



Informe Técnico N° A6577

Inspección Hidrogeológica del afloramiento de agua y limo blanquecino, en la quebrada Chichahuaycco

Comunidad de Totorá, Distrito de Oropesa
Provincia de Antabamba, Región Apurímac



POR:
FLUQUER PEÑA LAUREANO
CARLOS BENAVENTE ESCOBAR
WAI LONG NG CUTIPA

SETIEMBRE 2011



**INSPECCIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL AFLORAMIENTO DE AGUA Y LIMO
BLANQUECINO, EN LA QUEBRADA CHICHAHUAYCCO.**

Provincia de Antabamba, Región Apurímac

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN.....	3
2.0	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	3
3.0	ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	4
4.0	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	6
5.0	ASPECTOS CLIMATICOS.....	7
6.0	HIDROGRAFÍA DEL AREA.....	7
7.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	7
7.1	GRUPO YURA.....	7
7.2	GRUPO TACAZA.....	8
7.3	FORMACIÓN ALPABAMBA.....	9
7.4	GRUPO BARROSO.....	10
7.5	DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	11
8.0	ASPECTOS DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	12
8.1	FALLAS NO-SE.....	12
8.2	FALLAS E-O.....	12
9.0	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	16
9.1.	INVESTIGACIONES HIDROGEOLÓGICAS EN EL ÁREA.....	16
9.1.1.	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE AGUAS.....	16
9.1.2.	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE LODOS.....	18
9.2.	HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y LODOS....	21
9.2.1.	ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS Y LODOS.....	21
9.2.2.	SELECCIÓN DE LA SERIE ANALÍTICA.....	21
9.2.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS – AGUAS.....	22
a.	Parámetros Físicoquímicos de las Aguas.....	23
b.	Facies Hidroquímicas.....	25
c.	Metales Traza.....	31
d.	Metales Totales.....	32
9.2.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS – LODOS.....	32
a.	Análisis Físicoquímicos.....	33
b.	Análisis de Rayos X.....	36
c.	Análisis de PIMA.....	37
	CONCLUSIONES.....	38
	RECOMENDACIONES.....	39
	REFERENCIAS.....	40
	ANEXOS.....	41

INSPECCIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL AFLORAMIENTO DE AGUA Y LIMO BLANQUECINO, EN LA QUEBRADA CHICHAHUAYCCO.

Provincia de Antabamba, Región Apurímac

1.0 INTRODUCCIÓN

Entre el 20 y 31 de julio del presente, se presentó un fenómeno inusual en la quebrada Chinchahuayco: surgencia de agua y lodo blanquecino. Fenómeno que puso en alerta a funcionarios del Proyecto de Exploración Millo, de la Compañía Minera Horizonte – CMH. La CMH con Carta S/N del 1 de agosto del presente, solicita a INGEMMET la evaluación de dicho fenómeno.

Luego de las respectivas coordinaciones, se designó a los Ingenieros Fluquer peña y Carlos Benavente, para realizar la evaluación solicitada en la provincia de Antabamba, región Apurímac.

Como parte del estudio, de investigación para la determinación del origen de la surgencia de lodos blanquecinos y aguas subterráneas, se ha realizado la evaluación hidrogeológica y estructural del área del proyecto Millo.

El presente informe describe el marco geológico – estructural, hidrogeológico e hidroquímico de la zona, con la finalidad de determinar la procedencia del lodo blanquecino, realizando análisis de la composición físico – química de las aguas subterráneas, las propiedades físicas y químicas de los lodos utilizados en las perforaciones de exploración y las propiedades de los lodos depositados en el punto de surgencia.

Los trabajos de campo se basan en la identificación de unidades lito estratigráficas, fallas mayores en el área de estudio, pruebas de campo y toma de muestras, para finalmente enviar estas al laboratorio, los que remitieron resultados para su consecuente interpretación. Asimismo se compilo la información de los trabajos en geología que realizaron los geólogos del Proyecto Millo.

2.0 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área evaluada, se encuentra ubicada en el Distrito de Oropesa, Provincia de Antabamba, Región Apurímac (figura 1). Esta no se encuentra en zona de amortiguamiento, ni en Zona Natural Protegida (ZNP), por lo que los trabajos de exploración se desarrollan continuamente.

La ubicación geográfica del proyecto tiene las siguientes coordenadas (GeaDes, 2005).

Este:	768 515
Norte:	8 386 329
Zona:	18
Altitud Promedio:	4 900 m.s.n.m.
Datum:	P'SAD 56

La accesibilidad a la zona del proyecto desde la ciudad de Lima, tiene una distancia estimada de 1 806 kilómetros siguiendo la ruta del Cuadro 1.

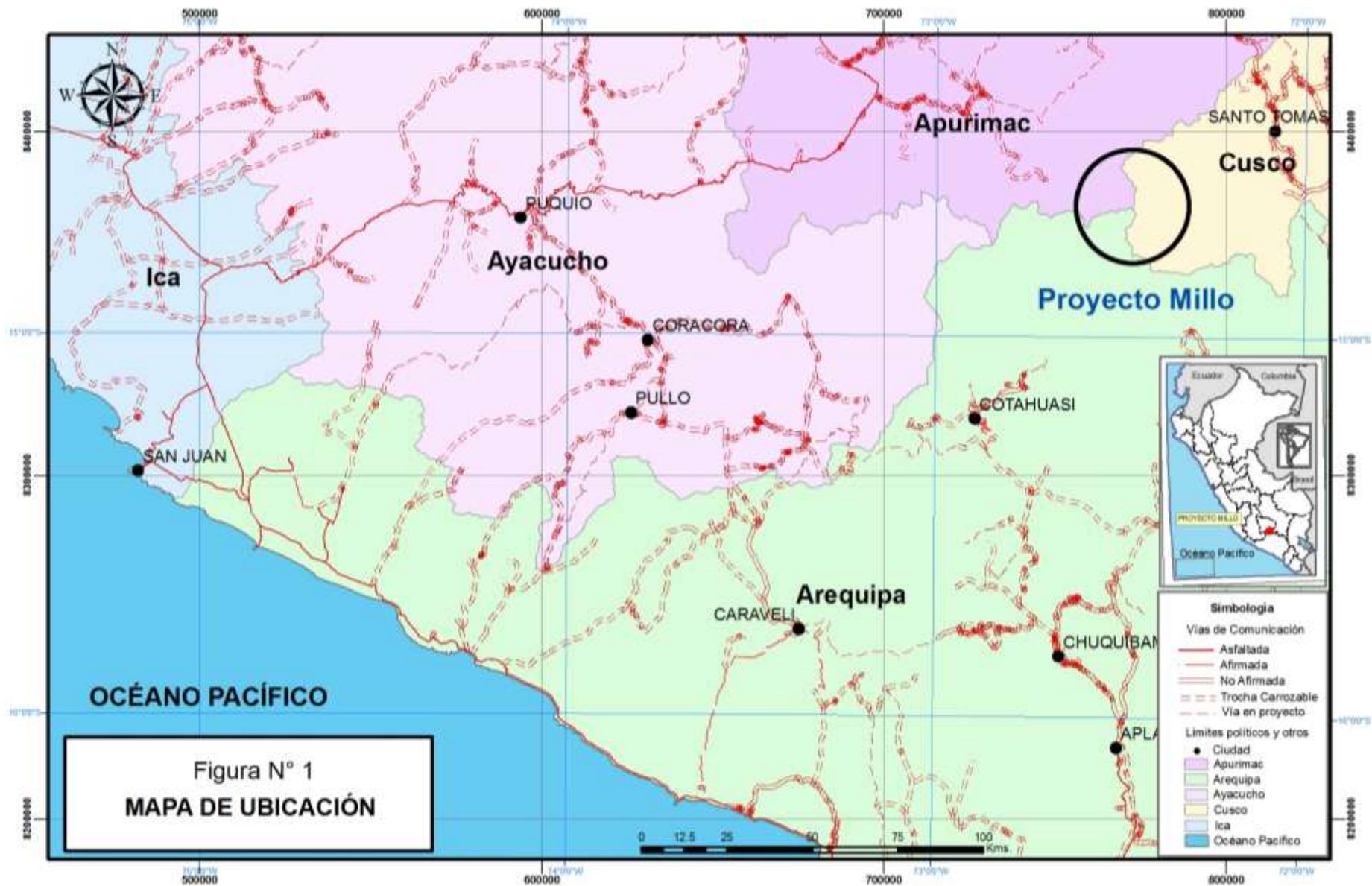
Cuadro 1
Accesibilidad al proyecto Millo

Ruta	km	Vía	Duración
Lima – Cuzco	1 165	Aérea	1 h 10min
Cuzco – Abancay	198	Terrestre (Asfaltada)	4 hrs
Abancay – Chalhuanca	123	Terrestre (Asfaltada)	3 hrs
Chalhuanca - Izcuchaca	50	Terrestre (Asfaltada)	50 min
Izcuchaca – Huacullo	240	Terrestre (Asfaltada)	6 h
Huacullo - Proyecto Millo	30	Terrestre (Trocha Carrozable)	1h 10 min
Total	1 806		16h 10 min

Fuente: GeaDes, 2005.

3.0 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

- Recopilación y evaluación de la información geológica relacionada al proyecto, proporcionada por el Proyecto Millo.
- Inspección geológica y cartografía estructural, del ámbito del proyecto y su posible relación con las surgencia de aguas subterráneas y lodo blanquecino.
- Inventario de fuentes que tengan relación con la surgencia de aguas y lodos.
- Toma de muestras para análisis de aguas en el punto de surgencia (Chi_1), en la fuente termal adyacente (Chi_2) y en la fuente termal Yumire (Chi_3), ubicada a 900 metros aproximadamente aguas debajo por la quebrada Chichahuaycco.
- Muestreo hidroquímico de lodos, en el punto de surgencia (Chi_1), y el la poza de lodos (Chi_3) para establecer comparaciones de sus propiedades.
- Preparación del presente reporte el cual incluye un plano geológico y estructural, figuras hidroquímicas, gráficos de representación hidroquímica, cuadros y análisis de resultados.



4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfológicamente, el área evaluada es de relieve montañoso y comprende un valle glaciar joven erosionado en forma de “U”, desarrollado sobre rocas volcánicas que dominan gran parte del paisaje de la región.

Localmente resalta una depresión totalmente anegada, producto de los deshielos y de la surgencia de esporádicos manantiales. Se observa una terraza en la margen izquierda, donde se ubica el campamento del proyecto Millo.

El área se desarrolla sobre una morfología de ambiente glaciar, en el cual se formaron superficies accidentadas a onduladas y sobre una superficie subhorizontal conformada por materiales glaciares y fluvioglaciares, que cubren el basamento rocoso conformado por rocas volcánicas. En el entorno, se observa una colina relativamente ondulada, configurada sobre material volcánico, cubiertos parcialmente por materiales glaciares. Al norte sobresalen laderas rocosas con pendientes fuertes a moderadas mayores a 25°, llegando a formar farallones rocosos (foto 1).

El valle, se extiende en dirección sureste a noreste, a 3 500 metros aguas abajo cambia de dirección, de este a oeste configurando un valle más angosto y en forma de “V”. Lugar donde afloran las aguas termales de Yumire, utilizado en baños termales por los pobladores de la zona. Hacia el sector este, en la cabecera del valle, se observa afloramientos de rocas volcánicas más antiguas que sobresalen sobre la configuración topográfica. Al noroeste, aguas abajo, donde se monitorea la fuente termal Yumire (chi_1), afloran areniscas cuarzosas, relacionadas a fallas paralelas a la quebrada, las mismas que condiciona la surgencia de la fuente termal Yumire.



Foto 1. Valle en forma de “U”, rodeado por montañas, donde se ubica el Proyecto Millo.

5.0 ASPECTOS CLIMATICOS

La zona evaluada, se localiza entre las regiones Puna y Janca. Por estar en una zona inmediata a los nevados, el clima en la región Puna, se caracteriza por días fríos y noches frías. La temperatura media anual varía entre 0 °C y 7 °C, con temperaturas máximas en los meses de setiembre y abril, cuando se tienen por encima de los 15 °C. En esporádicas ocasiones y durante el día llega a 22 °C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto, oscilan entre -9 °C y -25 °C; esta última es la temperatura más baja registrada en el Perú (estación Sumbay, julio de 1961). El clima en la región Janca es excesivamente riguroso para el desarrollo de las actividades del hombre. Debido a la escasez de estaciones meteorológicas, los datos de temperatura se relacionan con los medidos por la expedición universitaria al cráter del volcán Misti, durante los días 2 y 3 de noviembre del año 1935 (GeaDes, 2005).

6.0 HIDROGRAFÍA DEL AREA

El área evaluada se localiza en la La quebrada Pucahuajo, que forma parte de la divisoria de aguas. La quebrada Chichahuaycco es la que recorre toda la zona de estudio, tiene su nacimiento en el nevado Huayunca, muy cercana a la laguna Antacocha, que se encuentra cercana al cerro Millo y de la laguna Sayhuacocha muy cercana al cerro Pintapata. La quebrada Chichahuaycco se encuentra totalmente anegada, producto de los deshielos de los glaciares. En esta depresión se tiene la presencia de una fuente termal de 28° C, muy cercana a esta se originó el fenómeno de surgencia de aguas subterráneas y lodo blanquecino.

7.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las unidades estratigráficas que afloran en el área evaluada, corresponden a rocas cretácicas y cenozoicas, siendo las rocas cenozoicas las que afloran en mayor parte del área.

7.1 GRUPO YURA

En el área de estudio, se identificaron las formaciones Murco y Acurquina, formaciones que representan la secuencia superior del Grupo Yura, descrita por Benavides (1962). La Formación Murco está constituida por una secuencia de areniscas blancas intercaladas con lutitas grises hacia la base, en la parte media, areniscas con estratificación oblicua y hacia el techo por una alternancia de lutitas con laminación paralela de color rojizo y lutitas de color verde, además de niveles delgados de arenisca de grano fino de color violáceo (foto 2).

Asimismo la secuencia inferior de la Formación Acurquina está constituida por calizas gris claras con nódulos de chert y venillas de calcita, limolitas de color rojizo y niveles delgados de areniscas, hacia la parte media es una secuencia netamente calcárea, cambiando hacia el techo a calizas de tipo mudstone.



Foto 2. Vista de la secuencia inferior limolítica de la Formación Acurquina.

Ambas formaciones corresponden a ambientes marinos de edad cretácea, medio a superior de acuerdo a la fauna encontrada en la zona de estudio por Palacios (1975) y que se correlaciona con lo descrito por Benavides (1962) al noreste de Arequipa.

Las secuencias finas de las formaciones Murco y Acurquina constituidas por lutitas y limolitas constituyen materiales impermeables, donde los niveles de infiltración de aguas son prácticamente nulos.

