

REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALURGICO

CONVENIO: INGEMMET - COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA -
PROYECTO FORTALECIMIENTO INTEGRAL DEL TURISMO EN EL PERÚ
FIT-PERÚ (MINCETUR-AECI)

INFORME TÉCNICO
Geología Ambiental

ESTUDIO GEOLÓGICO Y AMBIENTAL

TERMALES DEL COMPLEJO TURISTICO BAÑOS
DEL INCA Y ALREDEDORES

(DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA)

 **INGEMMET**

Lima - Perú
Noviembre - 2003

REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALURGICO

CONVENIO: INGEMMET - COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA -
PROYECTO FORTALECIMIENTO INTEGRAL DEL TURISMO EN EL PERÚ
FIT-PERÚ (MINCETUR-AECI)

INFORME TÉCNICO
Geología Ambiental

ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL

TERMALES DEL COMPLEJO TURISTICO BAÑOS

DEL INCA Y ALREDEDORES

(DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA)

 **INGEMMET**

Lima - Perú
Noviembre - 2003

SUMARIO

Introducción

1.- Antecedentes

2.- Objetivos

3.- Ubicación del Área de Estudio

4. – Clima y Vegetación

5. - Geomorfología

6. - Geología

6.1. - Rocas Sedimentarias

6.2. - Rocas Intrusivas

6.3. - Estructuras

7. – Geoquímica de la Aguas

7.1. -Localización de las Fuentes Termales y Frías

7.2. - Muestreo y Análisis de Aguas y Sedimentos

7.2.1 Muestreo

7.2.2 Análisis de Laboratorio

7.3.- Características Físico- Químicas

7.3.1 Características Físicas

7.3.2 Características Químicas

7.4.- Análisis e Interpretación de Aguas

7.4.1 Tipo de Familia

7.4.2 Diagrama Logarítmico de Potabilidad

7.5.- Geotermometría

7.6.- Efectos Medicinales de las Aguas Termales

8.-Geoquímica de las Precipitaciones de las Fuentes Termales

9. - Prospección Geofísica

9.1. - Métodos Aplicados

9.2. - Resultados e Interpretación

10. – Recurso Geotérmico

10.1.- Origen de las Aguas Termales

10.2. - Fuente de Calor del Sistema Geotérmico

10.3. - Reservorio Geotérmico

10.4. - Esquema del Modelo Geotérmico

11. - Conclusiones y Recomendaciones

PARTICIPANTES

Ing. Antonio Guzmán Martínez

Ing. Guillermo Díaz Huayna

Ing. Walter Pari Pinto

Ing. Julius Benavides Valdivia

Introducción

1.- Antecedentes

El Estudio hidrogeológico del complejo turístico de Baños del Inca y alrededores se ha efectuado con la finalidad de determinar los recursos hidrotermales que se localizan en el área y analizar su posible uso, si en un futuro se deciden ampliar las instalaciones del complejo

El Convenio que ha motivado el presente estudio fue firmado entre Ingemmet, el viceministro de turismo del Mincetur, el complejo turístico Baños del Inca, contando con el apoyo económico de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

Los trabajos realizados nos han permitido determinar la presencia de aguas termales con una temperatura de hasta 71°C, tanto en el sector de Baños del Inca como de Laguna Seca, siguiendo un alineamiento de dirección NO-SE que forma una franja limitada a sus costados por aguas frías. Las aguas termales son en su mayoría Cloruradas – Sódicas de origen profundo que se combinan con aguas provenientes de acuíferos superficiales antes de salir a superficie.

En el área se ha determinado la presencia de aguas termales en volúmenes suficientes en caso en un futuro se decidan explotarlo mediante la perforación de pozos de aguas profundas.

2. - Objetivos.

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- Establecer el origen de las aguas termales si son de origen profundo o superficial.
- Realizar un estudio estratigráfico con la finalidad de determinar la existencia de un reservorio geotérmico de permeabilidad primaria o secundaria (fractura)
- Establecer el patrón estructural que puede haber ayudado a definir el régimen hidrogeológico de las aguas termales en superficie.
- Realizar un muestreo y análisis de aguas termales y frías que permitan establecer si son de régimen profundo o superficial
- Realizar estudios de Prospección geofísica (resistividad, sísmica y refracción), que permitan por un lado establecer la presencia de acuíferos no muy profundos en la cobertura aluvial y conocer en profundidad la presencia de rocas afectadas por fallas que estén asociado con la posible emergencia de las aguas termales.

3. - Ubicación del área de Estudio

El área de estudio se localiza al SE de la ciudad de Cajamarca situada a una altitud de 2750 msnm ; específicamente en la localidad denominada Baños del Inca (Fig. N° 1), entre las coordenadas:

N 9208500
E 781500

La accesibilidad a la zona de estudio desde Lima es través de la carretera Panamericana Norte hasta ciudad de Dios (Prov. De Pacasmayo), para continuar luego a la ciudad de Cajamarca.

4.- Clima y Vegetación

El clima de la zona presenta dos estaciones, una lluviosa entre los meses de diciembre a marzo y otra relativamente seca de abril a noviembre,, sin embargo se puede dar ciclos con varios años de sequía o de abundantes precipitaciones que ocasionan problemas para la agricultura, ganadería y que incluso llega afectar la economía de la región.

El valle de Cajamarca por presentar un clima templado, favorece el cultivo de papa, trigo, cebada, alfalfa, lo cual a su vez permite la crianza de ganado vacuno.

5.-Geomorfología

Las unidades geomorfológicas reconocidas en el área de estudio son:

a) Superficies de erosión

Se puede apreciar superficies de erosión en forma escalonada que sugiere intermitentes periodos de estabilidad y ascensión rápida de la región relacionada con el levantamiento de los andes

b) Valle de Cajamarca

La particularidad de este valle es que tiene un control estructural y corresponde a una depresión tectónica (Foto N° 1), y parte del cauce del río se ha labrado a lo largo de fallas longitudinales o pliegues paralelos.

6. -Geología

6.1 Rocas Sedimentarias (Estratigrafía)

En el área de estudio se exponen buenos afloramientos de rocas de edad cretácica (ver mapa geológico), predominando las rocas clásticas en la parte inferior y calcáreas en la parte superior. El objetivo de determinar la estratigrafía en el área de estudio es verificar que rocas pueden actuar como un reservorio geotérmico para las aguas termales:



FOTO N°1: Vista panorámica del valle de Cajamarca que corresponde a una depresión Tectónica, en primer plano se aprecia la localidad de Baños del Inca y al fondo la ciudad de Cajamarca.

Formación Chimú

En el área de estudio esta formación constituye la roca basamento, litológicamente esta constituido de una alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas en la parte inferior y hacia los niveles superiores bancos gruesos de cuarcitas, las cuales se presentan muy fracturadas.

Formación Santa

Evidencias de afloramientos directos sobre el terreno en la zona de estudio no se tiene, pero se ha observado en el campo deportivo cerca a un ojo de agua la presencia de una caliza gris recristalizada que podría corresponder a la Formación Santa que estaría aflorando por efecto de una falla inversa

Afloramientos visibles se tiene al sur de Cajamarca cerca de la localidad Cruz Blanca, esta constituido de calizas margosas que intercalan con lutitas gris oscuras y areniscas gris oscuras, tienen un grosor de 80 a 150 m.

Formación Carhuaz

Los mejores afloramientos se observan a través de la carretera que va con dirección a Shaullo Grande dichos afloramientos forman parte del núcleo de un anticlinal erosionado (anticlinal Baños del Inca), que al proyectarlos al área de interés deben estar debajo de la cobertura aluvial.

Esta formación está constituida de areniscas que presentan matices rojizos violáceos y verdosos (Foto N° 2), dichas características permiten reconocerla en el campo, alternan con lutitas grises. En la parte superior se tiene capas de areniscas blancas que intercalan con lutitas y bancos de cuarcitas blancas(Foto N° 3), bastante fracturadas.

Formación Farrat

En la zona de Baños del Inca, se encuentra conformando los flancos del anticlinal de Baños del Inca. Litologicamente se tiene niveles de cuarcita con mayor predominio de areniscas blancas de grano a medio a grueso y en cierto lugares se pueden apreciar estratificación cruzada.

Formación Inca

Esta formación se observa en el trayecto de Baños a la localidad de Puyllucana (noreste), se caracteriza por la intercalación de areniscas calcáreas y lutitas ferruginosas y delgados niveles de cuarcita, que por efecto del intemperismo presenta en superficie un color amarillo – anaranjado.



FOTO N°2: En el primer plano se observa los núcleos de arenisca con intercalaciones de lutitas de la Formación Carhuáz y al fondo los bancos de areniscas de la Fm. Farrat



FOTO N°3 : Estratos de areniscas de la Fm. Farrat muy fracturada que favorece a filtración de aguas meteóricas.

Formación Chulec

Esta formación es fácil de distinguirla en el campo, debido a que el intemperismo en superficie presenta un color crema-amarillento y está constituido por calizas arenosas, lutitas y margas; son bastante fosilíferas.

Formación Pariatambo

Consiste de una alternancia de lutitas con delgados niveles de calizas bituminosas y negruzcas que al fracturarlas tienen un olor fétido.

Formación Yumagual

Esta formación se expone al noreste de Baños por la margen izquierda del río Chonta a la altura de Tartar donde aflora unas secuencias de margas y calizas gris parduscas.

Formación Mujarrum y Grupo Quilquiñan.

Se ha agrupado bajo esta denominación a una secuencia de calizas nodulares que intercalan con margas y lutitas que corresponde a los niveles inferiores y hacia los niveles superiores se tiene bancos de calizas, limolitas y margas con abundantes fósiles

Formación Cajamarca

Consiste de gruesos bancos de calizas gris oscuras o azuladas macizas con delgados niveles de lutitas y margas

Formación Celendin

Esta unidad generalmente se le encuentra en el núcleo de los sinclinales y consiste de una alternancia de lutitas, margas y calizas delgadas de colores claros, que por intemperismo presenta un color amarillo o crema

6.2. - ROCAS IGNEAS

PALEÓGENO

La presencia de rocas volcánicas asignadas al volcánico Huambos y al grupo Calipuy como resultado de una actividad explosiva, está presente al noreste y suroeste de la ciudad de Cajamarca. Dichos depósitos volcánicos de origen subaéreo se encuentran cubriendo a las rocas cretácicas:

Grupo Calipuy:

Volcánico San Pablo

Corresponde a los niveles superiores del grupo Calipuy, desde el punto de vista regional cubre grandes extensiones, pero para el área de estudio se puede apreciar una delgada franja al sur de Cajamarca, que cubre en discordancia angular a las rocas cretácicas. Corresponde a una secuencia de aglomerados, brechas y piroclásticos.

Volcánico Huambos

Esta secuencia volcánica aflora al suroeste y noreste de Cajamarca y se encuentra cubriendo en discordancia angular a las rocas cretácicas. Se caracteriza por la presencia de tobas andesíticas y traquíticas, de color blanco amarillento. La edad de estas rocas se considera de edad Mio – Plioceno debido a que se ha emplazado sobre una superficie considerada de edad oligo-miocénica.

Depósitos Recientes

Los depósitos recientes que se localizan entre Cajamarca y los Baños del Inca (cuenca interandina), corresponden a materiales lacustres y aluviales que involucra a todos los materiales depositados subhorizontalmente u horizontalmente, constituidos por material arenoso arcilloso que intercalan con lentes de gravas y conglomerados.

6.3- Estructuras

Desde el punto de vista estructural a nivel regional se puede ver que la zona comprendida entre Cajamarca y Baños del Inca corresponde a una zona de pliegues que alcanza una longitud de hasta 80 Kms, que se ven afectados por fallas de alto ángulo como resultado de un plegamiento por deformación de flanco, las fallas siguen la misma tendencia de los pliegues, es decir, son de dirección andina.

Anticlinal de Baños del Inca

Esta estructura es el resultado de un Plegamiento Flexural de tipo por deformación de Flanco. Las rocas que conforman la parte superior de la estructura son de la formación Farrat que se localiza en los flancos y corresponde a una secuencia de areniscas cuarzosa blanquecinas que presenta buena permeabilidad primaria acompañada por una secundaria de fractura. Infrayaciendo a las areniscas se tiene a la Formación Carhuaz constituida por areniscas abigarradas con intercalación de delgados niveles de lutitas y niveles de cuarcita. (Foto N° 4). Hacia los niveles inferiores debe estar presente la formación Santa constituido de calizas y finalmente infrayaciendo a las calizas se tiene la secuencia areniscas y cuarcitas de la formación Chimú, un análisis de sus características físicas de esta unidad es que las areniscas presentan



FOTO N°4: Anticlinal de Baños del Inca donde se puede apreciar en los flancos la Fm. Farrat sobre la Fm. Carhuaz en la parte Central del Anticlinal Erosionado.

buena permeabilidad y las cuarcitas por fracturamiento, por tal motivo podría actuar como un reservorio para las aguas termales.

Fallamiento

Se puede observar que la mayoría de los pliegues están afectados por fallas casi paralelas al eje de los pliegues originados como se mencionó líneas arriba en el plegamiento por deformación de flanco

.Dichas fallas en un primer momento son del tipo inverso y posteriormente son de movimiento normal, que incluso deben haber afectado a los depósitos recientes, que es el caso para el área de Baños del Inca (Perolitos) y el Tragadero donde la emergencia de las aguas termales siguen una dirección NW-SE que indicaría un control estructural como resultado de una actividad reciente, de no ser así la emergencia de las aguas termales sería muy difusas en el área de estudio

7.- Geoquímica de las Aguas

7.1.- Localización de las Fuentes Termales y frías

Las aguas termales afloran al SE de la ciudad de Cajamarca en la localidad de Baños del Inca en el lugar denominado Perolitos y Laguna Seca, en dichos lugares emergen varios puntos de aguas caliente y muy cercano a ellos se tiene la presencia de aguas frías (Foto N°5)

7.2.- Muestreo y análisis de aguas y sedimentos

7.2.1 Muestreo

Se tomaron en total 38 muestras de agua, correspondiente a 15 puntos de muestreo. Se recolectaron muestras en botellas de polietileno de 1 litro y ½ litro, siguiendo las recomendaciones de la **Organización Mundial de la Salud (OMS)** de la siguiente forma:

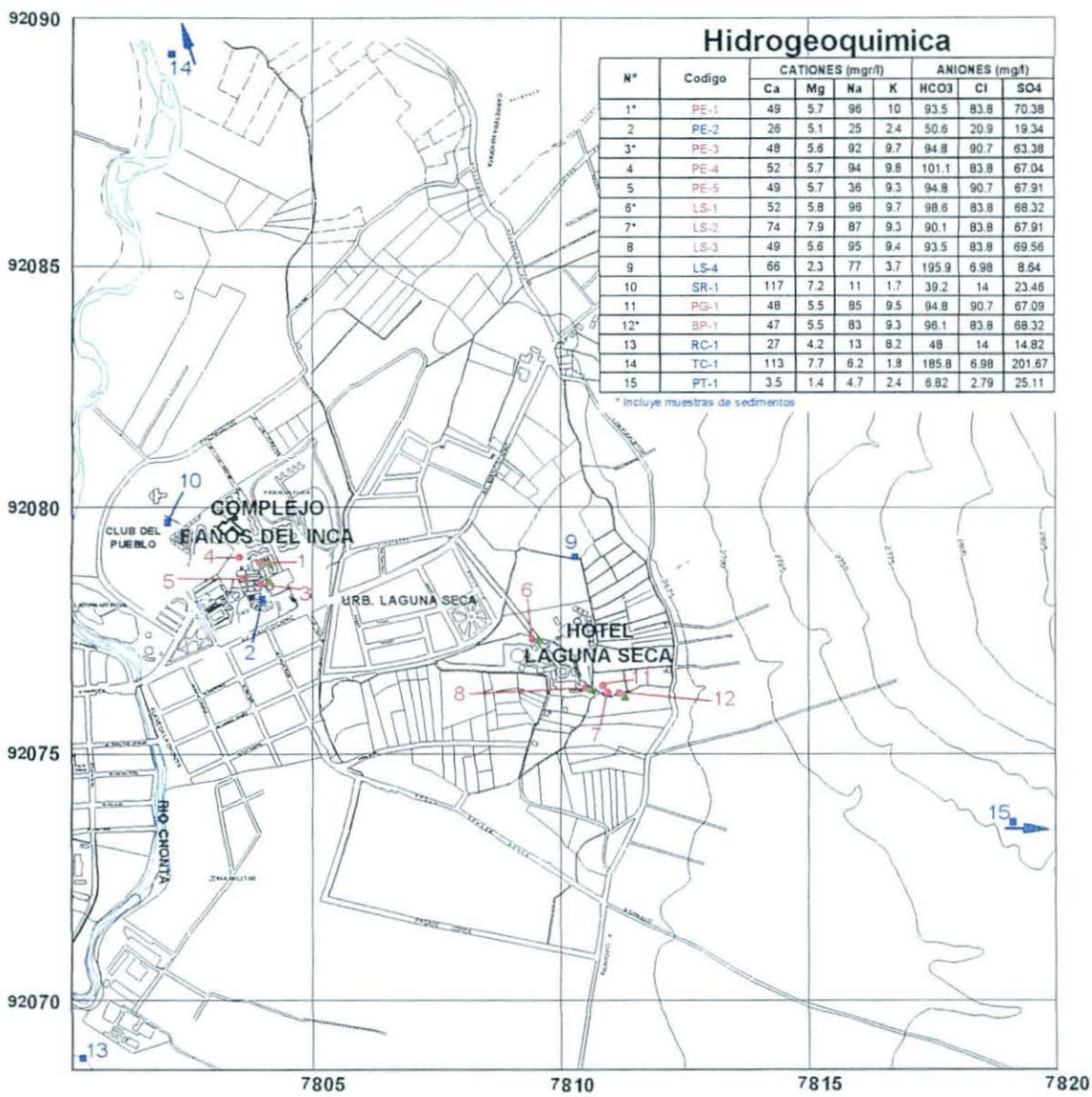
- 1 litro para cationes, acidificando con HNO_3 para su preservación.
- 1 litro para aniones.
- ½ litro para SiO_2 , diluyendo con agua destilada en proporción 1:1 (sólo en aguas termales).

Cada muestra fue codificada, registrándose: coordenadas UTM medidas con GPS (Fig.N° 2), altitud, fecha y hora de muestreo (Cuadro N° 1). Asimismo, se midió en cada estación el pH, la temperatura y la conductividad eléctrica con ayuda de equipos portátiles.

Las fuentes de aguas termales y frías muestreadas en la localidad de Baños del Inca se presentan incoloras, inodoras e insípidas.



FOTO N° 5: Vista panorámica de las fuentes termales denominados Los Perolitos (Baños del Inca).



LEYENDA

- PUNTO DE MUESTREO - MANANTIAL TERMAL
- PUNTO DE MUESTREO - MANANTIAL FRÍO
- ▲ PUNTO DE MUESTREO - SEDIMENTO

PLANO DE PUNTOS DE MUESTREO
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LOS BAÑOS DEL INCA
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO
INGEMMET
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL

FIGURA N° 2

Para su análisis geoquímico se extrajeron 6 muestras de sedimentos asociados a los flujos termales, las cuales también fueron codificadas y registradas ver Cuadro N° 2

7.2.2 Análisis de laboratorio

Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio de aguas y sedimentos del Ingemmet, realizándose ensayos químicos para determinar los cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, estroncio, bario y litio; Aniones: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos y metales pesados: cobre, plomo, zinc, hierro, arsénico, manganeso y mercurio; SiO₂. Además pH, Total Sólidos Disueltos (TSD) y Conductividad Eléctrica. Los resultados de los análisis se presentan en el Cuadro N° 3.

Las muestras de sedimentos extraídas de las fuentes termales fueron analizadas por plomo, zinc, cobre, oro, plata, litio, estroncio, arsénico, mercurio, hierro, manganeso y aluminio. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 4.

7.3.- Características físico-químicas de las aguas

Con el fin de determinar la calidad de las aguas del área de estudio, se ha efectuado toma de muestras y ensayos de laboratorio que nos permiten decidir si un agua es de una calidad deseable para un propósito particular, su calidad debe ser especificada en términos de uso.

En la zona de estudio, las aguas termales son usadas principalmente como recreativas de contacto primario (baños y similares) y los manantiales de aguas frías son de uso doméstico y agropecuario.

La composición físico-química de las muestras de aguas analizadas se presentan en el Cuadro N° 3.

7.3.1 Características Físicas

pH

Los valores de pH para las aguas de la zona de estudio se encuentran dentro de un rango de 5.5 a 8.0, correspondiendo a las aguas termales valores ligeramente ácidos, que fluctúan entre 6.1 y 6.9, mientras tanto, los manantiales de agua frías ubicados cerca al río Chonta fluctúan entre 6.5 y 8.0 excepto en la zona de Shaullo Chico donde se registró un valor de 5.5.

Temperatura

La temperatura de las aguas termales que bordean los 71-70°C, detectándose que en ciertos lugares muy próximos a las fuentes decrece considerablemente, llegando a valores de 35°C, lo cual permite la

subsistencia de plantas acuáticas y pequeños peces y esto es debido a la presencia de acuíferos superficiales que se interponen en el trayecto del ascenso de las aguas termales, el cual se realiza a través de fallas, fracturas o formaciones permeables y que antes de llegar a la superficie se produce un proceso de interacción de ambas aguas. La temperatura del agua del acuífero superficial bordea se ha registrado con valores entre 16°C y 23°C.

El plano de isotermas (Fig.Nº 3), muestra curvas cada 5°C, mostrando claramente la diferencia de temperaturas entre las aguas termales y el acuífero superficial, así como la interacción existente entre ambos.

Conductividad eléctrica

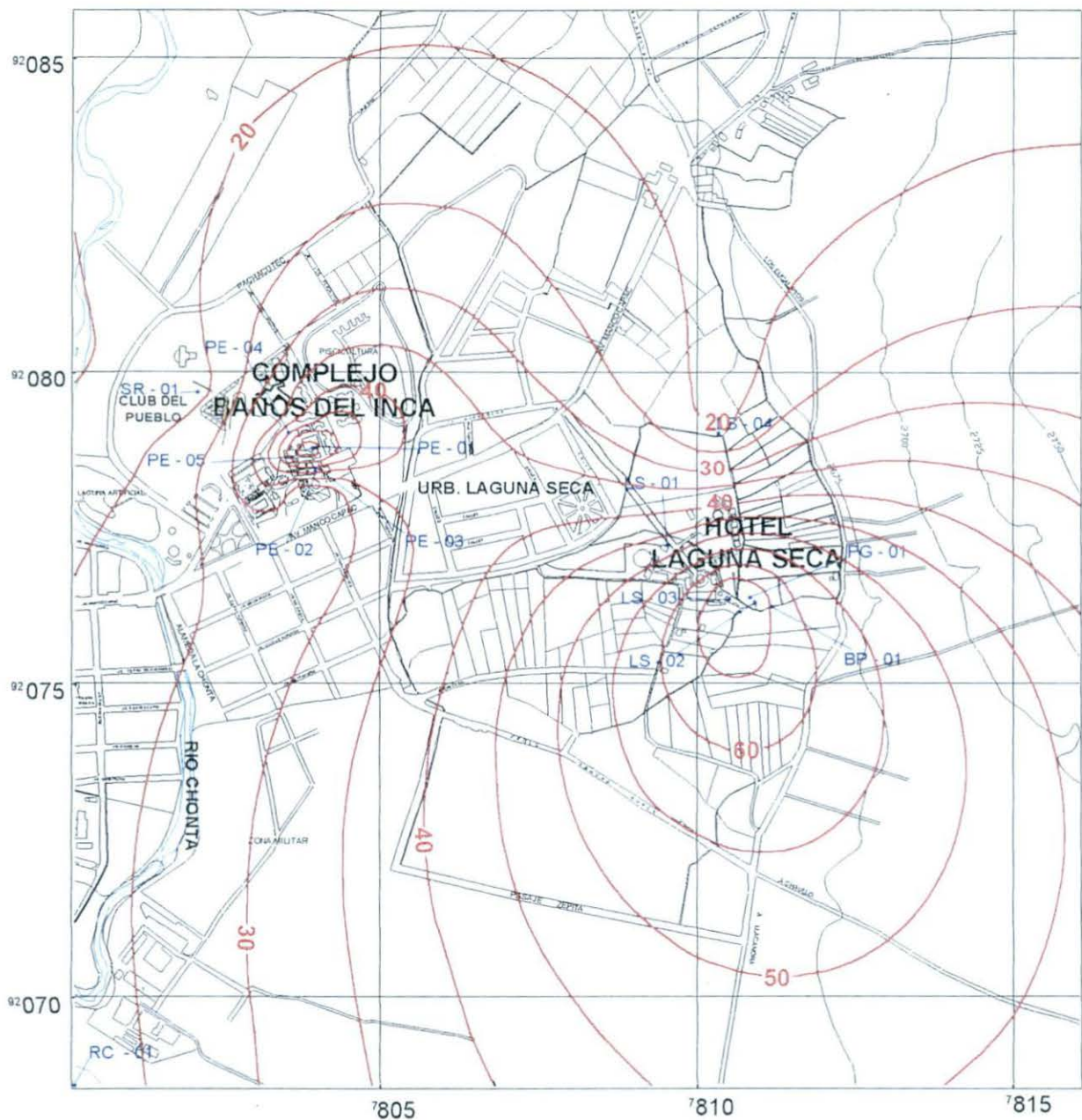
Los resultados indican que la CE de las aguas muestreadas varían entre 263 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 781 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo estos valores bajos, que indican que las aguas presentan bajo contenido de sales disueltas. Aunque los valores promedio para aguas potables deben fluctuar entre 50 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no existen restricción debido al uso de las aguas de la zona de estudio (solo las aguas termales).

Cabe destacar, que los valores de CE de las aguas termales son mayores que en las aguas frías, esto es debido principalmente a la mayor presencia del ion **Cloruro** en las primeras, los cuales son mejores conductores eléctricos que otros aniones. Otro dato importante es la temperatura elevada, que permite que los iones se muevan mas rápido y así conducir mas electricidad (la conductividad varia de 1 a 4% por cada °C).

En el plano de isoconductividad (Fig. Nº 4), representa la conductividad eléctrica en intervalos de 0.05 mS/cm, se observan que en los sectores de emanación de agua termal, los valores son mayores, decreciendo en forma radial, donde se encuentra el acuífero superficial de agua fría, llegando a tener valores casi nulos de conductividad si nos alejamos de los lugares de afloramiento (la muestra PT-1 contiene 0.05 mS/cm).

7.3.2.- Características Química

Para determinar la calidad del agua, se ha empleado: (a) la tabla de la **Organización Mundial de la Salud (OMS)**, la que emplea valores máximos para determinar si el agua presenta elementos que podrían ser perjudiciales y/o tóxicos para el consumo humano (b) **Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC-INDECOPI 1987)**, normas peruanas donde se dan valores máximos recomendables y admisibles que debe tener el agua para su consumo y (c) **Ley General de Aguas (DS N 261-69 AP, Art. 81 / Clase IV)** donde se incluye a las aguas termales como aguas de zonas recreativas de contacto primario. Los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio se presentan en el Cuadro Nº 3 y en el se efectúa una comparación con los valores permisibles de estos organismos.



LEYENDA

— 30 — CURVA DE ISOCONDUCTIVIDAD EN °C

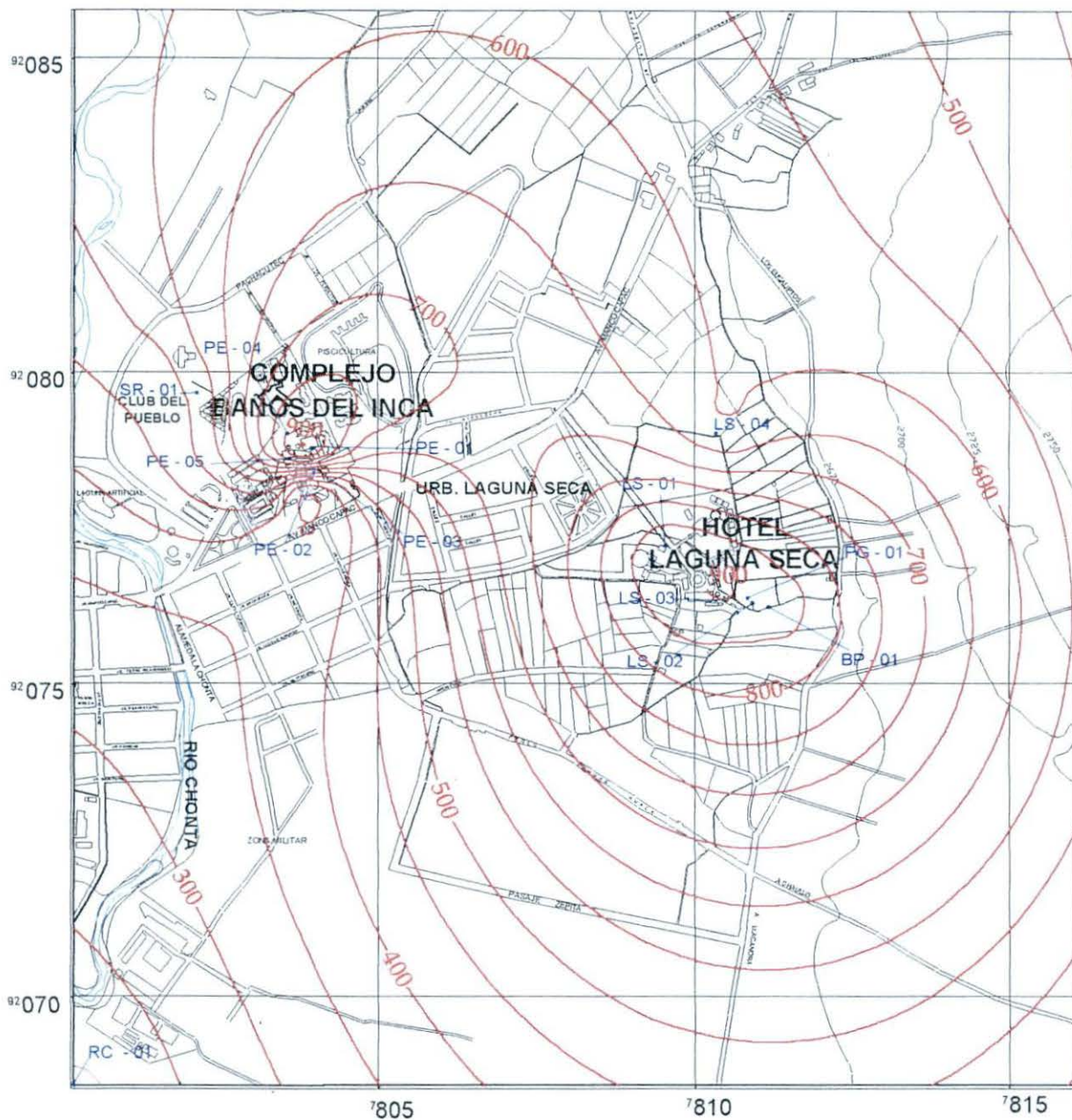
• SR - 01 PUNTO DE MUESTREO

PLANO DE ISOTERMAS
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LOS BAÑOS DEL INCA

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO
INGEMMET
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL



FIGURA N° 3



LEYENDA

— 0.50 — CURVA DE ISOCONDUCTIVIDAD EN $\mu\text{S}/\text{cm}$

• SR - 01 PUNTO DE MUESTREO

PLANO DE ISOCONDUCTIVIDAD
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO
DE LOS BAÑOS DEL INCA

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO
INGEMMET
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL



FIGURA N° 4

Las aguas termales del área de Baños del Inca, presentan en general características químicas **buenas**, a excepción de valores altos a los permisibles en Manganeseo, que no constituye peligro al no ser su uso para consumo humano.

