



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA EXPLOTACIÓN DE ARCILLAS TIPO CAOLINITA EN LA CONCESIÓN MINERA RUMICUCHO, CENTRO POBLADO HUAYRAPONGO, DISTRITO DE LLACANORA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2016”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bch. Francisco César Salazar Briones

Bch. Deyver Alarcón Vásquez

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Francisco César Salazar Briones y Deyver Alarcón Vásquez**, denominada:

**““EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA EXPLOTACIÓN DE ARCILLAS TIPO
CAOLINITA EN LA CONCESIÓN MINERA RUMICUCHO, CENTRO POBLADO
HUAYRAPONGO, DISTRITO DE LLACANORA, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2016”**

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León
ASESOR

Ing. José Alfredo Siveroni Morales
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana
JURADO

Ing. Wilder Chuquiruna Chávez
JURADO

DEDICATORIA

DEYVER:

Esta tesis la dedico de manera muy especial a mi padre Lucio Alarcón Ramos y a mi madre Ismenia Vásquez Cubas, quienes me han ofrecido el amor y la calidez de la familia a la cual amo.

CÉSAR:

A mis padres Fausto Salazar Chávez y María Natividad Briones Rodríguez, por todo el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

DEYVER:

En primer lugar a Dios por ser mi guía, a Jesús por ser nuestra inspiración, modelo y por ser el ejemplo más grande de amor en este mundo y mis padres por darme el ejemplo de vida a seguir.

Agradezco también nuestro asesor el Ing. Víctor Álvarez por su apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis.

CÉSAR:

A Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo lo que nos rodea y por habernos dado la inteligencia, paciencia, y ser nuestra guía en nuestras vidas.

A nuestro asesor Ing. Víctor E. Alvarez León, por sus infinitas enseñanzas.

A mis padres por darme la vida.

A mi enamorada Erica Terrones por su apoyo en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.3. Justificación.....	1
1.3.1. Justificación Aplicativa o Práctica.....	1
1.3.2. Justificación Valorativa	1
1.3.3. Justificación Académica	2
1.4. Limitaciones	2
1.5. Objetivos	2
1.5.1. Objetivo General.....	2
1.5.2. Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases Teóricas	3
2.2.1. La Arcilla	3
a. Aspectos generales	3
b. Clasificación Industrial de las arcillas	5
c. Mineralogía de las arcillas	12
d. Usos de la Arcilla	14
2.2.2. Propiedades Físicas de las arcillas caoliniticas	15
2.2.3. Usos de la Caolinita:.....	17
2.2.4. Análisis de Difracción de RAYOS X:	19
2.2.5. Código para la Certificación de Recursos y Reservas Mineras	20
2.2.6. Recursos y Reservas Mineras bajo el Código JORC.....	21
2.2.7. Métodos de estimación de reservas.....	23
2.2.8. Muestreo.....	24
2.2.9. Mercado del caolín	24
2.2.8.1 Mercado Internacional	24
2.2.8.2 Mercado Nacional.....	25
2.3. Definición de Términos Básicos.....	27
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	31

3.1.	Formulación de la hipótesis	31
3.2.	Variables	31
3.3.	Operacionalización de variables	31
CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL		33
4.1.	Aspectos Generales:.....	33
4.1.1.	Ubicación:	33
4.1.2.	Accesibilidad	35
4.1.3.	Geografía y Fisiografía	36
4.1.4.	Recursos Minerales y Geología	39
4.1.5.	Recursos Minerales:	45
4.1.6.	Génesis de los Depósitos de Arcillas en la Zona de Estudio:	49
4.2.	Análisis de Arcillas Caolínicas:	50
4.2.1.	Muestreo:.....	50
4.2.2.	Análisis Petromineralógico de Espectros Minerales:	53
4.2.3.	Resultados de Difracción de Rayos X:	58
4.3.	Clasificación de Reservas.....	60
4.3.1.	Reserva Probable:	60
4.3.2.	Estimación de Potencial de Reservas	60
4.4.	Evaluación Económica.....	68
4.4.1.	Flujo de Caja (CASH FLOW).....	68
4.4.2.	Precio:.....	71
4.4.3.	Canales de Comercialización:	71
CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS.....		72
5.1.	Tipo de Diseño de Investigación.....	72
5.2.	Material.....	72
5.2.1.	Unidad de estudio.....	72
5.2.2.	Población.....	72
5.2.3.	Muestra.....	72
5.3.	Métodos	72
5.3.1.	Técnicas De Recolección De Datos Y Análisis De Datos	72
CAPÍTULO 6. RESULTADOS		82
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....		83
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES		85
REFERENCIAS.....		86
7.1.	BIBLIOGRAFÍA	86
7.2.	LINKOGRAFÍA	87

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Análisis granulométrico de las arcillas comunes.	14
Tabla 2: Producción del caolín en Estados Unidos.....	25
Tabla 3: Producción mundial de Caolín.	25
Tabla 4: Ubicación política de la zona de estudio.....	33
Tabla 5: Ubicación de la provincia de Cajamarca.....	35
Tabla 6: Datos meteorológicos de la zona.....	39

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1: Arcilla Cuaternaria (Amethyst Galleries 2007).....	4
Imagen 2: Recursos y Reservas Minerales - Código JORC.....	23
Imagen 3: Imagen satelital de la concesión Rumicucho.....	34
Imagen 4: Accesibilidad a la zona.....	36
Imagen 5: Relieve de la zona.....	36
Imagen 6: Geología de la concesión Rumicucho.....	44
Imagen 7: Muestreo de arcillas.....	52
Imagen 8: Triangulación de la zona.....	61

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1: Plasticidad de la caolinita.....	16
Foto 2: Difractómetro para Rayos X.....	20
Foto 3: Valle.....	37
Foto 4: Pendiente de la zona.....	38
Foto 5: Areniscas de la Fm. Carhuaz.....	40
Foto 6: Fm. Farrat.....	41
Foto 7: Depósitos Fluviales.....	42
Foto 8: Depósitos aluviales.....	43
Foto 9: Depósito de arcilla.....	50
Foto 10: Muestreo.....	51
Foto 11: Toma de muestra 1.....	73
Foto 12: Toma de muestra 2.....	73
Foto 13: Toma de muestra 3.....	74
Foto 14: Muestra de arcilla 1 para análisis físico.....	74
Foto 15: Muestra de arcilla 2 para análisis físico.....	75
Foto 16: Muestra de arcilla 3 para análisis físico.....	75
Foto 17: Mexcla de muestras.....	76
Foto 18: Chancado de las muestras.....	76
Foto 19: Cuarteado de muestras.....	77
Foto 20: Tara de la muestra de arcilla.....	77
Foto 21: Estufa secando la muestra.....	78
Foto 22: Vaso de precipitación con agua y arcilla.....	78
Foto 23: Tara de la muestra de arcilla húmeda.....	79

RESUMEN

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte Nor Occidental de los Andes peruanos, en el caserío Huayrapongo, Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento Cajamarca.

La tesis consistió en realizar estudios de evaluación económica para la explotación de arcillas, específicamente caolinita, actualmente la zona de estudio le pertenece a la concesión RUMICUCHO, de la empresa RUMICUCHO S.R.L.

Se determinó las reservas probables mediante el método de triangulación e inversa a la distancia y la estimación económica mediante un diagrama de CASH FLOW con código NIIF.

Se concluye que el proyecto minero RUMICUCHO es viable para la explotación de arcillas tipo caolinitas.

Las arcillas se encuentran emplazadas estratigráficamente en la formación Carhuaz, caserío Huayrapongo.

Se ha determinado la cantidad de minerales dentro de las muestras de caolinita, donde los más representativos son cuarzo, illita, montmorionita, caolinita, hematita y escasas cantidades de calcita. Estos resultados fueron emitidos por la empresa INGECONSULT & LAB S.R.L.

Las reservas mineras calculadas mediante métodos geoestadísticos clásicos son 61448.96 TM TM.

La evaluación mediante Flujo de fondos (Cash Flow) da un tiempo de vida de 6.36 y una recuperación de inversión (Pay Back) de 0.64 por tanto el proyecto es viable.

El precio del mercado es de 35 soles la tonelada puesto en cantera, su utilización es la cerámica. La concesión RUMICUCHO establecerá vínculos mercantiles con la empresa COMACSA CIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.

ABSTRACT

The study area is located in the northwestern part of the Peruvian Andes, in the hamlet Huayrapongo, Llacanora District, Province and Department Cajamarca.

The thesis was to conduct economic evaluation studies for the exploitation of clays, kaolinite specifically, the study area currently belongs to the Rumicucho concession company Rumicucho S.R.L.

probable reserves was determined by the method of triangulation and reverse the distance and economic estimate by a diagram with IFRS CASH FLOW code.

Rumicucho conclude that the mining project is viable for the exploitation of kaolinite clays.

Clays are emplaced in the formation stratigraphically Carhuaz, Huayrapongo village.

It has been determined the amount of minerals in samples of kaolinite, where the most representative are quartz, illite, montmorionita, kaolinite, hematite and small amounts of calcite. These results were issued by the company INGECONSULT & LAB S.R.L.

Mineral reserves calculated using geostatistical methods are classical 61448.96 TM TM.

The assessment by Cash Flow (Cash Flow) gives a lifetime of 6.36 and a recovery of investment (Pay Back) 0.64 therefore the project is viable.

The market price is 35 soles per ton since quarry, its use is ceramics. The concession Rumicucho establish commercial ties with the company COMACSA CIA MINERA AGGREGATE CALCAREOS S.A.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la última década la demanda de materiales para cerámicos y la construcción ha tenido un crecimiento sostenido. Esto implica la necesidad de abrir nuevas fuentes de abastecimiento para satisfacer la demanda. Un sector prometedor desde el punto de vista de los materiales no metálicos constituye el distrito de Llacanora en Cajamarca.

No existe duda que la explotación racional de los recursos mineros, generan riqueza y que esta mejoraría la calidad de vida de sus habitantes, además de generar fuentes de trabajo y contribuyendo de esta manera a la disminución de la migración de personas autóctonas del sector a las grandes ciudades.

1.2. Formulación del problema

¿Es factible la evaluación de arcillas para la explotación de arcillas tipo caolinita en la concesión minera no metálica Rumicucho?

1.3. Justificación

Es necesario tener un estudio de la evaluación económica en la concesión Rumicucho; para determinar su viabilidad económica y su explotación de la arcilla tipo caolinita. De la misma forma se aprovechará como guía para su plan de minado de la concesión, con una adecuada planificación de inversión.

1.3.1. Justificación Aplicativa o Práctica

La evaluación económica nos servirá para caracterizar las zonas para una posible explotación, cuánto tiempo duraría y sus repercusiones en la población del caserío Rumicucho, Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca.

1.3.2. Justificación Valorativa

Los resultados de nuestra investigación deben trascender en mejorar la Cultura Organizativa con respecto a la “Evaluación Económica Para Explotación De Arcillas tipo caolinita en la concesión Rumicucho en el

caserío Huayrapongo, Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca, 2016”.

1.3.3. Justificación Académica

Nuestra investigación aportará de manera positiva en cada una de las personas que busque enriquecer sus conocimientos respecto a la “Evaluación Económica para Explotación de Arcillas tipo Caolinita, en la Concesión Rumicucho, caserío Huayrapongo, Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca, 2016”.

1.4. Limitaciones

- Falta de frentes de trabajo (taludes)
- Falta de ensayos mecánicos

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Realizar la evaluación económica para la explotación de arcillas tipo caolinita de la concesión Rumicucho, Distrito de Llacanora.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Reconocer geológicamente las arcillas presentes en la zona.
- Determinar las propiedades geoquímicas de las arcillas tipo caolín, en un laboratorio certificado.
- Calcular las reservas mineras de Arcillas tipo caolinita mediante métodos geoestadísticos clásicos.
- Evaluar económicamente el yacimiento de arcillas mediante el modelo CASH FLOW.
- Determinar el mercado que dicho producto tiene a nivel nacional como internacional, para establecer sus canales de distribución y comercialización, con el código NIIF.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Ortega Cevallos P.(2012) en su tesis realiza el diseño para la explotación del yacimiento de arcilla del barrio Cera (Ecuador) y se calcula sus reservas; efectuándose de esta manera el reconocimiento del área de estudio, con el respectivo levantamiento topográfico y geológico, la ubicación y caracterización de afloramientos en base a los formatos de estudio, ubicación de los puntos de muestreo mediante GPS; y la descripción y caracterización de la estratigrafía de cada una de las calicatas aperturadas. Mediante el análisis de resultados se determinó que el sistema de explotación idóneo es el Método de Cantera.

Bosse H. (1989), publica un Informe Técnico, quien reconoce depósitos de arcillas caoliníticas en Sulluscocha Baja, en el distrito de Llacanora con coordenadas Geográficas $78^{\circ}23'03''$ O y $7^{\circ}11'24''$ S; y menciona que se trata de arcillas mezcladas en las que predomina el mineral caolinítico frente a otros minerales y preponderantes en la Formación Carhuaz (Ki-Ca) pertenecientes al periodo Cretácico Inferior.

Boulangger, E. y Zedano, J.C., (1993), en su informe técnico concluyen que, la mayoría de depósitos arcillosos del departamento de Cajamarca pueden ser utilizados para la industria de sanitarios, vajilla hotelera y vajilla de loza ya que poseen una característica denominada comúnmente, “arcillas cerámicas”. En cuanto al resultado de expansión elevada (húmeda) podría decirse que está 0.10 unidades por encima de las que se usan en la industria de los azulejos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. La Arcilla

a. Aspectos generales

Con el término de arcillas se puede tener 3 definiciones:

- **Petrológica:** Arcilla es una roca sedimentaria, blanda, que se hace plástica al contacto con el agua, siendo frágil en seco, y con gran capacidad de absorción. Generalmente en la naturaleza encontramos las arcillas mezcladas con otros materiales como los

limos, arenas (estas con alto contenido de cuarzo), humedad y material orgánico, todo este conjunto de materiales se denominan “material arcilloso”.

- **Mineralógica:** arcillas son silicatos aluminicos hidratados (minerales secundarios) que provienen del intemperismo químico de los feldspatos. También existen arcillas de origen hidrotermal, que provienen de transformación mayormente de rocas magmáticas, ácidas e intrusivas, están frecuentemente asociados a filones. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Amethyst Galleries (2007).
- **Granulométricamente:** Las arcillas son los fragmentos naturales más finos (< 2 micras ó 1/ 256 mm).



Imagen 1: Arcilla Cuaternaria (Amethyst Galleries 2007).

- **Físicamente:** las arcillas se consideran coloides, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la

primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos. Bailey, S. W. (1980).

b. Clasificación Industrial de las arcillas

b.1 Arcillas Expansivas (Esmectitas)

Las arcillas expansivas también se las conocen con el término comercial de "bentonita", este último término fue aplicado primera vez Knight, para un particular tipo de arcillas plásticas altamente coloidales, halladas en la localidad de Fort Benton, en capas del cretáceo de Wyoming (Estados Unidos); esta tenía la particularidad de hincharse varias veces y aumentar su volumen original cuando se ponían en contacto con el agua y además forman geles tixotrópicos cuando se les añadía agua en pequeñas cantidades resultando así una masa gelatinosa y voluminosa.

Se define las esmectitas como un mineral arcilloso de grano muy fino cristalino, derivado generalmente por diversificación y alteración química de ceniza volcánica o tobas volcánicas cuyos principales constituyentes son el mineral arcilloso llamado "montmorillonita" en menor proporción, (no menor de 85%) y "beidellita" en menor proporción. Otros minerales arcillosos tales como illita y la caolinita están presentes en muchas bentonitas en cantidades variables (5% a 10% del total), la cristobalita también se encuentra, pero en menor proporción que las dos anteriores.

Este tipo de arcillas son filosilicatos hinchables a tres capas que pueden incorporar cationes inorgánicos, orgánicos y líquido entre capas. El mineral más frecuente es la montomorillonita.

En ciertas esmectitas se han identificado zeolitas, micas, feldespatos, cuarzo, piroxeno, circon, atapulgita, seipiolita, calcita,

etc y en general pertenecientes a rocas ígneas y materiales detríticos.

✓ **Génesis de las arcillas expansivas**

Las esmectitas se forman como:

- Como producto residual de la meteorización, predominantemente sobre rocas magmáticas básicas en ambientes alcalinos y en presencia de magnesio
- Por alteración hidrotermal
- Por la deposición de material transportado de grano fino, en ambientes marinos y no marinos.

Existen muchos trabajos que tratan de explicar la génesis de las esmectitas para esta generalmente aceptado que hay dos orígenes el volcánico y el hidrotermal.

El de origen volcánico se debe al resultado de la devitrificación y parcial descomposición de las cenizas volcánicas in situ como fue demostrado por WHERRY en 1917.

Posteriormente Ross y Shanmon (1926) concluyen en que están formadas por las alteraciones de cenizas volcánicas y confirman la definición de la bentonita producida por la alteración de cenizas volcánicas in situ.

Según Grim (1953) para que se forme esmectitas es necesario que la ceniza caiga en agua. Y según el tipo de agua (dulce o salada) determina las formas de bentonita alterada.

En la industria los criterios, utilizados para clasificar la bentonita, es basándose en su comportamiento y propiedades físico químicas, así también en función de su capacidad de hinchamiento en agua, de esta forma:

- ✓ Bentonitas altamente hinchables o sódicas
- ✓ Bentonitas poco hinchables o cálcicas
- ✓ Bentonitas moderadamente hinchables o intermedias

Especificaciones sobre la materia prima:

- ✓ Las bentonitas en bruto contiene mayormente > 70 – 80 % de montmorillonita.

