

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL

Facultad de ciencias de la tierra

“ESTUDIO EXPERIMENTAL MEDIANTE NORMAS API
DE UN YACIMIENTO DE BARITA DE LA PROVINCIA DE
MORONA SANTIAGO PARA SU USO EN FLUIDO DE
PERFORACIÓN”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN PETROLEOS

Presentada por:

MESIAS GONZALO VITERI GALORA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

1999

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos al Ing. Ricardo Gallegos, por su ayuda y colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

A todo el personal docente de la Facultad de Ciencias de la tierra y a las personas que de una u otra manera han colaborado para la realización del mismo.

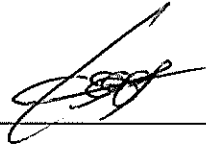
DEDICATORIA

A mis queridos padres
Sr. GONZALO VITERI (+)
Sra. ESTELA GALORA
Que por su abnegable labor
han sabido inculcarme las
normas básicas para poder
triunfar en la vida.

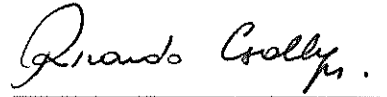
A mis hermanos
Mónica
Esthela
Juan
Cristhian
Por su apoyo incondicional en
todo momento

A mis compañeros de
promoción por el éxito en su
carrera profesional

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



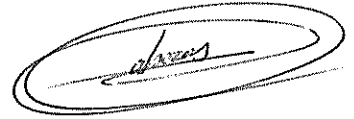
Ing. Edison Navarrete.
Decano



Ing. Ricardo Gallegos.
Director de Tesis



Ing. Kléver Malave.
Vocal



Ing. José Cabezas.
Vocal

DECLARACIÓN EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Mesías Gonzalo Viteri Galora

RESUMEN

- La presentación de este Proyecto experimental tomando como objeto de estudio el mineral barita y la aplicación de las normas API con el fin de establecer si el mismo se puede utilizar en Fluido de Perforación.
- Como se sabe la Barita rinde lodos de densidad relativamente alta, con baja abrasividad (Una abrasividad alta es perjudicial para el equipo de perforación) y revoques firmes: Así tenemos que un lodo Bentonítico, con Barita con una densidad de 10.9 libras por galón tiene un contenido de 9% de sólidos, en cambio un lodo de arcilla del mismo peso, tiene un porcentaje de sólidos de 17.4 %. Esta diferencia del contenido de sólidos ocasionaría un trabajo deficiente del equipo de perforación en la limpieza del pozo.
- Este trabajo consta de cuatro capítulos principales. El primero contiene las funciones, composición, propiedades fundamentales de los fluidos de perforación. Además los problemas comunes y sus soluciones básicas que se presentan dentro de la perforación, relacionados con fluidos Utilizados en la operación.

- En el capítulo dos se describe las propiedades físicas y origen de la barita en su estado natural, la ubicación de este mineral objeto de estudio, datos topográficos, geológicos, características del yacimiento de barita, propiedades y sus usos.
- El tercer capítulo, detalla los requerimientos del Instituto Americano del petróleo para la barita y la descripción completa de cada ensayo.
- En el capítulo cuarto se realiza un análisis económico basado en el cálculo de reservas del yacimiento con una hipótesis de productividad del 50%.
- Con base en los resultados obtenidos en este estudio experimental se recomienda la explotación técnica del yacimiento para su uso en fluido de perforación.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES	XIV
INDICE DE ANEXOS	XV
INTRODUCCION	XVI

CAPITULO I

CONCIDERACIONES TEORICAS.....	18
1.1 FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.....	18
1.1.1 Transportar los ripios de perforación y derrumbes a la superficie.....	18
1.1.2 Enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación.....	20
1.1.3 Prevenir el derrumbamiento de las paredes del hoyo Y controlar las presiones de las formaciones perforadas.....	21
1.1.4 Mantener en superficie los ripios y el material densificante cuando se interrumpe la circulación.....	22

1.1.5 Soportar parte del peso de la sarta de perforación	
O del revestidor.....	23
1.1.6 Prevenir daños a la formación	24
1.1.7 Facilitar la máxima obtención de información	
Sobre las formaciones perforadas.....	24
1.1.8 Transmitir la potencia hidráulica a la broca.....	25
1.2 COMPOSICION DE LOS FLUIDOS DE	
PERFORACIÓN	26
1.2.1 Fase líquida.....	26
1.2.2 Fase coloidal o reactiva.....	26
1.2.3 Fase inerte.....	27
1.2.4 Fase química.....	27
1.3 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS	
FLUIDOS DE	
PERFORACIÓN.....	27
1.3.1 Densidad del lodo.....	28
1.3.2 Reología	31
1.3.2.1 Viscosidad plástica.....	32
1.3.2.2 Viscosidad aparente.....	33

1.3.2.3 Resistencia a la gelatinización.....	34
1.3.2.4 Punto cedente.....	36
1.3.3 Perdida de filtrado.....	37
1.3.4 Contenido de sólidos.....	41
1.4 PROBLEMAS COMUNES EN LA PERFORACIÓN REACIONADOS CON LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.....	45
1.4.1 Perdida de filtrado.....	46
1.4.1.1 Reducir las presiones mecánicas.....	50
1.4.1.2 Seleccionar los puntos de revestimiento en formaciones consolidadas.....	51
1.4.2 Problemas con Lutitas y la inestabilidad del hoyo.....	51
1.4.3 Brotes o surgencias.....	58
1.5 TIPOS DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN.....	61

CAPITULO II

TEORIA ACERCA DE LA BARITINA.....	64
2.1 GENERALIDADES.....	64
2.1.1 Color.....	64

2.1.2	Brillo	65
2.1.3	Dureza.....	65
2.1.4	Peso específico.....	65
2.1.5	Caracteres diagnósticos.....	65
2.2	ORIGEN DE LA BARITINA.....	65
2.3	UBICACIÓN DE LA BARITINA OBJETO DE ESTE ESTUDIO.....	67
2.3.1	Datos topográficos.....	69
2.3.1.1	Situación geográfica.....	69
2.3.2	Datos geológicos.....	71
2.3.2.1	Geomorfología.....	71
2.3.2.2	Geología regional.....	73
2.3.2.3	Geología local.....	75
2.3.2.4	Morfología.....	76
2.4	YACIMIENTO DE BARITINA.....	76
2.5	PROPIEDADES Y SUS USOS.....	79
2.5.1	Usos en la industria.....	80

CAPITULO III

ANALISIS DE LABORATORIO.....	82
3.1 DENSIDAD.....	83
3.1.1 Equipo.....	83
3.1.2 Procedimiento.....	83
3.1.3 Calculo.....	84
3.2 METALES ALCALINO – TERREOS SOLUBLES EN AGUA TALES COMO EL CALCIO.....	85
3.2.1 Equipo.....	85
3.2.2 Procedimiento.....	87
3.2.3 Calculo.....	88
3.3 RESIDUO MAYOR A 75 MICRAS.....	88
3.3.1 Equipo	88
3.3.2 Procedimiento.....	89
3.3.3 Calculo.....	90
3.4 LAS PARTICULAS MENORES DE 6 MICRAS CON EL DIAMETRO ESFERICO EQUIVALENTE.....	90
3.4.1 Equipo – Método de sedimentación.....	90

3.4.2	Procedimiento.....	92
3.4.3	Calculo.....	93
3.5	COMPARACIÓN DEL MINERAL ANALIZADO CON OTROS PRODUCTOS DEL MISMO TIPO Y PROPOSITO EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL.....	96
CAPITULO IV		
	ANALISIS ECONOMICO.....	97
4.1	ESTIMACIÓN DE RESERVAS.....	98
4.2	DEMANDA NACIONAL	99
4.3	DESCRIPCION BREVE SOBRE EL PROCESO DE EXTRACCION DEL PRODUCTO COMERCIAL.....	99
4.4	ANALISIS DE COSTOS Y PRECIOS.....	100
4.4.1	Capital de Inversión.....	100
4.4.2	Otras Inversiones.....	101
4.4.3	Balance Estimativo Anual.....	103
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
ILUSTRACIONES		

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

Indice de Ilustraciones

Foto # 1	Sitio denominado La Punta.
Foto # 2	Veta de Barita Sector Norte.
Foto # 3	Levantamiento Topográfico.
Foto # 4	Panorámica del camino.
Foto # 5	Panorámica del sector Este.

Indice de Anexos

Anexo # 1	Mapa Geológico del sector
Anexo # 2	Area Minera Germanía
Anexo # 3	Tablas de Calibración
Anexo # 4	Sección del mapa de Compilación Geológica de la provincia de Morona Santiago INEMIN, Proyecto Oriente.
Anexo # 5	Mapa Topográfico (lugares donde se Tomo las muestras)
Anexo # 6	Tablas de Resultados
Anexo # 7	Copias de Análisis realizados por el CODIGEN
Anexo # 8	Gráficos de Comercialización e Impor tación de Barita.

INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros pasos que se dan en la ingeniería de petróleos es el de perforación de pozos. Los fluidos utilizados durante las labores de perforación de un pozo, son denominados como fluidos de perforación. Este término está restringido a los fluidos que son circulados a través del hoyo y cumplen con los requisitos mínimos de eficiencia de limpieza y seguridad durante la perforación de un pozo.

El termino “ FLUIDO DE PERFORACIÓN ”, incluye gas, aire, petróleo, agua y suspensión coloidal a base de agua y arcilla.

Los fluidos usados en la perforación rotatoria, que inicialmente fueron tomados como medio para transportar los cortes de rocas a la superficie, son considerados ahora como uno de los factores más importantes para evitar fallas en las operaciones de perforación. Además de su cualidad de transportar ripios a la superficie, los fluidos de perforación deben cumplir

con otras funciones de igual importancia y directamente relacionada con la eficiencia, economía y total completación de la operación de perforación. Por esta razón la composición de los fluidos de perforación y sus propiedades resultantes están sujetas a muchos estudios y análisis.

Atendiendo a las necesidades, los fluidos de perforación deben poseer la capacidad de tener propiedades físicas y químicas que les permitan adaptarse a una gran variedad de condiciones, para satisfacer las funciones más complejas, por ello se ha requerido que la composición de los fluidos sea más variada y que sus propiedades estén sujetas a mayor control. Esto ha traído como consecuencia el incremento del costo de los fluidos de perforación

CAPITULO I

CONSIDERACIONES TEORICAS.-

1.1.-FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

1.1.1.-Transportar los ripios de perforación y los derrumbes a la superficie.

La habilidad para sacar partículas de diversos tamaños fuera del hoyo es una de las funciones más importantes de un fluido de perforación. En la perforación de una formación, los cortes hechos por la broca, o en algunos casos, pedazos de la formación provenientes de las paredes del hoyo al ocurrir algún derrumbe, deben ser continuamente evacuados desde el hoyo hasta la superficie. El cumplimiento de esta función dependerá de los siguientes factores:

- 1.1) Densidad de fluido.
- 1.2) Viscosidad del fluido.

- 1.3) Viscosidad del fluido en el anular.
- 1.4) Velocidad anular.
- 1.5) Densidad de los cortes.
- 1.6) Tamaño de los cortes.

En la mayoría de los casos, el mantener una velocidad anular suficiente da como resultado un movimiento neto hacia arriba de los cortes. Cuando la capacidad de la bomba es baja para proveer una velocidad anular suficiente para levantar los cortes, se debe incrementar la viscosidad del lodo (particularmente por el incremento del punto cedente) para de esta manera obtener una mejor limpieza del hoyo.

Cuando la velocidad de asentamiento de las partículas es mayor que la velocidad anular, las partículas tienden a asentarse en el hoyo ocasionando múltiples problemas. Para disminuir la velocidad de asentamiento de las partículas es necesario aumentar la viscosidad del lodo, reflejándose esto en un aumento de presión de funcionamiento de las bombas para mantener un caudal establecido, lo cual produce una alta contrapresión capaz de ocasionar pérdidas de circulación. Es recomendable, que antes de incrementar la viscosidad se considere todos los problemas posibles que se pueden inducir.

Otra forma de disminuir la velocidad de asentamiento de las partículas es mediante el incremento de la densidad del fluido, ya que esto trae como consecuencia un efecto de flotación mayor sobre las partículas.

1.1.2.-Enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación.

La fricción originada por el contacto de la broca y de la sarta de perforación con las formaciones genera una cantidad considerable de calor.

Los lodos deben tener suficiente capacidad calorífica y conductividad térmica para permitir que el calor sea recogido del fondo del pozo, para transportarlo a la superficie y disiparlo a la atmósfera.

Es mínima la posibilidad de que este calor se elimine por conducción a través del subsuelo, en consecuencia debe eliminarse por el fluido circulante. El calor transmitido desde los puntos de fricción al lodo es difundido a medida que este alcanza la superficie.

En menor grado el lodo por si mismo ayuda a la lubricación. Esta lubricidad es aumentada mediante el uso de emulsiones, o aditivos

especiales que afectan la tensión superficial. La capacidad lubricante es demostrada por la disminución de la torsión de la sarta, aumento de la vida útil de la broca, reducción de la presión de la bomba, etc.

Con el uso cada vez más frecuente de las brocas con cojinetes autolubricados, el efecto de la lubricidad de los lodos se manifiesta principalmente en la fricción de la sarta de perforación con las paredes del hoyo.

1.1.3.-Prevenir el derrumbamiento de las paredes del hoyo y controlar las presiones de las formaciones perforadas.

Un buen fluido de perforación debe depositar un revoque (costra de lodo) que sea liso, delgado, flexible y de baja permeabilidad. Esto ayudara a minimizar los problemas de derrumbes y atascamientos de la tubería, además de consolidar la formación y retardar el paso del fluido hacia la misma, al ejercer una presión sobre las paredes del hoyo abierto.

Normalmente, la densidad del agua mas la densidad de los sólidos obtenidos durante la perforación es suficiente para balancear la presión de la formación en las zonas superficiales.

La presión de la formación es la presión que tienen los fluidos en el espacio poroso y puede estimarse usando los gradientes de formación.

La misma se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{PF} = \text{Gradiente de formación (psi/pies)} * \text{Profundidad (pies)} \quad (1)$$

Siendo los gradientes normales **0.433 psi/pie** para el agua dulce y **0.465 psi/pie** para el agua salada.

La presión Hidrostática es la presión debida a la columna de fluido la ecuación para él calculo de presión hidrostática esta definida por:

$$\text{PH} = 0.052 \frac{\text{psi}}{\text{Pies} * \text{lpg}} * \text{profundidad (pies)} * \text{densidad del lodo (lpg)} \quad (1)$$

Cuando la tubería se baja dentro del hoyo, desplaza el fluido de perforación, haciendo que este suba a través del espacio anular entre la sarta de perforación y las paredes del hoyo. Esto es análogo a la circulación del fluido y los cálculos de presión pueden ser obtenidos por medio de la formulas descritas anteriormente.

El control de las presiones anormales requiere que se agregue al lodo material de alta gravedad específica como baritina para aumentar la presión hidrostática.

1.1.4.- Mantener en suspensión los ripios y el material densificante cuando se interrumpe la circulación.-

Las propiedades tixotrópicas del lodo, deben permitir mantener en suspensión las partículas sólidas cuando se interrumpe la circulación, para luego depositarlas en la superficie cuando esta se reinicia. Bajo condiciones estáticas la resistencia o fuerza de gelatinización debe evitar, en lodos pesados la decantación del material densificante.

1.1.5.- Soportar parte del peso de la sarta de perforación o del revestidor.

Con el incremento de las profundidades perforadas el peso que soporta el equipo de perforación, se hace cada vez mayor. El peso de la sarta de perforación y de la tubería de revestimiento en el lodo, es igual a su peso en el aire multiplicado por el factor de flotación.

Peso de tubería = Peso de tubería (aire)*Factor de flotación (2)

Un aumento de la densidad del lodo conduce a una reducción del peso total que el equipo de superficie debe soportar.

1.1.6.-Prevenir daños a la formación.-

Además de mantener en sitio y estabilizada la pared del hoyo para prevenir derrumbes; debe elegirse un sistema de lodo que dentro de la economía total del pozo, asegure un mínimo de modificación o alteración sobre las formaciones que se van perforando, no solo para minimizar el daño de la formación a producir que puede llevar a costosos tratamientos de reparación o pérdidas de producción. Es necesario que el lodo tenga valores óptimos en todas sus propiedades para obtener máxima protección de la formación.

1.1.7.-Facilitar la máxima obtención de información sobre las formaciones perforadas

La calidad del lodo debe permitir la obtención de toda la información necesaria para valorar la capacidad productiva de petróleo de las formaciones perforadas. Las características físico químicas del lodo

deben ser tales que puedan asegurar la información geológica deseada, la obtención de mejores registros y la toma de núcleos.

1.1.8.-Trasmitir la potencia hidráulica a la broca.

El fluido es un medio para transmitir la potencia hidráulica disponible a través de la broca, ayudando así a perforar la formación y limpiar el fondo del hoyo.

La potencia debe ser considerada dentro del programa del lodo; en general esto significa que la tasa de circulación, debe ser que el rendimiento de la potencia optima sea usada para limpiar la cara del hoyo frente a la broca.

Las propiedades del flujo del lodo: viscosidad plástica, punto cedente, etc. Ejercen una considerable influencia sobre las propiedades hidráulicas y deben ser también controladas en los valores apropiados.

El contenido de sólidos debe ser también controlado en un nivel optimo para lograr los mejores rendimientos.

1.2.-COMPOSICION DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

La composición de los fluidos de perforación es función de los requerimientos de una operación de perforación . La mayoría de los lodos de perforación son a base de agua y forman un sistema constituido básicamente por las siguientes fases:

1.2.1.-Fase líquida.

Constituye el elemento de mayor proporción que mantendrá en suspensión los diferentes aditivos que forman las otras fases. Esta fase puede ser agua (dulce o salada); o una emulsión (agua-petróleo).

1.2.2.-Fase coloidal o reactiva.