Con respecto a los manantiales de agua fría, considerando que algunos son de consumo humano, además de valores elevados en manganeso, la muestra de agua SR-1 que se localiza en Complejo del Instituto Peruano del Deporte y en la TC-1 de Tartar Chico presentan valores de calcio ligeramente elevados (presencia de calizas) y la muestra del pozo LS-4 del Hotel Laguna Seca que presenta concentraciones de bario por encima de los valores permisibles.

7.4.- Análisis e interpretación del agua

7.4.1 Tipo de Familia

Para la clasificación de las aguas termales y frías de la zona se ha empleado el triangulo de Piper (Figura N° 5), de su interpretación en función de los cationes y aniones dominantes (meq/l), en las aguas termales encontramos que el catión predominante es el Sodio, seguido del Calcio y valores bajos de Magnesio, en cuanto a los aniones, los cloruros dominan sobre los bicarbonatos y estos ligeramente sobre los sulfatos. Por ende se clasifica a las aguas termales como **Cloruradas Sódicas** presentándose lugares con notoria interacción de las aguas termales con agua subterránea superficial, razón por la cual las aguas tienen tendencia a ser Cloruradas-Bicarbonatadas.

Las aguas de manantiales fríos, se clasifican en un 67% como **Bicarbonatadas Cálcicas-Sódicas** y el 33% restante en **Sulfatadas Cálcicas-Sódica**. Las aguas ubicadas cerca a las fuentes termales poseen características bicarbonatadas y a medida que se alejan, van incrementando su tenor de sulfatos, indicando que corresponde a acuíferos diferentes.

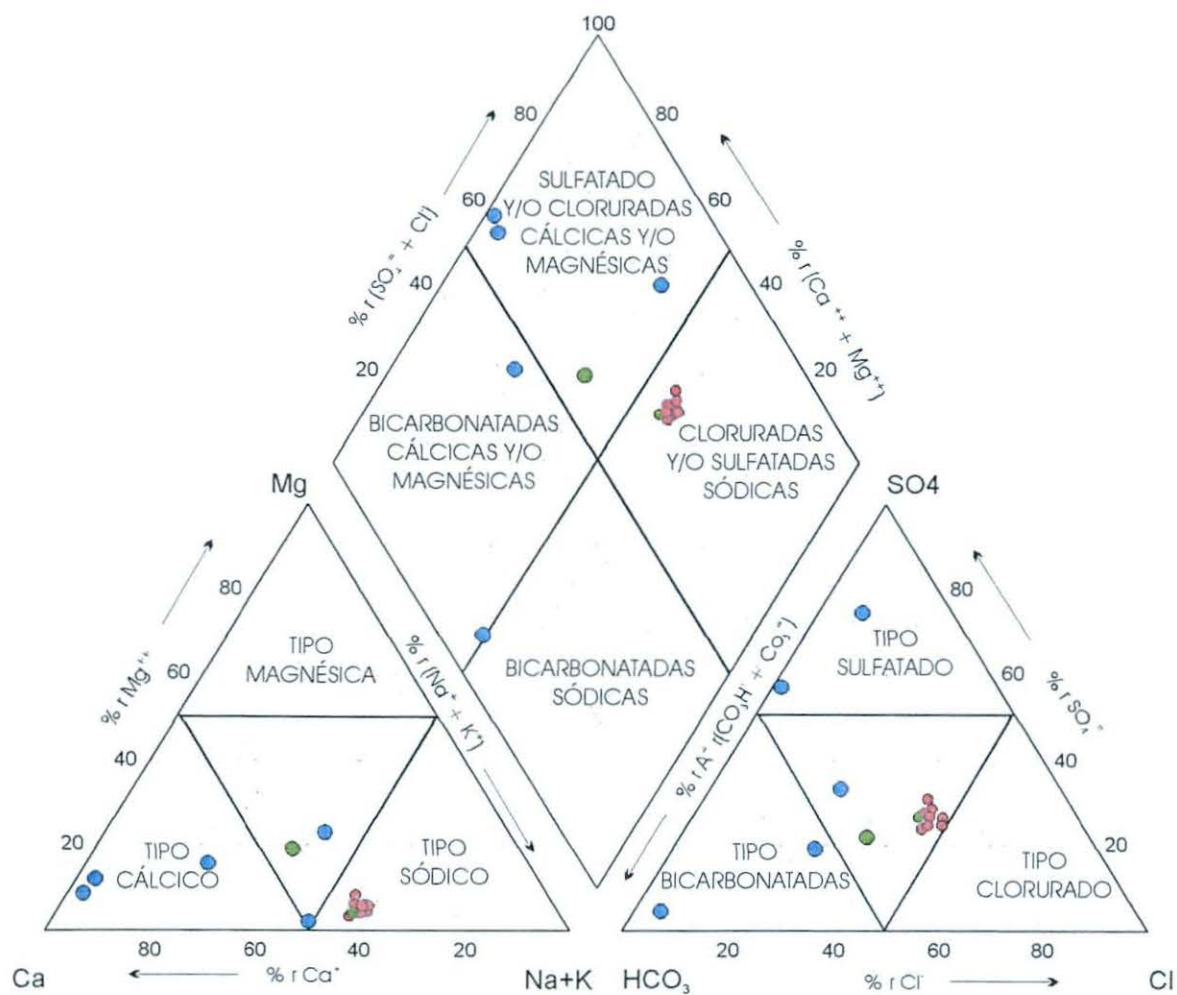
7.4.2 Diagrama logarítmico de potabilidad

A pesar de que el agua termal solo es utilizada como recreativa de contacto primario, de la interpretación del Diagrama de Potabilidad de Schoeller, se aprecia que la calidad de las aguas termales para consumo humano es en su mayoría **bueno** (Figuras N° 6), al igual que las aguas de los manantiales de agua fría (Figura N° 7), mostrando solo en la zona de Shaullo Chico problemas de acidez (pH 5.5).

7.5. Geotermometria

Cuando el agua termal proviene de un sistema hidrotermal acuoso profundo, el SiO_2 es el mejor indicador para temperaturas menores de 200°C , y la relación $r_{\text{Na}}/r_{\text{K}}$ es también útil, cuando se mantiene entre 20

DIAGRAMA DE PIPER AGUAS TERMALES Y AGUAS FRIAS



- AGUAS TERMALES
- AGUAS FRIAS
- INTERACCIÓN AGUAS TERMALES Y FRIAS

FIGURA N° 5

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER PARA LA POTABILIDAD DEL AGUA TERMAL- COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

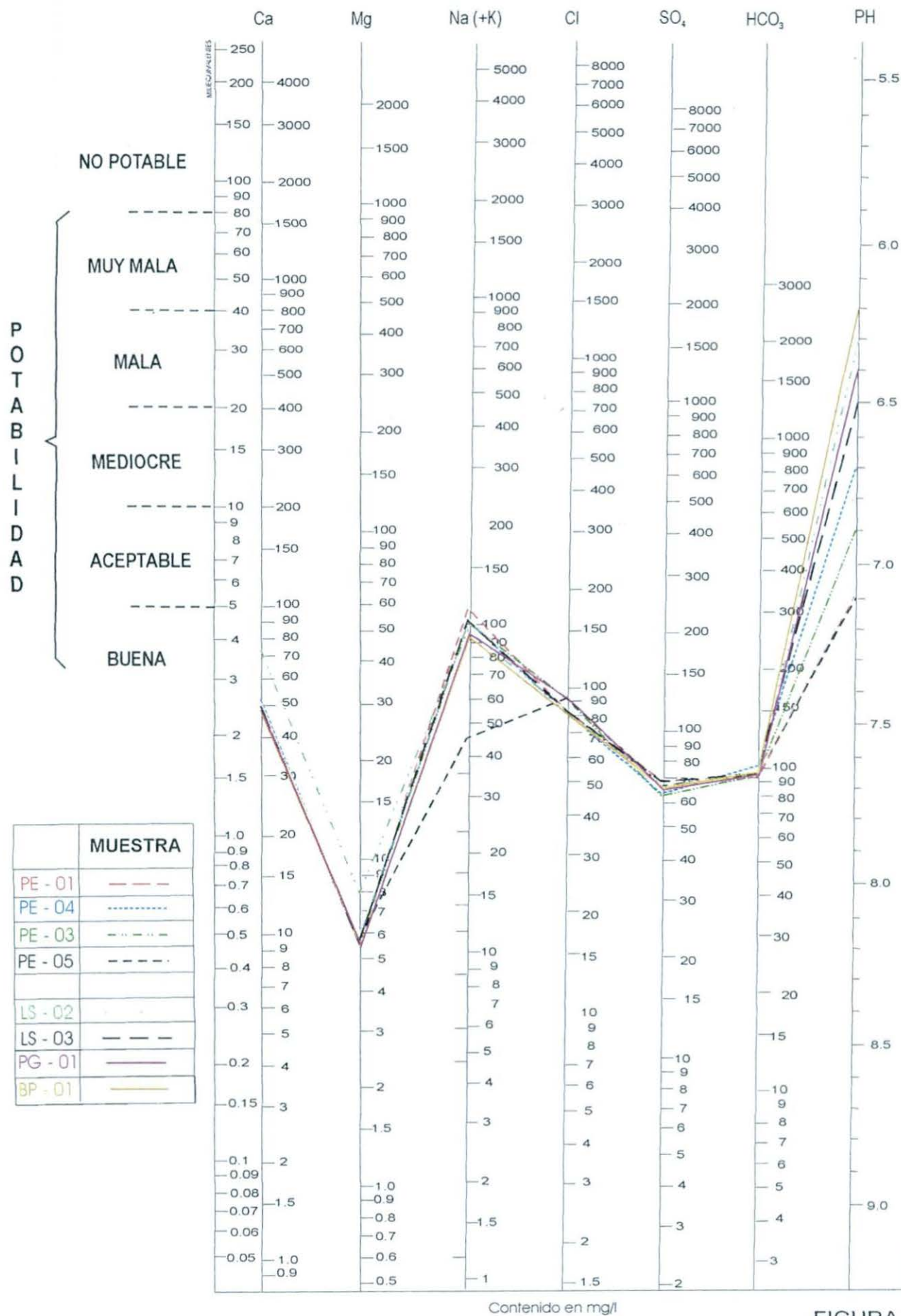
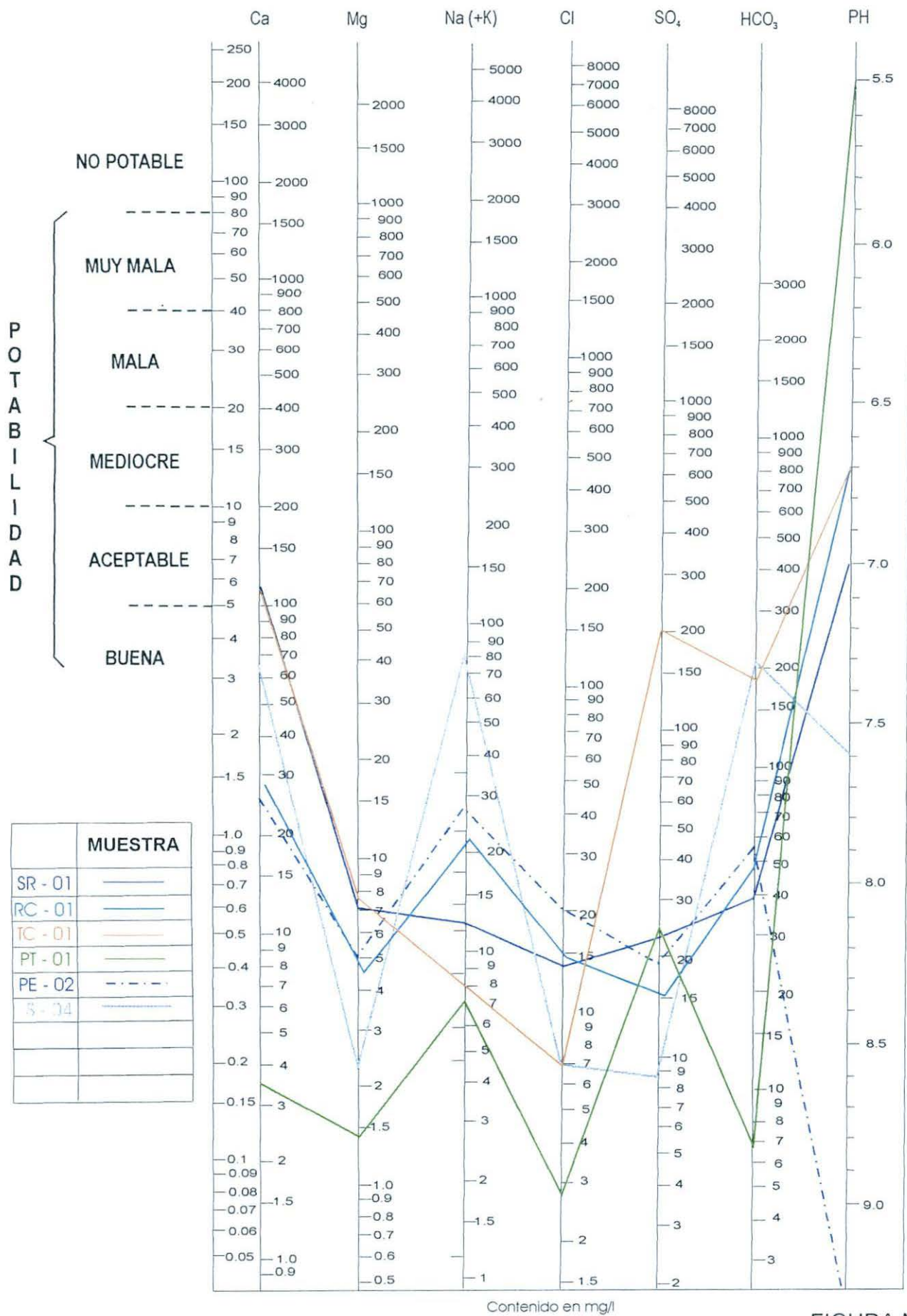


FIGURA N° 6

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER PARA LA POTABILIDAD DEL AGUA FRIA - COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA



	MUESTRA
SR - 01	————
RC - 01	————
TC - 01	————
PT - 01	————
PE - 02	- - - - -
S - 14	————

FIGURA N° 7

y 8 (ver tabla adjunta) y es más certera cuando las aguas termales presentan un pH neutro y no generan precipitados calcáreos.

