera cónico 80mm	2
Pesa bote s/s 85 x 27mm	6
Pesa co-s/s 50g	6
Vidrio desecador 300mm	2
Vidrio de la tapa del desecador 300mm	2
Plato desecador porcelana 300mm	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Listado de equipos para el área de ensayo al fuego

Ensayo al fuego	Cantidad
-----------------	----------

Horno fusión 25 olla gas	2
Salida de humos horno 25 pot	2
Furnace hood upstand for 25	2
Horno campana 25 pot	2
Banco móvil 3000 x 750 x 900mm	1
Boca de nicho	1
Horno ashing precalentamiento elec	1
Horno cupellation mf-c oil 50 place	2
Horno mufla campana trasera 50 plaza 900011	2
Mufla horno campana extractora 50 plaza 900006	2
Horno mufla campana frontal 50 plaza 900016	2
Tenedor de copela 25 plaza	1
Estantería con 5 x 25 bandejas para ollas	2
Carro vertedor 25 pot	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Listado equipos para el área de sala de pesaje doré y cianuro

Pesaje Doré	Cantidad
Balanza sartorius 5g x 0.001mg micro sarmc5	1
Bullion rolle essa	1
Campana de pvc de 60 "x36 "x24" de alto	1
Cary 60 instruments incl. pc, winuv and base software	1
Espectrofotómetro cell 10mm uv-vis varian	1
Sistema de cianuro kontes midivap 2000	1
Juego de cristalería kontes midivap 2000 cyanide	1
Bomba de vacío kawaki dv8 con filtro de vacío y Manómetro	1
Medidor de 5 estrellas thermo scientific orion	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Listado equipos para el área de húmedo

Húmedo	Cantidad
Placa caliente, 3kw 600mm x 300mm con	2
Controlador pid digital	
Baño de agua s/s 295x495x150	2
Barra magnética 38mm x 8mm	2
Barra magnética 45 x 8mm	2
Barra magnética 50 x 8mm	2
Agitador magnético 150 x 130 x 50mm	1
Termómetro de placa caliente -10 a 400 deg c	2
Vortex mixer selby model svm1	1
Bidón cubo 20 l c/tapa bidón	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Listado de equipos para el área de absorción atómica

Absorción atómica	Cantidad
Spectraa 55b aas independiente	2
Automuestreador varian sps-3 00-100822-00	2
Spectraa base sw + pc	2
Air compressor 2.5hp model	2
Ups 2200 va con batería interna	2
Lamp aas gold varian	2
Lamp aas silver varian	2
Equipo de laboratorio (vidrio, vaso, etc.)	2

Fuente: Elaboración propia.

Además de los equipos, el proveedor exige un sistema de información tipo SLIM EL LIMS CCLAS y QLAB SGS COLOMBIA SAS.

Laboratorio interno

El laboratorio interno desde año 2021 ha adquirido equipos para el remplazo de equipos ya deteriorados y para la implementación de nuevas metodologías. A continuación, se listan los equipos actuales:

Tabla 7. Listado de equipos actuales en el laboratorio Aris Mining Marmato

Equipos	Cantidad
Cortadores planta	5
Filtros de pedestal mh	1

Filtros de pedestal cola bulk	1
Filtros de mesa	5
Trituradora	1
Trituradora	1
Cuarateadores 15 mm	1
Cuarateadores 30 mm	1
Pulverizadora 1 antigua	1
Pulverizadora 2 nueva	1
Balanza de preparación	1
Tamizador o ro-tap	1
Balanza ensayo al fuego	2
Muflas de fundición	3
Hornos de fundición	2
Muflas de copelación	3
Hornos de copelación	1
Lavador de gases de proceso modelo vse 2000-s	2
Cabina de extracción	1
Planchas de calentamiento	2
Microbalanza	1
Sistema de absorción atómica 1	1
Sistema de absorción atómica 2	1
Taladro de árbol planta	1
Laminadora para ley de barras	1
Compresor de filtros	1
Compresor 1 rojo preparación de muestra	1
Compresor 2 Kaiser preparación de muestra	1

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, para lograr las 15.000 muestras se requieren los siguientes equipos (ver tabla 8):

Tabla 8. Listado de equipos requeridos para aumentar la capacidad de procesamiento de muestras y mejorar la calidad en el laboratorio Aris Mining Marmato

Equipos	Cantidad
Adquirir cuarteadores jones	2
Compra de balanza analítica	1
Adquisición mesa antivibratoria	1
Comprar pesas patrón clase e2	5
Adquirir agitador vortex para homogenizar soluciones	1
Comprar dispensadores y micropipetas	1
Sistema de extracción	2
Adquirir sensor de temperatura	1
Adquirir sensor de temperatura	1
Adquirir termohigrómetro	1
Adquirir sensor de conductividad	1
Comprar báscula de pesaje	1
Espectrofotometro agilent cary 60	1
Hotblock 35-position, 100ml	1
Destilador de agua	1
Sistema de digestión	1
Vstar92 - kit medidor multiparamétrico tiempo real ph, conductividad, rdo, od, ise thermo scientific	1
Phmetro	1
Campana extractora	1

Fuente: Elaboración propia.

