

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS**



**CARACTERIZACIÓN METALURGICA PARA LA
RECUPERACIÓN DE ORO EN LAS ARENAS DE RELAVES,
UBICADAS EN LA PARCELA IA-12, LAS CLARITAS,
MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO DE GRADO
PRESENTADO POR
LOS BACHILLERES
ANGGY HERNANDEZ
Y JOSE LEON PARA
OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO DE MINAS**

CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2022

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado titulado **“Caracterización metalúrgica para la recuperación de oro en las arenas de relaves, ubicadas en la parcela IA-12, Las Claritas, municipio Sifontes. Estado Bolívar”**, preparado por los bachilleres Jose León y Anggy Hernández, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

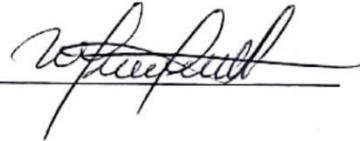
Profesor Víctor González

(Asesor)



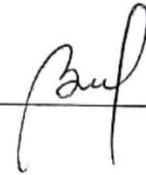
Profesora Mayerling Haro

(Jurado)



Profesora Bezeida Osio

(Jurado)



Profesor Víctor González

Jefe del Departamento de Ingeniería de Minas

Ciudad Bolívar 07 de Noviembre 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mi Dios Todopoderoso por regalarme la vida, guiarme, ayudarme en cada paso y permitirme llegar hasta aquí, a mi familia por todos los valores que me han enseñado, por su amor, esfuerzo, apoyo y sacrificio a lo largo de mi vida y de mi formación profesional, a la Universidad de Oriente por abrirme sus puertas y por las oportunidades brindadas, a cada uno de los profesores que de manera directa o indirecta aportaron su granito de arena para aumentar mis conocimientos y por ultimo y de manera especial a nuestro tutor académico y jurados por su apoyo, paciencia, instrucciones, correcciones, horas de trabajo y consejos durante el desarrollo de este proyecto.

Anggy Hernández

AGRADECIMIENTOS

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres Damián León y Annelys Sánchez, a mi hermana Damelis León y a mi novia Anggy Hernández que además de ser mi compañera sentimental fue mi compañera a lo largo de mi travesía universitaria. A ellos les doy las gracias pues me apoyaron aun en los momentos más difíciles, les doy gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder de vista mis metas, me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño ya que antes las adversidades y tropiezos de la vida lo más importante es poder levantarse aun cuando ya hemos caído.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos. Y, por último, pero no menos importante esta tesis va dedicadas a aquellas personas que aun a estas alturas creen que el estudio, el crecimiento personal y luchar para fortalecer el crecimiento educativo es una pérdida de tiempo.

José león.

DEDICATORIA

Le dedico este logro a mis seres más queridos; a mi Dios Todopoderoso porque es Él mi fuerza y la razón de mi existir, con Él nada es imposible; a mis papitos hermosos Luz Estela P. y Jaime Hernández V. por todo su amor, esfuerzo, apoyo y sacrificio a lo largo de mi vida y de mi formación profesional, porque sin ellos este logro no hubiera sido posible; a mi hermanita Anny por darme fuerzas y razones para no abandonar, deseo que ella también logre sus metas en la vida; a mi hermanito en el cielo, mi Wimbi, que extraño muchísimo y que siempre me motivó y ayudó a mejorar en todo sentido, sé que está orgulloso de mí, al igual que mi Yender, hermano de otros padres; a mi novio José León que también es parte importante en mi vida, gracias por todo su esfuerzo, apoyo, paciencia y amor; a mis suegros Annelis Sánchez y Damián León, y a mi cuñada Damelis León, por toda su paciencia, su apoyo, ayuda y cariño, gracias, son muy valiosos para mí; a mis nonitas, a mi nonito, tías, tíos, primas, primos, por su apoyo y amor; a mi madrina bella y vecinos agradables. Y por último a mis amigos y compañeros más queridos que han sido alegría y pilares fundamentales durante todos estos años de formación, especialmente a Steffano Salazar y Luis Araya, a José León, Ángel Morgado, Marilen García, George Rodríguez, Diana Herrera, Zeusmar Hernández, Edgar Pérez, Jesús Ledezma, Santos Carvajal, Miglelis Diaz, Greisy Ortiz, Narielis Pérez y Cindimar Ruiz.

Anggy Hernández

DEDICATORIA

Agradezco Dios por bendecirme con la vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. A mi familia por estar siempre presentes, a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez.

Agradezco a la Universidad de Oriente por brindarnos a nosotros los estudiantes las instalaciones y el apoyo necesario, por brindarnos un lugar de reunión y permitir el encuentro con aquellos docentes, que han compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de esta profesión, De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

José León.

RESUMEN

El área de estudio se encuentra ubicada Bizkaitarra, Las Claritas, municipio Sifontes-estado Bolívar específicamente en la parcela IA-12. El propósito de este estudio fue caracterizar las arenas de relaves y proponer métodos para la recuperación de oro y minerales asociados. Para ello se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas, mineralógicas, geoquímicas, metalúrgicas de las arenas de relaves y se cuantificó el tonelaje con métodos convencionales. El área objetivo de la parcela consta de dos (02) depósitos, que ocupa una extensión de 1.125 m² dentro de la misma. Se pudo constatar la presencia de minerales consumidores de cianuro y de oxígeno, tales como los óxidos de hierro y sulfuros de hierro respectivamente, lo cual indica que, durante un proceso de lixiviación, el control lo ejercerá el oxígeno disuelto. Por otra parte, las muestras no contienen cantidades apreciables de arcilla, lo que facilita el proceso de lixiviación, ya que generará poca viscosidad y la difusión del oxígeno en la solución se facilitará. El tamaño de las partículas de oro es pequeño, alrededor de 100 µm y la relación Au:Ag en las muestras fueron mayores de 2, indicando que se debe aplicar procesos de recuperación con carbón activado. La densidad media arroja un valor de 1.527 Kg/m³. El pH fue de 6,42 de tipo ácido por lo que requerirá la adición de reactivos como cal para elevar el pH a los niveles requeridos. La mayor cantidad de oro, plata cobre metalúrgicamente hablando se encuentra en la granulometría pasante malla 80 (177µm) lo que corrobora que el oro se encuentra a un tamaño fino. De acuerdo a las estimaciones y ensayos, el tonelaje actual de las arenas de relaves es de alrededor de 8.600 toneladas y por consiguiente las reservas de metal estimadas para los elementos de interés en el caso de oro es de 863 de onzas, de plata 7,52 toneladas y de cobre 8,35 toneladas. Los procesos para la recuperación del oro disuelto pueden ser el proceso CIP (Carbon- In-Pulp) o el proceso CIL (Carbon-In-Leaching), ya que la relación de oro plata es alta. En general, los dos depósitos presentan comportamiento más o menos similar, por lo que pueden ser mezclados durante los procesos en planta.

CONTENIDO

pag.

HOJA DE APROBACIÓN.....	pag. ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTAS DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación.....	5
CAPITULO II.....	6
GENERALIDADES.....	6
2.1 Localización y acceso al área de estudio.....	6
2.2 Características físico – natural.....	7
2.2.1 Clima.....	7
2.2.2 Vegetación.....	7
2.2.3 Geomorfología.....	8
2.2.4 Drenaje.....	8
2.3 Geología regional.....	8
2.3.1 Provincia Geológica de Imataca.....	9
2.3.2 Provincia Geológica de Pastora.....	10
2.3.3 Provincia Geológica de Cuchivero.....	10
2.3.4 Provincia Geológica de Roraima.....	11
2.3.5 Contexto geológico regional de la Provincia de Pastora.....	12
2.3.5.1 Antecedentes.....	12
2.3.5.2 Geología estructural.....	13
2.3.5.3 Estratigrafía.....	13

2.3.5.4 Descripción litoestratigráfica.....	14
2.4 Cinturón de Rocas Verdes de El Dorado.....	21
2.5 Secuencia litológica.....	22
2.5.1 Tobas líticas de composición andesítica.....	22
2.5.2 Unidad de intrusión de gabro y diabasa.....	23
2.6 Deformación estructural.....	23
2.7 Foliación regional.....	24
2.8 Tipos de suelos.....	24
CAPITULO III.....	26
MARCO TEÓRICO.....	26
3.1 Antecedentes.....	26
3.2 Métodos clásicos de estimación de reservas.....	26
3.2.1 Parámetros básicos de la estimación de recursos.....	26
3.2.2 Determinación del área del yacimiento.....	28
3.3 Determinación del contenido medio del componente útil.....	30
3.4 Consideraciones generales sobre la estimación de recursos.....	32
3.5 Métodos clásicos de estimación de reservas.....	35
3.5.1 Método de la media aritmética.....	37
3.5.2 Método de los bloques geológicos.....	38
3.5.3 Método de los bloques de explotación.....	41
3.5.4 Método de los polígonos o regiones próximas.....	42
3.5.5 Método de las isolíneas.....	44
3.5.6 Métodos de los perfiles.....	48
3.5.6.1: Estimación de los valores promedios de los parámetros para cada bloque (ley del componente útil).....	50
3.5.6.2. Cálculo de las reservas de menas y del componente útil en cada bloque.....	50
3.5.6.3. Cálculo de las reservas totales del yacimiento por la sumatoria de las reservas de los bloques individuales.....	51
3.6 Espectroscopia de Absorción Atómica (Equipo AAS novAA 800).....	52
3.7 Gravedad específica relativa.....	53
3.8 Determinación de Densidades de sólidos.....	53
3.8.1 Densidad por picnómetro.....	53
3.8.2 Densidad Aparente.....	55
3.8.3 Densidad por desplazamiento de volumen.....	56
3.8.4 Determinación de la densidad de un líquido.....	57
3.9 Caracterización de la muestra.....	58
3.9.1 Análisis granulométrico.....	59
3.9.1.1 Malla.....	60
3.9.1.2 Tamiz.....	60
3.9.1.3 Serie de tamices.....	61

	pag.
3.9.1.4 Serie Tyler.....	61
3.9.1.5 Tamizado.....	61
3.9.1.6 Tamizado manual.....	62
3.9.1.7 Tamizado mecánico.....	62
3.10 Análisis químico.....	63
3.11 Lixiviación de oro.....	64
3.11.1 Cianuración.....	65
3.11.2 Lixiviación por agitación.....	65
3.11.3 Lixiviación por percolación Lixiviación en pilas.....	67
3.12 Técnicas de muestreo.....	68
3.12.1 Métodos de muestreo clasificados de acuerdo con el número de muestras tomadas de una población.....	69
3.13 Recuperación metalúrgica.....	72
3.14 Grado de un concentrado.....	73
3.15 Separación por medio denso.....	73
CAPÍTULO IV.....	74
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	74
4.1 Nivel de investigación.....	74
4.2 Diseño de la investigación.....	74
4.3 Población.....	75
4.4 Muestra.....	75
4.5 Flujograma de la metodología.....	75
4.5.1 Recopilación de información de la zona.....	78
4.5.2 Recolección de muestras.....	79
4.5.3 Preparación de las muestras para análisis.....	79
4.5.4 Caracterización mineralógica.....	80
4.5.5 Caracterización geoquímica.....	81
4.5.6 Caracterización fisicoquímica.....	82
4.5.7 Caracterización metalúrgica.....	82
4.5.8 Cubicación de los relaves.....	83
4.5.9 Análisis de resultados.....	83
CAPITULO V.....	84
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	84
5.1 Caracterización mineralógica.....	84
5.2 Caracterización geoquímica.....	88
5.3 Caracterización fisicoquímica.....	89

5.4 Caracterización metalúrgica.....	pag. 91
5.5 Cubicación de los relaves.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	97
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

	pag.
2.1 Localización y acceso al área de estudio.....	6
2.2 Provincias Geológicas del Escudo de Guayana. (C.V.G. TECMIN, 1989).....	9
2.3 Provincias litotectónicas del Escudo de Guayana (Mendoza et al, 1997 en; Mendoza, 2000).....	22
2.4 Perfil de meteorización (SNC – LAVALIN, 1999).....	25
3.1 Yacimiento mineral hipotético.....	32
3.2 Principales criterios para trazar el contorno externo.(Cruz, E. 2001).....	34
3.3 Estimación de reservas por el método de bloques geológicos.....	39
3.4 Estimación de reservas por el método de los polígonos.....	43
3.5 Esquema de estimación de recursos empleando el método de las isolíneas.(Cruz Op cit.).....	45
3.6 Cálculo de recursos usando el método de perfiles paralelos. (Cruz Op cit.).....	48
3.7 Equipo de Espectrometría de Absorción de llama (ASS) novAA-800.....	53
3.8 Equipo Ro-Tap. Laboratorio de procesos Ingeomin.....	63
3.9 Separación gravitacional y cianuración de menas trituradas o molidas.....	64
4.1 Deposito 1. Mapa de vista de la planta.....	76
4.2 Deposito 2. Mapa de vista de la planta.....	77
4.3 Recolección de las muestras.....	77
4.4 Flujograma de las actividades de la investigación.....	78
4.5 Separación por medios densos con Bromoformo de las muestras M y P...	81
5.1 Ocurrencias mineralógicas del oro. Muestras M y P.....	86
5.2 Distribución de oro, plata y cobre de la muestra M.....	92
5.3 Distribución de oro, plata y cobre de la muestra P.....	93

LISTAS DE TABLAS

	pag.
2.1 Características litológicas de las unidades que afloran en los Cinturones de Rocas Verdes de Pastora.....	18
5.1 Composición mineralógica de la muestra M.....	85
5.2 Composición mineralógica de la muestra P.....	85
5.3 Porcentajes en peso de mineral presente en finos, livianos y pesados y distribución porcentual de oro de la muestra M.....	87
5.4 Porcentajes en peso de mineral presente en finos, livianos y pesados y distribución porcentual de oro de la muestra P.....	87
5.5 Tenores de oro, plata y cobre de las muestras cabeza M y P.....	88
5.6 Tenores químicos de algunos elementos presentes en las muestras cabeza M y P.....	89
5.7 Densidades promedio de las muestras M y P.....	90
5.8 Acidez de las muestras.....	91
5.9 Análisis granulométrico con ensayo químico. Distribución metalúrgica...	92
5.10 Reservas de metal de interés en los depósitos de arenas de relaves (Parcela IA-12).....	94

INTRODUCCIÓN

Al Sur de Venezuela se encuentra el Escudo de Guayana, este forma parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Suramérica y se encuentra al sur del río Orinoco, conformado por rocas arqueozoicas y proterozoicas de diversas litologías, se compone cuatros provincias geológicas; Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima. El área de estudio se encuentra en el grupo Botanamo de la Provincia de Pastora. Mendoza (2002)

La actividad minera en el municipio Sifontes específicamente en las claritas se inicio en la década de los 80, con el descubrimiento del yacimiento aurífero de las cristinas, brisas, entre otros. Desde aquellos tiempos hasta la actualidad, la actividad fue desarrollada por pequeños mineros y la explotación del oro se realiza utilizando procedimientos de bajo nivel tecnológico, (canalón y molino de martillo) originando perdidas por la poca eficiencia en la recuperación. Además que estos ponen en peligro el sistema ecológico y la seguridad del minero y su familia.

Con el trabajo de investigación se espera aportar información valiosa, a través de los análisis e interpretaciones de los estudios de caracterización mineralógica, fisicoquímica, geoquímica y metalúrgica que van a permitir establecer las condiciones más idóneas para aplicar un proceso de cianuración a las arenas de relaves. Finalmente se realizara el cálculo de reservas para determinar las potencialidades en cuanto a una posible recuperación y producción de metales valiosos como son el Au, Ag, Cu.

CAPITULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Los yacimientos de oro más grandes de América Latina se encuentran en un territorio selvático al este de Venezuela, conocido como la Reserva Forestal de Imataca. Es un territorio que además de ser rico en oro, también lo es en diamantes, hierro, bauxita, manganeso, cobre, agua y energía. Es una de las principales herencias naturales de generaciones futuras de venezolanos.

Con la caída de los precios del barril de petróleo y la baja producción de la industria petrolera el gobierno nacional, a finales del 2015 pone en marcha 14 motores para el incremento de las exportaciones no petroleras. El motor minero es el octavo de estos, creado para incentivar la producción nacional e impulsar la minería de forma legal y ordenada con el objetivo de generar divisas para el país. Años antes en 2011 se comienza a delinear el Arco Minero del Orinoco y se publica en Gaceta Oficial N° 39.759, el Decreto No. 8.413, con Rango Valor y Fuerza de Ley Orgánica, que reserva al Estado las actividades de exploración y explotación del oro, enmarcado en un Plan de Desarrollo Minero Ecológico, generar empleos, y la participación equilibrada de todos los actores vinculados al aprovechamiento responsable y eficiente de los recursos minerales existentes en el Arco Minero del Orinoco. Años después se promulga el 24 de febrero del 2016 el Decreto No. 2.248, Gaceta Oficial No. 40.855, que crea la Zona de Desarrollo Estratégico Nacional ARCO MINERO DEL ORINOCO y que contempla el aprovechamiento de los recursos minerales que posee esta área de 111.800 kilómetros cuadrados de minerales como oro, hierro, bauxita, coltán, diamante, manganeso y granito. El desarrollo previsto se realiza bajo la figura de Empresas Mixtas, donde se espera que la Nación obtenga un mínimo de

55% de ganancias, 13% de regalías, y pago del Impuesto Sobre la Renta (ISRL) para invertir las en el desarrollo social.

El Arco Minero del Orinoco representa una oportunidad para la pequeña minería la cual siempre se ha llevado la peor parte del beneficio que se obtiene de la explotación de mineral oro, haciendo uso de las figuras como empresa mixta y alianza, para hacerse con concesiones y los derechos de explotación de terrenos propios, y ya que los trabajos previos para el arranque de una explotación minera son costosos, en los depósitos de relaves ya ha sido removido el suelo con anterioridad y no es necesario el empleo de costosas máquinas para el movimiento preliminar de tierra o de la capa vegetal ni para su posterior arranque para llevarlos hacia el molino o planta de trituración antes de someterlos a los procesos físicos o químicos para la obtención del valioso mineral.

Sin embargo, para la mayoría de los emprendedores resulta poco apreciable el explotar lugares que ya han sido minados y muy pocas veces hay quienes van por estos a pesar de que, y según testimonios de pequeñas compañías mineras que han apostado por viejos asentamientos, han tenido resultados beneficiosos pudiendo obtener resultados económicos viables, buenas ganancias.

Debido a un alza en el precio del oro que ha venido repuntando hasta alcanzar un valor mayor a los 1.800 dólares la onza troy en estos últimos años, ha traído como consecuencia la reactivación del proyecto de explotación de muchos proyectos en la zona Sur del estado Bolívar, y aunado a este emprendimiento la pequeña minería se ha organizado y se ha establecido en zona cercanas circundantes a las concesión existentes, para la explotación de este metal tanpreciado.

La actividad minera en el municipio Sifontes específicamente en Las Claritas se inició en la década de los 80. Desde aquellos tiempos hasta la actualidad, la actividad

fue desarrollada por pequeños mineros y la explotación del oro se realiza utilizando procedimientos de bajo nivel tecnológico, (canalón y molino de martillo); originando pérdidas por la poca eficiencia en la recuperación. Además, que éstos ponen en peligro el sistema ecológico y la seguridad del minero y su familia por la utilización de mercurio. Con este trabajo de investigación se espera aportar información valiosa, a través de los análisis e interpretaciones de los estudios geológicos, geoquímicos, mineralógicos y metalúrgicos, realizados a las muestras de las arenas de relaves ubicadas en la parcela IA-12, Bizkaitarra, Las Claritas, municipio Sifontes-estado Bolívar. Con el fin de establecer factores y parámetros de operacionalidad para la recuperación de los metales valiosos tales como Oro, Plata y Cobre.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar las arenas de relaves para la recuperación de oro y minerales asociados ubicados en la parcela IA-12, Bizkaitarra, Las Claritas, Municipio Sifontes, estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar las características físicas, químicas, mineralógicas y geoquímicas de las arenas de relaves.
2. Cubicar las toneladas de arenas de relaves existentes en la zona objeto de estudio.
3. Establecer las primeras condiciones de procesos de recuperación de los metales a partir de la caracterización.

1.3 Justificación de la investigación

La pequeña minería actualmente utiliza métodos de recuperación que son muy poco eficientes y al mismo tiempo causan un gran impacto adverso al medio ambiente, trayendo como consecuencia una degradación progresiva del suelo, causando daños colaterales a los ríos o afluentes que se encuentran en la zona. Los métodos para la recuperación de oro utilizados por la pequeña minería, tales como, amalgamación con mercurio, no son practicados en función de minimizar el impacto adverso al medio ambiente, debido a que no cuentan con la asesoría, tecnología y procedimientos adecuados para optimizar la recuperación del oro sin causar daños colaterales al ambiente, es decir, lo practican de una manera furtiva.

En tal sentido, es necesario que la Universidad de Oriente se incorpore y contribuya a la reducción y mitigación de los posibles impactos ambientales que puedan causar la pequeña minería, a través de mejoras para la optimización de los métodos de recuperación tanto aurífera como de otros metales y minerales, con el fin de llevar un beneficio a las comunidades cercanas y trabajar conjuntamente con las mismas, y de esta manera y dentro de lo posible, ir logrando una mejora en la calidad de vida de las comunidades aledañas a esa zona.

1.4 Alcance de la investigación

Con este estudio se pretende establecer de manera teórica y basándose en experiencias de procesos ya implantados, los posibles métodos y factores que hay que considerar para la recuperación de oro y posiblemente los minerales de interés asociados.

CAPITULO II GENERALIDADES

2.1 Localización y acceso al área de estudio

El área de estudio se localiza en el sector denominado Bizcaitarra, Las Claritas, en jurisdicción de la Parroquia San Isidro del Municipio Sifontes del Estado Bolívar. El acceso a la zona se realiza por carretera asfaltada, desde Puerto Ordaz-Upata-El Callao-Tumeremo-Dorado-Vía Km 88, y desvío de 2 Km de carretera engransonada. (Figura 2.1).

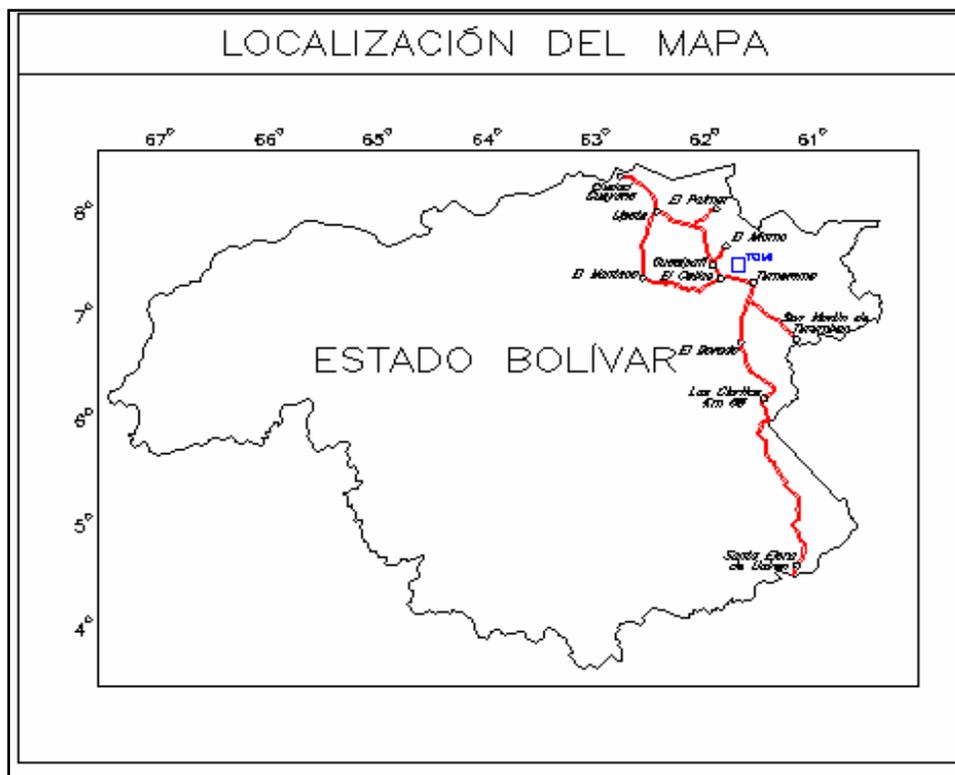


Figura 2.1 Localización y acceso al área de estudio. (C.V.G. TECMIN, 1989).

2.2 Características físico – natural

La información presentada a continuación, está basada en el reporte climatológico el cual fue elaborado por MINCA (1999) con base en la información proveniente de las estaciones del Km. 88 y la cuenca del Cuyuní, durante un año.

2.2.1 Clima

El clima de la zona es Tropical lluvioso (húmedo – seco), con mayores precipitaciones entre los meses de abril y agosto. A continuación se especifica un resumen de los datos climáticos del área de estudio.

Precipitación media anual: 3000 mm.

Evaporación media anual: 1850 mm.

Temperatura media anual: 26° C.

Temperatura máxima media anual: 31.5° C.

Temperatura mínima media anual: 21.5° C.

Humedad relativa media anual: 76%.

2.2.2 Vegetación

Sobre el paisaje de lomerío, la vegetación es tipo bosque tropófilo macro térmico, presenta un carácter de semideciduo a deciduo, con formaciones de bosques medio (15-25 m), a altos (25 m) bien desarrollados con una moderada presencia de bejucos.