Muestra	rNa/rK
PE-1	15.88
PE-3	15.69
PE-4	15.86
LS-1	16.37
LS-2	15.47
LS-3	16.71
SR-1	10.70
PG-1	14.80
BP-1	14.76

En el Cuadro N° 6, se muestra las temperaturas calculadas usando los geotermómetros químicos de la solubilidad del SiO₂ y de intercambio iónico tales como Na-K, Na-K-Ca y K-Mg. Considerando los resultados obtenidos, se encuentran similitudes entre los geotermómetros de sílice y K-Mg, donde se muestran temperaturas muy bajas, incluso algunas por debajo de la temperatura de surgencia, indicando que existen algunas anomalías en la cantidad de sílice presente en las muestras debido a la mezcla con aguas superficiales, mientras la geotermometría de Na-K, donde la **temperatura de la fuente se encuentra entre 190 a 200 °C**, sería un valor más cercano a la fuente de calor, que indica alta profundidad. Los resultados obtenidos del geotermómetro Na-K-Ca son excesivamente altos, siendo posible que la existencia del ión calcio se deba a la disolución de carbonatos, dando valores erráticos.

7.6 Efectos medicinales de las aguas termales

Las aguas termales de Baños del Inca son cloruradas de baja mineralización. Están indicadas en afecciones dermatológicas, aumentando las defensas de la piel. También tienen efecto antiinflamatorio debido a la presencia del sodio.

Su aplicación puede ser por vía oral, provocando estimulación gástrica y del peristaltismo intestinal, o por vía externa, indicadas en casos de estrés por su importante efecto sedante, disminución de la hipertonia muscular, aumento del flujo sanguíneo y como efecto analgésico y antiinflamatorio. También están indicadas para afecciones del aparato locomotor, como las contracturas musculares. Por último, este tipo de agua es estimulante de funciones orgánicas, endocrinas y metabólicas (Fuente: www.abalnearios.com).

8.- Geoquímica de las precipitaciones de las fuentes termales

Considerando, que los fluidos termales tienen un ascenso rápido a través de fallas y/o fracturas, la composición química del agua debe ser similar a la de la roca en profundidad.

Evaluando los datos del Cuadro N° 4, se puede observar que solo existen valores anómalos de mercurio, lo cual indicaría que las aguas transportan material asociado a posibles yacimientos mineralizados.

9.- Prospección Geofísica

9.1 Métodos aplicados

En el estudio geofísico se han aplicado los métodos de prospección geofísica: Resistividad Geoeléctrica, se ha efectuado 52 SEV, que han permitido conformar once secciones geoeléctricas descritas desde la A-A' a la K-K' (Cuadro N° 7) y Sísmica de Refracción constituido por 17 tendidos de líneas sísmicas, que conforman 17 secciones de la L1 a L17, (Cuadro N° 8) y (Foto N° 6 y 7). La ubicación de los Sondajes Eléctricos Verticales y las Líneas Sísmicas se muestran en las Figuras A y B respectivamente

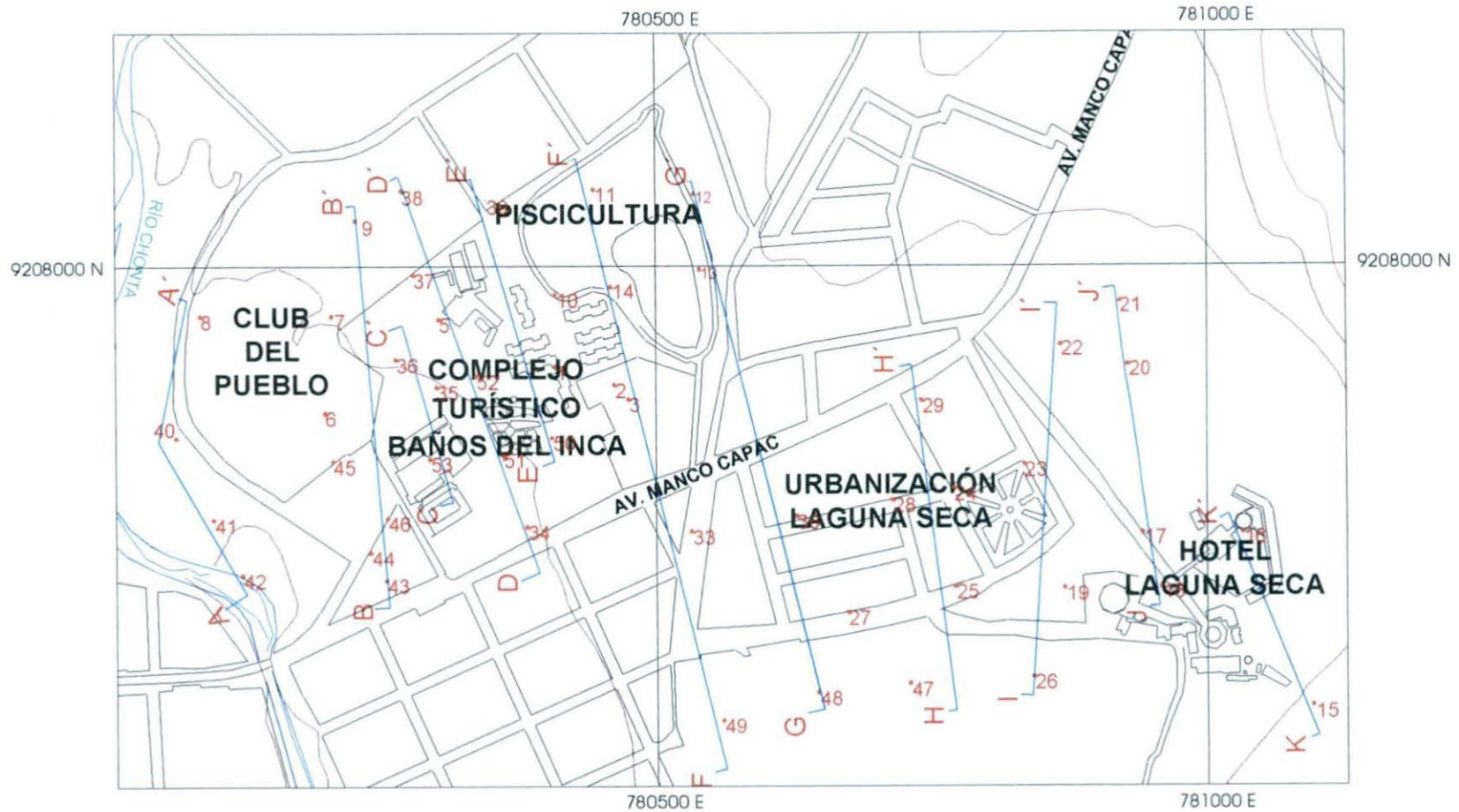
9.2 Resultados e interpretación

El análisis del comportamiento de las propiedades geoelectricas del subsuelo, nos han determinado tres capas: una Superior que se encuentra constituida por una capa superficial de material poco compacto (mayormente depósitos lagunares y fluviales), areno-arcilloso intercalado con lentes delgadas de gravas y conglomerados. El comportamiento resistivo varía relativamente de alto a moderado 21 a 78 ohmio-m.

La capa intermedia está constituida por depósitos cuaternarios recientes definida en dos subcapas la primera de resistividades muy bajas que correspondería al acuífero saturado de agua con alta temperatura, cuyos valores varían de 1 a 18 ohmio-m y otra subcapa corresponde al material muy compacto con resistividad que varia de 101 a 200 ohmio-m.

La capa inferior está definida por el Substratum rocoso, con resistividades mayores a 200 ohmio-m.

El análisis del Mapa de Contornos de Resistividades Aparentes para el nivel de profundidad 5 m, se ha determinado la continuidad del material muy permeable en los SEVs 50, 52 y 5, que corrobora lo que se ha determinado en los perfiles geoelectricos B-B', C-C', D-D' y E-E' (Lámina N°1) específicamente en los puntos de ensayo SEV 7, SEV36, SEV50, SEV7, SEV40, Y SEV42, anomalías que correspondería a un límite del material permeable, se muestra como una estructura elongada, con valores muy bajos y están relacionadas a material muy permeable



• 33 PUNTO DEL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)

~ RÍO CHONTA

↑ ↑ PERFIL GEOELÉCTRICO



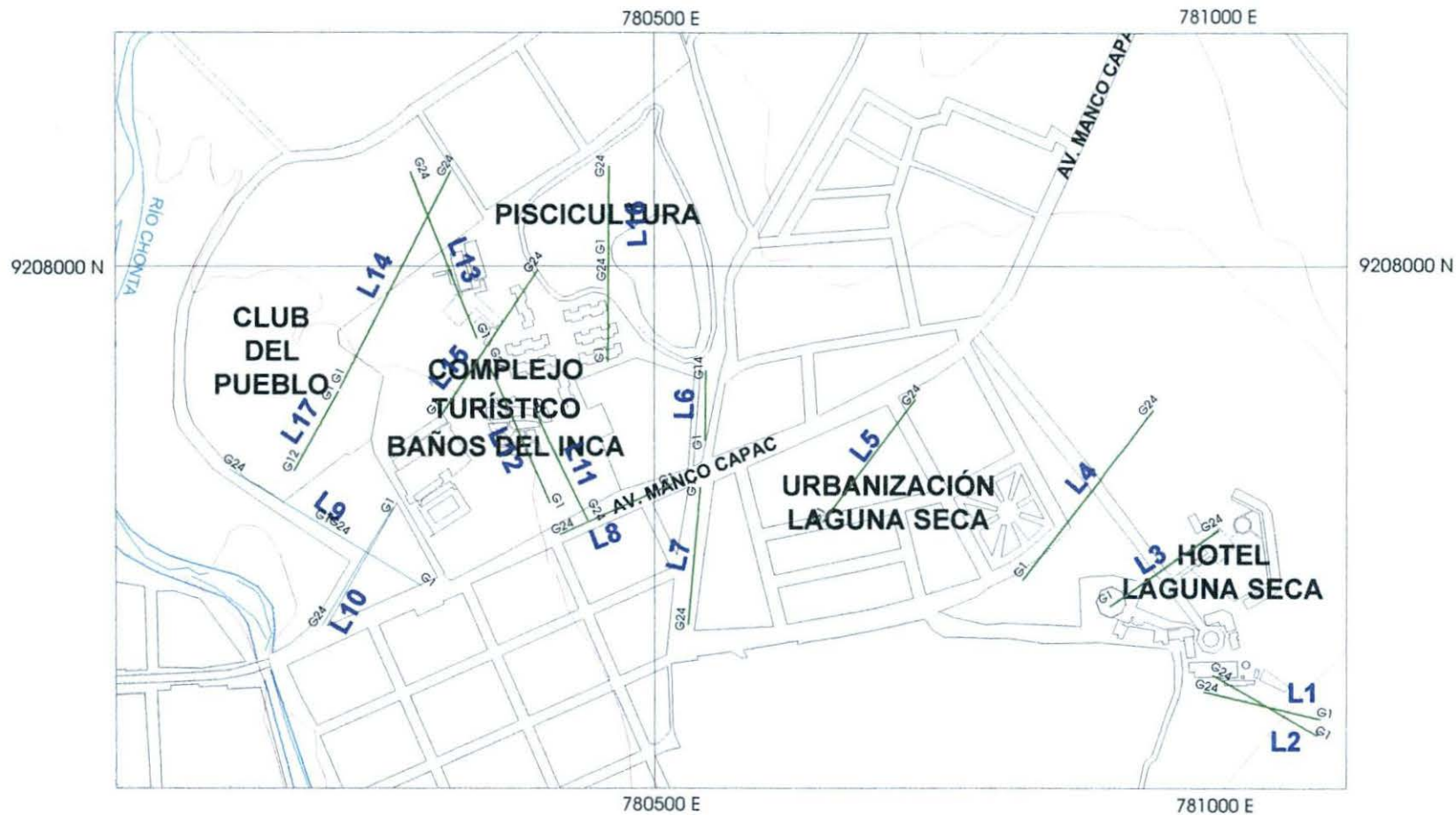
**PLANO DE UBICACION DE LOS SONDAJES
ELECTRICOS VERTICALES
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LOS BAÑOS DEL INCA**

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO

INGEMMET

DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL

FIG. N° A



- L1 TENDIDOS SÍSMICOS
- G24 GEÓFONOS
- RÍO CHONTA



PLANO DE UBICACION DE LAS LÍNEAS SÍSMICAS
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LOS BAÑOS DEL INCA
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO
INGEMMET
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL

FIG. N° B

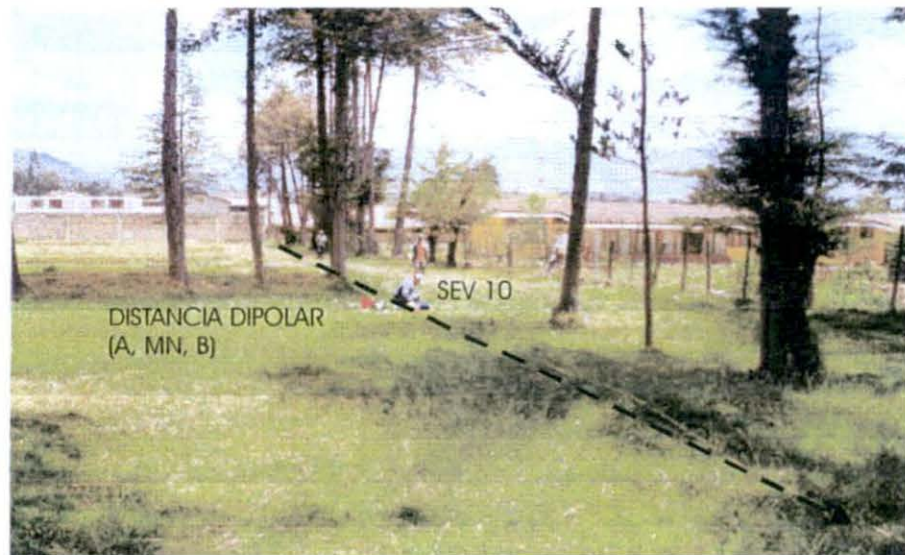


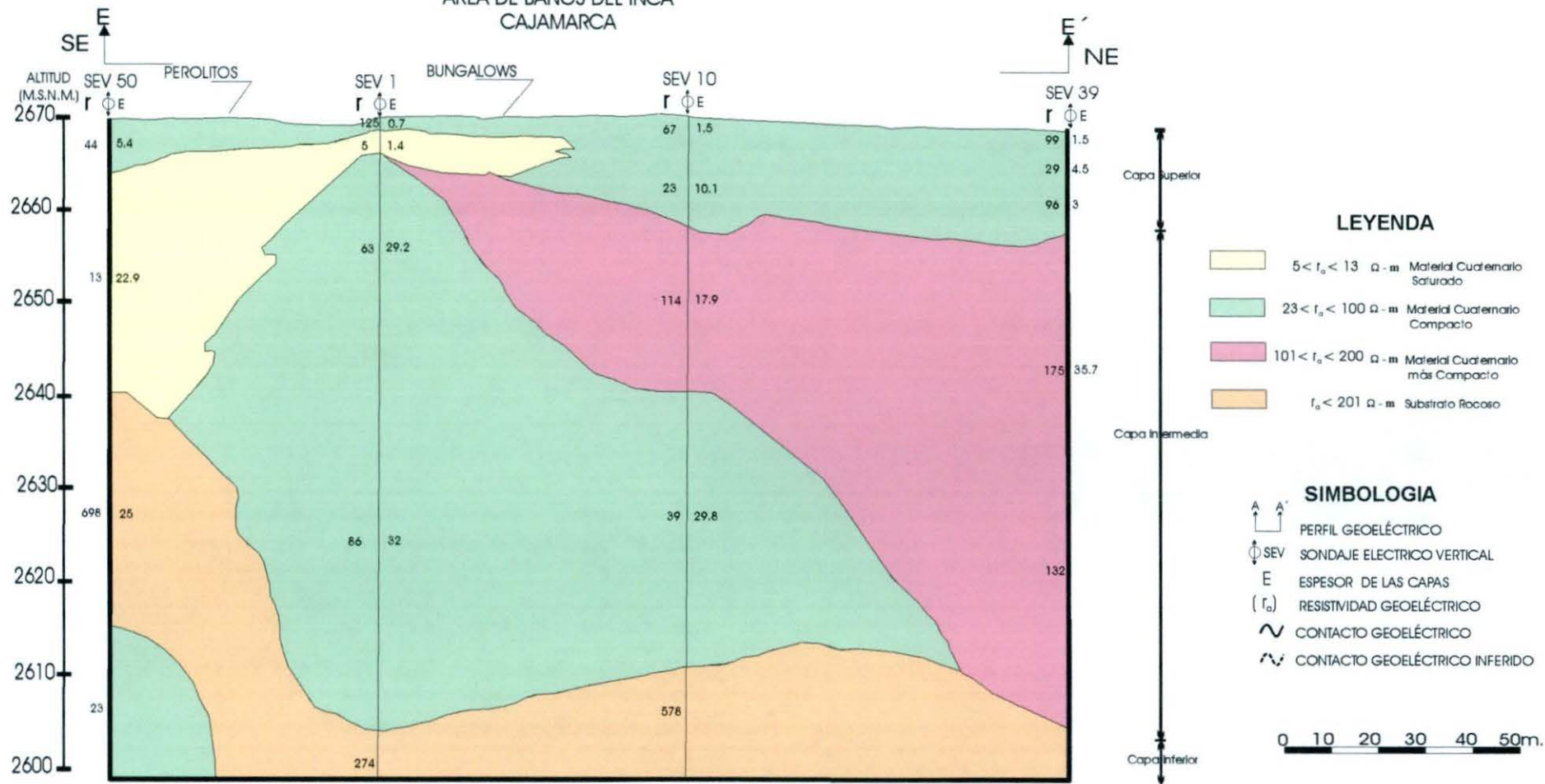
FOTO N° 6: Se observa hacia el Sur la dirección que toma el SEV 10 en el Secto del área de Piscicultura.



FOTO N° 7: Se observa la ubicación de un Tendido Sísmico L11 y el SEV 50 en el interior del Local de los Baños del Inca -Los Perolitos

PERFIL GEOELÉCTRICO E - E'

ÁREA DE BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA



saturados de agua muy probablemente termal y que merecen ser verificados, con fines de control litológico-geofísico.

La prospección sísmica de refracción nos ha permitido determinar el comportamiento elástico de las capas que se han depositado en el área del Complejo Turístico Baños del Inca y alrededores, han mostrado velocidades que varían desde:

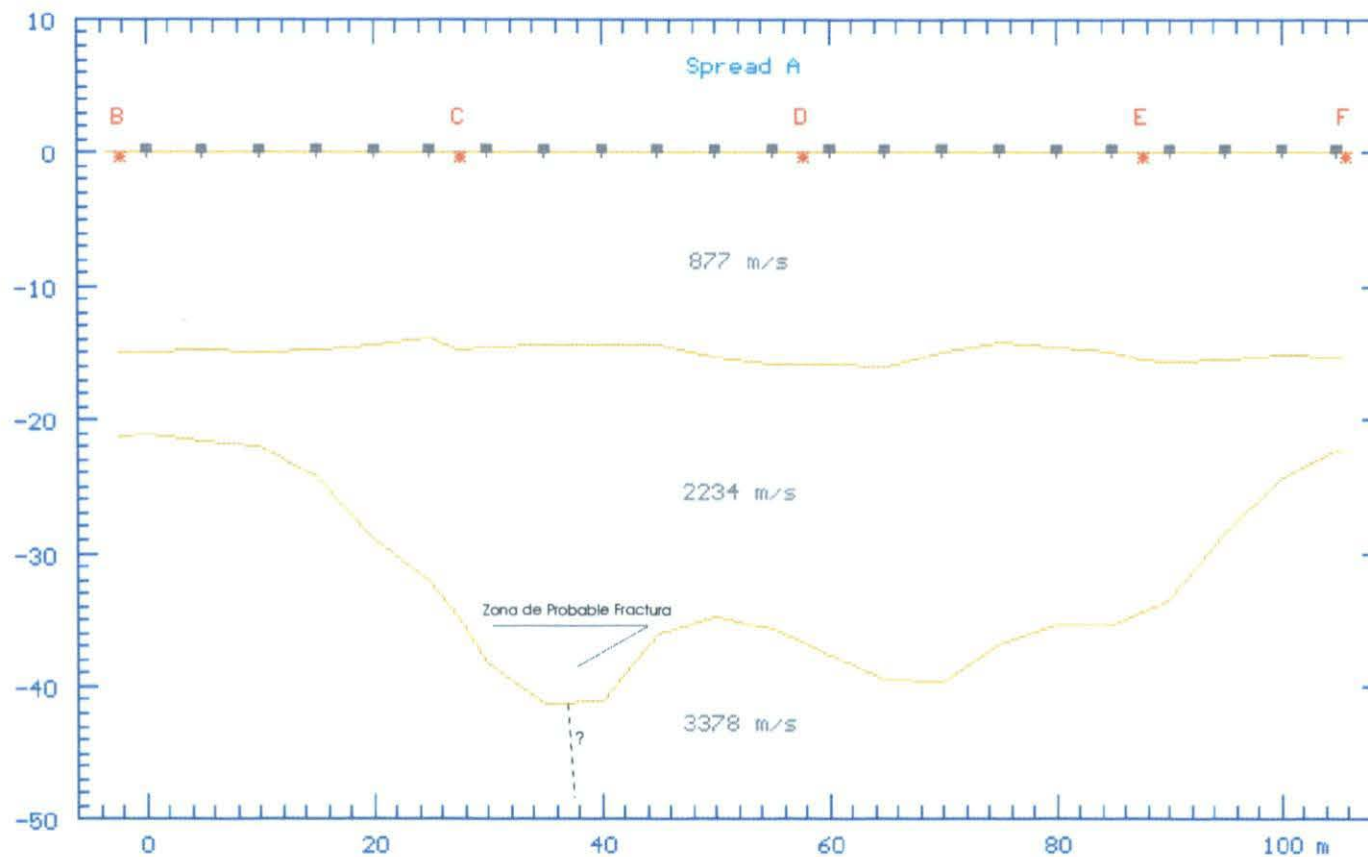
$V_1 = 334$ m/seg. (Perfil L7) – 1286 m/seg (Perfil L8) Suelo de cobertura definido por los depósitos lagunares y/o fluviales.

$V_2 = 1533$ m/seg. (Perfil L15) – 2520 m/seg (Perfil L2) Depósitos de gravas con arenas limosas (semi-compacta a muy compacta).

$V_3 = 2800$ m/seg. (Perfil L3) – 4327 m/seg (Perfil L15) Substratum rocoso (Lámina N° 2).

Las estructuras de baja resistividad y alta resistividad en profundidad podrían relacionarse a una estructura fracturada de la roca que yace en profundidad lo que es constatado con la geoforma del paleorelieve de la tercera capa elástica de las líneas sísmicas L11 y L12 ubicados dentro del contorno de los Perolitos.

BAÑOS DEL INCA REFRACCION SISMICA LINEA L11



CUADRO N° 7: " RESULTADOS DE LOS SEV. "COMPLEJO TURISTICO BAÑOS DEL INCA"

SEV N°	TIPO DE CURVA	R E S U L T A D O S									
		1RA. CAPA		2DA.CAPA		3RA. CAPA		4A. CAPA		5TA.CAPA	
		P1	E1	P2	E2	P3	E3	P4	E4	P5	E5
SEV01	HAA	125	0.7	5	1.4	63	29.2	86	32	274	
SEV02	HKH	81	1.2	40	8.3	401	6.1	2	30.5	218	
SEV03	HKH	137	3.6	35	6.5	295	6.7	231	15.9	522	
SEV04	HKH	147	3.5	23	12.3	158	19.5	16	24.7	364	
SEV05	HKH	99	3.1	12	3.2	78	10.9	27	16	882	
SEV06	KHA	178	6.9	404	6.6	66	14.7	162	5.7	1020	
SEV07	HAK	114	4.5	12	8.1	44	3.8	532	35	93	
SEV08	QQH	113	2.3	21	2.5	365	5.9	78	39	265	
SEV09	QHA	180	1.5	85	4.4	9	5.5	235	14.5	405	
SEV10	HKH	67	1.5	23	10.1	114	17.9	39	29.8	578	
SEV11	QHA	118	1.1	45	9.7	5	4.3	221	30.2	1430	
SEV12	QQH	275	0.4	151	10.7	60	23.9	11	19.6	355	
SEV13	AKQ	37	0.8	81	10.6	283	21.5	9	20	1	
SEV14	HKH	106	1.3	11	0.9	362	8.9	18	16.8	343	
SEV15	HKQ	85	3	34	1.9	168	25.3	33	23	1	
SEV16	QHK	99	0.5	41	7.8	25	8.8	130	12.3	10	
SEV17	HKH	90	1.6	1	0.7	167	7.6	1	31.3	109	
SEV18	QHA	135	0.6	46	5	8	18	391	17.2	345	
SEV19	AKQ	24	3	69	10.8	194	7.1	2	9.4	1	
SEV20	HKH	77	1.3	19	6.8	132	9	2	13.5	344	
SEV21	KHK	18	0.3	520	1.5	22	19.7	248	16.5	6	
SEV22	KHK	49	5.8	139	5	16	11.3	70	22.2	1	
SEV23	KHK	22	0.4	39	17.7	2	27.2	13	10.4	2	
SEV24	QHK	80	1.5	30	14.3	16	16.3	99	14.3	8	
SEV25	QH	135	1.1	60	20.6	5	16.7	40			
SEV26	HKQ	89	1.3	16	2.2	182	17.2	123	11.5	7	
SEV26	KH	27	2.4	390	2.8	1	14.1	54			
SEV27	KQ	62	0.8	258	2.5	52	49.6	9			
SEV28	KHK	20	1.2	127	1.8	6	5	201	13.5	1	
SEV29	HK	89	1.5	30	1.4	141	22.8	11			
SEV30	HKQ	102	2.4	35	4.7	144	9.1	25	21.6	20	
SEV31		125	1.4	30	30.8	39	39	14	14.3	1	
SEV32	QHK	126	1.4	125	19.3	4	31.3	345	13.7	17	
SEV33	HAK	204	0.4	53	7.6	68	23.9	304	20.4	16	
SEV34	KHA	45	3.4	285	6.9	29	14.8	34	13.9	396	
SEV35	QHK	512	0.4	102	20.6	53	6.1	247	17.1	1	
SEV37	HKQ	146	1.4	73	2.5	219	27.6	124	28.4	63	
SEV38	HAK	89	0.3	22	5.6	107	4.6	405	23.4	10	
SEV39	HAK	99	1.5	29	4.5	96	3	175	35.7	132	
SEV40	KHK	26	1.6	578	2.5	10	10.1	456	17	16	
SEV41	KHK	113	1.1	132	15.8	7	13.1	320	37.5	25	
SEV42	KHA	53	1.8	576	2.2	17	9.3	367	37	475	
SEV43	HKQ	153	2	44	8.5	498	5.5	102	15.2	80	
SEV44	HK	152	1.3	91	3.2	166	29.7	139			
SEV45	KH	68	3.1	95	9.5	93	18.9	176			
SEV46	HA	75	2	31	23	64	14.1	345			
SEV47	QH	57	0.4	32	28.5	11	31	26			
SEV48	KHK	37	0.3	56	21.4	10	28.3	17	14	3	
SEV49	KHK	51	1.9	85	3.2	24	14.5	121	20.4	2	
SEV50	HK	44	5.4	13	22.9	698	25	23			
SEV51	KQ	45	0.9	94	8.5	36	16.2	3			
SEV52	KHA	24	1.7	963	1.6	5	12.7	16	14.2	530	
SEV53	HA	109	3.3	14	7.3	137	28.5	378			

CUADRO N°8: RESULTADOS P. SÍSMICA – “COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA”

Perfil Elástico	N°	Velocidades		Coeficiente de Poisson	Módulo		Densidad (T/m ³)
		Vp (m/s)	Vs (m/s)		E d (T/m ²)	Gd (T/m ²)	
Linea L1	1	834	482	0.24924	109575.7	43857.1	1.85
	2	2122	1227	0.24886	805795.9	322613.4	2.1
	3	3850	2225	0.24926	3407840.0	1363947.7	2.7
Linea L2	1	869	502	0.24958	118890.2	47572.2	1.85
	2	2500	1445	0.24915	1117828.3	447433.9	2.1
	3	3458	1999	0.24905	2291880.8	917449	2.25
Linea L3	1	551	318	0.25028	41284.4	16510.0	1.6
	2	2056	1188	0.24939	773699.8	309631.6	2.15
	3	2812	1625	0.24931	1817794.2	727519.1	2.7
Linea L4	1	756	437	0.24910	90060.7	36050.3	1.85
	2	2091	1208	0.24953	800059	320144.7	2.15
	3	2816	1628	0.24899	1891604.1	757252.6	2.8
Linea L5	1	747	432	0.24875	87986.7	35230.0	1.85
	2	1638	947	0.24897	480036.2	192173.4	2.1
	3	2865	1656	0.24914	1887555.7	755541.6	2.7
Linea L6	1	749	433	0.24902	88413.9	35393.3	1.85
	2	1665	962	0.24944	495553.1	198309.4	2.1
	3	4118	2380	0.24922	3249218.9	1300500.0	2.25
Linea L7	1	834	482	0.24924	94768.1	37930.4	1.6
	2	2054	1187	0.24929	772336.8	309110.5	2.15
	3	3559	2057	0.24919	2912496.6	1165752.3	2.7
Linea L8	1	1298	750	0.24940	265338.0	106186.2	1.85
	2	1970	1139	0.24893	710931.5	284616.3	2.15
	3	4167	2409	0.24901	4141905.2	1658080.3	2.8
Linea L9	1	1016	587	0.24947	162546.8	65046.2	1.85
	2	1890	1092	0.24944	638535.9	255528.0	2.1
	3	3446	1992	0.24907	2731081.4	1093242.1	2.7
Linea L10	1	912	527	0.24935	131002.8	52428.4	1.85
	2	2232	1290	0.24921	890919.2	356592.9	2.1
	3	2785	1616	0.24620	1494369.1	599569.0	2.25
Linea L11	1	877	507	0.24901	104835.3	41967.2	1.6
	2	2234	1291	0.24930	913612.7	365649.4	2.15
	3	3378	1953	0.24896	2624938.2	1050853.5	2.7
Linea L12	1	782	452	0.24915	96353.3	38567.6	1.85
	2	1803	1042	0.24925	595151.7	238203.3	2.15
	3	4103	2372	0.24901	4015651.4	1607538.3	2.8
Linea L13	1	1052	608	0.24922	174350.5	69783.5	1.85
	2	2497	1443	0.24929	1114859.9	446196.2	2.1
	3	4090	2364	0.24916	3846635.3	1539687.7	2.7
Linea L14	1	972	562	0.24891	148928.8	59623.6	1.85
	2	2567	1484	0.24902	1178850.7	471912.0	2.1
	3	3712	2146	0.24899	2641224.9	1057343.0	2.25
Linea L15	1	1022	590	0.25007	142089.1	56832.7	1.6
	2	1533	886	0.24922	430276.7	172218.5	2.15
	3	4327	2501	0.24916	4305383.8	1723316.6	2.7
Linea L16	1	712	412	0.24830	80000.1	32043.5	1.85
	2	2213	1279	0.24922	896650.1	358883.5	2.15
	3	4289	2479	0.24917	4386676.6	1755840.3	2.8
Linea L17	1	763	441	0.24918	91722.8	36713.3	1.85
	2	1845	1066	0.24944	622979.3	249302.6	2.15
	3	4286	2477	0.24925	4379884.9	1753008.3	2.8

10. - Recurso Geotérmico

10.1 Origen de las aguas termales.

Considerando que el pH es casi neutro en todas las muestras analizadas, y además que la temperatura no supera los 71°C, estas son características de aguas Cloruradas. Según estudios de isótopos de oxígeno e hidrógeno, las aguas representan fluidos profundos de origen meteórico que, debido a la ebullición cerca de a superficie, perdieron sus contenidos de H₂S o CO₂, los cuales aparecen en superficie como fumarolas (se observa en algunas pozas desprendimiento de CO₂) o ser absorbidas por aguas subterráneas superficiales formando aguas bicarbonatadas y/o sulfatadas. Además, los valores de Cl en las aguas termales contienen en promedio de 85 mg/l, por lo que se considera que son aguas de sistemas hidrotermales acuosos (dominio del agua sobre el vapor).

10.2 Fuente de calor del Sistema Geotérmico

El vulcanismo presente en el área de estudio especialmente para el norte del Perú se consideraba sobre la base de una edad 17m.a. para las tobas de la región, pero sin embargo se puede observar que sobreyaciendo a las tobas de edad miocénica que se muestran plegadas se tiene una tobas riódacíticas de color blanco al Noreste, Sur y en la misma ciudad en el lugar denominado Santa Apolonia se tiene la presencia de esta toba de edad relativamente mas joven, lo cual es un indicio favorable para la existencia de una fuente de calor profunda de origen magmática.

10.3 Reservorio Geotérmico

De acuerdo al reconocimiento estratigráfico en el área de estudio se deduce que las rocas sedimentarias de edad Jurasico- cretácea viene a constituir el BASAMENTO, constituido mayormente de niveles clásticos (areniscas), que podrían actuar como acuíferos y uno de los posibles acuíferos en los Baños del Inca podrían ser la Formación Chimú y parte la Formación Chicama correspondiente a los niveles de areniscas.

La actividad tectónica reciente es evidente porque controla la localización de las emergencias de las aguas termales que tienden a seguir una dirección principal NW-SE (Andina), conjugada con una dirección NE-SW.

10.4 Esquema del Modelo Geotérmico

De acuerdo al Diagrama de Piper las aguas termales son del tipo cloruradas sódicas, lo cual indica que se tratan de régimen profundo y por consiguiente su interacción a la proximidad de una fuente de calor (cámara magmática) es factible

Los estudios estratigráficos han puesto en evidencia la existencia de un reservorio geotérmico en función de la presencia de rocas clásticas y carbonatadas donde las primeras muestran permeabilidad primaria y las otras una permeabilidad de fractura.

La emergencia de las aguas termales a través de los depósitos recientes esta controlado por un sistemas de fallas que en un primer momento actuaron como fallas inversas y posteriormente se reactivaron con movimiento normal e incluso afectando a los depósitos recientes denotando una actividad tectónica reciente.

Teniendo en cuenta los argumentos mencionados se propone el siguiente Modelo Geotérmico que se muestra en la Fig N° 8:

- Presencia de una estructura plegada donde la zona de la Charnela ha sido afectado por fallas que en un primer momento actuaron como fallas inversas y posteriormente como fallas normales que permitieron el ascenso de los fluidos calientes que provienen de una cámara magmática, que al interceptarse con las aguas en profundidad (reservorio) son sobrecalentadas y trasladadas a la superficie con temperaturas de 71°C aproximadamente; y puede darse el caso que se mezclen con aguas frías y se tiene emergencias con temperaturas que bordean los 30°C.
- Las Formaciones Chimú y parte de la Chicama (facie areniscosa), que de acuerdo a sus propiedades físicas de presentar permeabilidad primaria y secundaria de fractura como es el caso de las calizas de la Formación Santa.
- Los niveles inferiores de la Formación Carhuaz que corresponden a niveles pelíticos y limolitas le permite actuar como una roca sello.
- La emergencia de las aguas se realiza a través de las fallas de movimiento normal que siguen una dirección NO-SE y llegan afectar a los depósitos recientes.

11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las Aguas Termales de Baños del Inca comprende dos áreas bien definidas en la cuenca tectónica de Cajamarca: Zona de los Perolitos perteneciente al Complejo Baños del Inca y el Tragadero parte del cual es ocupado por el Hotel Laguna Seca.
- La emergencia de las aguas termales se halla controlada por un sistema de fallas de dirección NO – SE (andina), que se intersectan con fallas de dirección NE-SO y que están asociadas a un sistema de pliegues que para el área de estudio corresponde a un anticlinal denominado "Anticlinal Baños del Inca";
- La presencia de rocas volcánicas al norte de Cajamarca y próximo a la ciudad en Santa Apolonia, da indicios de la existencia de una fuente de calor de origen magmático, cuya incidencia es aun muy latente, lo cual

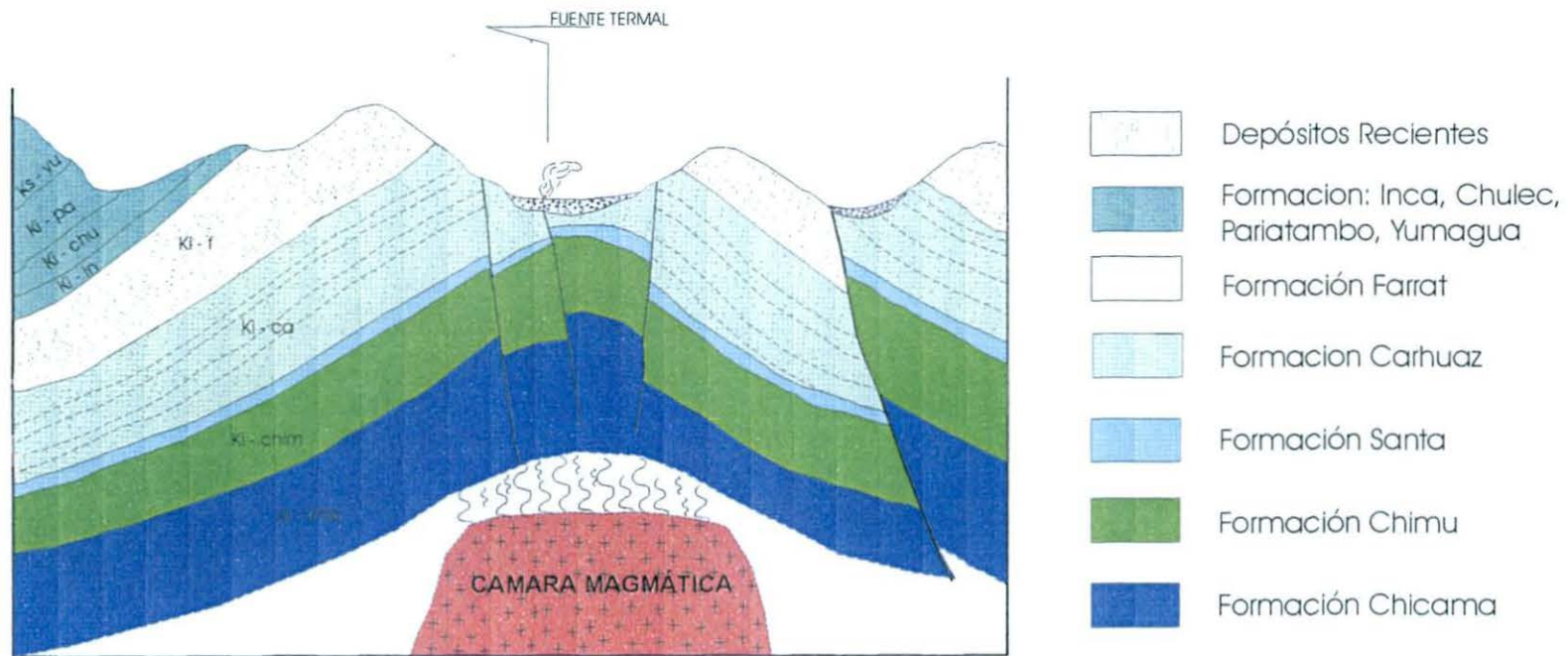


Fig. N° 8 Modelo Hipotético del Sistema Geotérmico de las aguas Termales en el Sector de los Baños del Inca

* Anticlinal de Baños del Inca afectado por fallas reactivas con movimiento normal

se confirma con la presencia de aguas termales con temperatura de 70° C, que se conocen desde tiempo preinca.

- El estudio de las formaciones geológicas aflorantes ha permitido deducir que las rocas que han actuado como roca reservorio son: la secuencia clástica (cuarcitas fracturadas) de la Formación Chimú, las calizas fracturadas de la Formación Santa y constituyendo la roca sello los niveles de lutitas y limolitas de la Formación Carhuaz.
- Los recursos geotermales están confinados a una Franja existente entre los Perolitos y Tragadero que se puede extender hasta Shaullo Chico, de orientación NO-SE, que ocupa un ancho variable.
- De acuerdo a los estudios efectuados, los recursos geotermales que escurren en la zona de Baños del Inca y el Hotel Laguna Seca se han calculado en aproximadamente 200 l/s, que varía en tiempo de estiaje en un 20%, caudal suficiente para los usos actuales.
- En el área de estudio existen aguas termales a profundidad variable que podrían ser captadas con pozos profundos en volumen suficiente para un desarrollo geoturístico del área.
- La calidad de las aguas termales de acuerdo a los parámetros físico-químicos son consideradas como aguas de calidad muy buena, aptas para su uso termomedicinal. Son del tipo cloruradas –sódicas, por lo tanto corresponden a un régimen profundo muy cercano a la fuente de calor (magma)
- La calidad de las aguas subterráneas frías es por lo general buena y se les puede emplear para múltiples usos entre ellos el de combinarlas con el agua termal para disminuir la temperatura y darle un mejor uso en la balneoterapia
- El modelo geotérmico elaborado en función de la geología, geoquímica de las aguas y sedimentos, geofísica, etc., demuestran que el área reúne las condiciones favorables para la existencia de un reservorio geotérmico y la presencia en profundidad de una fuente constante de calor que asegura el recurso hídrico termal en superficie.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo al proyecto de ampliación del Complejo Baños del Inca, de requerirse más agua termal, esta se puede obtener mediante la perforación de pozos profundos, tarea para lo cual será necesario apoyarse en los estudios geofísicos efectuados.
- Para disminuir la temperatura de las aguas que se empleen en balneoterapia se puede efectuar la combinación de las aguas subterráneas tanto frías como termales sin ningún problema ya que ambas son de buena calidad.
- Con la finalidad de llevar un mejor control de la calidad de las aguas termales y frías del área, es recomendable que cada tres meses se efectúe un muestreo y análisis de agua en un laboratorio especializado como puede ser el de INGEMMET.
- Para un mejor aprovechamiento de los recursos geotermales en proyectos de desarrollo hotelero es recomendable que la Municipalidad Distrital de Baños del Inca conjuntamente con la Municipalidad Provincial de Cajamarca, efectúen el Ordenamiento Territorial del área,

para evitar como viene sucediendo en la actualidad la venta indiscriminada de terrenos agrícolas con fines de habilitación urbana, sin considerar que gran parte del área podría ser dedicada en el futuro para el emplazamiento de modernos hoteles, spas, casas de reposo, etc. que aprovechando las aguas termales permitan el desarrollo turístico de Cajamarca contribuyendo a su desarrollo socio-económico.