Esta fase esta constituida por la arcilla, que será el elemento primario utilizado para darle cuerpo al fluido. Se utilizan dos tipos de arcilla dependiendo de la salinidad del agua. Si el lodo es de agua dulce se utiliza montmorillonita, y para lodos elaborados con agua salada se utiliza una arcilla especial, cuyo mineral principal es la atalpigita.

1.2.3.-Fase inerte.

Esta fase esta constituida por el material densificante (**barita**), el cual es sulfato de Bario pulverizado de alta gravedad especifica (4.2). Los sólidos no deseables como la arena y sólidos de perforación, también se ubican dentro de esta fase.

1.2.4.-Fase Química.

Esta constituida por iones y sustancias en solución tales como dispersantes, emulsificantes, sólidos disueltos, reductores de filtrado, y otras sustancias química, que controlan el comportamiento de las arcillas y se encargan de mantener el fluido según lo requerido por el diseño.

1.3.-PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

Durante la perforación de un pozo petrolero es de suma importancia el control de las propiedades físicas y químicas de los fluidos de perforación. Estas propiedades deben ser controladas de tal forma

que el lodo proporcione un trabajo eficiente, en consecuencia se evalúan las propiedades del lodo para obtener:

- 1.- El nivel deseado de cada propiedad.
- 2.- El control de las propiedades físicas y químicas.
- 3.- conocimientos de los problemas ocasionados y las causas que los originan.
- 4.- Los tratamientos efectivos para solucionar estos problemas.

Estas propiedades son:

1.3.1. Densidad del lodo.

Una de las principales propiedades del lodo es la densidad, cuya función es mantener los fluidos contenidos dentro del hoyo en el yacimiento durante la perforación. Adicionalmente, mantiene las paredes del hoyo.

La densidad máxima del lodo que se requiere en la perforación de un pozo, esta determinada por el gradiente de presión. La presión de poro a una profundidad dada, muy frecuentemente excede la presión ejercida por el peso de la tierra, sobre la profundidad evaluada (presión de sobrecarga).

Hay algunas variaciones en las presiones de sobrecarga asumidas en diferentes áreas de perforación. La presión de sobrecarga es tomada en la mayoría de las áreas como 1 psi/pie de profundidad.

Para prevenir la entrada de fluidos desde la formación al hoyo, el lodo debe proveer una presión mayor a la presión de poros encontrada en los estratos a ser perforados. Un exceso en la densidad del fluido puede ocasionar la fractura de la formación con la consiguiente pérdida de fluido de control.

La capacidad de sostener y transportar los ripios en un lodo aumenta con la densidad.

En el pasado una gran cantidad de materiales fueron utilizados como agentes densificantes para el lodo, tales como barita, óxido de hierro, sílica amorfa, carbonato de calcio y arcillas nativas. De todos estos materiales en la actualidad es la barita la más actualizada debido a su bajo costo, alta gravedad específica y por ser inerte.

La hematita y la galena son utilizadas en zonas en donde es necesario un lodo extremadamente pesado para contener la presión de la formación. El máximo peso obtenido con barita, es aproximadamente

21 lpg, mientras que con galena se pueden lograr densidades sobre 30 lpg.

Fluidos libres de sólidos son frecuentemente preferidos para trabajos de reparación y completación, debido a que mantienen sus propiedades estables durante largos periodos en condiciones de hoyo. Estos fluidos pesados, libres de sólidos son preparados por solución de varias sales, tales como cloruro de potasio, cloruro de sodio, carbonato de sodio y carbonato de potasio, entre otras. Para determinar la cantidad de material de peso que es necesario agregar a un lodo para aumentar su densidad, se utiliza la siguiente formula:

$$W = 350 * G.E * (\rho_f - \rho_i) * V_i / (8.33 * G.E - \rho_f) \quad (2)$$

Donde:

W= Peso del material densificante necesario, lbs.

G.E= Gravedad especifica de del material densificante.

Pf= Densidad final del fluido, lpg.

i= Densidad inicial del fluido, lpg.

Vi= Volumen inicial del fluido, bbls.

Para la Barita:

$$W_b = 1470(\rho_f - \rho_i) * V_i / (35 - \rho_f)$$

De igual forma si se desea disminuir la densidad agregando agua se utiliza la siguiente formula:

$$V_w = V_i(\rho_i - \rho_f) / (\rho_f - 8.33) \quad (2)$$

Donde:

V_w = Volumen de agua necesario, bbls.

1.3.2. REOLOGIA.

Reología, es un termino que denota el estudio de la deformación de materiales, incluyendo el flujo. En terminología de campo petrolero la frase propiedades de flujo y la viscosidad, son las expresiones generalmente usadas para describir las cualidades de un lodo de perforación en movimiento.

Por definición, viscosidad es la resistencia que ofrece un fluido a deformarse (a fluir). Los fluidos de perforación son Tixotrópicos y una medida de viscosidad de un fluido de este tipo será valida únicamente para la tasa de corte a la cual la medida fue hecha.

Han sido desarrolladas ecuaciones, que usan los valores medidos de viscosidad plástica, punto cedente y fuerza de gel para calcular las

perdidas de presión en la tubería de perforación y en el anular y para estimar la velocidad de levantamiento de los cortes (Modelo plástico de Bingham y Modelo Exponencial).

La viscosidad de los fluidos de perforación, es una función de muchos factores, algunos de los cuales son:

- a. Viscosidad de la fase líquida continua.
- b. Volumen de sólidos en el lodo.
- c. Volumen de fluido disperso.
- d. Número de partículas por unidad de Volumen.
- e. Forma y tamaño de los sólidos.
- f. Atracción o repulsión entre partículas sólidas y entre sólidos y la fase líquida.

Entre las propiedades reológicas están:

1.3.2.1.-VISCOSIDAD PLASTICA.

Es aquella parte de la resistencia a fluir causada por fricción mecánica.

Esta fricción se produce:

- I.-** Entre los sólidos contenidos en el lodo.

II.- Entre los sólidos y el líquido que los rodea.

En general al aumentar el porcentaje de sólidos en el sistema, aumentara la viscosidad plástica.

El control de la viscosidad plástica en lodos de bajo y alto peso es indispensable para mejorar el comportamiento reológico y sobre todo para lograr altas tasas de penetración. Este control se obtiene por dilución o mecanismos de control de sólidos. Par lograr tal propósito, es fundamental que los equipos de control de sólidos funcionen en buenas condiciones. Para determinar la viscosidad plástica se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathbf{V_p(cps)= Lectura de 600 rpm.- Lectura de 300 rpm. (2)}$$

1.3.2.2.-VISCOSIDAD APARENTE.

Se define como la medición en centipoises que un fluido newtoniano debe tener en un viscosímetro rotacional, a una velocidad de corte previamente establecida, y que denota los efectos simultáneos de todas las propiedades de flujo.

Su valor puede estimarse de la siguiente forma:

$$\mathbf{V.A (cps.)= Lectura a 600 rpm/2 (2)}$$

1.3.2.3.-RESISTENCIA A LA GELATINIZACIÓN.

Entre las propiedades del lodo, una de las más importantes es la gelatinización, que representa una medida de las propiedades tixotrópicas de un fluido y denota la fuerza de floculación bajo condiciones estáticas.

La fuerza de gelatinización, como su nombre lo indica, es una medida del esfuerzo de ruptura o resistencia de la consistencia del gel formado, después de un periodo de reposo. La tasa de gelatinización se refiere al tiempo requerido para formarse el gel. Si esta se forma lentamente después que el lodo esta en reposo, se dice que la tasa de gelatinización es baja y es alta en caso contrario. Un lodo que presenta esta propiedad se denomina tixotrópico. El conocimiento de esta propiedad es importante para saber si se presentaran dificultades en la circulación.

El grado de tixotropía se determina midiendo la fuerza del gel al principio de un periodo de reposo de 10 segundos, después de

agitarlo y 10 minutos después. Esto se reporta como fuerza de gel inicial a los 10 segundos y fuerza de gel final a los 10 minutos.

La resistencia a la gelatinización debe ser lo suficientemente baja para:

- a.-** Permitir que la arena y el ripio sea depositado en el tanque de decantación.
- b.-** Permitir un buen funcionamiento de las bombas y una adecuada velocidad de circulación.
- c.-** minimizar el efecto de succión cuando se saca la tubería y de pistón cuando se introduce la misma en el hoyo.
- d.-** Permitir la separación del gas incorporado al lodo.

Sin embargo este valor debe ser suficiente para permitir la suspensión de la barita y los sólidos incorporados en los siguientes casos:

- a.-** Cuando se está añadiendo barita.
- b.-** Al estar el lodo estático.

1.3.2.4.- PUNTO CEDENTE.

Se define como la resistencia a fluir causada por las fuerzas de atracción electroquímicas entre las partículas sólidas. Estas fuerzas son el resultado de las cargas negativas y positivas localizadas cerca de la superficie de las partículas.

El punto cedente bajo condiciones de flujo depende de:

- a.-** Las propiedades de la superficie de los sólidos del lodo.
- b.-** La concentración de los sólidos en el volumen de lodo.
- c.-** La concentración y tipos de iones en la fase líquida del lodo.

Generalmente, el punto cedente alto es causado por los contaminantes solubles como el calcio, carbonatos, etc., y por los sólidos arcillosos de formación. Altos valores del punto cedente causan la floculación del lodo que debe controlarse con dispersantes.

Para determinar este valor se utiliza la siguiente fórmula:

$$Y_p \text{ (lbs/100 pies}^2\text{)} = \text{Lectura a 300 rpm.} - V_p \quad (2)$$

1.3.3.- PERDIDA DE FILTRADO.

La pérdida de fluido es una de las propiedades del lodo con importancia fundamental en las operaciones de perforación o completación.

Básicamente hay dos tipos de filtración: Estática y Dinámica. La estática ocurre cuando el lodo fluye a lo largo de la superficie filtrante. Como es de esperarse ambos tipos ocurren durante la perforación de un pozo.

Durante el proceso de filtración estática, el revoque (costra de lodo) aumenta de espesor durante el tiempo y la velocidad de filtración disminuye por lo que el control de este tipo de filtración consiste en prevenir la formación de revoques muy gruesos. Por otro lado la filtración dinámica se diferencia de la anterior en que el flujo de lodo a medida que pasa por la pared del pozo tiende a raspar el revoque a la vez que el mismo se va formando, hasta que el grosor se estabiliza con el tiempo y la velocidad de filtración se vuelve constante, por lo que el control de este tipo de filtración consiste en prevenir una pérdida de excesiva de filtrado a la formación.

Los problemas que durante la perforación se pueden presentar a causa de un control de filtración inadecuado son varios: Altos valores de pérdida de filtrado casi siempre resultan en hoyos reducidos lo que origina excesiva fricción y torque, aumentos excesivos de presión anular debido a la reducción en el diámetro efectivo del hueco como resultado de un revoque muy grueso, atascamiento diferencial de la tubería debido al aumento en la superficie de contacto entre esta y la pared del hoyo; además puede causar un desplazamiento insuficiente del lodo durante la perforación primaria y una disminución en la producción potencial del yacimiento al dañar el mismo.

La pérdida de fluido depende de: La permeabilidad de la formación, el diferencial de presión existente, la composición y temperatura del lodo.

Las rocas altamente permeables permiten altas tasa de pérdida de fluido y al contrario las formaciones menos permeables producirán tasas más bajas de pérdida de fluido. La pérdida de fluido comienza a disminuir, después de un periodo de tiempo aun en las formaciones altamente permeables.

La pérdida de fluido de alto volumen durante el esfuerzo inicial lleva sólidos a los espacios porosos interconectados entre los granos de arena. Mientras sigue la pérdida de fluido, más y más sólidos son llevados y empacados en los espacios porosos de las rocas. Una vez que los espacios se hayan ocupado suficientemente con los sólidos del lodo, se comienzan a formar un revoque sobre la superficie del hoyo. Experimentos demuestran que la pérdida de filtrado se puede disminuir si se aumenta la concentración de sólidos en el lodo. El mecanismo en este caso consiste en aumentar la velocidad de acumulación del revoque, disminuyendo así el filtrado. Sin embargo, esta forma de control no es adecuada ya que resulta en revoques muy gruesos y de alta permeabilidad, aunque se observe una reducción en la pérdida de filtrado.

La mejor forma de controlar la filtración es controlando la permeabilidad del revoque. El tamaño, la forma y la deformabilidad de las partículas bajo presión son los factores más importantes a considerar. Las partículas pequeñas, delgadas y planas son mejores ya que forman un revoque más compacto. La bentonita es el material cuyas partículas satisfacen adecuadamente estas especificaciones.

Los factores más importantes que afectan la filtración estática son:

- a.-** La permeabilidad del revoque.
- b.-** El área sobre la cual se desarrolla la filtración.
- c.-** La presión diferencial de filtración.
- d.-** El grosor de revoque.
- e.-** La viscosidad del filtrado.
- f.-** El tiempo de filtración.

Los contaminantes solubles disminuyen el rendimiento de la bentonita y originan altas filtraciones. Estos contaminantes forman revoques gruesos que generalmente causan los siguientes problemas si no son contrarrestados:

- a.-** Atascamiento de la tubería.
- b.-** Derrumbes.
- c.-** Pérdida de circulación.
- d.-** Dificultad en la corrida e interpretación de los registros eléctricos.
- e.-** Dificultad en la terminación del pozo.
- f.-** Disminución de la producción del pozo.

El proceso de filtración, cuando se circula es básicamente diferente a la filtración estática por la diferencia en la forma de deposición del

revoque. Durante la filtración estática por la diferencia en la forma de deposición del revoque. Durante la filtración estática, el revoque será una función lineal del volumen de filtrado.

Los sólidos depositados durante la circulación y las características de flujo son factores determinantes en la composición del revoque. El revoque igualmente está determinado por la diferencia entre la tasa de deposición y la tasa de erosión, la cual dependerá principalmente de la velocidad del lodo, el tipo de flujo y las características del revoque en sí mismo.

El control de este tipo de pérdida de filtrado consiste esencialmente de la deposición de un revoque de baja permeabilidad en la cara de la roca permeable que está expuesta al lodo.

1.3.4.-CONTENIDO DE SÓLIDOS.

En un fluido de perforación existen sólidos deseables como la arcilla y la barita y sólidos indeseables como ripios y arena, los cuales hay que eliminar del sistema.

Para controlar en un mínimo los sólidos perforados se utilizan varios métodos, ya que es de suma importancia mantener el porcentaje de

sólidos en los fluidos de perforación en los rangos correspondientes al peso del lodo en cuestión.

Los sólidos son unos de los mayores problemas que presentan los fluidos de perforación cuando no son controlados. La acumulación de sólidos de perforación en el sistema causa la mayor parte de los gastos de mantenimiento del lodo. Un programa adecuado de control de sólidos ayuda enormemente a mantener un fluido de perforación en optimas condiciones, de manera que sea posible obtener velocidades de penetración adecuadas con un mínimo de deterioro para las bombas y demás equipos encargados de circular el lodo.

Algunos efectos de un aumento de los sólidos de perforación son:

- a.-** Incremento del peso del lodo.
- b.-** Alteraciones de las propiedades reológicas, aumento en el filtrado y formación de un revoque diferente.
- c.-** posibles problemas de atascamiento diferencial.
- d.-** Reducción de la vida útil de la broca y un aumento en el desgaste de la bomba de lodo.
- e.-** Mayor pérdida de presión debido a la fricción.

f.- Aumento de la presión de pistoneo.

Aunque es imposible remover todos los sólidos perforados, con el equipo y las practicas adecuadas, es posible controlar el tipo y la cantidad de los mismos en un nivel que permita una perforación eficiente.

Los sólidos de perforación se pueden controlar utilizando los siguientes métodos:

a.- Dilución

b.- Asentamiento.

c.- Equipos mecánicos de control de sólidos.

La dilución consiste en añadir agua al lodo, para reducir los sólidos en el volumen considerado. Este método es el más costoso. La adición de agua dependerá de:

a.- Las especificaciones de peso del fluido de perforación.

b.- El tamaño del hoyo perforado.

c.- El tipo de formación perforada.

d.- La tasa de penetración.

e.- La eficiencia del equipo de control de sólidos.

El asentamiento consiste, en pasar el lodo por un tanque o fosa de asentamiento en donde los sólidos puedan decantar. La eliminación por asentamiento se aplica esencialmente a los lodos de baja viscosidad y peso, y necesita un área relativamente grande para darle tiempo a las partículas a asentarse.

El tercer método de control de sólidos es a través de equipos mecánicos. Para esto se utiliza: las zarandas, desarenador, limpiadores de lodo y centrifugas. Las zarandas o rumbas constituyen el medio primario para controlar los sólidos y consiste en hacer pasar el fluido por una malla que filtra solamente las partículas que tengan un diámetro menor que los orificios de la malla. Los desarenadores ofrecen un medio mecánico muy eficaz para remover los sólidos nativos y la arena del fluido de perforación y los limpiadores de lodo están diseñados para descartar todas las partículas mayores de 15 micrones.

A continuación se muestra una tabla de los sólidos constituyentes en un lodo de perforación.

TABLA 1.1
SOLIDOS DE LODOS NORMA API. (REF. 2)

<i>SOLIDOS DE LODOS</i>	<i>MICRAS</i>
ARENA API	Mayor a 74
LIMO	2 – 74
BARITA, buena calidad	2 – 60
ARCILLA	Menor a 2

1.4.-PROBLEMAS COMUNES DE PERFORACIÓN RELACIONADOS CON LOS FLUIDOS DE PERFORACION.

Existen una serie de problemas que pueden ser ocasionados por los fluidos de perforación. Los más importantes son:

1.4.1.- PERDIDA DE FILTRADO.

La pérdida de circulación consiste en la pérdida de lodo hacia las formaciones expuestas en el hoyo.