Sobre el relieve de colinas y lomas que caracterizan el paisaje de peniplanicie, la vegetación es de tipo bosque ombrófilo macro térmico, fisiográficamente constituido

por un bosque medio denso, asociaciones de los tipos altos densos junto a bosques medios (15-25 m) ubicados respectivamente en los relieves depresionales y sobre las colinas y lomas.

2.2.3 Geomorfología

Dos tipos de relieve se distinguen básicamente en el área, el de colinas y el de lomeríos, enmarcados respectivamente en los paisajes de peniplanicie baja. Estos tipos de relieve son el reflejo de las litologías, estructuras dominantes y su resistencia a los procesos de erosión.

2.2.4 Drenaje

El drenaje del área sigue un control estructural de carácter dendrítico hacia el suroeste. Los principales cursos de agua que dominan la zona son las quebradas Amarilla y Sofía respectivamente, no sin dejar de tener importancia los cursos intermitentes los cuales tienen un papel protagónico en el modelaje del relieve.

2.3 Geología regional

Los trabajos más actualizados reportados en la zona son los realizados por Mendoza 2000 y de allí se tomaron todas las fichas bibliográficas. El Escudo de Guayana, se extiende al sur del río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela; con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca) (Teixeira y otros, 2000) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo) (Charner y otros, 1997), que registran en buena parte una evolución geotectónica similar a la de los otros escudos precámbricos en el mundo.

El Escudo de Guayana presenta una forma oval y, litológicamente está constituido por rocas del precámbrico. De acuerdo a sus características petrológicas y tectónicas este Escudo se divide en cuatro Provincias Geológicas que de más antiguas a más joven son: Provincia Geológica de Imataca, Provincia Geológica de Pastora, Provincia Geológica de Cuchivero y Provincia Geológica de Roraima. (Figura 2.2).

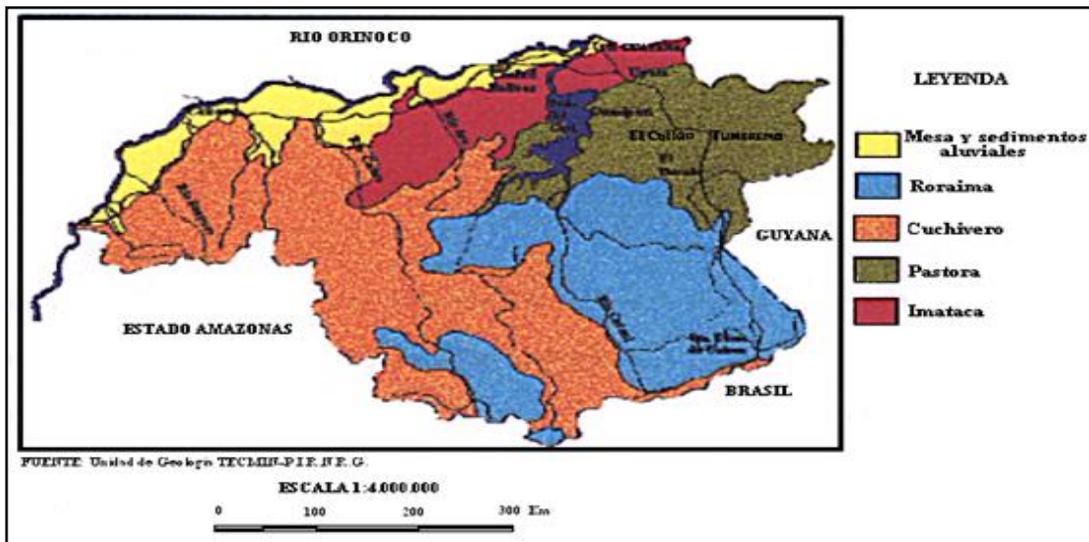


Figura 2.2. Provincias Geológicas del Escudo de Guayana. (C.V.G. TECMIN, 1989).

2.3.1 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección noreste desde el río Caura hasta el delta del Orinoco por unos 550 kilómetros y en dirección norte y sur aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 80 kilómetros de ancho.

Esta Provincia se caracteriza por presentar rocas metasedimentarias, gneises graníticos, granulitas félsicas y máficas; charnockitas, anortositas y migmatitas; formaciones bandeadas de hierro (cuarcita ferruginosa), dolomitas, cuarcitas y

anfíbolitas. Dentro de las rocas de la Provincia de Imataca se encuentran las unidades estratigráficas del Complejo de Imataca, la Migmatita de La Ceiba, Granito de La Encrucijada, la Monzonita Cuarcifera del Cerro Guanacipana y otros cuerpos granodioríticos (González de Juana 1980).

2.3.2 Provincia Geológica de Pastora

La Provincia Geológica de Pastora se encuentra ubicada al sur de la Provincia Geológica de Imataca, separada de esta en su parte oriental por la Falla de Gurí y en la parte occidental por la Falla de Santa Bárbara. Está constituida por anfíbolitas, lavas basálticas andesíticas, esquistos, tobas, metatobas, brechas, filitas, metalimolitas, meta - areniscas y conglomerados.

El término Grupo Pastora fue empleado formalmente por Zuloaga y Tello (1939) para definir el Cinturón de Rocas Verdes del Escudo de Guayana y sustituir el término original de Newhouse y Zuloaga (1929); descripciones posteriores fueron las de Martín B y Bellizzia (1959) y Korol (1965) quien subdividió la unidad en las Formaciones El Callao, Yuruari y Caballape, en secuencia ascendente.

2.3.3 Provincia Geológica de Cuchivero

La Corporación Venezuela de Guayana (C.V.G.) TECMIN C.A (1989) realizó varios estudios geológicos, clasificando y determinando de esta manera que la Provincia Geológica de Cuchivero ocupa la parte occidental del Escudo de Guayana y se extiende al sureste de Guyana, Surinám y la Guayana Francesa.

Mendoza, V. (1974) en el área del río Suapure definió la sección más completa de la provincia con el nombre de Súper Grupo Cedeño, formado por el Grupo Cuchivero (Formación Caicara, Granitos de Santa Rosalía, San Pedro y Guaniamito)

y el Grupo Suapure (Granitos de Los Pijiguaos y Rapakivi de El Parguaza). Sobre el Súper Grupo Cedeño yacen de manera discordante las rocas sedimentarias del Grupo Roraima.

2.3.4 Provincia Geológica de Roraima

Esta Provincia Geológica abarca un área de aproximadamente 250.000 kilómetros cuadrados desde Tafelberg, Surinám hasta Neblina en Amazonas.

Dalton, L. (1912) utilizó el nombre de "Capas de Roraima" para designar esta secuencia de sedimentos; Aguerrevere et al (1939) le asignaron el nombre formacional y posteriormente Ried (1974) elevó su rango a Grupo Roraima.

Mendoza, V. (1974) define la provincia Geológica de Roraima como Provincia Estructural Canaima, ocupando una gran extensión del Escudo Guayanés.

Ried, A. (1974), subdivide el Grupo Roraima en el área de Santa Elena de Uairén en cuatro formaciones (Uairén, Cuquenán, Uaimapué y Matauí). Posteriormente Briceño (1989) en Mendoza 2000, dividió la Provincia Geológica de Roraima en Súper Grupo Roraima conformado por el Grupo Roraima y las Capas de Abarén, la Formación Uricó y la Formación Ichún.

La Provincia de Roraima presenta rocas conglomeráticas, areniscas, lutitas fisiles, ftanitas, limolitas arcosas, jaspe rojos y verdes, ortocuarcitas de colores blancos, crema y rosados. Estas rocas no muestran metamorfismo regional, solo se

registra metamorfismo de contacto (andalucita) de rocas de Roraima con granitos intrusivos.

La Provincia Geológica de Cuchivero se caracteriza por presentar un metamorfismo que va desde las facies de esquistos verdes hasta la de los gneis. Esta provincia incluye: a) Rocas volcánicas riolitas y asociadas, comagmáticas con granitos calcoalcalinos del Grupo Cuchivero, b) Areniscas, sills, diques, stocks de rocas diabásicas - gabronoríticas cuarcíferas de la Asociación Avanavero, c) El Granito Rapakivi de El Parguaza y rocas de complejo alcalino como el de La Churuata asociadas así como intrusiones de La Carbonatita de Cerro Impacto (Sidder y Mendoza, 1995).

2.3.5 Contexto geológico regional de la Provincia de Pastora

Los aspectos relevantes son los siguientes:

2.3.5.1 Antecedentes

Su nombre se debe al estudio realizado en los alrededores del caserío Pastora. Newhouse y Zuloaga (1929) en M.E.M. (1997) utilizaron originalmente el nombre de Serie Pastora, apoyados con los estudios petrográficos de Duparc (1922); posteriormente esta serie fue ampliada por Newhouse y Zuloaga (1930) en M.E.M. (1997) definiéndola con el propósito de introducir todas las rocas expuestas en el río Yuruari. Zuloaga y Tello (1939) en M.E.M. (1997) la denominaron Grupo Pastora; pero no fue hasta 1968 cuando Menéndez la definió como Provincia de Pastora.

La Provincia Geológica de Pastora, está formada por varios tipos de Cinturones de Rocas Verdes, y complejos graníticos sódicos, como el Complejo de Supamo, y por intrusivos máficos - ultramáficos.

2.3.5.2 Geología estructural

Los Cinturones de Rocas Verdes (C.R.V.) forman una secuencia volcano - sedimentaria creadas en un ambiente marino cercano a un arco de isla, y están caracterizados por la presencia de estructuras tales como pliegues, intrusiones graníticas y arqueamientos dómicos, presentando una tendencia estructural preferencial noreste. Menéndez A, 1972 en Mendoza V, 2000, consideró que la gran mayoría de las estructuras características de la Provincia Geológica de Pastora se originaron por un empuje vertical de las rocas graníticas del basamento.

Las estructuras de mayor extensión de la Provincia Geológica de Pastora, están representadas por arqueamientos dómicos, y presentan un factor de fracturamiento noreste y noroeste, predominando la primera tendencia. Seguidas por los sinclinales, pliegues y fallas, los cuales constituyen estructuras muy complejas en forma de sinclinales, acomodados entre los arqueamientos y/o domos graníticos con una orientación preferencial noreste. Las estructuras menores están representadas por foliaciones, lineaciones y diaclasas (C.VG. TECMIN, 1989).

2.3.5.3 Estratigrafía

Los Cinturones de Rocas Verdes muestran tendencias estructurales próximas a norte - sur (N 10° E a N 200° W), pero también muestran una tendencia en ángulo recto próximos a este - oeste (N 70° - 80° E).

En la región de Guasipati - El Callao aflora una buena sección del Super Grupo Pastora (Menéndez A, 1968, 1994), Cinturones de Rocas Verdes, compuestos del

Grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El Grupo Carichapo está compuesto de las Formaciones Cicpra, predominantemente Komatíticas; Florinda, basáltico toleítico a komatítico y El Callao, típicamente basáltico - andesítica. Rocas metasedimentarias y metavolcánicas de El Torno Real Corona, al oeste del río Aro fueron correlacionadas por Kallioski (1965) con el Grupo Carichapo.

2.3.5.4 Descripción litoestratigráfica

A continuación se muestran los grupos:

- *Súper Grupo Pastora*: El Súper Grupo Pastora se encuentra localizado en la región de Guasipati - El Callao y se compone del Grupo Carichapo (Formaciones Florinda, El Callao y Cicpra) y de las Formaciones Verdún, Yuruari, La Cuaima y las Anfibolitas de Río Claro.
- *Grupo Carichapo*: El término Formación Carichapo fue propuesto originalmente en 1965 por Kalliokoski para designar una unidad compuesta esencialmente de anfibolitas de grano fino derivada de rocas volcánicas básicas intercaladas con cantidades menores de metajaspes. Menéndez (op. Cit.) elevó la unidad al rango de Grupo para incluir las unidades rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición basáltica, infrayacente a la Formación Yuruari.

El Grupo Carichapo constituye la parte basal del Super Grupo Pastora, se encuentra en contacto intrusivo concordante con las rocas graníticas del Complejo Supamo y en contacto con la Formación Yuruari en el tope; estas rocas están

formadas por una secuencia volcánica, tectonizada y metamorfozada regionalmente a la Facies de Esquistos Verdes.

Litológicamente este grupo está compuesto por las Formaciones Florinda, El Callao y Cicapra, se encuentran representadas por metabasaltos toleíticos, lava basálticas, metalavas basálticas a andesitas, meta - andesitas y esquistos cuarzo - cloríticos y anfibolíticos biotíticos.

Formación Florinda: Este nombre fue propuesto por Menéndez (op. cit.), para definir la parte inferior de la Formación El Callao; anteriormente (1968), el mismo autor había descrito estas capas ultramáficas como Serpentinitas de Currupia. La unidad está compuesta por metabasaltos toleíticos magnesianos a normales con estructura de almohadilla e intercaladas con menor proporción de rocas talco carbonáticas, tal como se observa en las características litológicas de las unidades que afloran en los Cinturones de Rocas Verdes de la Provincia de Pastora (Tabla 2.1).

Formación El Callao: Este nombre fue designado por Korol, B (1965) para representar las lavas básicas de la Serie Pastora (hoy Súper Grupo Pastora). La localidad tipo se encuentra en el río Yuruari desde la desembocadura de la quebrada Iguana, hasta 1.5 Km aguas arriba en el Municipio autónomo El Callao, Estado Bolívar.

Menéndez, A (1972), determina que la unidad consiste casi en su totalidad de metalavas de composición basáltica, las cuales comúnmente exhiben estructuras en almohadillas hasta de 2 metros de diámetro; en la parte superior contiene jaspe y metaftanitas ferruginosas y manganésíferas. La unidad suprayace a la Formación Florinda, ubicado en la base del Grupo Carichapo; el contacto superior de la

Formación El Callao es transicional con la Formación Cicapra y donde ésta está ausente, es concordante con la Formación Yuruari.

Formación Cicapra: Este término fue introducido en 1968 por Menéndez para designar una unidad compuesta esencialmente por rocas volcanoclásticas de composición básica, que suprayace a la Formación El Callao e infrayace en contacto transicional a la Formación Yuruari. La localidad tipo se encuentra en el río Yuruari, comprendido entre un punto situado a 500 m de distancia al este del paso Monchito y otro a un kilómetro al este de la quebrada Cicapra, en el Municipio Roscio del Estado Bolívar; la unidad esta compuesta por esquistos anfíbolíticos -biotíticos - albíticos, conglomerados, brechas y fragmentos de lavas máficas.

Formación Verdún: Esta unidad aflora en 60 Km del río Yuruán, desde El Dorado hasta la desembocadura del río Supamo. Fue descrita originalmente por Núñez, F. (1990) en TECMIN (1991) como un intrusivo compuesto esencialmente por peridotita wherlítica emplazada sobre una provincia anfíbolítica (metabasaltos) en sentido N 60° W.

Núñez observa la presencia de ciclos moderados de flujos ultramáficos y máficos con potentes paquetes de rocas volcánicas de composición dacítico - riodacítico no descritas para la Formación El Callao ni para la Formación Cicapra, resaltando, además, la ausencia de ciclos epiclásticos; lo que conllevó a elevar la presencia de un miembro informal y denominarlo preliminarmente Formación Verdún. La unidad está compuesta por volcánicas félsicas y máficas, piroxenitas y peridotitas / serpentinitas.

Formación Yuruari: Korol (1965), propone este nombre para distinguir la parte basal, constituida esencialmente de rocas sedimentarias de grano grueso de la Serie Pastora (hoy Súper Grupo Pastora). Kallioski (1965), describe la unidad con mayor detalle, tomando en consideración sus variaciones litológicas a una escala regional y describiendo sus principales componentes como rocas volcánicas ácidas. Menéndez (1968) reescribe la unidad y le asigna una nueva unidad tipo y la encuentra suprayaciendo concordantemente al Grupo Carichapo, con el cual integra el Súper Grupo Pastora.

Esta unidad aflora en el Sector del río Yuruari, a un kilómetro al este de la quebrada Cicapra y a 5 km al este del caserío de Pastora, Municipio Roscio. Menéndez (1968), define la unidad como rocas epiclásticas de grano fino, intercaladas con capas de meta - areniscas impuras con fragmentos volcánicos. Localmente hay intercalaciones de brechas tobaceas y dacíticas, rocas filitas, esquistos - cuarzo micáceos y filitas cuarzo sericíticas. Menéndez en 1994, en la región de Guasipati, determina que la unidad suprayace en contacto transicional al Grupo Carichapo, el contacto es gradacional con la Formación Cicapra en la parte oeste de la región, en la parte noroeste y noreste, suprayace a la Anfibolita de Carichapo y en la parte sur a la Formación El Callao.

Formación La Cuaima: Este nombre fue introducido por Espejo (1974), para distinguir el conjunto de lavas basálticas, expuestas al sur de la región El Manteco - Gurí, al oeste del río Caroní. La localidad tipo de esta unidad se encuentra ubicada en la quebrada La Cuaima, desde el cruce del camino El Manteco - San Pedro de Las Bocas, vía El Sute, hasta un punto situado aproximadamente un kilómetro aguas arriba del cruce, Municipio Heres, Estado Bolívar.

La formación La Cuaima básicamente esta compuesta por lavas basálticas verdes, de granularidad y colores variables intercaladas con capas lenticulares de

metaftanitas ferruginosas. Las rocas están metamorizadas en las facies de esquistos verdes, subfacies cuarzo - albita - epidoto \rightarrow biotita a cuarzo - albita - epidoto - almandino.

Anfibolitas de Río Claro: Originalmente este término fue usado por Kallioski (op. cit.), para designar la unidad de anfibolitas de grano fino que se intercalan con algunas capas manganesíferas expuestas en el Río Claro, en el paso de la carretera La Encrucijada – Ciudad Piar y la incluyo en su Asociación Carichapo - Pastora.

Tabla 2.1. Características litológicas de las unidades que afloran en los Cinturones de Rocas Verdes de Pastora.

		UNIDAD	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
P R O V I N C I A D E P A S T O R A	INTRUSIVO	Complejo de Supamo.	Rocas graníticas, intrusivas sodicas (tonalitas, trodjemitas, granodioritas, cuarzo-monzonitas, gneis y migmatitas).	
	GRUPO BOTANAMO	Formación Los Caribes.	Intercalación de filitas grises y verdosas que gradan a rojas y se interestratifican con areniscas rojas, con conglomerados polimicticos, limolitas y algunas tobas felsicas.	
		Formación Caballape.	Grauvacas gradadas, limolitas y conglomerados (80%) con cantidades menores de tobas, brechas y flujos piroclasticos de composición andesitica a riodacitica.	
	SUPER GRUPO PASTORA	Formación Yuruari.	Rocas epiclásticas (filitas, esquistos, meta-limolitas y meta-areniscas); localmente: brechas tobáceas y lavas dacíticas. Metamorfismo regional, facies de los esquistos verdes (FEV) y localmente metamorfismo térmico, facies cornubianitas hornablendicas (FCH).	
		C A R I C H A P O	Formación El Callao.	Lavas basálticas, bajas en potasio y altas en hierro, a flujos de lavas andesiticos. Presentan metamorfismo regional, facies de esquistos verdes a anfibolíticas.
			Formación Cicapra.	Tobas básicas submarinas, grauvacas turbiditicas y limolitas volcanogenicas, tobas líticas, tobas brechoides, aglomerados volcánicos y en el tope cherts verdes, con esquistos porfiroblásticas.
			Formación Florinda.	Metabasaltos almohadillados, toleiticos-komatiticos.

(Benaim, N, 1972)

- *Grupo Botanamo*: Este nombre fue introducido por Benaim, N (1972), para agrupar las Formaciones Caballape y Los Caribes, más tarde Benaim, N (1997), describe la Formación Venamo. El Grupo Botanamo representa la secuencia supracortical más joven en los Cinturones de Rocas Verdes de El Dorado y Guasipati que afloran extensamente en la parte sur y este de la Provincia Geológica de Pastora, cubriendo discordantemente al Súper Grupo Pastora.

Formación Caballape: originalmente fue designada por Korol, N. (1965), para designar un conjunto de rocas sedimentarias que afloran en las sabanas al noroeste del pueblo de El Callao. Benaim, N (1972), la reconoce al oeste y sur de la Provincia Geológica de Pastora en la región de Botanamo y la integra a la parte inferior del Grupo Botanamo.

La unidad está compuesta de rocas volcánicas, lavas, brechas y tobas de composición intermedia, interestratificadas con una secuencia de rocas epiclásticas que han sufrido un metamorfismo de bajo grado, facies de los esquistos verdes, con rocas que sufrieron metamorfismo de carga.

Formación Los Caribes: el nombre de esta unidad lo introducido por Benaim, N. (1972), para designar una secuencia de rocas predominantemente sedimentarias, de color rojo, generalmente bien estratificadas. Lira et al. (1985), la reconocen al este del río Cuyuni, Estado Bolívar. La sección tipo de esta formación se estableció en un sector de 7 Km del curso del río Cuyuni, 4 Km aguas arriba y 3 Km aguas abajo de la desembocadura del río Botanamo, y en este río, desde su boca hasta un punto 2.2 Km aguas arriba, donde se presenta bien expuesta.

Benaim, N. (1972), en González de Juana (1980), define esta unidad como rocas metamórficas cuyas litologías más distintivas son las filitas, meta - areniscas rojas y metaconglomerados polimícticos de color verdoso a gris verdoso a veces con tintes rosáceos.

Formación Venamo: fue identificada originalmente por Benaim, N. (1997), como una unidad que aflora en el río Venamo, aguas arriba a partir de unos 15 Km medios en la línea recta desde su boca (al sur de la Isla Anacoco). La sección tipo esta expuesta a lo largo del río Venamo. La formación ocupa la parte superior del Grupo Botanamo, infrayacente al Complejo Supamo; la unidad esta compuesta mayormente de metalavas andesíticas, y algunas tobas de igual composición, así como dos horizontes de brechas volcánicas, las cuales pasan gradualmente y lateralmente a tobas.

- *Complejo de Supamo*: Menéndez, A. (1968), introduce originalmente este término para designar el conjunto de unidades cuarzo feldespáticas, ígneas y metamórficas pobres en feldespato potásico; pero no fue hasta 1972 cuando Menéndez describió formalmente la unidad Complejo Supamo. La localidad tipo está en el río Supamo, la unidad aflora en el Estado Bolívar, en una amplia región comprendida entre la serranía de Imataca, al norte y la serranía de Lema al sur donde ha sido reconocida desde la Cuenca del río Caroní al oeste hasta la frontera con Guyana al este. El Complejo de Supamo esta representado por gneises, paragneises biotíticos, trondjemíticos y rocas ígneas ácidas pobres en feldespato potásico.
- *Granitos Jóvenes*: En esta unidad, se incluyen todas aquellas rocas que forman cuerpos discordantes intrusivos de extensión superficial limitada. Menéndez, A.

(1972), incluye estas rocas con alto contenido de potasio dentro del Complejo de Supamo. Espejo, A. (1972), definió a estos granitos jóvenes como una secuencia volcánico-sedimentaria a diferentes niveles estratigráficos, y en la zona de El Manteco - Gurí, separó tres de estos cuerpos: Granito Alaskítico de Las Queseras, Granito Porfídico de Guásimo y el Granito Biotítico de Yagrumal.

En la región de Guasipati Menéndez (op. cit.), descubrió otros granitos jóvenes tales como los plutones de Mandingal, Cerro Pelón, La Gloria y El Gancho. Estas intrusiones han sido posteriores a los períodos de removilización y plegamiento del Complejo de Supamo y de la secuencia volcánica - sedimentaria.

- *Intrusiones básicas:* En la Provincia Geológica de Pastora se identificaron zonas de diabasas, gabros y metagabros; dentro de los cuales tenemos: Diques de Diabasa de El Melón, Dique Laguna, Gabro de la Altiplanicie de Nuria y los metagabros del Cerro Pendare y Puente Blanco.

2.4 Cinturón de Rocas Verdes de El Dorado

El Cinturón de Rocas Verdes de El Dorado ocupa la parte Suroriental de la Provincia Geológica de Pastora, desde el valle del río Marwani, hasta desaparecer por debajo de las capas del Grupo Roraima, entre las cabeceras de los ríos Chicanán y Venamo; está limitada por cuerpos graníticos del Complejo de Supamo al Norte, al Este y al Sur, mientras que al Sureste continua dentro del territorio de Guyana. En el Cinturón de Rocas Verdes de El Dorado están representadas las mismas unidades descritas en el Cinturón de Rocas Verdes de Guasipati. Mendoza, V. (2000).

2.5 Secuencia litológica

En el campo se pueden observar diferentes unidades litológicas y hacia el oeste del área de estudio, se localizan zonas de cizallamientos y de deformación (Brechas volcánicas) con enjambre de vetas y vetillas de cuarzo, vetas de sulfuros masivos a semimasivos y diferentes zonas de alteración hidrotermal.