7.2 GRUPO TACAZA

El Grupo Tacaza, sobreyace en discordancia al Grupo Yura. Palacios, (1975) divide este grupo en tres secuencias, de acuerdo a su litología. La secuencia inferior se encuentra constituida por areniscas de grano medio a fino, de color gris y flujos piroclásticos que contienen minerales feldespáticos en proceso de epidotización, así como cuarzo, piroxenos y anfíboles. Estas cenizas presentan laminaciones paralelas finas (foto 3).

La secuencia intermedia, está compuesta por flujos piroclásticos de composición dacítica que contienen minerales de plagioclasas, feldespatos y biotitas, esporádicamente depositadas en lagunas extensas cercanas unas a otras.

Finalmente la secuencia superior está compuesta por andesitas con estructuras columnares y hacia el tope ignimbritas de composición riodacítica a dacítica, en bancos bien estratificados con arenas medias a finas, debido a una depositación en un ambiente lacustre.



Foto 3: Vista del Proyecto Minero Millo, las rocas con mayores dimensiones de afloramiento y que rodean al proyecto, pertenecen al Grupo Tacaza.

Por el ordenamiento interno de las facies del Grupo Tacaza y por su modo y ambiente de depositación, las rocas del Grupo Tacaza son permeables y en el caso de las lavas andesíticas de la secuencia superior presentan alta permeabilidad adquirida por las fracturas.

7.3 FORMACIÓN ALPABAMBA

Descrita por Caldas (1993) al norte del área de estudio. Se encuentra en discordancia sobre el Grupo Tacaza y en algunos sectores sobreyace a la Formación Arcurquina. Litológicamente está constituida por flujos piroclásticos de composición riolítica, latítica y dacítica que fueron depositadas en ambientes lacustres, es por ello la estratificación paralela (foto 4). En su composición mineralógica se observan principalmente feldespatos caolinizados y ferro-magnesianos, que otorgan a las rocas un color rojizo.

Los flujos piroclásticos de la Formación Alpabamba, depositada en ambientes lacustres, presentan buena estratificación, estructuras sedimentarias paralelas y ripples. Los granos de estas facies se encuentran bien clasificados e interestratificados con areniscas finas a medias de color gris claro y depósitos de caída (cenizas volcánicas).

En la parte superior de la secuencia, se encuentran brechas volcánicas oscuras, de composición andesítica a dacítica, donde los feldespatos caolinizados y ferro-magnesianos son los minerales principales en su composición.



Foto 4: Secuencias blanquesinas de la Formación Alfabamba que sobreyacen en discordancia sobre la Formación Arcurquina.

El ordenamiento interno de estas secuencias, otorgan a esta formación características impermeables, sobre todo donde las secuencias lacustres se encuentran bien estratificadas.

7.4 GRUPO BARROSO

Wilson (1962) y Mendivil (1965), reconocieron el Grupo Barroso en el sur del Perú. Palacios (1975) divide y describe dos secuencias del Grupo Barroso de la siguiente manera: El Grupo Barroso inferior se constituye en una secuencia oscura, donde la parte superior ha sido afectado por la acción erosiva de los procesos glaciares. Litológicamente está compuesta por una alternancia de flujos piroclásticos y lavas. Los flujos piroclásticos son de color gris y compuesto mineralógicamente por plagioclasas, cuarzo, biotita y algunos minerales ferro-magnesianos. Al tope de esta secuencia se tiene un nivel correspondiente a un flujo piroclástico de color blanco y sobreyaciendo concordantemente a la serie inferior.

El Grupo Barroso superior está compuesta por series lávicas que se extiende en forma continua y que se ha derramado siguiendo una morfología pre existente, sobre peneplanicies de ligeras pendientes, de allí la horizontalidad de las capas. Estas rocas son mayormente oscuras y de composición andesítica variando a basalto y en otras a dacitas, mineralógicamente los minerales principales son las plagioclasas y otros como la augita y la horblenda.

En la secuencia superior, se observa disyunción columnar (foto 5), estructuras que tiene gran permeabilidad debido a sus fracturas verticales.



Foto 5: Disyunción columnar en la secuencia superior del Grupo Barroso, dichas estructuras son buenos conductores del agua subterránea por medio de sus fracturas.

El volcánico Sencca, es una unidad reconocida regionalmente en el sur del Perú. Cubre en discordancia angular a las facies volcánicas más antiguas, rellenando una superficie post Tacaza. Litológicamente constituye una secuencia de flujos piroclásticos generalmente de composición ácida.

En el área de estudio, la Formación Sencca aflora en discordancia sobre el Grupo Barroso, y está compuesto por flujos piroclásticos de composición riolítica a dacítica de granos finos y estratificados en capas delgadas. En la parte superior de la Formación se observan flujos piroclásticos poco consolidados de composición dacítica, teniendo como principal mineral la horblenda, biotitas y cuarzo subeuhedral. Los flujos piroclásticos en estos materiales son finos, por lo tanto tienen características impermeables.

7.5 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Formados por los depósitos originados por los glaciares (morrenas) o indirectamente, a través de las corrientes originadas por los deshielos (fluvioglaciares).

Las morrenas están constituidas por conglomerados, arenas, arcillas y bloques ocasionales y se presentan en forma alargada (morrenas laterales) y/o en forma de media luna (morrenas frontales).

Los depósitos fluvioglaciares se localizan en las zonas más bajas del área, en los valles jóvenes y están constituidos por arenas, arcillas, materiales con bloques y fragmentos acarreados por las corrientes de deshielo. Por estos materiales surgió el agua subterránea y lodos, objeto de la presente evaluación.

8.0 ASPECTOS DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En el área de estudio se identificaron dos sistemas principales de estructuras tectónicas: las fallas NO-SE y las fallas E-O. Considerando un análisis somero sobre su cinemática de dichas estructuras, interpretamos, la identificación de dos tipos de movimientos diferentes que a continuación describimos.

8.1 FALLAS NO-SE

Son estructuras longitudinales, con dirección del valle principal, son las de mayor longitud y constituyen fallas regionales que cruzan toda el área del Proyecto Minero Mollo. Entre la estructura más resaltante se tiene la falla Chichayhuayco, que se distingue mejor en los afloramientos de la parte sur del área de estudio, a la altura de la veta Lila, donde tiene un rumbo de N 170° y buzamiento de 78°SO, evidenciado por la presencia de un gouge de falla de 6 metros de ancho (foto 6). Esta falla se encuentra afectando depósitos del Grupo Tacaza con un movimiento de dextral. Su continuidad hacia el norte se encuentra cubierta por los depósitos fluvio-glaciares cuaternarios.

Hacia la naciente de la quebrada Chichahuayco, se observa la falla del mismo nombre, con un rumbo N 160° y buzamiento 60° SO, en este sector, la falla pone en contacto las rocas del Grupo Tacaza, sobre las rocas volcánicas del Grupo Barroso con un movimiento de tipo dextral (foto 7).

Realizando un análisis, en el plano de falla, se observan dos juegos de estrías, unas horizontales y relacionadas con un movimiento de rumbo dextral y un segundo juego con estrías oblicuas y cortando las estrías horizontales, sugiriendo un movimiento de tipo inverso con componente sinistral.

Estas estructuras longitudinales a los valles, en sectores se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios, que en muchos casos llegan a aflorar por cambios abruptos de la topografía (foto 8). Donde incluso se observa que la falla condiciona la surgencia de aguas subterráneas.

8.2 FALLAS E-O

Son estructuras transversales al valle Chinchayhuayco, constituyen fallas de menor orden que las descritas anteriormente. Entre las estructuras más resaltantes se encuentran la Falla Lila, Azúcar y Ninajasa. Realizamos un análisis de la falla Azúcar en la margen izquierda de Chinchayhuayco, y determinamos que la falla tiene un rumbo N95° y 60° de buzamiento hacia el S. Esta falla se encuentra afectando rocas del Grupo Tacaza y Barroso con un movimiento de tipo inverso.



Foto 6: Vista al sur, mostrando el gouge de la falla Chinchahuayco.



Foto 7: Falla inversa afectando las rocas del Grupo Tacaza y poniendo en contacto con las rocas del Grupo Barroso.



Foto 8: Plano de falla con dirección N 170°. Las flechas indican el plano de deslizamiento.

En el plano de falla se puede observar sólo una dirección de estrías (oblicuas) que tienen relación con el segundo juego de estrías de la Falla Chichahuayco. La Falla Azúcar, deforma las rocas superiores formando pliegues y flexuras, además se puede observar en el bloque cabalgante estructuras tipo pop-up (fotos 9, 10 y 11).

Del análisis estructural, interpretamos, hasta dos movimientos de las fallas, la primera relacionado a movimientos principales de rumbo (transcurrente) y uno posterior donde la deformación nos indica un estilo de deformación de tipo compresional, con una ligera componente de rumbo de tipo sinistral.



Foto 9: Falla Azúcar, que se encuentra afectando rocas de los Grupo Tacaza y Barroso y generando flexuras en dichas rocas.



Foto 10: Pop up afectando las rocas del Grupo Tacaza producto del movimiento inverso de la Falla Azúcar.



Foto 11: Fotografía mostrando la interpretación del Pop up de la foto 10.

9.0 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

La hidrogeología del área, motivo del presente informe, tiene carácter de estudios básicos, sustentados en información de reconocimiento, muestreo y análisis. Los resultados de campo se restringen a una evaluación geológica - estructural y sobre todo a la hidroquímica.

9.1 INVESTIGACIONES HIDROGEOLÓGICAS EN EL ÁREA

9.1.1 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE AGUAS

Durante la inspección de campo, realizado el 10 de agosto del 2011, se pudo verificar, que las descargas de aguas y lodo habían cesado, quedando en el punto de surgencia sedimentos de limo blanquecino y aguas parcialmente estancadas (flujo mínimo, casi imperceptible). Con el objetivo de evaluar la naturaleza de las descargas y su posible origen, así como la interacción con las aguas subterráneas del entorno, se identificó tres (3) surgencias de aguas subterráneas (cuadro 2), siendo: el punto 1 la surgencia de aguas y lodo (Chi_1), el punto 2 la fuente termal en la parte inmediata superior (Chi_2) y el punto 3 la fuente termal Yumire (Chi_4), ubicada aguas abajo a 3.5 km. Las fuentes Chi_1 y Chi_4 corresponden a fuentes de flujo permanente (figura 2).

Cuadro 2

Resumen y evaluación de fuentes de agua subterránea y parámetros físicos de las aguas

Código	Este	Norte	Cota GPS msnm	Caudal (l/s)	EC (uS/cm)	PH	T° C	Descripción
Chi_1	76948 2	8386539	4737	s/c	958	7,65	3,2	Poza de surgencia de aguas y lodo
Chi_2	76979 9	8386403	4729	2.5	783	6,89	28,7	Fuente Termal
Chi_4	75938 3	8388966	4428	4.5	2420	6.37	73,7	Fuente Termal Yumire

Fuente: Mapeo de fuentes (INGEMMET, 2011).

En el cuadro 2, se puede observar que el agua de la fuente Chi_1, donde se produjo la surgencia de aguas y lodos; así como las aguas de la fuente Chi_2, tienen propiedades físico químicas similares. La diferencia lo constituye la fuente termal Yumire (Chi_4), sobre todo en cuanto al contenido de sales disueltas, expresadas en conductividad eléctrica. Entre las fuentes Chi_1 y Chi_2 la diferencia de sales es solamente de 175 uS/cm, los cuales interpretamos que pueden proceder del mismo ambiente de formación. Con la diferencia que en Chi_1 al estar estancado aumenta ligeramente su contenido de sales.

La conductividad eléctrica de las aguas termales en Chi_4 (fuente termal Yumire), corresponden a aguas que tuvieron mayor tiempo de circulación en el subsuelo, que tuvieron contacto con una fuente de calor, las cuales

disuelven las sales con el aumento de temperatura en profundidad, llegando a tener cantidades elevadas de sales disueltas (2 420 uS/cm). Esta surgencia se encuentra relacionada a areniscas cuarzosas y condiciona su afloramiento a una falla paralela al valle (foto 8).



Foto 12 y 13. Fuente codificada como Chi_1. En la fotografía 12, se observa la surgencia de aguas subterráneas y lodo blanquecino ocurrido en julio del 2011. En la fotografía 13, se observa el estado actual de los sedimentos blanquecinos depositados después que cesó la surgencia.



Foto 14. Fuente codificada como Chi_2. Es una fuente termal del 28,7 ° C. Nótese la surgencia de mayor caudal a lado derecho de la fotografía.



Foto 15. Fuente codificada como Chi_4. Es una fuente termal con dos ojos de surgencia, la temperatura llega a 73,7 ° C. Nótese la surgencia condicionado por areniscas cuarzosas.

9.1.2 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE LODOS

Para poder identificar la procedencia de los lodos blanquecinos, se muestreo y codificó los sedimentos en el punto de surgencia Chi_1 y los lodos de perforación tomados de una balsa de decantación (figura 2 y cuadro 3).

Cuadro 3
Resumen y evaluación de fuentes de lodos

Código	Este	Norte	Cota GPS msnm	Descripción
Chi_1	769482	8386539	4737	Poza de surgencia de aguas y lodo
Chi_3	727308	8374708	4569	Poza de lodos

Fuente: Mapeo de fuentes (INGEMMET, 2011)

El muestreo y análisis de lodos se realizó con el fin de comparar las propiedades de cada una de ellas y de esta manera establecer relaciones que puedan ayudarnos a identificar el fenómeno desarrollado el 23 de julio del 2011.



Foto 16. Toma de muestras de lodos sedimentados en el punto de surgencias de aguas y lodos (Chi_1)



Foto 17. Toma de muestras de lodos en la poza de lodos (Chi_3) utilizado en la perforación.