- ✓ El color de las bentonitas en bruto varía entre blanco grisáceo, amarillo, amarillo claro, color crema y ocre, marrón rojizo, marrón, en parte verduzco a azulado y morado.
- ✓ La relación entre recubrimiento y mineral de depósitos de bentonita / esmectita no deberá pasar de 8 a 14 :1
- ✓ Las esmectitas son explotables desde espesores de 0.5 m, también lechos más delgados pueden explotarse cuando 6 a 7 de tales lechos, lleguen juntos a la potencia de 0.75 m; potencias de > 2m son raras.
- ✓ Indicaciones tecno aplicativas sobre esmectita / bentonitas son difíciles ya que cada yacimiento tiene propiedades especiales que deben considerarse caso por caso.
- ✓ Se prefieren bentonitas sódicas y cálcicas, mientras que bentonitas de flúor y potasio son indeseables.

b.2 Arcillas refractarias

Estas arcillas se caracterizan por ser resistentes al calor. El punto de fusión de cada arcilla refractaria determina su aplicación particular en la industria de materiales refractarios. Las materias primas cerámicas no tienen punto de fusión definido, se funden dentro del margen de temperaturas.

Las “fire clays” o arcillas refractarias propiamente dichas, consisten esencialmente en caolinita desordenada y además halloysita, illita; suelen tener óxidos de hierro, lo que hace que no quemem de color blanco. Se distinguen estas arcillas por sus altos contenidos de cuarzo.

Se llaman arcillas refractarias a aquellas que pueden resistir a temperaturas de 1,500° C; arcillas con un punto de reblandecimiento de más de 1,790°C se designan arcillas altamente resistentes al fuego.

La resistencia al fuego aumenta con crecimientos contenidos de Al_2O_3 ; así arcillas altamente refractarias contienen 38-42 % de

Al_2O_3 , < 2-3% Fe_2O_3 y deben presentar menores pérdidas por calcinación.

✓ **Génesis de las arcillas refractarias**

Se forman en ambientes geológicos similares al de las arcillas caoliníticas.

Utilizan fundamentalmente como materia prima refractaria del tipo silico aluminoso. El carbono, hierro y titanio pueden representar impurezas cuando sobrepasen determinados contenidos o cuando estén distribuidos irregularmente.

Las arcillas refractarias no solo deben resistir temperaturas altas, sino que también deben ser resistentes a ataques de fundidos metálicos u otros fundidos, deben ser en muchos casos estables frente a cambios térmicos y no, deberían ablandarse a temperaturas altas bajo presión

Estas arcillas solo deben presentar contenidos menores de illita, carbonatos y compuestos de hierro, ya que estos minerales formarían con los demás componentes de las arcillas fases vítreas con puntos de fusión bajos. Las arcillas en bruto deberían ser lo más homogéneas posibles.

b.3 Arcillas Caoliníticas

Con este término se asigna a las arcillas que según su tipo estructural mineralógico, tienen dos capas (filosilicatos di octaédricos), siendo el mineral la caolinita y sus formas polifórmicas dickita y nacrita.

Desde el punto de vista técnico, el concepto de caolín se emplea para productos naturales de partículas muy finas, que consisten principalmente en minerales del tipo de caolín, como la caolinita, hayosita, dickita y nacrita. Asociados a estos minerales se pueden presentar cuarzo, mica, esmécticas, feldspatos. Se incluyen a las “ball-clays” o arcillas caoliníferas plásticas y dispersables en agua, estas generalmente son grises o negras, pero quemadas de color blanco; son los materiales más interesantes para la fabricación de cerámica blanca de gran calidad.

✓ **Génesis de los yacimientos caoliníticos**

Genéticamente se originan de estas maneras:

❖ **Yacimientos primarios:**

Caolines residuales

Formados en la superficie terrestre por intensa meteorización química en climas tropicales y subtropicales, húmedos y cálidos, hacia la profundidad la transición continua a la roca de origen.

La profundidad de la meteorización depende de la porosidad, disyunción y fallas, se presenta con frecuencia minerales inalterados de la roca de origen.

Caolines Hidrotermales

Formados por la transformación hidrotermal de la roca de origen, mayormente rocas magmáticas, ácidas e intrusivas.

El agua meteórica está siempre involucrada.

Están frecuentemente asociados a filones, frentes hidrotermales, etc; por eso forman cuerpos filonianos o tubulares con extensiones laterales menores por más profundas.

❖ **Yacimientos Secundarios:**

Los caolines residuales son los que han sido redepositados sobre distancias cortas; la caolinita es relativamente pura y está enriquecida a menudo.

Las arcillas caoliníticas son el producto erosivo de la meteorización de cortezas caoliníticas.

Deposición en ambientes ilimnicos, salobres y fluviales, con frecuencia bajo condiciones reductoras (lagos pantanosos, deltas y lagunas)

Deposición en cuencas, frecuentemente relacionado a fallas. A menudo con alternancia con arena y limo. A menudo incorporan minerales de hierro y materia orgánica.

Características físicas de la caolinita:

- Es blanda y no abrasiva.
- Es de color blanco o casi blanco.
- Es químicamente inerte.
- Tiene poder cubridor bueno.
- Tiene menor tamaño de grana.
- Es plástica y refractaria.
- Tiene menor capacidad absorbente.
- Se deja activar por tratamientos con ácidos.

b.4 Arcillas Comunes

Arcillas comunes (arcilla cerámica, arcilla para ladrillos o arcilla para construcción).

Es un material arcilloso denominado mayormente arcillas comunes que consiste en unas mixturas de diferentes minerales arcillosos generalmente illita y esmectita, y otros minerales.

Las arcillas comunes debido al alto contenido de fundentes (álcalis, compuesto de hierro, cal), empiezan a fundirse (sinterizar) a temperaturas de 950° a 1,200° C.

Las arcillas común contiene tamaños de grano muy irregulares, desde partículas <0.002 mm, mayoritariamente minerales de arcilla, vía las fracciones limosas (0.002 – 0.06 mm) y arenosas (0.06 – 2.0 mm). La arcilla común tiene con frecuencia compuestos de hierro, dando colores marrón – amarillentos a marrones y carbonatos.

Las arcillas comunes no son tan plásticas como las esmectitas, arcillas caoliníticas y otras. En las arcillas comunes se deben investigar:

- i. La distribución granulométrica
- ii. La composición mineralógica
- iii. Los contenidos de cal y materia orgánica
- iv. El contenido de agua, la capacidad de adsorción de agua, los límites de consistencia y la compatibilidad.

b.5 Arcillas Especiales

Se consideran a la paligorskita (attapulgita) y sepiolita (espuma de mar).

La paligorskita al igual que la sepiolita son minerales arcillosos raros, aunque han sido conocidos desde la antigüedad. También son denominados "hormitas"; estos tipos de arcilla son muy semejantes a la esmectitas. Las hormitas son minerales arcillosos aciculares que presentan una red esteocristalina con espacios vacíos canaliformes. La sepiolita cuando se presenta como una masa compacta y resistente se le denomina "espuma de mar". Sus fórmulas químicas son:

Paligorskita $(Mg,Al)_2(OH)_2Si_4O_{10} \cdot 2H_2O$

Sepiolita $Mg_4(OH)_2Si_6O_{15} \cdot x \cdot 2H_2O + 4H_2O$

✓ **Génesis de las arcillas especiales**

La paligorskita se forma in situ por la evaporación del agua marina en zonas mareales si a la sepiolita se le introduce aluminio. Por alteración de las rocas volcánicas cuando estas se intemperizan. Transformación hidrotermal bajo condiciones alcalinas en zonas de marítimas someras con fuerte evaporación o en lagos.

La sepiolita se forma por deposición de agua, con adiciones de soluciones ricas en magnesio. Por alteración de rocas ricas en magnesio (ejm. Dunita, serpentinita, magnesita). Por procesos hidrotermales.

Las hormitas se forman en ambientes parecidos a los de la esmectitas. La sepiolita (espuma de mar). Se encuentra en la naturaleza en forma de nódulos, como vetas, de modo diseminado en la roca procede.

c. Mineralogía de las arcillas

- **Composición mineralógica de las arcillas expansivas (esmectitas):**

Bentonita General = > ó = 70 – 80 (> 90) %
Na – bentonita = > ó = 80 % de montmorillonita, < o = 20 % cuarzo, cristobalita, feldespato, otros minerales de arcilla.
Ca – bentonita = < ó = 60 % montmorillonita
< ó = 40 % cuarzo, cristobalita, feldespato, otros minerales de arcilla
K- bentonita = 50 – 100% montmorillonita
Hasta 30 % caolinita
< 15% cuarzo, biotita, feldespato, pirita.
Arcillas ricas en bentonita = > 50% montmorillonita
< 20% caolinita, clorita
< 25% cuarzo, pirita, feldespato, carbonato

Carbonato: muy menor, son muy desventajosos para cualquier aplicación.

- **Composición mineralógica de las arcillas refractarias:**

Caolinita = alto > de 90 %

Cuarzo = bajo

Illita = bajo

Carbonato = bajo

Minerales de hierro = bajo

Propiedades físico técnicas

Refractariedad = > 1,500 ° C

- **Composición mineralógica de las arcillas caoliníticas**

La composición mineralógica de las arcillas caoliníticas varía dentro de amplios márgenes, así tenemos:

Arcillas caoliníticas plásticas:

Caolinita = 35 – 80 %

Cuarzo = 8- 35 %

Mica / Illita = 15 – 30 %

Sustancia orgánica = 0.0 – 16 %

Arcillas caoliníticas plástico – silíceas:

Caolinita = > 20% -35 %

Cuarzo = 35- 60 %

Mica / Illita = < 20 %

Sustancia orgánica = 0.0 – 16 %

Se debe considerar contenidos menores de sustancias orgánicas
(desaparecen por cocción).

- **Composiciones mineralógicas de las arcillas comunes**

- Arcilla comunes para tejas**

- Caolinita = 5 – 20 %

- Sericita + Illita = 10 -25 %

- Esmectita = 0 -5 %

- Clorita = 0 -10 %

- Cuarzo = 30 -50 %

- Feldespatos = 0 - 10 %

- Calcita = 0 – 5 %

- Dolomita + ankerita = 0 – 3%

- Goethita = < 1 %

- Hematita = 0 – 3 %

- Siderita = < 1 %

- Pirita = < 1%

- Yeso = 0 < 1 %

- Homblenda = < 1%

- Resto, amorfo bajo rayos X = 1 – 8 %

- Arcillas comunes para ladrillos**

- Caolinita = 0 -15 %

- Sericita + illita = 10 – 20 %

- Esmectita = 0 – 5 %

- Clorita = 0 -5 %

- Cuarzo = 30 – 55 %

- Feldespatos = 0 -13 %

- Calcita = 0 -10 %

- Dolomita + Ankerita = < 1%

- Goethita = < 1%

Hematita = < 1%

Siderita = < 1%

Pirita = < 1%

Yeso = < 1%

Hornblenda = < 1 %

Resto, amorfo bajo rayos X = 1 -10 %

Su variación granulométrica está en estos rangos:

Tabla 1: Análisis granulométrico de las arcillas comunes.

Material	Arena	Limo	Arcilla
	%		
Arcilla común débilmente arenosa	35 -53	30 -40	17 -25
Arcilla común muy arenosa	45 -68	15 -30	17 -25
Arcilla común débilmente arcillosa	15 -45	30 -50	25 -35
Arcilla común areno – arcillosa	25 -60	15 -30	25 -45
Arcilla común limosa	5 - 33	50 -65	17 -30
Arcilla común medianamente arcilla	5 - 35	30 -50	35 -45

Fuente: Elaboración de los tesisistas.

d. Usos de la Arcilla

La arcilla tiene propiedades plásticas, lo que significa que al humedecerla puede ser modelada fácilmente. Al secarse se torna firme y cuando se somete a altas temperaturas aparecen reacciones químicas que, entre otros cambios, causan que la arcilla se convierta en un material permanentemente rígido, denominado cerámica.

Por estas propiedades la arcilla es utilizada para hacer objetos de alfarería, de uso cotidiano o decorativo. Los diferentes tipos de arcilla, cuando se mezclan con diferentes minerales y en diversas condiciones, son utilizados para producir loza, gres y porcelana. Dependiendo del contenido mineral de la tierra, la arcilla, puede aparecer en varios colores, desde un pálido gris a un oscuro rojo anaranjado. Un horno diseñado específicamente para cocer arcilla es llamado horno de alfarero.

La humanidad descubrió las útiles propiedades de la arcilla en tiempos prehistóricos, y los recipientes más antiguos descubiertos son

las vasijas elaboradas con arcilla. También se utilizó, desde la prehistoria, para construir edificaciones de tapial, adobe y posteriormente ladrillo, elemento de construcción cuyo uso aún perdura y es el más utilizado para hacer muros y paredes en el mundo moderno. La arcilla fue utilizada en la antigüedad también como soporte de escritura. Miles de años antes de Cristo, por cuenta de los sumerios en la región mesopotámica, la escritura cuneiforme fue inscrita en tablillas de arcilla.

La arcilla cocida al fuego, la cerámica, es uno de los medios más baratos de producir objetos de uso cotidiano, y una de las materias primas utilizada profusamente, aun hoy en día. Ladrillos, vasijas, platos, objetos de arte, e incluso sarcófagos o instrumentos musicales, tales como la ocarina, fueron y son modelados con arcilla. La arcilla también se utiliza en muchos procesos industriales, tales como la producción de cemento, elaboración de papel, y obtención de sustancias de filtrado.

Los arqueólogos utilizan las características magnéticas de la arcilla cocida encontrada en bases de hogueras, hornos, etc, para fechar los elementos arcillosos que han permanecido con la misma orientación, y compararlos con otros periodos históricos.

2.2.2. Propiedades Físicas de las arcillas caoliniticas

Las propiedades físicas de las arcillas caoliniticas, son muy importantes para apreciar sus aplicaciones industriales.

a. Superficie específica

También denominada área superficial de una arcilla, es el área de la superficie externa más el área de la superficie interna de las partículas constituyentes, por unidad de masa, se expresa en m^2/g .

Para ciertos usos industriales, en los que la interacción sólido – fluido, las arcillas dependen directamente de esta propiedad, debido a que las arcillas poseen una elevada superficie específica.

b. Hidratación e hinchamiento:

Las caolinitas, tienen propiedades características de hidratación y deshidratación del espacio interlaminar, esto es muy importante en diferentes usos industriales. La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas

dando lugar al hinchamiento. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras.

c. Plasticidad:

La plasticidad es una importante propiedad física de las arcillas, se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

Se resume que la elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño y alta capacidad de hinchamiento.



Foto 1: Plasticidad de la caolinita.

d. Límite líquido:

Es una propiedad de las arcillas de almacenar agua, cuando hay saturación el material se comporta como un fluido. En terrenos con pendiente, el material arcilloso se satura de agua durante las lluvias

fuertes, pudiendo romper su límite líquido. En geodinámica externa se conoce como soliflucción.

e. Límite plástico:

Es cuando un material arcilloso soporta un esfuerzo deformándose. Esta deformación se rige por la ley de Young. Una vez cesado la fuerza deformante el material conserva la forma.

f. Índice de plasticidad:

Determinados el límite líquido (Wl) y el límite plástico (Wp), se puede obtener un punto representativo de cada muestra de suelo en la carta de plasticidad de Casagrande, representando la relación del límite líquido, con el índice de plasticidad (Ip) así $I_p = W_l - W_p$, representa el intervalo de humedad para pasar de estado semisólido al semilíquido.