El flujo de lodo hacia la formación implica que hay menos lodo volviendo a la línea de descarga del que se bombeo o bien que no hay retorno. La reducción del flujo en el anular por arriba de la pérdida de lodo puede causar muchos problemas. Los recortes se pueden acumular en la zona de baja velocidad y caer al fondo cuando se detiene el bombeo. La menor velocidad en anular disminuye la capacidad de acarreo del lodo y como consecuencia de la acumulación de recortes se puede ocasionar un aprisionamiento de la tubería o pérdida del pozo. Además la pérdida del lodo en el anular trae consigo una reducción de la presión hidrostática en el pozo.

En secciones lutíticas, esta disminución del sostén de la pared puede inducir a que las arcillas flojas se desmoronen haciendo que la herramienta quede aprisionada o, en casos graves, la pérdida del pozo. El pozo fluiría si la presión hidrostática se hace inferior a la presión de la formación, cuando esta es permeable. Esto presenta la situación sumamente peligrosa de pérdida de circulación en un pozo

con surgencia. Si el fluido de la formación invade el lodo se convierte en un reventón subterráneo.

La pérdida de circulación puede ser costosa. El costo de materiales para corregir la pérdida de circulación y del reemplazo del lodo puede resultar pequeño cuando se compara con el costo del equipo de perforación mientras se recupera la circulación y se remedian los posibles efectos colaterales.

Para que se pierda lodo hacia la formación se necesitan dos factores:

- a.-** Los orificios de la formación deben ser tres veces más que la mayor de las partículas existentes en el lodo.
- b.-** La presión debida al lodo debe ser superior a la presión de la formación.

Las formaciones que típicamente se caracterizan por tener orificios los suficientemente grandes como para pérdida de circulación son:

- a.-** Formaciones no consolidadas o sumamente permeables.
- b.-** Fracturas naturales.
- c.-** Zonas cavernosas o con cavidades.
- d.-** Fracturas inducidas.

Las formaciones no consolidadas, varían en su permeabilidad. Fallas, grietas y fisuras se producen en cualquier formación como resultado de las tensiones de la tierra. Las formaciones cavernosas están asociadas con calizas y formaciones volcánicas.

Parecería que la mayoría de los casos de pérdida de circulación ocurre si queda expuesta una formación con grandes orificios. Si este fuera el caso, la pérdida de circulación se producirá siempre a medida que se perfora, en otras palabras en el fondo del pozo. En la práctica, las zonas de pérdida han estado ubicadas usualmente en la vecindad del último asiento de revestimiento.

El movimiento de la sarta dentro del pozo eleva la presión en el fondo. Cuando más rápido es el movimiento mayor es la sobrepresión. Por esto cuanto más profunda está la broca, más lentos deben ser los movimientos de tubería al sacar o meter la misma en el hoyo. Estas sobrepresiones son también aumentadas considerablemente por las propiedades deficientes del lodo: altas resistencias de gel y altas viscosidades.

Al perforar las formaciones superficiales, la densidad del lodo puede aumentar debido a la perforación muy rápida. La perforación de la

parte superior del pozo implica grandes tamaños del espacio anular y bajas velocidades de lodo. Un aumento en la presión hidrostática debido a esa sobrecarga, combinado con el bajo gradiente de fractura típico de las profundidades someras, pueden causar pérdida de circulación. Una velocidad de penetración controlada, mayor viscosidad y el mayor caudal para sustentar la producción aumentada de recortes, evitara la sobrecarga del anular y ayudara a impedir muchas perdidas en la parte superior del pozo.

Otra zona potencial de perdida es el caso de arenas depletadas. Las formaciones productivas en el mismo yacimiento o en las cercanías pueden causar una presión subnormal debido a la extracción de los fluidos de formación.

El tratamiento previo del sistema de lodo en su totalidad con material de perdida de circulación debe realizarse solamente cuando se conoce con seguridad que es efectivo en una zona particular anticipada. El pretratamiento no es solo costoso, sino que también puede inducir a una fractura por su adición al sistema. El material de perdida de circulación añadido aumenta el contenido de sólidos en el lodo, y por consiguiente, aumenta la viscosidad del mismo.

Lo más recomendable cuando se utilizan materiales de pérdida de circulación es usar varios de ellos a la vez para que surtan efecto. Es también recomendable usar brocas sin chorro y circular a baja presión sin pasar el lodo por las zarandas.

Una vez logrado detener la pérdida, lo mejor es pasar de nuevo el lodo por la zaranda, para eliminar el material de pérdida ya que este altera las propiedades del lodo, disminuye la efectividad de las válvulas de asentamiento de la bomba y pueden tapar los chorros de la broca, si se efectúa la circulación con ellos.

En resumen para prevenir la pérdida de circulación se debe:

1.4.1.1.- Reducir las presiones mecánicas.

- a.-** Mantener la densidad mínima del lodo.
- b.-** Mantener la viscosidad y los geles a niveles mínimos.
- c.-** Mantener lentos los movimientos de la tubería.
- d.-** Romper geles gradualmente durante la bajada de la tubería.
- e.-** Tomar medidas correctivas contra el embolamiento de la broca y desprendimiento de lutitas.

1.4.1.2.- Seleccionar los puntos de revestimiento en formaciones consolidadas.

Aun cuando se tomen medidas preventivas, no hay ninguna garantía de que no se producirá pérdida de circulación. Una vez que se presenta la pérdida, se deben tomar rápidamente medidas correctivas, para minimizar los efectos colaterales.

1.4.2.- PROBLEMAS CON LUTITAS Y LA INESTABILIDAD DEL HOYO.

Las lutitas desmoronables son uno de los problemas más comunes asociados a la inestabilidad del hoyo. No existen soluciones simples para este problema, pero una combinación de una buena práctica de perforación y un buen programa de lodo ayudaran a minimizar su ocurrencia.

Los problemas relacionados con inestabilidad del hoyo en secciones lutíticas son:

- a.-** Limpieza del hoyo ineficiente.
- b.-** Atascamiento de tubería y operaciones de pesca.
- c.-** Incremento en el costo del tratamiento al lodo.

- d.-** Malas cementaciones.
- e.-** Problemas de derrumbes.
- f.-** Dificultades para correr registros.
- g.-** Ensanchamiento del hoyo.
- h.-** Necesidad de revestidores intermedios.
- i.-** Pérdida de tiempo en la perforación por la necesidad de reparar el hoyo.

Los principales factores mecánicos en los problemas con lutitas son:

- a.-** Erosión debido a altas velocidades anulares.
- b.-** Aplicación de técnicas inadecuadas de perforación como: presión de surgencia, acción de suabeo, entre otras.
- c.-** Invasión de filtrado hacia la formación y reacción desfavorable del fluido de perforación con las formaciones inestables.

La inestabilidad de las lutitas puede ser el resultado de las siguientes fuerzas solas o combinadas:

- a.-** Presión de sobrecarga.
- b.-** Presión de poros.
- c.-** Fuerzas tectónicas.
- d.-** Absorción de agua.

Desprendimientos de lutitas tienen lugar cuando secciones no perforadas de formaciones de lutitas entran en el pozo. Cuando se presenta este problema, se observa un aumento de ripios en el Tamiz de la zaranda. A menudo un cambio en el tamaño y forma de los ripios acompaña el cambio de volumen. La presión de bomba tiende a aumentar a medida que el espacio anular es sobrecargado por el aumento de volumen de los ripios. Este aumento en la presión de la bomba es generalmente lento, si bien en algunos casos puede ser en forma acelerada.

La torsión y el arrastre aumentan a medida que el espacio anular se sobrecarga con los desmoronamientos provenientes de la zona dificultosa. Esto puede conducir al aprisionamiento de la sarta.

Cuando se hace un viaje, el arrastre se hace anormalmente acentuado. Esto es particularmente cierto cuando pasan los portabarrenas a través de secciones del pozo de diámetro estrecho.

También al regresar al fondo se encuentra un llenado, excesivo como resultado de que los desmoronamientos se añaden a la cantidad de recortes que se sedimentan hacia el fondo durante el viaje.

Los problemas que aparecen como resultado de la entrada al pozo de secciones no perforadas de lutitas pueden describirse clasificando el problema según los siguientes tres tipos de lutitas.

a.- Portadoras de gas.

b.- Bentoníticas.

c.- Frágiles y fracturadas.

La lutita que contiene pequeñas arenas lenticulares o lutitas arenosa que esta cargada con gas a alta presión, es probable que se desprenda a menos que la presión hidrostática de la columna fluida sea suficiente por lo menos para balancear la presión de formación. Si se perfora por debajo de la presión de equilibrio, la falta de tensión sobre el lado adyacente a la pared del pozo hace que la lutita se desprenda o sea arrojada dentro del pozo debido a las diferencias de presión.

Los primeros síntomas de este problema serán usualmente el aumento de arrastre y de torsión. El estrechamiento del pozo se debe probablemente a la obturación en ciertas zonas de diámetro en buen calibre. El lodo se contaminara con gas sin que haya cambios

apreciables en las propiedades del lodo, el que puede adquirir un aspecto esponjoso.

El tratamiento primario consiste en aumentar la densidad del lodo en grado suficiente para exceder la presión existente dentro de la formación. Las resistencias del gel y la viscosidad se deben mantener en valores bajos, para que el gas atrapado se pueda remover mecánicamente y salga fácilmente del lodo. La baja viscosidad y resistencia de gel ayudara también a evitar el succionamiento de la lutita hacia el pozo cuando se extrae la tubería.

La lutita bentonítica contiene arcillas coloidales que se parecen a una montmorillonita de buena calidad en su capacidad de hidratación. Como consecuencia, la penetración de este tipo de lutita se caracteriza por un aumento de la viscosidad y frecuentemente por una reducción de perdida de filtrado. La hidratación de la lutita bentonítica hace que se hinche y se incorpore al lodo.

En algunos casos, puede minimizarse la hidratación de estas formaciones mediante la reducción de la perdida de filtrado del lodo, con lo que disminuye la cantidad de agua disponible para la hidratación de las lutitas. Sin embargo, el uso de un sistema

inhibidor usualmente tiene más éxitos en el control de esos sólidos hidratables.

La inhibición puede lograrse mediante la adición de una sal soluble que provea un catión capaz de intercambiarse con el ion de ligadura de la arcilla. El mismo efecto puede conseguirse empleando un polímero, que tienda a encapsular las lutitas bentoníticas y a reducir la cantidad de agua disponible para la hidratación de la arcilla. Adiciones de sal para controlar la inhibición osmótica del agua se utilizan también frecuentemente de modo que la acción osmótica deshidrata las lutitas en vez de hidratarlas.

El empleo de emulsión inversa o lodo es también muy efectivo en el control de estas lutitas.

Formaciones de lutitas que han sido elevadas a un ángulo mayor que el normal pueden tender a ingresar al pozo por flujo plástico cuando son penetradas por la broca, reduciendo las tensiones cerca del pozo.

A medida que el fluido penetra en esas lutitas e iguala las presiones, pueden tender a deslizarse en el interior del pozo debido a las fuerzas de sobrecarga.

Para el tratamiento de lutitas frágiles y fracturadas, es importante reducir al mínimo la pérdida de filtrado del lodo, con el fin de evitar humedecer esa lutitas. La adición de materiales asfálticos también contribuye al control, pues esos materiales se intercalan dentro de los estratos, reduciendo la pérdida de filtrado y provee un efecto taponante a nivel de los mismos. Un aumento de la densidad del lodo ayuda a mantener esas lutitas en su lugar, cuando se puede tolerar un incremento de densidad sin peligro de pérdida de circulación. Es aconsejable mantener bajas viscosidades para evitar el desprendimiento por succión de estas lutitas dentro del pozo. Cuando no se puede aumentar la densidad sin ocasionar pérdida de circulación, puede aumentarse la viscosidad para ayudar a contener la lutita y limpiar mejor el hoyo, pero la resistencias de gel deben ser de valores bajos para impedir la succión de esas lutitas.

El problema de los desprendimientos de lutitas no tiene una solución única o definida. Cada situación debe evaluarse independientemente de las demás. Sin embargo, si se conoce el tipo de lutita involucrada en el problema, el tratamiento puede prescribirse con mayor precisión.

Dado que muchos problemas de lutitas se originan en causas mecánicas estas se deben investigar ante todo, y si se diagnostica una causa mecánica debe procederse a corregirla.

Buenas practicas de perforación, como las que se citan a continuación nos ayudan en el problema de lutitas.

- a.- Mantener un buen control de la densidad del lodo.
- b.- Mantener las propiedades reológicas adecuadas en el fluido utilizado.
- c.- Controlar la perdida de filtrado.
- d.- Mantener unas velocidades anulares no muy elevadas para no erosionar las paredes del hoyo.
- e.- Mantener el hoyo lo más vertical posible.
- f.- No sacar la sarta de perforación muy rápidamente.
- g.- Preparar buenos programas de revestidores.

1.4.3.- BROTOS O SURGENCIAS.

Un reventón es quizás el desastre más costoso que se pueda sufrir en operaciones de perforación y completación.

En general se acepta el concepto de que el dominio de las presiones de las formaciones se divide en dos etapas: control primario y control secundario.

El primario es la función de la columna de fluido que llena el pozo. Si se trata de un pozo productivo, la columna hidrostática es lo que contrarresta las presiones. Ese control primario es el más importante en el dominio de las presiones. Si se mantiene en el pozo una columna de fluido con las debidas propiedades de densidad, viscosidad y fuerza de gel, nunca se presentara un amago de reventón.

Pero tan compleja es la corteza terrestre en donde se busca petróleo que en muchas ocasiones, las condiciones variables hacen a veces imposible la predicción de los requisitos de la columna de fluido. Además, en una grieta o cavidad puede perderse una gran cantidad de fluido. Por esta y otras causas nos vemos privados del control primario, precisamente cuando se necesita con urgencia. De allí la necesidad del control secundario, que consiste de los equipos antireventones.

El éxito al tratar de suprimir un brote depende de los materiales y el equipo, pero únicamente cuando se tiene un buen conocimiento de la situación y se piensa acertadamente.

Las siguientes condiciones se deben analizar para escoger el equipo preventor más adecuado y las practicas que se deben observar en cada pozo.

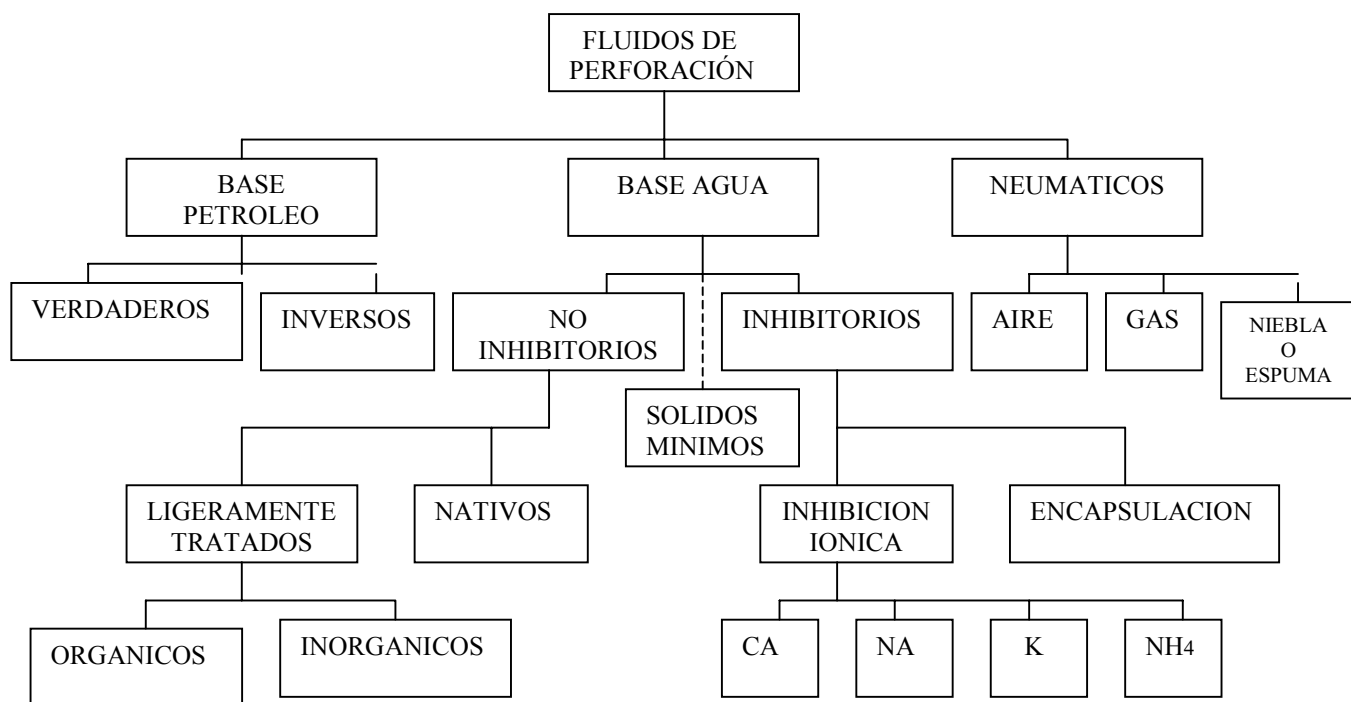
- a.-** Ajustar el caudal de la bomba a fin de mantener una presión constante durante el proceso de control.
- b.-** Aumentar la densidad del lodo a el valor determinado por los valores de la presión de cierre en la tubería y la presión de cierre en el anular.
- c.-** Monitorear en todo momento el volumen de los tanques y las unidades de gas en el lodo.

1.5.-TIPOS DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN.-

No existen dos lodos iguales; aún en el caso de que los lodos sean inicialmente muy semejantes, los efectos diversos de los elementos de la formación y el manejo que se haga en los lodos en superficie introducirán diferencias.

A pesar de ello, es posible establecer amplias clasificaciones de los lodos.

La siguiente figura muestra un esquema de clasificación.



TIPOS DE FLUIDOS DE PERFORACION

Es evidente que existe una amplia variedad de lodos. El lodo apropiado para un pozo es aquel que es más económico en la perspectiva total de seguridad. Costos de perforación y eventualmente, costos de producción. (Un bajo costo inicial del lodo puede a la larga resultar muy costoso si da por resultado problemas posteriores en la perforación o en la producción). Las condiciones locales ejercen un impacto importante sobre la elección del lodo más económico para cada pozo en particular.