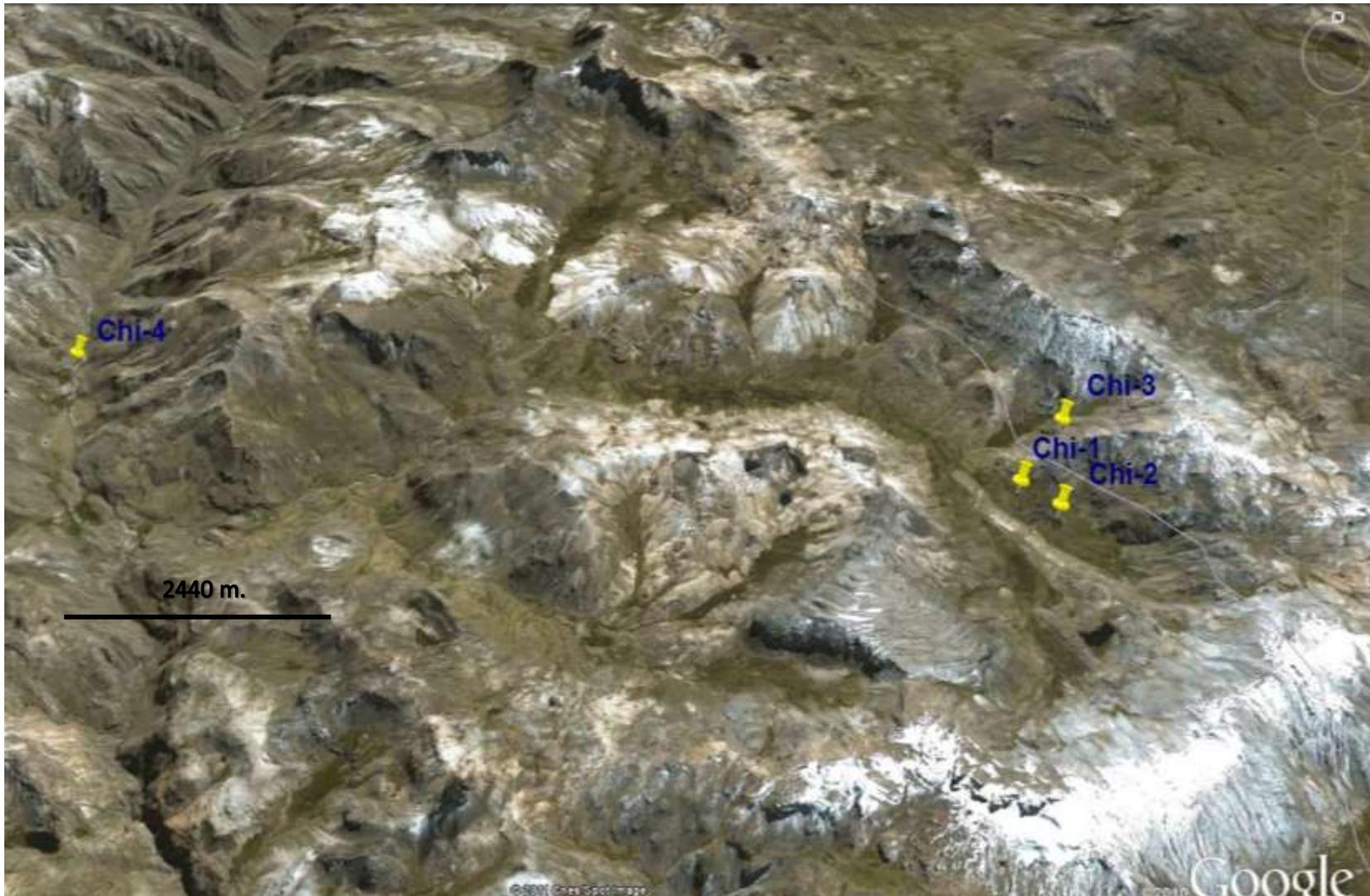


Figura 2. Ubicación y codificación de fuentes de aguas y lodos, como puntos identificados para el análisis: Chi-1: surgencia de agua y lodo; Chi-2: fuente termal; Chi-3: poza de lodo de perforación; y Chi-4: Fuente termal de Yumire.

9.2 HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y LODOS

9.2.1 ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS Y LODOS

Se ha establecido una red de cuatro (4) estaciones de muestreo (agosto 2011), todas ubicadas en el área del proyecto Millo del Consorcio Minero Horizonte S.A. (CMH). La ubicación de las estaciones de muestreo se presenta en el cuadro 4, el nombre de cada estación incluye un prefijo Chi (Abreviatura de la quebrada Chichahuaycco).

Cuadro 4

Ubicación puntos de muestreo para análisis de laboratorio

Nº	Estación	Coordenadas UTM (PSAD56)		Descripción
		E	N	
Muestreo de aguas				
1	Chi_1	769482	8386539	Punto de surgencia de aguas y lodo
2	Chi_2	769799	8386403	Fuente Termal
3	Chi_4	759383	8388966	Fuente Terma Yumire
Muestreo de lodos				
4	Chi_1	769482	8386539	Punto de surgencia de aguas y lodos Costado calicata (1) suelos somero
5	Chi_3	727308	8374708	Poza de lodos de perforación

Fuente: Mapeo de fuentes (INGEMMET, 2011).

9.2.2 SELECCIÓN DE LA SERIE ANALÍTICA

La serie analítica, se seleccionó con la finalidad de describir las propiedades y los componentes hidroquímicos de las aguas subterráneas y lodos. Así como, sobre ellos, realizar las comparaciones y evaluar su posible origen.

Los parámetros físico – químicos de las aguas fueron medidas insitu (con equipos portátiles), donde también se recolectaron muestras para ser analizadas en los laboratorios de SGS y una contra muestra, analizada en los laboratorios del INGEMMET. Los parámetros más importantes medidos son los siguientes:

ANALISIS DE AGUAS

- Físico-químicos: pH, temperatura, conductividad eléctrica, carbonatos y bicarbonatos.
- Parámetros Inorgánicos: sulfato, cloruros, fluoruros y nitratos.
- Metales Disueltos: Al, Ag, Sb, As, Be, Ba, B, Bi, Cd, Ce, Ca, Co, Cr, Cu, Sn, Se, Sr, Sc, Fe, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Si, Na, Ti, Pb, Ti, V, W, Y, Zr y Zn (serie estándar por ICP-AES, Espectrometría de Emisión Atómica por plasma acoplado inductivamente).
- Metales Totales: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ce, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sc, Si, Ti, Ti, V, W, Y, Zn, Zr. (serie estándar por ICP-AES, Espectrometría de Emisión Atómica por plasma acoplado inductivamente).

ANÁLISIS DE LODOS

- Físicoquímicos: Carbonatos y Bicarbonatos.
- Parámetros Inorgánicos: Sulfato y Cloruros.
- Metales ICP en lodos: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Y, Zn, Zr, Mg).
- Análisis de Rayos X
- Análisis de PIMA.

En cada estación de muestreo, se registraron las coordenadas UTM del punto (Proyección PSAD 56) y las características físicas como apariencia y olor. Adicionalmente se tomaron parámetros de campo (temperatura, pH, y conductividad eléctrica) y se recolectaron las muestras respectivas para los análisis en laboratorio de la serie analítica. Para la toma de parámetros en campo, se utilizó dos equipos de CE, PH y T° de marca WTW. Estos equipos, se han calibrado utilizando sus respectivos estándares en el terreno y siguiendo las indicaciones del fabricante.

9.2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS – AGUAS

El laboratorio seleccionado, para el análisis de las muestras de agua, fue S.G.S, el cual cuenta con la respectiva certificación del INDECOPI-SNA (Registro N° LE-002). Los análisis de contra muestra se realizaron en el laboratorio del INGEMMET. A continuación se muestran los cuadros 5, 6, 7 y 8 con resultados de los análisis físico-químicos de los laboratorios. Los detalles, métodos y certificaciones, se encuentran en el Anexo I, del presente informe.

Cuadro 5

Resultado del análisis Físico Químico efectuado el 10/08/2011

CÓDIGO	LABORATORIO	ANIONES (mg/l)					
		Cl	SO4	CO3	HCO3	NO3	F
Chi-1-08-2011	SGS	4.97	491.69	0.5	111.3	0.232	
Chi-1	INGEMMET	4.10	486.60	0.5	147.6	<1.000	1.6
Chi-2-08-2011	SGS	3.08	338.72	0.5	87.1	0.031	
Chi-2	INGEMMET	2.70	333.60	0.5	118.8	<1.000	2.1
Chi-4-08-2011	SGS	433.50	264.47	0.5	357.4	0.031	
Chi-4	INGEMMET	458.80	256.30	0.5	476.2	<1.000	3.4
CÓDIGO	LABORATORIO	CATIONES (mg/l)					
		Li	K	Na	Ca	Mg	Sr
Chi-1-08-2011	SGS	0.100	3.30	53.10	178.92	6.95	1.673
Chi-1							
Chi-2-08-2011	SGS	0.120	2.90	42.80	140.52	3.95	1.463
Chi-2	INGEMMET	0.111	4.23	39.36	199.40	4.60	1.330
Chi-4-08-2011	SGS	1.000	50.20	493.00	95.88	11.08	2.078
Chi-4	INGEMMET	5.470	74.50	364.13	143.16	10.60	1.760

Fuente: Elaboración Propia (INGEMMET, 2011).

Cuadro 6
Resultado del análisis de Metales Disueltos efectuado el 10/08/2011

CÓDIGO	LABORATORIO	METALES TRAZA (mg/l)															
		Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ce	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li	Mn
Chi-1-08-2011	SGS	<0.001	<0.010	0.020	<0.1	0.030	0.0015	<0.005	<0.05	<0.001	0.005	0.005	0.005	0.1000	<0.0005	0.10	1.040
Chi-1	INGEMMET																
Chi-2-08-2011	SGS	<0.001	<0.010	0.020	0.1	0.021	<0.0003	<0.005	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.003	0.1000	<0.0005	0.12	1.143
Chi-2	INGEMMET		0.069	0.012		0.024		<0.100		<0.001	<0.001	<0.02	<0.003	0.1670			1.060
Chi-4-08-2011	SGS	<0.001	<0.010	0.445	>2.5	0.101	0.0020	<0.005	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.003	0.4000	<0.0005	>1.00	0.898
Chi-4	INGEMMET		0.02	0.551		0.087		<0.100		<0.001	<0.001	<0.02	<0.003	0.2220			0.729

CÓDIGO	LABORATORIO	METALES TRAZA (mg/l)															
		Mo	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn	Sc (dis)	Si (dis)	Ti	Tl	V	W	Y	Zn	Zr
Chi-1-08-2011	SGS	<0.005	0.005	<0.1	0.005	<0.005	<0.05	<0.010	<0.003	11.5	<0.003	<0.03	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.003
Chi-1	INGEMMET																
Chi-2-08-2011	SGS	<0.005	<0.001	<0.1	<0.004	<0.005	<0.05	<0.010	<0.003	20.5	<0.003	<0.03	<0.002	0.008	<0.005	<0.005	<0.003
Chi-2	INGEMMET	<0.005	<0.005		<0.010	<0.006	<0.02	<0.005			<0.003	<0.02	<0.02			0.011	
Chi-4-08-2011	SGS	<0.005	<0.001	<0.1	<0.004	<0.005	<0.05	<0.010	<0.003	>25.0	0.009	<0.03	<0.002	0.115	<0.005	0.005	<0.003
Chi-4	INGEMMET	<0.005	<0.005		<0.010	0.009	<0.02	<0.005			<0.003	<0.02	<0.02			0.009	

Cuadro 7
Resultado del análisis de Cationes para Metales Totales

CÓDIGO	LABORATORIO	CATIONES (mg/l)					
		Li	K	Na	Ca	Mg	Sr
Chi-1-08-2011	SGS	0.350	19.1	60.0	178.92	50.00	2.500
Chi-1	INGEMMET	0.170	9.7	53.8	295.30	68.10	1.850
Chi-2-08-2011	SGS	0.130	3.1	43.8	140.52	3.98	1.583
Chi-2	INGEMMET	0.113	4.7	40.7	205.60	4.70	1.460
Chi-4-08-2011	SGS	1.000	51.9	493.0	95.88	12.25	2.165
Chi-4	INGEMMET	5.750	77.8	386.3	147.50	11.10	1.890

Cuadro 8
Resultado del análisis de Metales Totales

CÓDIGO	ANÁLISIS	METALES TOTALES (mg/l)															
		Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ce	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li	Mn
Chi-1-08-2011	SGS	<0.010	>25.00	0.630	0.1000	>5.000	0.0330	0.005	1.30	0.005	0.425	0.38	0.825	>60.000	0.6185	0.35	>50.00
Chi-1			59.950	0.080		0.745		<0.1		0.016	0.056	0.073	0.013	85.500			5.160
Chi-2-08-2011	SGS	<0.001	0.100	0.028	0.2000	0.030	<0.0003	<0.005	<0.05	0.001	<0.001	<0.001	<0.003	0.300	<0.0005	0.13	1.203
Chi-2	INGEMMET		0.087	0.019		0.024		<0.1		<0.001	<0.001	<0.02	<0.003	0.120			0.993
Chi-4-08-2011	SGS	<0.001	0.300	0.640	>2.5000	0.115	0.0023	<0.005	<0.05	0.001	<0.001	<0.001	<0.003	1.400	<0.0005	>1.00	1.013
Chi-4	INGEMMET		0.074	0.571		0.089		<0.1		<0.001	<0.001	<0.02	<0.003	0.839			0.700

CÓDIGO	ANÁLISIS	METALES TOTALES (mg/l)															
		Mo	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn	Sc (Tot)	Si (Tot)	Ti	Tl	V	W	Y	Zn	Zr
Chi-1-08-2011	SGS	0.040	0.565	18.9	0.530	<0.005	<0.050	<0.010	<0.003	>25.0	0.265	<0.03	0.960	<0.005	0.155	2.010	0.010
Chi-1		0.015	0.075		0.076	0.012	<0.020	<0.005		0.027	<0.02	0.120				0.317	
Chi-2-08-2011	SGS	<0.005	<0.001	0.1	<0.004	<0.005	<0.050	<0.010	<0.003	22.4	<0.003	<0.03	<0.002	0.013	<0.005	<0.005	<0.003
Chi-2	INGEMMET	<0.005	0.009		<0.010	<0.006	0.045	<0.005			<0.003	<0.02	<0.020			0.008	
Chi-4-08-2011	SGS	<0.005	<0.001	<0.1	<0.004	0.005	<0.050	<0.010	<0.003	>25.0	0.010	<0.03	<0.002	0.125	<0.005	<0.005	<0.003
Chi-4	INGEMMET	<0.005	<0.005		<0.010	0.012	<0.020	<0.005			<0.003	<0.02	<0.020			0.011	

a. Parámetros Fisicoquímicos de las Aguas

La característica fisicoquímica en las agua en la surgencia Chi_1 (aguas y lodos), son muy similares a las de las aguas termales Chi_2, pero un muy diferente de la fuente termal Yumire (Chi_4).

El pH, en el punto de surgencia de aguas y lodos, para Chi_1 es de 7,65 y de la fuente termal adyacente, Chi_2 es 6,89, cuya diferencia es de 0,76 denotando características neutras para ambas fuentes, estas corresponden a

aguas que en el subsuelo no tuvieron contacto con un ambiente oxidante ni reductor. La fuente termal Yumire Chi_4 con 6,89 es agua neutra, que por su alta temperatura corresponden a aguas de circulación profunda.

Los valores de conductividad eléctrica en Chi_1 y Chi_2 oscilan entre 958 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 783 $\mu\text{S}/\text{cm}$, las aguas de la fuente termal Yumire (Chi_4) tiene 2 420 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Chi_1 y Chi_2 son muy similares con moderado contenido de sales disueltas, teniendo gran diferencia con las aguas termales de Yumire (Chi_4), que tiene gran cantidad de sales disueltas.