Lima, Noviembre 2003

ANEXOS

CUADRO N° 1
Puntos de Muestreo de Aguas Termales y Frías

N° de muestra	Tipo de Agua	Codigo	Ubicacion	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Fecha de muestreo	Hora de Muestreo
				Norte	Este			
1	Termal	PE-1	Complejo Turistico	9207878	780394	2689	3-Oct-03	16:30
2	Fría	PE-2	Complejo Turistico	9207837	780397	2689	4-Oct-03	17:00
3	Termal	PE-3	Complejo Turistico	9207842	780397	2683	4-Oct-03	17:30
4	Termal	PE-4	Complejo Turistico	9207900	780355	2687	6-Oct-03	16:40
5	Termal	PE-5	Complejo Turistico	9207861	780359	2689	6-Oct-03	16:30
6	Termal	LS-1	Hotel Laguna Seca	9207719	780953	2694	4-Oct-03	12:10
7	Termal	LS-2	Hotel Laguna Seca	9207629	781091	2695	4-Oct-03	13:05
8	Termal	LS-3	Hotel Laguna Seca	9207633	781050	2685	4-Oct-03	13:40
9	Fría	LS-4	Hotel Laguna Seca	9207901	781033	2699	6-Oct-03	13:15
10	Fría	SR-1	Complejo IPD	9207957	780212	2685	5-Oct-03	10:00
11	Termal	PG-1	Baños Punta	9207636	781084	2698	6-Oct-03	12:00
12	Termal	BP-1	Baños Punta	9207622	781116	2696	6-Oct-03	10:45
13	Fría	RC-1	De La Zepita	9206858	780014	2668	5-Oct-03	11:30
14	Fría	TC-1	Tartar Chico	9209333	780159	2702	5-Oct-03	15:30
15	Fría	PT-1	Shaullo Chico	9207556	782561	2868	7-Oct-03	10:45

CUADRO N° 2
Puntos de Muestreo de Sedimentos

N° de muestra	Codigo	Ubicacion	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Fecha de muestreo	Hora de Muestreo
			Norte	Este			
1	PE-1	Complejo Turistico	9207878	780394	2689	3-Oct-03	16:35
2	PE-3	Complejo Turistico	9207842	780397	2683	4-Oct-03	17:35
3	LS-1	Hotel Laguna Seca	9207719	780953	2694	4-Oct-03	12:15
4	LS-2	Hotel Laguna Seca	9207629	781091	2695	4-Oct-03	13:10
5	LS-2	Hotel Laguna Seca	9207629	781091	2695	4-Oct-03	13:15
6	BP-1	Baños Punta	9207622	781116	2696	6-Oct-03	10:50

CUADRO N° 3
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS - FAMILIA QUIMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS

Codigo	Ubicacion	CE (uS/cm)	TDS (mg/l)	pH	T° Manantial	T° Ambiente	Caudal (l/s)	CATIONES (mg/l)										ANIONES (mg/l)					METALES PESADOS (mg/l)						SiO2 (mg/l)	Familia Quimica	Calidad del Agua
								Ca	Mg	Na	K	Al	Br	Ba	Li	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	Cu	Pb	Zn	Fe	As	Mn	Hg				
PE-1	Complejo Turistico	750	378	6.7	50	20		49	5.7	96	10	0.0098	0.73	0.293	0.32	ND	93.5	83.8	70.38	0.22	<0.002	<0.002	0.005	<0.005	0.0124	0.22	<0.002	24.8	Cloruro Sodica	Buena/Aceptable	
PE-2	Complejo Turistico	305	153	6.0	23	20	<0.1	26	5.1	25	2.4	0.151	0.2	0.087	0.04	7.5	50.8	20.9	19.34	1.27	<0.002	<0.002	<0.002	0.016	0.0124	0.01	<0.002		Bicarbonato Ca-Na	Buena	
PE-3	Complejo Turistico	745	373	6.7	54	23		48	5.8	92	9.7	0.078	0.71	0.356	0.34	ND	94.8	90.7	83.38	0.27	<0.002	<0.002	<0.002	0.013	0.014	0.26	<0.002	17.5	Cloruro Sodica	Buena	
PE-4	Complejo Turistico	781	392	6.5	38	21	<0.1	52	5.7	94	9.8	0.0415	0.7	0.167	0.34	ND	101.1	83.8	87.04	0.31	<0.002	<0.002	0.008	0.021	0.011	0.06	<0.002		Cloruro Sodica	Buena	
PE-5	Complejo Turistico	756	379	6.9	56	19		49	5.7	96	9.3	0.0099	0.76	0.329	0.34	ND	94.8	90.7	87.91	0.26	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	0.014	0.2	<0.002	38.1	Cloruro Calcio	Buena	
LS-1	Hotel Laguna Seca	752	362	6.6	47	24		52	5.8	96	9.7	0.0532	0.74	0.21	0.33	ND	98.6	83.8	88.32	0.29	<0.002	<0.002	0.006	0.037	0.0097	0.35	<0.002	18.0	Cloruro Sodica	Buena	
LS-2	Hotel Laguna Seca	742	372	6.3	70	23	45	74	7.9	87	9.3	0.0116	0.72	0.292	0.31	ND	90.1	83.8	87.91	0.03	0.0024	<0.002	0.003	<0.005	0.0092	0.25	<0.002	13.7	Cloruro Sodica	Buena	
LS-3	Hotel Laguna Seca	740	370	6.3	70	26		49	5.6	95	9.4	<0.005	0.71	0.33	0.32	ND	93.5	83.8	89.56	<0.01	<0.002	<0.002	0.002	0.011	0.0092	0.25	<0.002	15.8	Cloruro Sodica	Buena	
LS-4	Hotel Laguna Seca	608	305	7.0	19	27		66	2.3	77	3.7	0.0084	0.54	1.116	0.05	ND	195.9	7.0	8.64	0.6	<0.002	<0.002	0.004	0.032	0.0217	0.19	<0.002		Bicarbonato Na-Ca	Buena	
SR-1	Complejo IPO	664	333	6.6	18	24	0.1	117	7.2	11	1.7	0.0337	0.36	0.307	<0.02	ND	39.2	14.0	23.46	1.7	<0.002	<0.002	0.008	<0.005	<0.005	0.009	<0.002		Bicarbonato Na-Ca	Buena	
PG-1	Baños Punta	747	374	6.1	71	22		48	5.5	85	9.5	0.0098	0.68	0.294	0.32	ND	94.8	90.7	87.09	0.03	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	0.016	0.24	<0.002	12.0	Cloruro Sodica	Buena	
BP-1	Baños Punta	698	349	6.1	53	22		47	5.5	83	9.3	0.054	0.7	0.266	0.29	ND	96.1	83.8	88.32	0.25	<0.002	<0.002	<0.002	0.043	0.0118	0.24	<0.002	6.6	Cloruro Sodica	Buena	
RC-1	De La Zapita	263	132	6.5	22	26	0.5	27	4.2	13	8.2	0.132	0.15	0.043	0.04	ND	48	14.0	14.82	1.63	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	0.13	<0.002		Bicarbonato Ca	Buena	
TC-1	Tarter Chico	616	308	6.6	16	18	2	113	7.7	6.2	1.6	<0.005	0.33	0.208	<0.02	ND	185.8	7.0	201.67	1.92	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005	<0.005	<0.01	<0.002		Sulfato Calcio	Buena/Aceptable	
PT-1	Shaulo Chico	47	24	5.5	16	23	<0.1	3.5	1.4	4.7	2.4	0.783	<0.1	0.046	<0.02	ND	6.82	2.8	25.11	1.81	<0.002	<0.002	<0.002	0.006	<0.005	0.04	<0.002		Sulfato Na-Ca	Medioce	

Parametros Hidroquimicos Permitidos para beber (OMS)	200	150			0.2		0.7					250	250	50							0.3	0.05	0.1	0.001
Parametros Hidroquimicos Permitidos para beber (IINTEC)	75	30	100		0.2		1					250	250	45							0.3	0.05	0.1	0.001
Parametros Hidroquimicos Permitidos para Baños (LGA-Casa IV)					1		0.5	5							3							1.00		

CUADRO N° 4
GEOQUIMICA DE LAS PRECIPITACIONES DE LAS FUENTES TERMALES

Codigo	Ubicacion	PARAMETROS QUIMICOS *														Descripcion de la Muestra
		Pb	Zn	Cu	Au	Ag	Li	Sr	As	Hg	Fe	Mg	Al	Ba	Mn	
PE-1	Complejo Turistico	31	98	29	0.016	<0.5	62	253	<5	9.7	3.11	8811	6.84	464	469	Sedimentos arcilloso color gris
LS-1	Hotel Laguna Seca	32	79	32	<0.01	<0.5	82	109	16	0.47	3.48	2973	1.52	242	611	Lodo gris claro con mat. org.
LS-2A	Hotel Laguna Seca	41	74	29	0.016	<0.5	8	787	21	5.8	1.52	7608	2.4	190	81	Sinter calcareo
BP-1	Baños Punta	19	68	171	<0.01	<0.5	40	81	<5	0.76	2.81	3511	6.04	185	83	Lodo y arena grisacea
LS-2B	Hotel Laguna Seca	20	45	21	0.021	<0.5	22	95	<5	27	1.78	2065	3.02	152	34	Arena grisacea
PE-3	Complejo Turistico	44	67	29	<0.01	<0.5	39	374	61	3.4	2.73	4057	6.74	615	163	Lodo y arena grisacea

* Todos los valores en ppm, excepto Au (g/TM), Fe (%) y Al (%)

**CUADRO N° 5
BALANCE IONICO**

Codigo	CATIONES (meq/l)								ANIONES (meq/l)					Suma Cationes	Suma Aniones	Balance Ion %
	Ca	Mg	Na	K	Al	Sr	Ba	Li	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3			
PE-1	2.45	0.47	4.13	0.26	0.00	0.02	0.00	0.05	0	1.496	2.346	1.478	0.003548	7.37	5.32	16.14
PE-2	1.30	0.42	1.08	0.06	0.02	0.00	0.00	0.01	0.25	0.8096	0.585	0.4061	0.020484	2.88	2.07	16.46
PE-3	2.40	0.46	3.96	0.25	0.01	0.02	0.01	0.05	0	1.5168	2.54	1.331	0.004355	7.15	5.39	13.99
PE-4	2.60	0.47	4.04	0.25	0.00	0.02	0.00	0.05	0	1.6176	2.346	1.4078	0.005	7.44	5.38	16.07
PE-5	2.45	0.47	1.55	0.24	0.00	0.02	0.00	0.05	0	1.5168	2.54	1.4261	0.004194	4.78	5.49	-6.90
LS-1	2.60	0.48	4.13	0.25	0.01	0.02	0.00	0.05	0	1.5776	2.346	1.4347	0.004677	7.53	5.36	16.80
LS-2	3.70	0.65	3.74	0.24	0.00	0.02	0.00	0.04	0	1.4416	2.346	1.4261	0.000484	8.40	5.21	23.38
LS-3	2.45	0.46	4.09	0.24	0.00	0.02	0.00	0.05	0	1.496	2.346	1.4608	0	7.31	5.30	15.88
LS-4	3.30	0.19	3.31	0.10	0.00	0.01	0.02	0.01	0	3.1344	0.195	0.1814	0.009677	6.93	3.52	32.64
SR-1	5.85	0.59	0.47	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0	0.6272	0.392	0.4927	0.027419	6.97	1.54	63.84
PG-1	2.40	0.45	3.66	0.25	0.00	0.02	0.00	0.05	0	1.5168	2.54	1.4089	0.000484	6.82	5.47	11.02
BP-1	2.35	0.45	3.57	0.24	0.01	0.02	0.00	0.04	0	1.5376	2.346	1.4347	0.004032	6.68	5.32	11.30
RC-1	1.35	0.34	0.56	0.21	0.01	0.00	0.00	0.01	0	0.768	0.392	0.3112	0.02629	2.49	1.50	24.91
TC-1	5.65	0.63	0.27	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0	2.9728	0.195	4.2351	0.030968	6.61	7.43	-5.90
PT-1	0.18	0.11	0.20	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0	0.1091	0.078	0.5273	0.029194	0.64	0.74	-7.35

$$\text{Balance Ionico (\%)} = (\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}) * 100 / (\sum \text{iones})$$

CUADRO N° 6
CUADRO DE GEOTERMOMETRIA

Muestra	T° Manantial	Composicion (mg/l)					Temperaturas Calculadas °C				
		SiO2	Ca	Mg	Na	K	SiO2 (T<95°C)	SiO2 (T>95°C)	Na-K	Na-K-Ca	K-Mg
PE-1	60	24.8	49	5.7	96	10	74.48	77.48	191.96	306.12	73.93
PE-3	54	17.5	48	5.6	92	9.7	61.04	65.75	193.29	306.24	73.42
PE-5	56	38.1	49	5.7	36	9.3	92.59	93.10	318.91	362.57	72.22
LS-1	47	18	52	5.8	96	9.7	62.08	66.67	188.64	302.57	73.01
LS-2	70	13.7	74	7.9	87	9.3	52.21	57.97	194.82	299.51	68.43
LS-3	70	15.8	49	5.6	95	9.4	57.29	62.46	186.38	301.31	72.68
PG-1	71	12	48	5.5	85	9.5	47.62	53.90	199.82	309.08	73.14
BP-1	63	8.6	47	5.5	83	9.3	36.64	44.11	200.11	308.91	72.64

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS

MANIFESTACION PE-01

MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION

COORDENADAS UTM

HOJA SAN MARCOS (15-g) - PE-01

9 207,878 N
780,394 E

FECHA

HORA

OPERADOR

ÁREA (DPTO)

COTA

03/10/03

16:30

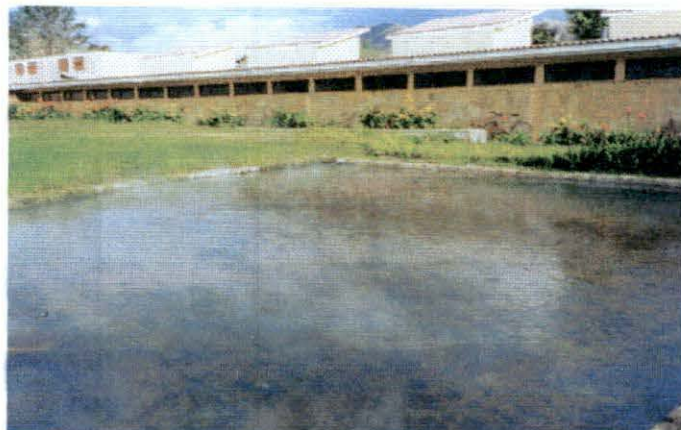
JB

Cajamarca

2,689 msnm

LOCALIZACION

Poza termal en el interior del Complejo Turístico Baños del Inca
"Los Perolitos"

FOTOGRAFIA

TIPO DE MANIFESTACION

Manantial termal

REGIMEN

Permanente

ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION

Material arcilloso grisáceo y cantos de areniscas al fondo de la poza, además de raíces y algas verdosas.

USO

Baños Termales

OBRAS

Pozas

TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION

60°C

TEMPERATURA AMBIENTAL

20°C

CONDUCTIVIDAD (mS/cm)

0.8

CAUDAL ESTIMADO (l/seg)

ND

pH

7.1

Eh(mV)
ANALISIS DE LABORATORIO
OTROS
OBSERVACIONES

Muestra PE-01, presencia de CO₂, el agua es inodora e incolora. No se puede determinar caudal. Se extrajo muestra de material arcilloso grisáceo del fondo de la poza para su análisis.

CATIONES

(mg/l)

ANIONES

(mg/l)

METALES PESADOS

(µg/l)

Ca

49

CO₃

ND

Cu

<2

Mg

5.7

HCO₃

93.5

Pb

<2

Na

96

Cl

83.8

Zn

0.005 *

K

10

SO₄

70.38

Fe

<5

Al

6.8 *

NO₃

0.22

As

12.4

Sr

0.73

Mn

0.22 *

Ba

263 *

Hg

<0.2

Li

0.32

* mg/l

* µg/l

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS

MANIFESTACION PE-04

MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION

COORDENADAS UTM

HOJA SAN MARCOS (15-g) - PE-04

9 207,900 N

780,355 E

FECHA

HORA

OPERADOR

ÁREA (DPTO)

COTA

06/10/03

16:40

JB

Cajamarca

2,687 msnm

LOCALIZACION

Manantial en el interior del Complejo Turístico Baños del Inca "Los Perolitos"

FOTOGRAFIA

TIPO DE MANIFESTACION

Manantial

REGIMEN

Permanente

ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION

Area con pasto. A escasos metros de manifestación termal.

USO

Ninguno

OBRAS

Ninguna

TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION

36°C

TEMPERATURA AMBIENTAL

21°C

CONDUCTIVIDAD (mS/cm)

0.8

CAUDAL ESTIMADO (l/seg)

< 0.1

pH

6.7

Eh(mV)
ANALISIS DE LABORATORIO
OTROS
OBSERVACIONES
CATIONES

(mg/l)

ANIONES

(mg/l)

METALES PESADOS

(µg/l)

Muestra PE-04, presencia plantas acuáticas flotantes y pececillos. Incolora e inodora. El agua presenta una temperatura de 36°C, que se debe a mezcla de manantiales.

Ca

52

CO3

ND

Cu

<2

Mg

5.7

HCO3

101.1

Pb

<2

Na

94

Cl

83.8

Zn

0.008 *

K

9.8

SO4

67.04

Fe

21

Al

41.5 *

NO3

0.31

As

11

Sr

0.7

Mn

0.06 *

Ba

167 *

Hg

<0.2

Li


0.34

* mg/l

* µg/l

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

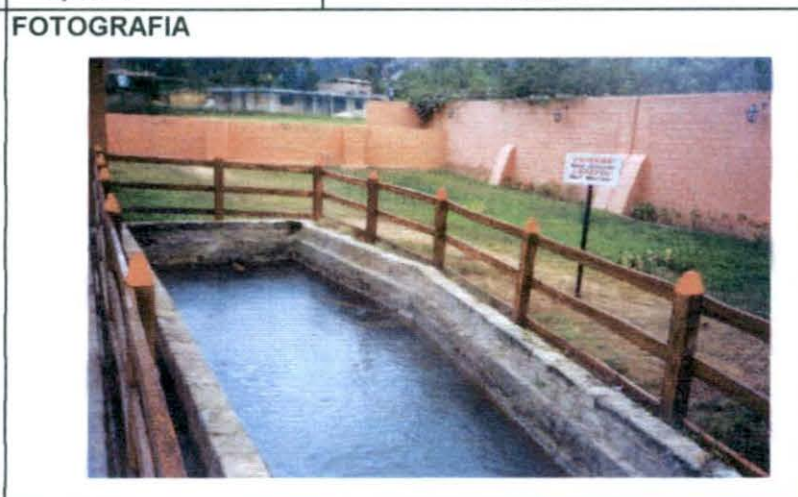
FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS				MANIFESTACION PE-05		
MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION				COORDENADAS UTM		
HOJA SAN MARCOS (15-g) - PE-05				9 207,861 N 780,359 E		
FECHA	HORA	OPERADOR	ÁREA (DPTO)	COTA		
06/10/03	16:30	JB	Cajamarca	2,689 msnm		
LOCALIZACION			FOTOGRAFIA			
Poza termal en el interior del Complejo Turístico Baños del Inca "Los Perolitos"						
TIPO DE MANIFESTACION			REGIMEN			
Manantial termal			Permanente			
ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION				USO	OBRAS	
Presencia de materia orgánica rojo-verdosa al fondo de la poza.				Baños Termales	Pozas	
TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION	TEMPERATURA AMBIENTAL	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)		CAUDAL ESTIMADO (l/seg)		
56°C	19°C	0.8		ND		
		pH		Eh(mV)		
		7.1				
ANALISIS DE LABORATORIO			OTROS		OBSERVACIONES Muestra PE-05, presencia de CO2, el agua es inodora e incolora. No se puede determinar caudal. Al fondo de la poza se observan materia orgánica color rojo-verdosa.	
CATIONES (mg/l)		ANIONES (mg/l)		METALES PESADOS (µg/l)		
Ca	49	CO3	ND	Cu		<2
Mg	5.7	HCO3	94.8	Pb		<2
Na	36	Cl	90.7	Zn		<0.002 *
K	9.3	SO4	67.91	Fe		<5
Al	6.9 *	NO3	0.26	As		14
Sr	0.76			Mn		0.2 *
Ba	329 *			Hg		0.2
Li	0.34					* mg/l
	* µg/l					

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS				MANIFESTACION LS-03	
MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION				COORDENADAS UTM	
HOJA SAN MARCOS (15-g) - LS-03				9 207,633 N 781,050 E	
FECHA	HORA	OPERADOR	ÁREA (DPTO)	COTA	
04/10/03	14:10	JB	Cajamarca	2,685 msnm	

LOCALIZACION
 Poza termal en el interior del Hotel Laguna Seca



TIPO DE MANIFESTACION	REGIMEN
Manantial termal	Permanente


ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION	USO	OBRAS
	Baños Termales	Pozas

TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION	TEMPERATURA AMBIENTAL	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)	CAUDAL ESTIMADO (l/seg)
70°C	26°C	0.9	ND
		pH	Eh(mV)
		6.5	

ANALISIS DE LABORATORIO				OTROS		OBSERVACIONES
CATIONES (mg/l)		ANIONES (mg/l)		METALES PESADOS (µg/l)		
Ca	49	CO3	ND	Cu	<2	Muestra LS-03, el agua es inodora e incolora. No se puede determinar caudal.
Mg	5.6	HCO3	93.5	Pb	<2	
Na	95	Cl	83.8	Zn	0.002 *	
K	9.4	SO4	69.56	Fe	11	
Al	<5 *	NO3	<0.01	As	9.2	
Sr	0.71			Mn	0.25 *	
Ba	330 *			Hg	<0.2	
Li	0.32					
					* mg/l	
	* µg/l					

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS				MANIFESTACION LS-04		
MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION				COORDENADAS UTM		
HOJA SAN MARCOS (15-g) - LS-04				9 207,901 N 781,033 E		
FECHA	HORA	OPERADOR	ÁREA (DPTO)	COTA		
06/10/03	13:15	JB	Cajamarca	2,699 msnm		
LOCALIZACION			FOTOGRAFIA			
Poza termal en el interior del Hotel Laguna Seca						
TIPO DE MANIFESTACION			REGIMEN			
Pozo Perforado			Permanente			
ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION				USO	OBRAS	
Areas verdes				Domestico	Pozo	
TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION	TEMPERATURA AMBIENTAL		COND (mS/cm)	CAUDAL ESTIMADO (l/seg)		
19°C	27°C		0.6	ND		
			pH	Eh(mV)		
			7.6			
ANALISIS DE LABORATORIO			OTROS		OBSERVACIONES Muestra LS-04. Pozo de agua de 35m. de profundidad. El agua es inodora e incolora. No se puede determinar caudal.	
CATIONES		ANIONES		METALES PESADOS		
(mg/l)		(mg/l)		(µg/l)		
Ca	66	CO3	ND	Cu		<2
Mg	2.3	HCO3	195.9	Pb		<2
Na	77	Cl	6.98	Zn		0.004 *
K	3.7	SO4	8.64	Fe		32
Al	8.4 *	NO3	0.6	As		21.7
Sr	0.54			Mn		0.19 *
Ba	1116 *			Hg		<0.2
Li	0.05					
						* mg/l
	* µg/l					

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS

MANIFESTACION PG-01

MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION

COORDENADAS UTM

HOJA SAN MARCOS (15-g) - PG-01

9 207,636 N

781,084 E

FECHA

HORA

OPERADOR

ÁREA (DPTO)

COTA

06/10/03

12:00

JB

Cajamarca

2,698 msnm

LOCALIZACION

Poza dentro de terrenos de familia Guerrero, limitando con Hotel Laguna Seca

FOTOGRAFIA

TIPO DE MANIFESTACION

Manatal termal

REGIMEN

Permanente

ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION

Areas verdes-Aluvial

USO

Baños termales

OBRAS

Poza

TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION

71°C

TEMPERATURA AMBIENTAL

22°C

COND (mS/cm)

0.9

CAUDAL ESTIMADO (l/seg)

ND

pH

6.4

Eh(mV)
ANALISIS DE LABORATORIO
OTROS
OBSERVACIONES

Muestra PG-01. El agua es inodora e incolora, además desprende CO₂. Al fondo de la poza, presencia arenas grisáceas. Dicha poza alimenta al complejo turístico Baños del Inca.

CATIONES

(mg/l)

ANIONES

(mg/l)

METALES PESADOS

(µg/l)

Ca

48

CO₃

ND

Cu

<2

Mg

5.5

HCO₃

94.8

Pb

<2

Na

85

Cl

90.7

Zn

<0.002 *

K

9.5

SO₄

67.09

Fe

<5

Al

9.8 *

NO₃

0.03

As

16

Sr

0.68

Mn

0.24 *

Ba

294 *

Hg

<0.2

Li


0.32

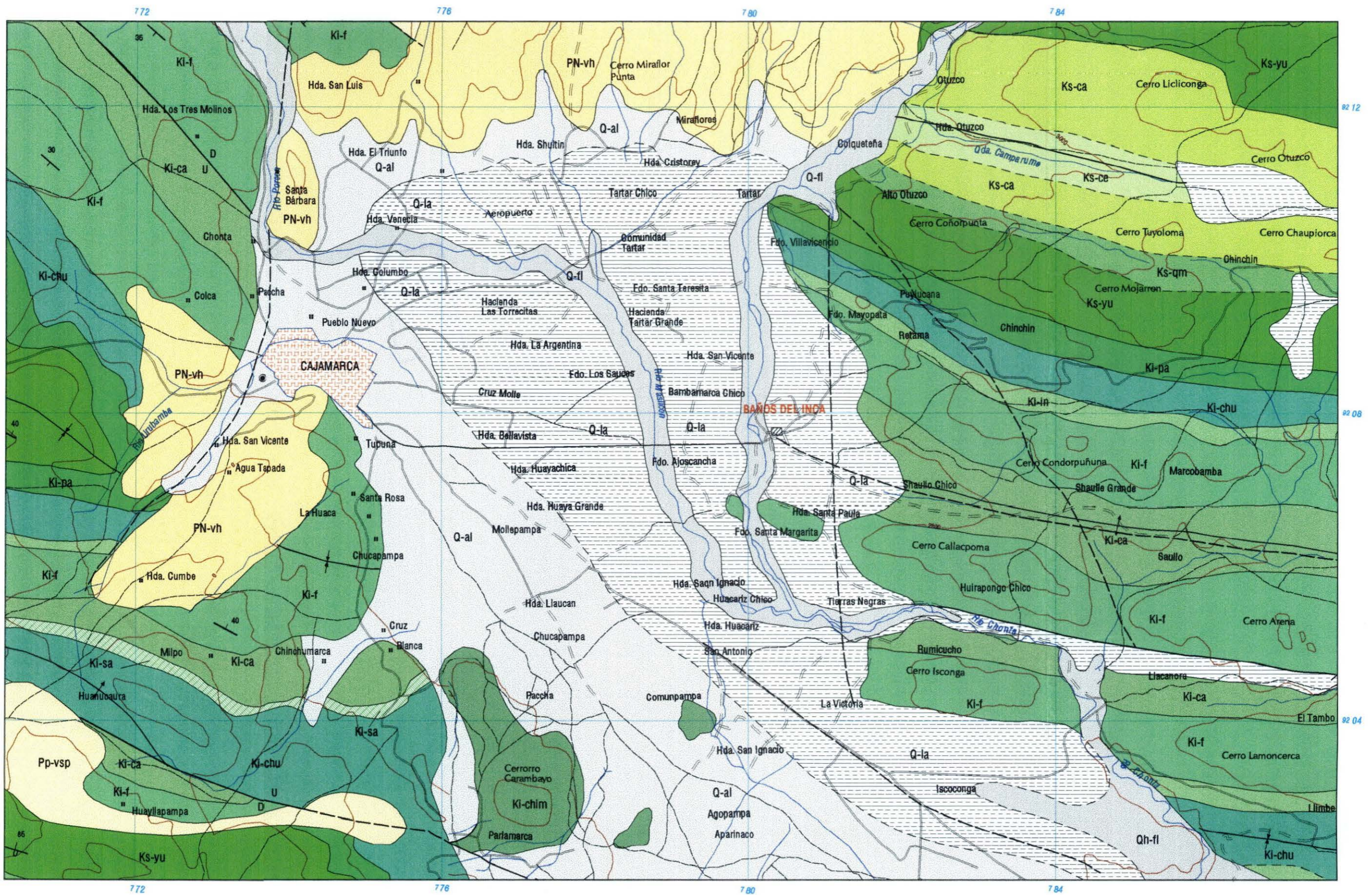
* mg/l

* µg/l

INGEMMET

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO COMPLEJO TURÍSTICO BAÑOS DEL INCA

FICHA DE MUESTREO Y ANALISIS				MANIFESTACION RC-01		
MAPA DE UBICACIÓN - NUMERO Y NOMBRE DE LA MANIFESTACION				COORDENADAS UTM 9 206,858 N 780,014 E		
HOJA SAN MARCOS (15-g) - RC-01						
FECHA	HORA	OPERADOR	ÁREA (DPTO)	COTA		
05/10/03	11:30	JB	Cajamarca	2,668 msnm		
LOCALIZACION			FOTOGRAFIA			
Zona denominada "De La Zepita", a la margen izquierda del río Chonta.						
TIPO DE MANIFESTACION			REGIMEN			
Manatíal			Permanente			
ALREDEDORES DE LA MANIFESTACION				USO	OBRAS	
Areas verdes - Aluvial. Afloramientos cercanos de areniscas arcóscicas.				Riego	Ninguna	
TEMPERATURA DE LA MANIFESTACION	TEMPERATURA AMBIENTAL	CONDUCTIVIDAD (mS/cm)		CAUDAL ESTIMADO (l/seg)		
22°C	26°C	0.2		0.5		
		pH		Eh(mV)		
		6.7				
ANALISIS DE LABORATORIO			OTROS		OBSERVACIONES Muestra RC-01. Pequeña laguna formada por manatíal, presencia de plantas acuáticas. El agua es inodora e incolora. Existencia de 2 manantiales cercanos.	
CATIONES (mg/l)		ANIONES (mg/l)		METALES PESADOS (µg/l)		
Ca	27	CO3	ND	Cu		<2
Mg	4.2	HCO3	48	Pb		<2
Na	13	Cl	14	Zn		<0.002 *
K	8.2	SO4	14.82	Fe		<5
Al	132 *	NO3	1.63	As		<5
Sr	0.15			Mn		0.13 *
Ba	43 *			Hg		0.2
Li	0.04					* mg/l
	* µg/l					



ERA	SISTEMA	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		
CUATERNARIO	Reciente	Dep. Aluviales y Fluviales	Q-al Q-fl	
	Pleistoceno	Dep. Lagunares	Q-la	
	NEOGENO	Plioceno		
		Mioceno		
	PALEOGENO	Oligoceno	Volcánico Huambo	PN-vh
		Eoceno	Discord. ANG.	
		Paleoceno	Gpo. Callpuj Volc. San Pablo	Pp-vsp
	CRETACEO	Superior	Formación Celendín	Ks-ca
			Formación Cajamarca	Ks-ca
			Formaciones: Quilquifan Mujarrun	Ks-ym
Formación Yumaguai			Ks-yu	
Formación Perietambo			Ki-pa	
Inferior		Formación Chólec	Ki-chu	
		Formación Inca	Ki-in	
		Formación Ferret	Ki-f	
		Formación Carhuaz	Ki-ca	
		Formación Santa	Ki-sa	
Formación Chimú	Ki-chim			

REPUBLICA DEL PERÚ
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
MAPA GEOLÓGICO DEL
SECTOR CAJAMARCA - BAÑOS DEL INCA
 CONVENIO INGGEMMET - COMPLEJO TURISTICO BAÑOS DEL INCA



ESCALA 1 : 50 000

- SÍMBOLOS**
- Rumbo y buzamiento de capas
 - Rumbo y buzamiento de capas volcadas
 - Rumbo y buzamiento vertical
 - Contacto conocido
 - Contacto inferido
 - Falla normal U = Bloque levantado D = Bloque hundido
 - Falla de rumbo
 - Falla inversa
 - Eje de anticlinal
 - Eje de sinclinal
 - Carretera asfaltada
 - Carretera afirmada
 - Camino carrozable (trocha)
 - Camino de herradura