Personal necesario: perfiles de cargo, funciones y capacidades

Laboratorio tercerizado

GSG propone operar el laboratorio con su personal en dos turnos rotativos (12 horas 14x7), salarios y prestaciones de ley, hospedaje, alimentación y movilización.

Tabla 9. Personal necesario para el laboratorio tercerizado

Vacante	Cantidad
Jefe de laboratorio	1
Gestor de relevo	0,4
Químico	3
Técnico de laboratorio	9
Incinerador	6
Técnico de preparación de muestras	12
Mantenimiento	2

Limpiador	2
Muestreador	3
Total	38,4

Fuente: Elaboración propia.

Laboratorio propio

Actualmente, el laboratorio tiene una capacidad 7000 muestras mensuales, con una nómina de 24 personas. El personal requerido para 15.000 muestras se presenta a continuación; se evidencia la necesidad de ampliar la contratación de personal calificado y de supervisores en cada turno.

Tabla 10. Personal necesario para el laboratorio in situ para procesar 15.000 muestras

Vacante	Cantidad
Jefe de laboratorio	1
Coordinador de laboratorio	1
Supervisor laboratorio	3
Técnico de laboratorio	3
Auxiliar de laboratorio	1
Operarios de laboratorio	18
Muestreador	3
Total	30

Fuente: Elaboración propia.

Especificaciones operativas de las operaciones del laboratorio para las diferentes fases del proyecto

En la propuesta de la tercerización, Aris Mining adquiere el compromiso de entregar la adecuación del terreno donde se instalará el laboratorio y de las obras civiles para la cimentación y pisos; de igual forma que la obra civil correspondiente para el tanque de suministro de GLP para los hornos. Si se requiere que SGS Colombia lo realice, SGS Colombia SAS se debe subcontratar el servicio y cobrará por la subcontratación más un 10 % adicional por costos administrativos.

Por otro lado, la empresa Aris Mining debe garantizar las adecuaciones para el buen desarrollo de las labores por parte de SGS Colombia. Aris Mining debe garantizar la asistencia mecánica y eléctrica para instalar todos los sistemas y equipos del laboratorio, y el apoyo debe ser continuo para mantener los equipos y la infraestructura del edificio.

Aris Mining debe brindar apoyo logístico al personal de SGS Colombia SAS para la implementación y la operación del laboratorio. La construcción del laboratorio realizada por Aris debe incluir la obra civil para cimentaciones y pisos, el montaje para garantizar las instalaciones de agua y drenaje de aguas residuales y la red de aire comprimido y gas.

En caso de daño total o parcial de un equipo, y de que este sea irreparable, es responsabilidad de Aris Mining reponer dicho equipo. Es importante tener en cuenta que la reposición del respectivo equipo deberá hacerla Aris Mining dentro de los tres días siguientes a la entrega del informe mediante el cual el SGS reportó el daño del equipo.

Aris Mining debe proporcionar información necesaria y confiable para la accesibilidad a la mina del personal por parte SGS Colombia que operará dentro de las instalaciones de Caldas Gold Marmato y los demás datos que sean necesarios para el normal desarrollo de las operaciones (documentos, muestras, planos, especificaciones, etc.).

Una vez se tengan las instalaciones y equipos, se debe conocer la propuesta económica realizada por SGS, la cual se describe a continuación:

- Costos fijos (mensuales) para 15.000 muestras en 60 meses: 325.600.000 COP.
- Costos variables: las tarifas variables están expresadas en valores unitarios por cada uno de los análisis solicitados en el Alcance del servicio. El valor total dependerá de las cantidades de análisis que se ejecuten en ciclos mensuales, para un total de 772.250.000 COP.
- Las tarifas variables se pueden observar el anexo C.

Laboratorio propio

Se requiere realizar la gestión para la compra e instalación de una unidad de preparación en un container de 20 ft. Adicionalmente, se debe contar con un sistema de extracción de material particulado. En cuanto al mantenimiento de equipos de laboratorio, que será realizado por personal interno de Aris Mining, es necesario implementar un sistema LIMS para el manejo de la data generada en el laboratorio.

- Costo fijo: costo de nómina de 30 personas:
- Costos variables: las tarifas variables corresponden a aquellos costos de recursos asumidos para la realización de muestras. Actualmente, el costo por muestra del laboratorio es de 44.000 COP, los cuales incluyen nómina, materiales y consumibles.

Se proyecta que este valor aumente debido al incremento del costo fijo (nómina) y el costo variable que depende del número de muestras procesadas.

Es importante tener en cuenta que los tiempos de respuesta establecidos por SGS son de 48 horas, tiempo extenso de acuerdo a la dinámica de la operación normal, ya que las decisiones tomadas a partir de los datos arrojados por el laboratorio son diarias. De esta manera, existen muestras de prioridad que son entregadas en 10 horas, 24 horas y máximo 48 horas, tiempos que actualmente el laboratorio interno cumple a cabalidad.

En ambas propuestas, tanto en el laboratorio interno como el externo, se requiere la implementación de un sistema LIMS para el tratamiento de los datos y el seguimiento al QAQC.

Estudio legal

Se realiza una matriz legal del sector minero que enmarca las leyes y decretos que se deben tener en cuenta al momento de operar de manera interna o a través de servicios de tercerización.