Los valores de temperatura que muestra el punto de surgencia de aguas y lodos (Chi_1), es muy bajo, 3,2 °C, correspondiendo a aguas muy frías, debido que este punto de surgencia, materia de la presente investigación, dejo de ser una surgencia constante. La fuente termal Chi_2, tiene 28 °C de temperatura, son aguas poco profundas que han tenido algún tipo de contacto con una fuente de calor, que puede ser el grado geotérmico natural del subsuelo en profundidad progresiva. La fuente termal Yumire (Chi_4) con 73,7 °C, ha tenido circulación profunda, lo que explica su alta temperatura y alto contenido de sales disueltas. Esta sale a superficie con 73,3 °C, condicionada por las estructuras geológicas de la quebrada (falla paralela al eje de quebrada).

Para establecer comparaciones visuales entre los parámetros físico – químicos se presentan los siguientes gráficos:

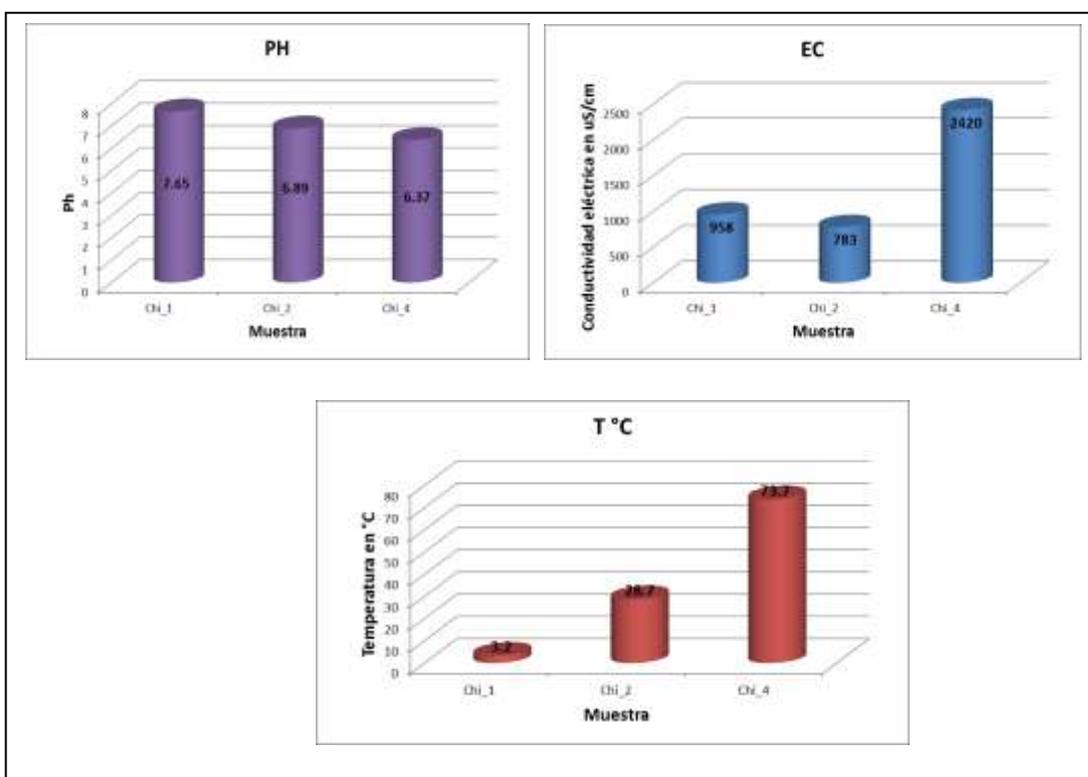


Figura 3. Histogramas de parámetros físico-químicos de las aguas

Según la figura 3, en el gráfico de pH, se observa que, en las tres muestras son aguas neutras, cuyos valores no salen del rango 6.5 a 8.5 (valores de aguas neutras determinados por la OMS). En el gráfico de Conductividad Eléctrica – EC, el contenido de sales disueltas de Chi_1 y Chi_2 son prácticamente las mismas, su diferencia en contenidos de sales son mínimas, pero el contenido de Chi_4 es totalmente diferente y tiene valores bastante elevados. La temperatura de Chi_4 difiere en gran medida de las fuentes Chi_1 y Chi_2, los cuales indican diferentes ambientes de formación. Con esto se puede corroborar que las fuentes Chi_1 y Chi_2, son totalmente diferentes a las aguas termales de Yumire Chi_4.

b. Facies Hidroquímicas

Para establecer comparaciones entre las propiedades principales de las agua en los puntos analizados, se ha planteado los resultados en diagramas de Stiff, Piper y Scatter, los cuales ayudaran a la visualización de los mismos (figura 4).

Los resultados de los aniones y cationes mayoritarios analizados en los laboratorios de SGS y los resultados de la contra muestra analizados en los laboratorios del INGEMMET, prácticamente tiene los mismo resultados, con pequeñas diferencias tolerables.

Los análisis se desarrollaron para parámetros de metales totales y metales disueltos.

Diagramas de Stiff: Son representaciones gráficas, que muestran sintéticamente las características químicas principales de un agua, facilitando su clasificación. En la figuras 4 y 5, se observan los diagramas de Stiff para cada punto inventariado, analizado y clasificado con los valores de ambos laboratorios.

En la figura 4 se han planteado los valores de aniones y metales disueltos, analizados en ambos laboratorios y representados mediante los diagramas de Stiff. En la figura 5 se plotearon los valores de aniones y metales totales, también analizados en ambos laboratorios. Estos gráficos nos ayudan, visualmente, a establecer comparaciones entre los diagramas y encontrar alguna diferencia en el predominio de los iones mayoritarios.

Según el análisis, la predominancia química entre metales disueltos y metales totales son las mismas y ambas corroboradas por los análisis de los dos laboratorios.

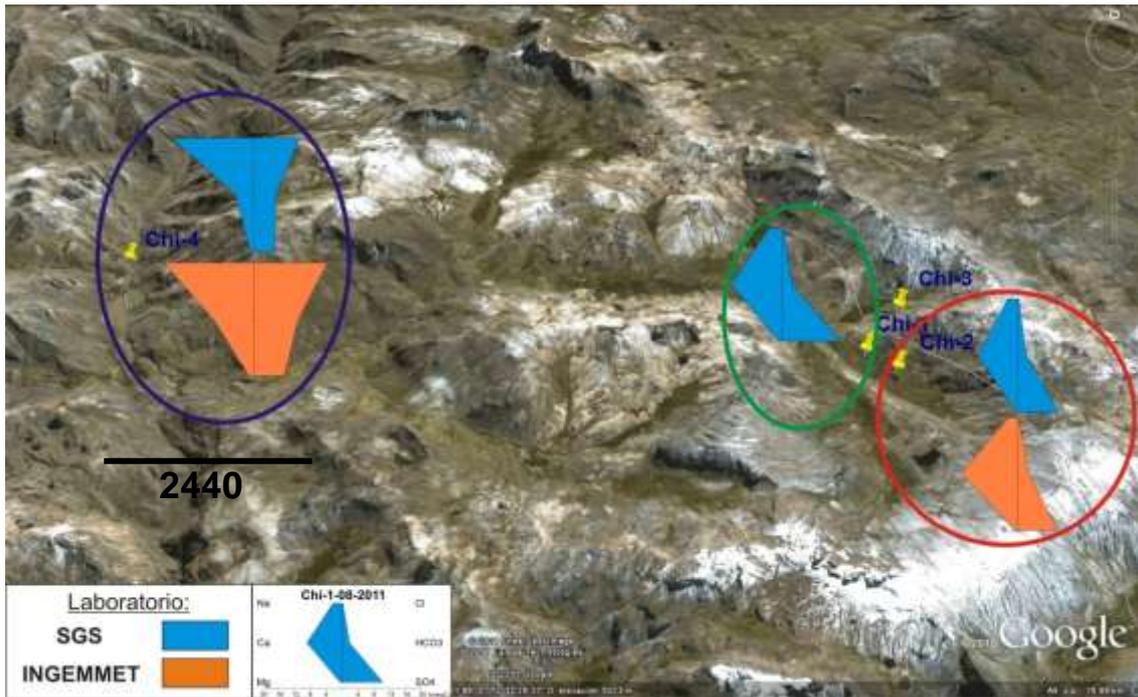


Figura 4. Diagramas de Stiff, ubicado y comparados en cada punto de surgencia de aguas, elaborado con aniones y metales disueltos predominantes en las aguas.

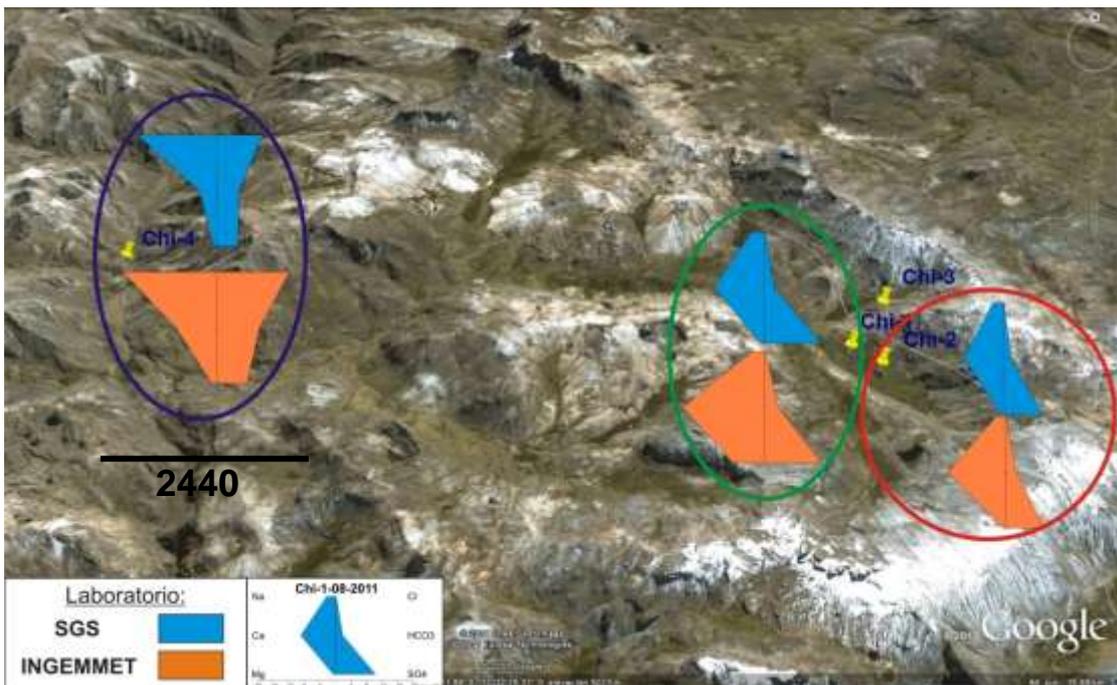


Figura 5. Diagramas de Stiff, ubicado y comparados en cada punto de surgencia de aguas, elaborado con aniones y metales totales de las aguas.

Interpretaciones: Los datos de análisis fisicoquímicos de campo y los análisis del laboratorio, distinguen la existencia de dos grupos de facies químicas de aguas:

- El primer grupo predominante en las fuentes Chi_1 y Chi_2, son de tipo sulfatada cálcica (Ca-SO_4). En aguas dulces, la concentración normal de

sulfatos puede variar entre 2 y 150 mg/l, en aguas salinas, asociado al Ca, puede llegar a tener valores de 5 000 mg/l. Los valores encontrados en las fuentes Chi_1 y Chi_2 es de 491,69 mg/l y 338,72 mg/l respectivamente. Estas características, son típicas del lavado de materiales sedimentarios, de la oxidación de sulfuros o de la descomposición de sustancias orgánicas. La disolución de materiales arcillosos, representaría la mayor cantidad aportada de este ión a las aguas subterráneas, los cuáles nos indican la relación existente entre las aguas subterráneas de las muestras Chi_1 y Chi_2 con ambientes lacustres.

Como todo el material de los alrededores es de ambiente volcánico, se interpreta que estas aguas pueden haber adquirido su predominancia de sulfatos de los siguientes ambientes:

1. Del contacto con las arcillas de los lodos de perforación.
 2. Del contacto con la zona de alteración donde existe arcillas.
 3. Del contacto y tiempo de retención con materiales no consolidados, relleno cuaternario, con presencia de arcillas de ambientes lacustres.
 4. Por la disolución de minerales sulfurosos, principalmente pirita, galena y/o esfalerita.
- El calcio como segundo elemento predominante, tiene composición química adquirida cuando las aguas subterráneas entran en contacto con rocas volcánicas.

Estas interpretaciones nos permiten afirmar que estas aguas proceden de la infiltración de aguas de lluvia, en la parte alta de las montañas, por medio de las fracturas de rocas volcánicas y que en algún momento de su percolación en el subsuelo, tienen contacto con materiales sedimentarios (arcillas y limos) o minerales sulfurosos, donde adquiere la predominancia Sulfatada Cálcica.

- La segunda predominancia, corresponde a la fuente termal Yumire (Chi_4), totalmente diferente a las aguas de los afloramientos Chi_1 y Chi_2, cuya composición principal corresponde, a la facies clorurada sódica (Na-Cl). Comúnmente el ión cloruro, en las rocas presentan escasa proporción, con elevada solubilidad de sus sales, pasan rápidamente a la fase acuosa, pudiendo alcanzar concentraciones muy altas. No forma sales de baja solubilidad, no se oxida, ni se reduce en aguas naturales, tampoco es adsorbido significativamente, ni entra a formar parte de procesos bioquímicos, por lo tanto la surgencia en estas aguas se interpretan que poseen un tiempo de retención considerable y provienen de flujos regionales.

El elemento de segunda predominancia (Na), tiene sales que son muy solubles y tienden a permanecer disueltas. El ión sodio puede ser adsorbido en arcillas en procesos de intercambio catiónico con otros cationes, como el calcio.

En la fuente termal Yumire Chi_4, se tiene una fuerte mineralización (CE: 2 420 uS/cm) y pH neutro (6.37), de predominancia clorurada sódica. Estos en presencia de sulfuros y apoyados en un ambiente anaeróbico (por lo

tanto, fuertemente reductor), generan olores a huevo podrido. Como en el punto donde se produce el afloramiento del manantial Yumire.

Por lo tanto las clasificaciones finales del predominio hidroquímico en las aguas son:

- Primer Grupo (Chi_1 y Chi_2): Aguas de predominio sulfatada cálcica (Ca-SO₄).
- Segundo Grupo (Chi_4): Aguas de predominio clorurada sódica (Na-Cl).