El termino “fluido” incluye a los líquidos y los gases. Un fluido de perforación que es fundamentalmente líquido se denomina lodo de perforación o simplemente un lodo. El aire, el gas y la espuma son fluidos *neumáticos* de perforación. Los fluidos neumáticos de perforación, se emplean solamente en casos especiales.

La parte líquida de un lodo es, generalmente, agua, petróleo, o una mezcla estable de ambos. Una emulsión es una mezcla en la que un líquido está suspendido dentro de otro, en forma de glóbulos muy pequeños. El líquido suspendido (en suspensión) es la fase interna de la emulsión; el líquido dentro del cual esa fase interna está suspendida recibe el nombre de fase externa o fase continua. Un lodo de base petróleo se caracteriza porque su parte líquida continua es petróleo o más

frecuentemente, una emulsión de agua en petróleo (**llamada emulsión inversa**). Si la porción líquida continua es el agua, se trata de una emulsión de petróleo-en-agua y en caso el lodo es de base agua.

Los lodos de base de agua son los más frecuentemente empleados. Varían desde los lodos nativos (no tratados). pasando por los ligeramente tratados, hasta los más intensamente tratados, los lodos inhibitorios, de base agua.

Los lodos inhibitorios se reducen, o inhiben, la iteración entre el lodo y ciertas formaciones perforadas. Los lodos de base petróleo son de por sí inhibitorios.

CAPITULO 2.

2.- TEORIA ACERCA DE LA BARITINA.

2.1. GENERALIDADES.-

$BaSO_4$ “ Baros” en griego significa peso. El gran peso específico del mineral se percibe ya en la mano. Entre los muy contados minerales de Bario, la Baritina es la principal, y entre los sulfatos anhidros, la más abundante después del anhídrito.

2.1.1.Color.-

Se encuentra en cristales e incoloros y transparentes como el agua. En la mayoría de los casos, la baritina tiene un color blanco o gris, debido a las impurezas (inclusiones microscópicas de gases y líquidos); rojo (debido al óxido de hierro), amarillo o pardo (probablemente debido a los hidróxidos de hierro), gris oscuro y negro (sustancias bituminosas), a veces azulado, verdusco etc.

2.1.2.Brillo.-

Es vítreo nacarado

2.1.3. Dureza.-

3 – 3.5; Frágil

2.1.4.Peso específico.-

4.3 – 4.5.

2.1.5.Caracteres Diagnósticos.-

Entre los Sulfatos más abundantes, la baritina posee el mayor peso específico. Sin análisis Químico resulta difícil distinguirla de la celestina.

Decrépita al soplete, fundiéndose únicamente en los bordes, dando a la llama un color verde amarillo (distintivo del bario).

2.2. ORIGEN DE LA BARITINA.-

La baritina se forma en la naturaleza por varias vías, pero siempre que haya una elevada presión parcial de oxígeno, y a temperaturas relativamente bajas. Por eso, lo mismo que todos los demás sulfatos

anhidros, no se encuentra como mineral magmatógeno en las rocas eruptivas ni en las metamórficas de profundidad.

Es bastante frecuente en los yacimientos hidrotermales. Como mineral concomitante se establece en muchos yacimientos de sulfuros, de minerales de manganeso, hierro etc. Se conocen filones de oro y baritina. Se encuentran filones casi puros de baritina, de baritina - calcita y de baritina - fluorita con pequeñas mezclas de cuarzo y sulfuros raros.

La baritina en pequeñas cantidades, principalmente bajo la forma de concreciones, esta propagada hasta en las rocas sedimentarias, pero en condiciones distintas de la anhidrita, el yeso y a la celestina

En las zonas de meteorización de las rocas y los yacimientos de los minerales en comarcas de clima seco se observan pequeños cristales de baritina, a menudo de aspecto columnar, asociados al yeso y a los hidróxidos de hierro.

2.3. UBICACIÓN DE LA BARITINA OBJETO DE ESTE ESTUDIO.

El área minera denominada “Germanía” se encuentra al Oeste de la ciudad de Santiago de Méndez y de la Parroquia Copal, jurisdicción de la provincia de Morona Santiago.

La concesión se encuentra aproximadamente a 600 metros en línea recta al Oeste de la Parroquia Copal, en las estribaciones de la Cordillera Real de los Andes Ecuatorianos (ver anexo # 1).

Partiendo desde la ciudad de Cuenca el acceso hacia la Parroquia Copal se lo realiza por la vía Cuenca – Gualaceo – General Plaza Limón – Santiago de Méndez (150 Km. de distancia) se trata de una vía de tercer orden la misma que en épocas de lluvias se producen una serie de deslizamientos por lo que constantemente se interrumpe ocasionando largas horas de viaje.

Desde el cantón Santiago de Méndez se continúa por una vía en construcción hacia Guarumales a cargo de la compañía Herdoiza – Crespo; por esta vía se recorre nueve kilómetros y se llega hasta la población de Partidero.

Desde la población de Partidero se toma una vía carrozable pero angosta hacia el Suroeste de aproximadamente cuatro kilómetros, hasta el sitio denominado “La Punta”, en la margen izquierda del río Malo (Ver foto # 1) que corre en dirección Oeste – Este y es uno de los principales afluentes del río Negro.

Solo hasta el sitio “ La Punta ” se llega en vehículo para continuar hacia la Parroquia Copal y luego a la concesión minera hay que pasar el río y continuar por un carretero a pie.

Desde la Parroquia Copal hay varios caminos de herradura que fueron construidos por los habitantes para llevar su ganado, hacia las plantaciones de naranjillas y maíz, la explotación maderera, y hacia las fincas que se encuentran en la parte alta y Oeste de Copal que es precisamente donde se encuentran las vetas de Sulfato de Bario, también conocida como baritina, barita o espato pesado. (Ver foto # 2).

2.3.1 DATOS TOPOGRÁFICOS

2.3.1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.-

El área de estudio se encuentra ubicado en la región oriental del Ecuador; en la provincia de Morona Santiago, cantón Santiago de Méndez, parroquia Copal; en una región de terreno bisectado por fuertes gradientes que van 40 a 70 grados y con una altitud variable entre los 800 a 1400mts. SNM; la superficie del área es de 400 Has. (Ver Anexo # 2)

Coordenadas

	<i>X</i>	<i>Y</i>
PP	788.000	9'697.500
1	786.000	9'697.500
2	786.000	9'699.500
3	788.000	9'699.500

Los trabajos de exploración del yacimiento de sulfato de Bario se han emprendido ante todo para determinar la cantidad y calidad del mineral útil contenido en el yacimiento,

así como para precisar las condiciones naturales y económicas en las que se encuentra la concesión minera.

Se iniciaron los trabajos con el desbroce de una pequeña capa vegetal que recubría parte de la veta de dirección N.30° W y ubicada en el sector sur de la concesión en la cota 1200m. Sobre el nivel del mar.

En el primer tramo de desbroce y seguimiento de la veta se desarrollaron 30 metros de distancia continuada con un espesor promedio de 80 cm.; en esta zona se encontró una veta de dirección NO-SE intercalada con roca encajante de origen metavolcanico, estas vetillas tienen potencias variables entre 5 y 10 centímetros, siendo su espesor total de 5 metros.

Se continuo el seguimiento de la veta de Sur a Norte encontrándose dos intercesiones (fallas locales) lo que generaron como es lógico el desplazamiento de la veta (Ver mapa geológico Anexo # 1).

Dadas las condiciones topográficas y al intemperismo de la zona el desarrollo de las labores mineras fueron irregulares y en muchos sectores el desbroce fue necesario hasta el

afloramiento de la veta no pudiendo realizar una mayor extracción por la presencia de coluvial inestable, por lo que se aprovecho de los trabajos para la realización de la medición con cinta y brújula de la distancia de la veta contando con un calculo de reservas preliminar. (Ver foto # 3)

2.3.2. DATOS GEOLOGICOS.-

2.3.2.1. GEOMORFOLOGIA.

La zona de estudio se encuentra en el Oriente Ecuatoriano el mismo que constituye una vasta zona selvática que alcanza casi los 100.000 kilómetros divididos en dos zonas bien diferenciadas a saber:

La parte Oriental, que es una zona de tierras bajas que descienden gradualmente hacia el Este menos de 300 metros sobre el nivel del mar.

La parte Occidental que es una zona de estribaciones situadas a lo largo de Escarpa Andina la misma que ha sufrido una intensa deformación debido al movimiento orogenico de la Cordillera de los Andes, compuesta de montañas, colinas y

valles cuya altitud sobrepasa los 2.000 metros; esta representada por rocas metamórficas fuertemente comprimidas consideradas de edad Paleozoica y en las que se han recogido las muestras para realizar el presente estudio.

Localmente se trata de una zona montañosa y hacia el Este y fuera de la concesión se forma colinas; el drenaje preferentemente es paralelo (Ver foto # 4.) con dirección hacia el Este hacia el río Negro, principal accidente hidrográfico de la zona (Ver foto # 5).

Se han definido dos zonas relacionadas a la geomorfología observada. La primera presenta sus mayores elevaciones en el Norte y Oeste llegando hasta los 2600 metros cubiertos por vegetación primaria, alta y espesa con lentes de potreros y arbustos formando claros en el extenso bosque primario el que permanece constantemente con neblina, especialmente en los meses de invierno.

Las pendientes que se han formado son abruptas formándose riachuelos temporales, estos a su vez han generado

desprendimientos de bloques y coluviales acompañados de vegetación desprendida por el fenómeno.

El coluvial de origen Metamórfico y Metavolcanico de diferentes dimensiones siendo las mas observadas entre los 5 y 20 centímetros de diámetro en una matriz arcillo arenosa sin compactar.

La segunda zona se caracteriza por presentar colinas en forma escalonada con vegetación alta y primaria con claros (deforestación para el aprovechamiento de la madera) ocupados por potreros y cultivos de naranjilla, caña de azúcar, plátanos y cítricos.

Esta zona esta atravesada por una serie de trochas y caminos de herradura los mismos que fueron aprovechados para la realización de los estudios en este sector.

2.3.2.2. GEOLOGÍA REGIONAL.

El Oriente Ecuatoriano constituye una vasta zona selvática y forma una extensa provincia geológica Subandina

conformada por la Cordillera Real dividida en dos zonas bien diferenciadas.

La parte Occidental que es una zona de estribaciones con colinas, montañas y valles, situadas a lo largo de la escarpa Andina y en la que se encuentra registrada por una serie de fallas inferidas al Norte, Oeste y Suroeste (Mapa de compilación geológica de la provincia de Morona Santiago; INEMIN, Proyecto Oriente, julio de 1984) (Ver anexo # 4)

Se presentan rocas de edad Paleozoica, consideradas como el basamento, también rocas del Cretácico y Cuaternario.

El levantamiento de los Andes (orogenia) incluyó varias intrusiones para luego (Terciario) formarlas rocas metavolcanicas; igualmente flujos que generaron zonas mineralizadas de origen hidrotermal así como varias intrusiones graníticas observadas al Norte (Mineralizaciones en San Carlos de Limón, Sulfato de Bario en Bomboiza, El Triunfo, granito de Amaluza, etc.)

2.3.2.3. GEOLOGIA LOCAL.

La zona de interés presenta la forma de un bisectado por el río San Antonio y la quebrada Rosario los mismos que son afluentes del río Negro.

Determinándose también la presencia de pequeñas fallas tectónicas movibles las mismas que han logrado estrangulamientos y movimientos en una veta de baritina ya bien determinada que corre de SO. a NE. y con relación a la parroquia de Copal, esta al NO.

Las deformaciones ocurridas en la antes mencionada veta de baritina las mismas que le dan una ondulación aparente sin embargo esta no cambia su rumbo EO. Y son efectos de la intensa actividad tectónica de la zona así como también por una gran falla estructural la misma que ocurre paralela al río Negro.

2.3.2.4. MORFOLOGIA.

En el área, el yacimiento de baritina (veta) es modelado por fuertes relieves con gradientes de 60-80 grados y pequeñas quebradas de los cuales resaltan bloques así como material coluvial, se debe mencionar que la veta de baritina esta controlada por rocas metamórficas, así como también por rocas metavolcanicas.

En la parte Sur y en el centro del área la veta esta muy fracturada y alterada la misma que tienen una apariencia arenosa que es efecto de la meteorización y oxidación que ha sido producida por la abundancia vegetación y vertientes del área.

2.4. YACIMIENTO DE BARITINA.-

El yacimiento ha sido estudiado en todos sus afloramientos de Sur-Norte pero para realizar dicho reconocimiento fue necesario hacer un levantamiento topográfico con cinta y brújula partiendo de la parroquia Copal y tomando como referencia la iglesia.

La escala estimada es de 1:2000 para de esta manera lograra una mayor claridad y precisión en los puntos de afloramientos y lograr identificación de sus características como potencia y mineralización.

En el punto 1 (Ver anexo # 2) se determino un cuerpo de posición subhorizontal que tiene rumbo Norte-Oeste y un buzamiento de 40 grados Sur. La cota 1.180 snm. Este es un cuerpo masivo en forma de veta con una potencia de 160 cm el mismo que esta constituido por 100 cm de un material compacto, limpio con escasa oxidación y casi libre de impurezas; y en su parte superior 60 cm que es un material fracturado, alterado y meteorizado, este cuerpo tiene un emplazamiento de 20 m. controlando el buzamiento el buzamiento.

Se observo también un mineral negro oscuro (manganeso) secundario. En sus primeros tres metros se presenta volcado con 60 grados de buzamiento hacia el Sur, esta es una zona de gran interés aunque presenta esta anomalía estructural. La roca de caja superior de material coluvial con bloques

mayores, este requiere de mayor atención en cuanto se refiere a preparar el sitio para su explotación.

Esta presencia de la veta continua por una distancia de 65 m. la misma que sigue controlada por el buzamiento el material se presenta uniforme en sus características mecánicas y de desplazamiento, las condiciones físico – químicas se mantienen constantes así como el rumbo y buzamiento se determino ligeros estrangulamientos y desplazamiento que son consecuencia de pequeñas fallas móviles, los mismos que dan la apariencia de varios emplazamientos la topografía del terreno y la vegetación abundante la misma que ayuda al fracturamiento y alteración de la veta en esta área no se logro determinar su real potencia pero esta si se logro determinar con mayor claridad en las quebradas en donde la roca esta mas fresca y por lo tanto se presenta mas compacta.

Para su mejor identificación y de acuerdo a su importancia se las dividió en bloques.

El primer bloque se lo puede asumir como un afloramiento muy amplio de unos 370m y con las características antes

mencionadas con uniformidad en la continuidad y en la potencia que varia de 60 a 120cm.

El segundo bloque de 100 m. con potencia variable de 60 a 100 cm. La misma que va a ser determinada con mayor precisión con labores mineras subterráneas que se harán para su mayor confianza y seguridad.

El tercer bloque es de 340 m. de emplazamiento con características similares a los dos bloques anteriores.

El cuarto bloque que tiene un emplazamiento de 65 m. controlados igual que los anteriores por el buzamiento, pero en este bloque las características físico químicas son muy claras y definidas en su estructura masiva y compacta, de excelente pureza; la roca encajaste es el metamorfo. La potencia en este bloque fluctúa entre 100 y 160cm. Esta muy definido su estructura.

2.5. PROPIEDADES Y SUS USOS.

El nombre deriva del griego Baros, que hace referencia al elevado peso específico que es su propiedad más

característica que lo convierte en uno de los minerales no metálicos más densos.

Su fórmula química es Ba SO_4 y cristaliza en el sistema rómbico, es transparente con brillo vítreo e incolora cuando es pura, exhibe generalmente colores variados debido al alochromatismo perdiendo de este modo la transparencia a la par que adquiere un brillo más nacarado.

2.5.1. USOS EN LA INDUSTRIA.

- Cerca del 90 % de la producción de la baritina en forma de polvo fino se emplea junto a arcillas y agua como agente densificante en los fluidos de perforación.
- En la industria química sirve de materia prima para la obtención de diferentes sales, para curtidos (depilación de cuero), para la industria Azucarera, la fabricación de papel de fotografía, esmaltes de cerámica, producción de vidrios especiales de elevado índice de refracción.

- En la industria cauchera y papelera, en calidad de relleno y espesador.
- En la industria de pinturas y barnices
- El elevado número atómico del bario permite la utilización de baritina como absorbente de radiaciones, se lo usa como componente principal del enlucido de las paredes de los laboratorios de rayos X, para proteger al personal contra los efectos nocivos de dichos rayos y en la construcción de refugios nucleares.
- En la medicina de sulfato de bario es la papilla que se ingiere previamente a la observación de nuestro aparato digestivo mediante los rayos X
- Debe destacarse el nitrato empleado en la fabricación de señales luminosas, explosivos y bombas incendiarias.

CAPITULO 3.

ANALISIS DE LABORATORIO.

Para los análisis de laboratorio se tomaron diez muestras de distintos puntos del yacimiento para poder de esta manera determinar si el mismo tiene propiedades uniformes, estos puntos están debidamente señalados en el mapa (Ver anexo # 5).

Según las especificaciones del API se establecen los siguientes parámetros

REQUERIMIENTOS FISICOS Y QUIMICOS.

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIONES
Densidad.	4.20 gr./cm, mínimo.
Metales alcalino – térreos solubles en agua tales como el calcio.	250 mg/Kg. , máximo.
Residuo mayor de 75 micras.	3.0 % del peso, máximo.
Partículas menores de 6 micras en el diámetro esférico equivalente.	80 % del peso, máximo.

Los resultados de las pruebas de laboratorio se muestran en el Anexo

3.1 Densidad.

3.1.1. Equipo.

- a. Balanza de precisión 0.0001g.
- b. Picnómetro
- c. Agua destilada

3.1.2. Procedimiento.-

- a. Pesar una cantidad de Barita determinada.
- b. Pesar el picnómetro lleno con agua destilada
- c. Pesar el picnómetro lleno con agua mas el mineral pesado previamente teniendo presente que no quede burbujas dentro del picnómetro, en caso de tener burbujas se colocara el picnómetro en baño de María hasta poder eliminar las mismas.
- d. Registrar todos los pesos y proceder a realizar el calculo.