Tabla 11. Matriz legal para la operación de laboratorio Aris Mining Marmato

Ente emisor / parte interesada	Documento / ley	Contenido
Corte Constitucional	Constitución Política de Colombia, artículos 79, 80, 81, 82, 88, 95, 150, 317, 332, 333, 334, 361, y 366	La Constitución Política de Colombia reconoce el derecho del medioambiente como un derecho fundamental
Congreso de Colombia	Ley 99 DE 1993	Por medio del cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medioambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones

Congreso de Colombia	Ley 1252 DE 2008	Por medio de la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
Ministerio de Medio Ambiente	Decreto 4741 de 2005	Por medio del cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Ministerio de Medio Ambiente	Decreto 948 de 1995 y Decreto 979 de 2006	Prevención de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire. Restricción de uso de combustibles contaminantes, prohíbe quemas, ruido y almacenamiento de desechos en zonas públicas.
Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 0627 de 2006	Establece la norma nacional de emisión de ruido. Cumplir con los estándares máximos permisibles de los niveles de ruido.
Ministerio del Interior	Ley 1801 DE 2016	Por medio de la cual se expide el Código Nacional de Policía y Convivencia.
Ministerio de Justicia	SICOQ (Sistema de Información para el Control de sustancias y Productos Químicos)	Es una herramienta tecnológica que permite interactuar de manera ágil y oportuna, a las empresas con las entidades competentes para el ejercicio del control de sustancias y productos químicos que pueden ser utilizados en la fabricación de drogas ilícitas.
Cámara de Comercio	Certificado de Existencia y Representación	Certificado de Existencia y Representación.
Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales	Registro único Tributario	Registro único Tributario.
DIAN	Estatuto tributario	Regula el impuesto a la renta.
Ministerio de la Protección Social	Código Sustantivo del Trabajo y de la Seguridad Social.	Regula las relaciones entre el empleador y el empleado.
Ministerio de la Protección Social	Ley 9 de 1979	Regula la prevención de daños a la salud propio de las condiciones laborales.
Ministerio de la Protección Social	Resolución 2400 de 1979	Regula las obligaciones de los empleadores y los trabajadores en el tema de los riesgos profesionales.
Ministerio del Trabajo	Resolución 1409 de 2012	Por medio de la cual se establece el reglamento de seguridad para la protección contra caídas en trabajo en alturas.

Ministerio de Trabajo	Resolución 652 de 2012	Por la cual se establece la conformación y funcionamiento del Comité de Convivencia Laboral en entidades públicas y empresas privadas y se dictan otras disposiciones.
Ministerio de Trabajo	Resolución 1356 de 2012	Modifica parcialmente la Resolución 652 de 2012 Por medio de la cual se establece la conformación y funcionamiento del Comité de Convivencia Laboral en entidades públicas y empresas privadas y se dictan otras disposiciones.
Ministerio de Trabajo	Decreto 6141 de 2012	Crea las bases para la administración pública y privada de la Salud Ocupacional. Reglamenta la creación de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial de la empresa.
Ministerio de Trabajo	Resolución 1401	Reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo.
Ministerio de Desarrollo económico	Decreto 3102 de 1997 Art. 1 y 2	Reglamenta la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. Hacer buen uso del servicio de agua potable y reemplazar aquellos equipos y sistemas que causen fugas de agua en las instalaciones internas.
Ministerio de Salud	Decreto 02 de 1982 Capítulo II y III	Reglamenta en cuanto a emisiones atmosféricas. Define las normas de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Fuente: Elaboración propia.

En los aspectos legales a cumplir, tanto los servicios de tercerización como las operaciones internas están sujetos a la complejidad del cumplimiento normativo. Por lo tanto, en esta materia no hay una diferencia relevante para optar por alguno de los dos escenarios.

Estudio Financiero

Este análisis se realiza bajo una estructura de costos, teniendo en cuenta los costos fijos, costos variables, la depreciación en el caso de equipos, y amortización en el caso de adecuaciones y licencias.

Tabla 12. Estructura de costos del laboratorio tercerizado

Cargo		Costo / Muestra	Muestra	Costo Mensual
Cargo fijo	Factura 15.000 muestras	21.706	15.000	325.590.000
Cargo Variable	Mina	20.560	9.000	185.040.000
Cargo Variable	Planta Sólido	41.840	5.000	209.200.000
Cargo Variable	Planta Líquido	71.720	500	35.860.000
Cargo Variable	Concentrado	33.120	500	16.560.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resumen de los costos mensuales de tercerización

Actividad	Costos mensuales
Costo tercerización mensual COP	772.250.000
Depreciación	20.464.667
Amortización	4.666.667
Costo total COP	797.381.333

Fuente: Elaboración propia.

Para el laboratorio externo, se tuvo en cuenta la depreciación basada en la vida útil de cada uno de los equipos y de las herramientas solicitados por SGS Colombia listados en las tablas 1,2,3,4,5, y 6 para poder operar las 15.000 mil muestras mensuales, la vida útil se definió basado en el Artículo 137 del Estatuto Tributario, Decreto 1625-2016. Así como las construcciones y adecuaciones solicitadas por SGS, como la construcción de una nave laboratorio en combinación de nave industrial y juego de contenedores de un área de 552 m2 y 11 contenedores de 20ft y 10 ft, adicional del *software* los cuales se amortiza por la vida útil también definida por el Artículo 137 del Estatuto Tributario, Decreto 1625-2016.