2.2.3. Usos de la Caolinita:

a. Papel:

Como carga y recubrimiento del papel. En el acabado de papel de arte y tapiz y en papel corrugado. Reduce la porosidad y da suavidad y brillo a la superficie. Contribuye a la recepción de tinta en papel para escritura e impresión. Proporciona alta brillantez y opacidad con el mínimo recubrimiento resultando un peso extraligero.

b. Refractarios:

A causa de su elevada temperatura de fusión es adecuado para la elaboración de refractarios. En la elaboración de perfiles, bloques y ladrillos refractarios, así como en ladrillos de alta alúmina. En la elaboración de cemento refractario y resistente a los ácidos. En cajas de arcilla refractaria para cocer alfarería fina.

c. Cerámica:

En la fabricación de sanitarios, comedores, porcelana eléctrica y tejas de alto grado, vajillas, objetos de baño, refractarios y cajas de arcilla refractaria para cocer alfarería fina. Las arcillas cerámicas ofrecen buenas perspectivas para usarse en convertidores catalíticos.

d. Vidrio:

En la formulación de placas de vidrio.

e. Pintura:

En la elaboración de pigmentos de extensión para pinturas y en la fabricación de tintas. Se usa como dilatador por su inercia química, suave fluidez, facilidad de dispersión y por no ser abrasivo. En pinturas de agua con liga de aceite, a base de silicato y al temple; en pinturas para moldes de fundición; en pigmentos para el color ultramarino. Da suavidad y brillo a la superficie, mejora la durabilidad de la misma y reduce la cantidad de pigmento necesario. También proporciona resistencia a la corrosión y al intemperismo y un acabado mate.

f. Plásticos:

Es usado como relleno en hules y plásticos y auxiliar en procesos de filtración. En revestimientos plásticos para ductos y tejas plásticas. Se mezcla bien con oleoresinas en plásticos y mejora la rigidez y dureza del mismo. Proporciona suavidad, estabilidad dimensional, resistencia al ataque químico y mejora las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas de los plásticos.

g. Agroquímicos:

Forma parte de los componentes de insecticidas y pesticidas. En virtud de su alta adherencia y baja segregación es el ideal recubrimiento de abonos y fertilizantes.

h. Farmacéutica:

En la elaboración de medicamentos por ser químicamente inerte y libre de bacterias.

i. Cosméticos:

Es uno de los principales componentes de los cosméticos. Absorbe humedad, mejora las bases blancas para colores, se adhiere a la piel y tiene textura suave.

j. Material Eléctrico:

Es usado en la fabricación de cable eléctrico, en recubrimientos y aislantes eléctricos. Da resistencia térmica.

k. Caucho:

Debido a su consistencia es excelente para reforzar la dureza mecánica y resistencia a la abrasión del caucho, así como para hacerlo más rígido.

l. Hule:

En la industria del hule es usado como carga y por su resistencia a la humedad y ataque químico. Mezcla bien con el hule, le incrementa la dureza y durabilidad. Agrega fuerza y resistencia a la abrasión y rigidez.

m. Metales:

En ruedas abrasivas, para soldar cubiertas en varillas y en material de adherencia en fundición.

n. Química:

En la elaboración de productos como sulfato de aluminio, alúmina y alumbre; en catalizadores y absorbentes; en el acabado de textiles; en jabón, recubrimientos, curtiduría y productos de asbesto; en ruedas abrasivas, como material de adherencia en fundición y para soldar cubiertas en varillas. Por su contenido de alúmina y sílice se utiliza en la producción de aditivos de cemento y fibra de vidrio.

o. Forraje:

Para forraje se usa molido entre 60 y 80 mallas.

2.2.4. Análisis de Difracción de RAYOS X:

La difracción de rayos X puede proporcionar información detallada de la estructura tridimensional en estado sólido de muestras cristalinas de compuestos orgánicos, inorgánicos y órgano-metálicas, consistiendo en la descripción geométrica en términos de distancias y ángulos de enlace, ángulos de torsión, etc.

El laboratorio de Rayos X está equipado con un difractómetro SHIMADZU, donde se realizan análisis mineralógicos de rocas, arenas, minerales, sedimentos, etc. La difracción de rayos X es una técnica muy versátil para el análisis cualitativo y cuantitativo de compuestos cristalinos.



Foto 2: Difractómetro para Rayos X.

2.2.5. Código para la Certificación de Recursos y Reservas Mineras

Este código sintetiza la práctica actual de la industria minera con respecto a estándares y normas que se aplican a prospectos, recursos, y reservas mineras con el propósito de informar públicamente sobre instrumentos financieros derivados de estos activos mineros en los mercados de capital.

Estas normas siguen lineamientos ya adoptados y aplicados por mercados de capitales de países que se distinguen por contar con sectores mineros dinámicos y pujantes como son los de Australia, Canadá, Sudáfrica, el Reino Unido, y otros.

La clasificación, debido a que es una función económica, está controlada por estatutos, regulaciones y normas de mejores prácticas de la industria. Existen varios esquemas de clasificación a nivel mundial, la clasificación canadiense del CIM, el Código del Comité Conjunto de Australasia para Reservas de Mena (en inglés: Australasian Joint Ore Reserves Committee Code, JORC) y el Código Sudafricano para el Reporte de Recursos y Reservas Minerales (en inglés: South African Code for the Reporting of

Mineral Resources and Mineral Reserves, SAMREC), son los estándares generales. (<http://web.archive.org/web/http://www.samcodes.co.za> The South African SAMVAL and SAMREC Codes).

2.2.6. Recursos y Reservas Mineras bajo el Código JORC

Dado que en el mercado existe mucha confusión por parte de los no especialistas sobre las definiciones de recursos y reservas minerales y para evitar la proliferación de reportes geológicos sin sustento técnico, la comunidad especializada ha creado reglas de juego precisas para hacer la estimación de recursos y reservas mineras de manera aceptable para el mercado internacional principalmente bursátil con la aplicación del Código JORC y el uso de los servicios de profesionales calificados (QPs) para la elaboración de dichos reportes. Para entender con mayor claridad estos conceptos vamos a describir el significado de recursos y reservas con sus diferentes clasificaciones bajo la especificación internacional:

Se denomina recursos minerales a aquellos volúmenes de mineral con su respectiva ley o contenido metálico que han sido estimados por medio de procesos de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones que pueden representar geoestadísticamente a un cuerpo mineralizado.

- **Los Recursos Inferidos:** son aquellos que tienen un bajo grado de confianza geoestadística pues han sido inferidos a base de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones puntuales y aisladas que no pueden ser corroboradas en continuidad geológica y contenido metálico con los lugares más próximos y cercanos.
- **Los Recursos Indicados:** son aquellos que tienen un aceptable grado de confianza geoestadística sobre la base de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones cuyo geoespaciamiento es de naturaleza considerable por lo que puede asumirse pero no confirmarse continuidad geológica y contenido metálico.
- **Los Recursos Medidos:** son aquellos que tienen un alto grado de confianza geoestadística sobre la base de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones cuyo

geoespaciamento es lo bastante cercano para concluir continuidad geológica y contenido metálico.

En este contexto se denomina Reserva Probable a la fracción de los recursos indicados que es económicamente minable luego de la incorporación restricciones técnicas, ambientales, económicas, sociales y operacionales.

De igual forma se denomina Reserva Probada a la fracción de los recursos medidos que es económicamente minable luego de la incorporación restricciones técnicas, ambientales, económicas, sociales y operacionales.

Estas definiciones explicadas en forma simple han permitido lograr una mayor transparencia y seguridad profesional en la estimación de recursos y reservas minerales para información de los principales mercados del mundo. Cordova. M.A. (2013).

El uso de herramientas matemáticas de geoestadística soportadas en software especializado ha permitido lograr precisión en la estimación de reservas que pueden ser firmadas por un QP y ha permitido una mejora sustancial en la calidad del planeamiento de minado para las empresas mineras lográndose transparencia y confiabilidad de la información presentada en los reportes técnicos que van al mercado para tranquilidad de los inversionistas y de todas las partes interesadas. Es un gran avance en la normalización de este importante tema. (<http://web.archive.org/web/http://www.samcodes.co.za> The South African SAMVAL and SAMREC Codes).

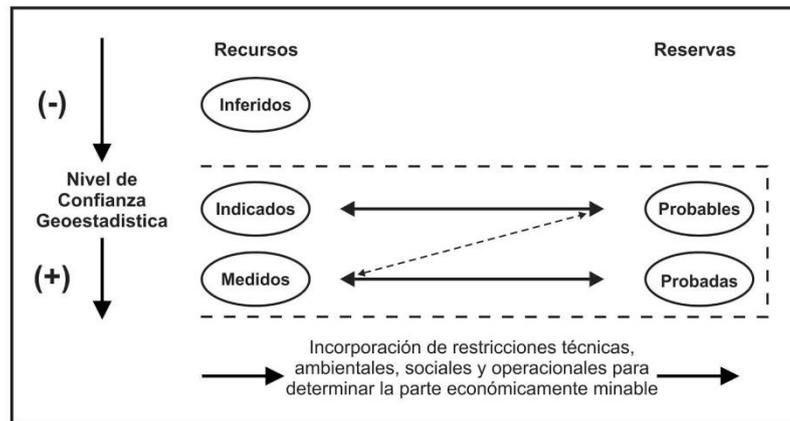


Imagen 2: Recursos y Reservas Minerales - Código JORC.

Fuente: Cordova. M.A. (2013).

2.2.7. Métodos de estimación de reservas

La estimación de las reservas es una actividad fundamental para cualquier proyecto minero. Esto debido a que los proyectos mineros requieren un gran flujo de capital de inversión, generalmente proveniente de diversas fuentes de financiamiento. Sin embargo, se debe tener un alto grado de exactitud y conocimiento de la cantidad de mineral a ser extraído y determinar el grado de beneficio a ser alcanzado con el proyecto. La estimación o cálculo involucra “no sólo la evaluación del tonelaje y tenor de un depósito sino también la consideración de los aspectos técnicos y legales para la minería del depósito, beneficio mineral y venta del producto”. López y Aduvire (1994).

Existen dos grupos de métodos para la estimación de reservas: los Geométricos o convencionales y los Geoestadísticos. Las estimaciones de reservas con métodos convencionales, normalmente se usan en planos o secciones transversales con información que incluye perforaciones o sondeos, valores de muestreos e interpretación geológica del yacimiento.

Estos métodos clásicos tienen la ventaja de ser sencillos en su construcción y cálculo. Sin embargo, presentan varias desventajas particularmente en la precisión y realismo de las evaluaciones. Las desventajas en la precisión se deben mayoritariamente a que generalizan el comportamiento de una zona, que puede llegar a ser amplia, basándose sólo en los resultados de uno o pocos sondeos o perforaciones cercanas.

Esta limitación es muy importante cuando se realizan estimaciones de yacimientos muy irregulares o diseminados que pueden presentar grandes variaciones en cortas distancias. A pesar de esto son métodos prácticos y aplicables para hacer estimaciones económicas de reservas en yacimientos con geometrías regulares. López y Aduvire (1994).

Los métodos geométricos o convencionales son los siguientes:

- 1) Método de los perfiles o secciones.
- 2) Método de los triángulos (Area incluida).
- 3) Método de los polígonos (Area extendida).
- 4) Método de las isolíneas.
- 5) Método de bloques.
- 6) Método de Inverso a la distancia.

2.2.8. Muestreo.

Es la acción de recoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo ó la técnica empleada en esta selección ó la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada, para inferir el valor de una ó varias características del conjunto.

El proceso del muestreo es un conjuntode trabajos encaminados a determinar la composición (cuantitativa y cualitativa) de los componentes útiles e impurezas del mineral.

Este proceso comprende:

- Selección y recojo de las muestras
- Tratamiento de las muestras
- Ensayo de las muestras

2.2.9. Mercado del caolín

2.2.8.1 Mercado Internacional

La producción americana de caolín en 2011 se estimó en 5,480 miles de toneladas, 2% Superior a 2010. Los principales usos del caolín en Estados Unidos fue como sigue: papel, 44% y otros usos, 56% (pintura, fibra de vidrio, hule).

Tabla 2: Producción del caolín en Estados Unidos.

Estadísticas de Estados Unidos						
Miles de toneladas						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011e/
Producción	7,470	7,110	6,740	5,290	5,370	5,480
Importación	303	194	330	281	239	300
Exportación	3,540	3,300	2,960	2,290	2,470	2,500
Consumo Aparente	4,233	4,004	4,110	3,281	3,139	3,280
Precio promedio, dólares por tonelada	131	135	134	135	146	150

e/ Estimado
Fuente: Mineral Commodity Summaries 2012

Tabla 3: Producción mundial de Caolín.

Miles de toneladas		
PAÍS	2010	2011e/
EU	5,370	5,480
Brasil	2,000	2,050
Uzbejistán	5,500	5,500
República Checa	3,490	3,550
Alemania	4,500	4,500
Ucrania	1,120	1,120
Italia	641	645
México	120	120
España	485	485
Turquía	800	650
Reino Unido	900	900
Otros	8,170	8,300
Total mundial (redondeado)	33,100	33,300

e/ Estimado
Fuente: Mineral Commodity Summaries 2012

2.2.8.2 Mercado Nacional

En Perú la empresa con más presencia en la comercialización de minerales no metálicos, así como el caolín, es la empresa COMACSA Cia minera, Agregados Calcáreos S.A.

En COMACSA, considerando sus necesidades específicas de negocios, ponemos a su disposición cuatro variedades de caolín, para ajustarnos mejor a sus requerimientos particulares.

- **Caolín PZ 400:**

De importantes cantidades de dióxido de silicio y alúmina, el caolín PZ400 es un producto resistente a altas temperaturas y granulometría precisa para realizar mezclas, que le ofrece muchos beneficios si está en la industria de la cerámica, las pinturas, el jebe, los adhesivos o el curtiembre. Usado para la formulación de esmaltes cerámicos de color, para dar cuerpo a sus adhesivos, viscosidad y flotabilidad a sus pinturas látex, rigidez y peso a sus piezas de caucho, o para sellar estrías y grietas en el cuero.

Este producto es utilizado en los siguientes sectores: Cerámica, Pinturas, Adhesivos, Jebe, Curtiembre.

- **Caolín PZ 600:**

De partículas más finas y color más blanco que el caolín PZ 400, esta variedad de caolín permite el ahorro en costos de formulación sin sacrificar la concentración de dióxido de silicio y alúmina. El caolín PZ 600, es un excelente extendedor de pigmentos para la formulación de sus pinturas, permitiendo por su color claro, tonos más limpios. Asimismo, trabaja muy bien con el dióxido de Titanio; resulta por su composición, altamente útil para formular esmaltes cerámicos transparentes; y en la producción de diversos abrasivos y adhesivos blancos o de colores claros, manteniendo su viscosidad.

Este producto es utilizado en los siguientes sectores: Cerámica, Pinturas, Adhesivos, Abrasivos y Pulidores.

- **Caolín Coloidal:**

Sumamente puro y con un alto contenido de Alúmina, el Caolín coloidal de COMACSA es el insumo ideal para el cuidado de los animales, ya sea que su negocio sean los alimentos o la veterinaria. Úselo como astringente en sus mezclas y formulaciones para combatir la diarrea; o directamente sobre la comida de las aves, si está encargado del cuidado de ganado avícola.

Este producto es utilizado en los siguientes sectores: Alimentos Balanceados, Laboratorios Veterinarios.

- **Caolín Éter HMC:**

Diseñado con propiedades excelentes para ayudarle a dar rigidez y peso a sus piezas de caucho, elcaolín éter HMC de COMACSA es un silicato de aluminio con una alta concentración de alúmina, que por ser un material fino puede mezclarse mejor con otros polvos, sin dejar de ser más grueso que las cargas reforzantes. Es a la vez la opción que busca si lo que quiere es economizar en sus fórmulas, elaborar cauchos de menor dureza; o si necesita ayuda en el acomodo de los materiales al realizarse mezclas de materiales para su posterior vulcanizado.

Este producto es utilizado en los siguientes sectores:
Jebe.

2.3. Definición de Términos Básicos

- Absorción: Cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad.
- Adsorción: Cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato.
- Aerosol: Suspensión de partículas ultramicroscópicas de sólidos o líquidos en el aire u otro gas.
- Agradación: Fijación de iones.
- Alteración: Cualquier cambio en la composición mineralógica de una roca producido por medios químicos o mecánicos, especialmente por la acción de soluciones hidrotermales. Bates and Jackson (1980).
- Caolín: Arcilla blanca, resultado de la alteración química de los feldspatos de las rocas ígneas por acción de la hidratación.
- Coloide: Los coloides son mezclas intermedias entre las soluciones y las mezclas propiamente dichas. Sus partículas tienen un tamaño comprendido entre $1\text{m}\mu$ y 1μ de diámetro. Sus componentes se denominan fase dispersa y medio dispersante.
- Clorita: Silicato de magnesio, $(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \text{Mg}_3 (\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}_3 (\text{OH})_6$, cristales pseudo hexagonales tabulares prismáticos del sistema monoclínico, parecida a las micas. Producto de la alteración de los silicatos aluminicos y de metamorfismo (esquistos cloritosos), clorita significa verde.

- Degradación: es la descomposición de materia ya sea orgánica u orgánica, en la cual a lo largo del tiempo (según el material del que está hecho) pasa por fases de descomposición, pudrimiento o como se le quiera decir y que al estar completamente degradado se descomponen sus restos y desaparece.
- Desvitrificación: Desvitrificación es la acción de desvitrificar. Que consiste en hacer que el vidrio pierda su transparencia por la acción prolongada del calor.
- Diáspora.- Hidróxido de aluminio $Al(OH)_3$. Cristales tabulares o aciculares del sistema rómbico, se presenta generalmente en agregados foliáceos y estalactíticos, se presenta en las bauxitas diagenizadas y en ambientes metamórficos.
- Difracción: Desviación del rayo luminoso al rozar el borde de un cuerpo opaco.
- Difractómetro.- Instrumento que analiza el polvo de los minerales por medio de patrones de difracción de rayos X.
- Edafológico: Ciencia que trata de la naturaleza y condiciones del suelo, en su relación con las plantas.
- Esmectitas: Variedad de montmorillonita.
- Exfoliación: Propiedad de las rocas de separarse en forma de láminas. Cuando se refiere a minerales es sinónimo de clivaje.
- Féreo: De hierro o que tiene sus propiedades.
- Filosilicatos: Silicatos de estructura hojosa. Subclase de silicatos, cuya estructura está formada por capas bidimensionales indefinidas de tetraedros $(SiO_4)_4$ unidos unos con otros por los tres vértices comunes, semejando una red hexagonal a manera de colmena.
- Fisiografía: La Fisiografía hace referencia al estudio de la interrelación del clima, la geología, morfología, origen y edad de los materiales rocosos, la hidrología e indirectamente los aspectos bióticos en la extensión que estos inciden en el origen de los suelos y/o en su aptitud de uso y manejo del suelo.
- Geomembranas: Plásticos manufacturados, como polietileno de alta densidad o polipropileno, entre otros). Es impermeable.
- Geotextiles: Es permeable, de modo que permite a la bentonita hinchar, produciendo la barrera de sellado compactada.
- Gibbsita.- Especie similar de la diáspora, $Al(OH)_3$.
- Hectorita: Variedad de Montmorillonita.
- Illita: Silicato de Al, Fe, Mg y K. Es la alúmina más común de las arcillas marinas recientes.