Diagramas de Piper: Se ha utilizado este diagrama, para plotear los resultados de metales disueltos y metales totales versus los aniones mayoritarios. Donde se tiene la posibilidad de representar las tres fuentes evaluadas en un mismo gráfico, sin dar origen a confusiones. Los puntos ploteados corresponden a los contenidos predominantes de aniones versus los metales disueltos y aniones versus los metales totales. Los mismos que tienen una mínima diferencia, casi imperceptible en las predominancias evaluadas (figura 6 y 7).

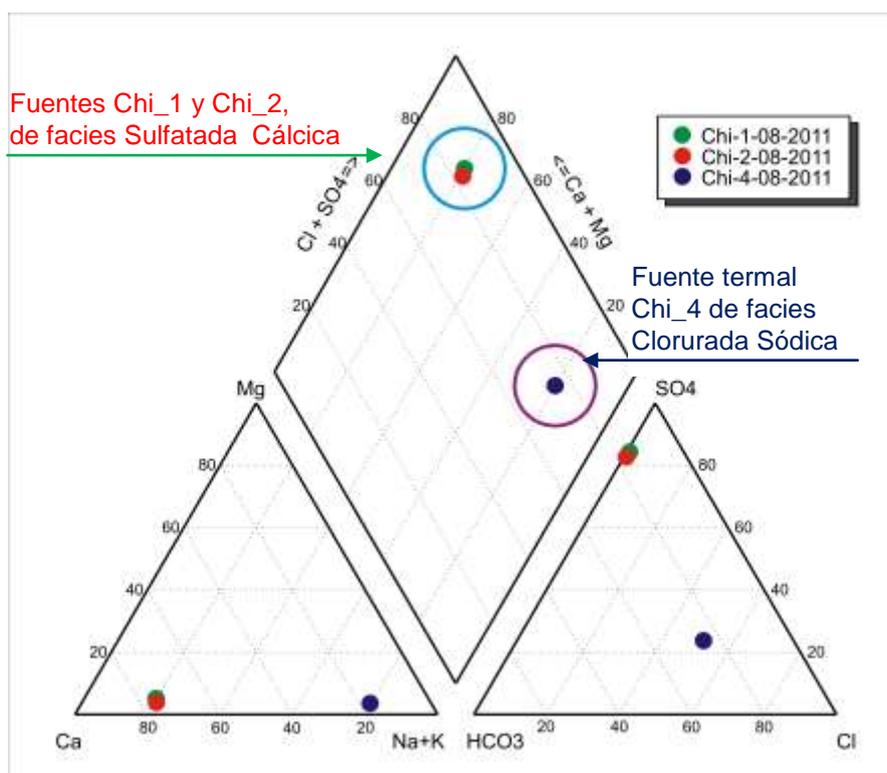


Figura 6. Diagrama de Piper para los análisis de aguas trabajados con METALES DISUELTOS

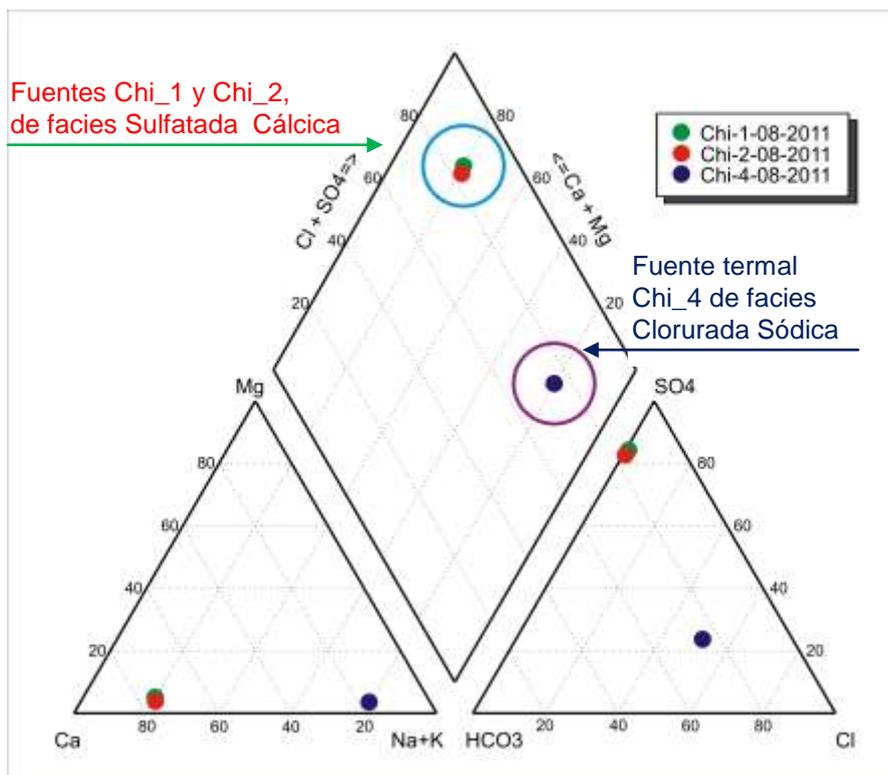


Figura 7. Diagrama de Piper para los análisis de aguas trabajados con METALES TOTALES

Interpretaciones: En la figura 6 y 7, se observan que las aguas químicamente semejantes, agrupadas son Chi_1 y Chi_2, y las aguas de la fuente termal Yumire Chi_4 se encuentra en el lado opuesto de grafica, por lo tanto son aguas completamente diferentes.

En la figura 6 (aniones y metales disueltos) y figura 7 (aniones y metales totales) se observan que las muestras Chi_1 y Chi_2, tiene predominancia Sulfatada Cálcica y la fuente termal Yumire Chi_4 de predominancia clorurada sódica, en concordancia con el diagrama de Stiff.

Diagramas de Scatter: Para corroborar la evolución de flujos con la hidroquímica se utilizó la relación $Cl+SO_4$ vs $Na+K$ (meq/l) (Mifflin, 1988 en Ángeles et al, 2004), los cuales muestran una tendencia de evolución hidroquímica predominantemente de flujo local, intermedio y regional (Grafico 2).

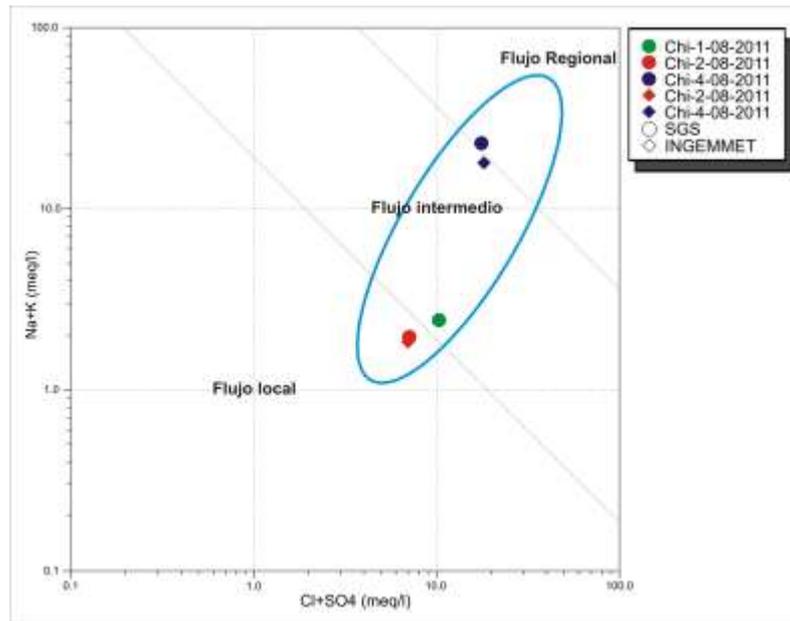


Figura 8. Diagrama de Scatter, para análisis de aguas, elaborados con Metales Disueltos

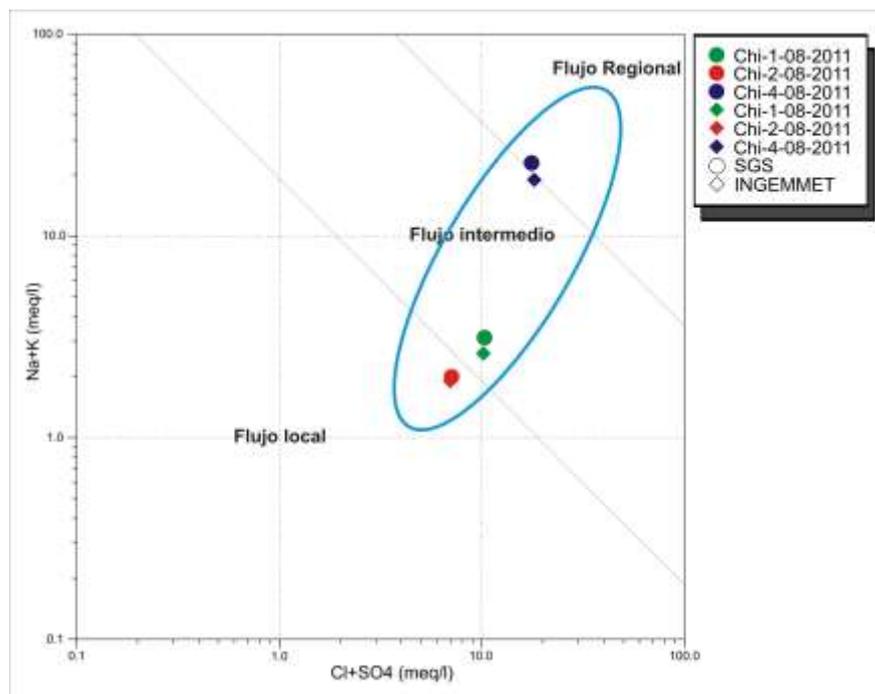


Figura 9. Diagrama de Scatter, para análisis de aguas, elaborados con Metales Totales.

Las fuentes Chi_1 y Chi_2, se diferencian considerablemente de la fuente termal Yumire Chi_4. La fuente de surgencia de aguas y lodos, Chi_1, se considera de flujo local a intermedio, lo que se corrobora con su baja temperatura (3.2 °C) y su contenido predominante sulfatada cálcica proviene del contacto que tiene las aguas con las rocas volcánicas y donde adquieren su predominancia de sulfatos. La fuente adyacente Chi_2, se ubica en el

mismo sector y tiene flujo local a intermedio. Los cuales indican que su recorrido ha tenido una profundidad de infiltración aproximada, entre 900 y 1200 metros, donde ha adquirido su alta temperatura (28.70°C), manteniendo su predominio químico, sulfatada cálcica, adquirido con mayor tiempo de retención del agua en rocas volcánicas. La fuente termal, Yumire, Chi_4, se define como precedente de un flujo regional, tiene temperatura de 73.7 °C y la composición química predominante es clorurada sódica. Para una mayor precisión, en la interpretación de los flujos se han planteado al diagrama de Scatter, los resultados de análisis de aguas por metales disueltos (figura 8) y metales totales (figura 9), los cuales prácticamente muestran los mismo resultados.

c. Metales Traza

El agua de lluvia, que infiltra en el subsuelo a través de fracturas o poros de las rocas, tiene escaso contenido iónico. En la escorrentía superficial y a través de la zona no saturada y la zona saturada, hay una interacción agua - fase sólida, por la que el agua va adquiriendo sustancias químicas como especies disueltas. Los factores que influyen en la interacción agua - fase sólida son: naturaleza de las rocas (mineralogía, composición química), concentración de especies iónicas en el agua, tiempo de retención, condiciones del sistema como: Temperatura, presión, pH, potencial redox, presión de CO, CO₂, etc.

La presencia de metales traza en el área de estudio, están relacionadas con las rocas volcánicas y con la presencia de sulfatos, como consecuencia de la oxidación de los minerales sulfurosos en un cuerpo mineralizado. Así, los metales de mayor relevancia, en cuanto a abundancia en el agua, son: silicio, manganeso y hierro.

Las aguas del punto de muestreo Chi-1, ubicado en el piso de valle de la quebrada Chichahuaycco, reporta la mayor concentración en metales traza, como el silicio (11,5 mg/l), manganeso (1,04 mg/l) y hierro (0,1 mg/l). Sin embargo las aguas del manantial termal Chi_2, presenta mayor concentración de silicio (20,5 mg/l), manganeso (1,143 mg/l) y el hierro se mantiene con el mismo valor (0.1 mg/l) y aparece el Litio con una concentración mínima (0,1 mg/l). En las aguas la fuente termal, Yumire Chi_4, el contenido de silicio (> 25 mg/l) supera los contenidos de los puntos anteriores, el manganeso (0,89 mg/l), y las trazas de hierro (0.40 mg/l).

El silicio, elemento traza de mayor contenido en las aguas, procede mayoritariamente de la meteorización por hidrólisis de feldespatos y silicatos, los mismos que pueden estar presentes en las rocas volcánicas o zonas de alteración. Sin embargo, las aguas de la fuente termal Yumire Chi_4, es la que tiene mayor contenido de silicio, ya que tuvieron mayor tiempo de retención en contacto con areniscas cuarzosas. El manganeso proviene principalmente de la dilución de los carbonatos de manganeso presentes en zonas de mineralización, este elemento prácticamente no presenta ningún patrón de variación en los tres puntos muestreados. El hierro como elemento traza en aguas, tiene concentración controlada por procesos de equilibrio químico como oxidación – reducción y precipitación – disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros. Valores entre 1 y 10 mg/l son comunes, aunque lo normal es que se encuentre por debajo de 0,1 mg/l, que es caso de los tres puntos muestreados. En la fuente Termal Yumire (Chi_4) aparece un

elemento traza como el boro (>2.5 mg/l), cuyo valor se incrementa debido a que las aguas de esta fuente atraviesan zonas con alteración de rocas ígneas y/o contacto con gases volcánicos y/o terrenos evaporíticos.

d. Metales Totales

Los análisis de metales totales, normalmente, se trabajan para aguas superficiales, sin embargo con el objetivo de encontrar relaciones entre las aguas de las fuentes inventariadas, se han realizado análisis por metales totales (cuadro 8).

De los resultados obtenidos, en general los metales totales para las tres fuentes identificadas, son mínimas casi imperceptibles. Las fuentes Chi_2 y Chi_4, fueron muestreadas en el ojo de los manantiales, por lo tanto los niveles de metales totales son bastante bajos (debajo de 1), con excepción del silicio (Chi_2 =22.4 mg/l y Chi_4 > 25 mg/l), los cuales se explican por que ambas fuentes son termales. En la muestra Chi_1, donde se produjo la surgencia de aguas y lodo (en la actualidad se nota un flujo mínimo, casi imperceptible que se mezcla con las aguas de la quebrada Chichahuaycco), se tienen presencia de Manganeseo (>50 mg/l), Aluminio (59 mg/l) y hierro (85.50 mg/l), cuyos valores se han acumulado del arrastre de los sólidos suspendidos en el agua que bajan de la quebrada Chichahuaycco.