3.1.3. Calculo.-

$$= \frac{W_m}{W_m + W_a + W_{am}}$$

Donde:

: Densidad

W_m : Peso del mineral

W_a : Peso del Agua

W_{am} : Peso del Agua mas mineral

3.2. Metales Alcalino - T rreos solubles en agua tales como el calcio.

3.2.1. Equipo.

- a. Balanza con precisión de 0.01g.
- b. Frasco de Erlenmeyer: capacidad nominal 250 cm³ equipado con un tapón
- c. Cilindro graduado TD: 100 - cm³ de capacidad con graduaciones de 1 cm³.
- d. Solución Acuosa de EDTA: 3.72 ± 0.01 g de sal de disodium ethylenedintrilo tetracetic (CAS # 6381-92-6) diluido al volumen final de 1000cm³ con agua deionizada en un frasco volumétrico.
- e. Solución Buffer: 67.5± 0.01g cloruro de Amonio (CAS# 12125-02-09) y 570 ± 1cm³ 15 N Hidróxido de Amonio (CAS # 1336-21-6) solución final diluida de 1000cm³ con agua deionizada en un frasco volumétrico.

- f. Solución indicadora de Dureza: 1 ± 0.01 g. Calmagite (CAS# 3147-14-6), o equivalente diluido al volumen final de 1000cm^3 con agua deionizada en un frasco volumétrico.
- g. Vaso de titulación: de capacidad de 100 a 150 cm^3
- h. Pipetas o buretas graduadas de 0.1cm^3
- i. Pipetas Volumétricas de 10 cm^3 , o equivalente
- j. Agua deionizada.
- k. Filtro prensa: como referencia API Especificación 13 A . las especificaciones para fluidos de perforación en la sección 1.8 b o en un embudo de destilación.
- l. Papel filtro: Whatman 50 o equivalente.
- m. Recipiente pequeño
- n. Envase de agitación opcional
- o. Frasco volumétrico de 100 cm^3
- p. Varilla agitadora

3.2.2. PROCEDIMIENTO

- a. Pesar 100 ± 0.05 g. de Barita colocar en el frasco de erlenmeyer y agregar 100 ± 1 cm³ de agua deionizada tapar y agitar en algún aparato de agitación mecánica por aproximadamente 30 minutos.
- b. Después de agitar filtrar la suspensión a baja presión en el embudo o filtro prensa usando doble papel filtro. Recoger el filtrado en un recipiente apropiado.
- c. Usando la pipeta con 10 cm³ de filtrado en el frasco de titulación y diluir 50 ± 1 cm³ de agua deionizada adicionar 2 cm³ de dureza buffer y agitar en el remolino.
- d. Agregar suficiente indicador de dureza y mezclar. Un color azul indica ninguna dureza de calcio y la prueba es completada. Un color rojo desarrollara si calcio y o magnesio esta presente.
- e. El punto final de la titulación es cuando al adicionar EDTA produce el cambio del punto roo al Azul el volumen usado de EDTA para producir el color Azul se usara en el Calculo.

Nota: si el punto final no es alcanzado se realizaran otras pruebas metodología y resultados de otras pruebas se registrara.

3.2.3. Calculo.

$As = 400(\text{volumen de EDTA, cm}^3 / \text{volumen de la muestra cm}^3) - Cc.$

Donde Cc para esta prueba es -8

3.3. RESIDUO MAYOR DE 75 MICRAS.

3.3.1. EQUIPO.

- a. horno de regulación de 220 ± 5 °F (105 ± 3 °C)
- b. desecador con sulfato de calcio (CAS# 7778-18-9) desecador equivalente.
- c. Balanza de precisión de ± 0.01 g.
- d. Hexametaphosphato de sodio (CAS # 10124-56-8)
- e. Mixer 11000 ± 300 rpm
- f. Recipiente : las dimensiones aproximadas son 180 mm de alto, 97 mm de diámetro interno en el tope; 70 mm de diámetro

interno de fondo (e. Copa Hamilton Beach Mixer No. M110-d, o equivalente)

- g. Un cedazo de 75 micras: las dimensiones aproximadas son 3 plg. de diámetro y 2.5 plg. desde la cima del marco a la malla.
- h. Boquilla para rociar
- i. Agua con regulador de presión capacidad de presión 10 ± 0.1 psi
- j. Plato de evaporación
- k. Botella para lavar

3.3.2. PROCEDIMIENTO.

- a. tomar aproximadamente 50 g de Barita seca y colocarla en el desecador
- b. tomar la muestra y añadir 350 cm³ de agua que contenga sobre 0.2 g de hexametaphosphate de sodio agitar en el Mixer por 5 minutos.
- c. Transferir la muestra al cedazo de 75 micras, lavar para quitar todo el material desde el recipiente al cedazo usando la boquilla de rocío por dos minutos

- d. Transferir el residuo desde el cedazo al plato de evaporación
- e. Secar el residuo en el horno registrar el peso del residuo y el tiempo de seca total.

3.3.3. CALCULO.

% del peso del residuo =100(Peso del residuo g./peso del mayor de 75 micras muestreo)

3.4. LAS PARTICULAS MENORES DE 6 MICRAS EN EL DIAMETRO ESFERICO EQUIVALENTE.

3.4.1. Equipo – Método de Sedimentación.

- a. Horno regulado a 220 ± 5 °F (105 ± 3 °C)
- b. Desecador (desecar con sulfato de calcio) (CAS #7778-18-9) o equivalente.
- c. Balanza : con precisión de 0.01g.
- d. Mixer : 11000 r.p.m. ± 300
- e. Copa Hamilton Beach para mixer N° M110- D, o equivalente.

- f. Solución dispersante 40 ± 0.1 g de Hexametaphosphate de sodio y 3.60 ± 0.1 g de carbonato de sodio (CAS# 497-19-8) por 1000 cm^3 de solución el carbonato de sodio se usa para ajustar el ph de la solución a aproximadamente 9.0.
- g. Vaso o cilindro de sedimentación: 18 plg. (457mm) de alto y 2.5 plg. (63mm) de diámetro, marcado para un volumen de 1000 cm^3 (ASTM D – 422-63).
- h. Tapón de goma
- i. Baño de agua o mantener la temperatura en el laboratorio a 75 ± 10 °F (24 ± 5 °C).
- j. Termómetro : $60-90 \pm 1$ °F (16.32 ± 0.5 °C)
- k. Hidrómetro : ASTM 151H. Graduado para leer gravedad específica de suspensión.
- l. Cronometro mecánico o eléctrico, precisión de 0.1 minutos.

3.4.2. PROCEDIMIENTO – METODO DE SEDIMENTACIÓN

- a. Pesar 80 ± 0.1 g de barita seca y colóquelo en recipiente para mezclar.
- b. Agregar 125 ± 0.5 cm³ de solución dispersante diluir con aproximadamente 400 cm³ de agua deionizada lave con todas las partículas adheridas.
- c. Agitar 5 ± 0.5 minutos en el Mixer.
- d. Transferir la suspensión al cilindro de sedimentación. Lavar el recipiente con agua deionizada para asegurar que todas las partículas de muestreo se transfieren al cilindro de sedimentación
- e. Agregar 1000 cm³ de agua destilada, mezclar el contenido invirtiendo el recipiente por aproximadamente 60 ± 5 segundos. Mientras se cierra el cilindro con un tapón # 13 de goma.
- f. Colocar el cilindro en el baño de agua (o de lo contrario mantener la temperatura constante) y simultáneamente cronometrar, Colgar el termómetro en la suspensión.
- g. Tomar el hidrómetro leer a intervalos de 10, 20, 30, y 40 ± 0.1 minutos (el hidrómetro debe quitarse inmediatamente después de cada lectura para eliminar resultados erróneos. Todas las lecturas

del hidrómetro deben hacerse con un mínimo de perturbación de fluido para conservar el equilibrio de la suspensión).

- h. Tabular tiempo de registro en minutos (T), temperatura °F(t) y la lectura del hidrómetro (H) en la hoja de datos.
- i. Por cada intervalo de tiempo, determine profundidad efectiva de hidrómetro (L) y la viscosidad del agua (v) desde las tablas de calibración #2 (Anexo # 3)
- j. Registre en la hoja de datos.

3.4.3. CALCULO – PROCEDIMIENTO DE SEDIMENTACIÓN.

- a. Factores de calibración del hidrómetro: Mc por inclinación = 0.144 y Bc por intersección = 18.08.
- b. Calcular la constante de muestreo Ks de la tabla #3 (Anexo # 3).

- c. Para cada intervalo de tiempo Calcular y tabular en la hoja de datos el diámetro equivalente esférico (**de**) para cada vez como se indica a continuación.

$$de = 17.5 \sqrt{\frac{L}{(D-1)T}}$$

donde: **de** = Diámetro esférico equivalente (micras).

= Viscosidad del agua (centi - poise).

D = Densidad de la muestra (g/cm³).

T = Tiempo (minutos).

L = Profundidad efectiva (cm).

- d. Calcular y tabular en la hoja de datos los porcentajes acumulativos más finos para el diámetro equivalente de la partícula (**de**) inmediatamente más grandes de 6 micras (**SH**) y el diámetro equivalente de la partícula (**de**) inmediatamente menor de 6 micras (**SL**) como se indica a continuación.

$$S = K_s * [(M_c * t) - B_c + (H - 1) * 1000].$$

Donde:

S = Porcentaje acumulativo mas fino

K_s = Constante de muestreo

M_c= Corrección de hidrómetro por inclinación

t = Temperatura de la suspensión, °F

B_c= Corrección del hidrómetro por Intersección.

H = Lectura del hidrómetro.

- e. Calcular y tabular en la hoja de datos los porcentajes acumulativos menores de 6 micras (**S₆**) como se indica a continuación:

$$S_6 = \left[\left[\frac{SH - SL}{dH - dL} \right] (6 - dL) + SL \right]$$

Donde :

S6 = Porcentaje acumulativo menores de 6 micras.

SH = Porcentaje acumulativo para el punto inmediatamente mayor de 6 micras.

SL = Porcentaje acumulativo para el punto inmediatamente menor de 6 micras.

dH = Diám-etro equivalente de partícula inmediatamente mayor de 6 micras.

dL = Diámetro equivalente de partícula inmediatamente menor de 6 micras.

3.5 Comparación del mineral analizado con otros productos del mismo tipo y propósito existentes en el mercado nacional.

En esta sección se realiza una comparación entre la Barita analizada y otra comercial tomando como parámetros en la comparación las normas API además de su Solubilidad en Acido Sulfúrico los resultados de esta sección se encuentran en las tablas de resultados Anexo # 6.

CAPITULO 4.

ANALISIS ECONOMICO.

4.1. ESTIMACIÓN DE RESERVAS.

Como ya se clasifico en la sección 4.3.2 el yacimiento se lo dividió en 4 bloques.

En los tres primeros bloques los valores estimados se los ha considerado hasta una profundidad media de 20 metros con una potencia de 80 cm. También se considera un cuarto bloque con una potencia de 120 cm.

<i>Bloque</i>	<i>Distancia (m.)</i>	<i>Profundidad (m.)</i>	<i>Potencia (m.)</i>	<i>M³</i>	<i>Tonelaje</i>
1	370	100	1.2	44.400	222.000
2	100	100	1.2	12.000	60.000
3	340	100	1.2	40.800	204.000
4	65	100	1.6	10.400	52.000

El calculo del tonelaje se lo hizo con una densidad promedio de 5 (T/m³).

Haciendo una hipótesis de productividad de explotación se considero un 50 % que es lo que consta en la tabla para las reservas a la vista.

Para realizar el calculo se partió de la siguiente formula:

$$T = d (T / m^3) * V (m^3) \quad [T]$$

O que es lo mismo:

$$T = d (T / m^3) * D (m) * Pot. (m) * Prof. (m) \quad [T]$$

Reservas totales a la vista 538.000 Toneladas es decir que el yacimiento aportaría con 10'760.000 sacos de 50 Kg. A un costo promedio actual de \$ 10 cada saco utilizado en la industria petrolera (\$ 200 c/ Ton.) . Lo que nos daría en cifras \$ 107'600.000 para esta hipótesis, con los resultados obtenidos en esta investigación nos da las bases necesarias para recomendar la utilización de la barita en la industria petrolera.

4.2 DEMANDA NACIONAL.

Los datos de la demanda nacional de Barita desde los años 1.996 – Noviembre de 1.999 se encuentran en el Anexo # 8, en los mismos se observa que Dowel Schulumberger Corporation C.A. en el área petrolera comercializa aproximadamente el 70 %, el 30% restante es comercializado por Summa-Pet, Oil Energy, Baker Hughes, Flupesa etc.

4.3 DESCRIPCIÓN BREVE SOBRE EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL PRODUCTO COMERCIAL.

Como ya se describió anteriormente en el Capítulo 2 el acceso al yacimiento (1.200 m sobre el nivel del mar) desde la población de Copal (800 m sobre el nivel del mar) es a través de un camino de herradura. Para optimizar tiempo se ha diseñado la construcción de un teleférico con capacidad máxima de carga de 0.5 tonelada por viaje desde la mina hasta el sector de la Punta foto # 1 para luego ser trasladado el material y ser molido técnicamente en los molinos de la compañía Bento–Bar ubicada en el sector del Descanso en la provincia del Azuay.

4.4 Análisis de Costos y Precios.

La explotación del yacimiento se la ha pensado hacer en tres frentes cada una con dos voladuras por día de 20 Ton-metr. es decir 120 Ton.- metr./día, asumiendo cada mes laborable en 25 días

tendremos:

3.000 Ton.-metr./mes

36.000 Ton.-metr./año

Duración aproximada de la mina : 15 años aproximadamente de acuerdo al calculo de reservas.

4.4.1 Capital de Inversión.

Maquinas de Canteras:

Tractor DCR	277.200	USD.
Tractor DCR	253.000	USD.
Compresor	66.000	USD.
Generador Eléctrico	35.000	USD.
Volqueta	263.692	USD.
Camiones con Chasis de Plataforma(2)	1.649816	USD.

Montacarga	39.270	USD.
Camioneta 4x4	46.500	USD.
Vehículo 4x4 (2)	76.264	USD.
Martillos y Barrenos	27.068	USD.
Planta Procesadora Instalada	1.000.000	USD.
Subtotal	3.733.810	USD.
Depreciación Anual 15%	560.071.5	USD.

4.4.2 Otras Inversiones.

Complemento de estudios de Exploración y Explotación	15.000	USD.
Preparación de Frentes de Explotación	10.000	USD.
Infraestructura	5.000	USD.
Construcción del Puente	120.000	USD.
Construcción de Vía de Acceso a la Mina	80.000	USD.
Compra de Terrenos	50.000	USD.
Instalación de Laboratorio de control de Calidad	10.000	USD.

Instalación de Oficinas	20.000	USD.
Mina, Cuenca, Guayaquil y Quito.		
Inversiones en Muebles y Equipos de Oficina.	15.000	USD.
Suministros y Lubricantes	1.000	USD.
Reparación y Mantenimiento	1.000	USD.
Seguros de Maquinaria	10.000	USD.
Energía Eléctrica (Transformador)	10.000	USD.
Gastos de Ventas	50.000	USD.
Publicidad y Propaganda	50	USD.
Pagos y Regalías	100	USD.
Mantenimiento de Vehículos	1.000	USD.
Atención Medica	1.000	USD.
Otros	1.000	USD.
Personal	20.000	USD.
Subtotal	420.150	USD.
Capital de inversión	3.733.810	USD.
Total	4.153.960	USD.

4.4.3 Balance Estimativo anual.

Gastos Operacionales	396.000	USD.
IVA	720.000	USD.
Depreciación del Equipo	560.070	USD.
Utilidades Laborales	829.350	USD.
Total Gastos Generales	2.505.420	USD.
Utilidad Bruta (36.000 T. * 200 USD c/T)	7.200.000	USD.
Gastos Generales	2.505.420	USD.
Utilidad Neta (65%)	4.694.580	USD.
Pago de Inversión	50% Anual.	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

CONCLUSIONES.-

- ◆ Los bloques estudiados presentan un material de barita muy homogéneo con leves diferencias, poca oxidación por efecto de escasa meteorización y fracturamiento muy puro que lo afianzamos con su peso específico (Anexo # 7)
- ◆ La densidad promedio que se obtuvo del yacimiento es 4.9468 gr./cm³
- ◆ Se obtuvo su peso específico promedio de 4.39018 (se recuerda que este análisis no forma parte de las especificaciones API).

- ◆ Los análisis de Densidad, Metales alcalino-terreos solubles en agua, Residuo mayor de 75 micras y Partículas menores de 6 micras en el diámetro esférico equivalente, cumplen con los parámetros establecidos por el instituto americano del petróleo API.

- ◆ Reservas totales a la vista 538.000 Toneladas con un equivalente a 10'760.000 sacos de 50 Kg. Con una hipótesis de productividad del 50 %.

- ◆ Con esta cantidad de reservas se tiene asegurada la explotación técnica del yacimiento por 15 años aproximadamente, dando como resultado una utilidad bruta de 7.200.000 USD. anual menos los gastos generales 2.505.420 USD. lo que nos da una utilidad bruta 4.694.580 USD. si se considera pagar la inversión el 50 % por año la inversión se recupera en dos años.