Se pueden observar los costos fijos y variable que establece SGS Colombia para 15.000 muestras, a lo que mensualmente le costaría a Aris Mining 772.250.000 COP, con

una depreciación de los equipos a adquirir de 20.464.667 COP, adicional de una amortización de las adecuaciones de 4.666.667, de esta manera la operación del laboratorio SGS modelo de tercerización tiene un costo mensual de 797.381.333 COP.

Para el laboratorio interno se presentan costos fijos, costos variables, depreciación y amortización que se incurría para procesar 15.000 muestras mensuales.

Tabla 14. Estructura de costos del laboratorio propio

Elementos	Cantidad muestras	Costo variable	Costo fijo	Costo total
Mano obra directa	-		109.851.568	109.851.568
Auxiliar laboratorio	-		5.259.350	5.259.350
Operarios Nivel 5 - Preparación	-		22.050.579	22.050.579
Operarios Nivel 1 - Análisis químico	-		14.388.535	14.388.535
Operarios Nivel 3 - Fundición	-		26.787.545	26.787.545
Operarios Nivel 2 - Fundición	-		13.393.772	13.393.772
Muestreador - Muestreo	-		11.025.289	11.025.289
Técnico de laboratorio	-		16.946.497	16.946.497
Mano obra indirecta	-		42.218.522	42.218.522
Coordinador laboratorio	-		7.028.836	7.028.836
Jefe laboratorio	-		14.631.251	14.631.251
Supervisor laboratorio	-		20.558.434	20.558.434
Elementos de seguridad personal	-		6.000.000	6.000.000
Materiales e insumos	15.000	13.141	-	197.118.011
Fundente químico	15.000	4.511	-	67.672.117
Crisoles	15.000	2.381	-	35.721.008
Copelas	15.000	2.008	-	30.118.836
Insumos químicos	15.000	4.240	-	63.606.051
Alquiler Equipos Computo			2.700.000	2.700.000
Gasto administrativo			2.700.000	2.700.000
Costo Operación Mensual COP			160.770.090	357.888.101

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Resumen de los costos mensuales de laboratorio propio

Actividad	Costos Mensual
Operación mensual COP	357.888.101
Depreciación	4.736.667
Amortización	858.333
Costo total COP	363.483.101

Fuente: Elaboración propia.

Se tuvo en cuenta la depreciación basada en la vida útil de cada uno de los equipos y herramientas requerido por el laboratorio interno de Aris Mining mencionados en la tabla 8, para poder operar las 15.000 muestras mensuales. La vida útil se definió basado en el Artículo 137 del Estatuto Tributario, Decreto 1625-2016. En el caso de las adecuaciones requeridas al interior del laboratorio y fuera de e él, adicional del *software*, los cuales se amortizan por la vida útil, también definida por el Artículo 137 del Estatuto Tributario, Decreto 1625-2016.

Se puede observar los costos fijos y variable del laboratorio interno de Aris Mining para 15.000 muestras, 357.888.101 COP, con una depreciación de los equipos a adquirir de 4.736.667 COP, adicional de una amortización de las adecuaciones de 858.333. De esta manera, la operación del laboratorio interno de Aris Mining tiene un costo mensual de 363.483.101 COP.

El costo total de la operación del laboratorio tercerizado propuesto por SGS incluyendo la depreciación por la inversión en los equipos y la amortización por las construcciones y adecuaciones para la operación mensual de 15.000 muestras es de 797.381.333 COP. Supera significativamente los costos de operación que demandaría el laboratorio interno con un costo total de 363.483.101 COP.

CONCLUSIONES

Dentro del análisis del entorno se obtuvo información importante acerca de los nuevos enfoques para la actividad minera en Colombia, la cual va de la mano del actual Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida” y de los actuales cambios generados por la Agencia Nacional de Minería, la cual informó que resumirá las funciones de la autoridad minera que fueron delegadas a la Gobernación de Antioquia. Es necesario considerar el impacto político negativo que se presenta en el sector minero de acuerdo con las nuevas corrientes políticas, que no solo están implementando cambios administrativos a nivel regional y nacional, sino generando incrementos de los requisitos para poder operar estos proyectos. Esto genera una incertidumbre política, social y ambiental, llevando a este sector a cuidar sus costos de operaciones puesto que depende directamente de los precios de la tasa representativa de cambio, del precio del dólar y del oro en el mercado, lo que implica que un cambio de estas variables externas impacta directamente al sector. En su gran mayoría, se previene riesgos ante una baja de precios del oro en el mercado posponiendo las inversiones en áreas pequeñas, como es el caso del laboratorio químico que, ante una propuesta de tercerización que implica la compra de equipos y de alta tecnología, no sea una opción efectiva en el corto plazo para el corporativo de Aris Mining.

En cuanto al análisis del mercado, el cual se realizó con los clientes internos de la compañía Aris Mining del actual laboratorio químico, este representa ser un área que presta un servicio satisfactorio dejando abiertas algunas recomendaciones para la mejora de sus métodos de trabajo e instalaciones, rescatando el valor del conocimiento empírico que se tiene con el personal operativo del laboratorio. A pesar de que el laboratorio interno requiere mejorar su método de determinación de oro y plata, se destacan los tiempos de respuesta existentes que se ajustan a las necesidades de la operación de producción de la mina y de la producción planta. La percepción de confianza hace que el 84,31 % de los encuestado manifiesta no estar de acuerdo con la tercerización del laboratorio, contra un 15,69 % que sí lo está. Ante este escenario, se debe iniciar un plan de mejora de los métodos analíticos que involucren la formación y capacitación del personal para tener un personal calificado de la zona. Al continuar con el laboratorio interno Aris Mining encuentra una oportunidad de

mejora que apunte al mejoramiento de la calidad de su operación y una contribución social con la región.

En cuanto a los componentes técnicos es importante tener en cuenta que los datos del laboratorio impactan directamente en la toma de decisiones operativas, tanto en el área de mina como en el área de planta de beneficio. De esta manera, se requiere que la información que arroje el laboratorio sea confiable y de calidad. Sin embargo, por parte del QAQC realizado por el área de Geología al laboratorio interno se presenta un sesgo negativo que pone en tela de juicio el trabajo llevado a cabo actualmente en el laboratorio, abriendo la posibilidad de implementar un modelo de servicio de tercerización bajo unas obligaciones solicitada por el oferente en este caso SGS Colombia, en las cuales se requiere adquirir y disponer de espacios para el diseño, construcción y adecuación de un nuevo laboratorio y la adquisición de equipos y herramientas para cumplir los estándares de calidad y garantizar la confiabilidad de los resultados.

Es importante que para estos altos niveles de inversión se tenga en cuenta que se cubra la totalidad de las necesidades de la operación puesto que el laboratorio interno es responsable de actividades esenciales como lo es el muestreo en planta de beneficio, cuyos esfuerzos de mejoramiento están enfocados en esta parte debido a que la muestra representa el 80 % de la calidad de un resultado de laboratorio. Por parte de la propuesta de SGS Colombia, no se cuenta con el alcance de esta actividad, lo cual permite que Aris Mining solicite nuevas propuestas enfocadas en el cubrimiento de las necesidades de la operación en su totalidad; y otras enfocadas en el servicio de evaluación de los métodos actuales, condiciones estructurales y medioambientales del laboratorio, con el fin de realizar recomendaciones y asesoría para aprovechar los recursos que se tienen en cuanto a equipos y a personal, como también a asesoría de futuras inversiones orientadas al cumplimiento de la calidad.

Dentro de los aspectos legales, se identificó la complejidad que se presenta en general para los proyectos mineros. Así que no existe una ventaja competitiva legal dentro de los dos escenarios estudiados, ya que Colombia debe garantizar el cumplimiento de la ley, que involucra: permisos ambientales y la protección laboral completa –que actualmente cubre Aris Mining con sus trabajadores–.

En cuanto a la viabilidad financiera, es posible concluir que, de acuerdo con los requerimientos impartidos por SGS Colombia, la tercerización del laboratorio químico a nivel operativo no cuenta con una viabilidad financiera favorable, lo que implica seguir con la búsqueda de opciones que sean más rentables para la operación de Aris Mining Marmato, reestructurando la propuesta de SGS así: el laboratorio interno cuenta con algunos equipos que SGS recomienda adquirir, por lo que no sería necesario comprarlos; y no se requiere solicitar disponibilidad de terrenos para construcción de infraestructura.

Es importante continuar con el estudio y el análisis teniendo en cuenta diferentes propuestas por otros laboratorios certificados, verificando las disponibilidades de terrenos en Aris Mining con sus respectivos estudios de suelos para futuras construcciones además de incluir análisis a profundidad de las condiciones de cobros por parte del oferente por SGS Colombia debido que al momento que las tarifas fijas y las tarifas variables que depende el número de muestras son cotizados en dólares (USD), lo cual implica que ante un aumento en la tasa representativa del mercado, hay un aumento marginal en el costo.

Sin lugar a duda es imperativo garantizar la calidad de la información emitida por el laboratorio interno por lo que se Aris Mining tiene el reto de buscar estrategias de mejoramiento integrales para el laboratorio interno, que involucre maquinaria, equipo, infraestructura y personal calificado que conlleven a la confiabilidad de los resultados, para realizar inversiones que puedan priorizarse y administrarse en el corto y mediano plazo, de acuerdo al crecimiento del proyecto minero.

REFERENCIAS

- Aris Mining (2022). *Aris Mining Corporation*. Aris Mining Corporation. <https://www.aris-mining.com/overview/default.aspx>
- Aris Mining Corporate (2023). *Aris Mining*. <https://www.aris-mining.com/about-us/about-aris-mining/default.aspx>
- Aris Mining, SRK consulting, Ausenco, PITEAU ASSOCIATES (2022). *Technical Report for the Marmato Gold Mine, Caldas Department, Colombia*. Marmato: Technical Report Marmato Gold Mine. https://s28.q4cdn.com/389315916/files/doc_downloads/marmato-mine/2022/NI-43-101-Technical-Report-Prefeasibility-Study-of-the-Marmato-Gold-Mine-Caldas-Colombia.pdf
- Armando Tarra, J. & Restrepo Baena, R. (2024). Producción de oro en Colombia: promisorio, pero con retos por superar. *Periódico UNAL*.
- Avellaneda, F., & Silvia, D. (2022). *Implementación del sistema lims en la mejora de la gestión de laboratorios de ensayos químicos del nivel de las pymes de lima y callao 2019* [Tesis de Maestra en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Federico Villareal].
- Benassini, M. (2014). *Introducción a la investigación de mercados: enfoque para América Latina*. Pearson Educación.
- Bolívar, S. C. (26 de diciembre de 2023). *Agencia Nacional de Minería resumirá delegación en Antioquia a partir de 1 de enero*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/antioquia-agencia-nacional-de-mineria-resumira-delegacion-en-el-departamento-839001>
- Cadle, J., Paul, D., & Turner, P. (2014). *Business analysis techniques*. British Informatics Society Limited.
- Cámara de Comercio de Manizales (2023). *Certificado de Existencia y Representación Legal. Objeto Social*. Cámara de Comercio de Manizales.
- Chain, N. S. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. Mc Graw Hill educación.
- Córdoba, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos*. IICA Biblioteca Venezuela.

- DANE (2021). *Análisis económico y social de la minería en Colombia: retos y oportunidades*. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/211022-Asociacion-Colombiana-de-Mineria.pdf>
- Davies, H. (2016). *Programas de control y garantía de calidad: una prioridad, no una ocurrencia tardía*. <https://www.micon-international.com/qa-qc-programmes/>
- Dos Santos, M. A. (2017). *Investigación de Mercados: Manual universitario*. Ediciones Díaz de Santos.
- Energía (2023). Una nueva visión de la minería en Colombia. *En Colombia potencia de la vida*. https://www.minenergia.gov.co/documents/10236/V3_31052023_Una_nueva_vis%C3%B3n_de_miner%C3%ADa_en_Colombia.pdf
- Energyminas (2019). *La importancia de los laboratorios mineros*. <https://energiminas.com/la-importancia-de-los-laboratorios-mineros/>
- González, N. G. (28 de 06 de 2022). *El sector minero aporta al país cerca de \$5 billones anuales en impuestos y regalías*. La República. <https://www.larepublica.co/especiales/las-1-000-empresas-el-ano-de-la-sostenibilidad/el-sector-minero-aporta-al-pais-cerca-de-5-billones-anuales-en-impuestos-y-regalias-3391760>
- Johnson, G., Whittington, R., Regner, P., Scholes, K., & Angwin, D. (2017). *Exploring Strategy*. Pearson UK.
- Joyas, J. C. (2006). *Marco teórico 5 fuerzas de porter*. Universidad Autonoma de Occidente. <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/cinco-fuerzasporter/cinco-fuerzas-porter.pdf>
- Malhotra, N. K. (2020). *Investigación de mercados*. Pearson Educación.
- Melo, A., Faria-Campos, A., DeLaat, D., Keller, R., Abreu, V., & Campos, S. (22 de Diciembre de 2010). *SIGLa: un LIMS adaptable para múltiples laboratorios*. Springer. <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2164-11-S5-S8>
- Lozano, R. A. M. (2020). *Formulación y evaluación de proyectos: enfoque para emprendedores*. Ecoe Ediciones.
- Minambiente (2028). *Resolución 909 del 2008*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-909-del->

[2008/#:~:text=Junio%20de%202008%20C2%ABPor,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.%C2%BB](#)

Mincape (26 de 05 de 2021). *Why a mining laboratory?* Mincape.
<https://mincape.com/en/why-a-mining-laboratory/>

Minería (2023). *Minería para la vida*. Agencia Nacional de Minería.

Montañez, G. A. (2019). *Formulación y evaluación de proyectos agropecuarios*. Ecoe Ediciones.

Orozco, J. D. (2017). *Evaluación financiera de proyectos*. Ecoe Ediciones.

Paturel, R. (2006). Por una nueva metodología de análisis del entorno de las organizaciones. *Innovar*, 16(28), 33-42.

Sapag, N. (2021). *Proyectos de inversión Formulación y evaluación*.

SGS (s. f.). *SGS en Colombia*. <https://www.sgs.com/es-co/nuestra-empresa/acerca-de-sgs/sgs-en-colombia>

URBINA, G. B. (2010). *Evaluación de proyectos*. McGraw-Hill / Interamericanaeditores, S.A.

Urrutia, B. (2023). *Una nueva Política Minera en Colombia*. Brigard Urrutia.

Vrzic, L. (2021). *Importancia de los servicios de pruebas de laboratorio para la industria minera*. OCEANUP. <https://oceanup.com/47610/laboratory-testing-services-for-mining-industry/>

ANEXOS

Anexo A

1. ¿Ha utilizado el servicio de laboratorio químico de Aris Mining Marmato?

- Sí.
- No.

2. ¿Qué tipo de servicio ha adquirido con el laboratorio de Aris Mining Marmato?

- Análisis de Au y Ag por ensayo al fuego + gravimetría.
- Análisis de Au y Ag por ensayo al fuego + Absorción Atómica.
- Análisis de granulométricos.
- Análisis de Cianuro Total.

Muestreo en planta

3. Queremos conocer su percepción sobre el servicio del laboratorio Químico de Aris Mining Marmato.

Tiempo de respuesta; Claridad de la información Calidad; de la información Servicio al cliente

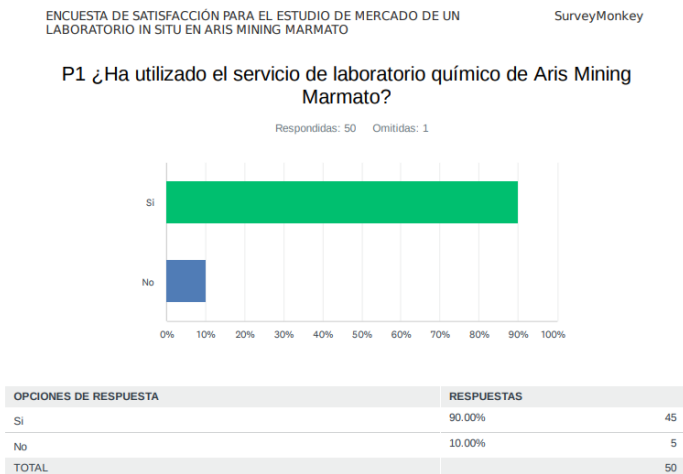
4. ¿Qué considera que podemos mejorar en el servicio del laboratorio de Aris Mining Marmato?

5. Ante una eventual tercerización de las operaciones del laboratorio de Marmato por un externo, ¿estaría usted de acuerdo?

- Sí.
- No.

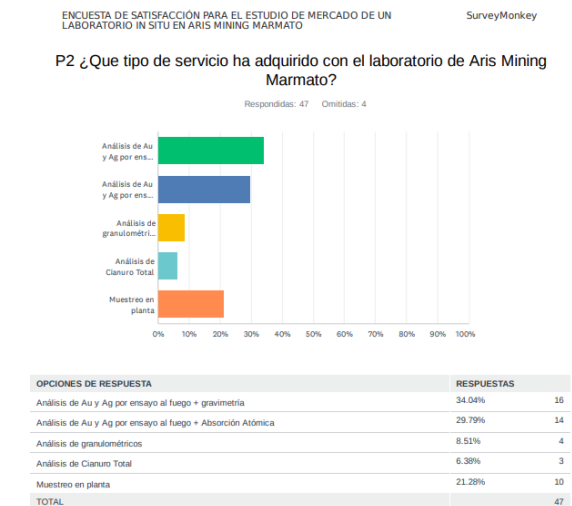
Anexo B

Respuesta a la primera pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.



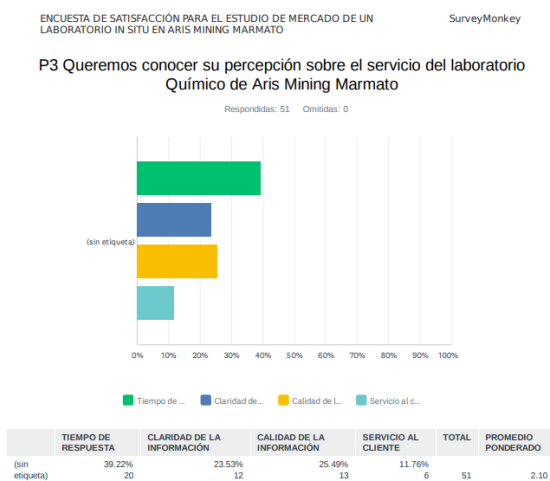
El mayor uso que se le ha requerido al laboratorio de Aris Mining Marmato es el método de Ensayo al fuego + gravimetría con un 34,04 %.

Respuesta a la segunda pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.



El tiempo de respuesta fue atributo que mayor destacó fue el tiempo de respuesta superando a la calidad de la información.

Respuesta a la tercera pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.



En la pregunta abierta se tuvo 37 respuestas y 14 omitidas, las cuales se presentan a continuación.

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

Por el momento todo está perfecto
8/2/2024 15:40 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Muy buen tiempo de respuesta y calidad de la información
8/2/2024 14:11 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Todo está muy bien
8/2/2024 14:08 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Mantener siempre el personal capacitado y muy importante calibración de los equipos
8/2/2024 14:06 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Tiempo de respuesta más corto.

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ⓘ Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

- Mejora en la calidad de los resultados, además de la obtención de información
8/2/2024 12:11 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- Locación
8/2/2024 11:46 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- N/A
8/2/2024 11:44 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- Tiempos de respuesta
8/2/2024 10:44 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- QA QC

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ⓘ Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

- Información más accesible al usuario.
8/2/2024 09:33 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- El tiempo de respuesta
6/2/2024 17:04 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- Generalmente oportuno con las prioridades, las no prioridades se demoran a veces
6/2/2024 17:03 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- Tiempo de entrega de resultados y aumento capacidad de número de muestras a procesar por día
6/2/2024 14:01 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)
- Potencias la cantidad de muestras que se puede recibir por día

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ⓘ Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

Todo muy bien, felicitaciones
6/2/2024 08:24 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Tiempos de respuestas y confiabilidad en los resultados
6/2/2024 07:35 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Tener un mejor líder o supervisor ya que no se sabe dirigir a las personas es petulante y arrogante la idea de un líder es ayudar al equipo a salir adelante no atacarlo para quedar bien.
5/2/2024 20:40 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

La recepción de las muestras, para tener un poco menos de espera.
5/2/2024 19:12 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Respuesta a la Cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ⓘ Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

Extracción
5/2/2024 19:10 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

La ventilación de las instalaciones y mejorar su sistema de extracción
5/2/2024 19:07 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Mantenimiento de los equipos
5/2/2024 18:54 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Tiempo de respuesta tal vez debido a falta de personal suficiente
5/2/2024 18:53 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

La calidad de servicio es muy buena, continuar con la mejora continua

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ⊕ Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

Capacitación en nuevas tecnologías que les ayuden a mejorar los procesos ya utilizados o implementar los que por la naturaleza de la empresa se requieran
5/2/2024 17:04 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Tiempos de respuesta y parámetros de análisis
5/2/2024 17:04 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Implementar estándares de diferentes tenores para la calibración correcta del equipo.
5/2/2024 16:27 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Utilizar crisoles más grandes para estandarizar los gramos en cada muestra y adquirir un fundente universal
5/2/2024 16:26 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUESTAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ⊕ Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

Confiabilidad de resultados, difere resultados del acumulado mensual (oro total de barras con tenor global del mes o acumulado)
5/2/2024 16:00 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

El servicio del laboratorio fue rápido y claro con sus procesos.
5/2/2024 15:55 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Implementar acciones de mejora en aquellos puntos en los que se hayan identificado falencias para mejorar el proceso y calidad de los datos.
5/2/2024 15:23 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Creo que por el momento esta muy bien.
5/2/2024 15:11 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas ▼](#)

Respuesta a la cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

Respondidas: 37 Omitidas: 14

RESPUETAS (37) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)

Q Buscar respuestas ? Filtrar: por etiqueta ▼

Mostrando 37 respuestas seleccionadas

Ampliar nuevos parámetros de análisis para muestras de agua
5/2/2024 15:00 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Servicios al cliente
5/2/2024 14:58 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Orientar a los clientes sobre el proceso para reclamación de muestras rechazado.
5/2/2024 14:55 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

Ampliar las instalaciones
5/2/2024 14:51 [Ver las respuestas del encuestado](#) [Agregar etiquetas▼](#)

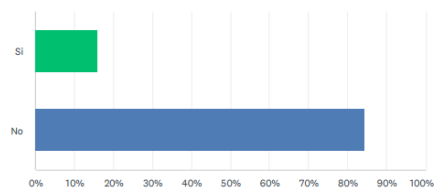
La sistematización de los procesos, de forma que la data tenga cada vez menos intervención humana

Respuesta a la quinta pregunta de la encuesta de satisfacción para el estudio de mercado de un laboratorio in situ en Aris Mining Marmato.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN PARA EL ESTUDIO DE MERCADO DE UN LABORATORIO IN SITU EN ARIS MINING MARMATO SurveyMonkey

P5 Ante una eventual tercerización de las operaciones del laboratorio de Marmato por un externo, ¿estaría usted de acuerdo ?

Respondidas: 51 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
Si	15.69%	8
No	84.31%	43
TOTAL		51

Anexo C. Costo variable SGS en dólares

SAMPLE TYPE	TEST	SGS METHOD	COSTS PER TEST USD
Mine Samples	Receive, sort, Weigh, Dry at 105 oC	G LOG10, G WGH10, G DRY10	\$ 0,14
-	Crush < 2 kgs to 90% passing 2 mm, RSD split	G CRU10	\$ 0,28
-	Pulverize 250 grams to 85% passing 75 u	G PUL10	\$ 0,42
-	30 gram Fire Assay Flame AAS	GO FAA30V10	\$ 2,87
-	Ag by Aqua Regia Flame AAS	GO AAS21C50	\$ 1,43
Plant Solids	Receive, sort, Weigh, Dry at 105 oC	G LOG10, G WGH10, G DRY10	\$ 0,14
-	Crush < 2 kgs to 90% passing 2 mm, RSD split 250 grams	G CRU10	\$ 0,28
-	Rotary Split 2 kgs to 250 grams	G RSD10	\$ 0,27
-	Pulverize 250 grams to 85% passing 75 u	G PUL10	\$ 0,42
-	30 gram Fire Assay Flame AAS	GC FAA30V10	\$ 6,06
-	Ag by Aqua Regia Flame AAS	GC AAS21C50	\$ 3,01
-	Sizing	G PHY15V	\$ 0,14
-	Moisture	G PHY03V	\$ 0,14
Plant Liquids	Receive, sort, confirm Volume	G LOG10, G VOL10	\$ 0,14
-	Au and Ag by DIBK Flame AAS	GC AAS82X	\$ 0,97
-	CN Free	GC CLA40T	\$ 0,35
-	CN Total	GC CLA41T	\$ 11,04
-	CN WAD	GC CLA41T	\$ 5,43
Final Concentrates	Receive, sort, Weigh, Dry at 105 oC	G LOG10, G WGH10, G DRY10	\$ 0,14
-	Rotary Split 2 kgs to 250 grams	G RSD10	\$ 0,27
-	Pulverize 250 grams to 85% passing 75 u	G PUL10	\$ 0,42
-	Au and Ag by 30 gram Fire Assay Gravimetric	GC FAG32V	\$ 7,18
-	Moisture	G PHY04V	\$ 0,27