9.2.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS – LODOS

Para identificar, si los procesos de surgencia de aguas y lodos, tienen alguna relación con los lodos utilizados en las perforaciones de exploración, se realizaron análisis de lodos en el punto de surgencia Chi_1 y en una balsa de lodos Chi_3.

Es importante mencionar, que estas las surgencias de “lodo blanquecino”, no se han producido por primera vez. Se tienen evidencias de anteriores surgencias, como las registradas en las excavaciones realizadas por los ingenieros del proyecto minero.



Foto 18. Registro de anteriores surgencias de lodo blanquecino, lo que demuestra la estacionalidad de estas surgencias.

a. Análisis Fisicoquímicos.

Se analizaron componentes fisicoquímicos (carbonatos y bicarbonatos), parámetros orgánicos (cloruros y sulfatos) (cuadro 9) y análisis de metales en lodos en los laboratorios de SGS (cuadro 10). Un nuevo análisis de metales (cuadro 11), Rayos X (cuadro 12) y PIMA (cuadro 13), se realizaron en los laboratorios del INGEMMET.

Cuadro 9
Resultado del análisis de Lodos

COMPONENTE FISICOQUIMICO	Chi_1	Chi_3	Diferencia Chi_1 – Chi_3
Carbonatos (Milimol (-)/litro)	<1	<1	0
Bicarbonatos (Milimol (-)/litro)	25	10	15
PARAMETROS INORGANICOS	Chi_1	Chi_3	Diferencia
Cloruros (Milimol (-)/litro)	0.2	1.2	-1
Sulfatos (Centimol por litro)	79.61	28.14	51.47

Comparando valores en los resultados del cuadro 9, se observan variaciones en los contenidos de bicarbonatos, cloruros y sulfatos, los cuales se interpretan que ambos lodos tiene distinta composición.

Los valores de metales en lodos, se desarrolló mediante análisis de ICP en suelo, los mismo que arrojan valores potencialmente diferentes en cuanto a contenido metálico.

En general, los resultados obtenidos, para cada una de las fracciones correspondientes queda reflejado en el cuadro 10. Observándose, para la gran mayoría de metales, un nivel bajo valores intercambiables, lo que implica una estabilidad apreciable de las diferentes especies químicas metálicas, por tanto, durante su movilidad los lodos, mantienen sus propiedades químicas.

El Ca está presente de forma apreciable en la muestra Chi_3, (9079 mg/kg), generando una diferencia de (2327 mg/kg), en consecuencia, este elemento indican que los lodos de la fuente termal Chi_1 y Chi_3 son diferentes. En menor medida se encuentran, el Potasio (511 mg/kg), Sodio (471 mg/kg), Manganeso (251 mg/kg), Bario (107 mg/kg) y varios elementos que muestran diferencias por debajo de 100 mg/kg.

Cuadro 10

Resultado del análisis de Lodos-Metales por ICP (Laboratorio de SGS)

N°	METALES	Chi_1	Chi_3	Diferencia Chi_1 – Chi_3
1	Plata (mg/kg)	0.3	8.9	-8.6
2	Aluminio (mg/kg)	>5000	>5000	0
3	Arsénico (mg/kg)	18	10	8
4	Boro (mg/kg)	<1	<1	0
5	Bario (mg/kg)	235	128	107
6	Berilio (mg/kg)	2.4	0.9	1.5
7	Bismuto (mg/kg)	<5	<5	0
8	Calcio (mg/kg)	6752	9079	-2327
9	Cadmio (mg/kg)	<1	<1	0
10	Cobalto (mg/kg)	13	11	2
11	Cromo (mg/kg)	17	49	-32
12	Cobre (mg/kg)	57.8	65.9	-8.1
13	Hierro (mg/kg)	>10000	<10000	0
14	Potasio (mg/kg)	1715	1204	511
15	Lantano (mg/kg)	42.4	29.4	13
16	Magnesio (mg/kg)	>10000	5834	0
17	Manganeso (mg/kg)	1638	1889	-251
18	Molibdeno (mg/kg)	3	3	0
19	Sodio (mg/kg)	198	669	-471
20	Níquel (mg/kg)	22	19	3
21	Fosforo (mg/kg)	856	1096	-240
22	Plomo (mg/kg)	27	58	-31
23	Antimonio (mg/kg)	<5	<5	0
24	Escandio (mg/kg)	3	2.5	0.5
25	Estaño (mg/kg)	<10	<10	0
26	Estroncio (mg/kg)	85	47.7	37.3
27	Titanio (mg/kg)	<100	186	0
28	Talio (mg/kg)	5	2	3
29	Vanadio (mg/kg)	40	37	3
30	Wolframio / Tungsteno (mg/kg)	<10	33	0
31	Itrio (mg/kg)	8	9	-1
32	Zinc (mg/kg)	131.8	114.5	17.3
33	Circonio (mg/kg)	2	5	-3

En los laboratorios de INGEMMET se utilizó el método Espectrometría de Emisión Atómica por plasma, acoplado inductivamente – ICP- AES, para analizar los lodos los cuales muestran los siguientes valores (cuadro 11)

Cuadro 11

Resultado del análisis de Lodos-Metales por ICP (Laboratorio INGEMMET)

N°	METALES	Chi_1	Chi_3	Diferencia Chi_1 – Chi_3
1	Plata (µg/g)	1.4	10.4	-9
2	Aluminio (µg/g)	20400	66100	-45700
3	Arsénicos (µg/g)	<10.0	<10.0	0
4	Bario (µg/g)	235.0	1036.6	-801.6
5	Bismuto (µg/g)	<5.0	<5.0	0
6	Calcio (µg/g)	9400	16300	-6900
7	Cadmio (µg/g)	6.09	7.62	-1.53
8	Cobalto (µg/g)	18.51	15.73	2.78
9	Cromo (µg/g)	19.63	67.63	-48
10	Cobre (µg/g)	46.68	69.05	-22.37
11	Hierro (µg/g)	31700	39500	-7800
12	Potasio (µg/g)	1500	29100	-27600
13	La (µg/g)	46.13	45.03	1.1
14	Litio (µg/g)	14.74	20.15	-5.41
15	Magnesio (µg/g)	13800	9000	4800
16	Manganeso (µg/g)	1745.0	2147.0	-402
17	Molibdeno (µg/g)	<5.0	<5.0	0
18	Sodio (µg/g)	200	16700	-16500
19	Níquel (µg/g)	24.45	21.55	2.9
20	Fósforo (µg/g)	1162.0	1565.4	-403.4
21	Plomo (µg/g)	29.40	56.75	-27.35
22	Rubidio (µg/g)	755.4	1112.5	-357.1
23	Azufre (µg/g)	1900	1600	300
24	Antimonio (µg/g)	10.0	10.0	0
25	Estaño (µg/g)	10.0	10.0	0
26	Estroncio (µg/g)	217.01	347.45	-130.44
27	Talio (µg/g)	10.0	10.0	0
28	Vanadio (µg/g)	155.67	84.27	71.4
29	Wolframio (µg/g)	20.00	42.12	-22.12
30	Zinc (µg/g)	131.57	132.32	-0.75

Los resultados obtenidos en el cuadro 11, muestran valores en unidades menores (µg/g), los cuales resaltan las diferencias entre los metales de los lodos. Los elementos con mayores diferencias son: Aluminio (45700 µg/g), Potasio (27600 µg/g), Sodio (16500 µg/g), Calcio (6900 µg/g), Fósforo (403.4 µg/g), Manganeso (402 µg/g) y fracciones menores que identifican las diferencias entre ambas muestras.

Para apreciar las visibles diferencias en los lodos, se han realizado diagramas de Stiff con los elementos mayoritarios.

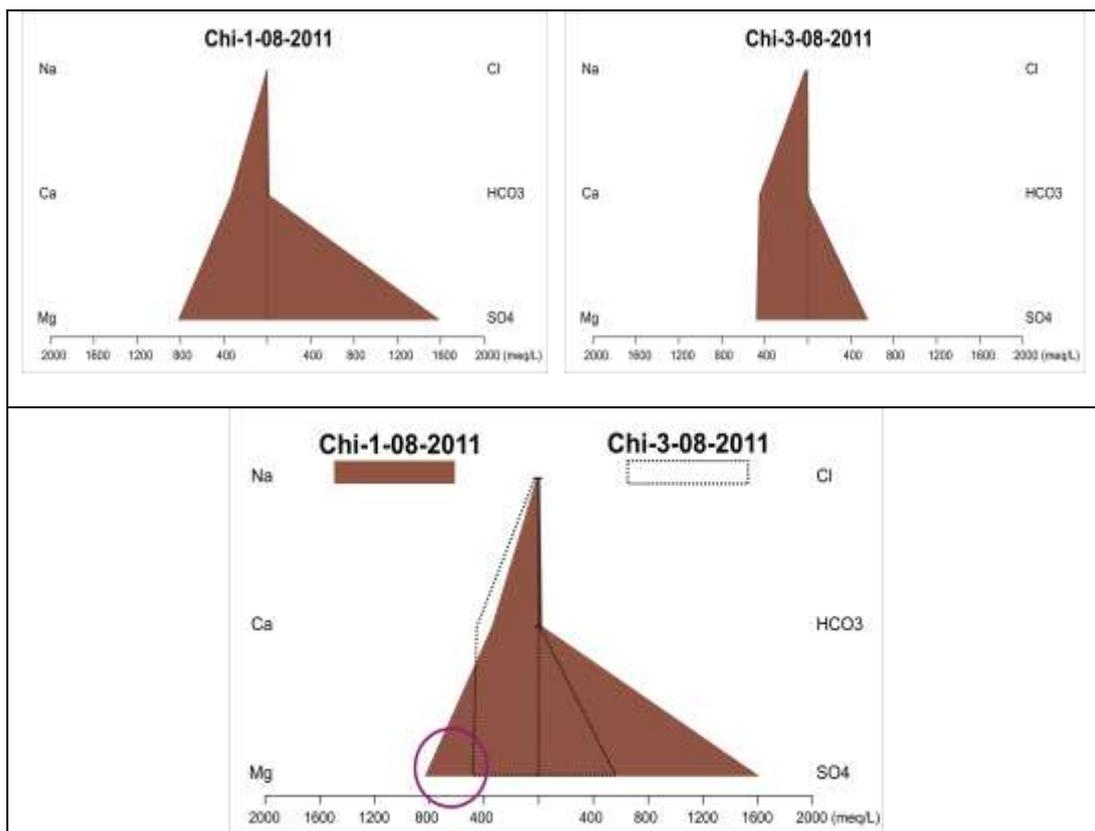


Figura 10. Diagrama de Stiff, para los elementos predominantes en los lodos Chi_1 y Chi_3, los cuales muestran gráficos comparados entre sí.

En la figura 10 se observan claras evidencias del predominio de los elementos mayoritarios en los lodos. Los lodos del punto de surgencia Ch_1 tiene como elementos predominantes a los Sulfatos, en valores que llegan a 1600 meq/l y en segundo lugar al magnesio que llega a tener valores de 800 meq/l. Los lodos de la muestra Chi_3 (poza de lodos) tiene la misma predominancia química pero con valores muy inferiores (Sulfatos 600 meq/l y magnesio 400 meq/l), teniendo diferencias muy saltantes (sulfatos 1000 meq/l y magnesio de 400 meq/l), los cuales contribuyen con la teoría de que los lodos no son los mismos.

b. Análisis de Rayos X

Se realizaron también análisis de Rayos X, en los lodos (cuadro 12), los cuales nos muestran valores comparados entre las muestras Chi_1 (punto de surgencia de lodos) y Chi_3 poza de lodos.

Cuadro 12
Resultado del análisis de Lodos-Rayos X (Laboratorio INGEMMET)

CODIGO DE MUESTRA			Chi_1	Chi_3	Diferencia
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%	%	(Chi_1 - Chi_3)
1	Cuarzo	SiO ₂	43.07	57.14	-14.07
2	Albita	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	11.44	26.08	-14.64
3	Montmorillonita	CaO.2(Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (8.89	4.54	4.35
4	Ortoclasa	(K,Ba,Na)(Si,Al) ₄ O ₈ (OH) ₂ .4H ₂ O	3.3	2.83	0.47
5	Amorfo	-	13.98	2.04	11.94
6	Pirita	FeS ₂	1.4	1.70	-0.3
7	Muscovita	(K,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3.1} Al _{0.9})O ₁₀ (OH) ₂	2.29	1.36	0.93
8	Augita	Ca(Fe,Mg)Si ₂ O ₆	---	1.25	-1.25
9	Calcita	CaCO ₃	0.76	1.13	-0.37
10	Hematita	Fe ₂ O ₃	----	1.02	-1.02
11	Fresnoita	Ba ₂ TiSi ₂ O ₈	----	0.91	-0.91
12	Clorita	(Mg,Al) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	14.87	----	14.87

Según el cuadro de análisis por rayos X, absolutamente todos los valores de minerales son diferentes. Las diferencias más marcadas se observan entre los minerales de Albita (14.64 %) y Cuarzo (14.07 %), las demás diferencias son mínimas, pero representativas, aunque cabe resaltar que en las muestras de lodo Chi_1, no existe minerales que si existe en la muestra Chi_3, como la Augita, Hematita y Fresnoita. Del mismo modo la muestra de surgencia de lodos Chi_1 posee Clorita (14.87 %) mineral que no aparece en las muestras de lodos Chi_3.

c. Análisis de PIMA

Se realizó análisis de los lodos Chi_1 y Chi_3, con el propósito de determinar la existencia de elementos anómalos por minerales metálicos según el análisis de PIMA.

Cuadro 13
Resultado del análisis de Lodos-PIMA (Laboratorio INGEMMET)

ANÁLISIS POR METODO PIMA																							
SOLICITUD Nº:028-2011-DGAR																							
PROYECTO : PROYECTO MILLO										Fecha de remisión: 05/10/2011													
CANTIDAD Y TIPO DE MUESTRAS : 2 muestras pulvulentas																							
APROBACION POR AG :										FIRMA:													
Muestra	qz	k-al	n-al	rflct	pyr	dias	kao	dk	ill	sm	ser	jar	cac	chl	ep	sc	FeOx	NH4	Otros	ASOCIACION	ALTERACION	COD.	OBS.
CHI-1							1		1	3									sm(montmorillonita), kao(hallosita)	sm-hall-ill	Argilica	3	
CHI-3							1			3									sm(montmorillonita), kao(hallosita)	sm-hall	Argilica	3	

Según el análisis PIMA se detectó un ensamble mineralógico de tipo sm (montmorillonita, kao (hallosita) e illita, para la muestra de lodos chi_1 según la asociación sm-hall-ill y para la muestra Chi_3 se tiene solamente el ensamble **sm** (montmorillonita y kao (hallosita), según la asociación **sm-hall**, los cuales muestran una notoria diferencia entre ambas muestras.