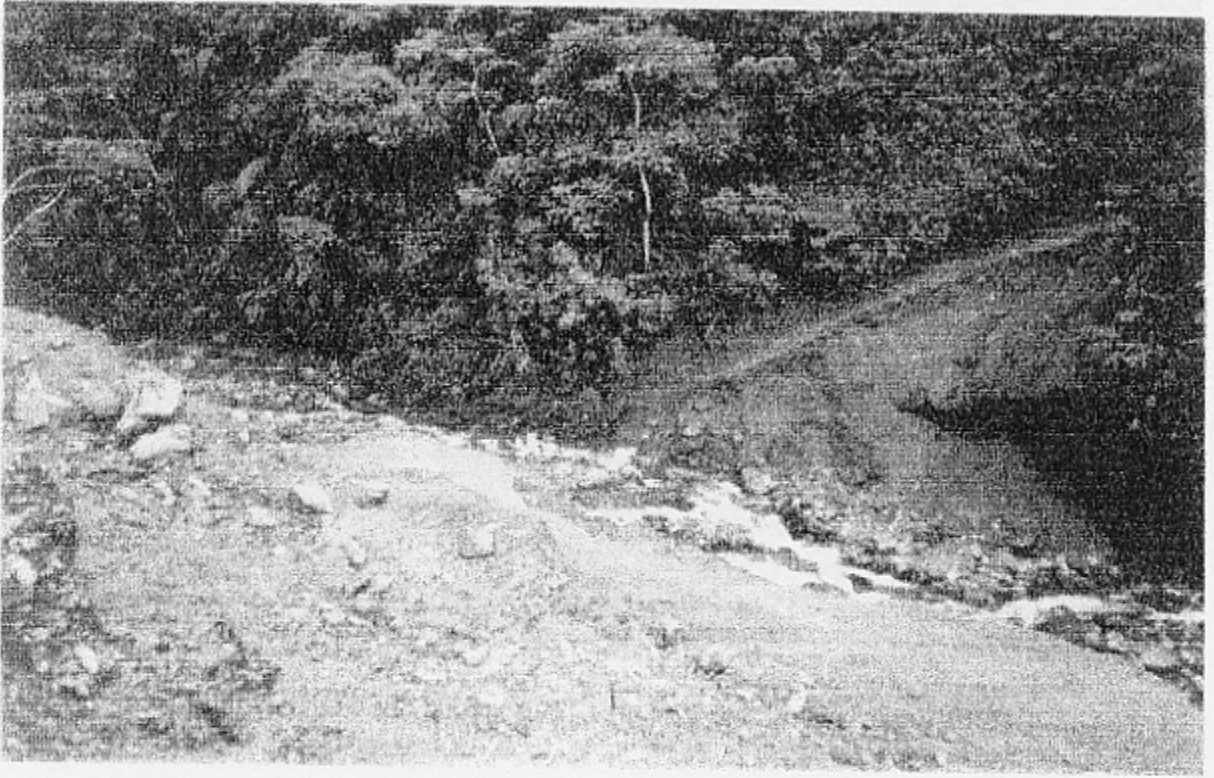
- ◆ Se puede observar claramente que la Barita comercializada en el país es importada en un 90 % según los gráficos mostrados en el anexo # 8.en los últimos 4 años.
- ◆ Los análisis comparativos con una Barita que se comercializa se observó una densidad alta pero no cumplió con los otros requerimientos
- ◆ Estos resultados obtenidos en esta investigación nos dan las bases necesarias para recomendar la utilización de este mineral en la industria petrolera. La cantidad de barita utilizada en las operaciones de perforación dependen de las condiciones del pozo (profundidad total, tipo de formación que se atraviesa, si se atraviesa una zona de gas, etc.).

RECOMENDACIONES.-

- ❖ Se debe tener mucho cuidado en la pulverización del mineral por que puede causar desgaste en el equipo de perforación por que la baritina solo es soluble en ácido sulfúrico
- ❖ Sobre esta apreciación tenemos que los análisis de residuo mayor de 75 micras y del diámetro esférico equivalente son parámetros que se basan específicamente de la pulverización del material.
- ❖ La explotación técnica y razonable de este yacimiento contribuirá con el desarrollo de la economía del sector y nacional. Se hace un énfasis en la explotación técnica por lo difícil del acceso al yacimiento.

- ❖ Se recomienda hacer un estudio Geológico más detallado en las zonas adyacentes por que hay indicios de otros yacimientos minerales en el sector.
- ❖ Se recomienda hacer un estudio minucioso de los aditivos usados en la perforación de pozos para establecer si cumplen las normas internacionales.

ILUSTRACIONES



En el sitio denominado La Punta, se cruza el río Malo y se continua por la vía construida por el Municipio de Mendez. Foto No. 1



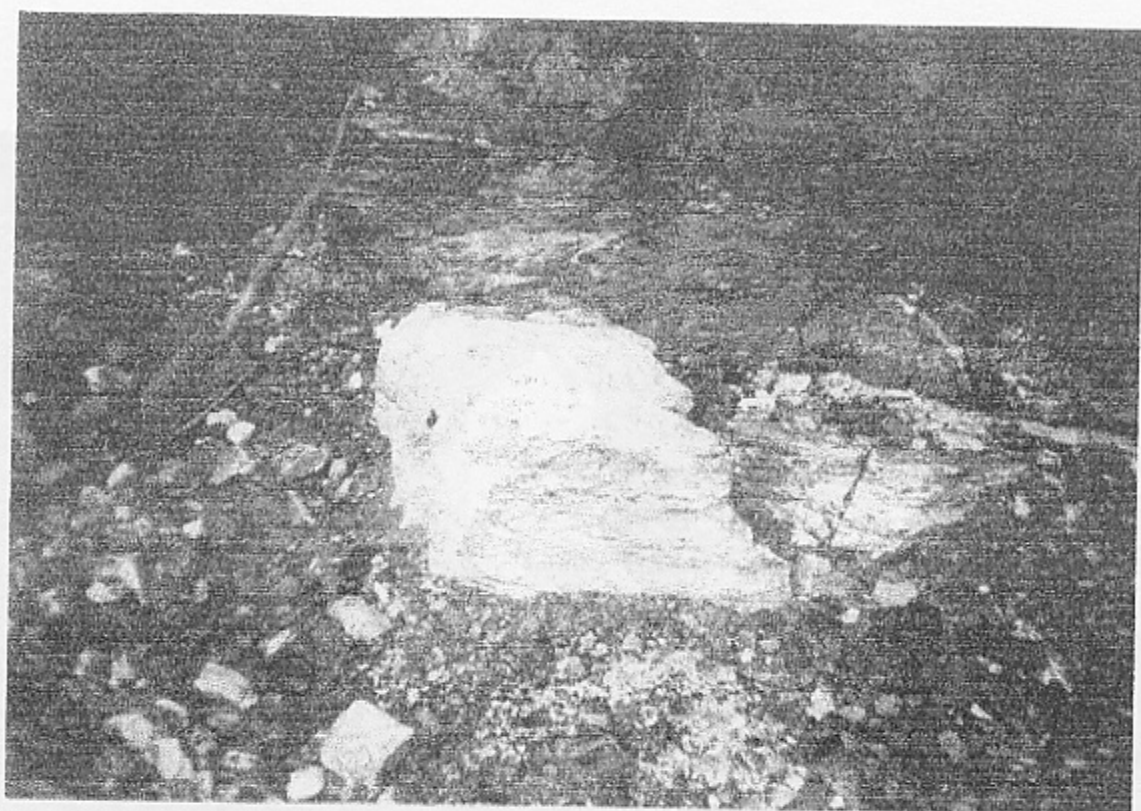
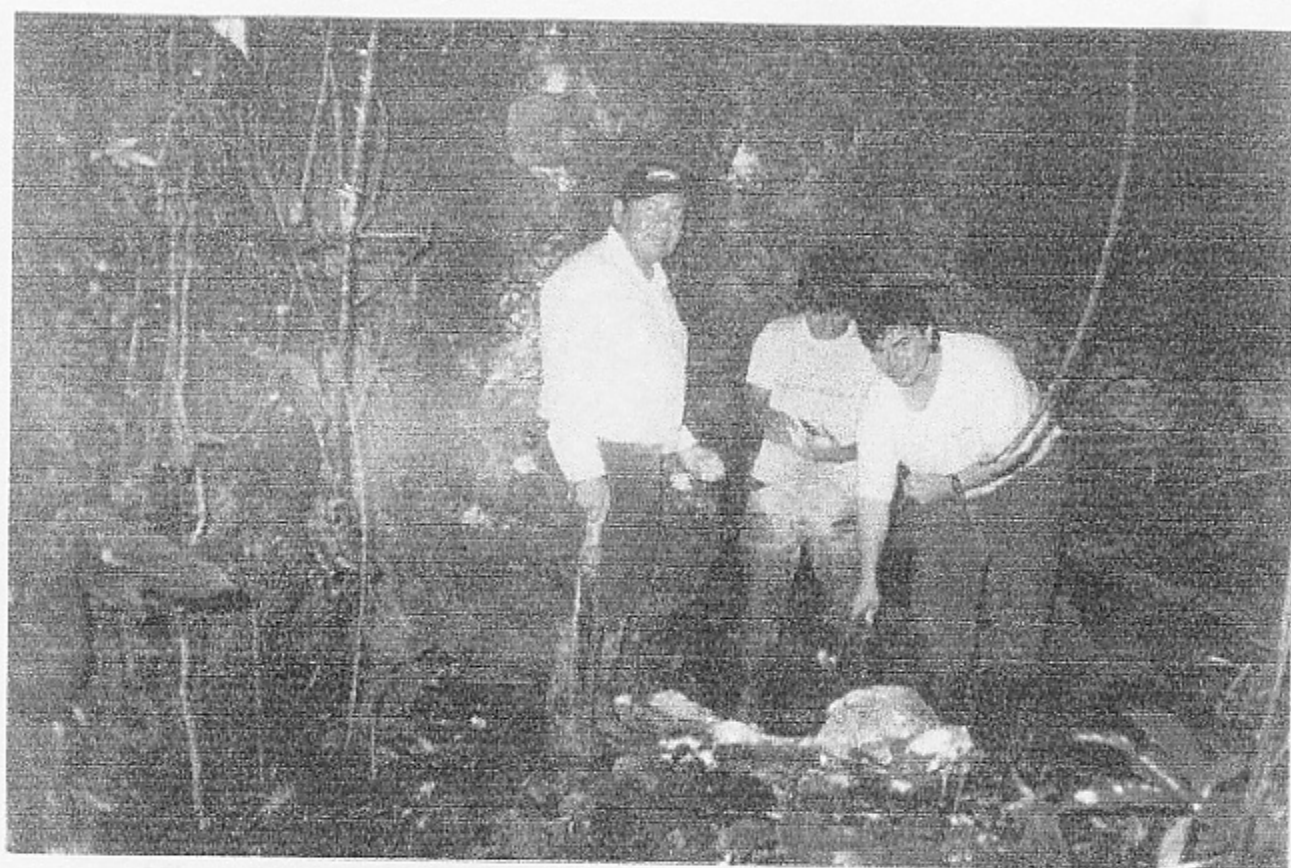
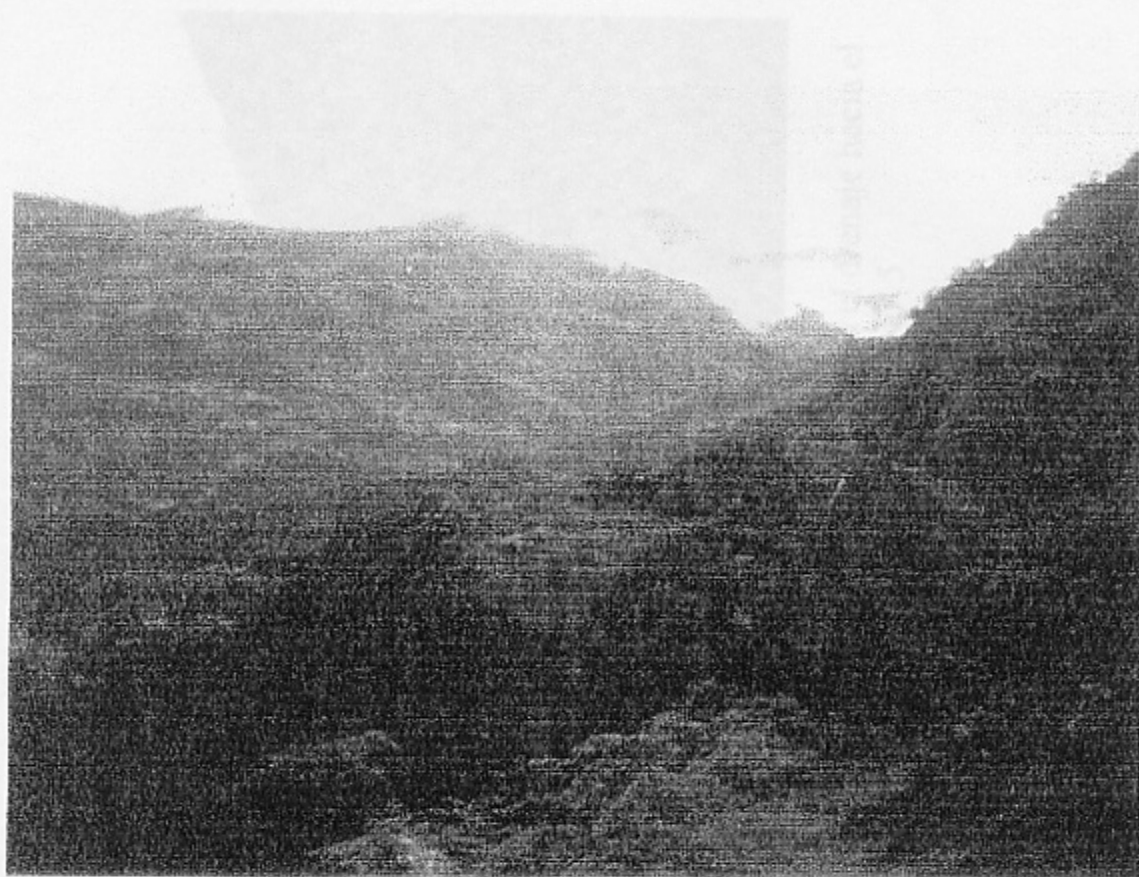


Foto de la veta de Baritina Sector Norte (ver mapa topográfica punto # 5).
Foto # 2

Levantamiento Topográfico con cinta y brújula Foto # 3



Levantamiento Topográfico con cinta y brújula Foto # 3



Panorámica del camino luego de pasar el río Malo margen derecha, la depresión de la izquierda nos muestra el río Negro, la topografía y la neblina característica de la zona Foto No. 4

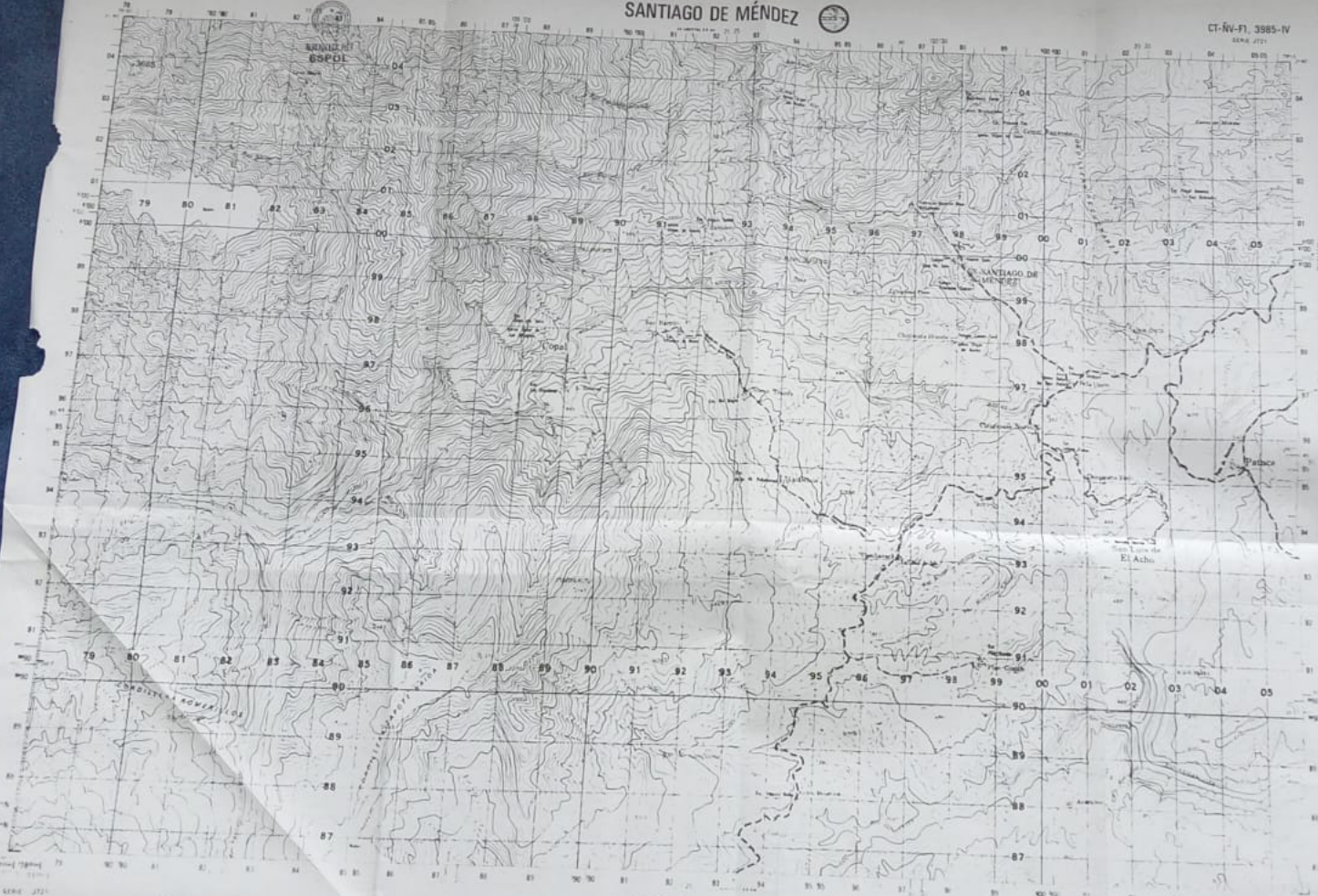


Panorámica del sector Este y parte del Oeste de la concesión minera Germanía, se observa el drenaje hacia el río Negro, la forma en U con el río, parte de la vegetación y la población de Copal. Foto No. 5

ANEXOS

ANEXO # 1

SANTIAGO DE MÉNDEZ



SEÑALES 3721

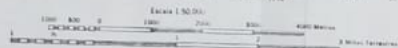
Simbolo	Nombre	Características	Simbolo	Nombre	Características
[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]

PUBLICACIONES

Edición	Título	Fecha	Estado	Observaciones
1.6.64	SANTIAGO DE MÉNDEZ	1.6.64	Actualizada	

SEÑALES CONVENCIONALES

QUITO
BIORAMBA
SARAPIquí
Písh
Nari
Cachabamba



CURVAS DE NIVEL CON INTERVALOS DE 40 METROS
CURVAS DE NIVEL SUPLEMENTARIAS DE 20 METROS

PROYECTO: ...
AUTOR: ...
ELABORADO POR: ...
CORREGIDO POR: ...
REVISADO POR: ...

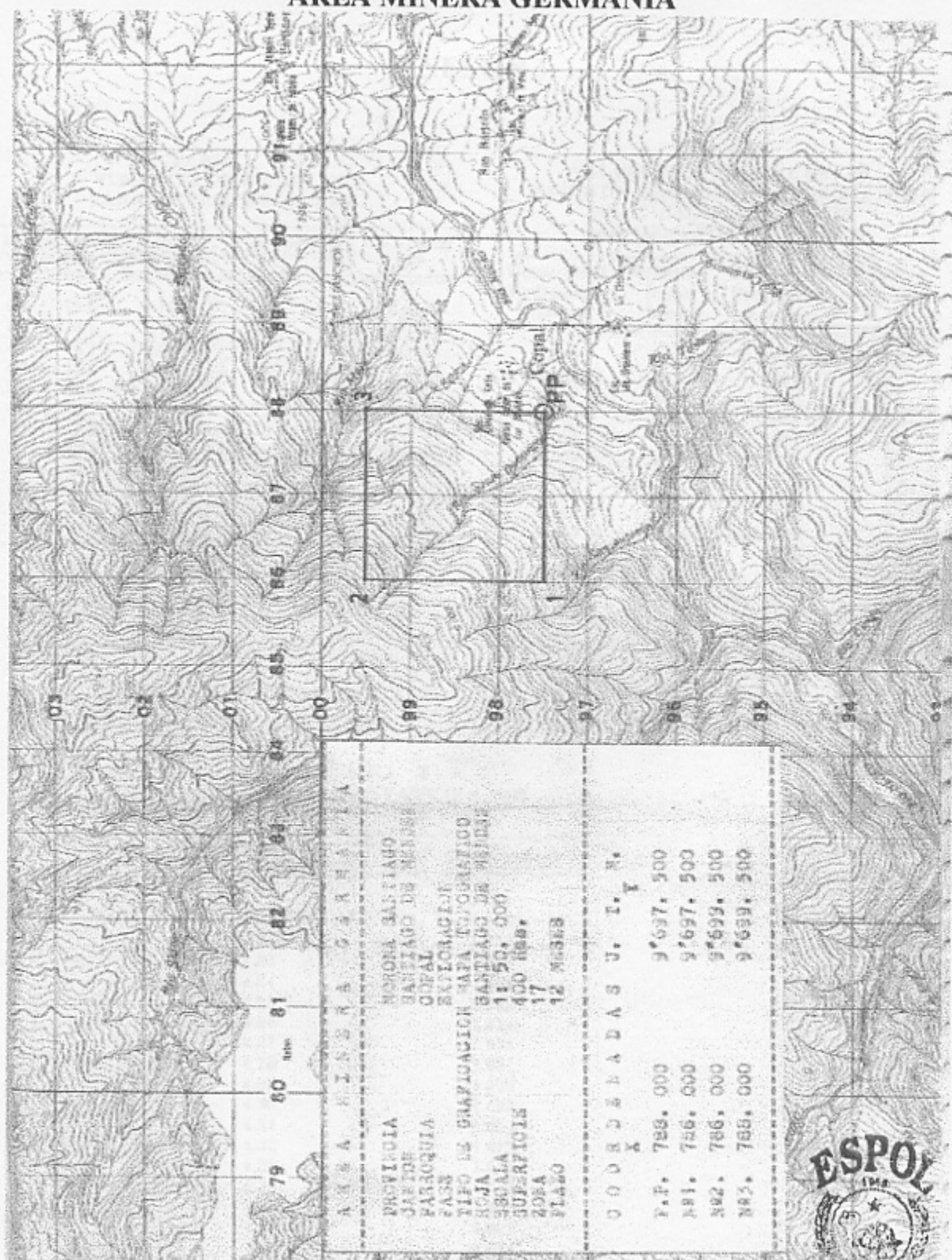
INDICE DE HUASAS ADYACENTES

N.º de Hoja	Nombre	N.º de Hoja	Nombre
3985-III	SANTIAGO DE MÉNDEZ	3985-V	SANTIAGO DE MÉNDEZ

SEÑALES CONVENCIONALES



ANEXO No. 2 AREA MINERA GERMANIA



POLITECNICA DEL LITORAL

C.R. - POT.

ANEXO # 3

TABLE 1
VISCOSITY OF WATER AT
VARIOUS TEMPERATURES

Temperature (°C)	Viscosity cP or mPa·s	Temperature (°C)	Viscosity cP
60	15.6	72	0.9408
61	16.1	73	0.9374
62	16.7	74	0.9258
63	17.2	75	0.9194
64	17.8	76	0.9018
65	18.3	77	0.8904
66	18.9	78	0.8792
67	19.4	79	0.8683
68	20.0	80	0.8576
69	20.6	81	0.8470
70	21.1	82	0.8367
71	21.7	83	0.8266

TABLE 2
VALUES OF EFFECTIVE DEPTH
BASED ON READINGS ON HYDROMETER
NO. 161H USED IN SPECIFIC
SEDIMENTATION CYLINDER

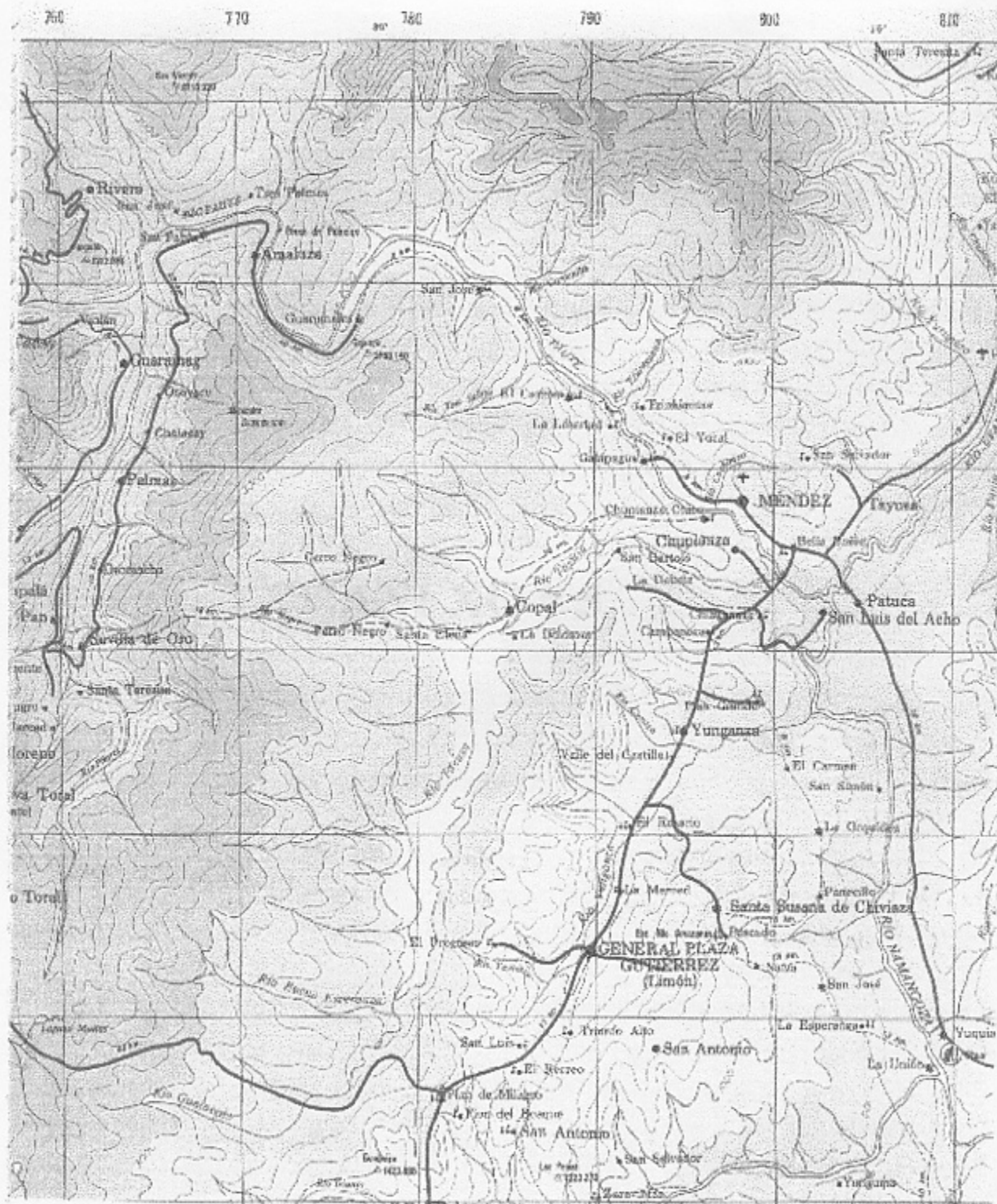
Uncorrected Hydrometer Reading	Effective Depth L, cm	Uncorrected Hydrometer Reading	Effective Depth L, cm
1.000	16.3	1.020	11.0
1.001	16.0	1.021	10.7
1.002	15.8	1.022	10.5
1.003	15.6	1.023	10.2
1.004	15.2	1.024	10.0
1.005	15.0	1.025	9.7
1.006	14.7	1.026	9.4
1.007	14.4	1.027	9.2
1.008	14.2	1.028	8.9
1.009	13.9	1.029	8.6
1.010	13.7	1.030	8.4
1.011	13.4	1.031	8.1
1.012	13.1	1.032	7.8
1.013	12.9	1.033	7.6
1.014	12.6	1.034	7.3
1.015	12.3	1.035	7.0
1.016	11.9	1.036	6.8
1.017	11.8	1.037	6.5
1.018	11.5	1.038	6.2
1.019	11.3		

TABLE 3
SAMPLE CONSTANT (K) OR
80.0 g SAMPLE WT.

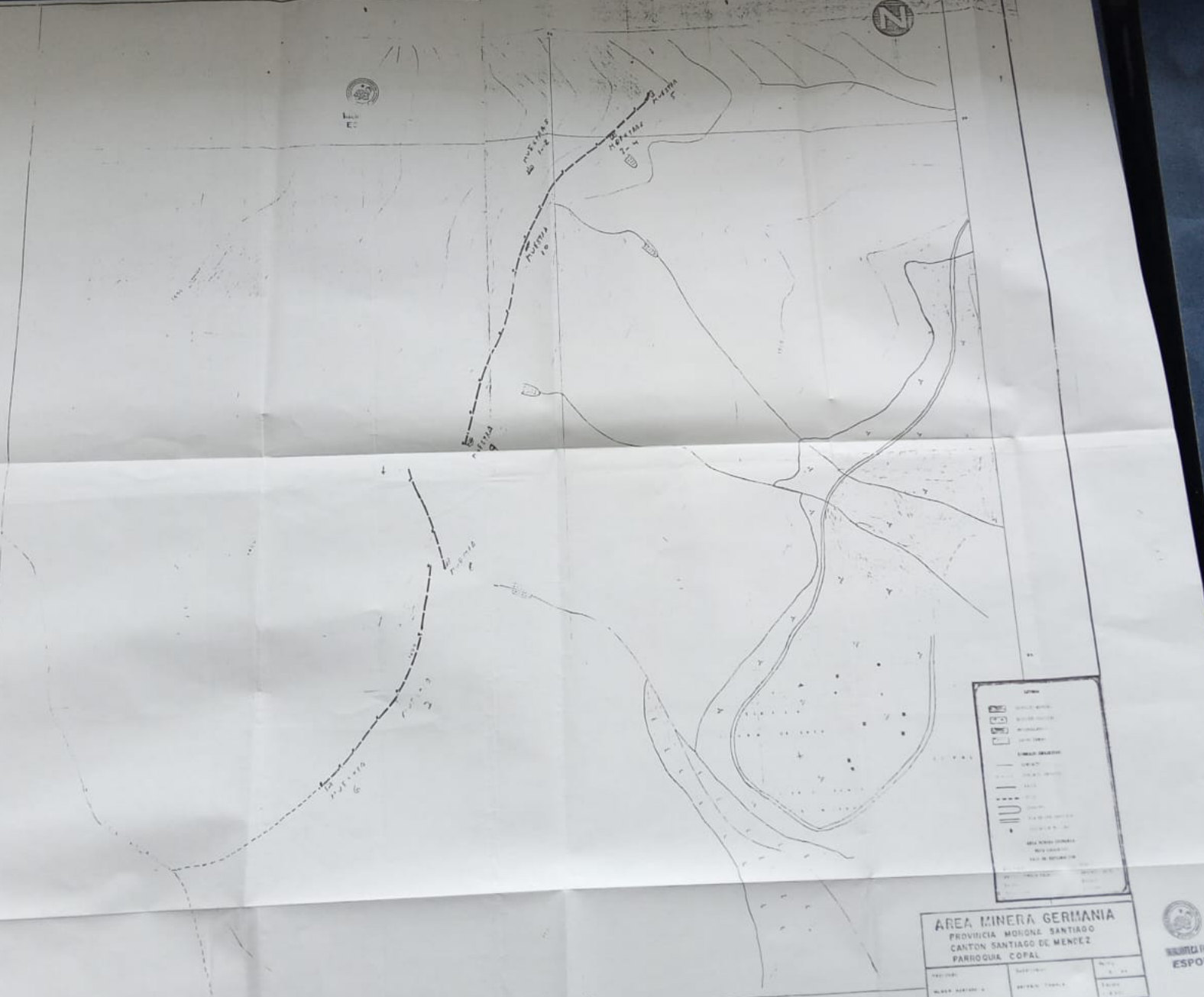
Sample Density	Sample Constant
4.20	1.641
4.21	1.640
4.22	1.639
4.23	1.637
4.24	1.638
4.25	1.636
4.26	1.634
4.27	1.633
4.28	1.631
4.29	1.630
4.30	1.629
4.31	1.627
4.32	1.627
4.33	1.626
4.34	1.624
4.35	1.623
4.36	1.622
4.37	1.621
4.38	1.620
4.39	1.619
4.40	1.618

ANEXO No. 4

Sección del Mapa de Compilación Geológica de la Provincia de Morona Santiago INEMIN, Proyecto Oriente, Julio 1984



ANEXO # 5



LEYENDA	
	CONTORNO
	RÍO
	CAMINO
	LÍMITE PARCELARIO
	LÍMITE
	CAMINO DE HIERRO
	CAMINO DE CARRETA
	CAMINO DE BESTIAS
	CAMINO DE MULAS
	CAMINO DE BUEYES
	CAMINO DE ASNOS
	CAMINO DE BORROS
	CAMINO DE CABALLOS
	CAMINO DE MULAS Y CABALLOS
	CAMINO DE MULAS Y BUEYES
	CAMINO DE MULAS Y ASNOS
	CAMINO DE MULAS Y BORROS
	CAMINO DE MULAS Y CABALLOS
	CAMINO DE MULAS Y MULAS Y CABALLOS

AREA MINERA GERMANIA			
PROVINCIA MOHON DE SANTIAGO			
CANTON SANTIAGO DE WENDEZ			
PARROQUIA COPAL			
FECHA	ENCARGADO	ESCALA	NO. DE
1950	...	1:50,000	...
...



INGEMMET

ESPOL

ANEXO # 6

DENSIDAD DE BARITA (BaSO₄)

<i>Muestra #</i>	<i>P1 (g/cm³)</i>	<i>P2 (g/cm³)</i>	<i>P3 (g/cm³)</i>	<i>P prom. (g/cm³)</i>
1	4.5622	4.4852	4.5238	4.5237
2	4.4498	4.5821	4.6232	4.5517
3	4.9836	5.2584	4.9542	5.0654
4	5.7878	5.4322	5.4123	5.5441
5	4.6879	4.5378	4.8798	4.7018
6	5.2587	5.3586	5.4587	5.3587
7	4.7897	4.8954	4.8721	4.8524
8	4.9587	5.1524	5.0289	5.0467
9	4.9872	4.8957	4.8752	4.9194
10	4.8871	4.8523	4.9752	4.9049

**METALES ALCALINO – TERREOS SOLUBLES EN AGUA
TALES COMO EL CALCIO.**

MUESTRAS #	METALES ALCALINO – TERREOS SOLUBLES EN AGUA TALES COMO EL CALCIO (mg/Kg)
1	146.4
2	122
3	122
4	170.2
5	134.2
6	122
7	122
8	97.6
9	97.6
10	97.6

RESIDUO MAYOR DE 75 MICRAS.

<i>MUESTRA</i>	<i>RESIDUO MAYOR DE</i>			
<i>#</i>	<i>75 MICRAS (%)</i>			
	1	2	3	Prom.
1	2.5	2.6	2.6	2.6
2	2.9	2.7	2.8	2.8
3	2	2.2	2.1	2.1
4	2.8	2.7	2.8	2.8
5	2.8	2.7	2.7	2.7
6	2.4	2.5	2.4	2.4
7	2.3	2.5	2.4	2.4
8	2.2	2.2	2.3	2.2
9	2.5	2.6	2.5	2.5
10	2.4	2.4	2.5	2.4

**LAS PARTICULAS MENORES DE 6 MICRAS EN EL
DIAMETRO ESFERICO EQUIVALENTE.**

<i>MUESTRA</i>	<i>Diámetro esférico Equivalente</i>			
#	(%)			
	1	2	3	Prom.
1	25.3	26.8	27.7	26.6
2	26.6	25.2	26.0	25.9
3	25.3	26.0	25.6	25.6
4	24.3	25.0	24.7	24.7
5	23.4	25.0	24.8	24.4
6	23.4	23.7	24.0	23.7
7	22.4	22.8	22.6	22.6
8	22.8	22.7	22.9	22.8
9	22.8	23.0	22.6	22.8
10	22.6	22.8	22.4	22.6


ANEXO # 7



CORPORACION DE DESARROLLO E INVESTIGACION
GEOLOGICO - MINERO - METALURGICA

DIVISION DE LABORATORIOS
REPORTE DE ANALISIS QUIMICOS

NO : 5160
STRAS NO : 1 Baritina
CITADO POR: Sr. Roy
Carrion
VECTO : Particular
HA : 98.05.05

ENTREGA: Ing. José Valencia R. ⁹⁸⁻⁰⁵⁻⁰⁵ FECHA: 
JEFE DE DIVISION LABORATORIOS-ENC.

RECEPCION: Ing. Edgar Granda A. ^{EGG} FECHA: 98.05.05
DIRECTOR DE EJECUCION Y PROMOCION
DE PROYECTOS

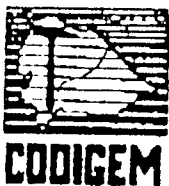
D E T E R M I N A C I O N E S

IGO BaSO4
STRA %

95.30

IZADO POR: Determinaciones Analíticas.

Susana Salvador A.
Susana Salvador A.
E DE DETERMINACIONES
ITICAS



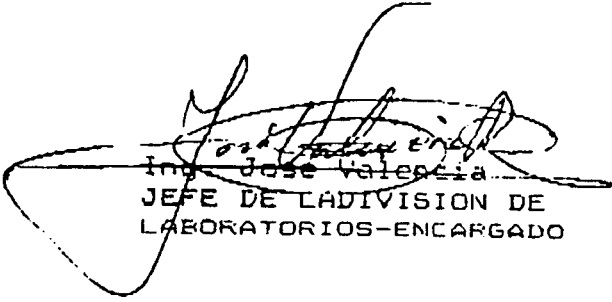
CORPORACION DE DESARROLLO E INVESTIGACION
GEOLOGICO - MINERO - METALURGICA

ENSAYOS DE PESO ESPECIFICO

Pe1 = 4,39020

Pe2 = 4,39015

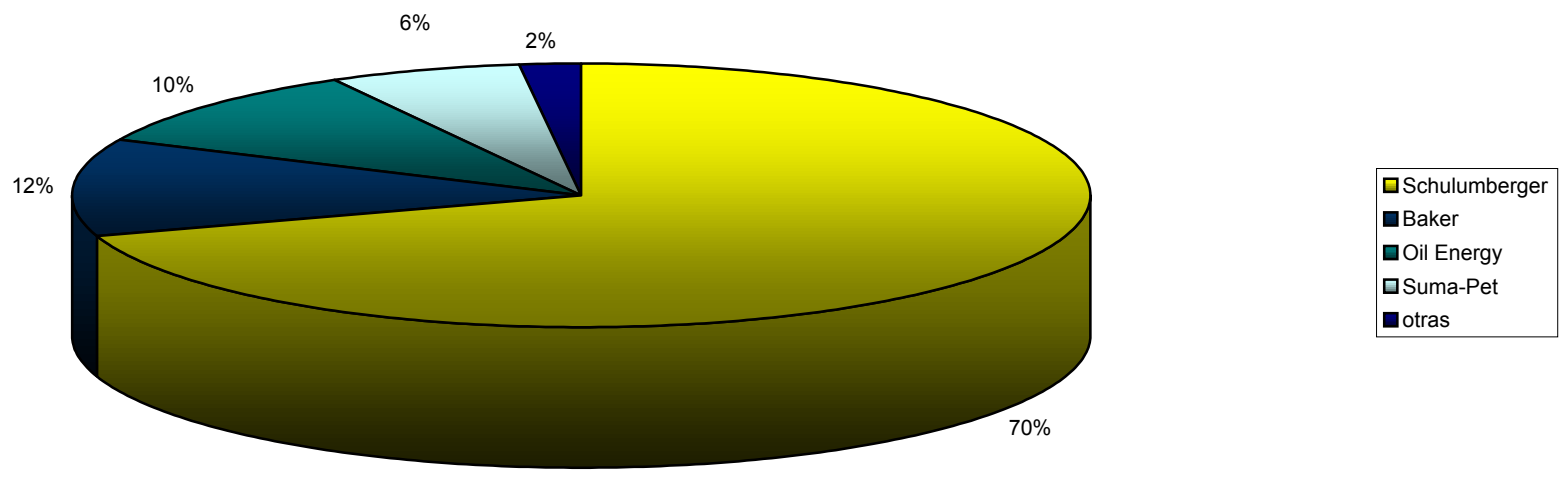
Pe = 4,390175



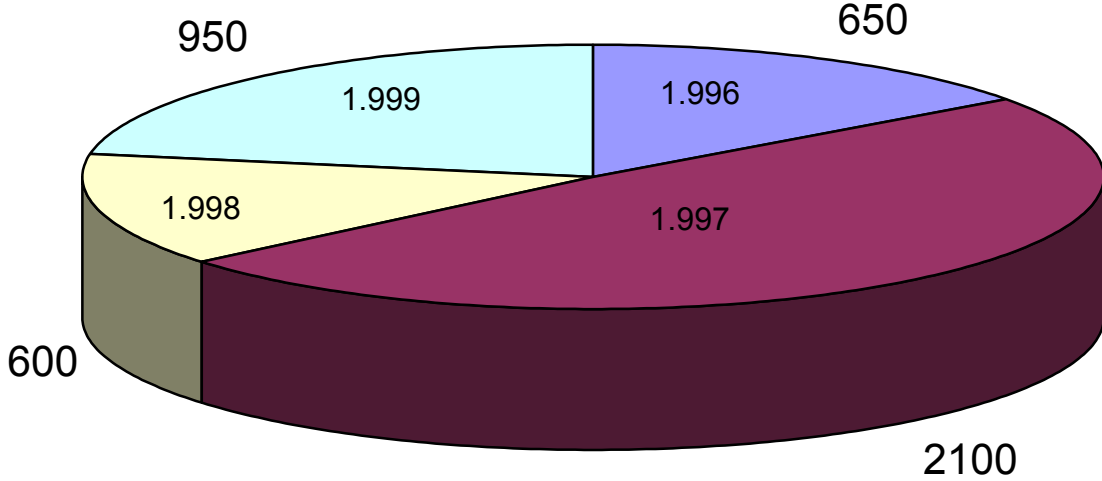
~~Ing. José Valencia~~
JEFE DE LA DIVISION DE
LABORATORIOS-ENCARGADO

ANEXO # 8

Empresas Comercializadoras de Barita a nivel Nacional

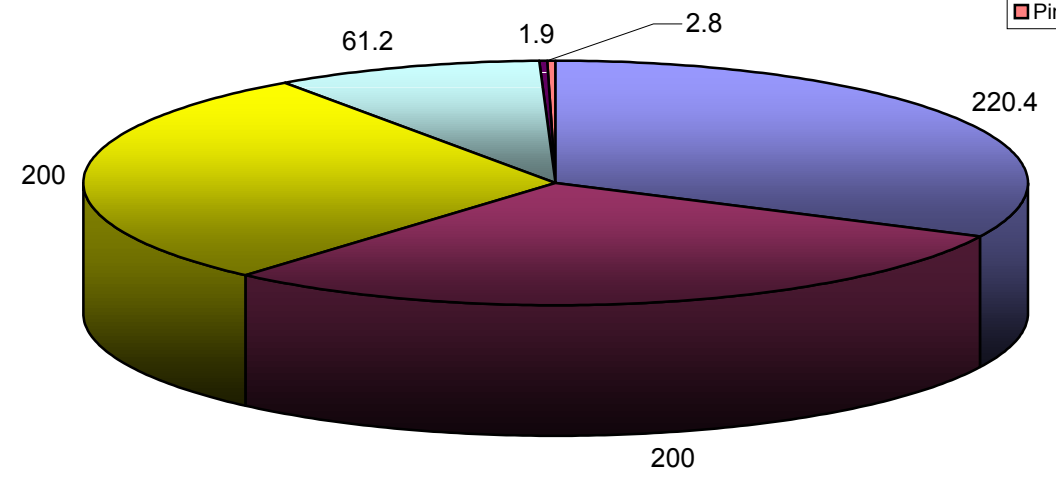


Demanda Nacional de Barita
Periodo 1.996-1.999

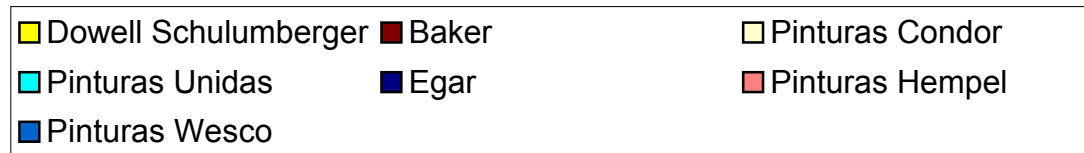
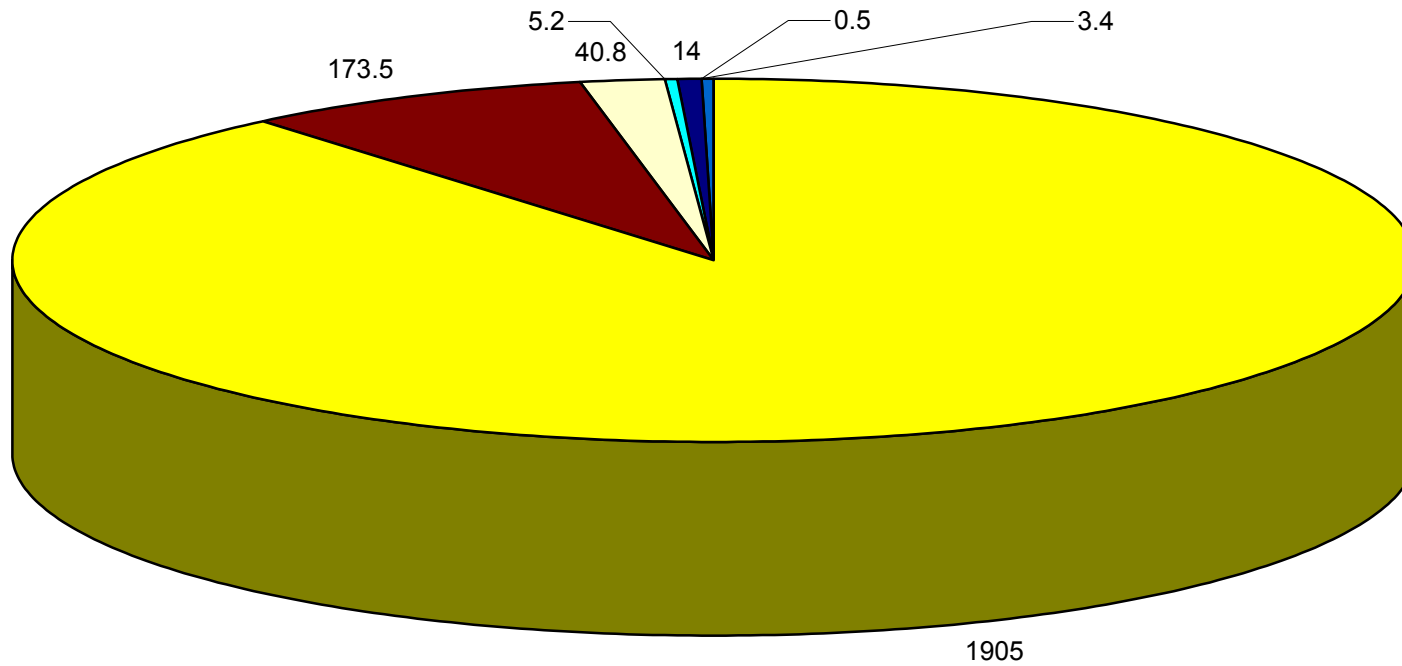


**ESTADISTICA DE IMPORTACIONES
1.996 (Toneladas)**

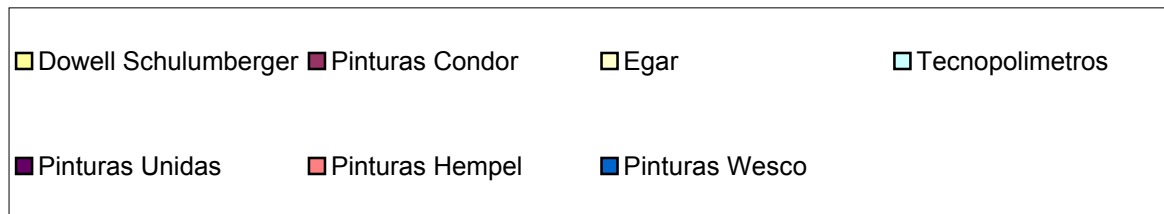
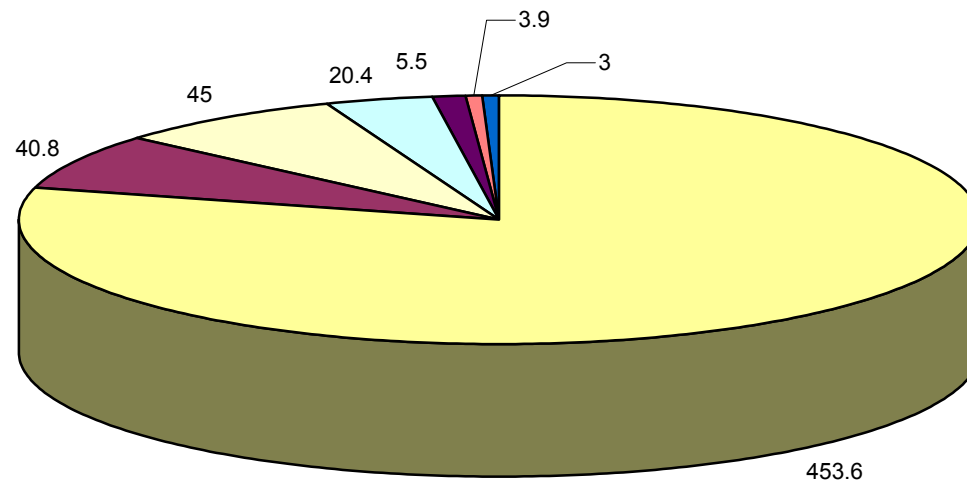
- Summa-Pet
- Petroecuador-Halliburton
- Dowell Schulumberger
- Pinturas Condor
- Pinturas Hempel
- Pinturas Unidas



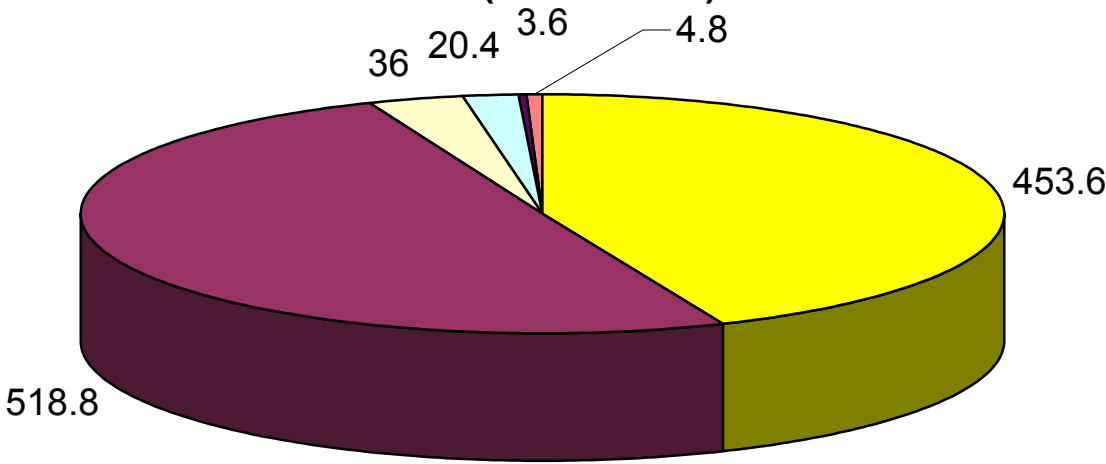
Estadística de Importaciones 1.997 (Toneladas)



Estadística de Importaciones 1.998 (Toneladas)



**Estadística de Importaciones (Enero-Noviembre)
1.999 (Toneladas)**



 Dowell Schulumberger	 Oil Energy
 Egar	 Pinturas Condor
 Pinturas Unidas	 Pinturas Hempel

BIBLIOGRAFIA

- 1 MCRAV AND COLE, Oil Well Drilling-Technology
- 2 NL. BAROID, manual of Drilling.
- 3 ROGERS WALTER, Composition and Properties of oil well Drilling Fluids pag.216-218.
- 4 UREN CHARLES, Ingeniería de Producción de Petróleo cuarta edición pag. 336-337.
- 5 IMCO, Manual de Fluidos de Perforación.
- 6 GATLIN CARL, Petroleum Engineering Drilling and well Completions. Chapter 6.
- 7 DEE AND HILTON, Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis, volume 6.
- 8 API SPEC. 13 A Drilling Fluids Materials.

9 API Recommended Practice 13B Standard Procedure for Testing Drilling Fluids.

10 MIR EDITORIAL, Curso de Mineralogía Pag. 421-425

11 DANA – FORD, Tratado de Mineralogía 4º Edición, Pag. 246-252

12 Cámara de Comercio de Guayaquil, Dpto. Estadística e Importaciones