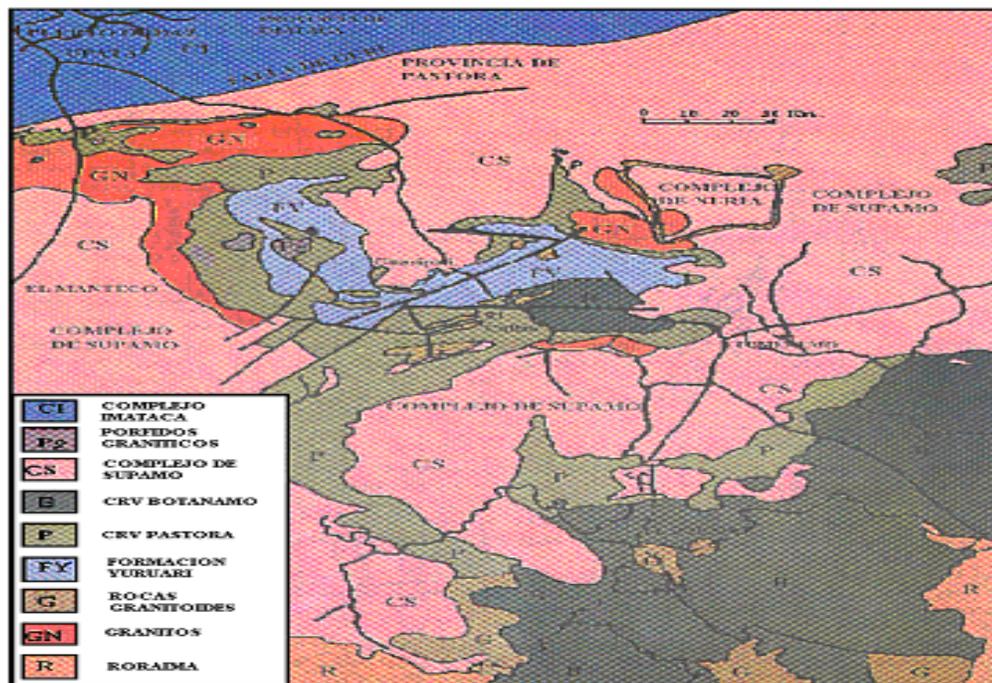


Figura 2.3. Provincias litotectónicas del Escudo de Guayana (Mendoza et al, 1997 en; Mendoza, 2000).

2.5.1 Tobas líticas de composición andesítica

La unidad de tobas líticas de lapilli conforma la unidad principal de la zona de estudio, son de color verde pálido grisáceo y gris oscuro verdusco con fragmentos más o menos redondeados y por efectos de alteraciones hidrotermal se transforma en un esquisto micaceo (sericítico y/o clorítico).

Al microscopio se observa la siguiente mineralogía: epidoto, clorita, actinolita y piritita. En la roca los fragmentos de cristales constituyen el 20%, la mayoría recrystalizados a cuarzo policristalino; posiblemente silíceo de composición original o disueltos y reemplazados por cuarzo durante el hidrotermalismo. El 80% está formado por matriz + fragmentos líticos; la recrystalización es una masa microgranular de epidoto, clorita y actinolita acicular imposible de cuantificar con el microscopio petrográfico. Algunos fragmentos están reemplazados sólo por clorita y hay piritita diseminada en una concentración inferior al 1%. Benain, N. (1994).

2.5.2 Unidad de intrusión de gabro y diabasa

Son cuerpos pequeños de grano fino a medio, holocristalino, de color gris a gris verdoso. Al microscopio se observa plagioclasas (45-72) % en arreglo intersertal e intrecrecimiento ofítico a subofítico; el piroxeno (augita-pigeonita) se encuentra en un (18-50)% (Informe de avance geológico hoja NB-20-8, 1987). En superficie no se observan afloramientos bien definidos, sólo bloques pequeños de (20-30 cm) de diámetro debido a la intensa meteorización que ha sufrido la zona.

2.6 Deformación estructural

Los CRV de Caballape han sido plegados con ejes antiforales de dirección NE – SO y fracturas de cizalla NNE, paralelas a la Falla de la Quebrada Amarilla y fracturas NO (Mendoza, V. 2000). Sobre el área de estudio, es difícil tener una idea de la deformación general de la secuencia volcánico-sedimentaria debido a la intensa meteorización imperante en la zona.

2.7 Foliación regional

La foliación regional tiene una dirección general N 10-40° W con buzamiento de (50-70) ° SW. Esta foliación no cambia mucho fuera de la zona de falla y cizallamiento en las que se ubican las principales mineralizaciones de las concesiones Cristinas 4 y 5; su desarrollo está relacionado con el metamorfismo regional que afecta toda la secuencia volcanosedimentaria de manera constante en la zona.

Como consecuencia de la regularidad de la dirección y buzamiento de la foliación, no hay plegamiento superimpuesto en el área, por lo tanto aparentemente se tiene un plegamiento a la escala regional.

2.8 Tipos de suelos

Los suelos que se presentan en la zona de estudio son del tipo laterítico - saprolítico y son el resultado de la descomposición meteórica de las rocas subyacentes. Básicamente en el área se distinguen 3 tipos de suelos que son el reflejo de la litología y el relieve:

Suelos desarrollados sobre metatobas y metalavas andesíticas o basálticas; carácter residual, textura arcillosa, color marrón rojizo.

Suelos desarrollados sobre áreas caolinitizadas por efecto de la alteración meteórica e hidrotermal, localizados entre las concesiones 4 y 5, carácter residual, textura arcillosa-limosa a limo-arcilloso. De acuerdo a la escala de Wentworth

relativa al tamaño de las partículas de los sedimentos clásticos, este tipo de suelo se define como limolitas de grano fino a lutitas de grano grueso.

Suelos compuestos por aluviones y coluviones, localizados en zonas depresionales y en las márgenes de las principales vías de drenaje, poseen textura mixta (grava, arena, limo y arcilla). (Figura 2.4).

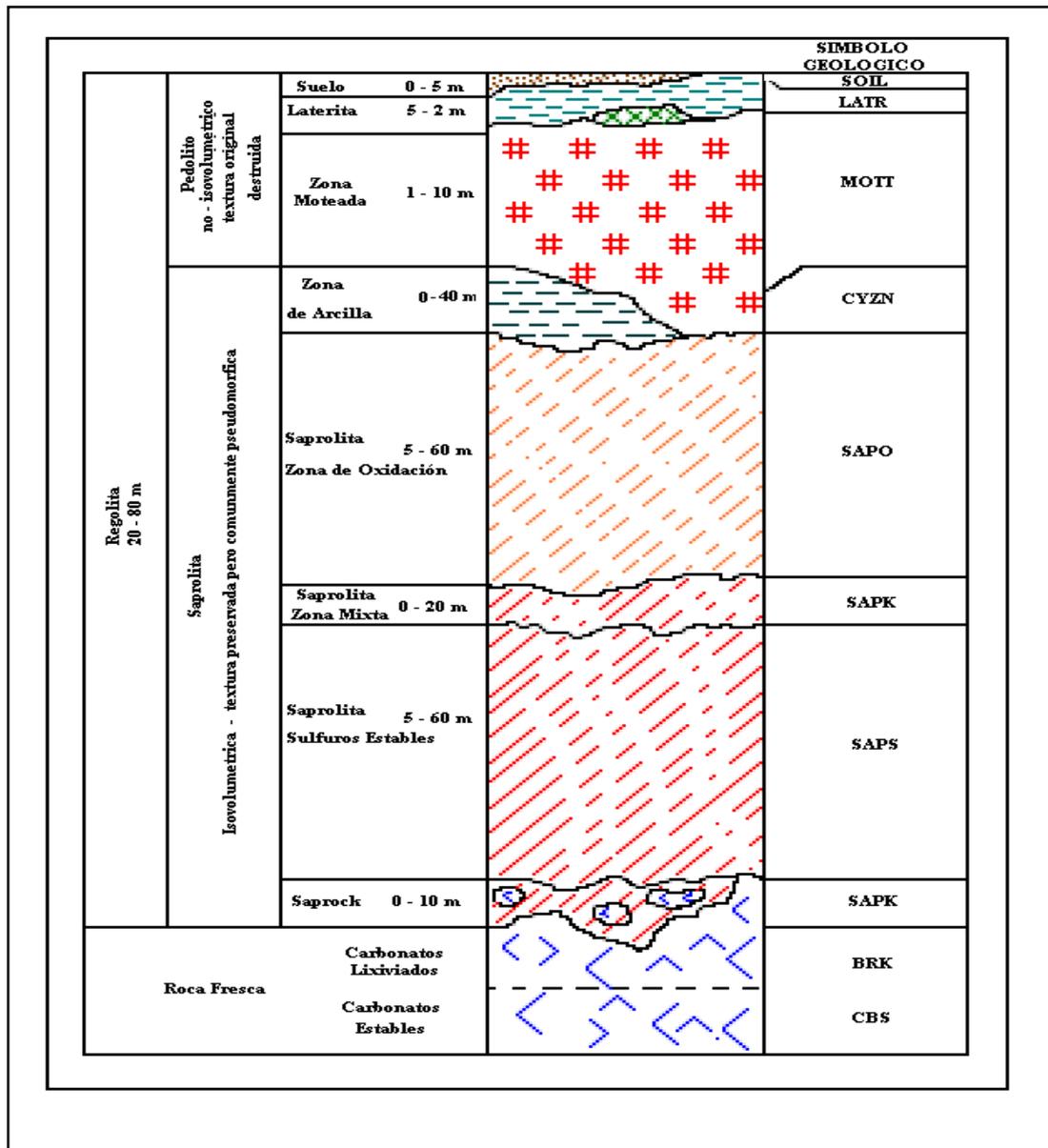


Figura 2.4. Perfil de meteorización (SNC – LAVALIN, 1999).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

En el trabajo intitulado “Caracterización geológica-minera para la recuperación de oro y minerales asociados de las arenas de relaves, ubicadas en los molinos del sector ciudad dorada, las claritas, municipio Sifontes estado bolívar (Manuel Brito, 2011), se recuperaron seis muestras de arenas y luego de los análisis se determinó el tenor promedio de oro (4,3 g/t), plata (1,02 g/t) y cobre (0,20 g/t) llegando a la conclusión que el material tiene un comportamiento tal que, el proceso de tratamiento más recomendado es el de cianuración convencional por agitación y los procesos para la recuperación del oro disuelto puede ser el proceso CIP.

3.2 Métodos clásicos de estimación de reservas

Estos métodos sencillos, que se basan en criterios meramente geométricos, han soportado el paso del tiempo. Sin embargo están siendo paulatinamente sustituidos por métodos más sofisticados de estimación que se basan en la aplicación de los métodos de estimación espacial. (Cruz, E.2001)

3.2.1 Parámetros básicos de la estimación de recursos

Los principales parámetros de estimación se deducen del la ecuación básica que permite calcular la cantidad de metal o componente útil (P).

$$P = S * m * d * C \quad (3.1)$$

Donde:

S: área de la proyección del cuerpo mineral en un plano determinado.

m: potencia media del cuerpo mineral en la dirección perpendicular al plano de proyección.

d: masa volumétrica.

C: ley media del componente útil.

De esta ecuación básica se pueden derivar otras fórmulas como:

$$V = m * S \quad (3.2)$$

Donde:

V: volumen total ocupado por el yacimiento mineral (m³).

$$Q = V * d \quad (3.3)$$

Donde:

Q: tonelaje o cantidad de reservas de mineral útil (t).

La fórmula anterior muestra que los principales parámetros son:

- a) Área (m²).
- b) Espesor medio (m).
- c) Contenido medio de los componentes útiles (% , g/t, g/m³, kg/m³).
- d) Masa volumétrica o densidad aparente de la materia prima mineral (t/m³).

Antes de comenzar el cálculo es necesario determinar los valores de esos parámetros a partir de los datos adquiridos en el transcurso de los trabajos de prospección y exploración. Esta tarea es muy importante pues de su correcta solución depende la precisión de los resultados de la estimación. (Cruz, Op cit.)

3.2.2 Determinación del área del yacimiento

Después del levantamiento geológico y la documentación de los trabajos de exploración se puede representar el yacimiento proyectándolo en un plano conveniente. Habitualmente los yacimientos con un buzamiento mayor de 45° se proyectan en un plano vertical, los de buzamiento menor se proyectan en un plano horizontal. En ambos casos el área proyectada es menor que el área real. La relación entre el área real (S) y el área proyectada (S') en el plano vertical es:

$$S' = S * \text{Sen}\beta \quad (3.4)$$

Para el plano horizontal es:

$$S' = S * \cos\beta \quad (3.5)$$

Donde:

S': área proyectada.

β : ángulo de buzamiento del yacimiento.

Los yacimientos que tienen un rumbo y buzamiento constantes pueden ser proyectados en un plano paralelo a los mismos. Si el depósito está constituido por varios cuerpos el área de cada uno se proyecta y determina aparte.

La base para la proyección de los cuerpos y el cálculo del área son los planos del departamento del servicio topográfico. En estos planos el geólogo debe delimitar el área del cuerpo estudiado, demarcar los tipos tecnológicos y las categorías según el grado de estudio etc.

Para calcular el área es necesario inicialmente determinar los contornos de los cuerpos y del yacimiento mineral. Comúnmente se trazan dos contornos o límites: el interno y el externo. El contorno interno es una línea que une todos los pozos externos positivos. Ahora bien como el cuerpo mineral continua mas allá del contorno interno y no es posible conocer la posición exacta del contorno real se hace necesario determinar un límite (contorno externo) que sustituye el contorno real.

Pueden existir 2 posibilidades:

- a) Detrás de los pozos extremos positivos se encuentra un pozo estéril.

b) Detrás de los pozos extremos positivos no existen pozos de exploración.

En el primer caso sabemos que el contorno real se encuentra en alguna parte entre el contorno interno y los pozos negativos entonces el contorno externo se determina por extrapolación limitada. En el segundo caso no existen datos sobre la posición exacta del contorno real y este se determina por extrapolación no limitada.

3.3 Determinación del contenido medio del componente útil.

Durante la exploración de un yacimiento se muestrean de forma continua los distintos tipos de mena. Los análisis de las muestras permiten conocer el contenido o ley del componente útil en los lugares donde las muestras fueron tomadas. (Cruz Op Cit.).

El contenido de un componente útil en la mena en la mayor parte de los casos se expresa en % de peso (Ej. Fe, Mn, Cu, Pb, Sb, Hg etc.), sin embargo los metales preciosos (Au, Ag, Pt etc.) se indican en gramos por tonelada (g/t). Finalmente en los yacimientos de placeres la ley de los metales se expresa en g/m^3 o Kg/m^3 .

Durante la exploración, las concentraciones de los componentes útiles se determinan a través de muestras individuales es por esto que la estimación de los contenidos promedios para cada bloque se realiza en 2 etapas:

- a) Cálculo del contenido promedio del componente útil en cada pozo o intersección de exploración a lo largo de toda la potencia del cuerpo mineral.
- b) Extensión de los contenidos determinados en las intersecciones a los volúmenes adyacentes del subsuelo.

Antes de comenzar la primera etapa es necesario determinar en cada pozo cual es el intervalo que puede ser explotado con cierto beneficio económico. Para este fin se emplean las condiciones industriales: potencia mínima industrial, contenido mínimo industrial, contenido en los bordes etc.

Para obtener la ley media de cada pozo siempre se emplea el método de la media ponderada empleando como factor de peso las longitudes de cada muestra individual.

En caso de que la longitud de las muestras sea constante entonces se utiliza la media aritmética.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad (3.6)$$

Donde:

C_i : ley de cada muestra individual.

l_i : longitud de cada muestra.

C : ley media de la intersección económica.

La extensión de los contenidos medios calculados para cada pozo o intersección a los volúmenes adyacentes del subsuelo se hace frecuentemente por vía estadística. Con este fin en los métodos clásicos de cálculo se emplea tanto la media aritmética como la media ponderada. En el caso de los métodos asistido por computadoras la extensión de los contenidos se realiza empleando métodos de interpolación espacial

como el kriging y el inverso de la distancia, los cuales serán abordados en próximos capítulos.

3.4 Consideraciones generales sobre la estimación de recursos

Matemáticamente la estimación de recursos no es más que la integración numérica de una función contenido o ley (expresada en unidades de masa por unidad de volumen) dentro del yacimiento de volumen V .

$$P = \int^V C(v)dv \quad (3.7)$$

Donde:

P : estimación de recursos.

$C(V)$: ley dentro del yacimiento de volumen.

En la figura 3.1 se muestra el procedimiento de cálculo de reservas a partir de la integración de la función ley $C(v)$ o función contenido, en el dominio V (volumen).

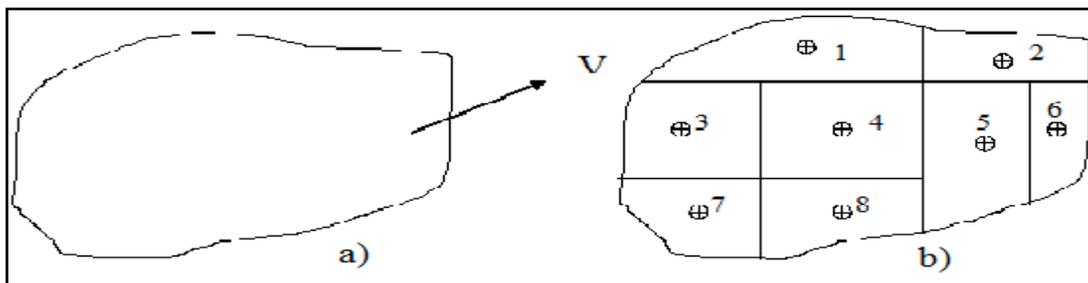


Figura 3.1. a) Yacimiento mineral hipotético. (Cruz, E. 2001).

Conocer la función $C(v)$ implica saber en cada punto del yacimiento cual es la ley del componente útil o sea la función que la describe matemáticamente. En la

práctica esto es imposible dada la densidad del muestreo por un lado y por otra parte la incapacidad de encontrar una función que se ajuste perfectamente a los datos.

Como no se puede resolver directamente la ecuación los métodos existentes de estimación de reservas, tanto los tradicionales como los asistidos por computadoras, solucionan la ecuación empleando el caso discreto.

$$P = \sum_{i=1}^n C_i * V_i \quad (3.8)$$

Donde:

C_i : ley del componente en el bloque i .

V_i : volumen del bloque i .

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (3.9)$$

Donde:

V : volumen total del yacimiento.

La ecuación anterior se resuelve fácilmente subdividiendo el yacimiento en n bloques de volúmenes conocidos, cuyas leyes pueden ser determinadas por los métodos de cálculo existentes como se ilustra en la figura 3.1b.

La estimación de recursos es siempre hecha en bloques cuya geometría se define por la localización de los trabajos de exploración en el caso de los métodos clásicos, o en bloques de cálculo definidos por la malla o red en el caso de los métodos computacionales. Es justamente aquí donde radica la diferencia fundamental

entre los métodos clásicos y los asistidos por computadoras ya que los primeros determinan las reservas en bloques de cálculos de grandes dimensiones y los segundos en bloques de pequeñas dimensiones compatibles con la densidad de información.

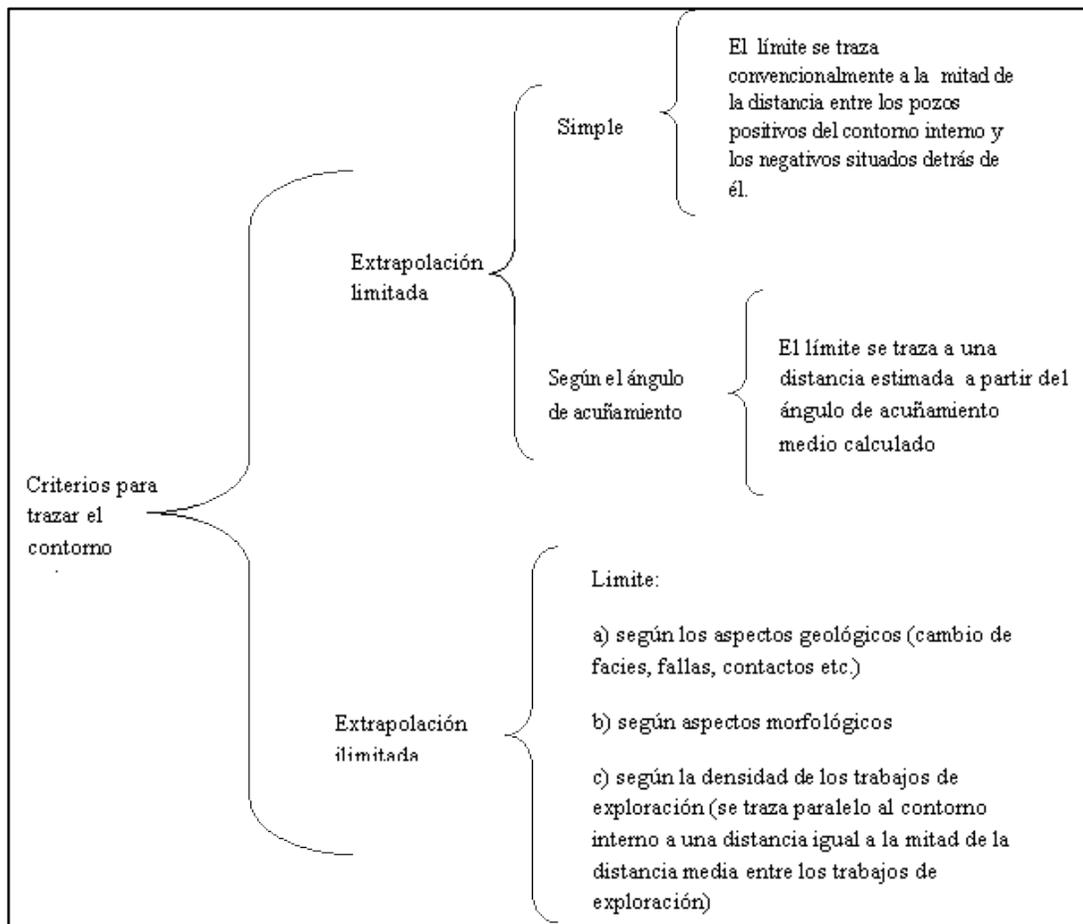


Figura 3.2. Principales criterios para trazar el contorno externo.(Cruz, E. 2001).

Una vez contorneado el yacimiento el área puede ser calculada empleando una de los siguientes métodos:

- a) Planímetro.
- b) Digitalizador.
- c) Descomposición en figuras geométricas sencillas.
- d) Papel milimetrado.
- e) Regla de Simpson.

3.5 Métodos clásicos de estimación de reservas

Los métodos clásicos, desarrollados y empleados desde los mismos comienzos de la minería, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación de las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo que determina la construcción de los bloques geométricos a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos.

Los principios de interpretación de estos métodos según Popoff, C. (1966) son los siguientes:

- a) Principio de los cambios graduales (función lineal) entre dos puntos de muestreo: propone que los valores de una variable (espesor, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une 2 puntos de muestreo contiguos.

- b) Principio de los vecinos más cercanos o zonas de influencia: admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo.
- c) Principio de generalización (analogía) o inferencia geológica: permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por analogía con yacimientos similares.

Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individualmente y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento.

Los métodos clásicos o tradicionales han soportado el paso del tiempo pero están siendo superados progresivamente por los métodos geoestadísticos. Estos métodos son aun aplicables en muchas situaciones, donde incluso pueden arrojar resultados superiores. Siempre es necesario realizar una valoración crítica del empleo de la geoestadística antes de desechar completamente las técnicas tradicionales. El uso de las técnicas kriging está supeditado a la existencia de una red de exploración que permita la generación de los modelos matemáticos que describen la continuidad espacial de la mineralización del yacimiento que se evalúa. Cuando no existe suficiente información de exploración o la variabilidad es extrema se deben emplear los métodos geométricos o tradicionales.

Según Lepin y Ariosa, 1986 los métodos clásicos de estimación más conocidos son:

- a) Método del promedio aritmético o bloques análogos.

- b) Método de los bloques geológicos.
- c) Método de los bloques de explotación.

- d) Método de los polígonos.

- e) Método de las isolíneas.

- f) Método de los perfiles.

3.5.1 Método de la media aritmética

Es el método de cálculo más simple. En este caso la forma compleja del cuerpo mineral se sustituye por una placa o lámina de volumen equivalente cuyo espesor corresponde con la potencia media del cuerpo.

Los contornos se trazan en los planos o proyecciones verticales. El área delimitada se determina planimétricamente o por otro método de cálculo. El espesor medio se estima por la media aritmética simple o ponderada. El contenido promedio y la masa volumétrica se determina de la misma forma. La parte del cuerpo comprendida entre el contorno interno y externo generalmente se calcula de manera independiente porque los recursos de esta zona se reportan en una categoría inferior.

A pesar de su sencillez se puede emplear exitosamente en yacimientos de constitución geológica simple Ej. Yacimientos de materiales de la construcción.

Secuencia General de trabajo:

- a) Delimitación del área del cuerpo mineral, trazando el contorno interno y externo.
- b) Medición del área.
- c) Cálculo de la potencia media del mineral útil por promedio aritmético o media ponderada.
- d) Cálculo de la masa volumétrica por promedio aritmético o media ponderada.
- e) Cálculo de la ley media del mineral útil por promedio aritmético o media ponderada.
- f) Cálculo del volumen, tonelaje (reservas de mena) y reservas del componente útil.

Ventaja: su principal mérito radica en su simplicidad, brindando una rápida idea sobre los recursos de un yacimiento. Se utiliza en los estadios iniciales de los trabajos geológicos de exploración para realizar evaluaciones preliminares.

Desventaja: imposibilidad del cálculo selectivo de acuerdo con las diferentes clases industriales de mena, condiciones de yacencia, grado de estudio y condiciones de explotación.

3.5.2 Método de los bloques geológicos

El cuerpo mineral se divide en bloques homogéneos de acuerdo a consideraciones esencialmente geológicas. De esta forma el cuerpo mineral de

morfología compleja se sustituye por un sistema de prismas poliédricos de altura que corresponde con la potencia media dentro de cada bloque. El contorneo se realiza en cualquier proyección del cuerpo, además es necesario trazar los límites de los bloques geológicos independientes. (Figura 3.3)

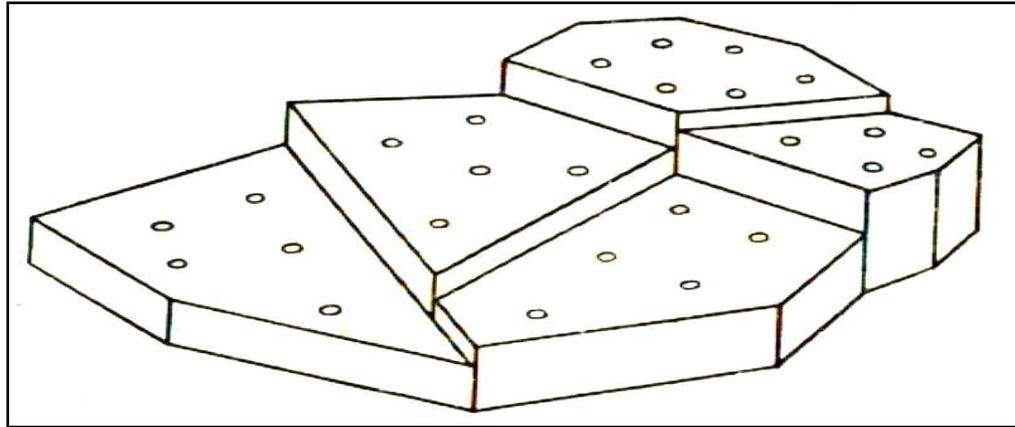


Figura 3.3. Estimación de reservas por el método de bloques geológicos. (Cruz Op cit.)

Generalmente se forman bloques tomando en consideración la variación de los siguientes parámetros:

- a) Según las diferentes vetas, capas o cuerpos presentes en el yacimiento.
- b) Según la existencia de intercalaciones estériles.
- c) Según la potencia del cuerpo mineral.
- d) Según la profundidad o cota de nivel.
- e) Según los tipos tecnológicos, calidad o contenido de componente útil (mena rica y mena pobre).

- f) Según las condiciones hidrogeológica (por encima y por debajo del nivel freático).
- g) Según el coeficiente de destape o relación estéril mineral.
- h) Según la situación tectónica.

Además de estos criterios geológicos se consideran otros aspectos como:

- a) Diferencias en el grado de conocimiento.
- b) Viabilidad económica.

Es importante señalar que si se toman en consideración muchos parámetros el resultado será la formación de muchos bloques. En caso extremo cada pozo representa un bloque separado lo que reduce el método de bloques geológico al método de los polígonos.

Este método se reduce al anteriormente descrito si se delimita un solo bloque que abarque todo el yacimiento. La metodología de cálculo dentro de cada bloque es exactamente igual al método de media aritmética. Las reservas totales del yacimiento se obtienen de la sumatoria de las reservas de los bloques individuales.

El método, que se caracteriza por su sencillez en el contorno y el cálculo, puede ser aplicado prácticamente para cuerpos minerales de cualquier morfología, explorados según una red regular o irregular y cualquiera que sean las condiciones de yacencia.

El problema fundamental de esta técnica radica en que durante el desarrollo y explotación del yacimiento, es necesario reajustar todos los bloques para que se acomoden al método de explotación.

3.5.3 Método de los bloques de explotación

Este método es también una variante del método de la media aritmética y se desarrolló esencialmente para los yacimientos filoneanos, los cuales son divididos en bloques por los laboreos de preparación para la explotación.

Según este método, específico de la minería subterránea, las reservas del yacimiento se calculan por la acumulación de las reservas parciales obtenidas en bloques de explotación individuales. Los bloques de cálculo son porciones del depósito delimitadas por 2, 3 y 4 lados por excavaciones mineras de exploración y desarrollo (contrapozos, corta vetas, galerías, trincheras etc.).

La forma real del cuerpo dentro del bloque se reemplaza con un paralelepípedo cuya altura es igual a la potencia media del cuerpo mineral en el bloque.

El cálculo se realiza en el plano o en la proyección vertical longitudinal, sobre los cuales se proyectan las excavaciones mineras con los resultados de los análisis y los espesores particulares.

Para el cálculo de la potencia y el contenido medio dentro de cada bloque, primeramente se determinan los valores medios en cada excavación y posteriormente se calcula el valor medio del bloque a través de la media aritmética si la longitud de las excavaciones son aproximadamente iguales, en caso contrario se pondera por la longitud o área de influencia.

La ventaja del método radica en la sencillez del contorneo y la posibilidad de usar los resultados directamente en la proyección y planificación de la extracción del mineral útil. Su debilidad principal radica en la división formal del cuerpo en bloques heterogéneos por la potencia y calidad.

3.5.4 Método de los polígonos o regiones próximas

El método se emplea para el cálculo de reservas de capas horizontales o subhorizontales explorados por pozos irregularmente distribuidos.

Si se calculan las reservas de un depósito según este método la morfología compleja del yacimiento se reemplaza por un sistema de prismas poliédricos, cuyas bases lo constituyen los polígonos o zonas de influencia y su altura es igual al espesor del cuerpo revelado por el pozo que se ubica en el centro del polígono.

El método se reduce a la separación de las zonas de influencia de cada pozo o laboreo que intercepta el cuerpo mineral. Para la delimitación de las zonas de influencia es necesario realizar las siguientes construcciones:

Se procede a unir mediante líneas rectas los pozos de perforación contiguos posteriormente se determina la mediatriz de cada recta y la intersección de las mismas definen la zona de influencia. Este procedimiento, que se conoce como división de Dirichlet o polígonos de Voronoi (Thiesen), genera un sistema único de prismas poliédricos en el cual los polígonos contiguos comparten una arista común. El empleo de este procedimiento permite obtener siempre el mismo mosaico de polígonos. (Figura 3.4)

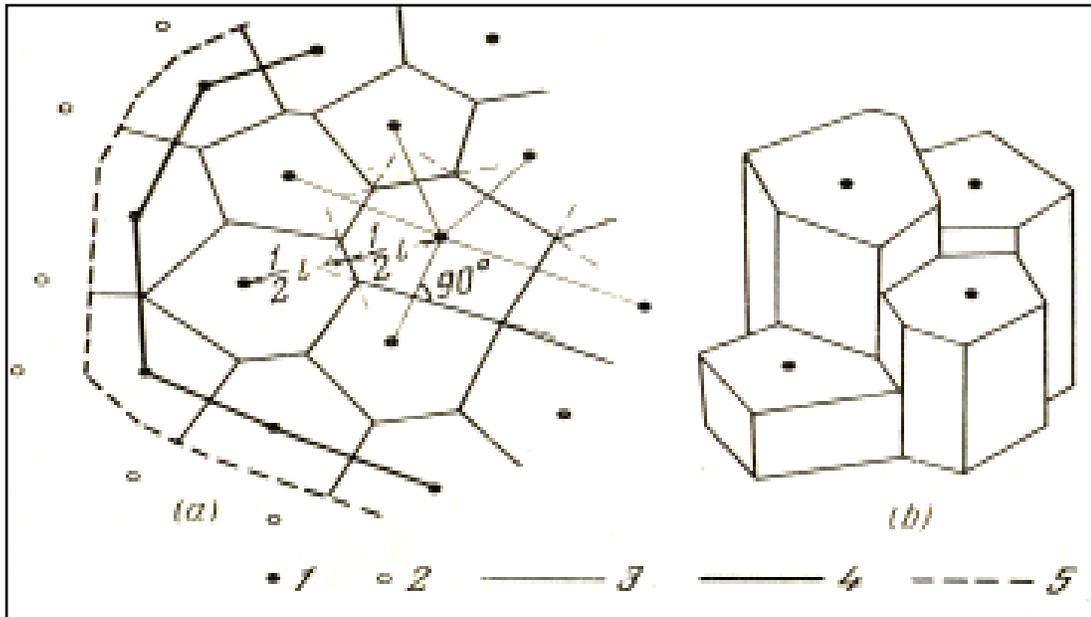


Figura 3.4. Estimación de reservas por el método de los polígonos. (Cruz Op cit.)

El volumen del prisma se determina como el producto del área del polígono por su altura. Otros parámetros del cálculo se obtienen para cada prisma directamente del pozo central. El volumen total del yacimiento es la suma de los volúmenes de cada prisma.

Este método puede ser utilizado para estimaciones preliminares de recursos, pues los cálculos son tan simples que pueden ser hechos rápidamente incluso en el campo, otra ventaja importante del método es su reproducibilidad pues si se sigue el mismo procedimiento dos especialistas pueden llegar al mismo resultado.

El método de los polígonos posee muchas desventajas entre las que podemos mencionar:

Cuando la red de exploración es densificada, hay que rehacer nuevamente la construcción de los polígonos.

El sistema de los prismas no refleja correctamente la forma natural del yacimiento.

Los resultados no son satisfactorios principalmente cuando los valores observados son valores extremos lo cual provoca que los errores de extensión del pozo al polígono sean muy groseros. Este error de estimación disminuye en la medida que aumenta la densidad de la red de exploración.

Independientemente de las desventajas obvias que posee el método, las cuales están muy vinculadas con su sencillez y simplicidad, esta técnica de estimación ha soportado el paso del tiempo y aparece implementado en la mayoría del software moderno de modelación geólogo minera.

3.5.5 Método de las isolíneas

La estimación de recursos por el método de las isolíneas presupone que los valores de la variable de interés varían gradual y continuamente entre las intersecciones de exploración

Durante la estimación de las reservas de un yacimiento por este método, la forma de este se sustituye por un cuerpo de volumen igual al cuerpo natural, pero delimitado en su base por un plano recto. En este método se comienza con el trazado de los mapas de isolíneas de las variables de interés (espesor, ley y masa volumétrica o reservas lineales). Las isolíneas entre los laboreos de exploración se construyen empleando el método de triangulación con interpolación lineal. (Figura 3.5).

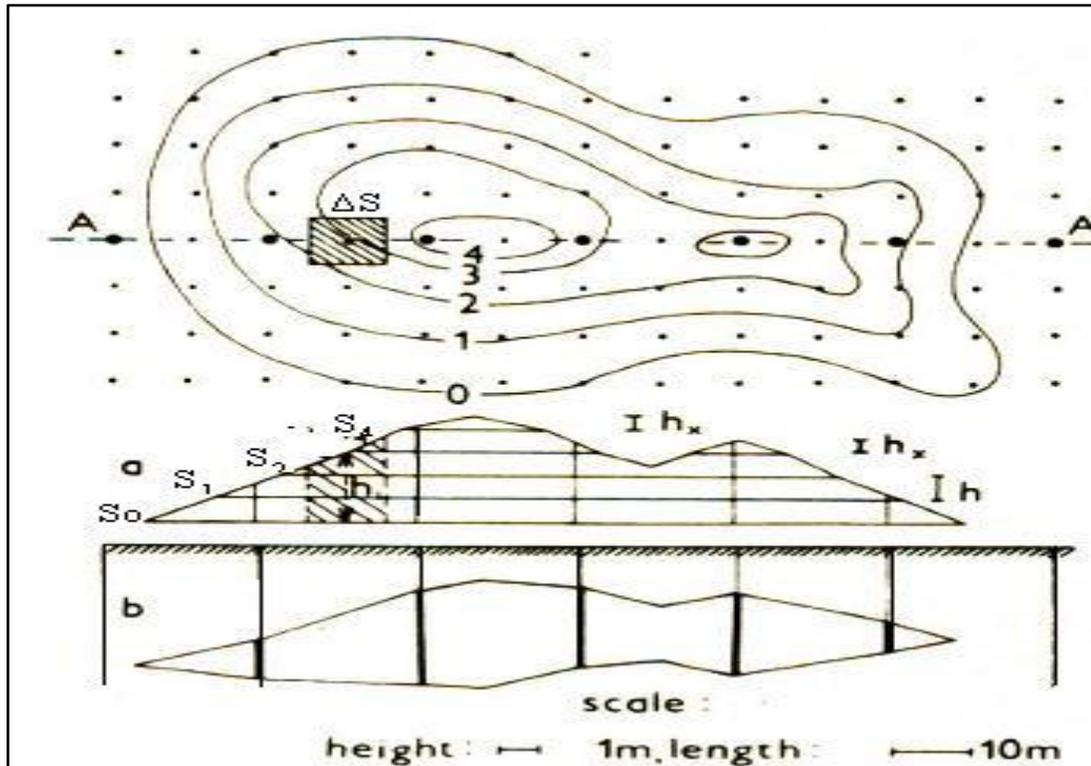


Figura 3.5. Esquema de estimación de recursos empleando el método de las isolíneas.
(Cruz Op cit.)

El volumen del cuerpo representado por las isolíneas de espesor (isopacas) se puede calcular por el método de la red milimétrica.

En esta variante es necesario trazar los mapas de isovalores del espesor, ley de los componentes útiles y masa volumétrica. Posteriormente se superpone una malla o matriz de bloques, cuyo tamaño está en correspondencia con la escala de los trabajos y la densidad de la red de exploración. La matriz divide toda el área del yacimiento en pequeños bloques cuadrados. Posteriormente a partir del mapa de isopacas se interpola el valor de la potencia en el centro de cada bloque lo cual permite determinar el volumen de cada celda elemental. Por la adición de estos volúmenes elementales (ΔV) se determina el volumen total del yacimiento. Si se considera

necesario para mejorar la precisión en los bloques limítrofes, se puede estimar la proporción del bloque que se localiza dentro de los contornos del yacimiento.

$$\Delta V = \Delta S * m_i \quad (3.10)$$

Donde:

ΔV : volumen elemental de la celda o bloque.

V : interpolación.

ΔS : área de la celda (valor constante).

El volumen total del cuerpo se calcula:

$$V = \sum_{i=1}^n \Delta V = \sum_{i=1}^n \Delta S * m_i = \Delta S \sum_{i=1}^n m_i \quad (3.11)$$

De esta expresión queda claro que el volumen de un yacimiento se determina como el producto del área elemental del bloque con la suma de los espesores parciales que se determinan por interpolación lineal a partir de las isolíneas.

El cálculo de las reservas de menas del yacimiento es exactamente igual si la masa volumétrica es variable se construye el mapa de isovalores de este parámetro y a partir de aquí se interpola el valor “d” en cada celda.

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta Q = \sum_{i=1}^n \Delta S * m_i * d_i = \Delta S \sum_{i=1}^n m_i * d_i \quad (3.12)$$

Si “d” es constante entonces la formula queda de esta forma:

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta Q = \sum_{i=1}^n \Delta S * d = \Delta S * d \sum_{i=1}^n m_i \quad (3.13)$$

De forma análoga se estima la cantidad de metal:

$$P = \sum_{i=1}^n \Delta P = \sum_{i=1}^n \Delta S * m_i * d_i * C_i = \Delta S * d \sum_{i=1}^n m_i * C_i \quad (3.14)$$

Esta variante del método de isolíneas es extremadamente importante pues contienen en esencia la idea fundamental sobre la que descansan los métodos modernos asistidos por computadoras. En ellos también se subdivide o discretiza el yacimiento en pequeños bloques y posteriormente se estima en cada celda el valor de la variable de interés, con la única diferencia que en los métodos actuales la interpolación se basa en métodos de estimación espacial (geoestadísticos y geomatemáticos). La comprensión de esta variante es fundamental para poder entender los métodos que serán discutidos en los próximos capítulos.

En resumen se puede decir que una de las ventajas del método de isolíneas es su claridad pues las curvas de isovalores brindan una idea clara sobre la constitución del yacimiento y el comportamiento de los espesores y contenidos del componente útil.

Para trazar las isopacas no es necesario emplear espesores reales sino que se puede usar la componente vertical u horizontal de la potencia, todo depende del plano en el que se proyecte el cuerpo. El método permite realizar estimaciones locales (bloque a bloque) lo cual facilita la utilización de los resultados para fines de planificación minera.

Según la literatura la principal desventaja del método radica en la complicación de las construcciones, la cual ha sido superada con la introducción de los ordenadores y el desarrollo de los métodos geoestadísticos. El principal problema del método está

en la necesidad de contar con un grado de exploración alto pues la construcción de las isolíneas sobre la base de una red de exploración poco densa no es confiable.

3.5.6 Métodos de los perfiles

El método de estimación mediante cortes o perfiles se puede usar si el yacimiento fue explorado en una red regular que permite la construcción de cortes geológicos. Los cortes geológicos de un yacimiento, según su orientación, pueden ser horizontales, verticales o perfiles no paralelos. La distancia ente los cortes particulares no es constante y corresponde a la distancia entre las líneas de exploración en el caso de perfiles verticales o la altura entre niveles de una mina en el caso de cortes horizontales. (Figura 3.6).

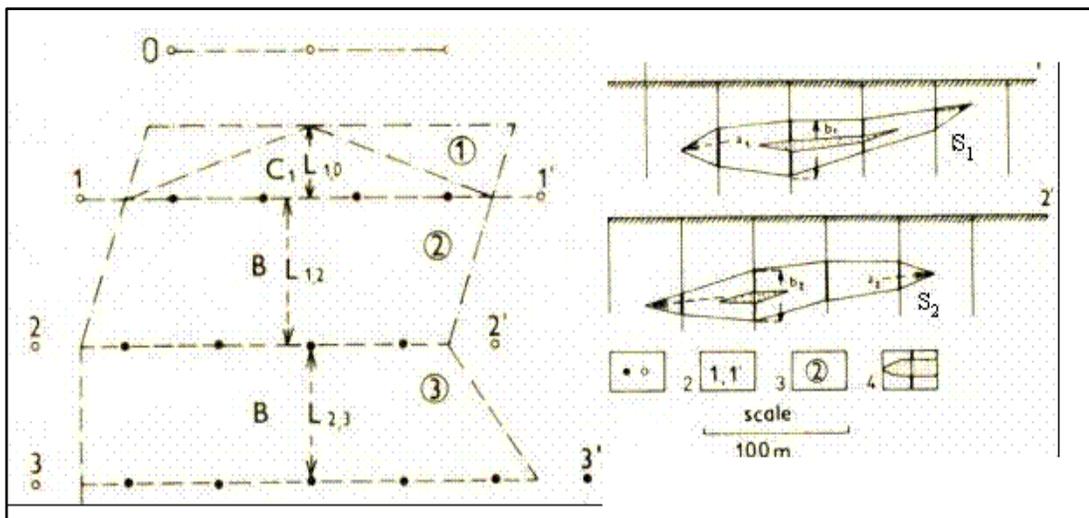


Figura 3.6. Cálculo de recursos usando el método de perfiles paralelos. (Cruz Op cit.)

Contornear el cuerpo mineral (contorno interno y externo) en el plano.

- a) Se dibujan los perfiles a una escala dada, incluyendo en los mismos los resultados del contorneo.

- b) Se calculan las áreas en los perfiles por su semejanza con figuras geométricas sencillas.
- c) Se calculan los volúmenes entre perfiles utilizando las siguientes fórmulas, Cuando la diferencia entre las áreas calculadas no supera el 40 % se utiliza la fórmula del trapezoide.

$$V_{i-ii} = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) * L \quad (3.15)$$

Donde:

S_1 y S_2 : áreas de los perfiles contiguos.

L : distancia entre perfiles.

Si la diferencia es mayor del 40 % se utiliza la fórmula del cono truncado.

$$V_{i-ii} = \left(\frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 * S_2}}{3} \right) * L \quad (3.16)$$

El cálculo del volumen en los flancos se realiza por las fórmulas de la cuña o el cono en dependencia de la forma aproximada del bloque en los extremos.

$$V_{Cuña} = \frac{S * L}{2} \quad (3.17)$$

$$V_{Cono} = \frac{S * L}{3} \quad (3.18)$$

3.5.6.1: Estimación de los valores promedios de los parámetros para cada bloque (ley del componente útil)

Estimación de la ley media de cada perfil limítrofe a partir de la media aritmética o media ponderada por la potencia.

$$C_i = \frac{C_1*m_1+C_2*m_2+\dots+C_n*m_n}{m_1+m_2+\dots+m_n} \quad \text{Perfil I} \quad (3.19)$$

$$C_{ii} = \frac{C_1*m_1+C_2*m_2+\dots+C_n*m_n}{m_1+m_2+\dots+m_n} \quad \text{Perfil II} \quad (3.20)$$

Posteriormente se calcula el valor medio del bloque ponderando por el área de cada perfil.

$$C_{i-ii} = \frac{C_i S_i + C_{ii} S_{ii}}{S_i + S_{ii}} \quad (3.21)$$

Se calcula el valor promedio de la masa volumétrica para cada bloque usando el mismo procedimiento

3.5.6.2. Cálculo de las reservas de menas y del componente útil en cada bloque

Se procede de la siguiente manera.

$$Q_{i-ii} = V_{i-ii} * d_{i-ii} \quad (3.22)$$

$$P_{i-ii} = Q_{i-ii} * C_{i-ii} \quad (3.23)$$

3.5.6.3. Cálculo de las reservas totales del yacimiento por la sumatoria de las reservas de los bloques individuales

Las ecuaciones son las siguientes.

$$Q_t = Q_{i-ii} + Q_{ii-iii} + Q_{n-1,n} \quad (3.24)$$

$$P_t = P_{i-ii} + P_{ii-iii} + P_{n-1,n} \quad (3.25)$$

El método de las secciones en todas sus variantes permite tener en cuenta de manera más completa las particularidades de la constitución geológica del yacimiento, la morfología y las condiciones de yacencia de los cuerpos minerales (Lepin y Ariosa, 1986). El método posee desventajas importantes. En primer lugar se basa en la interpolación rectilínea de los datos de exploración entre las secciones contiguas y por eso es inaplicable si la estructura tectónica del objeto es compleja.

Además si distancias entre los perfiles son grandes se puede incurrir en errores groseros en la determinación de los volúmenes. Por este motivo, no se recomienda este método durante los estadios iniciales del estudio geológico del yacimiento, especialmente si se supone una constitución geológica compleja.

En segundo lugar, al calcular las reservas de mineral útil mediante este método no se utilizan los datos de exploración obtenidos en los puntos dentro del bloque, sino solo los ubicados en las secciones principales de exploración.

3.6 Espectroscopia de Absorción Atómica (Equipo AAS novAA 800)

A través de átomos en estado fundamental, se mide la absorción específica de un elemento de la radiación de una lámpara de cátodo hueco (HKL). En este caso, la señal de absorción representa una medida de la concentración del elemento correspondiente en la muestra analizada. La HKL envía un espectro lineal, partiendo del cual se extrae una línea de resonancia adecuada a través del monocromador.

La radiación continua de la lámpara D2-HKL se utiliza para la compensación de la absorción de fondo. La radiación de la fuente lineal (HKL primaria) con una línea base muy estrecha (línea de resonancia) se debilita de forma específica dependiendo de un elemento y de forma no específica mediante radiación. De este modo se registra la absorción total. La radiación de la lámpara D2HKL es atenuada principalmente por la absorción inespecífica del elemento de banda ancha; la mínima proporción específica del elemento se puede dejar de lado. La formación de diferencias de ambas señales proporciona la absorción específica de un elemento. En la figura 3.7 se puede observar el equipo utilizado.

Para los cálculos verdaderos en la matriz sólida se utiliza la fórmula siguiente:

$$C=(CAAS).V. Fd/m \quad (3.26)$$

Dónde:

C=Concentración verdadera de la muestra

CAAS=Concentración de la muestra (mg/l) medidos en el equipo de AAS

V = volumen aforado (ml)

m=masa de la muestra (g)

Fd=factor de dilución



Figura 3.7. Equipo de Espectrometría de Absorción de llama (ASS) novAA-800.

3.7 Gravedad específica relativa

La densidad relativa (DR) de una sustancia, también llamada gravedad específica (S), es la relación entre su densidad y la densidad del agua a una determinada temperatura, por lo general, 4°C.

3.8 Determinación de densidades de un sólido

3.8.1 Densidad por picnómetro

El procedimiento es el siguiente: 1) limpiar el picnómetro con agua destilada y a secarlo perfectamente; seguidamente lo llenaremos de agua destilada hasta la señal de enrase. Pesaremos a continuación el sólido problema y obtenemos un valor de $M = 0,98 \pm 0,01$ g., después pesamos el picnómetro lleno de agua junto con el sólido

problema; arrojando un valor de $M^I = 46,55 \pm 0,01$ g. Por último pesamos el picnómetro pero esta vez con el sólido problema dentro y enrasando de nuevo, siendo el peso de $M^{II} = 46,44 \pm 0,01$ g.

A través de la diferencia de estas dos últimas pesadas obtenemos el valor del agua desalojada.

$$M_o = M^I - M^{II} \quad (3.26)$$

$$M_o = 46,55 - 46,44 = 0,14 \pm 0,02 \text{ g} \quad (3.27)$$

$$\Delta M_o = \Delta M^I - \Delta M^{II} = \pm 0,02 \quad (3.28)$$

Una vez obtenido el valor del agua desalojada observamos la temperatura existente durante el desarrollo de la práctica para poder saber el valor de la densidad del agua. La temperatura alcanza un valor de 22°C y a través de las tablas la densidad del agua es de $\rho_a = 0,99780 \text{ g/cm}^3$.

Sustituyendo en la siguiente expresión obtenemos la densidad del sólido problema.

$$\rho = \frac{M \cdot \rho_a}{M_o} \quad (3.29)$$

$$\rho = \frac{(0,98 \pm 0,01) \cdot 0,99780}{0,14 \pm 0,02} = 6,98 \pm 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (3.30)$$

Luego para determinar el error de análisis se procede como sigue:

$$\varepsilon(M) = \frac{0,01}{0,98} = \pm 0,01 \quad (3.31)$$

$$\varepsilon(M_o) = \frac{0,02}{0,14} = \pm 0,14 \quad (3.32)$$

$$\varepsilon(\rho) = \varepsilon(M) + \varepsilon(M_o) = \pm 0,15 \quad (3.33)$$

El valor de $|\rho|$ es igual a 6,98 entonces:

$$\Delta\rho = |\rho| * \varepsilon(\rho) = 0,15 * 6,98 = \pm 1 \quad (3.34)$$

3.8.2 Densidad Aparente

La densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia normalmente más ligera, de forma que la densidad total del cuerpo es menor que la densidad del material poroso si se compactase.

En el caso de un material mezclado con aire se tiene:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ap}}{V_{ap}} = \frac{m_r + m_{aire}}{V_r + V_{aire}} \quad (3.44)$$

La densidad aparente de un material no es una propiedad intrínseca del material y depende de su compactación.

La Densidad aparente del suelo (D_a) se obtiene secando una muestra de suelo de un volumen conocido a 105°C hasta peso constante.

$$D_a = \frac{W_{ss}}{V_s} \quad (3.45)$$

Donde:

WSS: Peso de suelo secado a 105°C hasta peso constante.

VS: Volumen original de la muestra de suelo.

Se debe considerar que para muestras de suelo que varíen su volumen al momento del secado, como suelos con alta concentración de arcillas 2:1, se debe expresar el contenido de agua que poseía la muestra al momento de tomar el volumen.

3.8.3 Densidad por desplazamiento de volumen

El desplazamiento ocurre cuando un objeto se sumerge en un fluido, empujándolo hacia afuera y colocándose en su lugar. El volumen del fluido desplazado puede ser medido, como en la ilustración, y a partir de éste se puede deducir el volumen del cuerpo sumergido (el volumen del cuerpo sumergido debe ser exactamente igual al volumen del fluido desplazado).

Un objeto que se hunde desplaza una cantidad de líquido igual al volumen del objeto desplazado. Así, la flotabilidad se expresa a través de Principio de Arquímedes, que establece que el peso del objeto se reduce en el producto de su volumen multiplicado por la densidad del fluido. Si el peso del objeto es menor que la cantidad desplazada, el objeto flota; si es mayor, se hunde. La cantidad de fluido desplazado está directamente relacionada (por el principio de Arquímedes) con su peso.

En el caso de un objeto que se hunde (esto es totalmente sumergido), se desplaza todo el volumen del objeto. En el caso de un objeto que flota, la cantidad de fluido desplazado será igual al peso del objeto desplazado.

3.8.4 Determinación de la densidad de un líquido

Procedemos en primer lugar a limpiar y secar perfectamente el picnómetro. La primera medición corresponde al picnómetro limpio y seco, la cual llamaremos $M_1 = 20,13 \pm 0,01\text{g}$. Seguidamente llenamos el picnómetro de agua y procedemos a pesarlo, a esta medida la llamaremos $M_2 = 45,61 \pm 0,01\text{ g}$. Por último pesamos el picnómetro con el líquido problema dentro de él, que llamaremos $M_3 = 47,30 \pm 0,01\text{ g}$.

Para determinar la densidad del líquido problema deducimos la masa de agua contenida en el picnómetro: $M_2 - M_1$, que es de $25,48 \pm 0,02\text{ g}$. También determinamos la masa del líquido problema contenida en el picnómetro: $M_3 - M_1 = 27,17 \pm 0,02\text{g}$.

A través de la siguiente ecuación calculamos la densidad del líquido problema.

$$\rho = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} * \rho_a \quad (3.35)$$

$$\rho = \frac{27,17 \pm 0,02}{25,48 \pm 0,02} * 0,99780 = 1,06 \pm 0,0016 \text{ gr/cm}^3 \quad (3.36)$$

$$\varepsilon(M_3 - M_1) = \frac{0,02}{27,17} = \pm 0,0007 \quad (3.37)$$

$$\varepsilon(M_2 - M_1) = \frac{0,02}{24,48} = \pm 0,0008 \quad (3.38)$$

$$\varepsilon(\rho) = \varepsilon(M_3 - M_1) + \varepsilon(M_2 - M_1) = \pm 0,0015 \quad (3.39)$$

$$\Delta\rho = |\rho| * \varepsilon(\rho) = 0,0015 * 1,06 = \pm 0,0016 \quad (3.40)$$

3.9 Caracterización de la muestra

Una muestra debe ser representativa si va a ser usada para estimar las características de la población. Los métodos para seleccionar una muestra representativa son numerosos, dependiendo del tiempo, y recursos disponibles para preparar dicha muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población. Se enumeran los siguientes pasos para la preparación de muestras:

1. Identificación de la muestra tanto de mineral fino como del mineral grueso.
2. Secar la muestra si es necesario, para descripción de la misma, disgregarla en el caso de mineral fino.
3. Homogeneizar las muestras de 4 a 6 veces, para ello se debe verter las bandejas recolectoras en la parte superior del cuarteador y accionar la palanca, realizando el trabajo en forma rápida y segura sin derramar mineral, para evitar pérdida de humedad.
4. Vaciar la muestra que está contenida en los envases herméticos o bolsas plásticas resistentes sobre el cuarteador limpio de residuos de otras muestras. (En el caso de mineral fino de 10 a 15 Kg. en el caso de mineral grueso y de 20 a 30 Kg).
5. Dividir la muestra para análisis físico en dos porciones: una para análisis físico y la otra porción para testigo de la muestra.
6. Identificar la muestra para análisis físico y químico según procedimiento 908-P-11 “Manejo de las Muestras de Ensayo”.

7. Guardar la muestra testigo en bolsas plásticas con la identificación y sellarla (para mantener condiciones originales), por un período establecido en el procedimiento 908-P-11.
8. Pulverizar una vez seca la muestra para análisis químico en el pulverizador de Anillos o de Discos, hasta obtener una reducción de + 149 micrones (0,149 mm).
9. Los métodos de selección de muestras pueden ser clasificados de acuerdo al número de muestras tomadas de una población dada para un estudio y la manera usada en seleccionar los elementos incluidos en la muestra.
10. El muestreo consiste en establecer condiciones en tomar muestras de una población dada para el propósito de inferencia estadística. Puesto que solamente una muestra es tomada, el tamaño de muestra debe ser lo suficientemente grandes para extraer una conclusión.

3.9.1 Análisis granulométrico

Consiste en estudiar la composición granular de una mezcla de partículas, con el fin específico de describir su tamaño y superficie, las cuales juegan un papel importante en el área de mineralurgia, definiéndose como la distribución del tamaño de partículas sólidas en una serie de tamices normalizados de tamaño decreciente. El resultado de este proceso se da frecuentemente en base acumulativa, es decir, por cada malla se da el porcentaje total del material que atraviesa o queda retenido en dicha malla. Para la estimación del tamaño promedio de las partículas de una muestra mineral se emplean muchos métodos, entre los que destacan: tamaño lineal, diámetro equivalente, diámetro de stokes y diámetro de tamiz.

$$\%Retenido = \frac{W \text{ material retenido en tamiz}}{W \text{ total de la muestra}} * 100 \quad (3.41)$$

$$\%Pasante \text{ acumulado} = 100 - \%Retenido \quad (3.42)$$

Donde:

W= peso.

3.9.1.1 Malla

Es el número de aberturas por unidad lineal, es decir, es la unidad de medida que representa el número de aberturas por pulgadas lineal, y se utiliza para la identificación de los tamices. En el rango de las partículas de tamaño entre de 1 a 80 micrones, la determinación de un tamaño se realiza mediante tamizaje, que es sometimiento de las partículas a la acción de una serie de tamices. Aquellas partículas que pasan por un tamiz X1 y quedan retenidas en un tamiz X2 se les denomina X1/X2 o simplemente X2 se define como el promedio geométrico entre las aberturas de los tamices X1 y X2. Dependiendo de la relación entre mallas se estandarizan los tamices, por ejemplo la secuencia de tamices estandarizado.

3.9.1.2 Tamiz

Es una hoja mallada con agujeros de tamaño uniforme para separar materiales granúlenos. Un tamiz de laboratorio consiste en una superficie de tamizado, que es normalmente de alambre tejido, formando aberturas grandes con placas perforadas, y aberturas muy pequeñas (20 y 90 μm , tolerancia de más o menos 2 μm , utilizando metal electro formado. La superficie del tamizado (tela) va montada en un armazón

cilíndrico que permite los tamices uno sobre otro, normalmente en serie con las aberturas sucesivamente más pequeñas de arriba hacia abajo. Se emplean además una tapa en la parte superior y un recipiente en el fondo para así completar la serie vertical de tamices conocidas como batería.

3.9.1.3 Serie de tamices

Es un conjunto de tamices ensamblados de mayor a menor abertura, y se basan en las siguientes normas: Sistema Francés AFNOR, Sistema Alemán DIN-4188. Existen varias series de tamices estandarizados, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

3.9.1.4 Serie Tyler

Es una de las series de tamices de secuencia geométrica. Está basada en una abertura cuadrada de 0,0029 pulgadas y diámetro de alambre de 0,0021 pulgadas. El diámetro del alambre más la abertura es igual a 0,0050 pulgadas, de modo que la tela tiene tantas aberturas por pulgada lineal.

3.9.1.5 Tamizado

Es la separación de partículas de acuerdo con su tamaño. Estas separaciones se logran utilizando tamices, que actúen como calibrador múltiple de pasa – no – pasa, esta es utilizada como técnica de medición a escala de laboratorio, para determinar las cantidades relativas de los distintos tamaños en la muestra.

3.9.1.6 Tamizado manual

Consiste en cribado sencillo haciendo incidir el material por un tamiz o malla rudimentaria de abertura específica con ayuda de brochas, sin necesidad de agitadores mecánicos. Este proceso se realiza cuando se requiere de un mineral bajo cierta especificación de tamaño para una prueba determinada. Este proceso también es utilizado para eliminar residuos de mineral que poseen mayor tamaño que el mismo es recomendable realizarlo con pequeñas porciones de mineral.

3.9.1.7 Tamizado mecánico

Es el realizado con ayuda de sacudidores mecánicos, se realiza colocando una batería o serie de tamices en una maquina encargada de realizar movimientos que contribuyen a todas las partículas en análisis tengan la misma probabilidad de pasar por las mallas. Los Sacudidores Mecánicos son maquinas que transmiten un movimiento circular consistente y un movimiento vertical de oscilación a las partículas, dichos movimientos no solo exponen repetidamente a las partículas en las aberturas, sino también se minimiza la obstrucción de las aberturas por las partículas ligeramente más grandes que estas. Siendo uno de los más conocidos el Ro-tap. (Figura 3.8).

Los resultados de un análisis granulométrico también se pueden representar en forma gráfica y en tal caso se llaman curvas granulométricas.

Estas gráficas se representan por medio de dos ejes perpendiculares entre sí, horizontal y vertical, en donde las ordenadas representan el porcentaje que pasa y en el eje de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala puede ser aritmética, logarítmica o en algunos casos mixtos.

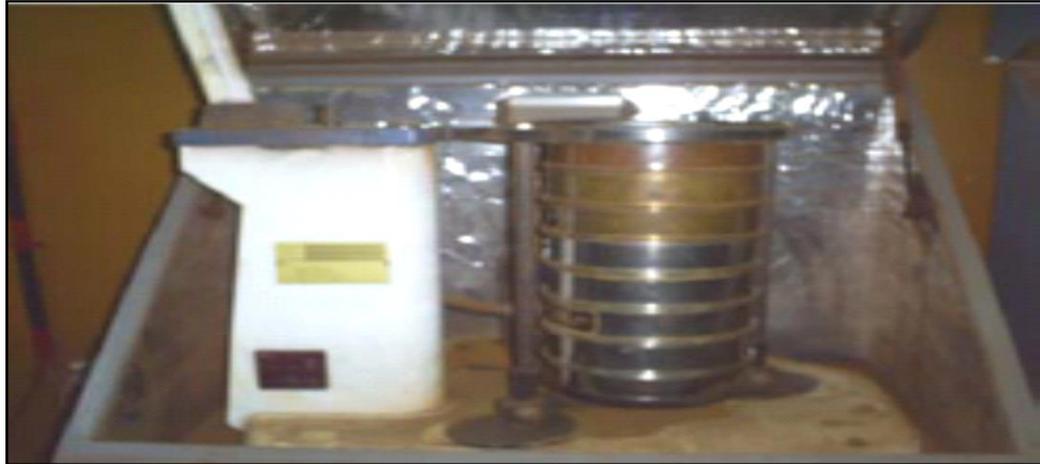


Figura 3.8. Equipo Ro-Tap. Laboratorio de procesos Ingeomin.

Las curvas granulométricas permiten visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados y permite conocer además que tan grueso o fino es.

3.10 Análisis químico

La parte de la química tiene como finalidad el estudio de la composición química de un material o muestra, mediante diferentes métodos. Se divide en química analítica cuantitativa y química analítica cualitativa.

Los métodos que emplea el análisis químico pueden ser:

Métodos químicos (se basan en reacciones químicas) o clásicos:

- a) Análisis volumétrico.
- b) Análisis gravimétrico.

3.11 Lixiviación de oro

El tratamiento metalúrgico de las menas de oro está basado principalmente en las propiedades inusuales del oro nativo y sus posibles aleaciones con plata (electrum). Esto es por su alto peso específico comparado con los de la ganga asociada y por otro lado por su solubilidad en soluciones alcalinas diluidas de cianuro de sodio o potasio. La separación gravitacional y la cianuración de menas trituradas o molidas constituyen los métodos más comunes que se ve en el siguiente diagrama de flujo. (Figura 3.9).

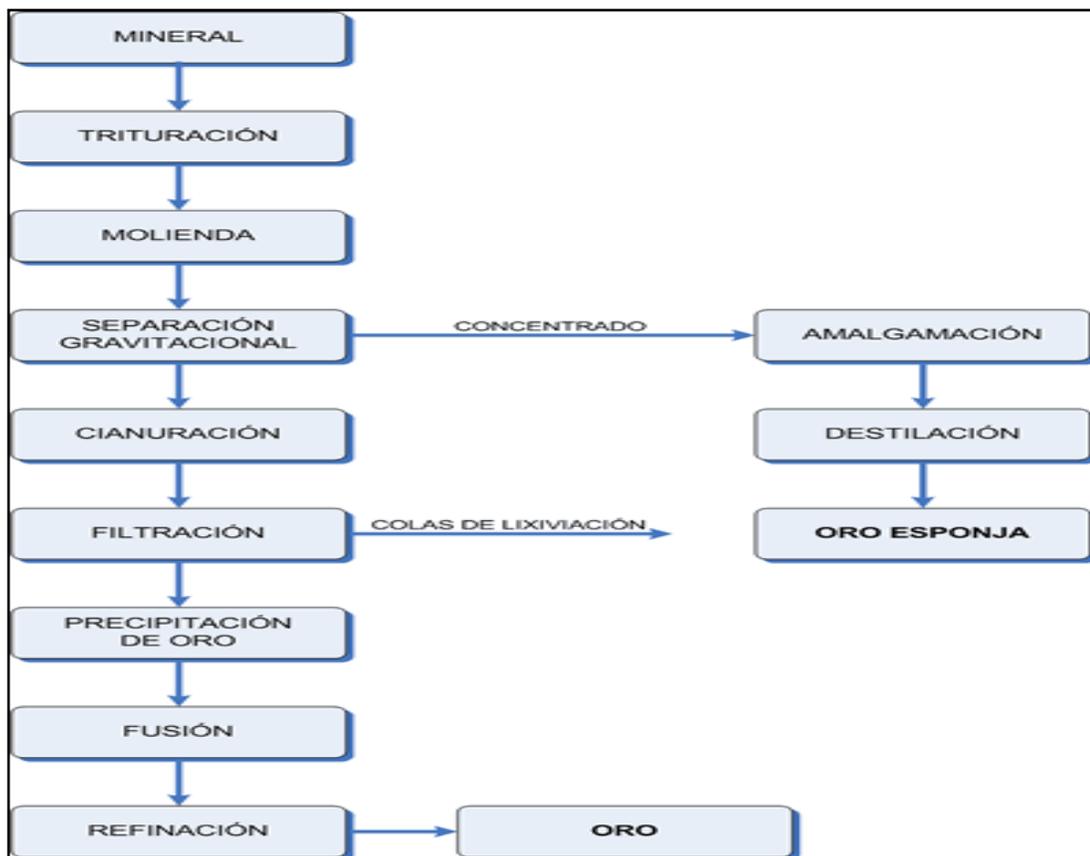
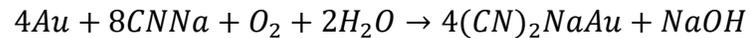


Figura 3.9. Separación gravitacional y cianuración de menas trituradas o molidas. (Cardenas R, 1994)

3.11.1 Cianuración

La cianuración es un proceso que se aplica al tratamiento de las menas de oro, desde hace muchos años.

Se basa en que el oro nativo, plata o distintas aleaciones entre estos, son solubles en soluciones cianuradas alcalinas diluidas, regidas por la siguiente ecuación:



Esta fórmula es conocida como la ecuación de ELSNER. Las principales variantes de lixiviación son:

1. La lixiviación por agitación.
2. La lixiviación por percolación.

3.11.2 Lixiviación por agitación

La mena molida a tamaños menores a las 150 mallas (aproximadamente tamaños menores a los 105 micrones), es agitada con solución cianurada por tiempos que van desde las 6 hasta las 72 horas. La concentración de la solución cianurada está en el rango de 200 a 800 ppm (partes por millón equivale a gr de cianuro por metro cubico de solución).

El pH debe ser alto, entre 10 y 11, para evitar la pérdida de cianuro por hidrólisis (generación de gas cianhídrico, CNH, altamente venenoso) y para neutralizar los componentes ácidos de la mena.

Para evitarlo anterior se usa cal, para mantener el pH alcalino. Se adiciona lo necesario para mantener la concentración de Oca libre en la solución por encima 100 gr/m³.

La velocidad de disolución del oro nativo depende entre otros factores, del tamaño de la partícula, grado de liberación, contenido de plata.

Es la práctica común, remover el oro grueso (partículas de tamaño mayores a 150 mallas o 0,105 mm), tanto como sea posible, mediante concentración gravitacional antes de la cianuración, de manera de evitar la segregación y pérdida del mismo en varias partes del circuito.

Es de suma importancia, aparte de determinar la naturaleza de los minerales de oro, poder identificar la mineralogía de la ganga, ya que esta puede determinar la efectividad o no de la cianuración. Esto porque algunos minerales de la ganga pueden reaccionar con el cianuro o con él oxígeno, restando de esa manera la presencia de reactivos necesaria para llevar adelante la solubilización del oro.

Se realizan ensayos a escala laboratorio, con el objeto de determinar las condiciones óptimas para el tratamiento económico y eficiente de la MENA.

Las variables a determinar son las siguientes:

1. Consumo de cianuro por tonelada de mineral tratado.
2. Consumo de cal por tonelada de mineral tratado.
3. Optimo grado de molienda.
4. Tiempo de contacto, ya sea en la lixiviación por agitación como en la lixiviación por percolación.

5. Concentración más conveniente del cianuro en la solución.
6. Dilución más adecuada de la pulpa.

3.11.3 Lixiviación por percolación Lixiviación en pilas

La cianuración en pilas es un método que ya se está aplicando con regularidad en varios yacimientos a nivel mundial, para procesar minerales de oro y plata de baja ley, se aplica también en yacimientos del tipo hidrotermal en la zona oxidada, es decir vetas de alta, pero de volumen pequeño, generalmente explotados por la pequeña minería.

La cianuración en pilas es una lixiviación por percolación del mineral acopiado sobre una superficie preparada para coleccionar las soluciones

Este método es bastante antiguo y se lo utilizaba para lixiviar minerales de cobre y uranio. Si bien este método fue concebido para explotar grandes depósitos de oro de baja ley, se lo usa también para depósitos de pequeño volumen y de alta ley, debido a sus bajos costos de capital y operación.

Su flexibilidad operativa permite abarcar tratamientos que pueden durar semanas, meses y hasta años dependiendo del tamaño del mineral con que se este trabajando.

El mineral fracturado se coloca sobre un piso impermeable formando una pila de una cierta altura sobre la que se esparce una solución de cianuro diluida, la que percola a través del lecho disolviendo los metales preciosos finamente diseminados en la mena.

La solución enriquecida de oro y plata se colecta sobre el piso impermeable, dispuesto en forma ligeramente inclinada que hace que fluya hacia la pileta de almacenamiento, desde ahí se alimenta el circuito de recuperación.

Este circuito de recuperación de oro y plata, desde las soluciones cianuradas diluidas las que contienen los metales nobles en solución, puede ser de dos tipos preferentemente, a saber:

- a) Precipitación con Carbón activado.
- b) Cementación de oro con Zinc.

3.12 Técnicas de muestreo

Una muestra debe ser representativa si va a ser usada para estimar las características de la población. Los métodos para seleccionar una muestra representativa son numerosos, dependiendo del tiempo, dinero y habilidad disponibles para tomar una muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población. Por lo tanto, se requiere un gran volumen para incluir todos los tipos de métodos de muestreo. Los métodos de selección de muestras pueden ser clasificados de acuerdo a:

1. El número de muestras tomadas de una población dada para un estudio.
2. La manera usada en seleccionar los elementos incluidos en la muestra.

Los métodos de muestreo basados en los dos tipos de clasificaciones son expuestos en seguida.

3.12.1 Métodos de muestreo clasificados de acuerdo con el número de muestras tomadas de una población

Bajo esta clasificación, hay tres tipos comunes de métodos de muestreo. Estos son, muestreo simple, doble y múltiple.

1. Muestreo simple. Este tipo de muestreo toma solamente una muestra de una población dada para el propósito de inferencia estadística. Puesto que solamente una muestra es tomada, el tamaño de muestra debe ser lo suficientemente grande para extraer una conclusión. Una muestra grande muchas veces cuesta demasiado dinero y tiempo.
2. Muestreo doble. Bajo este tipo de muestreo, cuando el resultado del estudio de la primera muestra no es decisivo, una segunda muestra es extraída de la misma población. Las dos muestras son combinadas para analizar los resultados. Este método permite a una persona principiar con una muestra relativamente pequeña para ahorrar costos y tiempo. Si la primera muestra arroja un resultado definitivo, la segunda muestra puede no necesitarse. Por ejemplo, al probar la calidad de un lote de productos manufacturados, si la primera muestra arroja una calidad muy alta, el lote es aceptado; si arroja una calidad muy pobre, el lote es rechazado. Solamente si la primera muestra arroja una calidad intermedia, será requerirá la segunda muestra. Un plan típico de muestreo doble puede ser obtenido de la Military Standard Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes, publicada por el Departamento de Defensa y también usado por muchas industrias privadas. Al probar la calidad de un lote consistente de 3,000 unidades manufacturadas, cuando el número de defectos encontrados en la primera muestra de 80 unidades es de 5 o menos, el lote es considerado bueno y es aceptado; si el número de defectos es 9 o más, el lote es considerado pobre y es rechazado; si el número está entre 5 y 9, no puede

llegarse a una decisión y una segunda muestra de 80 unidades es extraída del lote. Si el número de defectos en las dos muestras combinadas (incluyendo $80 + 80 = 160$ unidades) es 12 o menos, el lote es aceptado si el número combinado es 13 o más, el lote es rechazado.

3. Muestreo múltiple. El procedimiento bajo este método es similar al expuesto en el muestreo doble, excepto que el número de muestras sucesivas requerido para llegar a una decisión es más de dos muestras. Métodos de muestreo clasificados de acuerdo con las maneras usadas en seleccionar los elementos de una muestra. Los elementos de una muestra pueden ser seleccionados de dos maneras diferentes: a) Basados en el juicio de una persona, b) Selección aleatoria (al azar).
4. Muestreo de juicio. Una muestra es llamada muestra de juicio cuando sus elementos son seleccionados mediante juicio personal. La persona que selecciona los elementos de la muestra, usualmente es un experto en la medida dada. Una muestra de juicio es llamada una muestra probabilística, puesto que este método está basado en los puntos de vista subjetivos de una persona y la teoría de la probabilidad no puede ser empleada para medir el error de muestreo, Las principales ventajas de una muestra de juicio son la facilidad de obtenerla y que el costo usualmente es bajo.
5. Muestreo Aleatorio. Una muestra se dice que es extraída al azar cuando la manera de selección es tal, que cada elemento de la población tiene igual oportunidad de ser seleccionado. Una muestra aleatoria es también llamada una muestra probabilística son generalmente preferidas por los estadísticos porque la selección de las muestras es objetiva y el error muestral puede ser medido en términos de probabilidad bajo la curva normal. Los tipos comunes de muestreo

aleatorio son el muestreo aleatorio simple, muestreo sistemático, muestreo estratificado y muestreo de conglomerados.

6. Muestreo aleatorio simple. Una muestra aleatoria simple es seleccionada de tal manera que cada muestra posible del mismo tamaño tiene igual probabilidad de ser seleccionada de la población. Para obtener una muestra aleatoria simple, cada elemento en la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionado, el plan de muestreo puede no conducir a una muestra aleatoria simple. Por conveniencia, este método puede ser reemplazado por una tabla de números aleatorios. Cuando una población es infinita, es obvio que la tarea de numerar cada elemento de la población es infinita, es obvio que la tarea de numerar cada elemento de la población es imposible. Por lo tanto, ciertas modificaciones del muestreo aleatorio simple son necesarias. Los tipos más comunes de muestreo aleatorio modificado son sistemáticos, estratificados y de conglomerados.