CONCLUSIONES:

1. Las unidades estratigráficas que afloran en el área evaluada, corresponden a rocas cretácicas y cenozoicas, siendo las rocas cenozoicas las que afloran en mayor parte del área. Desde el punto de vista estructural, se identificaron dos sistemas principales de fallas, las fallas NO-SE y las fallas E-O. Considerando un análisis somero sobre la cinemática de dichas estructuras, se determinó dos tipos de movimientos: sinistral de rumbo y compresivo, con evidencias de reciente reactivación.
2. La unidad hidrogeológica permeable del área, lo constituye las rocas volcánicas fracturadas, en las inmediaciones de la surgencia de aguas y lodos. Pero la más importante, para el análisis, lo constituye la zona de transición entre suelo y roca de basamento: material totalmente saturado de agua subterránea, con escasa circulación por encontrarse confinado y con dos manantiales de descarga visible.
3. En el área se identificaron dos tipos de facies químicas: las fuentes Chi_1 y Chi_2, son de tipo sulfatada cálcica (Ca-SO₄) y la fuente Chi_4, de predominio clorurada sódica (Na-Cl). La primera ligada a ambientes lacustres con influencia de aguas de deshielo; y la segunda a las aguas subterráneas de las unidades permeables (areniscas cuarzosas). La gran mayoría se encuentran con pH neutro y bajo contenido de metales disueltos.
4. El origen de las aguas subterráneas del área, son producto de la recarga a partir de la infiltración de las aguas pluviales estacionales, abundantes en la región, y de la recarga mediante infiltración de las aguas de deshielo. Precisamente esta estacionalidad es que mueve elementos finos, limos y arcillas, generando surgencias estacionales de aguas y lodos blanquecino.
5. Existen evidencias de campo, que comprueban el afloramiento del lodo blanquecino en tiempos pasados.
6. Los lodos analizados (Chi_1 y Chi_3) mediante: metales en lodos, Rayos X y PIMA, muestran propiedades diferentes, interpretándose que no son los mismos lodos que se utilizan en las perforaciones de exploración. Sin embargo no se descarta la posibilidad de que exista influencia de estos al momento de perforar en rocas muy fracturadas.
7. La surgencia de aguas y lodos suelen ser estacionales, se presentan como consecuencia de la existencia de niveles confinados entre las fracturas de las rocas volcánicas. La presión hidráulica natural, en estos niveles confinados, aumenta con la infiltración de las lluvias. La surgencia de las aguas y lodos se producen cuando el nivel de aguas que se almacenan, llegan a zonas con fisuras que se intersectan con la superficie. La presencia de limos blanquecinos es debido a que la surgencia atraviesa ambientes lacustres.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un inventario detallado de los puntos de aguas subterráneas (manantiales termales y fríos), y monitorear sus propiedades fisicoquímicas, mensuales (principalmente: pH, T°, CE y TDS) con equipos portátiles. Si existe variaciones en los valores de pH y T° nos dará indicios de un posible rebrote de aguas y lodos.
2. Para determinar con exactitud el origen de los lodos encontrados en la surgencia Chi_1, se recomienda realizar análisis de Isotopos ambientales (O18 y Deuterio) e isotopos radiactivos (Tritio y Carbono), los mismo que indicaran la edad de las aguas y tiempo de residencia en el subsuelo desde su infiltración.
3. Se recomienda el uso de trazadores, en la parte alta (lugar de las perforaciones) y rastrearlas hasta la surgencia, esto nos podrá Mejorar el sistema de recojo y recirculación de las filtraciones de la actual presa de relaves, considerando las filtraciones actuales en la base de la presa de relaves 2 y3, estos requieren bombeos permanentes hacia la Estación de reciclaje, para su tratamiento y vertido al medio receptor.
4. Continuar con el monitoreo hidroquímico de las fuentes identificadas en el presente reporte, principalmente Chi_1 y Chi_2. Parámetros químicos de las aguas subterráneas y superficiales del entorno, a fin de evaluar los posibles cambios fisicoquímicos.

REFERENCIAS

- Ángeles, S., Rosales, L. & Ramos J. (2004) – Características de flujos regionales, y su manifestación, tres casos en México, Instituto de Geografía de México.
- Benavides V. 1962: Estratigrafía pre Terciaria de la región de Arequipa. Bol. Soc. geol. Perú, 38: 5-63.
- Cartwright I. et al. (2008) – Integrating physical hydrogeology, hydrochemistry, and environmental isotopes to constrain regional groundwater flow: Southern Riverine Province, Murray Basin, Australia. Groundwater Flow Understanding p.105-134
- Delleur J.W. (1999) – The Handbook of groundwater engineering. CRC Press. 945 p.
- Gea –DES Ingenieros SAC (2005) - Evaluacion Ambiental - Categoria "C" Proyecto Millo. 18 p.
- Hoefs Jochen, (2009) - Stable Isotope Geochemistry. Sixth edition Springer, 281 p.
- Lamban, J & Custodio, E (1999)-Estudio isotópico ambiental(O-D) en la unidad Anioia: Principales Zonas de recarga e implicaciones en el funcionamiento Hidrogeológico del sistema. Publicado en Ingeniería del Agua. Vol. 6 Num. 2(junio 1999) p. 139-150.
- Mendivil S. 1965: Geología de los cuadrángulos de Maure y Antajave (hojas 35-x, 35-y). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 10, 99 p., 1965
- Palacios O. 1975: Mapa geológico del cuadrángulo de Chullca 30-q. Carta Geológica del INGEMMET.
- Pradeep K.; Joel R. Gat; & KLAUS F.O. (2005) – Isotopes in the water cycle. Springer, 373 p.
- PULIDO, J. (1978) - Hidrogeología Práctica. Bilbao: URMO, 314 p.
- Herráez Isabel (2008) – Relaciones isotópicas, oxígeno-18 y deuterio, entre las aguas superficiales y subterráneas. Técnicas y aplicaciones multidisciplinarias de los isótopos ambientales, p 25-43.
- Rollinson H.R. (1993) - Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific & Technical. 352 p.
- Vilanova E.; Mas-Pla J. & Menció A. (2008)-Determinación de sistemas de flujo regionales y locales en las depresiones tectónicas del Baix Emporada y la Selva (NE de España) en base a datos hidroquímicos y isotópicos. Boletín Geológico y Minero, 119 (1), p. 51-62
- William J. Deutsch (1997) – Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination, New York, Lewis Publishers 221 p.
- Wilson, J. 1962. Geología de los cuadrángulos de Pachia y Palca (Hojas 36-V y 36-x). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 4, 82 p., 1962

ANEXOS:

- Anexo I. Resultados de análisis de aguas, realizado en INGEMMET
- Anexo II. Resultados de análisis de aguas realizado en SGS
- Anexo II. Resultados de análisis de Lodos SGS
- Anexo IV. Resultado de análisis de Lodos INGEMMET
- Anexo V. Resultado de análisis de Rayos X en lodos, INGEMMET
- Anexo VI. Resultado de análisis de PIMA en lodos, INGEMMET

DIRECCIÓN DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA

INFORME DE ANALISIS N° 005-2011-INGEMMET/DL/LQ

REF. SOLICITUD/O.T. : Solicitud N° 018-2011-INGEMMET/DGAR
 SOLICITADO POR : Ing. Fluquer Peña
 ANALISIS DE : AGUAS: METALES DISUELTOS
 FECHA : 13 de Setiembre de 2011

ANIONES:

N°	CODIGO DE MUESTRA	SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Chi_1_08_2011	488.6	*N.D.	147.6	1.6	4.1	N.D.
2	Chi_2_08_2011	333.6	N.D.	118.6	2.1	2.7	N.D.
3	Chi_4_08_2011	266.3	N.D.	467.2	3.4	488.8	N.D.

L.D.M.(mg/L)	2	1	1	0.5	0.5	1
--------------	---	---	---	-----	-----	---

MÉTODO: CO₃⁻, HCO₃⁻: Titrimétrico * N.D. = No Detectable
 F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, SO₄⁻: Cromatografía Iónica

CATIONES:

N°	CODIGO DE MUESTRA	Ca	Mg	Na	K	Sr	Li
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2	Chi_2_08_2011	199.40	4.6	39.36	4.23	1.33	0.111
3	Chi_4_08_2011	143.16	10.6	364.13	74.5	1.76	5.47

L.D.M.(mg/L)	0.3	0.1	0.1	0.2	0.02	0.002
--------------	-----	-----	-----	-----	------	-------

MÉTODO: Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES)

METALES TRAZAS:

N°	CODIGO DE MUESTRA	Al	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2	Chi_2_08_2011	0.069	0.012	0.024	<0.1	≤0.001	<0.001	<0.02	<0.003	0.167	1.06
3	Chi_4_08_2011	<0.02	0.551	0.087	<0.1	≤0.001	<0.001	<0.02	<0.003	0.222	0.729

L.D.M.(mg/L)	0.02	0.01	0.001	0.1	0.001	0.001	0.02	0.003	0.01	0.001
--------------	------	------	-------	-----	-------	-------	------	-------	------	-------

N°	CODIGO DE MUESTRA	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Ti	Tl	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2	Chi_2_08_2011	<0.005	<0.005	<0.01	<0.006	<0.02	<0.005	<0.003	<0.02	<0.02	0.011
3	Chi_4_08_2011	<0.005	≤0.005	<0.01	0.009	<0.02	<0.005	<0.003	<0.02	<0.02	0.009

L.D.M.(mg/L)	0.005	0.005	0.01	0.006	0.02	0.005	0.003	0.02	0.02	0.003
--------------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	------	------	-------

MÉTODO : Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES)

METALES TOTALES:

N°	CODIGO DE MUESTRA	Ca	Mg	Na	K	Sr	Li
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Chi_1_08_2011	295.3	68.1	53.8	9.7	1.85	0.170
2	Chi_2_08_2011	205.6	4.7	40.7	4.7	1.46	0.113
3	Chi_4_08_2011	147.5	11.1	386.3	77.8	1.89	5.75

L.D.M.(mg/L)	0.3	0.1	0.1	0.2	0.02	0.002
--------------	-----	-----	-----	-----	------	-------

MÉTODO : Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES)

N°	CODIGO DE MUESTRA	Al	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Chi_1_08_2011	59.95	0.080	0.745	< 0.1	0.016	0.056	0.073	0.013	85.5	5.16
2	Chi_2_08_2011	0.087	0.019	0.024	< 0.1	<0.001	≤ 0.001	<0.02	<0.003	0.120	0.993
3	Chi_4_08_2011	0.074	0.571	0.089	< 0.1	<0.001	≤ 0.001	<0.02	<0.003	0.839	0.700

L.D.M.(mg/L)	0.02	0.01	0.001	0.1	0.001	0.001	0.02	0.003	0.01	0.001
--------------	------	------	-------	-----	-------	-------	------	-------	------	-------

N°	CODIGO DE MUESTRA	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Ti	Tl	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Chi_1_08_2011	0.015	0.075	0.076	0.012	<0.02	<0.005	0.027	<0.02	0.120	0.317
2	Chi_2_08_2011	<0.005	0.009	<0.01	<0.006	0.045	<0.005	<0.003	<0.02	<0.02	0.008
3	Chi_4_08_2011	<0.005	<0.005	<0.01	0.012	<0.02	<0.005	<0.003	<0.02	<0.02	0.011

L.D.M.(mg/L)	0.005	0.005	0.01	0.006	0.02	0.005	0.003	0.02	0.02	0.003
--------------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	------	------	-------

MÉTODO : Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES)



Maria Jara E.
M.Sc. MARIA JARA E.
laboratorio de Análisis Geoquímico
INGEMMET

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA110758

Página 2 de 7

Metriz Producto descrito como Identificación de Muestra	L.D.	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
		AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
		09-1-06-2011	09-1-06-2011	09-1-08-2011
		16/08/2011 08:30:00A.M.	10/08/2011 08:30:00A.M.	10/08/2011 10:30:00A.M.
Cloruros (mg/L)	0.01	4.97	3.08	433.50
Nitratos (NO3) (mg/L)	0.01	0.232	<0.031	<0.031
Sulfatos (mg/L)	0.05	491.69	338.72	264.47
Bicarbonatos (CaCO3 mg/L)	0.1	111.3	87.1	357.4
Carbonatos (CaCO3 mg/L)	0.1	<0.5	<0.5	<0.5
Plata (mg/L)	0.01	--	<0.001	<0.001
Aluminio (mg/L)	0.01	--	<0.01	<0.01
Arsénico (mg/L)	0.005	--	0.020	0.440
Boro (mg/L)	0.1	--	0.1	>2.5
Bario (mg/L)	0.005	--	0.021	0.101
Berilio (mg/L)	0.003	--	<0.0003	0.0020
Bismuto (mg/L)	0.005	--	<0.005	<0.005
Calcio (mg/L)	0.1	--	>50	>50
Cadmio (mg/L)	0.001	--	<0.001	<0.001
Cerio (mg/L)	0.01	--	<0.05	<0.05
Cobalto (mg/L)	0.001	--	<0.001	<0.001
Cromo (mg/L)	0.001	--	<0.001	<0.001
Cobre (mg/L)	0.003	--	<0.003	<0.003
Hierro (mg/L)	0.1	--	0.1	0.4
Potasio (mg/L)	0.1	--	2.9	50.2
Lantano (mg/L)	0.005	--	<0.0005	<0.0005
Litio (mg/L)	0.01	--	0.12	>1
Magnesio (mg/L)	0.04	--	3.95	11.08
Manganeso (mg/L)	0.02	--	1.143	0.898
Niobio (mg/L)	0.005	--	<0.005	<0.005
Sodio (mg/L)	0.1	--	<2.8	>60
Ruquel (mg/L)	0.001	--	<0.001	<0.001
Ródano (mg/L)	0.1	--	<0.1	<0.1
Plomo (mg/L)	0.004	--	<0.004	<0.004
Antimonio (mg/L)	0.001	--	<0.005	<0.005
Fluoruro Disuelto (mg/L)	0.001	--	<0.003	<0.003
Selenio (mg/L)	0.05	--	<0.05	<0.05