- Incidencia: Acontecimiento que sobreviene en el curso de un asunto o negocio y tiene con él alguna conexión.
- Límnicos: Término que se refiere a las condiciones reinantes en los lagos y lagunas.
- Montmorillonita: Es una variedad de caolín, arcilla perteneciente al grupo de los filosilicatos, es alumínica, sódica, magnesiana, de aspecto terroso pulverulento, escamosa, untuosa al tacto, color blanco a gris, tiene la propiedad de aumentar su volumen hasta 16 veces por absorción de agua.
- Pelets: Aglutinación de partículas finas en forma de bolas. La peletización (formación de bolas) es muy usada en la industria del hierro y del carbón. La aglutinación se realiza con la ayuda de materiales aglutinantes como la alúmina y la bentonita.
- Pelítica: Textura fina, referida esencialmente a las rocas argiláceas.
- Pilarización: Consiste en introducir, en el espacio interlaminar de una esmectita, un polímero muy voluminoso que, tras calcinación, da lugar a un óxido estable que determina una porosidad fija y permanente de tamaño controlado.
- Plasticidad: es una propiedad mecánica de algunas sustancias, capaces de sufrir una deformación irreversible y permanente cuando son sometidas a una tensión que supera su rango o límite elástico.
- Refractario: Que resiste la acción del fuego sin alterarse.
- Reología: Estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos.
- Reológicas: Es la ciencia que analiza el comportamiento de las rocas ante determinado tipo de presiones y su respuesta a la elasticidad, rigidez y plasticidad.
- Repositorio: Lugar donde se guarda algo.
- Reticular: De forma de redcilla o red.
- Sonoridad: La sonoridad es una medida subjetiva de la intensidad con la que un sonido es percibido por el oído humano. Es decir, la sonoridad es el atributo que nos permite ordenar sonidos en una escala del de mayor intensidad al de menor intensidad.
- Soliflucción.- Descenso violento de grandes volúmenes de arcilla, lodo, arena y otros materiales debido a la saturación rápida de agua, convirtiéndolos de materiales sólidos en flujos (semilíquidos) los cuales se desplazan violentamente a través de las pendientes ocasionando graves daños (aluviones, huaycos).

- Zeolitas: Son aluminosilicatos de composición parecida a los feldespatos. Se forman cerca de las fuentes termales y de las rocas volcánicas.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Realizando una evaluación económica, si es factible la explotación de arcillas tipo caolinita en la concesión minera Rumicucho, distrito Llacanora- Cajamarca.

3.2. Variables

- ✓ Independientes:
 - Valor económico del mineral
 - Reservas probables
 - Modelo CASH FLOW
- ✓ Dependientes:
 - Evaluación económica (código NIIF)

3.3. Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Valor económico del mineral	Independiente	Es el monto necesario para la producción de un bien económico (es decir, que tiene valor de uso) en un determinado nivel de desarrollo.	Mercado de minerales	Lima
			Distribución y producción	Volquetes de 20 m ³
			Volumen	m ³
			Precio en el mercado	\$/TM o S/TM
Reservas Probables	Independiente	Las reservas probables, son más inciertas, generalmente se asocian a zonas de los campos productores que están alejadas de las reservas probadas que ya existen y de las que se conoce poco.	Cut off	Ley (%)
			Cubicación del yacimiento	Toneladas
Modelo CASH FLOW	Independiente	El flujo de caja es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa.	Ingresos netos de la actividad productiva	Nuevos soles
			Egresos para la actividad productiva	Nuevos soles

Evaluación económica	Dependiente	La evaluación constituye un balance de las ventajas y desventajas de asignar los recursos asignados para su realización. Esta evaluación es definir el proyecto desde un punto de vista económico	Inversiones	Nuevos soles
			Costos	Nuevos Soles
			Beneficios	Ganancias monetarias (nuevos soles)

CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL

4.1. Aspectos Generales:

4.1.1. Ubicación:

Política:

Políticamente el área se ubica según el siguiente cuadro:

Tabla 4: Ubicación política de la zona de estudio.

REGIÓN	CAJAMARCA
PROVINCIA	CAJAMARCA
DISTRITO	LLACANORA
CASERÍO	HUAYRAPONGO

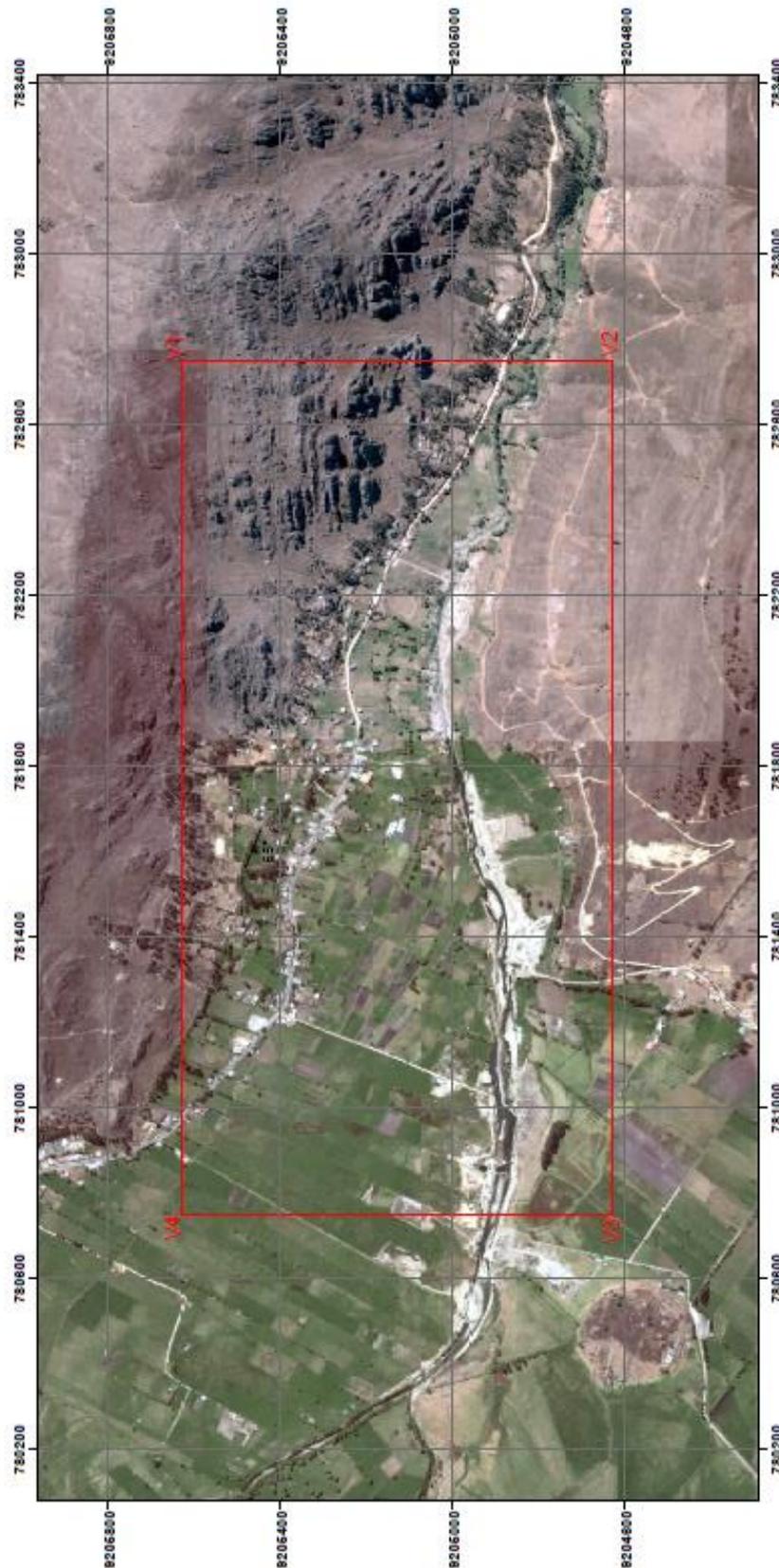


Imagen 3: Imagen satelital de la concesión Rumicucho.

Región y Provincia Cajamarca:

El departamento de Cajamarca está situado en la zona nor-andina, presenta zonas de sierra y selva. Limita por el norte con Ecuador; por el sur con La Libertad; por el oeste con Piura, Lambayeque y La Libertad y por el este con Amazonas. Su capital Cajamarca, es una ciudad ubicada en el valle interandino del mismo nombre, la ciudad se puede divisar desde la colina Santa Apolonia. Cajamarca actualmente representa el núcleo económico, turístico, comercial y cultural de la sierra norte del Perú.

Tabla 5: Ubicación de la provincia de Cajamarca.

Latitud sur:	entre paralelos 4°33'7" y 8°2'12"
Longitud oeste:	entre meridianos 78°42'27" y 77°44'20"
Densidad demográfica:	43,7 habitantes/km ²
Altura de la capital:	2.720 msnm
Número de provincias:	13
Número de distritos:	127

Distrito de Llacanora:

Está ubicado a 13 kilómetros, al sur este de Cajamarca, a orillas de la margen izquierda del río Chonta. A 2616 metros sobre el nivel del mar. Este distrito, fue creado el 02 de enero de 1857, en el segundo gobierno de Ramón Castilla. Llacanora proviene de la palabra quechua "LLACAS" que significa "deshojar maíz" o "tierra de color", o de la palabra "LLACACAY" que quiere decir "estrecho o alargado" como efectivamente es el río al abrirse paso entre los cerros Iliarco y Callacpoma.

4.1.2. Accesibilidad

La zona de estudio se encuentra ubicado a unos 15 minutos de viaje de Cajamarca Inca, al sureste de la misma, aproximadamente a unos 12 Km. de distancia de la ciudad de Cajamarca y a unos 2760 m.s.n.m. Políticamente pertenece al caserío Huayrapongo, distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca – Perú.

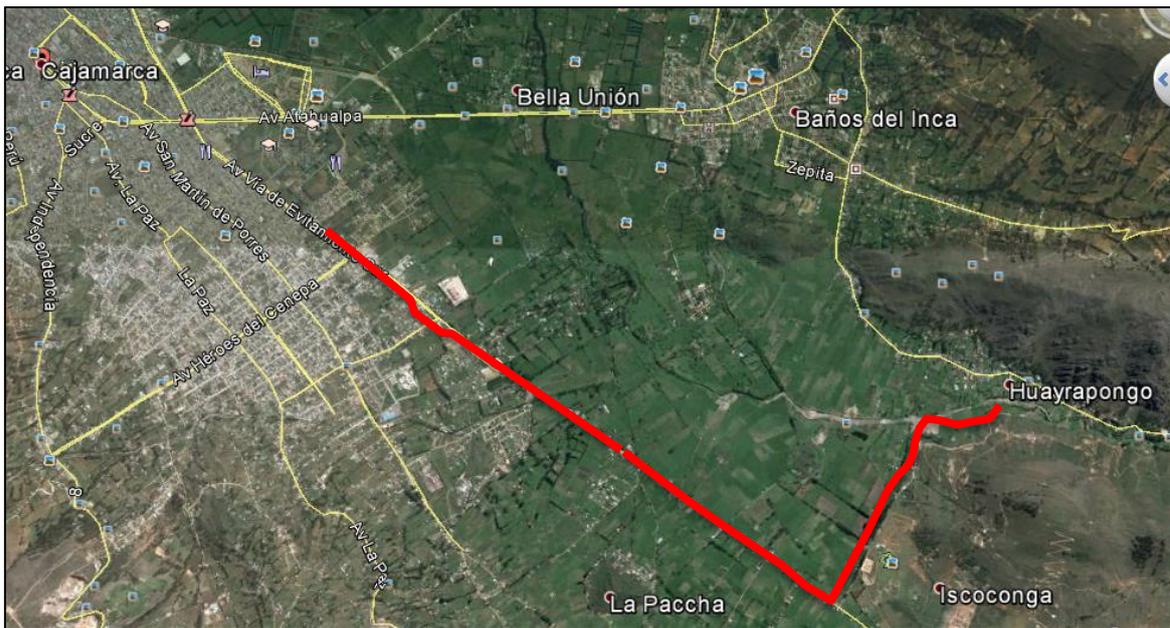


Imagen 4: Accesibilidad a la zona.

4.1.3. Geografía y Fisiografía

Relieve

En la zona de estudio se observó diferentes pendientes que caracterizan la fisiografía heterogénea del terreno. Es así en que existen pendientes suaves donde el ángulo de pendiente fluctúa entre 5° - 10° , y pendientes escarpadas que varían entre 55° - 65° lo cual posiblemente esté relacionado con el tipo de litología y los agentes meteorológicos de la zona.

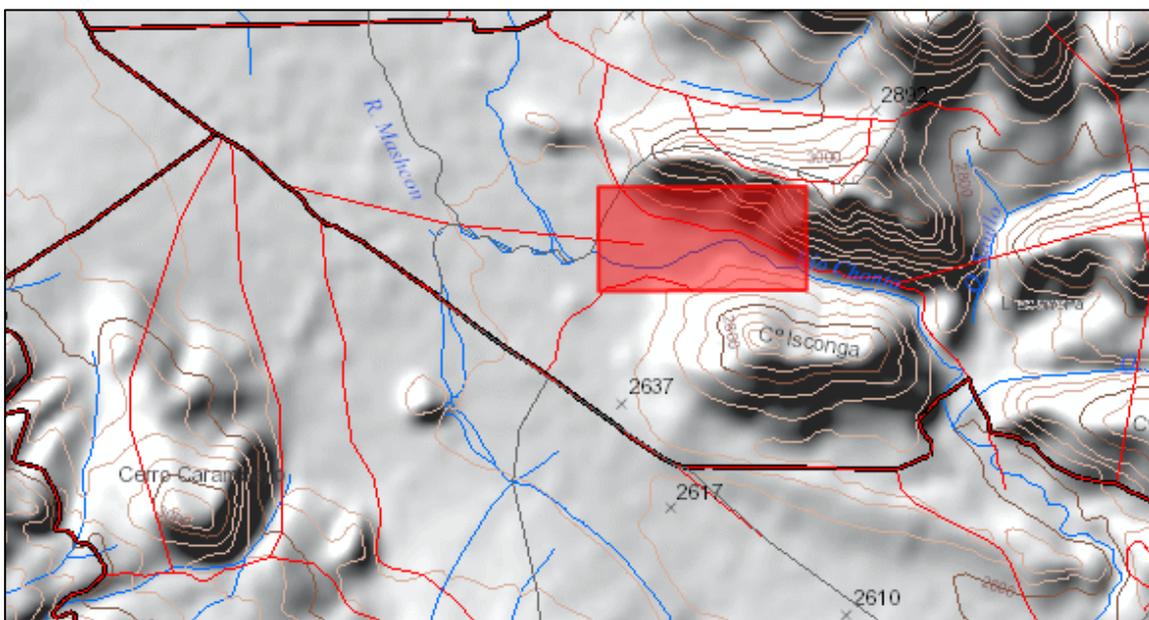


Imagen 5: Relieve de la zona.



Foto 3: Valle.



Foto 4: Pendiente de la zona.

Clima

De acuerdo con el SENAMHI a 2600 m.s.n.m. se ha registrado una temperatura media de 21°C.

Por estar en la región quechua presenta un clima templado generalmente, de enero a marzo predomina las lluvias, de marzo a julio el clima es variado y de julio a diciembre predomina el calor y por las noches cae heladas temporales.

Tomando los datos de la estación más cercana a la zona de estudio es la estación meteorológica del fundo Victoria con los siguientes datos:

Tabla 6: Datos meteorológicos de la zona.

Estación : LA VICTORIA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : CAJAMARCA			Provincia : CAJAMARCA			Distrito : LLACANORA			Ir : 2015-04 ▼			
Latitud : 7° 11' 11"			Longitud : 78° 27' 27"			Altitud : 2618						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2015	19.9	9.9							4	2		
02-Abr-2015	18.8	9.1							7.4	2.1		
03-Abr-2015	22.6	7.8							0	0		
04-Abr-2015	21.9	8.8							0	0		
05-Abr-2015	20.6	7.8							0	0		
06-Abr-2015	18.9	9.5							0	3.7		
07-Abr-2015	21.7	7.6							0	2.7		
08-Abr-2015	22.1	7.4							0	.2		
09-Abr-2015	22	8.2							0	.3		
10-Abr-2015	17.9	7.8							.2	2.8		
11-Abr-2015	20.2	7.5							0	0		
12-Abr-2015	20	8.3							0	1.3		
13-Abr-2015	20.5	9.3							.6	1.2		
14-Abr-2015	21.6	10							4.6	0		
15-Abr-2015	21.5	9.2							0	0		
16-Abr-2015	20.1	9.9							0	0		
17-Abr-2015	20.1	9							0	0		
18-Abr-2015	21.2	9.1							0	0		
19-Abr-2015	19.2	8.9							0	.1		
20-Abr-2015	19	9							0	.4		
21-Abr-2015	20.1	10.3							0	8.8		
22-Abr-2015	19.8	6.5							0	0		
23-Abr-2015	19.9	4.9							0	0		
24-Abr-2015	20.2	6.7							0	0		
25-Abr-2015	20.3	6.8							0	0		
26-Abr-2015	21.7	6							0	0		
27-Abr-2015	20.3	4.1							0	0		
28-Abr-2015	19.8	3.1							0	0		
29-Abr-2015	20.2	7.2							0	0		
30-Abr-2015	20.1	9.4							0	0		

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística
 * Información sin Control de Calidad
 * El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

4.1.4. Recursos Minerales y Geología

Geología

De acuerdo al mapa geológico pertenece al cuadrángulo de Cajamarca, Cajabamba y San Marcos (15g) la zona de estudio pertenece a la cordillera occidental.

En la zona de estudio se encuentran las formaciones geológicas Carhuaz, Santa y Farrat.

A continuación describiremos las formaciones litológicas que conforman este depósito.

- **Formación Santa (Ki-Sa):**

Litológicamente consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobreyace a la Formación Chimú e infrayace a la Formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos.

- **Formación Carhuaz (Ki-Ca):**

Litológicamente consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos (características principales para diferenciarla en el campo). Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. Consta de una potencia aproximada de 500m.



Foto 5: Areniscas de la Fm. Carhuaz.

- **Formación Farrat (Ki-f):**

Esta Formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretáceo inferior. Consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. La Formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación

Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual.

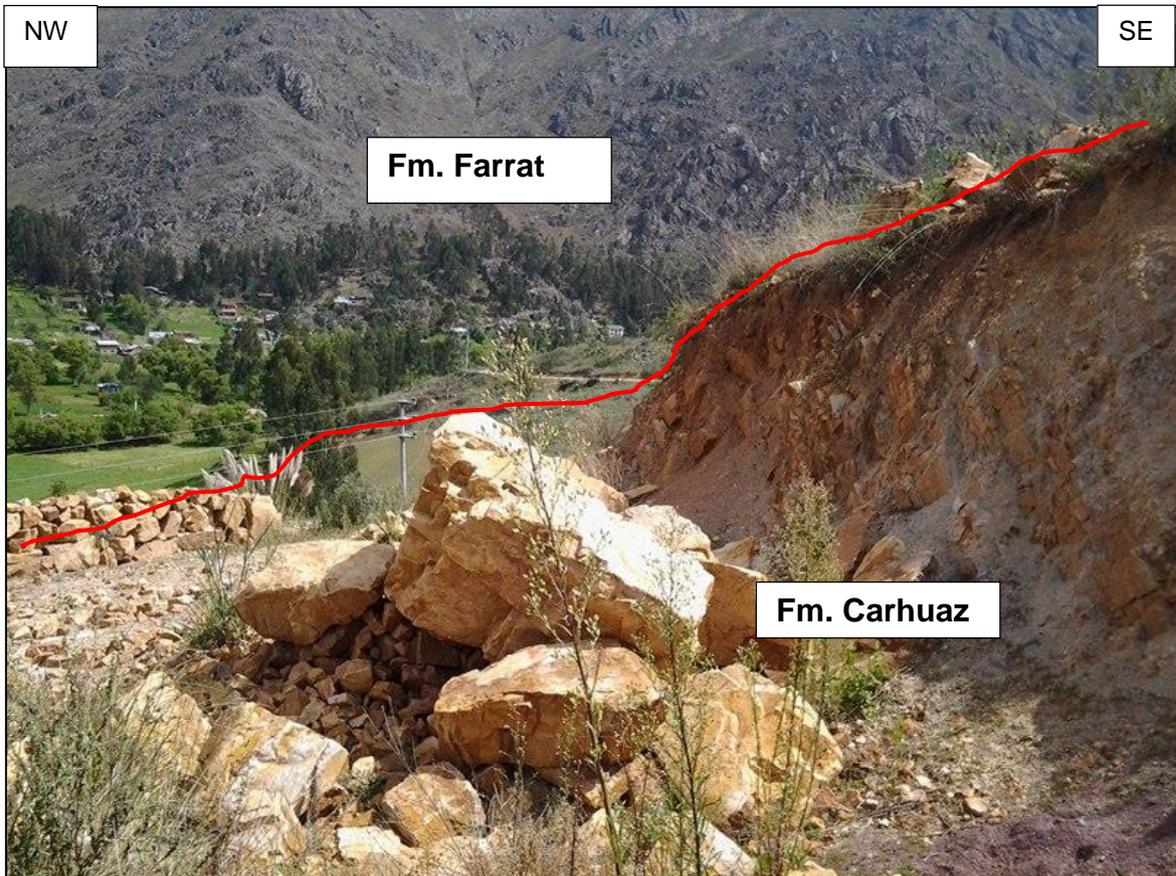


Foto 6: Fm. Farrat.

- **Depósitos cuaternarios**

- ✓ **Depósito Fluvial:**

Es el material depositado y acumulado por los ríos. El tipo de material depende del estado de desarrollo del valle por donde discurre el río, así como del lugar de donde es arrancado el material, del lugar donde es depositado, y también depende de la carga fluvial.



Foto 7: Depósitos Fluviales.

✓ **Depósitos Aluviales:**

Materiales depositados en las depresiones generalmente continentales
Transportados por las aguas de los ríos.

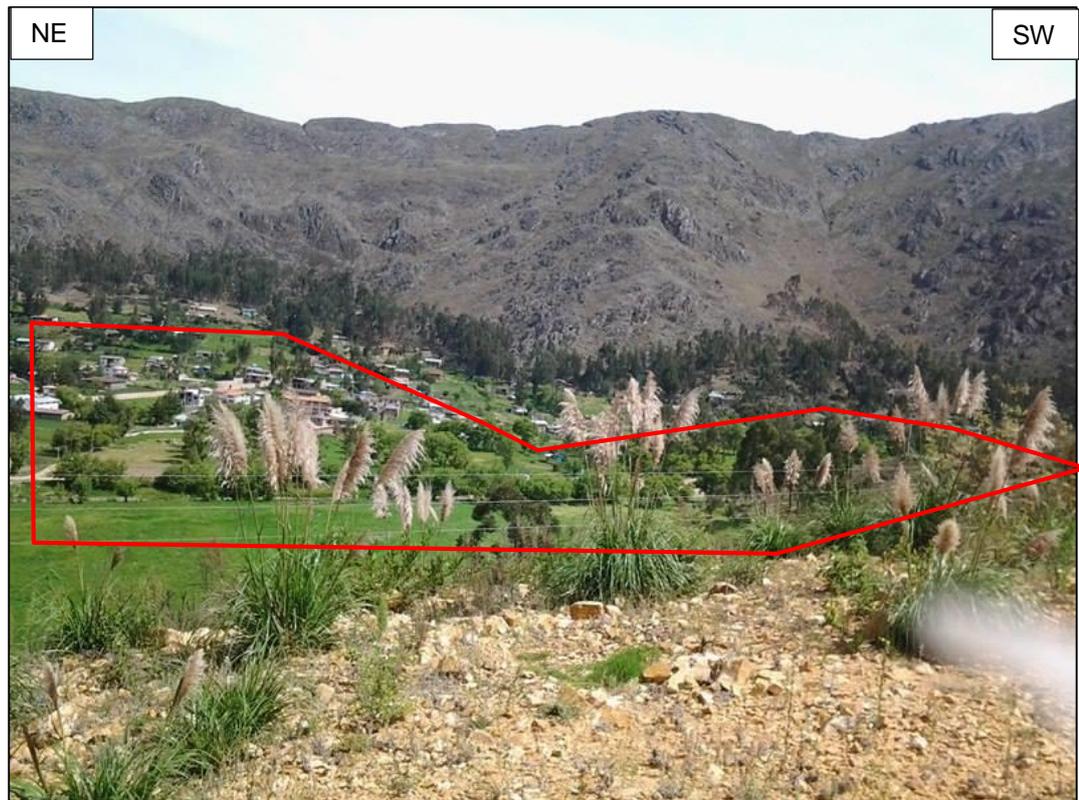


Foto 8: Depósitos aluviales.

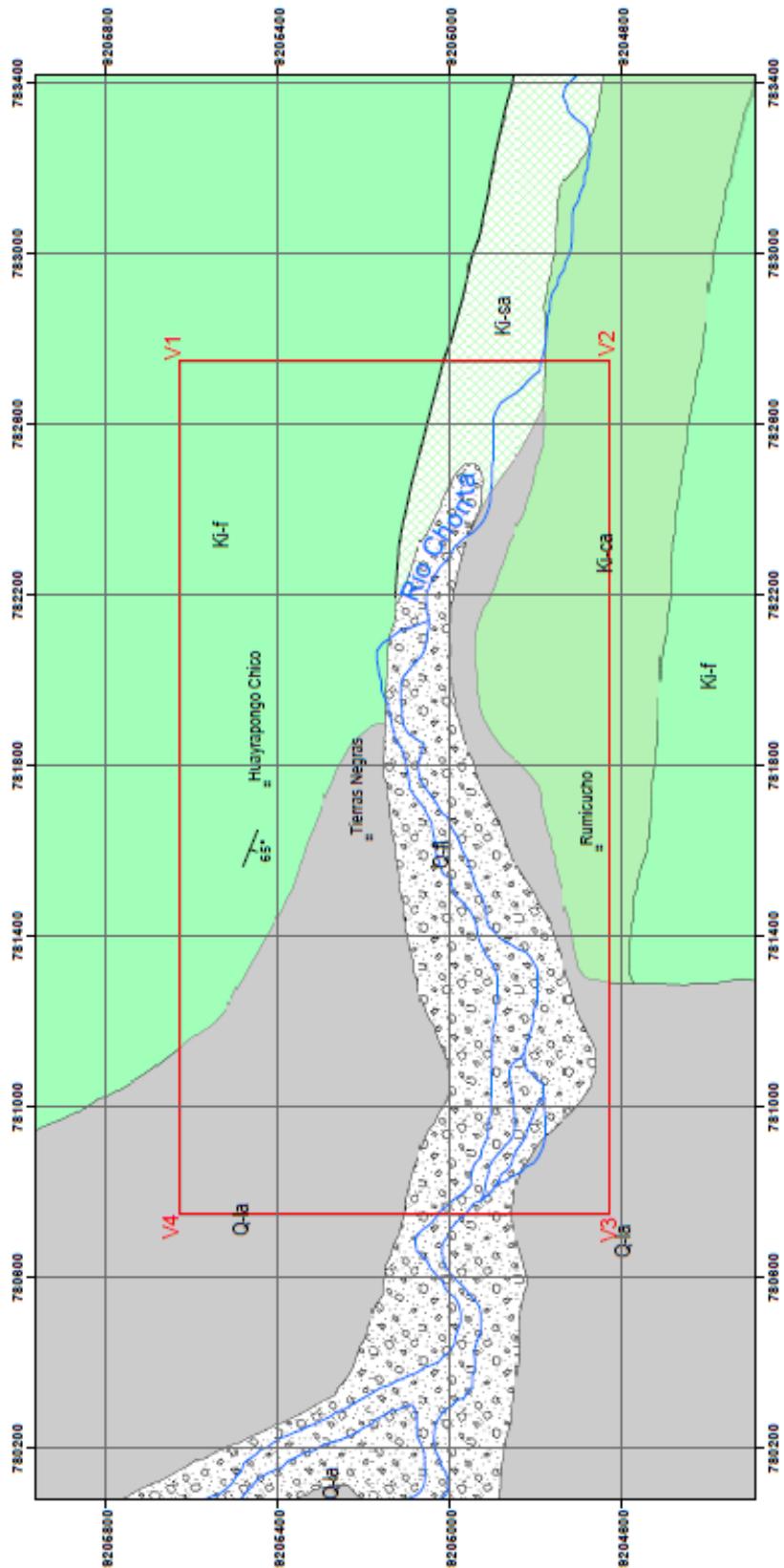


Imagen 6: Geología de la concesión Rumicucho.

4.1.5. Recursos Minerales:

Según el análisis mineralógico de las muestras el tipo de arcilla encontrado es CAOLINITA.

Descripción Mineralógica de las muestras:

Muestra 1:



DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	
COLOR	MARRÓN
RAYA	MARRÓN
LUSTRE	MATE, NACARADA
SISTEMA CRISTALINO	TRICLÍNICO
EXFOLIACIÓN	PERFECTA
FRACTURA	ASTILLOSA
DUREZA	1
DENSIDAD	2.6
MINERALES ASOCIADOS	ÓXIDOS FÉRRICOS, ÓXIDO DE MANGANESO

Muestra 2:



DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	
COLOR	ANARANJADO
RAYA	ANARANJADO
LUSTRE	MATE
SISTEMA CRISTALINO	TRICLÍNICO
EXFOLIACIÓN	PERFECTA
FRACTURA	ASTILLOSA
DUREZA	1
DENSIDAD	2.6
MINERALES ASOCIADOS	ÓXIDOS FÉRRICOS, COMO GOHETITA Y HEMATITA

Muestra 3:



DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	
COLOR	BLANQUECINO
RAYA	BLANCA
LUSTRE	MATE
SISTEMA CRISTALINO	TRICLÍNICO
EXFOLIACIÓN	PERFECTA
FRACTURA	ASTILLOSA
DUREZA	1
DENSIDAD	2.6
MINERALES ASOCIADOS	HEMATITA

Características físicas de las 3 caolinitas:

- Es blanda y no abrasiva.
- Es de color blanco o casi blanco.
- Es químicamente inerte.
- Tiene poder impermeable bueno.
- Tiene menor tamaño de grano.
- Es plástica y refractaria.
- Tiene menor capacidad absorbente.
- Se deja activar por tratamientos con ácidos.

4.1.6. Génesis de los Depósitos de Arcillas en la Zona de Estudio:

De acuerdo a la mineralogía hallada además de las condiciones a las que están sometidas nuestros depósitos de arcillas podemos concluir:

GÉNESIS DE LOS DEPÓSITOS DE ARCILLAS			
TIPO	AMBIENTE DE FORMACIÓN	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
YACIMIENTOS PRIMARIOS	Formados en la Superficie por intensa meteorización química en climas húmedos y cálidos.	Reacciones de hidrólisis de los minerales silicatados de la roca madre. Debido a procesos exógenos (bajo condiciones atmosféricas).	- Color blanco o casi blanco. - Tiene menor tamaño de grano. -Plástica y refractaria. - Se deja activar por tratamientos con ácidos.
Sub Tipo			
Caolines Residuales			
MINERALOGÍA	PRINCIPALES: Caolinita = 80% Cuarzo = 8 % Mica / Illita = 2% Sustancia orgánica = 10%	OTROS: SiO ₂ = 5 – 35 % Al ₂ O ₃ = 65 – 90 % Fe ₂ O ₃ = 0.3 – 0.4 % TiO ₂ = aprox. 1.0 % CaO + MgO = < 1.0 % K ₂ O = 0.5 – 4.0 % Na ₂ O = 0.0 – 0.75 %	ELEMENTOS PESADOS (ppm)*: Sb = 1.00 As = 13.0 Cd = 0.42 Cu = 250.0 Cr = 90.0 Hg = 0.02 Ni = 225.0 Pb = 80.0 Zn = 165.0
REACCIÓN QUÍMICA (Formación Caolinita) Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	CO ₂ + H ₂ O Acido Carbónico (Reacciona con los feldespatos induciendo a la formación de las arcillas)	Hidrólisis de anortita (plagioclasa cálcica): CaAl ₂ Si ₂ O ₈ + 2H ₂ CO ₃ + H ₂ ²⁺ + 2HCO ₃ ⁻ + Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	
		Hidrólisis de la albita (plagioclasa sódica): 2NaAlSi ₃ O ₈ + 2H ₂ CO ₃ + 9 H ₂ ⁺ + 2HCO ₃ ⁻ + Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ + 4H ₂ SiO ₄	
		Hidrólisis de la ortoclasa (feldespato potásico): 2KAlSi ₃ O ₈ + 2H ₂ CO ₃ + 9H ₂ ⁺ + 2HCO ₃ ⁻ + Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ + 4H ₂ SiO ₄	



Foto 9: Depósito de arcilla.

4.2. Análisis de Arcillas Caoliníticas:

4.2.1. Muestreo:

Es la técnica para la selección de una porción de suelo o roca a partir de una población.

Al elegir una muestra aleatoria se espera conseguir que sus propiedades sean extrapolables a la población. Este proceso permite ahorrar recursos, y a la vez obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población.

Este proceso comprende:

- Selección y recojo de las muestras
- Tratamiento de las muestras
- Ensayo de las muestras



Foto 10: Muestreo.

Tipo de Muestreo:

Las arcillas de la concesión minera no metálica Rumicucho se han muestreado mediante el Grab samples o muestreo en cancha.

Este método por ser aleatorio proporcionará una aproximación del contenido de caolinita del material, pero no representa directamente la ley del mineral.

Muestra de Arcilla:

Se han tomado 6 muestras, una porción de roca dentro del área y que se considera representativa, de manera íntegra, de todas las características petrográficas de un cuerpo rocoso. En lo posible colectamos rocas sin meteorizarse.

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS				
Método de Muestreo	Tipo de Muestreo	Tipo de Muestra	Número de Muestras	Arcillas Aparentes
Muestreo en Cancha Aleatorio	Muestreo por Puntos	Muestra de roca	06 muestras	Caolinitas

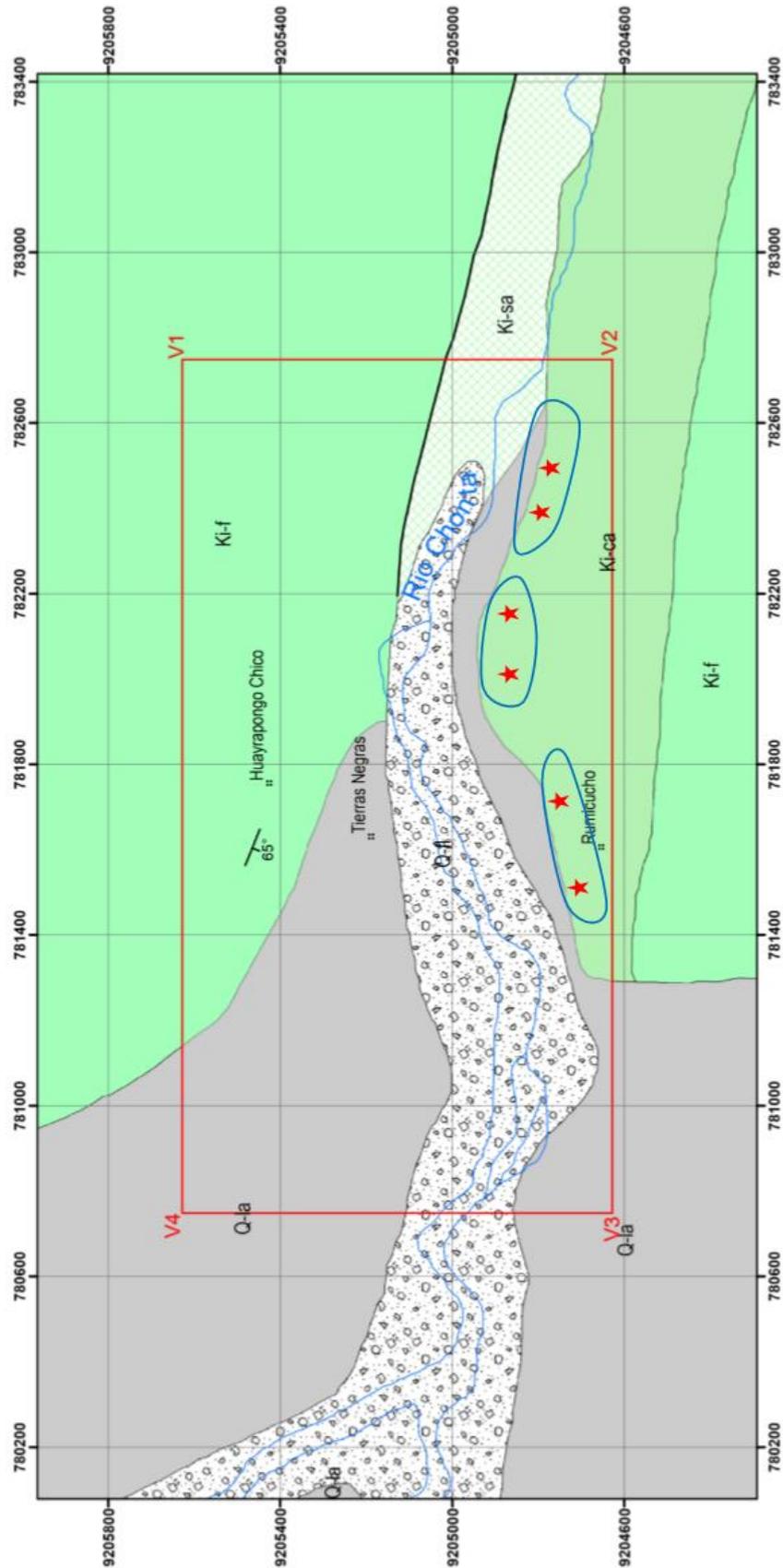
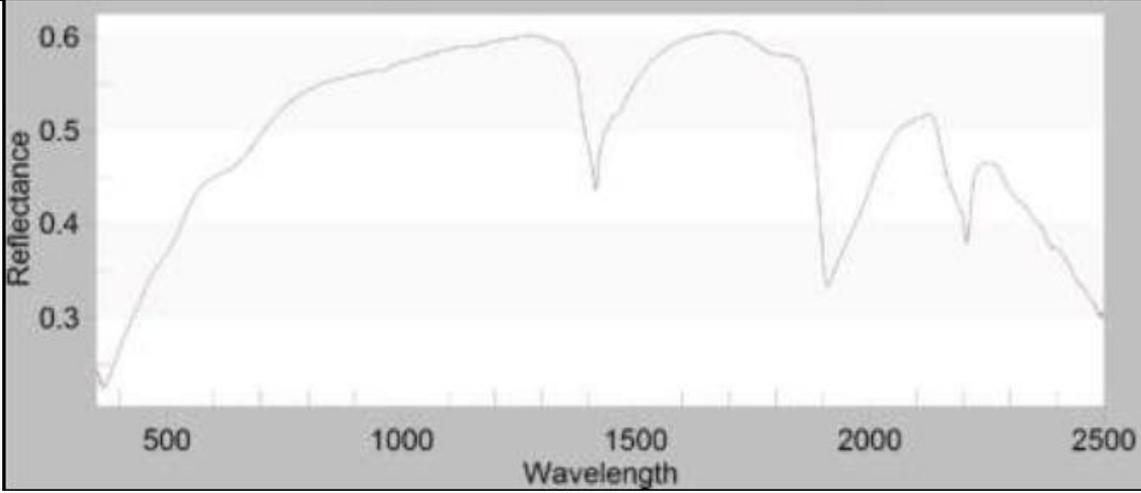


Imagen 7: Muestreo de arcillas.

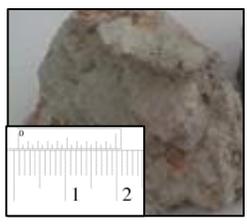
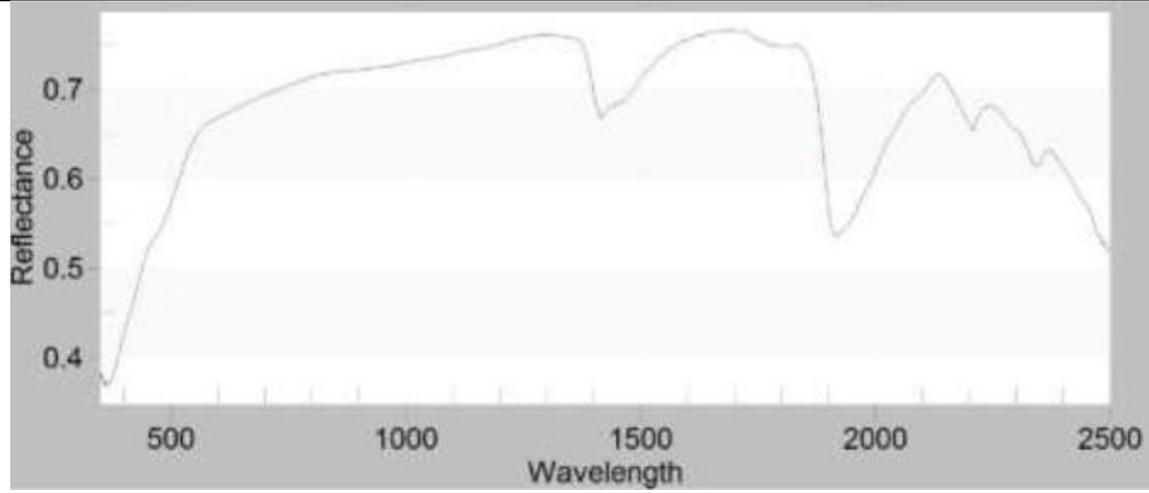
MUESTRAS PARA EL LABORATORIO				
N° DE MUESTRA	COORDENADAS UTM (WGS84)		CUADRÁNGULO	ZONA
	NORTE	ESTE		
M-01	9 204 711	781 524	15-G	17
M-02	9 204 745	781 716	15-G	17
M-03	9 204 863	782 012	15-G	17
M-04	9 204 874	782 149	15-G	17
M-05	9 204 772	782 494	15-G	17
M-06	9 204 751	782 557	15-G	17

4.2.2. Análisis Petromineralógico de Espectros Minerales:

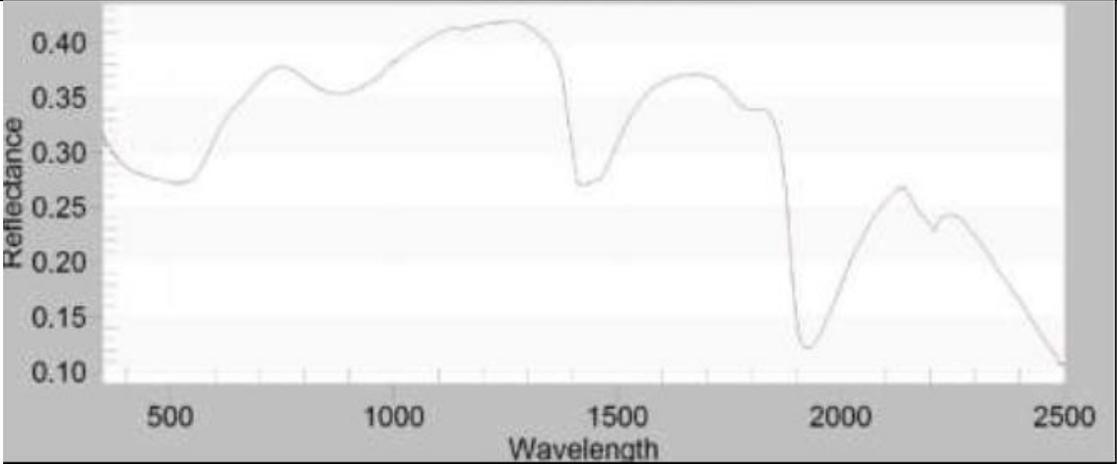
Para los análisis de laboratorio se solicitó los servicios de la empresa INGECONSULT & LAB S.R.L. que cuenta con una laboratorio especializado de petromineralogía encargado de realizar diversos estudios en el campo de la mineralogía y microscopía aplicado a la minería. También cuenta con el laboratorio de rayos X encargado de emitir reports de análisis mineralógico. De esta manera contribuye al desarrollo de los diferentes proyectos de investigación. Se solicitó entonces el análisis petromineralógico de espectro minerales y difracción de rayos X para siete muestras representativas.

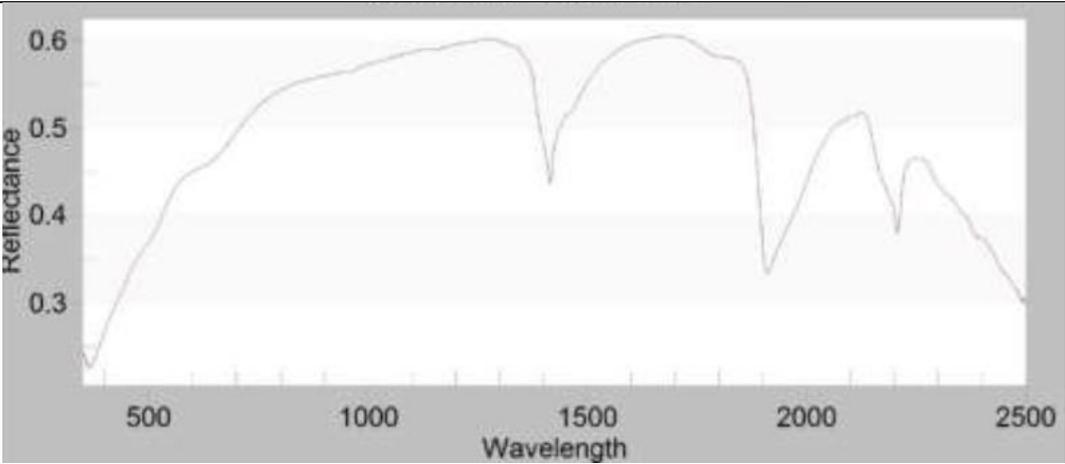
		ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	
N° MUESTRA ORIGINAL	CUADRÁNGULO	COORDENADAS	
		N	E
M - 01	15 - G	9 204 711	781 524
Características de la Muestra		Fotografía	
<p>Roca semicompacta, de coloración blanquecina, presenta escasas laminaciones.</p>			
ESPECTRO			
			
PORCENTAJE DE MINERALES DE ACUERDO A SU ESPECTRO			
MINERAL	FÓRMULA	%	
Quartz	SiO ₂	12	
Illite	K(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ ((OH) ₂)	18	
Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	70	

Fuente: Laboratorio INGECONSULT&LAB

		ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	
N° MUESTRA ORIGINAL	CUADRÁNGULO	COORDENADAS	
		N	E
M – 02	15 – G	9 204 745	781 716
Características de la Muestra		Fotografía	
<p>Roca semicompacta, de coloración blanquecina, presenta oxidaciones rojizas.</p>			
ESPECTRO			
			
PORCENTAJE DE MINERALES DE ACUERDO A SU ESPECTRO			
MINERAL	FÓRMULA	%	
Quartz	SiO ₂	3	
Hematite	Fe ₂ O ₃	14	
Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	83	

Fuente: Laboratorio INGECONSULT&LAB

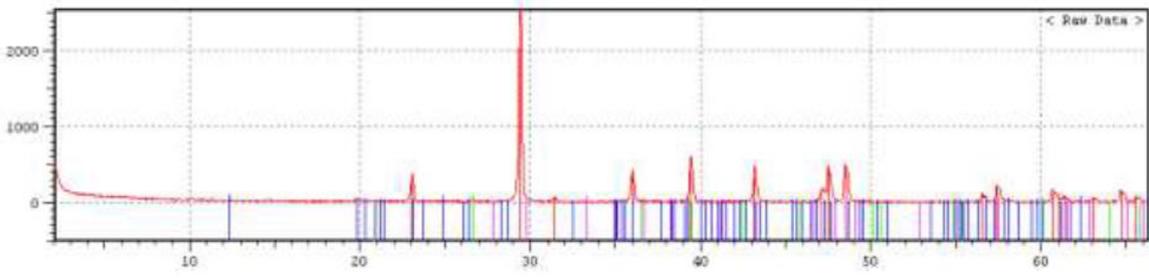
		ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	
N° MUESTRA ORIGINAL	CUADRÁNGULO	COORDENADAS	
		N	E
M – 03	15 – G	9 204 863	782 012
Características de la Muestra		Fotografía	
Roca fracturada, de coloración blanquecina.			
ESPECTRO			
			
PORCENTAJE DE MINERALES DE ACUERDO A SU ESPECTRO			
MINERAL	FÓRMULA	%	
Quartz	SiO_2	5	
Montmorilloniti	$(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	11	
Kaolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_5$	75	
Gohetite	$FeO(OH)$	9	

		ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	
N° MUESTRA ORIGINAL	CUADRÁNGULO	COORDENADAS	
		N	E
M - 04	15 - G	9 204 874	782 149
Características de la Muestra		Fotografía	
Roca fracturada, de coloración blanquecina amarillenta.			
ESPECTRO			
			
PORCENTAJE DE MINERALES DE ACUERDO A SU ESPECTRO			
MINERAL	FÓRMULA	%	
Illite	$K(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2]^{23}$		
Kaolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_5$	72	
Gohetite	$FeO(OH)$	5	

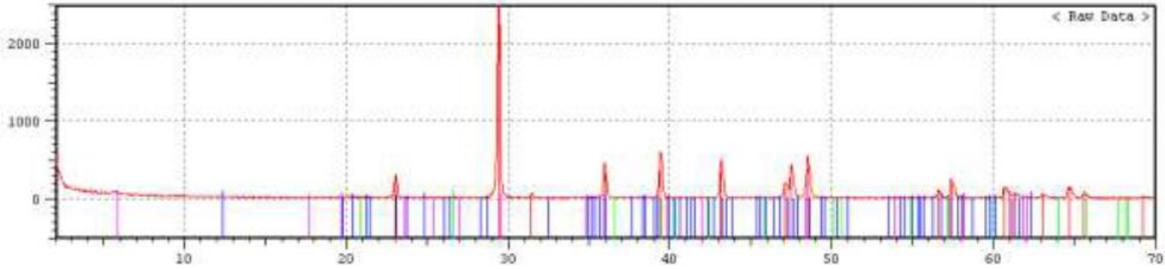
Fuente: Laboratorio INGECONSULT&LAB

4.2.3. Resultados de Difracción de Rayos X:

En la presente tesis procedemos a analizar sólo 2 muestras por rayos X, ya que el resto de muestras las hemos hecho por espectros.

		DIFRACCIÓN DE RAYOS X	
N° MUESTRA ORIGINAL	CUADRÁNGULO	COORDENADAS	
		N	E
M – 05	15 – G	9 204 772	782 494
Difracción de la Muestra			
			
MINERAL	FÓRMULA	%	
Quartz	SiO ₂	5.43	
Hematite	Fe ₂ O ₃	0.42	
Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	91.25	
Uvarovita	<i>Ca₃Cr₂(SiO₄)₃</i>	2.9	

Fuente: Laboratorio INGECONSULT&LAB

		DIFRACCIÓN DE RAYOS X	
N° MUESTRA ORIGINAL	CUADRÁNGULO	COORDENADAS	
		N	E
M – 06	15 – G	9 204 751	782 557
Difracción de la Muestra			
			
MINERAL	FÓRMULA	%	
Quartz	SiO ₂	15.32	
Montmorillonita	$(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	1.34	
Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	83.22	
Calcita	$CaCO_3$	0.12	

Fuente: Laboratorio INGECONSULT&LAB

4.3. Clasificación de Reservas

4.3.1. Reserva Probable:

Las reservas minerales se han estimado al 31 de diciembre del 2015 de acuerdo con la orientación de las normas internacionales establecidas por el Joint Ore Reserves Committee (JORC).

Para la concesión RUMICUCHO, se va a determinar sólo reservas probables que es la cantidad y ley estimada de aquellas parte de un Recurso Indicado para la cual la factibilidad económica ha demostrada por adecuada información en factores de operación, económicos, generales de ingeniería y legales. En un nivel de confianza que permitirá decisiones positivas en gastos importantes. El nivel del entendimiento geológico es para una Reserva Probable. Si el todo o una parte de un recurso indicado aparece como económico, un anterior trabajo nos llevará a estudiar en los métodos de exploración, resultados de pruebas metalúrgicas, alternativas de transporte y otras consideraciones económicas y de desarrollo de minas. Si estos estudios indican que la explotación de un yacimiento es económica y técnicamente factible, los tonelajes y ley estimados estarán calificando una Reserva Probable. La estimación de la cantidad y ley de un cuerpo mineralizado que no ha recibido un adecuado estudio económico, o cuando un estudio de factibilidad ha mostrado que no es económico, no debe ser llamada una Reserva.

4.3.2. Estimación de Potencial de Reservas

4.3.2.1. Método De Triangulación

Se utiliza el Método de la Triangulación para depósitos con pocas variaciones de potencia.

Metodología:

Se unen los sondeos, formando un mallado triangular. Cada triángulo es la base de un prisma, donde la potencia y densidad son constantes. En la concesión RUMICUCHO, no ha sido necesario realizar pozos o calicatas ya que los estratos de caolinita se encuentran visibles para la toma de su potencia.

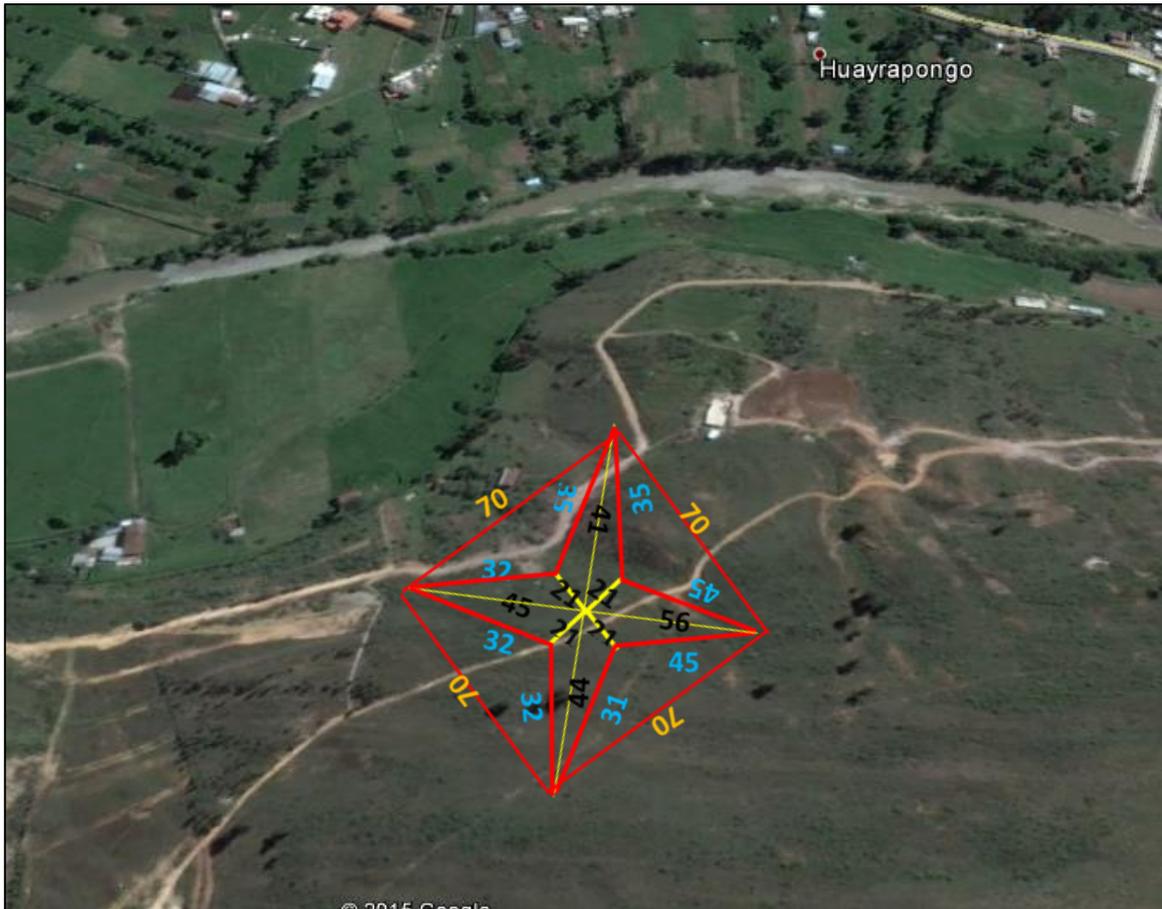


Imagen 8: Triangulación de la zona.

Cálculo de Densidad para la Caolinita:

Densidad del Afloramiento 1					
Muestra	Mineral	Fórmula	%	Densidad Teórica	Densidad Final
ESTRATO 1	Quartz	SiO ₂	12	2.6 g/cm ³	0.312 g/cm ³
	Illite	K(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ ((OH) ₂)	18	2.8 g/cm ³	0.504 g/cm ³
	Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	70	2.6 g/cm ³	1.82 g/cm ³
	TOTAL					2.636 g/cm^{3}

Densidad del Afloramiento 2					
Muestra	Mineral	Fórmula	%	Densidad Teórica	Densidad Final

ESTRATO 2	Quartz	SiO ₂	3	2.6 g/cm ³	0.078g/cm ³
	Montmorillonite	K(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) 4O ₁₀ ((OH) ₂)	14	1.9 /cm ³	0.266 g/cm ³
	Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	83	2.6 g/cm ³	2.158 g/cm ³
	TOTAL				2.502

Densidad del Afloramiento 3					
Muestra	Mineral	Fórmula	%	Densidad Teórica	Densidad Final
ESTRATO 3	Quartz	SiO ₂	14	2.6 g/cm ³	0.364 g/cm ³
	Illite	$(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	11	2.8 /cm ³	0.266 g/cm ³
	Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	75	2.6 g/cm ³	1.95 g/cm ³
	TOTAL				2.58

Densidad del Afloramiento 4					
Muestra	Mineral	Fórmula	%	Densidad Teórica	Densidad Final
ESTRATO 4	Quartz	SiO ₂	15.3	2.6 g/cm ³	0.398 g/cm ³
	Montmorillonita	$(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	1.3	1.9 /cm ³	0.025 g/cm ³
	Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	83.2	2.6 g/cm ³	2.164 g/cm ³
	Calcita	CaCO₃	0.12	2.7 g/cm ³	0.003 g/cm ³
	TOTAL				2.59

Densidad del Afloramiento 5					
Muestra	Mineral	Fórmula	%	Densidad Teórica	Densidad Final

ESTRATO 5	Quartz	SiO ₂	1	2.6 g/cm ³	0.026 g/cm ³
	Illite	Fe ₂ O ₃	15	2.8 /cm ³	0.42 g/cm ³
	Kaolinite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₅	86	2.6 g/cm ³	2.236 g/cm ³
	TOTAL					2.682

4.3.2.1.1 Potencias de Cada Estrato

POTENCIA PARA CADA ESTRATO	
P1	34 m.
P2	4 m.
P3	3 m.
P4	28 m.
P5	18 m.

4.3.2.1.2 Cálculo de la Potencia Promedio del Block:

$$Potencia_{promedio} = \frac{\sum Potencias}{\text{número de potencias}}$$

$$Potencia_{promedio (W)} = \frac{28 + 34 + 18}{3} = 26.6 \text{ m}$$

$$Potencia_{promedio (X)} = \frac{34 + 4 + 18}{3} = 18.6 \text{ m}$$

$$Potencia_{promedio (Y)} = \frac{4 + 3 + 18}{3} = 8.3 \text{ m}$$

$$Potencia_{promedio (z)} = \frac{3 + 28 + 18}{3} = 16.3 \text{ m}$$

4.3.2.1.3 Cálculo del Área del Block:

Por la fórmula de Nerón:

$$s = \frac{a + b + c}{2} \quad A = \sqrt{s(s - a)(s - b)(s - c)}$$

Área del Block w:

$$s = \frac{70 + 45 + 45}{2} = 80m$$

$$A = \sqrt{80(80 - 70)(80 - 45)(80 - 45)} = 989.95m^2$$

Área del Block X:

$$s = \frac{70 + 56 + 41}{2} = 84m$$

$$A = \sqrt{84(84 - 70)(84 - 56)(84 - 41)} = 1189.92m^2$$

Área del Block Y:

$$s = \frac{70 + 44 + 56}{2} = 85m$$

$$A = \sqrt{85(85 - 70)(85 - 44)(85 - 56)} = 1231.25m^2$$

Área del Block Z:

$$s = \frac{70 + 44 + 45}{2} = 80m$$

$$A = \sqrt{80(80 - 70)(80 - 44)(80 - 45)} = 1003.99m^2$$

4.3.2.1.4 Cálculo del Volumen del Block:

$$Volumen = \text{Área}_{Block} \times \text{Potencia}_{Promedio}$$

Volumen del Block W

$$V_W = 989.95m^2 \times 26.7m = 26398.7m^3$$

Volumen del Block X

$$V_X = 1189.95m^2 \times 18.7m = 22211.8m^3$$

Volumen del Block Y

$$V_W = 1231.25\text{m}^2 * 8.3\text{m} = 10260.4\text{m}^3$$

Volumen del Block Z

$$V_W = 1003.99\text{m}^2 * 16.3\text{m} = 16398.5\text{m}^3$$

4.3.2.1.5 Cálculo Porcentaje promedio de ley de caolinita (de acuerdo a resultados del laboratorio):

En el campo la muestra 5 y la muestra 6 se han tomado del mismo lugar; pero es necesario recalcar que se tomaron dos muestras en un solo punto ya que se los diferenció por el cambio de color de las muestras. El promedio de la muestra 5 y 6 es de 87.235.

Resultados de Laboratorio		
Muestras	% caolinita Tonelada	Ley de caolín promedio (%/TM)
M-01	70	79.08
M-02	83	
M-03	75	
M-04	72	
M-05	91.25	
M-06	83.22	

4.3.2.1.6 Cálculo de la Ley del Block:

$$\check{V} = \frac{\frac{1}{d_1^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i^2}} V_1 + \frac{\frac{1}{d_2^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i^2}} V_2 + \frac{\frac{1}{d_3^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i^2}} V_3 =$$

Ley del Block W:

$$\begin{aligned} \text{Ley del Block} &= \frac{\frac{1}{32^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{32^2} + \frac{1}{35^2} + \frac{1}{21^2}} 72 + \frac{\frac{1}{35^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{32^2} + \frac{1}{35^2} + \frac{1}{21^2}} 70 \\ &+ \frac{\frac{1}{21^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{32^2} + \frac{1}{35^2} + \frac{1}{21^2}} 87.235 \\ &= 17.32 + 14.07 + 48.72 = 80.11 \text{ %/TM} \end{aligned}$$

Ley del Block X:

$$\begin{aligned} \text{Ley del Block X} &= \frac{\frac{1}{35^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{35^2} + \frac{1}{45^2} + \frac{1}{21^2}} 70 + \frac{\frac{1}{45^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{35^2} + \frac{1}{45^2} + \frac{1}{21^2}} 83 \\ &+ \frac{\frac{1}{21^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{35^2} + \frac{1}{45^2} + \frac{1}{21^2}} 87.235 = 15.97 + 11.46 + 55.29 \\ &= 82.72 \text{ \% / TM} \end{aligned}$$

Ley del Block Y:

$$\begin{aligned} \text{Ley del Block Y} &= \frac{\frac{1}{45^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{45^2} + \frac{1}{31^2} + \frac{1}{21^2}} 83 + \frac{\frac{1}{31^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{45^2} + \frac{1}{31^2} + \frac{1}{21^2}} 75 \\ &+ \frac{\frac{1}{21^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{45^2} + \frac{1}{31^2} + \frac{1}{21^2}} 87.235 = 10.78 + 20.53 + 52.03 \\ &= 83.34 \text{ \% / TM} \end{aligned}$$

Ley del Block Z:

$$\begin{aligned} \text{Ley del Block Y} &= \frac{\frac{1}{32^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{32^2} + \frac{1}{32^2} + \frac{1}{21^2}} 75 + \frac{\frac{1}{32^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{32^2} + \frac{1}{32^2} + \frac{1}{21^2}} 72 \\ &+ \frac{\frac{1}{21^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{32^2} + \frac{1}{32^2} + \frac{1}{21^2}} 87.235 = 17.35 + 16.66 + 46.87 \\ &= 80.88 \text{ \% / TM} \end{aligned}$$

4.3.2.1.7 Cálculo del Peso del Bloque:

Densidad x Volumen (W)

$$\text{Densidad X Volumen(W)} = 2.59 * 26398.7\text{m}^3 = 54773.25 \text{ TM}$$

Densidad x Volumen (X)

$$\begin{aligned} \text{Densidad X Volumen(X)} &= 2.64 * 22211.8\text{m}^3 \\ &= 18370.4548506.39 \text{ TM} \end{aligned}$$

Densidad x Volumen (Y)

$$\text{Densidad X Volumen}(Y) = 2.50 * 10260.4\text{m}^3 = 21377.58$$

Densidad x Volumen (Z)

$$\text{Densidad X Volumen}(Z) = 2.58 * 16398.5\text{m}^3 = 34218.82$$

4.3.2.1.8 Cálculo del Tonelaje Total:

$$\text{Tonelaje Total}_{\text{Depósito}} = \sum \text{Densidad x Volumen}$$

Tonelaje con Ley_{Depósito}

$$= 68372.547 + 58639.258 + 25651.042 + 42308.139$$

$$= 194970.98$$

4.3.2.1.9 Cálculo del Volumen del Depósito:

$$\text{Volumen}_{\text{Depósito}} = \sum \text{Volumen del Block}$$

$$\text{Volumen del Depósito} = 26226.27 + 22133.07 + 10213.38 + 16365.04$$

$$= 74937.76\text{m}^3$$

4.3.2.1.10 Cálculo de la Ley Promedio Ponderado:

$$\text{Ley promedio} = \frac{\sum \text{Ley}}{\text{N}^\circ \text{ de bloques}}$$

$$\text{Ley promedio} = \frac{80.11 + 82.72 + 83.34 + 80.88}{4} = 81.76 \%/TM$$

4.3.2.2. Cuadro de Datos

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE RESERVAS										
BLOCK	POZO	ÁREA DEL BLOQUE (m ²)	POTENCIA (m)	POTENCIA PROMEDIO (m)	VOLUMEN TOTAL DEL BLOQUE (m ³)	DENSIDAD (TM/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (TM/m ³)	PESO BLOQUE (TM)	LEY DE CAOLÍN (%TM)	PESO DE CAOLIN (TM)
W	E4	989.95	28.0	26.7	26398.7	2.59	2.59	68372.547	80.11	54773.25
	E1		34.0			2.64				
	E5		18.0			2.68				
X	E1	1189.92	34.0	18.7	22211.8	2.64	2.64	58639.258	82.72	48506.39
	E2		4.0			2.50				
	E5		18.0			2.68				
Y	E2	1231.25	4.0	8.3	10260.4	2.50	2.50	25651.042	83.34	21377.58
	E3		3.0			2.58				
	E5		18.0			2.68				
Z	E3	1003.99	3.0	16.3	16398.5	2.58	2.58	42308.139	80.88	34218.82
	E4		28.0			2.59				
	E5		18.0			2.68				
TOTAL		4415.11						194970.98		158876.04

4.4. Evaluación Económica

Se ha evaluado mediante el código NIIF aprobado en 2012.

El objetivo de esta NIIF es especificar la información financiera relativa a la exploración y evaluación de recursos minerales.

Para la evaluación de la empresa Rumicucho se consideró desembolsos relacionados con la exploración y explotación que son los gastos incurridos por una empresa Rumicucho S.R.L.

Mediante la exploración y evaluación de arcillas tipo caolinita, se demostrará la factibilidad técnica y la viabilidad comercial de la extracción caolinita.

4.4.1. Flujo de Caja (CASH FLOW)

La minería no metálica cuenta con costos más baratos que la minería metálica.

Teniendo en cuenta que no se usará explosivos, en maquinaria solo se contará con una retroexcavadora y personal obrero.

La empresa minera RUMICUCHO solo explotará el material arcilloso, el transporte correrá por cuenta del comprador.

Por tanto, consideramos:

4.4.1.1. Cálculo de vida útil:

$$\text{Vida Util en años} = \frac{194\,970.98 \text{ TM}}{800 \text{ TM/mes}} = \frac{76.36 \text{ mes}}{12 \text{ mes/año}} = 20.31 \text{ años}$$

Por tanto la cantera RUMICUCHO tiene una vida útil de 20.31 años, produciendo 800 Tm mensuales de caolinita.

El precio de la caolinita por tonelada es de 35 soles en cantera (según COMACSA AGREGADOS CALCÁREOS).

4.4.1.2. Flujos entrantes y Salientes:

- Si el tonelaje es de 194970.98 Tm y el precio de la tonelada en cantera es de 35 soles. Implica un ingreso de 6 823 984.3 soles, en los 20.31 años de explotación.
- Los flujos salientes son los gastos que va a realizar la empresaal explotar la caolinita. Se contará con 2 obreros, un operador de excavadora.también se invertirá en la licencia legal, ambiental y plan de minado requeridos por la Dirección Regional de Minas.
- Cada obrero tiene un sueldo de 800 soles mensuales, por tanto los tres obreros en 20.31 años costaría 389952 soles.
- El operador de excavadora gana 1200 soles mensuales, en los 20.31 años costaría 292464 soles.
- El mantenimiento de concesión entre pagos al estado implica una inversión de 300,000 soles en los 20.31 años.
- Estimamos gastos adicionales de 100,000 soles como emergencias.

Por tanto mi flujo saliente es de 1 082 416 soles.

$$\text{Cash Flow} = \text{Flujos entrantes} - \text{Flujos salientes}$$

$$\text{CASH FLOW} = 6\,823\,984.3 - 1\,082\,416$$

$$\text{CASH FLOW} = 5\,741\,568.3 \text{ Soles}$$

AÑO	0	1	2	...	...	...	20	TOTAL
Inversión Fija	300 000							
Ingreso Annual		335 991.35	335 991.35	...	...	...	335 991.35	
Costo de operaciones		53 294.73	53 294.73	...	...	...	53 294.73	
FLUJO DE CAJA	-300 000	282 696.62	282 696.62	...	...	...	282 696.62	5 741 568.3

4.4.1.3. Método para el Cálculo de la Evaluación Económica: Método del Período de Recuperación de la Inversión o Payback

$$Payback = \frac{-C_n}{C_p} + N_p$$

Dónde:

N_p: número de años en los cuales el flujo de caja acumulado es negativo.

C_n: valor del último flujo acumulado negativo.

C_p: valor del flujo de caja neto en el primer flujo acumulado positivo.

$$Payback = \frac{-(-300000)}{282\,696.62} + 0 = 1.06 \text{ Años}$$

Por lo tanto la recuperación de la inversión utilizado es de 1.06 años. Eso quiere decir que las inversiones si serían recuperadas. En conclusión es VIABLE económicamente.

4.4.2. Precio:

El precio generalmente se rige por la demanda; las industrias consumidoras o los intermediarios fijan el precio.

Hemos realizado una valoración de costos con la empresa COMACSA Cia Minera Agregados Calcáreos, de acuerdo a los ensayos de laboratorio, la tonelada de arcilla de la concesión RUMICUCHO es de 35 soles.

4.4.3. Canales de Comercialización:

Es importante señalar que la venta se realizará en la concesión, es decir no habrá gastos de transporte, molienda, etc. Así que sólo se establecerá el siguiente canal:

PRODUCTOR → CONSUMIDOR

CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Tipo de Diseño de Investigación.

El tipo de diseño de investigación del presente estudio es No experimental, Transversal, Descriptivo.

5.2. Material

5.2.1. Unidad de estudio.

Se tiene como unidad de estudio las capas de caolinita de 8 metros de espesor dentro de la concesión Rumicucho.

5.2.2. Población.

Se tiene como población a las arcillas tipo caolinita dentro de la formación Carhuaz (Fm. Donde afloran estas arcillas).

5.2.3. Muestra.

Se tiene como muestra los afloramientos de arcillas tipo caolinita dentro de la concesión Rumicucho.

5.3. Métodos

5.3.1. Técnicas De Recolección De Datos Y Análisis De Datos

5.3.1.1. Técnicas:

- **Procedimiento para Determinar la Absorción en Arcillas**

1°: Se tomaron muestras representativas de la zona de estudio, de acuerdo a su color, ubicación y afloramiento.



Foto 11: Toma de muestra 1.



Foto 12: Toma de muestra 2.



Foto 13: Toma de muestra 3.

Las muestras han sido seleccionadas de acuerdo a su cambio de color debido a la concentración de minerales diferentes.



Foto 14: Muestra de arcilla 1 para análisis físico.



Foto 15: Muestra de arcilla 2 para análisis físico.



Foto 16: Muestra de arcilla 3 para análisis físico.

2º: Se procedió a la mezcla y chancado de las 3 muestras, al mezclar uniformemente las muestras chancadas, se transforma a una sola muestra la cual ha sido cuarteado en 3 partes iguales, de la cual sólo seleccionamos 1.



Foto 17: Mexcla de muestras.



Foto 18: Chancado de las muestras.



Foto 19: Cuarteado de muestras.

3° Medimos la muestra representativa de arcilla, y taramos en una balanza analítica con la finalidad de obtener la masa de arcilla; en este caso se obtuvo una masa = 25.5878 grs.



Foto 20: Tara de la muestra de arcilla.

4° Secamos el material; Colocándolo dentro del horno eléctrico la muestra representativa de arcilla previamente pesado, a una temperatura de 100 a 110 °C.



Foto 21: Estufa secando la muestra.

5° Inmersión en agua: La muestra ya seca y determinada su masa, se sumergen en agua durante 24 horas mínimo a temperatura ambiente (aprox. 21 ° C).

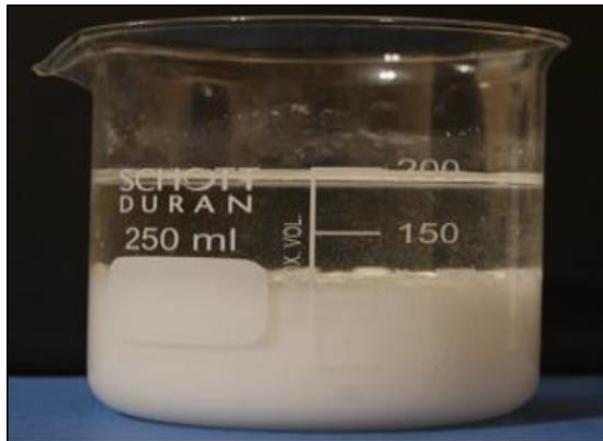


Foto 22: Vaso de precipitación con agua y arcilla.

6° Masa con agua Transcurrido las 24 horas se extrae del agua y se pesa determinando de esta manera su masa la cual fue 127.1825grs.



Foto 23: Tara de la muestra de arcilla húmeda.

5.3.1.2. Cálculos y resultados.

1° Calcular la capacidad de absorción del material en porcentaje de la manera siguiente:

$$\text{Absorción (\%)} = ([B - A] / B) * 100$$

Donde: A: Masa de arcilla B: Masa con agua.

$$\text{Absorción \%} = ([127.1825 \text{ grs} - 25.5878 \text{ grs}] / 127.1825 \text{ grs})$$

$$\text{Absorción \%} = 0.7$$

Su absorción es de media a baja lo cual indica que está dentro de los límites estándares y permisibles que determinan la calidad de las arcillas; las cuales son lo suficientemente aptas para su explotación.

5.3.1.3. Instrumentos

- ❖ Formatos de campo para recoger información sobre la estructura geológica del terreno
- ❖ ArcGis 10.1
- ✓ De análisis de información. Para el análisis de información utilizaremos los siguientes programas:
 - ❖ Excel
 - ❖ Auto cad

5.3.1.4. Procedimientos

El desarrollo metodológico para el presente estudio, considera cinco etapas fundamentales, sin dejar de conciliarlas, e interrelacionarlas durante el proceso de ejecución del proyecto; convirtiéndose en un

proceso continuo y dinámico, donde cada una es base para la siguiente.

Búsqueda de Información:

En la primera etapa, cada integrante realizó una revisión bibliográfica exhaustiva tanto en el boletín 31-INGEMMET, como en otros documentos como papers, o informaciones afines con el trabajo a realizar, con el fin de identificar tanto las formaciones geológicas, la actividad tectónica de la zona (el comportamiento estructural), obtención del mapa topográfico, imágenes satelitales (Google Earth) y la carta geológica del cuadrángulo que alberga a la zona de estudio y un plano geológico de la zona en detalle, etc. los cuales fueron usados a modo de base para la etapa posterior (trabajo de campo).

Integración de Información

En la segunda etapa se conciliaron las informaciones y opiniones, la interpretación de las imágenes satelitales y contando con la información, se logró definir con claridad la estructura del trabajo y su cumplimiento en el cronograma definido para su finalización de la forma más rigurosa posible.

Trabajo de Campo

En la tercera etapa comprende básicamente la obtención de data en campo que se dividió en dos partes principales, en la primera, la ubicación, delimitación y reconocimiento fisiográfico de la zona, en donde se hizo el cartografiado de zona con ayuda del plano topográfico e imágenes satelitales. Donde se comparó la ubicación y descripción de las diferentes unidades geológicas dadas por el mapa geológico con el trabajo realizado por el grupo. La segunda etapa consistió en la descripción, explicación e interpretación de las estructuras, tomando en cuenta las características del macizo rocoso y de las discontinuidades cartografiadas con la finalidad de obtener una eficiente interpretación geológico-estructural de la zona a estudiar, conocer la resistencia geomecánicas del macizo y para su posible estabilidad y las posibles actualizaciones de datos, para la posterior elaborar el mapa geológico.

Análisis de Laboratorio

Las muestras han sido seleccionadas aleatoriamente en campo, y luego llevadas al laboratorio para las muestras correspondientes.

Trabajo de Gabinete

En la cuarta etapa, consiste en utilizar la data obtenida en campo, como la ubicación de las estaciones, lugar donde se hizo la descripción del comportamiento geomecánico del macizo rocoso- las estructuras tectónicas existentes, la litología, el drenaje, la colocación de cada punto con las coordenadas geográficas (UTM), se pasó a procesar la data al Excel y de manera posterior al ARCGIS, DIPS, ROCLAB Y SLIDE para su interpretación, elaborándose el mapa geológico de la zona, perfil geológico y de este modo poder interpretar el comportamiento del macizo rocoso dependiendo de las discontinuidades.

Realización y Entrega de Informe.

Desarrollados los pasos anteriores se conseguirá llegar a la última etapa, la cual correspondió a la elaboración del informe final.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

De acuerdo a los procesos de investigación que indujeron los objetivos planteados al inicio de la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
OBJETIVOS	RESULTADOS OBTENIDOS
EVALUAR ECONÓMICAMENTE	El depósito posee un rango de vida de 20.31 años y un payback de 1.06 años
CLASIFICAR DEPÓSITOS DE ARCILLAS	Es un depósito de arcillas caoliníticas tipo residual.
ESTIMAR EL POTENCIAL DE RESERVAS DEL DEPOSITO	El depósito posee un tonelaje total de 194970.98 TM.
TIPO DE CÁLCULO DE RESERVAS	Por triangulación y por Inversa a la distancia.
LEY DEL BLOQUE	La ley de los bloques varía desde 80% hasta un 0.83 %/TM.
EL PROMEDIO DE LEY DE MUESTRAS SEGÚN LABORATORIO	Las arcillas muestreadas tienen un 79.08% de caolinita.
CASH FLOW	5 741 568.3 Soles

Para un mejor cálculo de reservas, hemos convalidado el método de triangulación con el método de inversa a la distancia, ya que los dos son métodos geoestadísticos clásicos.

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

El depósito posee vida útil de 20.31 años y un PayBack de 1.06 años. Nos indica que la cantidad de toneladas calculadas influye en la producción diaria, y a intervalos de tiempo, ya que el depósito no será explotado en un solo día o en varios años. Según, el rango de vida debe ser proporcional a las toneladas. En nuestro caso las toneladas están clasificadas en el rango más bajo, lo cual implica que la vida media estará en el mismo rango. Las empresas buscan que el rango de vida media de un depósito sea de 10 años, ya que la fluctuación en el mercado de los minerales varía fuertemente.

El tiempo de recuperación o Payback se analiza según las entradas o inversiones que hace una empresa, en nuestro caso una empresa inyecta una fuerte cantidad de dinero, lo cual es recuperable, ya que el tiempo de recuperación y el tiempo de vida del depósito están relativamente a una misma altura.

Según el tiempo de vida es 20.31 años, es **VIABLE** y atractiva económicamente.

En el caso del método de evaluación utilizando PayBack o también conocido como tiempo de recuperación vemos claramente que recuperamos nuestra inversión inicial o flujo entrante de 300 000 soles (mínima inversión), ya que el tiempo de amortización está temporizado en 1.06 años, y al comparar con el tiempo de vida de 20.31 años, estaríamos invirtiendo favorablemente. En conclusión el depósito evaluado cumple con el tiempo de recuperación que es la fracción media del tiempo de vida del depósito. Por lo tanto posee una viabilidad económica apta para su explotación.

CONCLUSIONES

- El proyecto minero RUMICUCHO es viable para la explotación de arcillas tipo caolinitas.
- Las arcillas se encuentran emplazadas estratigráficamente en la formación Carhuaz, caserío Huayrapongo.
- Se ha determinado la cantidad de minerales dentro de las muestras de caolinita, donde los más representativos son cuarzo, illita, montmorionita, caolinita, hematita y escasas cantidades de calcita. Estos resultados fueron emitidos por la empresa INGECONSULT & LAB S.R.L.
- Las reservas mineras calculadas mediante el método de inverso a la distancia son 194970.98 TM.
- La evaluación mediante CASH FLOW tenemos un tiempo de vida de 20.31 y un Pay Back de 1.06 por tanto el proyecto es viable.
- El precio del mercado es de 35 soles la tonelada puesto en cantera, su utilización es la cerámica, la concesión RUMICUCHO establecerá vínculos mercantiles con la empresa COMACSA CIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar otros métodos que involucren el conocimiento de software en minería para hallar con mayor precisión el potencial de reservas presentes en la zona.

REFERENCIAS

7.1. BIBLIOGRAFÍA

- A. Diaz y Julio C., 2006, Caracterización de Arcillas en el Perú.
- Amethyst Galleries, (2007) "The Clay Mineral Group."
- Bailey, S. W. (1980). «Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals». Cap, 65: 1-7
- Bates, R.L. and Jackson, J.A. (1980). Glossary of Geology. American Geological Institute, Falls Church, Virginia.
- Bolsa de Valores de Lima BVL (
- Boulanger, E. y Zedano, J.C., 1993, Evaluación de Arcillas Caolínicas en el Norte del Perú.
- Bustillo, M., López Jimeno, C. 1997. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Entorno Gráfico, Madrid. 705 pp.
- Cordova. M.A. (2013) "Códigos internacionales de declaración de proyectos minerales de stock exchange". *Disponible online: [http://es.scribd.com/doc/92871454/codigos- Internacionales](http://es.scribd.com/doc/92871454/codigos-Internacionales).
- Fuentes Pacheco, Eder David, 2006. Diseño del metodo de explotacion para la mina de arcilla Asogayabal, Santander, España.
- Grim, R. E. (1953) Clay mineralogy: McGraw-Hill Book Co., Inc., 384 pp.
- H. Bosse, 1989, Reconocimiento y Evaluación Preliminar de Minerales Industriales, Rocas y Tierras en los Departamentos de la Libertad y Cajamarca.
- Luis Reyes Rivera, 1980, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos Y Cajabamba.
- López J., Carlos y Aduvire P., Osvaldo. (1994) "Estudios de Viabilidad en Proyectos Mineros". ITGE, Madrid, España.
- Ministerio de energía y minas, 2009. Proyecto Minero no Metalico de Arcillas, Montalvan I. Habana. Moyobamba, san Martín.
- Ortega Cevallos Pablo Vicente, 2012. Diseño para la explotación de la cantera de arcilla, Barrio Cera - Cantón Loja". Titulación de Ingeniero en Geología y Minas. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Ross y Shanmon (1926), bentonitas, madrid. Pg 76-95.
- The JORC Seminar Series (2013): Application of the 2012 Code [Disponible online]: <http://www.jorc.org/>.
- Wherry, E.T. 1920. The soil reactions of certain rock ferns—II. Amer. Fern J. 10:

45-52.

7.2. LINKOGRAFÍA

- www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_minas_y.../default5.asp
- www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/c/clay.aspx?p=1
- www.igme.es/internet/.../CAOLIN%20Y%20ARC%20CAOL2005.pdf
- www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n36ne/arcilla.pdf
- www.magrama.gob.es/.../pags/.../pdf_Ferti%2FFerti_2003_11_16_19.pdf
- www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/bariloche/.../A09/0910.PDF
- www.minersoc.org/pages/Archive-CM/Volume_15/15-3-249.pdf
- www.pdv.com/lexico/museo/minerales/arcillas.htm
- www.quiminet.com/articulos/que-son-las-arcillas-10078.htm
- www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/39/100
- [www.rmccg.unam.mx/6-2/\(5\)de_Pablo.pdf](http://www.rmccg.unam.mx/6-2/(5)de_Pablo.pdf)
- www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=56c0df85...
- www.segemar.gov.ar/p.../USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm
- www.slideshare.net/alvarocarpio/caolines-arcillas-refractarias-y-bentonitas
- www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icbi/.../MecSuelosI.pdf
- www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_ProcSolNano/felipe.../16.pdf
- www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/86_bravo.pdf
- www.uclm.es/users/higueras/mga/Tema09/Tema_09_OtrosMin_2_1.htm
- www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm
- <http://web.archive.org/web/http://www.samcodes.co.za> The South African SAMVAL and SAMREC Codes

ANEXOS