7. Muestreo sistemático. Una muestra sistemática es obtenida cuando los elementos son seleccionados en una manera ordenada. La manera de la selección depende del número de elementos incluidos en la población y el tamaño de la muestra. El número de elementos en la población es, primero, dividido por el número deseado en la muestra. El cociente indicará si cada décimo, cada onceavo, o cada centésimo elemento en la población va a ser seleccionado. El primer elemento de la muestra es seleccionado al azar. Por lo tanto, una muestra sistemática puede dar la misma precisión de estimación acerca de la población, que una muestra aleatoria simple cuando elementos en la población están ordenados al azar. los

8. Muestreo Estratificado. Para obtener una muestra aleatoria estratificada, primero se divide la población en grupos, llamados estratos, que son más homogéneos que la población como un todo. Los elementos de la muestra son

entonces seleccionados al azar o por un método sistemático de cada estrato. Las estimaciones de la población, basadas en la muestra estratificada, usualmente tienen mayor precisión (o menor error muestral) que si la población entera muestreada mediante muestreo aleatorio simple. El número de elementos seleccionado de cada estrato puede ser proporcional o desproporcional al tamaño del estrato en relación con la población.

9. Muestreo de conglomerados. Para obtener una muestra de conglomerados, primero dividir la población en grupos que son convenientes para el muestreo. En seguida, seleccionar una porción de los grupos al azar o por un método sistemático. Finalmente, tomar todos los elementos o parte de ellos al azar o por un método sistemático de los grupos seleccionados para obtener una muestra. Bajo este método, aunque no todos los grupos son muestreados, cada grupo tiene una igual probabilidad de ser seleccionado. Por lo tanto, la muestra es aleatoria. Una muestra de conglomerados, usualmente produce un mayor error muestral (por lo tanto, da menor precisión de las estimaciones acerca de la población) que una muestra aleatoria simple del mismo tamaño. Los elementos individuales dentro de cada "conglomerado" tienden usualmente a ser iguales. Por ejemplo, la gente rica puede vivir en el mismo barrio, mientras que la gente pobre puede vivir en otra área. No todas las áreas son muestreadas en un muestreo de áreas. La variación entre los elementos obtenidos de las áreas seleccionadas es, por lo tanto, frecuentemente mayor que la obtenida si la población entera es muestreada mediante muestreo aleatorio simple. Esta debilidad puede reducirse cuando se incrementa el tamaño de la muestra de área.

3.13 Recuperación metalúrgica

Es el porcentaje de metal contenido en la MENA que es recuperado en el concentrado, también se habla de recuperación de metal en las colas o en otros.

3.14 Grado de un concentrado

El grado de un concentrado es expresado en términos del contenido del mineral de valor. Por ejemplo, en menas metálicas el grado es expresado como el porcentaje del elemento metal %Cu, %Fe, %Mn.

3.15 Separación por medio denso

La separación en medios densos consiste en separar sólidos en función de sus densidades usándose como medio un fluido de densidad intermedia, donde el sólido de densidad menor flota y el de densidad más alta se va al fondo (se hunde).

Los medios densos usados son: líquidos orgánicos, solución de sales en agua, suspensiones de sólidos de granulometría fina en agua. La separación en medio denso se divide en dos métodos básicos de separación: estáticos y dinámicos.

En un medio denso la separación es posible con menas en la que los minerales estén regularmente unidos. Si los minerales valiosos están finamente diseminados, no se puede desarrollar una diferencia apropiada de densidad entre las partículas trituradas por aplicación de chancado grueso.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

La investigación realizada, consistió en caracterizar física, química y mineralógica, las arenas de relaves a través de métodos de ensayos físicos y químicos; con el objetivo de establecer posibles parámetros de recuperación de oro y asociados.

4.1 Nivel de investigación

La investigación es de tipo descriptiva, la cual consiste en la caracterización de un hecho, o fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. El investigador describe situaciones y eventos. Los estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Arias, F. 2006). Para el desarrollo de la investigación se utilizó el tipo descriptivo ya que la muestra será sometida a ensayos de caracterización mineralógica, geoquímica y fisicoquímica.

4.2 Diseño de la investigación

La Investigación Experimental consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que producen (variable dependiente). Se diferencia de la investigación de campo por la manipulación y control de variables.

El diseño de la investigación que se realizará es de tipo experimental, ya que las muestras van a ser sometidas a ensayos de laboratorio.

4.3 Población

Se trata de dos (02) depósitos de arenas de relave en la parcela IA-12, que ocupa una extensión de 1.125 m², que reporta la existencia aproximadamente de 5.625 m³ tomando una profundidad media de 5 metros.

4.4 Muestra

De estos depósitos se extrajeron una cantidad de cinco (05) muestras de material de 30 kilogramos cada una, clasificados de la siguiente manera: M1, M2, M3, P1 y P2, reportando un total de 150 Kg de muestra aproximadamente. El método aplicado fue el de muestreo de juicio, (Figuras 4.1, 4.2, 4.3)

4.5 Flujograma de la metodología

Para la caracterización de las arenas de relave, se establecieron una serie de actividades enfocadas a la consecución de los objetivos planteados. En la figura 4.4 se presenta el flujograma de trabajo.

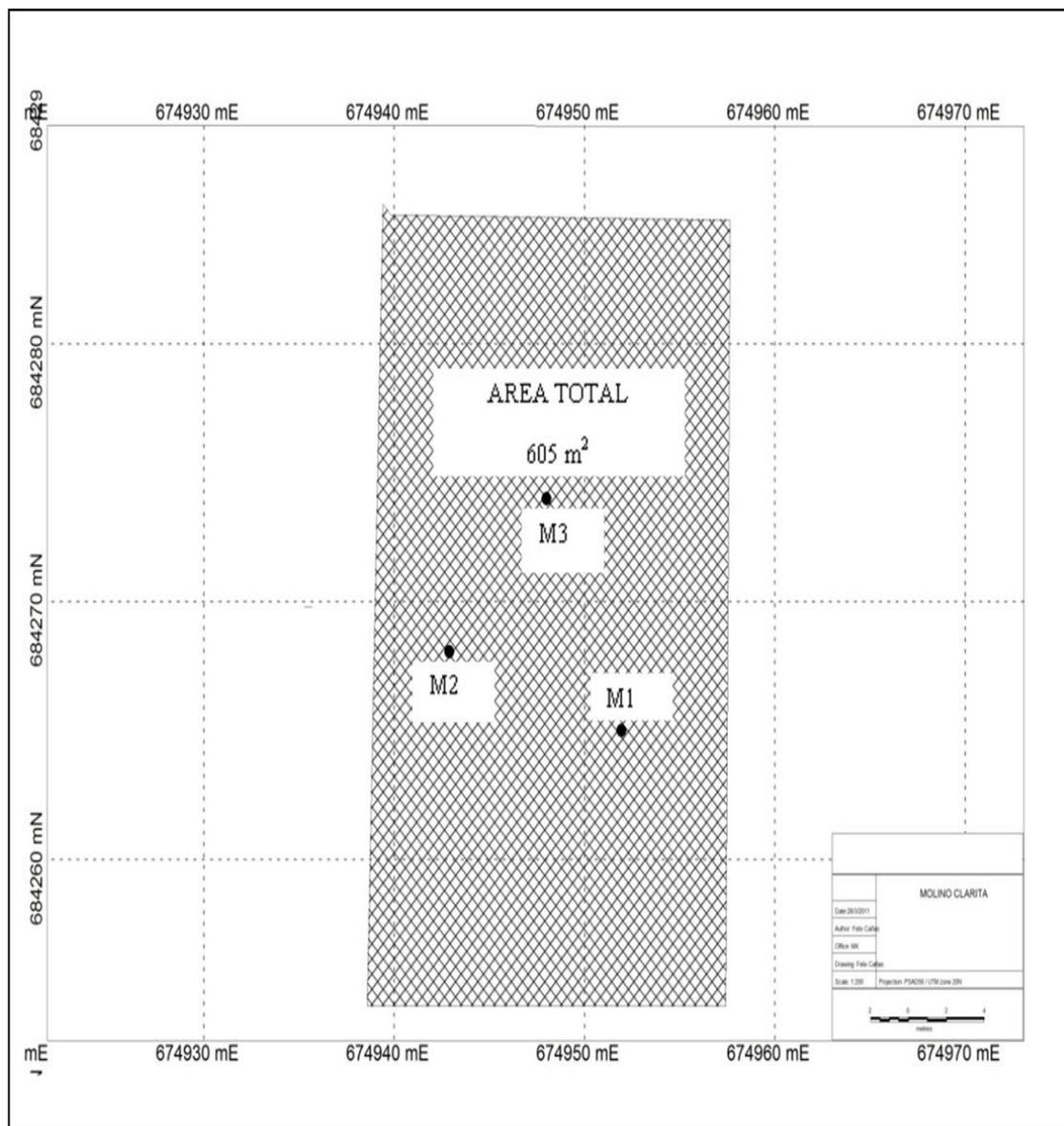


Figura 4.1. Depósito 1. Mapa de vista de la planta.

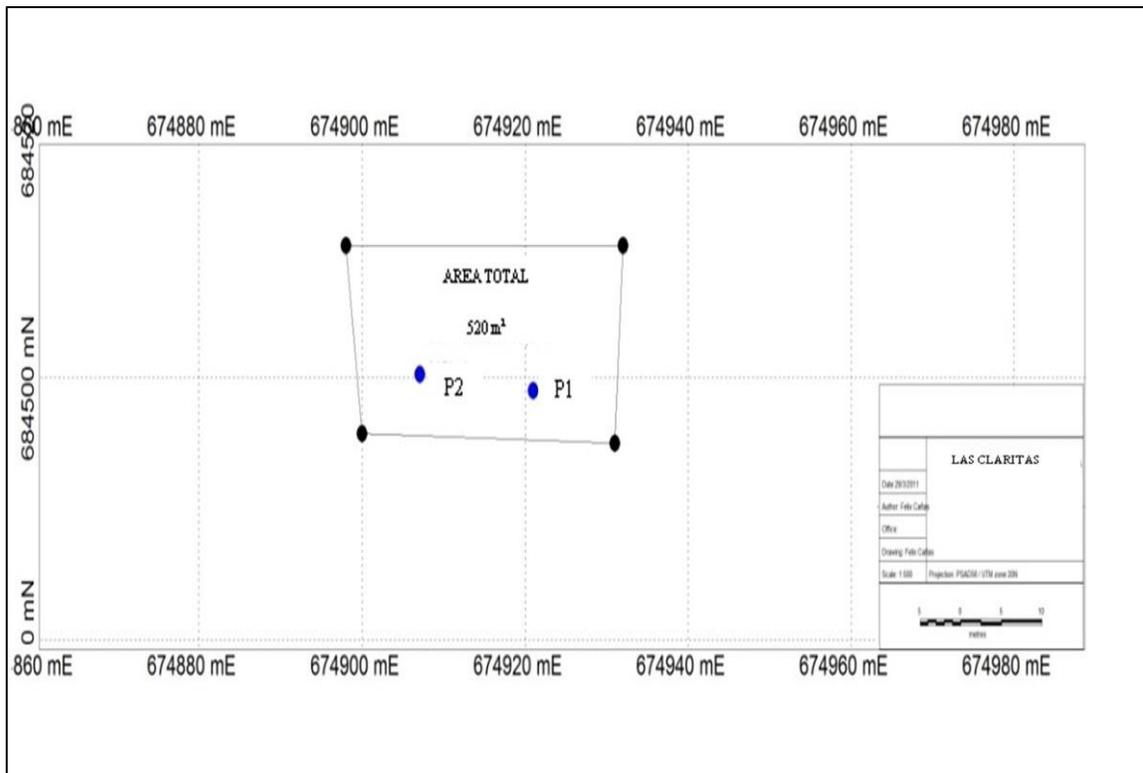
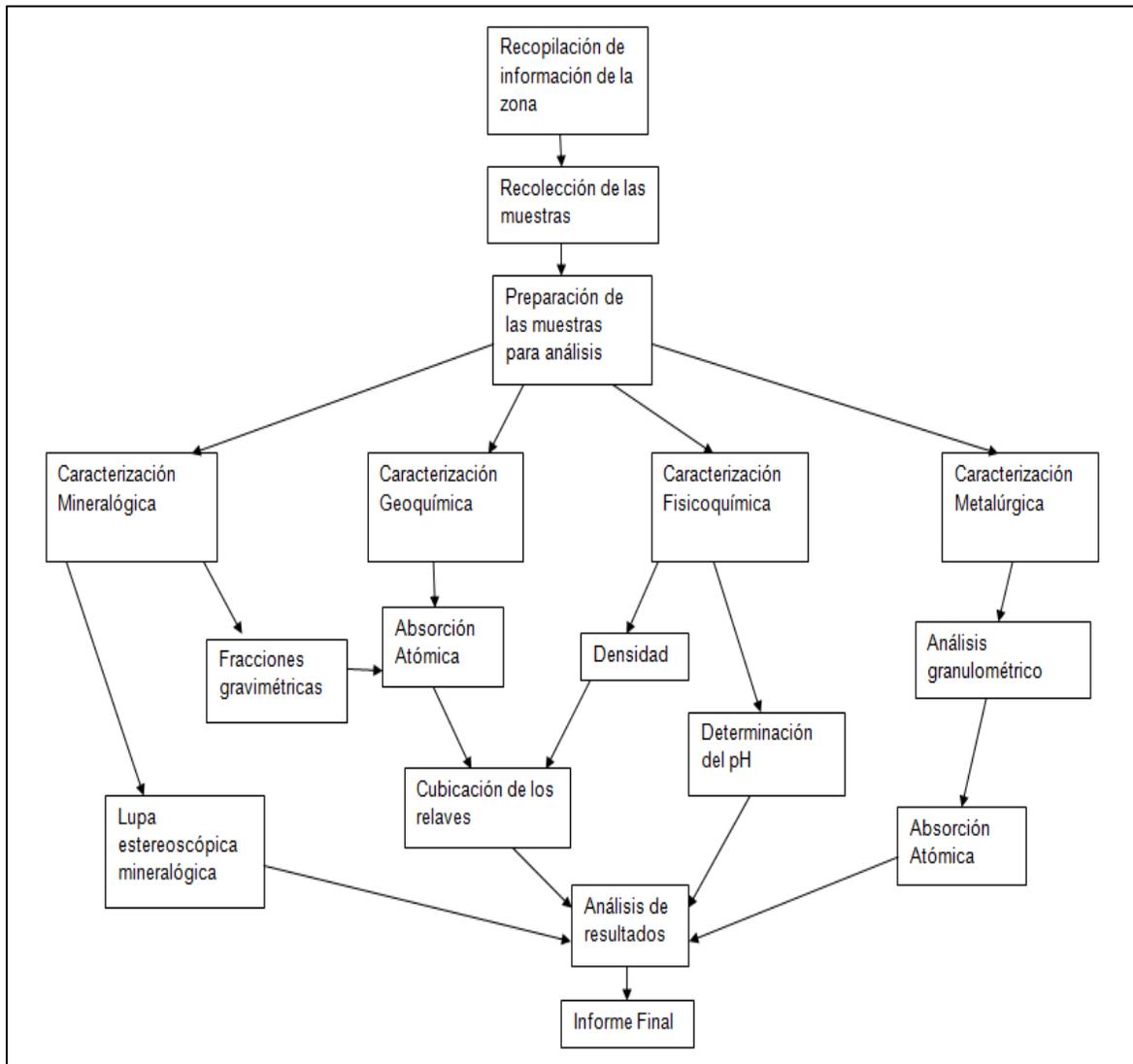


Figura 4.2. Deposito 2. Mapa de vista de la planta.



Figura 4.3. Recolección de las muestras.



4.5.1 Recopilación de información de la zona

Se recopiló información del área de estudio, a través de mapas, informes de estudios anteriores. Posteriormente se trasladó a la zona de estudio en Las Clarita en el municipio Sifontes del Estado Bolívar. Al llegar obtuvimos información de los mineros, trabajadores y propietarios; mediante entrevista directa, proporcionándonos datos referentes al proceso de producción y recuperación del mineral aurífero, como

por ejemplo cantidad de material procesado, peso de los sacos, modelo de molinos y recuperación de oro con plancha amalgamada.

4.5.2 Recolección de muestras

Para la recolección de muestras se procedió a medir el área del depósito de arenas con GPS. Posteriormente se ubicaron y georreferenciaron los puntos de muestreo, marcados con la nomenclatura M1, M2, y M3; seleccionados de manera aleatoria simple, en un área total de 605 metros cuadrados. Luego se procedió a recolectar las muestras con la utilización de una toma muestras manual, hasta una profundidad aproximada de un metro. En este primer depósito se recolectaron un total de 3 muestras (M1, M2, M3) con un peso aproximado de 30 kilogramos cada una las cuales fueron guardadas en bolsas plásticas con su respectiva identificación. El área y la ubicación de los puntos de muestreo se observa en la figura 4.1. De acuerdo con los propietarios de la parcela, la profundidad total de los depósitos honda los 5 metros.

El procedimiento de recolección consistió en hacer girar el toma muestra manual en el sentido de las agujas del reloj, aplicando una fuerza física vertical hacia abajo; para que cada 20 centímetros del hoyo se retire la muestra de arena de la capsula. (Figura 4.3)

En el segundo depósito se tomaron dos (02) muestras identificadas con la nomenclatura P1 y P2, en un área total de 520 metros cuadrados. (Figura 4.2).

4.5.3 Preparación de las muestras para análisis

Se procedió a preparar las muestras, de manera de trabajar con una muestra representativa de cada depósito. El procedimiento se describe a continuación:

1. Primeramente, se secaron las muestras colocándolas al sol.
2. Se tomaron las muestras M1, M2 y M3, se procedió a mezclarla y homogeneizarla. Luego se cuartearon, hasta obtener dos (2) muestras representativas de aproximadamente 2 Kg cada una. Esta se identificó como M.
3. Se procedió igualmente con las muestras P1 y P2, obteniendo dos (2) muestras representativas de aproximadamente 2 Kg cada una. Esta se identificó como P.

4.5.4 Caracterización mineralógica

En esta etapa se determinaron las ocurrencias mineralógicas en cada una de las muestras de material particulado, con el uso de una lupa estereoscópica para minerales opacos, y utilizando como muestra, el retenido del análisis granulométrico de la malla 100 (serie ASTM). Estos análisis se realizaron en el Instituto nacional de geología y minería (INGEOMIN) seccional Bolívar.

En esta etapa también se realizaron la separación por medios densos, debido a las diferentes ocurrencias de mineralización del oro, ya que, es posible encontrarlo asociado a minerales en distintos tamaños o fracciones gravimétricas. La determinación de estas fracciones, es un parámetro importante para la selección de los procesos de extracción. Los ensayos de separación en fracciones másicas se realizaron al mineral pasante de la malla 100 de la serie ASTM, mediante un proceso de separación por medios densos. La fracción de finos, corresponden a aquellos minerales no sedimentables después de 5 minutos de sedimentación en una pulpa en agua destilada al 5 % peso de sólidos; los livianos, es la fracción de minerales no sedimentables en una solución de densidad sea 2,864 g/ml (Bromoformo) y los gruesos es la fracción restante de las anteriores. En la figura 4.5 se muestran las muestras culminado el proceso de separación.

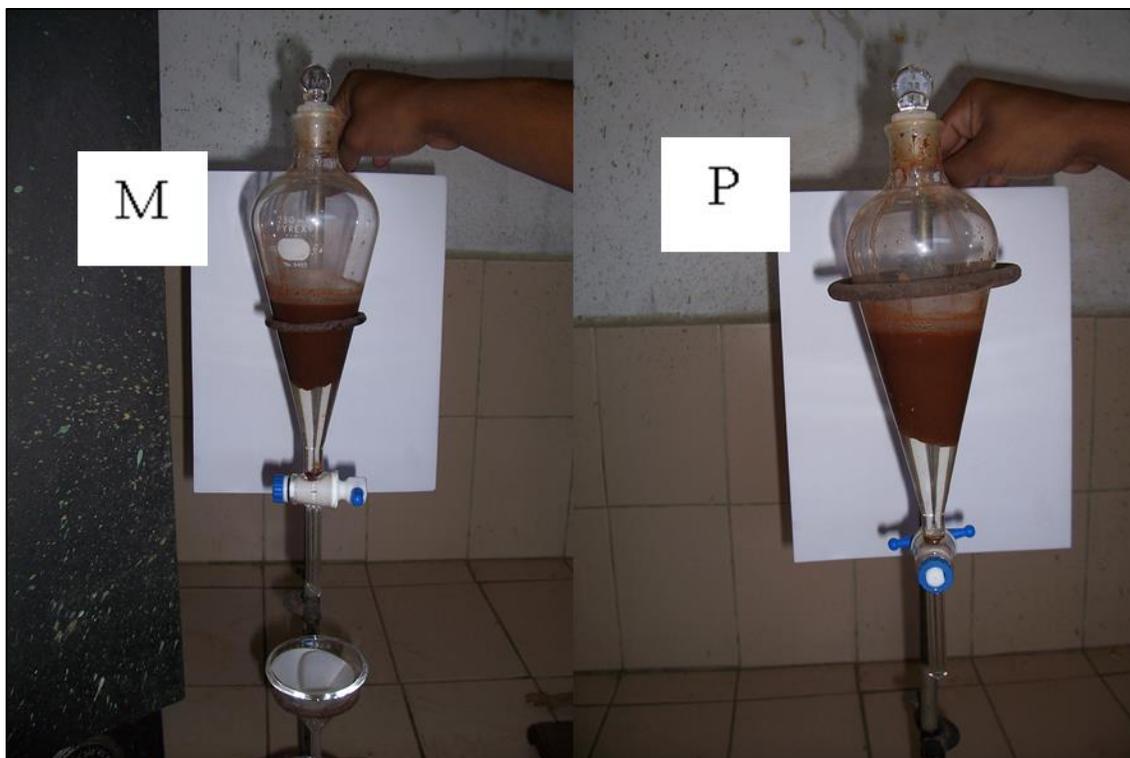


Figura 4.5. Separación por medios densos con Bromoformo de las muestras M y P.

4.5.5 Caracterización geoquímica

En esta etapa se procedió a determinar los tenores de las muestras cabeza (M y P), las fracciones del análisis granulométrico y las muestras obtenidas en la separación por medios densos. Los elementos determinados fueron los principales (Au, Ag y Cu), y algunos elementos importantes que pudieran entorpecer los procesos de recuperación (Te, As, Sb, Pb). Estos ensayos se realizaron en SERVOLAB OVERSEAS INC, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar. (Anexo 1)

4.5.6 Caracterización fisicoquímica

En esta actividad se determinó lo referente a densidad y nivel de acidez (pH). Se determinaron tres tipos de densidades: densidad aparente, densidad real por desplazamiento de volumen y densidad por picnometría. Para estos ensayos las muestras de mineral tomadas fue el retenido de la malla 100 serie ASTM.

Para la densidad aparente se tomaron 10 g de muestra, y se determinó el volumen que ocupaba en un cilindro graduado de 100 ml de capacidad. Con respecto, a la densidad por desplazamiento de volumen, se tomaron igualmente 10 g de muestras, y se depositaron en un cilindro graduado de 100 ml de capacidad con agua destilada hasta un volumen de 30 ml, donde se observó inmediatamente el desplazamiento de volumen. Finalmente, para la determinación de la densidad por picnometría, se utilizaron 5 g de muestra, agua destilada, a una temperatura de ambiente de 32 °C donde la densidad del agua sería de 0,99509 g/cm³.

La determinación del pH es un parámetro necesario para evaluar el consumo de reactivos, teniendo en cuenta que el proceso de cianuración se realiza en un rango de pH de 10,5 a 11. El pH fue estimado con agua destilada, siguiendo el procedimiento indicado en la norma ASTM D 4972-89.

4.5.7 Caracterización metalúrgica

En esta etapa se procedió a realizar el análisis granulométrico por vía húmeda de manera de determinar la distribución de los elementos valiosos, estableciendo así, el rango de granulometría en el cual se encuentran dichos elementos. Las muestras fueron tamizadas usando las mallas 60, 80 y 100 ASTM. Se pesó y se determinó el tenor de los elementos valiosos en cada una de las fracciones granulométricas. El

análisis granulométrico fue realizado en INGEOMIN seccional Bolívar. La determinación de los elementos valiosos fue realizada en SERVOLAB OVERSEAS INC, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar.

4.5.8 Cubicación de los relaves

Una vez determinado lo referente a la mineralogía, densidad del material y tenor de los elementos valiosos, se procedió a cubicar y estimar la calidad de las arenas de relave depositada en la zona, considerando para ello, una profundidad de 5 metros. Para ello se aplicó la cubicación por bloque ($\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{Profundidad}$), para el tonelaje se utilizó el resultado de la densidad media determinada en laboratorio y para el tenor medio se aplicó el promedio simple de los resultados de los análisis químicos de las muestras para los elementos en estudio.

4.5.9 Análisis de resultados

Teniendo en cuenta todos los resultados de las caracterizaciones mineralógicas, geoquímicas, fisicoquímicas y metalúrgicas de las muestras, y con el apoyo de las mejores prácticas y experiencia existente en los procesos de lixiviación por cianuración, se procedió a establecer las posibles condiciones operacionales para el aprovechamiento de los minerales valiosos.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización mineralógica

En las tablas 5.1 y 5.2 contienen los resultados del análisis microscópico de cada muestra, donde se detallan las composiciones mineralógicas que conforman las arenas (mena, ganga, alteraciones y óxidos).

La presencia de minerales consumidores de cianuro y de oxígeno, tales como los óxidos de hierro y sulfuros de hierro respectivamente, indican que, durante el proceso de lixiviación, para las dos (02) muestras el control lo ejercerá el oxígeno disuelto, por la alta presencia de sulfuros de hierro como la pirita.

Por otra parte, las muestras no contienen cantidades apreciables de arcilla, situación que facilita el proceso de lixiviación, ya que las arcillas aumentan la viscosidad de la pulpa, dificultando la difusión del oxígeno en la solución.

Otros minerales que se presentan en pequeñas cantidades como la calcopirita y esfalerita actúan como consumidores de cianuro.

Es importante resaltar que el tamaño de las partículas de oro es pequeño, tamaños alrededor de 100 μm . Por otra parte, al presentarse el oro tan fino, la cinética de su disolución es rápida, debido a una mayor área de contacto con la solución lixivante, lo cual es favorable para el proceso de cianuración. Debido a las diferentes ocurrencias de mineralización del oro, es posible encontrarlo asociado a minerales en distintos tamaños o fracciones gravimétricas. Tal como se muestran en las micrografías de la figura 5.1.

Tabla 5.1 Composición mineralógica de la muestra M.

Mena	Distribución (%)	Ganga	Distribución (%)	Alteraciones y óxidos	Distribución (%)
Oro electrum.	T	Cuarzo	50	Hematita-Ghoetita	8
Pirita.	36	Titanita	T	Rutilo	1
Calcopirita.	T			Magnetita	1
Galena.	T	Clorita	2	Ilmenita	T
Esfalerita.	T				
T < 0,5%					

Tabla 5.2 Composición mineralógica de la muestra P.

Mena	Distribución (%)	Ganga	Distribución (%)	Alteración y óxidos	Distribución (%)
Oro electrum.	T	Cuarzo	45	Hematita-Ghoetita	7
Pirita.	40	Moscovita	T	Rutilo	1
Calcopirita.	1	Zircon	T	Magnetita	1
Galena.	T	Titanita	T		
Esfalerita.	T	Clorita	2	Ilmenita	T
Arsenopirita	T				
T < 0,5%					



Figura 5.1. Ocurrencias mineralógicas del oro. Muestras M y P

En las Tablas 5.3 y 5.4 se muestran los porcentajes en peso de finos, livianos y pesados que conforman las muestras M y P, con la distribución porcentual de oro.

Se observa que alrededor del 90% de cada muestra se encuentra en los livianos, además la cantidad de oro presente en ellos es alta, superior al 90%. El oro presente en los livianos es posible que venga asociado o incluido a la sílice (cuarzo), por esta razón el oro puede ser recuperable por los métodos convencionales de cianuración.

Según estos resultados, el uso de procesos de concentración gravimétrica o de lavado para eliminación de arcillas, previos al proceso de cianuración, pueden ser aplicables para este material, ya que no ocasionarían pérdidas considerables de oro en los finos debido a su porcentaje el cual es muy bajo.

Tabla 5.3. Porcentajes en peso de mineral presente en finos, livianos y pesados y distribución porcentual de oro de la muestra M.

Muestra M	D100 malla 100 (ASTM)		
	Finos	Livianos	Pesados
Peso (g)	2,5	47	0,5
% Peso	5,00	94,00	1,00
Ensayo (Au) (g/t)	0,01	2,30	1,80
% Distribución (Au)	0,23	98,95	0,82

Tabla 5.4. Porcentajes en peso de mineral presente en finos, livianos y pesados y distribución porcentual de oro de la muestra P.

Muestra P	D100 malla 100 (ASTM)		
	Finos	Livianos	Pesados
Peso (g)	3,2	46,4	0,4
% Peso	6,40	92,80	0,80
Ensayo (Au) (g/t)	0,00	1,90	1,00
% Distribución (Au)	0,04	99,55	0,45

5.2 Caracterización geoquímica

Durante la caracterización geoquímica, se determinaron los tenores de oro, plata y cobre de cada muestra y sub-muestra, cuyos resultados se muestran en tabla 5.5 y en la tabla 5.6 se presentan los tenores químicos determinados para algunos elementos importantes.

La relación Au: Ag en las muestras fueron mayores de 2, según esta relación es posible aplicar procesos de recuperación con carbón activado. Para minerales con elevadas cantidades de plata y bajas de oro, no se recomienda usar carbón activado, ya que la plata compite con el oro durante el proceso adsorción, haciendo que se manejen altos inventarios de carbón activado para recuperar pequeñas cantidades de oro, lo cual no es rentable industrialmente.

Tabla 5.5. Tenores de oro, plata y cobre de las muestras cabeza M y P.

Muestra	<i>Au(g/t)</i>	<i>Ag(g/t)</i>	<i>Cu (%)</i>	<i>Relación Au:Ag</i>
M	4,50	1,37	0,07	3
P	5,10	1,30	0,24	4

Tabla 5.6. Tenores químicos de algunos elementos presentes en las muestras cabeza M y P.

Muestra	Te (g/t)	As (g/t)	Sb (g/t)	Pb (g/t)
M	26,33	0	3,40	130,0
P	10,33	21,33	4,53	256,7

El telurio es un elemento que se encuentra frecuentemente en menas auríferas, cuando en forma de compuestos de oro-telurio, la mena que lo contiene no responde a los procesos de lixiviación, impide la extracción del oro dándole refractariedad química al mineral. Por otro lado, el arsénico y el antimonio, pueden estar presentes como arsenopirita (FeAs) y estibina (Sb₂S₃) y estos minerales son perjudiciales durante el proceso de cianuración, ya que la arsenopirita consume oxígeno formando un producto que se adhiere a la partícula del oro inhibiendo la reacción con el cianuro; y la estibina es un fuerte consumidor de cianuro y oxígeno. Por otra parte, la presencia de plomo en su forma mineralógica (Galena-PbS) puede ser beneficiosa para el proceso de cianuración ya que en solución puede aumentar la velocidad de disolución del oro.

5.3 Caracterización fisicoquímica

Durante la caracterización fisicoquímica se determinaron algunos parámetros importantes para la selección de los procesos y diseño de los equipos de la planta de procesamiento.

En la tabla 5.7 se presentan las densidades de las muestras. Las diferencias notables de densidades reales por desplazamiento del mineral pasante malla 100

ASTM, fue debido a la presencia de arcillas, que al estar a una granulometría fina y en contacto con agua, se hinchan al atrapar parte del líquido en su estructura cristalina. El promedio de densidades arroja un valor alrededor de 1.500 Kg/m^3 .

Tabla 5.7. Densidades promedio de las muestras M y P.

Muestra	D80 malla 100 (Serie ASTM)		
	M	P	Promedio
Densidad aparente (g/cm ³)	1,429	1,250	1,339
Densidad por desplazamiento de volumen (g/cm ³)	1,928	2,222	2,075
Densidad por Picnometría (g/cm ³)	1,400	0,931	1,165
Promedio	1,586	1,468	1,527

En el mismo orden de idea, en la tabla 5.8 se muestran los valores de pH de las muestras. La determinación del pH es un parámetro necesario para evaluar el consumo de reactivos, teniendo en cuenta que el proceso de cianuración se realiza en un rango de pH de 10,5 a 11.

De acuerdo a los resultados de pH (6,42), las arenas fueron de tipo ácido y sería necesario antes del proceso de cianuración, la adición de reactivos como cal para elevar el pH a los niveles requeridos.

Tabla 5.8. Acidez de las muestras.

Parámetro	P_H
M1	6,42
M2	6,47
M3	6,36
P1	6,45
P2	6,41
Promedio	6,42

5.4 Caracterización metalúrgica

Con la caracterización metalúrgica se determina la respuesta del mineral a los procesos beneficio y extracción. En este caso, sólo se realizó a petición del cliente la determinación de la distribución de oro, Plata y cobre por fracciones granulométricas.

En la tabla 5.9 se presentan la distribución porcentual de los elementos por fracciones granulométricas de los compositos. En las figuras 5.2 y 5.3 se muestran los valores de la tabla 5.9 gráficamente.

Se observa que la mayor cantidad de oro, plata y cobre se encuentra en la granulometría pasante malla 80 (177 μ m) lo que corrobora que el oro se encuentra a un tamaño fino. Por tal motivo, no es aplicable la implementación de procesos de concentración gravimétrica, ya que se perdería parte del oro en las colas de concentración. Por otra parte, para lograr exponer o liberar mayor cantidad de oro, se recomienda remoler las arenas retenidas malla 80, hasta una granulometría fina, - 200 malla ASTM; y la pasante malla 80 pasarlas directamente al proceso de cianuración.

Tabla 5.9. Análisis granulométrico con ensayo químico. Distribución metalúrgica.

Muestra	Tamaño (ASTM)			%	Ensayo			% Distribución		
	Código	Malla	Micras		Retenido	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Au	Ag
M	M#60	60	250	31,29%	1,50	1,70	0,37	9,7	49,2	63,84
	M#80	80	177	16,48%	0,10	3,20	0,12	0,3	48,8	10,91
	M#100	100	149	7,09%	1,00	0,30	0,20	1,5	2,0	7,82
	MPAN	-100	105	45,15%	9,50	0,00	0,07	88,5	0,0	17,43
	Total				100%	4,8458	1,0804	0,1813	100	100
P	P#60	60	250	44,61%	2,90	0,90	0,05	23,8	32,7	25,31
	P#80	80	177	13,79%	12,10	2,00	0,11	30,7	22,5	17,21
	P#100	100	149	5,71%	1,90	2,70	0,07	2,0	12,6	4,53
	PPAN	-100	105	35,89%	6,60	1,10	0,13	43,6	32,2	52,95
	Total				100%	5,4392	1,2262	0,0881	100	100

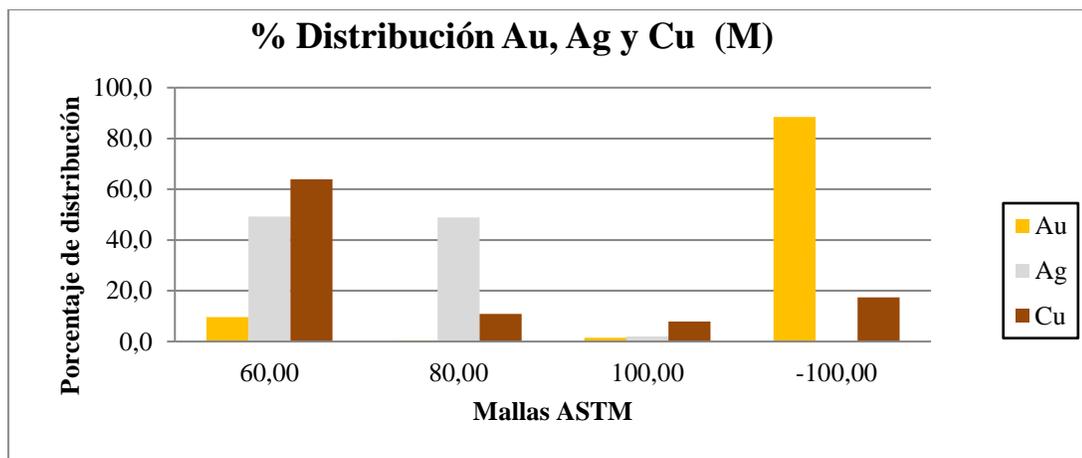


Figura 5.2. Distribución de oro, plata y cobre de la muestra M.

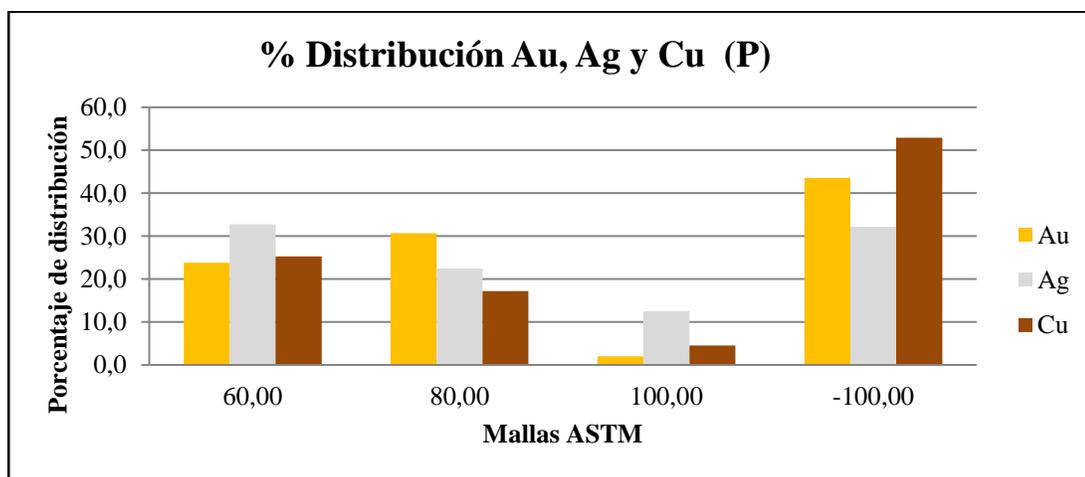


Figura 5.3. Distribución de oro, plata y cobre de la muestra P.

5.5 Cubicación de los relaves

De acuerdo a las estimaciones ensayos realizados y las observaciones hechas en la zona e información aportada por los mineros, y aplicando la cubicación por bloque descrito en el apartado 4.5.8 de marco metodológico, el tonelaje actual estimado de las arenas de relaves es de alrededor de 8.614,45 de toneladas. En la actualidad el tenor límite de corte del cobre esta alrededor de 0,3% de Cu, cuyo precio del metal oscila en los 9.000 \$/t, y la onza troy de oro ya supera los 1.800 dólares. Por consiguiente, las reservas de metal estimadas a la fecha para los elementos de interés se presentan en la tabla 5.10, donde se puede observar que de oro se tiene casi las 1.319 de onzas, de plata 11 toneladas y de cobre 12 toneladas, solo en los dos depósitos estudiados.

Tabla 5.10 Reservas de metal de interés en los depósitos de arenas de relaves (Parcela IA-12).

Toneladas estimadas: 8.600 t							
Muestra	<i>t</i>	<i>Au(g/t)</i>	<i>Ag(g/t)</i>	<i>Cu (%)</i>	<i>Au(oz)</i>	<i>Ag(t)</i>	<i>Cu(t)</i>
M	4.620	4,50	1,37	0,07	668,4	6,33	3,23
P	3.970	5,10	1,30	0,24	651,8	5.16	9,52
Total					1.320,20	11,49	12,76

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Mineralógicamente las muestras tienen un contenido apreciable de minerales consumidores de cianuro y de oxígeno, tales como los óxidos de hierro y sulfuros de hierro respectivamente, tales como pirita, hematita y goethita, lo cual supone que, durante un proceso de lixiviación, el control lo ejercerá el oxígeno disuelto por el alto contenido de pirita, con pequeñas cantidades de calcopirita y esfalerita que son consumidores de cianuro.

De acuerdo a las fracciones gravimétricas, el 90% en peso está contenido en los livianos, y además la cantidad de oro presente en ellos es alta, superior al 90%. El oro presente en los livianos es posible que venga asociado o incluido a la sílice (cuarzo), por esta razón el oro puede ser recuperable por los métodos convencionales de cianuración

La presencia de telurio en las muestras hace ver la posibilidad que al formar un compuesto de oro-telurio, la mena que lo contiene no responderá a los procesos de lixiviación, lo que impediría la extracción del oro dándole refractariedad química al mineral. También están presente, el arsénico y el antimonio, que al encontrarse como arsenopirita (FeAs) y estibina (Sb_2S_3) serán perjudiciales durante el proceso de cianuración, ya que la arsenopirita consume oxígeno formando un producto que se adhiere a la partícula del oro inhibiendo la reacción con el cianuro; y la estibina es un fuerte consumidor de cianuro y oxígeno.

Los niveles de pH en los depósitos están alrededor de 6, indicando que se requerirá para los procesos de cianuración la adición de reactivos alcalinos para elevar los niveles de pH entre 10 y 11. La densidad medio de las arenas de los depósitos se estiman en 1.527 kg/m^3

Los resultados metalúrgicos obtenidos indican que el oro presente en el mineral, se presenta a un tamaño fino ($< 177 \mu\text{m}$) y que la gran mayoría está como oro libre o expuesto. Por tal motivo se requiere que el mineral sea molido finamente para su posterior tratamiento directo de cianuración.

El proceso de tratamiento que pudiere ser apropiado para el mineral es cianuración convencional por agitación, ya que la granulometría fina es apropiada para este tipo de tecnología.

Los procesos para la recuperación del oro disuelto pueden ser el proceso CIP (Carbon- In-Pulp) o el proceso CIL (Carbon-In-Leaching), ya que la relación de oro plata es alta.

En las 8.600 toneladas estimadas entre los dos depósitos, se tiene que la cantidad de metal estimado asciende a 1.320 de onzas troy para el oro (Au), para la plata (Ag) 11 toneladas y para el cobre (Cu) 12 toneladas.

Finalmente se concluye que los dos depósitos presentan comportamiento más o menos similar, por lo que pueden ser mezclados durante los procesos en planta.

Recomendaciones

Para afinar el proceso de toma de decisión y establecer con mejor asertividad los parámetros operacionales para la recuperación del oro se recomienda lo siguiente:

- 1) Determinar la viscosidad en pulpa, a diferentes porcentajes de sólidos, con el fin de estimar el porcentaje de sólidos más adecuado para los procesos que involucre manejo de pulpas, especialmente en el proceso de agitación.
- 2) Determinar los porcentajes de retención de líquidos, ya que este comportamiento predice la dificultad para la implementación de procesos de filtración.
- 3) Determinar el grado de lixiviación, de manera de conocer si las menas son Alta, Mediana o Difícilmente lixiviable, determinando así la refractariedad a la cianuración debido a la presencia del elemento telurio (Te), arsénico (As) y antimonio (Sb).

REFERENCIAS

Aguerrevere, S. E.; López, Año: 1938-1939, “**BOLETÍN DE GEOLOGÍA Y MINAS (VENEZUELA), VOL. 2, N° 2-4**”, pp. 151-180 (edición en inglés del mismo boletín, pp 155-181. 1938), Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Vol. 5, N° 37, pp 137-172.

ASTM E 400-71 “**STANDART TEST METED FOR SPECTROGRAPHIC ANALYSIS OF ORES, MINERALS AND ROCKS**” by the Fire assay preconcentration technique. Reapproved 1988.

Bellizzia, Martín C., 1959. “**EDADES ISOTÓPICAS DE ROCAS VENEZOLANAS**”. Bol. Geol., Caracas, 9(19): 356-380.

Benaím, N., 1997. **FORMACIÓN VENAMO**.

Benaim, N., 1972. “**GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE BOTANAMO, ESTADO BOLÍVAR**”. IV Cong. Geol. Venez., Caracas, 3: 1291-1314.

Brooks, W. E. ; Guerra, A. ; Nunez, F. J. (1995) “**GOLD PROSPECTING IN THE CERROARREDAJO STUDY AREA**”, Estado Bolívar, Venezuela. U. S. Geological Survey Bulletin, n. B 2124, p. G1-G8. C.V.G Tecmin.1989. Mapas de las provincias.

Cardenas, R. “**METALURGIA EXTRACTIVA DEL ORO**”. Bolivia. Imprenta FOCET “Imral”. 1994.

Cruz, Elmidio E. **APUNTES SOBRE ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS. (2001)**. (estevez@geo.upr.edu.cu).

C.V.G. Técnica Minera. C.A. (1989). **INFORME TECNICO ANUAL 1990 DE GEOLOGÍA – GEOQUIMICA – GEOFÍSICA**. Ciudad Bolívar, Venezuela, P 312.

Dalton, L. V., 1912. **VENEZUELA**, London, 320 p.

Espejo, A., 1972. **“GEOLOGÍA DE LA REGIÓN EL MANTECO- GURÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**. IX Conf. Geol. Interguayananas, Ciudad Guayana, estado Bolívar. 207-248.

González de Juana Clemente; J.M. **“ITURRALDE DE ARAZENA YX. PICORD CADILLAT, 1980”**. Geología de Venezuela 2Tomos, Ed. Foninves, Caracas. 1031 Pp.

Hurlbut, C. **“MANUAL DE MINERALOGÍA DE DANA”**. España. Editorial Reverté. 1998.

Kalliokoski, J., 1965-c. **“GEOLOGÍA DE LA PARTE NORTE-CENTRAL DEL ESCUDO DE GUAYANA, VENEZUELA”**. Bol. Geol., Caracas, 7(13): 29-104.

Korol, B., 1965. **“ESTRATIGRAFÍA DE LA SERIE PASTORA EN LA REGIÓN GUASIPATI-EL DORADO”**. (Presentado Cong. Cent. Col. Ing. Venez., 1961). Bol. Geol., Caracas, 7(13): 3-17.

Lepin, O. V., y Ariosa, J. D., 1986. **“BÚSQUEDA, EXPLORACIÓN Y EVALUACIÓN GEÓLOGO ECONÓMICA DE YACIMIENTOS MINERALES SÓLIDOS”**. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Primera Parte, 348 p, Segunda Parte, 191 p.

Mendoza S. Vicente (2000). **“EVALUACIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)”**. Caracas: Mineral Hecla Venezuela, C.A.

Mendoza, V., 1974. **“EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA”**. II Cong. Latinoam. Geol., Caracas, 3: 2237-2270.

Menéndez, Alfredo, (1994) **CINTURONES DE ROCAS VERDES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA; REVISIÓN ESTRATIGRÁFICA**. III Simposio Internacional del Oro en Venezuela; libro de Memorias Asociación Venezolana del Oro. pp 123-139.

Menéndez, V. de V., A., 1968. **“REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE PASTORA SEGÚN EL ESTADO DE LA REGIÓN DE GUASIPATI, GUAYANA VENEZOLANA”**. Bol. Geol., Caracas, 9(19): 309-338.

MINCA C.A. (1999). **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, PROYECTO DE PEQUEÑA MINERÍA EN EL SECTOR EL PIÑAL**. Las Claritas, Venezuela, Pp 21 – 24.

Newhouse, W. H y G. Zuloaga, 1929. **“GOLD DEPOSITS OF THE GUAYANA HIGHLANDS”**. Econ. Geol., 24(8): 797-810.

Popoff, C.C. **COMPUTING RESERVES OF MINERAL DEPOSITS: PRINCIPLES AND CONVENTIONAL METHODS**. Washinton , Bureau of Mines. 113p.1966.

Reid, A. R., 1974. **“STRATIGRAPHY OF THE TYPE AREA OF THE RORAIMA GROUP, VENEZUELA. CONF. GEOL. INTERGUAYANAS”**, Estado Bolívar p: 343-354.

Sidder, G. B.; Mendoza, V. S. (1995). **“GEOLOGY OF THE VENEZUELAN GUAYANA SHIELD AND ITS RELATION TO THE GEOLOGY OF THE ENTIRE GUAYANA SHIELD”**. U. S. Geological Survey Bulletin, n. 2124 B, p. 1-33.

Vásquez, C., Pardavé W. **“MANUAL DE PRÁCTICAS PROCESAMIENTO DE MATERIALES PRIMAS Y MANEJO DE SÓLIDOS PARTICULADOS”**. Universidad Industrial de Santander. 1996.

WOTRUBA, H. **“TECNOLOGÍA LIMPIA PARA LA PEQUEÑA MINERÍA AURÍFERA”**. Seminario Taller. Pequeña Minería Aurífera: Hacia un manejo ambiental de mercurio y cianuro. Bucaramanga, Colombia. 2004.

Zuloaga, G. y M. Tello, 1939. **“EXPLORACIÓN PRELIMINAR DE LA SIERRA DE IMATACA”**. Rev. Fomento, Caracas, 3(19): 397-430.

ANEXOS



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45 3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial las Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

REPORTE

ANÁLISIS GEOQUÍMICO PARA 16 MUESTRAS MINERALES PROVENIENTES DE MINERÍA EXTRACTIVA EN EL ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA. **RA-SLBOV 066-170680-AAS-INDP**

Realizado para la empresa:

Profesional Independiente

Atención: Sr. Alejandro Cueto

Puerto Ordaz, 20 de agosto de 2021



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45 3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial las Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef. VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

REPORTE

ANÁLISIS GEOQUÍMICO PARA 16 MUESTRAS MINERALES
PROVENIENTES DE MINERÍA EXTRACTIVA EN EL ESTADO
BOLÍVAR, VENEZUELA.

RA-SLBOV 066-170680-AAS-INDP

Dr. Rafael Guevara
Director de Laboratorio

Ing. José Manuel Mago M.
Director Gerente

SERVOLAB OVERSEAS Inc.
Phone/Fax: +1 (305) 359 9045
TAX ID: 45-3461843

Ing. Josué David. Mago A.
Gerente de Operaciones

Puerto Ordaz, 20 de agosto de 2021



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

OBSERVACIONES y/o RECOMENDACIONES:

- 1) Los resultados confirman que las dieciséis (16) muestras recibidas en nuestro laboratorio contienen las siguientes concentraciones. Estos resultados de concentración se presentan de acuerdo al orden de las muestras, ver tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones de las muestras analizadas con AAS.

ITEM	Muestra	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Sb (g/t)	Te (g/t)	As (g/t)	Pb(g/t)
1	M	4,50	1,37	0,07	3,40	26,33	0,0	130,0
2	Mf	0,00	–	–	–	–	–	–
3	ML	2,30	–	–	–	–	–	–
4	Mp	1,80	–	–	–	–	–	–
5	M#60	1,50	1,70	0,37	–	–	–	–
6	M#80	0,10	3,20	0,12	–	–	–	–
7	M#100	1,00	0,30	0,20	–	–	–	–
8	MPAN	9,50	0,00	0,07	–	–	–	–
9	P	5,10	1,30	0,24	4,53	10,33	21,3	256,7
10	Pf	0,00	–	–	–	–	–	–
11	PL	1,90	–	–	–	–	–	–
12	Pp	1,00	–	–	–	–	–	–
13	P#60	2,90	0,90	0,05	–	–	–	–
14	P#80	12,10	2,00	0,11	–	–	–	–
15	P#100	1,90	2,70	0,07	–	–	–	–
16	PPAN	6,60	1,10	0,13	–	–	–	–

Nota: El valor promedio fue calculado tomando en cuenta las 3 medidas realizadas por cada muestra.



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

Resultados de las muestras (Pb)

Pb 220,3 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio de medición (mgL ⁻¹) (g/t)
1	M	130,1	129,8	130,1	130,00
2	Mf	-	-	-	-
3	ML	-	-	-	-
4	Mp	-	-	-	-
5	M#60	-	-	-	-
6	M#80	-	-	-	-
7	M#100	-	-	-	-
8	MPAN	-	-	-	-
9	P	256,6	256,6	256,9	256,70
10	Pf	-	-	-	-
11	PL	-	-	-	-
12	Pp	-	-	-	-
13	P#60	-	-	-	-
14	P#80	-	-	-	-
15	P#100	-	-	-	-
16	PPAN	-	-	-	-



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,

Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar

Telef: VE+58 286 7154303

Sales@servolab-overseas.com

Resultados de las muestras (As)

As 188,9 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio de medición (mgL ⁻¹) (g/t)
1	M	0	0	0	0,00
2	Mf	-	-	-	-
3	ML	-	-	-	-
4	Mp	-	-	-	-
5	M#60	-	-	-	-
6	M#80	-	-	-	-
7	M#100	-	-	-	-
8	MPAN	-	-	-	-
9	P	21,35	21,32	21,32	21,33
10	Pf	-	-	-	-
11	PL	-	-	-	-
12	Pp	-	-	-	-
13	P#60	-	-	-	-
14	P#80	-	-	-	-
15	P#100	-	-	-	-
16	PPAN	-	-	-	-



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,

Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar

Telef: VE+58 286 7154303

Sales@servolab-overseas.com

Resultados de las muestras (Te)

Te 214,2 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio de medición (mgL ⁻¹) (g/t)
1	M	26,35	26,3	26,34	26,33
2	Mf	-	-	-	-
3	ML	-	-	-	-
4	Mp	-	-	-	-
5	M#60	-	-	-	-
6	M#80	-	-	-	-
7	M#100	-	-	-	-
8	MPAN	-	-	-	-
9	P	10,36	10,31	10,32	10,33
10	Pf	-	-	-	-
11	PL	-	-	-	-
12	Pp	-	-	-	-
13	P#60	-	-	-	-
14	P#80	-	-	-	-
15	P#100	-	-	-	-
16	PPAN	-	-	-	-



SERVOLAB OVERSEAS INC

TAX ID: 45-3461843

analytikjena
 An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,

Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar

Telef: VE+58 286 7154303

Sales@servolab-overseas.com

Resultados de las muestras (Sb)



Sb 206,8 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio de medición (mgL ⁻¹) (g/t)
1	M	3,6	3,4	3,2	3,40
2	Mf	-	-	-	-
3	ML	-	-	-	-
4	Mp	-	-	-	-
5	M#60	-	-	-	-
6	M#80	-	-	-	-
7	M#100	-	-	-	-
8	MPAN	-	-	-	-
9	P	4,49	4,53	4,57	4,53
10	Pf	-	-	-	-
11	PL	-	-	-	-
12	Pp	-	-	-	-
13	P#60	-	-	-	-
14	P#80	-	-	-	-
15	P#100	-	-	-	-
16	PPAN	-	-	-	-



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,

Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar

Telef: VE+58 286 7154303

Sales@servolab-overseas.com

Resultados de las muestras (Cu)

Cu 327,3 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (%)	Medida-2 (%)	Medida-3 (%)	Promedio de medición (%)
1	M	0,07	0,06	0,08	0,07
2	Mf	–	–	–	–
3	ML	–	–	–	–
4	Mp	–	–	–	–
5	M#60	0,36	0,36	0,4	0,37
6	M#80	0,12	0,11	0,13	0,12
7	M#100	0,2	0,2	0,2	0,20
8	MPAN	0,07	0,08	0,06	0,07
9	P	0,25	0,26	0,21	0,24
10	Pf	–	–	–	–
11	PL	–	–	–	–
12	Pp	–	–	–	–
13	P#60	0,06	0,06	0,03	0,05
14	P#80	0,11	0,12	0,1	0,11
15	P#100	0,05	0,08	0,08	0,07
16	PPAN	0,13	0,12	0,14	0,13



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

Resultados de las muestras (Ag)

Ag 224,8 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio de medición (mgL ⁻¹) (g/t)
1	M	1,38	1,35	1,38	1,37
2	Mf	–	–	–	–
3	ML	–	–	–	–
4	Mp	–	–	–	–
5	M#60	1,6	1,8	1,7	1,70
6	M#80	3,2	3,3	3,1	3,20
7	M#100	0,2	0,3	0,4	0,30
8	MPAN	0	0	0	0,00
9	P	1,4	1,2	1,3	1,30
10	Pf	–	–	–	–
11	PL	–	–	–	–
12	Pp	–	–	–	–
13	P#60	0,9	1	0,8	0,90
14	P#80	2,2	2,1	1,7	2,00
15	P#100	2,7	2,8	2,6	2,70
16	PPAN	1	0,9	1,4	1,10



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

RESULTADOS

Se presentan los valores de las concentraciones obtenidos por AAS de las muestras analizadas, de acuerdo a la identificación y al grupo de muestras de interés suministrada por el cliente.

Resultados de las muestras (Au)

Au 242,8 nm					
ITEM	Muestra	Medida-1 (mgL ⁻¹)	Medida-2 (mgL ⁻¹)	Medida-3 (mgL ⁻¹)	Promedio de medición (mgL ⁻¹) (g/t)
1	M	4,3	4,7	4,5	4,5
2	Mf	0	0	0	0
3	ML	2,8	2,5	1,6	2,3
4	Mp	1,9	1,6	1,9	1,8
5	M#60	1,4	1,3	1,8	1,5
6	M#80	0,1	0,2	0	0,1
7	M#100	0,9	1,1	1	1
8	MPAN	9,6	9,7	9,2	9,5
9	P	4,9	5,3	5,1	5,1
10	Pf	0	0	0	0
11	PL	2	1,7	2	1,9
12	Pp	1	0,8	1,2	1
13	P#60	2,9	2,8	3	2,9
14	P#80	12,4	12,2	11,7	12,1
15	P#100	1,7	1,8	2,2	1,9
16	PPAN	6,5	6,3	7	6,6



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

SECCIÓN II

- Resultados
- Observaciones



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

analytikjena
An Endress+Hauser Company



Figura 4. Equipo de Espectrometría de Absorción de Llama (ASS) novAA-800.

3. Fórmula para los cálculos para sólido

Para los cálculos verdaderos en la matriz sólida se utilizó la fórmula de la Figura 5

$$C = C_{AAS} \times V(\text{mL}) \times F_d / m \text{ (g)}$$

Dónde:

C=Concentración verdadera de la muestra

C_{AAS} =Concentración de la muestra (mg L⁻¹) medidos en el
equipo de AAS m=masa de la muestra (g)

F_d =factor de dilución

Figura 5. Fórmula para obtener las concentraciones en sólidos.



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303

Sales@servolab-overseas.com

Homogeneity:

This solution was mixed according to an in-house procedure and is guaranteed to be homogeneous. Homogeneity data indicate that the end user should take a minimum sample size of 0.2 mL to assure homogeneity.

Trace Impurities (ug/mL):

M Ag	0.030677	M Ga <	0.000040	M Os <	0.000009	M Tb <	0.000010
M Al	0.002218	M Gd <	0.000010	O P <	0.052837	M Te <	0.000080
M As	0.006173	M Ge <	0.000420	M Pb	0.000160	M Th <	0.000360
s Au <		M Hf <	0.000010	M Pd	0.005524	M Ti <	0.000170
M B <	0.004117	M Hg <	0.000059	M Pr <	0.000010	M Tl <	0.000010
M Ba	0.000230	M Ho <	0.000010	M Pt	0.007789	M Tm <	0.000010
M Be <	0.000030	M In <	0.000020	M Rb <	0.000040	M U <	0.000010
M Bi <	0.000140	M Ir	0.000199	M Re <	0.000010	O V <	0.001737
O Ca	0.017408	O K	0.011674	M Rh	0.002308	M W	0.000271
M Cd <	0.000080	M La <	0.000010	M Ru <	0.000079	M Y <	0.000010
M Ce	0.000592	O Li	0.000204	O S	0.048027	M Yb <	0.000010
M Co <	0.000060	M Lu <	0.000010	M Sb	0.000341	M Zn	0.001736
M Cr	0.002087	O Mg	0.003788	M Sc <	0.000010	M Zr	0.000381
M Cs	0.000040	M Mn	0.000271	M Se	0.001198		
M Cu	0.008552	M Mo <	0.000280	O Si <	0.030660		
M Dy <	0.000010	M Na	0.013360	M Sm <	0.000010		
M Er <	0.000010	M Nb <	0.000020	M Sn	0.001274		
M Eu <	0.000010	M Nd <	0.000010	M Sr	0.000160		
O Fe	0.061135	M Ni	0.001144	M Ta <	0.000010		

M - Checked by ICP-MS O - Checked by ICP-OES i - Spectral Interference n - Not Checked For s - Solution Standard Element

Quality Standard Documentation:

ISO 17034 - Accredited / A2LA Certificate Number 883.02

Inorganic Ventures, 300 Technology Drive, Christiansburg, Va. 24073, USA; Telephone: 800.569.6799, 540.585.3030; Fax: 540.585.3012; inorganicventures.com; info@inorganicventures.com

ISO/IEC 17025 - Accredited / A2LA Certificate Number 883.01

ISO 9001 Quality Management System Registration - QSR Certificate Number QSR-1034

Figura 3. Certificado del patrón de 1000 mgL^{-1} de Au utilizado en la dilución de la curva de calibración



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com



VWR ANALYTICAL

Certificate of Analysis

Material Number: 82025-946, 89800-066
Material description: 1 000 µg/mL Gold
Matrix: 10% (v/v) HCl
Density - Certified Value (20 ± 4 °C): 1.022 g/mL
Grade: Aristar
Lot Number: P2-AU675140
Use by: See label if no stamp present: _____
Date of Quality Control: January 04, 2019
Starting Material: Gold trichloride
Starting Material Lot: 2213
Starting Material Purity: 99.9930%
CAS Number: 16903-35-8

EXPIRES
01/2020

Characteristics	Specifications	Measured Values
Gold - Certified Value	990 - 1 010	999 ± 5 µg/mL
NIST Traceability:	passes test	

Signed on behalf of VWR:
Paul Gaines
CEO, Senior Technical Director

Other information

Method:
Assay Method #1: ICP Assay - Result = 998 ± 5 µg/mL
Assay Method #2: Calculated - Result = 1001 ± 5 µg/mL
Traceability:
Assay Method #1: NIST SRM 3121 Lot Number 991806
Assay Method #2: NIST SRM N/A Lot Number N/A

Preparation:
This product is ready to use.

Intended Use
For the calibration of analytical instruments and validation of analytical methods as appropriate.

Storage:
Store and use at 20 ± 4 °C. Do not pipette from the container. Do not return removed aliquots to container.

VWR International LLC, Radnor Corporate Center, Building One, Suite 200, 100 Matsonford Road Radnor, PA 19087
VWR International bvba/sprl, Haasrode Research Park Zone 2020, Geldenaaksebaan 464, 3001 Leuven, Belgium

<http://www.vwr.com>
Page 1 of 2

Figura 2. Certificado del patrón de 1000 mg-L de Au utilizado en la dilución de la curva de calibración.



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

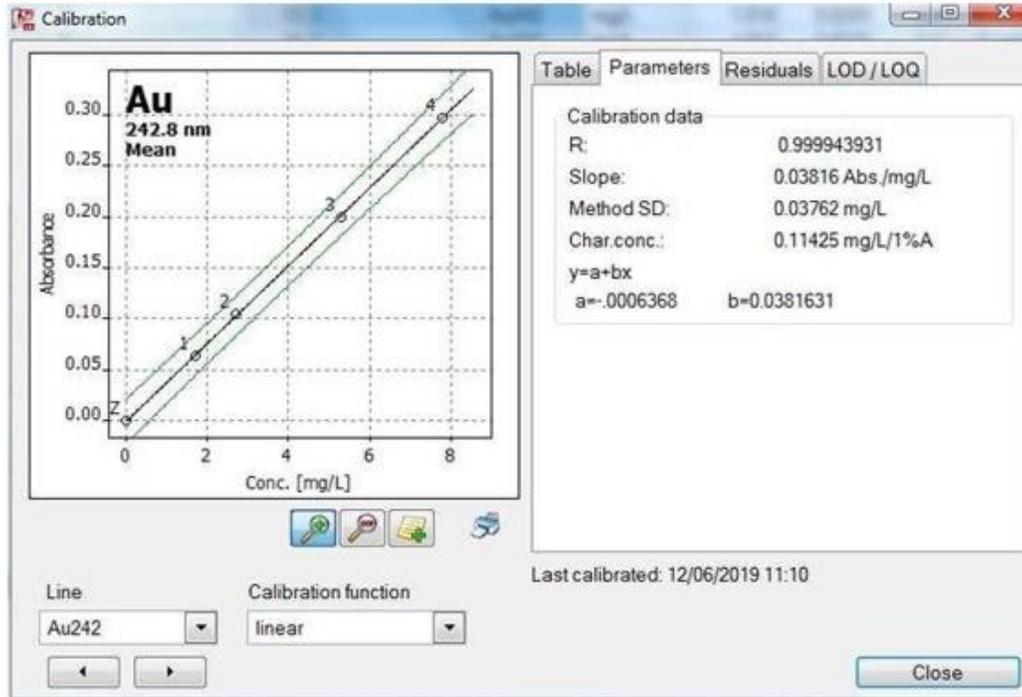


Figura 1. Curva de calibración de Au (242,8 nm).



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

2.1 Curva de calibración:

Para construir la curva de calibración (figura 1) del elemento oro (Au) se prepararon los patrones certificados (ver figuras 2 y 3) a concentraciones de 0; 1,7; 2,7; 5,3 y 7,6 mgL^{-1} mediante sucesivas diluciones usando la solución de un estándar de 1000 mgL^{-1} de Au certificado.

Para la detección y cuantificación del analito a estudiar se utilizó un espectrómetro de absorción atómica (AAS) novAA, modelo 800P con la metodología de adición estándar. La adición de un volumen fijo (2 mgL^{-1} .) a cada muestra y diluyendo hasta 25 mL a un volumen final constante. Posteriormente, se procede a determinar la señal de los estándares en la muestra por diferencia del analito. En cada solución, las señales son afectadas de manera similar por los interferentes de la matriz. El mismo procedimiento se aplicó para los demás elementos (Ag, Cu, Pb, Sb, As, Te)

Como sistema de introducción de muestra se utilizó un automuestrador AS-F de 54 posiciones (Figura 4).



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

El novAA 800 es un Espectrómetro de Absorción Atómica con corrección de fondo de deuterio y puede utilizarse para la determinación secuencial de trazas de metales y semimetales en muestras líquidas o diluidas, tanto para la analítica de rutina como para fines de investigación. Según el modelo, está equipado con un atomizador de tubo de grafito de calentamiento transversal y/o un atomizador de llama.

Para el aprovechamiento de la tecnología de hidruro y la tecnología HydrEA (en combinación con el horno de tubo de grafito), están disponibles sistemas de hidruro para el servicio continuo y el servicio batch.

2. Equipo AAS novAA 800

A través de átomos en estado fundamental, se mide la absorción específica de un elemento de la radiación de una lámpara de cátodo hueco (HKL). En este caso, la señal de absorción representa una medida de la concentración del elemento correspondiente en la muestra analizada. La HKL envía un espectro lineal, partiendo del cual se extrae una línea de resonancia adecuada a través del monocromador.

La radiación continua de la lámpara D2-HKL se utiliza para la compensación de la absorción de fondo. La radiación de la fuente lineal (HKL primaria) con una línea base muy estrecha (línea de resonancia) se debilita de forma específica dependiendo de un elemento y de forma no específica mediante radiación. De este modo se registra la absorción total. La radiación de la lámpara D2HKL es atenuada principalmente por la absorción inespecífica del elemento de banda ancha; la mínima proporción específica del elemento se puede dejar de lado. La formación de diferencias de ambas señales proporciona la absorción específica de un elemento.



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

MATERIALES Y EQUIPOS

A fin de realizar el procedimiento analítico, se utilizaron los siguientes materiales y equipos que podemos dividir en dos áreas: Preparación de la Muestra y Análisis de Laboratorio.

PREPARACION DE LA MUESTRA

Las muestras representativas, tomadas por el cliente, fueron traídas al laboratorio de la empresa Servolab Overseas INC.

Previo al análisis instrumental de las muestras, estas fueron homogeneizadas para garantizar una mayor representatividad en los resultados.

1. Preparación de muestras

Se realizó un procedimiento de secado de las 16 muestras en 2 fases, la primera a 85 °C por 24 horas y la segunda a 115 °C por 2 horas mediante un Horno de Secado Memmert. Se pasaron por diferentes tamices correspondientes a variadas granulometría. Luego se tomaron 10 g de cada una hasta completar 100 g, este se pulverizo hasta obtener un tamaño de partículas de 45 µm.

Seguidamente se pesaron una cantidad de cada una de las muestras por duplicado y se agregaron en Matracas Erlenmeyer de 100 ml. A cada muestra se le agregó 50 mL de agua regia (ácido Clorhídrico (HCl) / ácido nítrico (HNO₃) en una proporción de 1:3, ácidos en grado analítico concentrados. Se dejaron por 45 minutos a temperatura de 200 °C en agitación constante, se enfriaron a temperatura ambiente. Culminado este proceso se filtraron, se aforaron en un balón de 200 mL y se analizaron en el equipo de AAS.



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Las dieciséis (16) muestras de suelo fueron recibidas en las instalaciones de Servolab Overseas INC., siendo identificadas por el cliente de acuerdo con la siguiente nomenclatura, ver la tabla 1:

TABLA 1: Muestras para el Análisis

Item	Muestra
1	M
2	Mf
3	ML
4	Mp
5	M#60
6	M#80
7	M#100
8	MPAN
9	P
10	Pf
11	PL
12	Pp
13	P#60
14	P#80
15	P#100
16	PPAN



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

*UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com*

SECCIÓN I

- Descripción de las Muestras
 - Materiales y Equipos
- Metodología Implementada



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 2 años el Gobierno Nacional ha decretado, tomado en cuenta los factores ambientales, una franja de 11843 km² en el Estado Bolívar de Venezuela el cual ha recibido la denominación del Arco Minero del Orinoco. En dicha zona yacen las riquezas minerales más grandes de Venezuela y una de las más importantes del mundo.

Hasta ahora, son pocos los estudios y reportes que incluyen, además del contenido aurífero de dichas tierras, los elementos contaminantes que subyacen junto a los metales y minerales preciosos de este inmenso territorio.

Por lo general las muestras geológicas no son homogéneas, esto debido en muchos casos a que la litología del suelo varía de un determinado sitio a otro, lo que finalmente produce que las características de un terreno varíen a diferentes profundidades. No se nos ha informado, para los fines de este reporte, las diferentes profundidades a las cuales fueron tomadas las muestras por lo que dicha variable no será tomada en cuenta. En vista de lo anterior, la realización de un análisis de la distribución elemental de los diferentes compuestos dentro de la muestra es un parámetro de gran valor ya que permite tener una mejor comprensión de los procesos geológicos y la explotación de los recursos minerales de manera óptima.

En este reporte se presentan los resultados analíticos de dieciséis (16) muestras geológicas (suelos) evaluadas mediante la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica (**AAS**), las cuales servirán de base para poner de manifiesto la potencialidad de explotación del área en estudio.



SERVOLAB OVERSEAS INC
TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,
Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar
Telef: VE+58 286 7154303
Sales@servolab-overseas.com

CONTENIDO:

	Página
Introducción.....	4
SECCIÓN I	
Descripción de la muestra	6
Materiales y Equipos.....	7
Metodología implementada	7
SECCIÓN II	
Resultados	14
Observaciones.....	22



SERVOLAB OVERSEAS INC

TAX ID: 45-3461843

analytikjena
An Endress+Hauser Company

UD-304, Parque Industrial los Pinos, Calle 5, Manz. 36,

Galpón 30-B, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar

Telef: VE+58 286 7154303

Sales@servolab-overseas.com

- 2) Como no fueron informadas las profundidades ni la litología del suelo analizado, así como el pre-tratamiento de la muestra no podemos pronunciarnos al respecto en este reporte. Siendo esta información y cualesquiera implicación en el resultado absoluta responsabilidad del cliente.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



ANÁLISIS MINERALÓGICO



PULVERIZACIÓN



DETERMINACIÓN DE DENSIDADES

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	CARACTERIZACIÓN METALURGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LAS ARENAS DE RELAVES, UBICADAS EN LA PARCELA IA-12, LAS CLARITAS, MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLÍVAR.
---------------	---

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
ANGGY YUSLEINY HERNÁNDEZ PAREDES	CVLAC: 25.394.460 E MAIL: anggy.udo3@gmail.com
JOSÉ DAMIÁN LEÓN SÁNCHEZ	CVLAC: 26.499.471 E MAIL: josedamianleon121197@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Caracterización, Recuperación, lixiviación, cianuración, oro, tenor,

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
CONCENTRACION DE MINERALES Y METALURGIA. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS	CARACTERIZACION MINERALOGICA, GEOQUIMICA, FISICOQUIMICA Y METALURGICA.

RESUMEN (ABSTRACT):

El área de estudio se encuentra ubicada Bizkaitarra, Las Claritas, municipio Sifontes-estado Bolívar específicamente en la parcela IA-12. El propósito de este estudio fue caracterizar las arenas de relaves y proponer métodos para la recuperación de oro y minerales asociados. Para ello se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas, mineralógicas, geoquímicas, metalúrgicas de las arenas de relaves y se cuantificó el tonelaje con métodos convencionales. El área objetivo de la parcela consta de dos (02) depósitos, que ocupa una extensión de 1.125 m² dentro de la misma. Se pudo constatar la presencia de minerales consumidores de cianuro y de oxígeno, tales como los óxidos de hierro y sulfuros de hierro respectivamente, lo cual indica que, durante un proceso de lixiviación, el control lo ejercerá el oxígeno disuelto. Por otra parte, las muestras no contienen cantidades apreciables de arcilla, lo que facilita el proceso de lixiviación, ya que generará poca viscosidad y la difusión del oxígeno en la solución se facilitará. El tamaño de las partículas de oro es pequeño, alrededor de 100 µm y la relación Au:Ag en las muestras fueron mayores de 2, indicando que se debe aplicar procesos de recuperación con carbón activado. La densidad media arroja un valor de 1.527 Kg/m³. El pH fue de 6,42 de tipo ácido por lo que requerirá la adición de reactivos como cal para elevar el pH a los niveles requeridos. La mayor cantidad de oro, plata cobre metalúrgicamente hablando se encuentra en la granulometría pasante malla 80 (177µm) lo que corrobora que el oro se encuentra a un tamaño fino. De acuerdo a las estimaciones y ensayos, el tonelaje actual de las arenas de relaves es de alrededor de 8.600 toneladas y por consiguiente las reservas de metal estimadas para los elementos de interés en el caso de oro es de 863 onzas, de plata 7,52 toneladas y de cobre 8,35 toneladas. Los procesos para la recuperación del oro disuelto pueden ser el proceso CIP (Carbon- In-Pulp) o el proceso CIL (Carbon-In-Leaching), ya que la relación de oro plata es alta. En general, los dos depósitos presentan comportamiento más o menos similar, por lo que pueden ser mezclados durante los procesos en planta.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
GONZALEZ VICTOR	ROL	CA	ASx	TU	JU
	CVLAC:	11.730.961			
	E_MAIL	victor.g.sfa @gmail.com			
	E_MAIL				
BEZEIDA OSIO	ROL	CA	AS	TU	JUx
	CVLAC:	7.253.131			
	E_MAIL	bezeida @hotmail.com			
	E_MAIL				
MAYERLING HARO	ROL	CA	AS	TU	JUx
	CVLAC:	10.048.922			
	E_MAIL	mayerlingramonaharo @gmail.com			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2022	11	07
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
CARACTERIZACIÓN METALURGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LAS ARENAS DE RELAVES, UBICADAS EN LA PARCELA IA-12, LAS CLARITAS, MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLÍVAR.	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: PARCELA IA-12, LAS CLARITAS, MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLÍVAR.

TEMPORAL: 5 AÑOS

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: INGENIERO DE MINAS.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: PREGRADO.

ÁREA DE ESTUDIO: PROCESAMIENTO DE MINERALES.

INSTITUCIÓN:
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Ragely</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:30

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Currello
JUAN A. BOLAÑOS CURRELLO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “

AUTOR

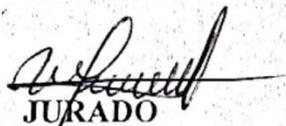
Jose León
C.I 26.499.471

AUTOR

Anggy Hernández
C.I 25.394.460



TUTOR
Víctor Gonzales
C.I 11.730.961



JURADO
Mayerling Haro
C.I 10.048.922



JURADO
Bezeida Osio
C.I 7.253.131

POR LA COMISIÓN DE TESIS