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1110758

Página 3 de 7

		AGUA SUBTERRANEA				
		AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUBTERRANEA		
		01-1-08-2011 13:00:00H.	01-3-08-2011 10:00:00H.	01-4-08-2011 10:30:00H.		
EF - Sulfatos	Silicio Disuelto (SiO ₂) (mg/L)	8.8	—	20.5	>25	
	Estaño (mg/L)	0.01	—	<0.01	<0.01	
	Estroncio (mg/L)	0.001	—	1.463	2.078	
	Tiario (mg/L)	0.001	—	<0.003	0.009	
	Talio (mg/L)	0.05	—	<0.03	<0.03	
	Vanadio (mg/L)	0.001	—	<0.002	<0.002	
	Wolframio/Tungsteno (mg/L)	0.001	—	0.008	0.115	
	Ytrio (mg/L)	0.001	—	<0.005	<0.005	
	Zinc (mg/L)	0.001	—	<0.005	<0.005	
	Cincnio (mg/L)	0.001	—	<0.003	<0.003	
	EF - Metales	Plata (mg/L)	0.001	0.010	<0.001	<0.001
		Aluminio (mg/L)	0.01	>25	0.10	0.30
		Asébrico (mg/L)	0.001	0.030	0.028	0.640
		Boro (mg/L)	0.1	0.1	0.2	>2.5
Bario (mg/L)		0.001	>5	0.030	0.115	
Berilio (mg/L)		0.0001	0.0130	<0.0003	0.0023	
Bismuto (mg/L)		0.001	0.005	<0.005	<0.005	
Calcio (mg/L)		0.1	>50	>50	>50	
Cadmio (mg/L)		0.001	0.005	<0.001	<0.001	
Cerio (mg/L)		0.001	1.30	<0.05	<0.05	
Cobalto (mg/L)		0.001	0.425	<0.001	<0.001	
Cromo (mg/L)		0.001	0.380	<0.001	<0.001	
Cobre (mg/L)		0.001	0.025	<0.003	<0.003	
Hierro (mg/L)		0.1	>60	0.3	1.4	
Potasio (mg/L)		0.1	19.1	3.1	51.9	
Lantano (mg/L)		0.0001	0.6185	<0.0005	<0.0005	
Litio (mg/L)		0.01	0.35	0.13	>1	
Magnesio (mg/L)		0.01	>50	3.98	12.25	
Manganeso (mg/L)		0.001	>50	1.203	1.013	
Molibdeno (mg/L)		0.001	0.040	<0.005	<0.005	
Sodio (mg/L)	0.1	>60	43.8	>60		
Niquel (mg/L)	0.001	0.505	<0.001	<0.001		

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1110758

Página 4 de 7

		AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
		AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
		01-1-08-2011	01-1-08-2011	01-1-08-2011
		10/06/2011 09:45:00A.M.	10/06/2011 09:30:00A.M.	10/06/2011 10:30:00A.M.
Póforo (mg/L)	0.1	18.9	0.1	<0.1
Plomo (mg/L)	0.004	0.530	<0.004	<0.004
Antimonio (mg/L)	0.003	<0.005	<0.005	0.005
Estadío Total (mg/L)	0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Selenio (mg/L)	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Silicio Total(SGD) (mg/L)	0.3	>25	22.4	>25
Estafío (mg/L)	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Estroncio (mg/L)	0.001	>2.5	1.583	2.165
Titanio (mg/L)	0.003	0.265	<0.003	0.010
Talio (mg/L)	0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Vanadio (mg/L)	0.002	0.960	<0.002	<0.002
Wolframio/Tungsteno (mg/L)	0.005	<0.005	0.013	0.125
Itrio (mg/L)	0.005	0.153	<0.005	<0.005
Zinc (mg/L)	0.005	2.010	<0.005	<0.005
Circonio (mg/L)	0.003	0.010	<0.003	<0.003

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1111798

Página 1 de 2

A solicitud de:	CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. JR. CRANE 102 S-E. URB. JACARANDA SAN BORJA ENV / LB-310727-004	Cantidad Muestras:	3
Solicitud de Ensayo:		Fecha de Recepción a SGS:	16/05/2011 03:00 p.m.
Muestra realizada por:	Cliente		
Procedencia:	Proyecto Mito		

Análisis	Método
Calcio Disuelto	EPA 70005 Rev.03, 2007: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry Method
Sodio Disuelto	EPA 70005 Rev.02, 2007: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry Method

Matriz
Producto descrito como
Identificación de Muestra

		AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
		AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUBTERRÁNEA
		01-1-08-2011	01-1-08-2011	01-1-08-2011
		10/06/2011 09:45:00A.M.	10/06/2011 09:30:00A.M.	10/06/2011 10:30:00A.M.
	L.D.			
Calcio Disuelto (mg/L)	0.05	178.92	140.52	95.88
Sodio Disuelto (mg/L)	0.02	--	--	493.00

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1110958

Página 2 de 4

Matriz:
Producto descrito como
Identificación de Muestra

L.D.

AGUA SUBTERRANEA
AGUA SUBTERRANEA
Ch-1-09-2011
INSTRUMENTAL DE LABORATORIO

Elemento	Valor	Límite
Plata (mg/L)	0.001	<0.001
Aluminio (mg/L)	0.01	<0.01
Asbénico (mg/L)	0.005	0.020
Boro (mg/L)	0.1	<0.1
Bario (mg/L)	0.001	0.030
Berilio (mg/L)	0.0001	0.0015
Bismuto (mg/L)	0.001	<0.005
Cadmio (mg/L)	0.1	>50
Cadmio (mg/L)	0.001	<0.001
Cromo (mg/L)	0.001	<0.05
Cobalto (mg/L)	0.001	0.005
Cromo (mg/L)	0.001	0.005
Cobre (mg/L)	0.001	0.005
Hierro (mg/L)	0.1	<0.1
Potasio (mg/L)	0.1	3.3
Lantano (mg/L)	0.0001	<0.0005
Litio (mg/L)	0.01	0.10
Magnesio (mg/L)	0.04	6.95
Manganeso (mg/L)	0.001	1.040
Molibdeno (mg/L)	0.001	0.023
Sodio (mg/L)	0.1	53.1
Níquel (mg/L)	0.001	0.005
Níquel (mg/L)	0.1	<0.1
Plomo (mg/L)	0.004	0.005
Antimonio (mg/L)	0.001	<0.005
Escandio Disuelto (mg/L)	0.001	<0.003
Selenio (mg/L)	0.001	<0.05
Silicio Disuelto (SiO ₂) (mg/L)	0.5	11.5
Estaño (mg/L)	0.01	<0.01
Estroncio (mg/L)	0.01	1.273

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1110958

Página 3 de 4

AGUA SUBTERRANEA
AGUA SUBTERRANEA
Ch-1-09-2011
INSTRUMENTAL DE LABORATORIO

Elemento	Valor	Límite
Titanio (mg/L)	0.001	<0.003
Taio (mg/L)	0.01	<0.03
Vanadio (mg/L)	0.001	0.003
Volframio/Tungsteno (mg/L)	0.001	<0.005
Ytrio (mg/L)	0.001	<0.005
Zinc (mg/L)	0.001	0.003
Circonio (mg/L)	0.001	<0.003

**INFORME DE ENSAYO
MA1110785**

Matr.
Producto descomp. como
Identificación de Muestra

L.D.

LODOS	LODOS
LODOS	LODOS
01-10-2011	01-10-2011
10/06/2011 08:30:00AM	10/06/2011 10:25:00AM

	Carbonatos (Mímol (-)/litro)	1	<1
	Cloruros en suelos (Mímol (-)/litro)	0.01	0.2
	Bicarbonatos (Mímol (-)/litro)	1	25
	Sulfatos (Centímo por litro)	0.01	79.61
			28.14
Máximo (2) en Suelo	Plata (mg/kg)	0.1	0.3
	Aluminio (mg/kg)	100	>5000
	Arsenico (mg/kg)	1	10
	Boro (mg/kg)	1	<1
	Bario (mg/kg)	1	235
	Berilio (mg/kg)	0.5	2.4
	Bismuto (mg/kg)	1	<5
	Calcio (mg/kg)	100	6752
	Cadmio (mg/kg)	1	<1
	Cobalto (mg/kg)	1	13
	Cromo (mg/kg)	1	17
	Cobres (mg/kg)	0.5	57.8
	Hierro (mg/kg)	100	>10000
	Potasio (mg/kg)	100	1715
	Lantano (mg/kg)	0.5	42.4
	Magnesio (mg/kg)	100	>10000
	Manganeso (mg/kg)	1	1630
	Niobio (mg/kg)	1	3
	Sodio (mg/kg)	100	190
	Niquel (mg/kg)	1	22
	Fosforo (mg/kg)	100	856
	Plomo (mg/kg)	1	27
	Antimonio (mg/kg)	1	<5
	Escandio (mg/kg)	0.5	3.0
	Estaño (mg/kg)	10	<10
	Stroncio (mg/kg)	0.5	85.0
	Titanio (mg/kg)	100	<100

**INFORME DE ENSAYO
MA1110785**

LODOS	LODOS
LODOS	LODOS
01-10-2011	01-10-2011
10/06/2011 08:30:00AM	10/06/2011 10:25:00AM

Máximo (2) en Suelo	Talco (mg/kg)	1	5
	Vanadio (mg/kg)	1	40
	Wolframio/Tungsteno (mg/kg)	10	<10
	Iorio (mg/kg)	0.5	8.0
	Zinc (mg/kg)	0.5	131.8
Circono (mg/kg)	0.5	2.0	
			5.0

	FORMATO DIRECCIÓN DE LABORATORIOS - LABORATORIO DE QUÍMICA INFORME DE RESULTADOS	INGEMMET Dirección de Laboratorios RECIBIDO 18 OCT. 2011
INFORME DE ANÁLISIS N° 006-2011-INGEMMET/DL/DLQ SOLICITUD N°: 017-2011-INGEMMET-OGAR		
PROYECTO: GA 11 -Apoyo a Entidades. RESPONSABLE: Fluquer Peña L.		
CANTIDAD Y TIPO DE MUESTRAS: 02 Muestras de lodos.		
PROCEDENCIA: Proyecto Millo-Apurimac. FECHA: 14/10/2011		
RECEPCIÓN REGISTRO 		
RECEPCIÓN REGISTRO DIRECCIÓN DE LABORATORIOS		

N°	CODIGO	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu
1	CHI-1	1.40	20400	<10	235.0	<5	9400	6.09	18.51	19.63	48.68
2	CHI-3	10.4	66100	<10	1037	<5	16300	7.62	15.73	67.63	69.05
L.D.M.:											
		10	10	10	5	5	10	1	1	1	2

N°	CODIGO	Fe	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P
1	CHI-1	31700	1500	46.13	14.74	13900	1745	<5	200	24.45	1162
2	CHI-3	39500	29100	45.03	20.15	9000	2147	<5	16700	21.55	1565
L.D.M.:											
		10	10	5	5	10	5	5	10	5	10

N°	CODIGO	Pb	Rb	S	Sb	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn
1	CHI-1	29.40	755.4	1900	10	10	217.01	10	155.67	20.00	131.57
2	CHI-3	56.75	1112.5	1600	10	10	347.45	10	84.27	42.12	132.32
L.D.M.:											
		10	10	10	10	10	10	10	5	20	5

METODO: Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES)

Nota: El N° de muestras de lodos indicado en los códigos de la solicitud fueron de 4 (que corresponden a dos muestras x duplicado que son las reportadas)



Responsable: **MARIA JARA P.**
 Laboratorio de Análisis Geoquímico
 INGEMMET

	FORMATO		Código : DL-F-164
	REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MINERALÓGICOS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS "X"		Versión : 00 Aprobado por : DL Fecha aprob. : 12 JUL. 2011 Página : 1 de 2

REPORTE N° 046-2011/DL/LRX			
SOLICITUD N°	016-2011-INGEMMET/DGAR	REFERENCIA	PROYECTO: GA11 (Proyecto (Millo))
ORDEN DE TRABAJO N°			
SOLICITADO POR	Fluquer Peña L.		
N° DE MUESTRAS	02		

TIPO DE ÁNODO	Cu		
DIFRACTOMETRO MARCA	SHIMADZU	MODELO	XRD -6000
ENERGIA	40 Kv, 30 mA		

ESTUDIO REALIZADO POR	Palermo Carrasco Guerrero	FECHA	22 de Agosto de 2011
-----------------------	---------------------------	-------	----------------------

RANGO DE BARRIDO (2θ)			
DE	2°	HASTA	70°

CODIGO DE MUESTRA		Chi-3 08-2011	
N°	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Cuarzo	SiO ₂	57.14
02	Albita	(Na,Ca)Al(Si,Al)3O ₈	26.08
03	Montmorillonita	Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .4H ₂ O	4.54
04	Ortoclasa	(K,Ba,Na)(Si,Al)4O ₈	2.83
05	Amorfo	-	2.04
06	Pirita	FeS ₂	1.70
07	Muscovita	(K,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3.1} Al _{0.9})O ₁₀ (OH) ₂	1.36
08	Augita	Ca(Fe,Mg)Si ₂ O ₆	1.25
09	Calcita	CaCO ₃	1.13
10	Hematita	Fe ₂ O ₃	1.02
11	Fresnoita	Ba ₂ TiSi ₂ O ₈	0.91

	FORMATO	Código : DL-F-164 Versión : 00 Aprobado por : DL
	REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MINERALÓGICOS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS "X"	Fecha aprob. : 12 JUL. 2011 Página : 2 de 2

CODIGO DE MUESTRA		Chi-1 08-2011	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Cuarzo	SiO ₂	43.07
02	Clorita	(Mg,Al) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	14.87
03	Amorfo	-	13.98
04	Albita	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	11.44
05	Montmorillonita	Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .4H ₂ O	8.89
06	Ortoclasa	(K,Ba,Na)(Si,Al) ₄ O ₈	3.30
07	Muscovita	(K,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3.1} Al _{0.9})O ₁₀ (OH) ₂	2.29
08	Pirita	FeS ₂	1.40
09	Calcita	CaCO ₃	0.76

OBSERVACIONES
Ninguna

VºBº DIRECTOR DE LABORATORIOS	FIRMA
	 Espec. PALERMO CARRASCO GUERRERO Laboratorio de Rayos X INGEMMET

ANÁLISIS POR METODO PIMA

SOLICITUD N° - 028-2011-DGAR

DIRECCIÓN DE LINEA : DGAR
 PROYECTO : PROYECTO MILLO
 RESPONSABLE : Flaquez Peña
 CANTIDAD Y TIPO DE MUESTRAS : 2 muestras pulverulentas
 APROBACIÓN POR AG :

Fecha envío : 28/09/2011
 Fecha de remisión: 05/10/2011
 FIRMA:
 FIRMA:

DIRECCIÓN SECRETARÍA DE LA DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA ECONOMICA, FECHA Y HORA

Muestra	Ubicación	Norte	Este	op	kal	n-al	ntct	pyr	dis	ka	dk	ll	sm	ser	jar	ca	chl	ep	sc	FOX	NH	Otros	ASOCIACION	ALTERACION	COD.	OBIS.
CHI-1		8386530	769482							1		1	3									sm(montmorilonita), kaol(halobita)	sm-Hall-III	Argílica	3	
CHI-3		8374708	727308							1			3									sm(montmorilonita), kaol(halobita)	sm Hall	Argílica	3	

Wladimir
 Ing. Msc. Geólogo

Estudiado por:

