

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHOMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

**“HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE –SAMA
INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL
MIO-PLIOCENO”**

TESIS

Presentado por

Bach. Wilson Chambilla Espinoza

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO – GEOTÉCNICO

**TACNA – PERU
2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHOMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

**“HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE –SAMA
INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL
MIO-PLIOCENO”**

**La tesis fue sustentada y aprobada el día 16 de Abril del 2014, por el
jurado calificador integrado por:**

Presidente:


Ing. Pío A. Coila Valdez

Secretario:


Ing. Jorge P. Barriga Gamarra

Vocal:


Ing. Fernando Velásquez Díaz

DEDICATORIA

A mi madre Juliana Espinoza Espinoza y mi padre Gabino Chambilla Flores, que me apoyaron a cada instante en la concretización de mis estudios, y a mis profesores quienes me enriquecieron de conocimientos y experiencias en mi carrera profesional.

El Autor.

ÍNDICE

HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE –SAMA INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL MIO- PLIOCENO

RESUMEN.....	1
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Introducción	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	4
1.3. Objetivos de la Investigación	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Hipótesis	5
2. MARCO TEÓRICO	5
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA ESTUDIO.....	11
3.1. Ubicación y Extensión	11
3.2. Vías de acceso	14
3.3. Climatología.....	14
3.3.1. Precipitación.....	14
3.3.2. Temperatura.....	15
3.3.3. Humedad relativa	15
3.3.4. Evaporación	15
3.3.5. Viento	16
4. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	16
4.1. Geomorfología Regional.....	16
4.1.1. Unidad Geomorfológica Cordillera Occidental.....	17
4.1.2. Unidad Geomorfológica Puna	19
4.1.3. Unidad Geomorfológica Flanco Disectado de los Andes ..	20

4.1.4. Unidad Geomorfológica Pampa Costanera.....	26
4.1.5. Unidad Geomorfológica Cordillera de la Costa	29
4.1.6. Unidad Geomorfológica Superficie Huaylillas	30
4.1.7. Valles	31
4.1.8. Unidad Geomorfológica Cono Deyectivo.	32
4.2. Geología Regional	33
4.2.1. Complejo Basal de la Costa (PP-cb)	33
4.2.2. Grupo Ambo (C-am).....	33
4.2.3. Formación Chocolate (Ji-cho)	34
4.2.4. Formación Pelado (Ji-pe)	35
4.2.5. Formación San Francisco (Jm-sf)	36
4.2.6. Formación Ataspaca (Js-a)	37
4.2.7. Formación Chachacumane (Jk-cha)	38
4.2.8. Formación Chulluncane (Ki-chu)	38
4.2.9. Formación Toquepala (Kp-to).....	39
4.2.10. Formación Tarata Inferior (Pe-ta)	40
4.2.11. Volcánico Huilacollo (Po-hl)	40
4.2.12. Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i)	41
4.2.13. Formación Moquegua Superior (PN-mo_s).....	42
4.2.14. Formación Huaylillas (Nm-hu)	43
4.2.15. Formación Magollo (Nm-ma).....	44
4.2.16. Derrumbes Pliocénicos (Npl-dr)	45
4.2.17. Conglomerado Los Molles (Npl-moll)	45
4.2.18. Formación Sencca (Npl-se).....	46
4.2.19. Deslizamiento Pliocénico 01 (Npl-ds_1)	46
4.2.20. Deslizamiento Pliocénico 02 (Np-ds_2).....	47
4.2.21. Volcánico Barroso (NQ-ba)	48
4.2.22. Depósitos Cuaternarios	49

A. Conglomerado Pleistocénico (Np-cgl)	49
B. Depósitos de Morrena (Qh-mo)	49
C. Depósitos Fluvioglaciares (Qh-fg)	49
D. Depósitos Deluviales (Qh-dl).....	49
E. Depósitos Coluviales (Qh-col)	50
F. Depósitos Aluviales (Qh-al)	50
G. Depósitos Eólicos (Qh-el)	51
H. Depósitos Fluviales (Qh-fl)	51
4.2.23. Rocas Intrusivas	51
A. Intrusivo Cabanillas (Dc-gr)	51
B. Unidad Intrusiva Batolito Yarabamba (Pp-ya/gd-mzd, Kp-ya/gd/cd)-Cretaceo/Paleoceno	52
C. Unidad Intrusiva Batolito Challaviento (Pe-cha/gd/to/gd-mzd)-Eoceno	52
4.3. Geología Estructural.....	53
4.3.1. Sistema de fallas del Incapuquio (Falla Incapuquio, Challaviento, Ancocalani, Chañal)	53
4.3.2. Sistema de falla Calientes.	58
4.3.3. Esbozo de la evolución geomorfológica del área de estudio	59
4.4. Geología del Acuífero.....	66
4.4.1. Interpretación de la disposición del basamento hidrogeológico de la pampa Layagache a partir de los antepozos y el pozo exploratorio de Layagache.....	68
4.4.2. Descripción litológica de los pozos P-4, P-5 y IRHS-34. ..	70
4.4.3. Descripción Litológica e interpretación de los testigos del taladro diamantino PEL-01	80

5. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	101
5.1. Método Geofísico y equipo utilizado	101
5.2. Trabajo de campo	103
5.3. Trabajo de gabinete	104
5.4. Resultados	105
5.5. Descripción de las secciones geofísicas	109
5.5.1. Pampa Layagache	109
5.5.1.1. Sección geofísica A - A'	109
5.5.1.2. Sección geofísica B - B'	111
5.5.1.3. Sección geofísica C - C'	114
5.5.1.4. Sección geofísica D - D'	117
5.6. Sondajes paramétricos	119
6. PERFORACIÓN DEL TALADRO DIAMANTINO PEL-01	127
6.1. Ubicación	127
6.2. Descripción de las actividades	127
6.2.1. Trabajos preliminares	127
6.2.2. Perforación diamantina.	128
6.3. Características constructivas post construcción PEL-01	133
7. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA Y MANANTIALES	136
7.1. Tipo de fuentes de agua subterránea	136
7.2. Inventario de manantiales	136
7.3. Inventario de pozos	139
7.3.1. Tipo de pozos	139
7.3.2. Profundidad y diámetro de los pozos	141
7.3.3. Estado de pozos	142
7.3.4. Uso de pozos	143
7.3.5. Equipo de bombeo	144
7.3.6. Rendimiento de pozo	144

8. HIDROLOGÍA DE LA SUBCUENCA	145
8.1. Descripción de la zona de estudio	145
8.2. Precipitación	145
8.3. Estimación de escorrentía	146
9. HIDROGEOLOGÍA	149
9.1. Reservorio acuífero	149
9.2. Geometría del acuífero	151
9.3. Mecanismo de circulación de las aguas subterráneas	152
9.4. Recarga del acuífero	154
9.5. La napa subterránea.....	155
9.6. Hidrodinámica.....	156
9.6.1. Parámetros hidráulicos.....	156
9.6.2. Prueba de Rendimiento.....	156
9.6.3. Prueba de Recuperación.....	157
9.6.4. Resultados e interpretación (AquiferTest V2010).....	157
10. HIDROGEOQUÍMICA.....	159
11. RESERVAS DEL ACUIFERO LAYAGACHE-SAMA.....	161
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	164
13. ANEXOS.....	169
13.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio M-1	
13.2. Geología y geomorfología	
13.2.1. Mapa Geomorfológico GE-1	
13.2.2. Mapa Geológico GE-2	
13.2.3. Mapa Estructural GE-2.1	
13.2.4. Corte Geológico A – A' GE-3	
13.2.5. Corte Geológico B – B' GE-4	
13.2.6. Registro litológico de los pozos P-4, P-05 y IRHS 34	

- 13.3. Prospección Geofísica
 - 13.3.1. Mapa de Ubicación de Sevs. GF-1
 - 13.3.2. Sección Geoeléctrica A-A'. GF-2
 - 13.3.3. Sección Geoeléctrica B-B'. GF-3
 - 13.3.4. Sección Geoeléctrica C-C'. GF-4
 - 13.3.5. Sección Geoeléctrica D-D'. GF-5
- 13.4. Registro litológico de taladro rotativo PEL-01
- 13.5. Inventario de fuentes de agua y manantiales
 - 13.5.1. Mapa ubicación de fuentes de agua. IF-1
- 13.6. Hidrología de la Subcuenca
 - 13.6.1. Mapa de Isoyetas sub cuenca Layagache. HI-1
 - 13.6.2. Descargas generadas con precipitación
- 13.7. Hidrogeología
 - 13.7.1. Mapa isopiezas acuífero confinado Layagache HG-1
 - 13.7.2. Reporte de análisis de Prueba de Recuperación P-4
- 13.8. Hidrogeoquímica
 - 13.8.1. Mapa de Distribución de pH, Cond. Eléctrica, Boro y Arsénico HQ-1
 - 13.8.2. Mapa Hidroquímico HQ-2
 - 13.8.3. Análisis físico químico Subcuenca Layagache

14. BIBLIOGRAFIA..... 178

RESUMEN

En la región Tacna, distrito de Sama Inclán y sector de la Pampa Layagache, se encuentra emplazado un acuífero del tipo confinado con un espesor de 40m, a una profundidad promedio de 200 m, cuyo nivel piezométrico asciende hasta 40 m, medido desde la superficie, la permeabilidad de este acuífero es $6,05 \times 10^{-4}$ cm/s, transmisividad 2,42 cm^2/s y coeficiente de almacenamiento $6,13 \times 10^{-5}$.

El manto del acuífero está emplazado en los conglomerados denominado Los Molles, tal como se muestra en el Taladro Diamantino PEL-01, de 274 m de profundidad. Este acuífero se caracteriza, por presentar dos factores geológicos bien definidos: el primero es estratigráfico y el segundo tectónico. A inicios del Plioceno inferior (F.T. Quechua 3), los Andes son levantados por la tectónica de placas y como consecuencia de esta actividad, las fallas del sistema Incapuquio se reactivaron, dividiendo la sub cuenca Layagache en dos: Entre la Cordillera y el Flanco Disectado de los Andes, por esta razón el drenaje hacia la Pampa de Layagache en su cabecera, fue interrumpida en dirección al sistema de falla NO-SE.

La reserva total del acuífero Layagache es de 290,29 MMC, esta reserva de agua puede ser aprovechada para consumo humano de los Centros

Poblados de Sama Las Yaras e Inclán, donde la disponibilidad de estos recursos hídricos es escasa, cuya explotación de sus aguas con un adecuado uso racional de este recurso, dotaría en forma continua y sostenible a la población de Sama, con aguas de buena calidad con un caudal máximo de explotación de 3 a 5 l/s.

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

El Sur del Perú, específicamente la costa de la región Tacna tiene extensos terrenos fértiles, en los que también se emplazan los Centros Poblados de Sama Las Yaras y Sama Inclán, donde la disponibilidad de los recursos hídricos para consumo humano y para riego es crítica y escasa, por lo que se hace necesario realizar investigaciones hidrogeológicas en el subsuelo de las Pampas de Sama.

En el sector denominado Pampa Layagache, se emplaza un acuífero cautivo del tipo confinado, denominado “Acuífero Layagache”, ubicado a 12 km en dirección NE del Complejo Aduanero de Tomasiri y aproximadamente a 22,4 Km en dirección NO desde la Ciudad de Tacna; la explotación de sus aguas subterráneas mediante la construcción de un pozo tubular, puede ser utilizado sin dificultad con un adecuado uso racional de este recurso, el cual dotaría de agua de buena calidad en forma continua y sostenible a los centros poblados de Sama Inclán y Las Yaras, beneficiando a 4 064 y 2 387 habitantes según IX Censo Nacional realizado en el año 2007, mejorando así la calidad de vida de sus habitantes.

1.2. Planteamiento del Problema

Los distritos de Sama Las Yaras y sama Inclán en la actualidad no utilizan, para el consumo poblacional, el agua del río Sama, el cual contiene Boro y Arsénico muy por encima de la norma de agua para uso poblacional, dichos distritos son atendidos por cisternas que traen el agua de la ciudad de Tacna.

En la actualidad, no existen informes técnicos serios en la zona de estudio, que permitan conocer los principales componentes geoestructurales e hidrogeológicos que expliquen el comportamiento del acuífero de Layagache.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Identificar los principales componentes geoestructurales e hidrogeológicos del sistema acuífero Layagache, que permitan conocer su comportamiento y funcionamiento para establecer lineamientos para su explotación racional.

1.3.2. Objetivos Específicos

Identificar y caracterizar los elementos geoestructurales del acuífero Layagache.

Identificar y caracterizar los elementos hidrogeológicos del acuífero Layagache.

Entender el comportamiento y funcionamiento del acuífero de Layagache.

Definir lineamientos de explotación del acuífero Layagache.

1.4. Hipótesis

Al Identificar los componentes geoestructurales e hidrogeológicos del sistema acuífero Layagache, se podrá conocer su comportamiento y funcionamiento, con lo cual se podrá establecer lineamientos de explotación racional de dicho acuífero, con fines de uso poblacional.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definición de acuífero

Un acuífero se define como una unidad geológica saturada capaz de almacenar y transmitir agua, susceptible de ser explotada en cantidades económicamente apreciables para atender diversas necesidades. Los acuíferos más comunes son las arenas y gravas no consolidadas, así como las rocas sedimentarias permeables tales como las areniscas y calizas. Las rocas

cristalinas y volcánicas intensamente meteorizadas y/o fracturadas también pueden ser clasificadas como acuíferos.

2.2. Zonas de un acuífero

Zonas de alimentación o recarga: Aquellas zonas donde el agua de precipitación, riego, superficial, etc. se infiltra.

Zona de circulación: Compreendida entre la zona de alimentación y la zona de descarga, en donde el agua se desplaza.

Zona de descarga: Zonas donde el agua sale del acuífero, como puede ser un manantial o la descarga al mar o a un río.

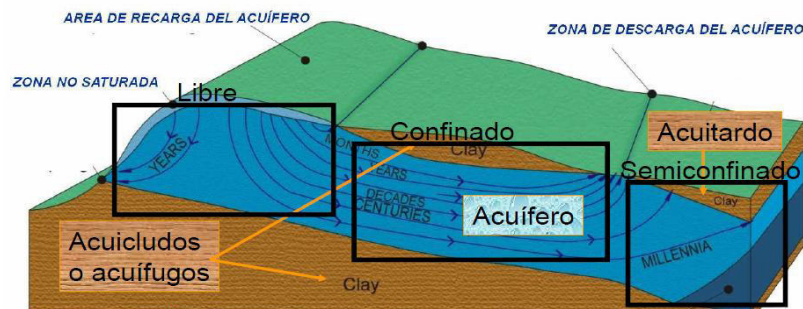


Fig. N° 01. Zona de un acuífero

2.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales acuífero

Acuitardo: Almacena agua y la transmite lentamente. Ejemplo: arenas limosas o arcillosas

Acuicludo: Almacena agua pero no la transmite. Ejemplo: arcillas

Acuifugo: Ni almacena ni transmite. Ejemplo: roca consolidada no porosa.

Acuífero: almacenan y transmiten el agua en cantidades significativas.

2.4. Tipos de acuífero

Se distinguen tres tipos principales de acuíferos: libres, confinados y semiconfinados.

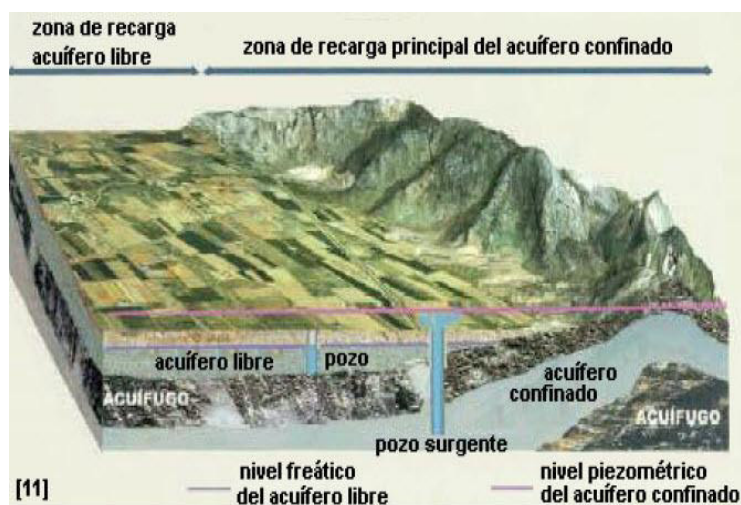


Fig. N° 02. Tipos de acuífero

- a. **Acuífero libre:** Son aquellos que presentan una superficie libre de agua que está en contacto directo con la atmósfera, sometida por consiguiente a la presión

atmosférica. Dicha superficie se denomina superficie freática.

- b. Acuífero confinado:** Acuíferos en el cual el agua se encuentra sometida a una presión mayor que la atmósfera y son formaciones permeables que son limitadas por capas impermeables. En este caso la formación se encuentra completamente saturada. Aquí no existe superficie libre del agua, pero si puede hablarse de una superficie imaginaria que coincide con el nivel hidrostático del agua en el acuífero.
- c. Acuífero semiconfinado:** Son acuíferos que se encuentran completamente saturados de agua y están limitados ya sea por su base o por el techo, o por ambos lados de una capa o formación semipermeable (acuitardo). Esta situación permite que haya flujo entre acuíferos que se encuentren separados por el acuitardo, flujo que puede efectuarse en dirección de la diferencia de niveles piezométricos existentes entre los mismos.

2.5. Propiedades de un acuífero

- a. Conductividad hidráulica:** Volumen de agua gravífica que percola durante la unidad de tiempo a través de una unidad de superficie de una sección del terreno bajo un gradiente hidráulico igual a la unidad y a una temperatura fija de 20°C.

Cuadro N° 01. Valores de conductividad hidráulica

K (m/día)	Calificación	Comportamiento
$K < 10^{-2}$	Muy baja	Impermeables
$10^{-2} < k < 1$	Baja	Acuíferos pobres
$1 < k < 10$	Media	Buenos acuíferos
$10 < k < 100$	Alta	
$K > 100$	Muy alta	

$$K_h > k_v$$

(K_h 10 a 20 veces mayor)

- b. Transmisividad (t):** Se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno de ancho unidad y de altura igual a la de la zona saturada bajo un gradiente unidad y a una temperatura fija de 20°C. La transmisividad es:

$$T = kb$$

k = conductividad hidráulica (permeabilidad)

b = espesor saturado

La transmisividad tiene dimensiones L^2T^{-1} y unidades de $m^2/día$

Cuadro N° 02. Valores de transmisividad

T ($m^2/día$)	Calificación estimada
$T < 10$	Muy baja
$10 < T < 100$	Baja
$100 < T < 500$	Media
$500 < T < 1000$	Alta
$T > 1000$	Muy alta

c. Coeficiente de Almacenamiento (S)

Volumen de agua que se libera de un volumen prismático de acuífero, que tenga por base la unidad de área y por altura, la altura saturada del acuífero, cuando se desciende el nivel piezométrico una unidad. El coeficiente de almacenamiento es adimensional.

En acuíferos libres:

$S =$ porosidad eficaz (el acuífero se “desatura”)

En acuíferos confinados

$S \ll$ porosidad eficaz (el acuífero se “descomprime”) Es la suma del agua liberada por el acuífero como consecuencia de

la dilatación que ésta sufre al descomprimirse y el agua que cede el terreno al compactarse el armazón por tener que soportar en mayor parte el peso del terreno suprayacente.

Cuadro N° 03. Valores de Coeficiente de almacenamiento

Material acuífero	Funcionamiento del acuífero	Valor de S
Acuíferos kársticos Calizas Dolomías	Libre	0,02 – 0,06
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$
Acuíferos porosos intergranulares Gravas Arenas	Libre	0,05 – 0,15
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Acuíferos kársticos y porosos Calcarenitas	Libre	0,15 – 0,18

3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA ESTUDIO

3.1. Ubicación y Extensión

La zona del presente estudio se encuentra ubicada en la parte Sur de la Costa Peruana, región Tacna, distrito Sama Inclán y sector de la Pampa Layagache, a una elevación en promedio de 700 msnm; esta zona está comprendida en la cabecera del desierto

más árido del mundo (Atacama) cuya característica esencial es la hiperaridez.

Hidrológicamente se ubica en la cuenca del río Sama y el área total de la zona de estudio se estima en 85 Km².

Políticamente se ubica en:

Región	:	Tacna
Provincia	:	Tacna
Distrito	:	Sama Inclán
Sector	:	Pampa Layagache

El acuífero de La Pampa Layagache está ubicado a 12,8 km en dirección SE del río Sama y el Complejo de Aduanas Tomasiri y a 22,4 km de la ciudad de Tacna, geomorfológicamente en una geoforma que determina un gran cono de deyección, bisectado por numerosas quebradas formando pampas ondulares suaves, que tienen como límite la Cordillera de la Costa y el Flanco Disectado de los Andes por el Norte.

Geográficamente se encuentra determinado por las siguientes coordenadas: 17° 55' 32,85'', Latitud y 70° 27' 13,96'' Longitud

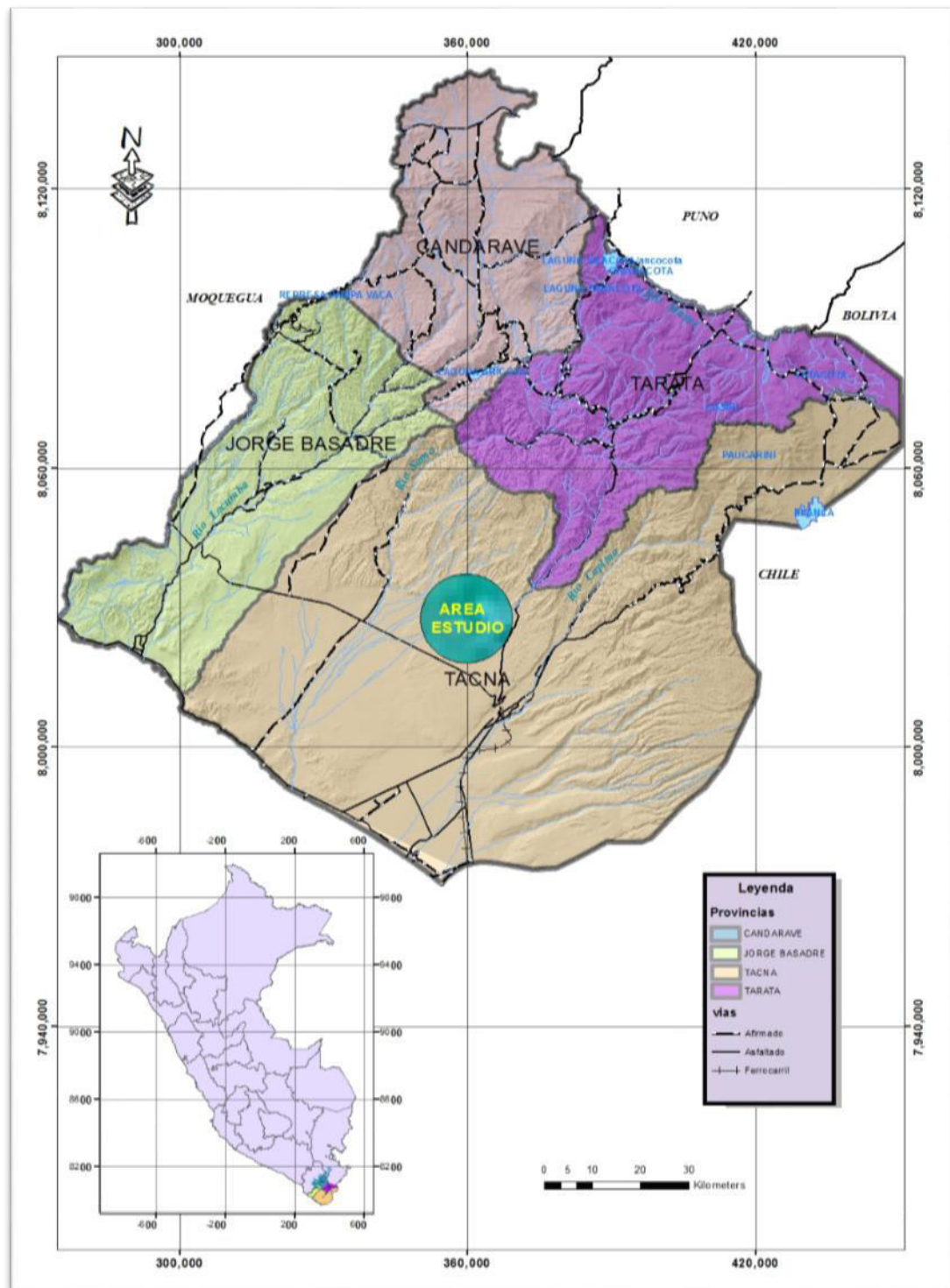


Fig. 03 Mapa de ubicación de la zona de estudio

3.2. Vías de acceso

El acceso a la zona de estudio desde la ciudad de Tacna se realiza a través de la vía asfaltada Panamericana Sur en dirección Noroeste, en dirección a Lima, desviándose en el km 35, hacia aguas arriba de la quebrada Los Molles, por una trocha carrozable de 2 km de longitud. El viaje de Tacna a la zona de estudio dura en promedio media hora en camioneta.

3.3. Climatología

El análisis climatológico de la zona de estudio se ha realizado en base a la información obtenida de los registros meteorológicos de las estaciones más cercanas como: Tarata, Talabaya, Paucarani, Toquela, Palca, Calientes, Sama y Calana, proporcionadas por el área de Hidrología del PET.

3.3.1. Precipitación

La precipitación total promedio mensual (TPM), en la parte baja de la cuenca es menor a 10 mm/año y en la cuenca húmeda 100 a 140 mm/año, cabe mencionar que las disponibilidades temporales tiene sus nacientes en las subcuencas altoandinas de Cotañane, Palquilla, Talane,

Huacano y Homune con un área de drenaje de 102 km², donde el periodo más lluvioso se concentra en los tres primeros meses del año (Enero-Marzo), siendo el 70% de la precipitación total anual.

3.3.2. Temperatura

En base a la información registrada en las estaciones Calientes y Sama, la temperatura media mensual varía entre 10° C durante la noche y 30° C durante el día.

3.3.3. Humedad relativa

La humedad relativa media mensual registrada en nuestra zona de estudio es alta, alcanzando una humedad de 70 % por estar emplazado en la unidad geomorfológica de las Pampas Costaneras muy cerca de la Faja Litoral.

3.3.4. Evaporación

En las estaciones meteorológica de Tacna, Calientes y Sama se disponen de registros (1950-1956) de evaporación de tanque clase A, para esta serie histórica la

evaporación media mensual varía entre 124,5 mm/mes (Febrero) y 166,4 mm/mes (diciembre).

3.3.5. Viento

El promedio mensual de la velocidad de viento registrada en la estación de Sama (1974-1988) varía entre 4,2 m/s (abril) y 6,2 m/s (Julio), registrándose 5,3 m/s como velocidad promedio anual.

4. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

4.1. Geomorfología Regional

El actual relieve es producto de la conjunción de muchos factores que acompañaron al levantamiento andino, como: deformación tectónica, clima extremo y vulcanismo.

La Subcuenca de Layagache se caracteriza por no presentar la unidad Geomorfológica de la Cordillera y Puna, ya que esta fue decapitada por el sistema de fallas del Incapuquio de dirección NO-SE (Ver fig. N° 5 y 6), quedando restringida a una pequeña área, provocando consigo una consecuencia hidrológica que es la escasez del recurso hídrico y de no alimentar al acuífero de Layagache ya que se cuenta con una cuenca húmeda muy

restringida de 10 km² con una precipitación de 160 mm al año (Ver mapa de isoyetas).

Regionalmente se puede distinguir las unidades geomorfológicas de: Cordillera Occidental, Puna, Flanco Disectado de los Andes, Pampa y Cadena Costanera. Además existen otros rasgos geomorfológicos bien marcados regionalmente como la Superficie Huaylillas, Valles y Conos Deyectivos, los que a continuación se describen:

4.1.1. Unidad Geomorfológica Cordillera Occidental

Regionalmente esta unidad de Cordillera, es la cadena montañosa más larga del mundo de 8 000 km. y con un ancho de hasta 150 km aproximadamente, que constituye la divisoria de aguas hacia el Occidente a la vertiente del Océano Pacífico y hacia el Oriente a la vertiente del lago Titicaca. En la zona Sur del Perú está orientada en dirección NO-SE y en el Norte de Chile, su orientación es N-S, su base está constituida por un núcleo Paleozoico, cubiertas por rocas del Mesozoico y Cenozoico.

[illegible]

En la parte alta de la cuenca Sama tenemos a la Cordillera del volcánico Barroso, nevado Chontacollo, Iñuma y cerros Antajave, Purupurune, Jarumas, Churipucho y Azufrini, esta

cadena montañosa está conformado por lavas andesíticas, traquíticas a dacíticas y volcanoclastos, que tienen su base entre los 3 500 a 4 000 m de altitud y se elevan sobre los 4 700 a 6 300 msnm. Las pendientes de estos cerros en las cumbres superan los 40° y en la parte media y baja 15° a 20°.

4.1.2. Unidad Geomorfológica Puna

Regionalmente esta unidad, se ubica extensamente al Noroeste de la zona de estudio, emplazada en las Pampas Huaycota, Turun Turun, Sipincalani y Cicuni.

La unidad geomorfológica de Puna se ubica en el NE de la zona de estudio en el sector de Palquilla. Altitudinalmente se encuentra entre los 3 800 á 3 900 msnm, la topografía está constituida por laderas de alta pendiente de tal manera que las precipitaciones del verano discurren por escorrentía superficial no permitiendo la infiltración de las aguas a través de los afloramientos rocosos, en general las laderas se encuentran cubiertas por una capa de gravas con clastos en una matriz areno limosa que sostienen una vegetación de tallo corto como la tola, etc. que de alguna

manera protegen la ladera de la erosión, tal como se observa en la foto N° 01.

La unidad geomorfológica de Puna se circunscribe a un área muy reducida con respecto a las demás unidades geomorfológicas, pero constituye la principal zona de recepción de agua de lluvia, de donde proviene la alimentación del acuífero superficial de Layagache.

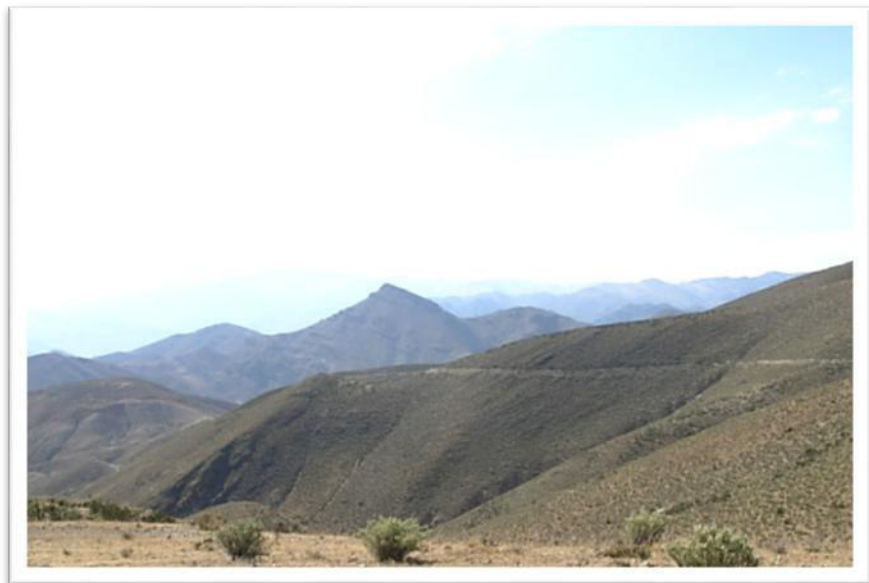


Foto N° 01 Unidad Geomorfológica de Puna cubierta por una delgada capa de suelo que sostiene una vegetación incipiente.

4.1.3. Unidad Geomorfológica Flanco Disectado de los Andes

Esta unidad geomorfológica se encuentra ubicada al Noreste del área de estudio y altitudinalmente se encuentra

entre los 1 000 msnm á 3 800 msnm y se caracteriza por presentar una topografía muy accidentada originada por la intensa erosión de las quebradas cuya dirección fue originada durante el Plioceno y alcanzaron su actual configuración luego de las crisis climáticas y la actividad tectónica del Plio-Pleistoceno (F.T Quechua 2 y Quechua 3). Esta unidad geomorfológica se caracteriza porque predominan las laderas de media a alta pendiente y de hasta 400 m de profundidad. La quebrada principal Chero a lo largo de su recorrido tiene una gradiente de 6% en promedio, la quebrada Cerrillos Negros tiene una gradiente longitudinal también compuesta pero de mayor pendiente de 7% (51% de la longitud total) en la parte baja, 11% (40%) en la parte media y de 19% (9%) en la cabecera y la quebrada Puquio presenta un perfil compuesto, el primer tramo en la parte baja entre 2 á 3% (50%), un segundo tramo de 11% (28%) y la cabecera de 23% (22%), (Ver foto N° 02)

Esta disposición de las gradientes de las tres quebradas principales nos indican la mayor madurez geomorfológica de las quebradas Puquio y Chero cuyas gradientes son de

baja pendiente e indican que han conducido importantes volúmenes de agua en el pasado, en especial la quebrada Chero.

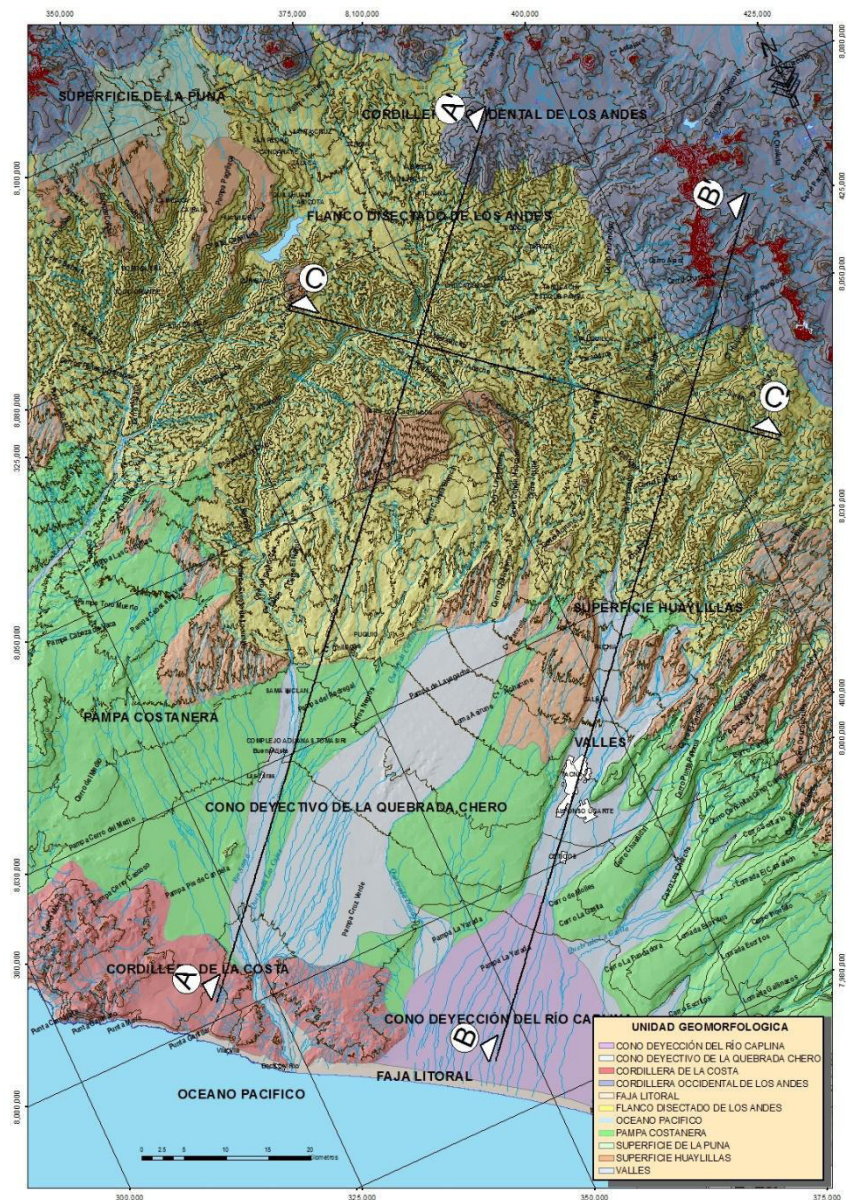


Fig. Nº 05. Mapa geomorfológico regional.

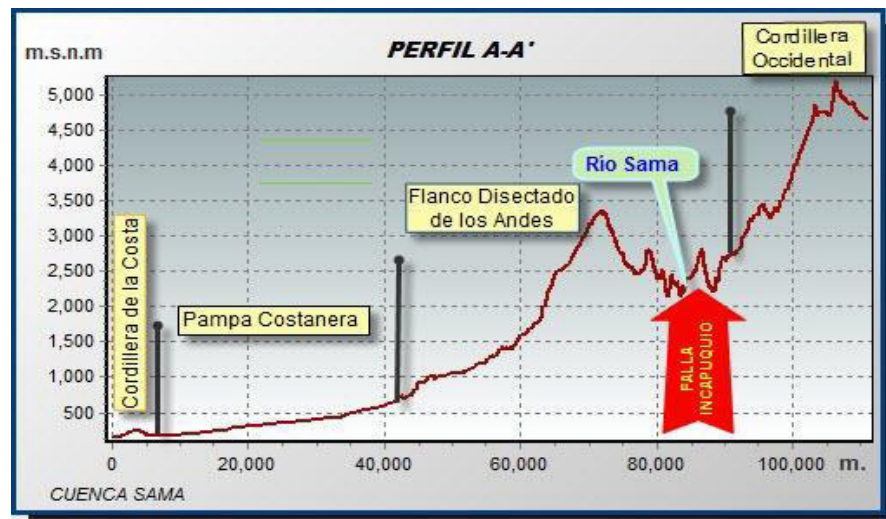


Fig. Nº 06. Perfil longitudinal, cuenca Sama, obsérvese la depresión formada, por el sistema de fallas del Incapuquio, cuyo drenaje cambia drásticamente en dirección de Este a Oeste.

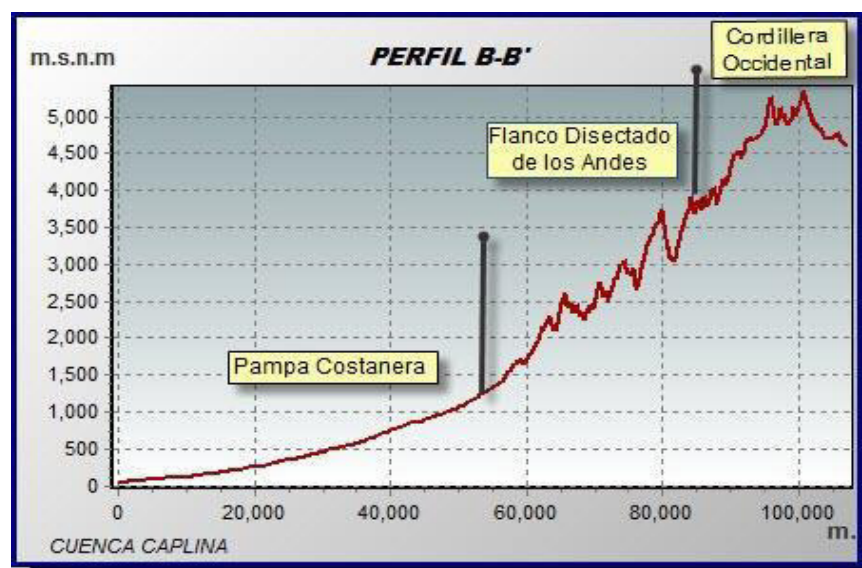


Fig. Nº 07. Perfil longitudinal, cuenca Caplina, interconectado con sus tres unidades geomorfológicas cuyo drenaje es en dirección al SO.



Foto N° 02. Quebrada Puquio de pendiente baja a media, está quebrada es amplia e indica que importantes volúmenes de agua discurrieron en el pasado.

Los cerros en general corresponden a una topografía accidentada debido a la fuerte erosión, actividad geodinámica y tectónica del pasado, las elevaciones son de hasta 3 800 m en los cerros Caquilluco, Cohuahuacano, Machani, etc. Particularmente, se puede diferenciar las geoformas de los cerros por la litología de las unidades aflorantes y la influencia de las fallas tal como el Sistema de fallas de Incapuquio que ocasionaron deslizamientos y

derrumbes dejando geoformas en arco, lóbulos tal como se observa en la imagen N°01 y fotos N° 03 y 04.

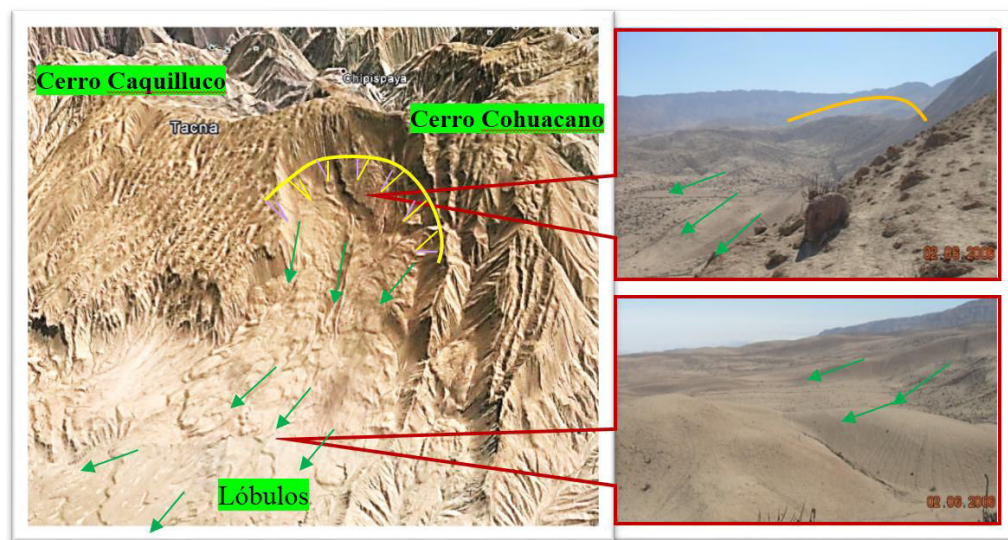


Imagen N° 01 y Fotos N° 03 y 04. Cabecera de la quebrada Cerrillos Negros donde se observa el arco y los lóbulos de un gigantesco deslizamiento ocasionado por factores tectónicos y climáticos.

Las lomadas bajas se encuentran constituidas depósitos de aluviales antiguos. Pero el rasgo más destacado lo constituyen los gigantesco deslizamientos y derrumbes, los primeros llegaron en algunos casos hasta la Pampa Costanera y los derrumbes se depositaron en los flancos de los cerros de tal manera que se observan laderas con

pendiente compuesta. Los cerros escarpados están asociados a zonas de falla.

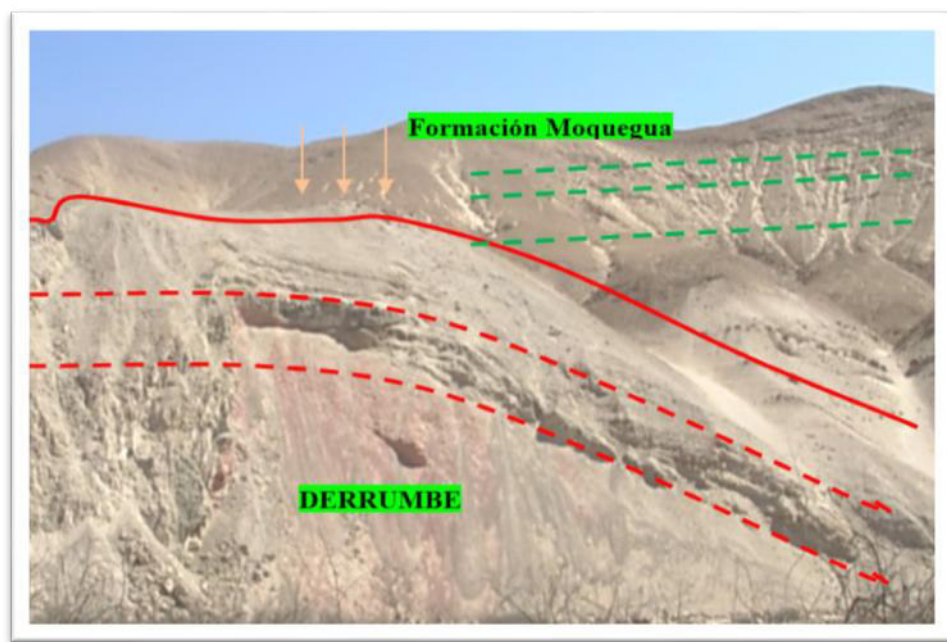


Foto N° 05.Quebrada Cerrillos Negros, en la parte superior se observa la roca de la formación Moquegua intacta, con estratificación horizontal y la parte baja una zona de derrumbes.

4.1.4. Unidad Geomorfológica Pampa Costanera

Esta unidad geomorfológica está constituida por una topografía con pendientes comprendidas entre 1° á 2º y se encuentra ubicada entre los 200 y 1 000 msnm de altitud. Esta unidad geomorfológica fue incidida durante la ocurrencia de las crisis climáticas por las quebradas de

Puquio, Cerrillos Negros, Chero y por una serie de quebradas secundarias, estas quebradas mayormente depositaron la carga de sedimentos en suspensión y de arrastre, en una superficie de erosión en forma de cubeta y/o paleocauces por el levantamiento de los andes. Ver Mapa Geológico GE-2 y corte geológico B-B'. En nuestra zona de investigación las quebradas se han instalado en forma subparalela a trenzada y en dirección SO.

Los actuales agentes modeladores del relieve lo constituyen las variaciones climáticas y el viento.



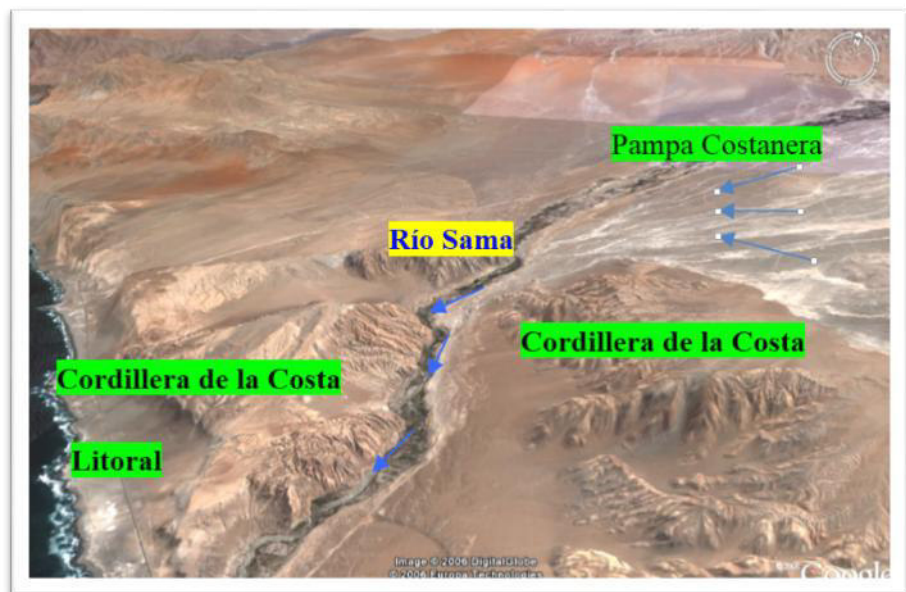
Foto N° 06. Unidad Geomorfológica de Pampa Costanera donde las pendientes se encuentra entre 1° á 2°.

➤ **Quebradas Puquio, Chero, Cerrillos Negros y Los Molles.**

Las quebradas principales Puquio, Chero, Cerrillos Negros y Molles al ingresar a la unidad geomorfológica de Pampa Costanera en Layagache disminuyen su pendiente a 3%, estas quebradas son de sinuosidad débil, por lo tanto no son meandriformes.

Las quebradas antes indicadas al ingresar a la unidad geomorfológica de Pampa Costanera sus cauces se emplazan en depósitos aluviales permeables.

En la parte baja de la cuenca Layagache, las quebradas al llegar a la Unidad Geomorfológica de Cordillera de la Costa son impedidas de continuar y se ven obligadas girar a la derecha y desembocar en el río Sama, en este sector las quebradas desembocan con los siguientes nombres: Agua Dulce, Molles, Brujas y el Cocal tal como se observa la imagen N° 02.



Imag. Nº 02 Unidad Geomorfológica de Pampa Costanera, el drenaje discurre de NE á SO, en la época de lluvias excepcionales sus aguas desembocan en el río Sama.

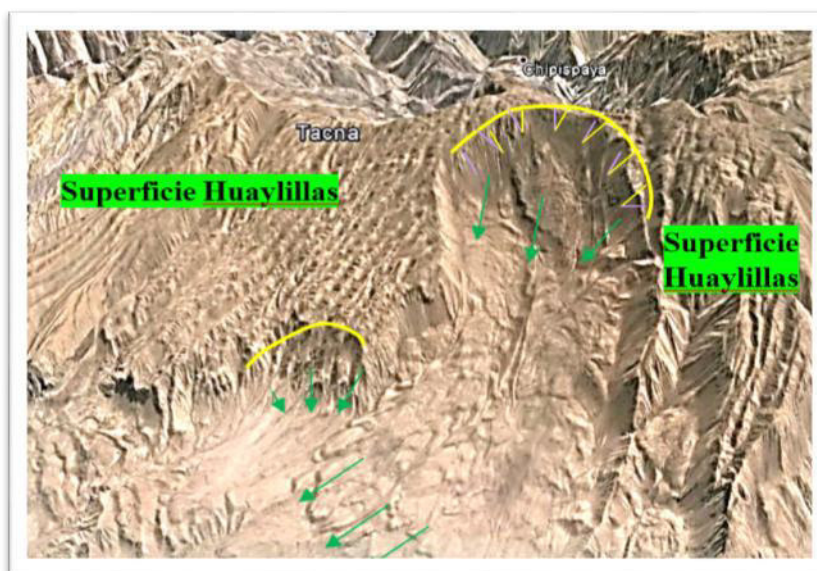
4.1.5. Unidad Geomorfológica Cordillera de la Costa

La unidad geomorfológica de la Cordillera de la Costa está constituida por una cadena de elevaciones muy antiguas cuyos flancos presentan inclinaciones de 12º á 18º, la unidad geomorfológica de Cordillera de la Costa se encuentra muy fracturada por el tectonismo del pasado y está cubierta por depósitos eólicos que enmascaran sus características físicas. El río Sama atravesó dicha cadena

probablemente aprovechando un sistema de fallas de dirección NO-SE.

4.1.6. Unidad Geomorfológica Superficie Huaylillas

La Superficie Huaylillas se ubica en la cabecera de la cuenca y se ha establecido una superficie de 50 km², esta área constituye el remanente de una gran superficie la cual fue erosionada debido a efectos tectónicos y climáticos del Plio-Pleistoceno. La Superficie Huaylillas se ubica entre los 2 400 msnm y 3 800 msnm, la inclinación promedio de la superficie es de 13° hacia el SO.



Imag. N° 03. Superficie Huaylillas en la parte superior se presenta arcos de deslizamientos, esta superficie se ubicada en la parte alta de la subcuenca de Layagache.

La superficie Huaylillas comprende una geoforma formada por la acumulación de los últimos flujos ignimbríticos de la Formación Huaylillas. El drenaje es paralelo y denso tipo “Encalaminado”, con una dirección de NE a SO, la serie de quebradas formadas tienen profundidades entre 25 m hasta 300 m de profundidad. Al Suroeste de esta superficie (parte baja) se han formado anfiteatros debido a los deslizamientos de las rocas duras de la Formación Huaylillas, tal como se observa en la imagen N° 03.

4.1.7. Valles

En el Flanco Disectado de Los Andes, los valles presentan secciones en forma de “V”, es decir fondos estrechos y flancos con pendientes fuertes, los desniveles son grandes, alcanzando 1 800 m en el río Sama, 750 m en quebrada Chero, y 1 300 m en río Caplina (Ver Fig. N° 8); al llegar a la unidad geomorfológica de la Pampa Costanera, los valles se amplían, presentando secciones en forma de “U”, y los flancos de pendiente media. El valles de la Quebrada Los Molles y los ríos Sama y Caplina superan los 3 km de ancho.

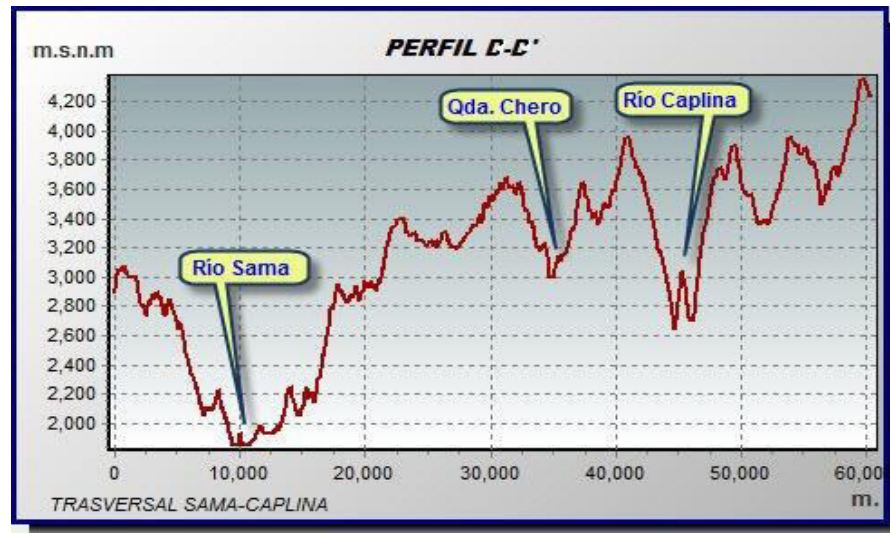


Fig. Nº 08. Perfil Transversal, cuenca Sama y Caplina.

4.1.8. Unidad Geomorfológica Cono Deyectivo.

Esta subunidad geomorfológica se encuentra emplazada dentro de las unidades geomorfológicas de Pampa Costanera y Cordillera de la Costa, se caracteriza por presentar superficies planas en forma de “Cono”.

El modelado de los valles de Conos Deyectivos, es heredado de las crisis climáticas del Pleistoceno, en Faja Litoral, se caracteriza por la presencia de terrazas eustáticas cuyo material es fluvio-marino, por las transgresiones y regresiones del mar.

4.2. Geología Regional

4.2.1. Complejo Basal de la Costa (PP-cb)

En la región de Tacna el basamento metamórfico solamente se conoce en una zona de afloramientos, localizada en la quebrada Chero, en la localidad de Mal Paso, aproximadamente en el km 60 de la carretera Tacna-Tarata, a la altura del Cerro Machani. La zona de afloramientos se extiende en forma alargada con dirección NNO-SSE a través de los cerros Ancocalani y Chinchillane, aflora una faja angosta de ortogneises. El ortogneis presenta laminaciones con un ancho de 1 a 5 mm y están compuestas de hornblenda con mica y feldespato con cuarzo. En algunos afloramientos del ortogneis, se encuentran vetas o pequeños diques de pegmatita compuesta por ortosa, muscovita y cuarzo.

4.2.2. Grupo Ambo (C-am)

Aflora como una franja angosta de dirección NNO-SSE. Se expone a lo largo del flanco oriental de los cerros Ancocalani y Chinchillane. Los estratos del Grupo Ambo en la quebrada Ancosontine se encuentran en contacto con

rocas graníticas y a su vez que se encuentran bastante plegados. Los afloramientos de este grupo se encuentran infrayaciendo a las rocas basálticas de la Formación Junerata. El Grupo Ambo, está conformado a la base por una sucesión de estratos de conglomerados con clastos de cuarzo en su mayor parte, con ocasionales clastos de areniscas y lutitas. Estos clastos se presentan de forma redondeada a sub redondeada, con un diámetro que varía de 0,2 a 5 cm distribuidos en canales fluviales consecutivos con figuras de canal y clastos imbricados. La matriz de estos conglomerados está conformada por areniscas de grano medio a fino, con granodecresencia hasta llegar a areniscas de grano medio y en la parte media de lutitas de color negro con niveles de areniscas cuarzosas.

4.2.3. Formación Chocolate (Ji-cho)

La formación Chocolate en nuestra zona de estudio aflora al sur del poblado de Sama y al este del poblado de Palquilla y Ticana, constituido en su base por una serie de derrames andesíticos gris oscuro, en bancos gruesos, con intercalaciones de brechas marrones. En el sector de

Palquilla está conformada por una unidad sedimentaria de conglomerados con clastos volcánicos y areniscas arcósicas. La formación Chocolate ha sido definida en Yura-Arequipa por Jenks (1948). Y se puede correlacionar con nuestra zona de estudio, por lo tanto, son de edad Jurásica.

4.2.4. Formación Pelado (Ji-pe)

Esta denominación fue dada por Wilson & García (1962), quienes establecieron su sección tipo en el Cerro Pelado, ubicado al este del poblado de Palca. La Formación Pelado aflora en los cerros Pelado, Palquilla y en el sector de Tres Cruces al norte de cerro San Francisco. Se encuentran sobreyaciendo a las rocas volcánicas de la Formación Junerata en evidente contacto erosivo.

La Formación Pelado se presenta con una gruesa capa de conglomerados con clastos de roca volcánica subredondeadas, que en ocasiones alcanzan los 20 cm de diámetro, además de presentar clastos con rocas de areniscas calcáreas con fragmentos de pelecípodos. Estas facies conglomerádicas son inmediatamente sobreyacidas

por niveles de calizas de color gris oscuro alcanzando un espesor aproximado de 15 m con presencia de fragmentos de amonites retransportados, y depositados en posición vertical.

El espesor de la Formación Pelado varía de 20 a 220 m. La Formación Pelado es de edad Jurásico Inferior (Wilson & García, 1962).

4.2.5. Formación San Francisco (Jm-sf)

Esta formación fue definida por Wilson & García (1962), quienes describieron algunos centenares de metros de areniscas, lutitas y calizas. La Formación San Francisco suprayace a la Formación Pelado con un contacto erosivo, e infrayace a la Formación Ataspaca.

La formación San Francisco está conformado de paquetes de caliza de color gris oscuro con laminación paralela y ondulante y areniscas calcáreas con abundantes clastos de rocas calcáreas, tal como se observa en el cerro Ticana al este de Palquilla. En el Cerro San Francisco, consta de una base conformada por areniscas con granos de caliza de tamaño medio a fino, laminación oblicua curva de canal.

Según Wilson & García (1962) la edad de la Formación San Francisco es Jurásico Medio.

4.2.6. Formación Ataspaca (Js-a)

La Formación Ataspaca, fue definida por Wilson & García (1962) en la quebrada Chachacumane, donde describieron areniscas pardas, lutitas oscuras y calizas grisáceas, interestratificadas en capas delgadas. La Formación Ataspaca suprayace a la Formación San Francisco e infrayace a la Formación Chachacumane. Ambos contactos son concordantes y transicionales.

Pino (2003) describe a la Formación Ataspaca con secuencias mayores de segundo orden. La secuencias está conformada principalmente por lutitas oscuras que se intercalan con bancos delgados de areniscas grises y calizas oscuras, con algunos niveles de margas y niveles de nódulos calcáreos con gran número de ejemplares de ammonites, tal como se observan en el valle Caplina, entre Challatita y Calientes, el espesor aproximado es de 1250 m (Wilson & García, 1962).

4.2.7. Formación Chachacumane (Jk-cha)

La Formación Chachacumane fue descrita y definida como miembro superior del Grupo Yura por Wilson & García (1962). La sección tipo de esta unidad fue reconocida en la quebrada Chachacumane, ubicada al este de Palca.

Esta formación se compone principalmente de areniscas cuarcíticas grises y cuarcitas gris claras a blancas, en su mayoría macizas, que se alternan con niveles de lutitas negras a gris oscuras. El espesor medido de la Formación Chachacumane, en la quebrada Quilla es de 1 089 m y entre Challatita y Calientes 400 m aproximadamente, según Wilson & García (1962), que le atribuye una edad probable Cretáceo inferior por la presencia de restos de tallos y hojas vegetales en los niveles lutáceos.

4.2.8. Formación Chulluncane (Ki-chu)

La Formación Chulluncane (Wilson & García, 1962) aflora en el Cerro Chulluncane, extendiéndose hasta el Cerro Pantatire. Constituido en la base por intercalación de areniscas mayormente líticas grises de grano fino a medio y en la parte superior, de conglomerados compactos con

guijarros bien redondeados de cuarcitas, calizas y rocas volcánicas basálticas a andesíticas oscuras, principalmente, intercalados con estratos de areniscas líticas de grano medio, tal como se observa en los afloramientos de la quebrada Quilla-Chero.

Por sus relaciones estratigráficas, la edad de la Formación Chulluncane fue definida como Cretáceo inferior-Neógeno (Wilson & García, 1962).

4.2.9. Formación Toquepala (Kp-to)

El nombre fue propuesto por (Wilson & García, 1962) en el cuadrángulo de Pachía y Palca para un conjunto de derrames volcánicos. Esta unidad se caracteriza por constituir el arco volcánico del Cretáceo. Litológicamente, está conformado por rocas volcánicas de naturaleza andesítica y traquítica de color gris claro a verdoso con tonos rojizos cuando están alterados, la textura es fanerítica a afanítica, estas rocas se encuentran muy fracturadas y falladas a través de las cuales han emergido los intrusivos de Yarabamba y las estructuras tabulares (Diques). Esta unidad aflora en la quebrada Cobani, Chero,

río Caplina entre Chañal y Pallagua y en mayor extensión en los alrededores del río Sama, etc.

Se asigna una edad Cretáceo Superior – Eoceno inferior. (Mina Cuajone, Clark, et al., 1990).

4.2.10. Formación Tarata Inferior (Pe-ta)

La Formación Tarata (Jaén, 1965) aflora por los alrededores del poblado de Palquilla y Tarata. Descansa en discordancia aparentemente paralela sobre la Grupo Toquepala, alcanza un espesor de 1 398 m (Wilson & García, 1962).

Litológicamente, está conformado de brechas y derrames andesíticos estratificados, seguido por conglomerados tobáceos compactos verdes y violetas, niveles de areniscas y lutitas verdosas y conglomerados intercalados con areniscas tobáceas de grano grueso.

Se le asigna al Paleógeno por posición estratigráfica.

4.2.11. Volcánico Huilacollo (Po-hl)

Denominado como tal por (Wilson & García, 1962). Su afloramiento típico se localiza en el cerro Huilacollo, así

como en los cerros adyacentes como Cabacollo, Andamarca, Llaullacane, Quilla, Checocollo y cerro Tabaiñune. Litológicamente se describen como intercalaciones de brechas andesíticas, tobas dacíticas y riódacíticas con buena estratificación, algunos niveles de areniscas tobáceas, los que infrayacen ligeramente y disconforme a la Formación Huaylillas.

El espesor de la unidad varía desde 200 m hasta 1 000 m (Wilson & García, 1962).

4.2.12. Formación Moquegua Inferior (PN-mo_i)

La formación Moquegua Inferior, suprayace en discordancia erosional a la Formación Toquepala e infrayace en discordancia angular a la Formación Moquegua Superior (Marocco et al. 1985).

Litológicamente se caracteriza por estar compuesto por arcillitas marrones y areniscas grises intercaladas con lentes centimétricos de conglomerados finos a medios en matriz areno arcillosa.

Superficialmente se alteran a arcillas originando la formación de una cubierta de material suelto y arcilloso en

sus afloramientos. En nuestra zona de estudio tenemos afloramientos en las partes altas de las márgenes del río Sama entre los sectores de Yarahuay y Coruca.

4.2.13. Formación Moquegua Superior (PN-mo_s)

Esta unidad infrayace en discordancia angular a la formación Moquegua Superior, aflora en las laderas de los valles y litológicamente está conformada por materiales detríticos, que disminuyen en tamaño de grano hacia el suroeste. En las zonas proximales se compone de una sucesión de conglomerados polimícticos, con clastos de naturaleza ígnea soportados por matriz de arena gruesa cuarzosa, con pequeños bancos de arenisca; mientras en las zonas distales predominan las intercalaciones de areniscas cuarzo-feldespáticas y lentes de limolitas, con algunos canales conglomerádicos. Afloramientos tenemos en las partes altas de las quebradas Chero, Cerrillos negros, Puquio y Los Cardos.

La edad de esta unidad queda establecida en el Oligoceno, debido a que su base ha sido datada en ~30 Ma (Marocco et al., 1985; Sempere et al., 2004),

4.2.14. Formación Huaylillas (Nm-hu)

La Formación Huaylillas ocupa gran parte de la región tacneña, se la observa suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior y en la región noreste en discordancia con estratos Mesozoicos.

El miembro inferior está compuesto por tobas rosáceas con abundantes fragmentos de líticos y fragmentos de pómez, los cuales están intercaladas con niveles de conglomerados con clastos de rocas sedimentarias y volcánicas, sub-redondeadas, con matriz de areniscas cuarzo-feldespáticas de color verde. El miembro superior comprende una sucesión de tobas riolíticas y riodacíticas, de color rosáceo, con fragmentos de pómez y líticos, intercalados con delgados niveles de areniscas masivas de color verde, En la parte alta de nuestra zona de estudio, gran parte de esta roca, han sido erosionado por derrumbes y deslizamientos generados por el sistema de fallas del Incapuquio de dirección NO-SE, tal como se observa en los cerros los Libros, Caquilluco, Cohua Huacano. El espesor de esta unidad varía entre 50 y 600

m, disminuyendo de Norte a Sur y de Este a Oeste por lo general.

La base de esta unidad ha sido datada en $23,77 \pm 0,48$ Ma (France et al., 1985), que corresponde al Mioceno.

4.2.15. Formación Magollo (Nm-ma)

Esta unidad ha sido definida por Flores (2004) en los alrededores de la ciudad de Tacna. Se la observa en las partes altas del valle del río Caplina, Valle Los Molles y quebradas conexas, sobreyaciendo directamente a la Formación Huaylillas, y en contacto erosional sobre estratos Jurasicos en los cerros de La Yarada.

Esta unidad está compuesta por una secuencia de conglomerados grises, con clastos mayormente andesíticos y areniscas finas a medias de color beige. Sus facies disminuyen progresivamente en tamaño de grano hacia el oeste, intercalándose niveles de areniscas limosas con limolitas y lentes de evaporitas, tal como se observa en la en la margen izquierda de la quebrada los Molles y la carretera panamericana. El espesor de esta unidad varía entre los 40 y 100 m. Ver logueo de pozo

IRH-34. En base a la posición estratigráfica, se le asigna una edad de Mioceno Medio a Superior.

4.2.16. Derrumbes Pliocénicos (Npl-dr)

Constituido por grandes masas de rocas decimétricas, constituido principalmente por la toba riodacítica de la formación Huaylillas y conglomerados de la formación Moquegua, que se encuentra yaciendo en los fondos de valles y al pie de monte, producto de la convergencia de fallas y la incisión de los valles, por el levantamiento de los Andes (Fase Tectónica Quechua 2 y 3). En nuestra zona de estudio tenemos en las márgenes de la quebrada Chero, cerro Chillincane, etc.

4.2.17. Conglomerado Los Molles (Npl-moll)

La unidad está compuesta por una sucesión de conglomerados polimícticos, soportados por matriz de arena limosa en la parte distal de la cuenca y arena gruesa algo cuarzosa color gris en la parte proximal, con espesores de 25 a 150 m, estos conglomerados conforman parte importante del relleno de los valles de la

quebrada Los Molles y Caplina, tal como se encontró en la mayoría de los sondeos y pozos de la Pampa Layagache Sama (Ver litología del sondeo PEL-01), por lo tanto sus depósitos registran la dinámica fluvial de los ríos de la región. Le suprayace a la formación Sencca.

4.2.18. Formación Sencca (Npl-se)

Litológicamente es conformado por tobas redepositadas deleznales de color rosado, presenta fragmentos de pómez, líticos, cristales de cuarzo y biotita con espesores menores a 40 m, se encuentran en los valles Chero y Caplina, esta unidad le infrayace al conglomerado Los Molles, tal como se muestra en los sondeos y pozos de la Pampa Layagache P-1, P5, PEL-01 y IRHS-34. La toba Sencca es correlacionable con la toba Pachía descrito por Flores et al. (2002).

4.2.19. Deslizamiento Pliocénico 01 (Npl-ds_1)

Deslizamientos en roca en dirección al Sur, Estos depósitos están conformados por materiales caóticos de bloques de rocas métricas de toba riolítica y

conglomerados, provenientes de la formación Huaylillas y Moquegua, soportado por matriz limosa. Los derrumbes fueron generados por la dinámica externa del pasado y las intensas precipitaciones pluviales, tal como se muestra en los cerros Acirune, Quillacollo y Libros.

4.2.20. Deslizamiento Pliocénico 02 (Np-ds_2)

Constituido por cantos y bolones angulosos de tobas y conglomerados, soportado por matriz limo arcilloso, que provienen de la formación Huaylillas, mezclados con fragmentos derivados de la formación Moquegua.

El deslizamiento se produjo por la filtración de agua de lluvia a través de las múltiples fracturas de las tobas y conglomerados y en consecuencia la formación Huaylillas superyacente, al encontrar base débil pierde su estabilidad mecánica y se desliza en forma espectacular, recorriendo más de 40 km en dirección SO, tal como se muestra en los cerros Caquilluco y Cohua Huacano

4.2.21. Volcánico Barroso (NQ-ba)

La Cordillera del Barroso se ubica en la parte norte de la zona de estudio, está formada por un complejo volcánico al cual se ha dado el nombre de Volcánico Barroso (Wilson & García, 1962). Estos materiales recientes constituyen la cadena de nevados, y por ende el reservorio de agua más importante en la zona.

Litológicamente consiste en bancos bien definidos de lavas de andesitas y en cantidades menores de tobas y traquitas. Típicamente la roca es una andesita de textura afanítica de color grisáceo con fenocristales de sanidina y cristales microscópicos de biotita. Alcanza un espesor máximo de aproximadamente 1 500 m (Wilson & García, 1962). El volcánico Barroso ha sufrido la última glaciación y superficialmente está cubierta por depósitos fluvio glaciares, le sobreyace a la Formación Huaylillas, que es del Plioceno Inferior o Medio; por lo tanto el volcánico Barroso es del Plioceno Medio o Superior (Wilson & García, 1962).

4.2.22. Depósitos Cuaternarios

A. Conglomerado Pleistocénico (Np-cgl)

Los conglomerados Pleistocénicos, litológicamente está constituido por cantos y gravas subredondeadas, soportado por matriz arena limosa, que rellenan superficies de erosión, tal como se observa en la quebrada Torreni que es un tributario de la quebrada principal Chero.

B. Depósitos de Morrena (Qh-mo)

Conformado por bolones y cantos angulosos, soportado por matriz de arena limosa de color beige, se emplazan generalmente en la laderas de la cordillera de los andes.

C. Depósitos Fluvioglaciares (Qh-fg)

Constituido por cantos y gravas subredondeadas soportados por matriz de arena limosa beige, se encuentran cubriendo superficies planas, tal como se observa en las quebradas Barroso y Chuñave.

D. Depósitos Deluviales (Qh-dl)

Conformado por cantos y gravas soportados por matriz areno limosa, estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos en las laderas de la unidad geomorfológica Flanco Disectado, principalmente corresponden los conglomerados de la formación Moquegua, se descomponen y discurren lentamente pendiente abajo, por la acción de las precipitaciones pluviales y se dinamiza principalmente en la época de lluvias y fuertes sismos, estos depósitos superficialmente cubren a los depósitos de Colapso.

E. Depósitos Coluviales (Qh-col)

Constituido por bloques, cantos rodados angulosos con gravas y arenas, se ubican en el pie y parte media de las laderas de alta pendiente, por efecto de la gravedad.

F. Depósitos Aluviales (Qh-al)

Depósitos granulares, conformado por bolones, cantos y gravas subredondeadas a redondeados en matriz de

arena gruesa a fina, se encuentran a lo largo y ancho de las quebradas en forma de relleno.

G. Depósitos Eólicos (Qh-el)

Constituidos principalmente por arenas limosas finas y sueltas de color beige, estos se encuentran ampliamente distribuidos en la unidad geomorfológica Pampa Costanera.

H. Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Constituyen los depósitos granulares más recientes, conformado por bolones, cantos y gravas subredondeados a redondeados en matriz de arena gruesa, se encuentran distribuidos en los ríos Sama y Caplina.

4.2.23. Rocas Intrusivas

A. Intrusivo Cabanillas (Dc-gr)

Aflora en el sector Noroeste de la zona de estudio, se encuentra intruyendo al basamento metamórfico Mal Paso, emplazados en forma de cuerpos tabulares

dentro del gneis. Este intrusivo de composición granítica (Con fenocristales de ortosa, cuarzo, biotita cloritizada parcialmente y muscovita), de coloración rosácea, tiene sus cristales bien desarrollados (centimétricos). Cerca al borde norte de esta zona de afloramiento, se observa diques también de granito, emplazados en el basamento metamórfico.

B. Unidad Intrusiva Batolito Yarabamba (Pp-ya/gd-mzd, Kp-ya/gd/cd)-Cretaceo/Paleoceno

En la zona de estudio tenemos afloramiento en ambos márgenes de la quebrada Caplina, en el cerro Cactus y Challatita, compuesto esencialmente por granodioritas, monzodioritas y dioritas, que intruyen a las formaciones Pelado y San Francisco, silicificando los contactos mayormente sedimentarios. Litológicamente, están compuestas de plagioclasas, ortosa (dándole un ligero tono rosáceo), cuarzo biotita y horblenda, son de color gris claro, grano grueso, de textura holocristalina, inequigranular, hipidiomórfica, se le asigna una edad de Cretáceo-Paleoceno.

C. Unidad Intrusiva Batolito Challaviento (Pecha/gd/to/gd-mzd)-Eoceno

La unidad Intrusiva Challaviento presenta una orientación general noroeste-sureste. En los plutones de Challaviento y de Ataspaca se registran facies granodioríticas y monzodioríticas (Monge & Cervantes, 2000). Estas rocas plutónicas son de color gris claro y el tamaño de grano varía de grueso a medio, de acuerdo a las dataciones se le asigna edad Eoceno medio.

4.3. Geología Estructural

4.3.1. Sistema de fallas del Incapuquio (Falla Incapuquio, Challaviento, Ancocalani, Chañal)

El modelado estructural actual del área del proyecto, es consecuencia de las últimas fases del levantamiento de los andes desde Cretácico Superior, hasta la actualidad, sin embargo su evolución tectónica es más amplia y se inició probablemente en el Precambriano. Entre la unidad geomorfológica Cordillera Occidental y en el Flanco

Disectado de Los Andes, tenemos emplazado el sistema de falla denominado Incapuquio de dirección NO-SE, corres -

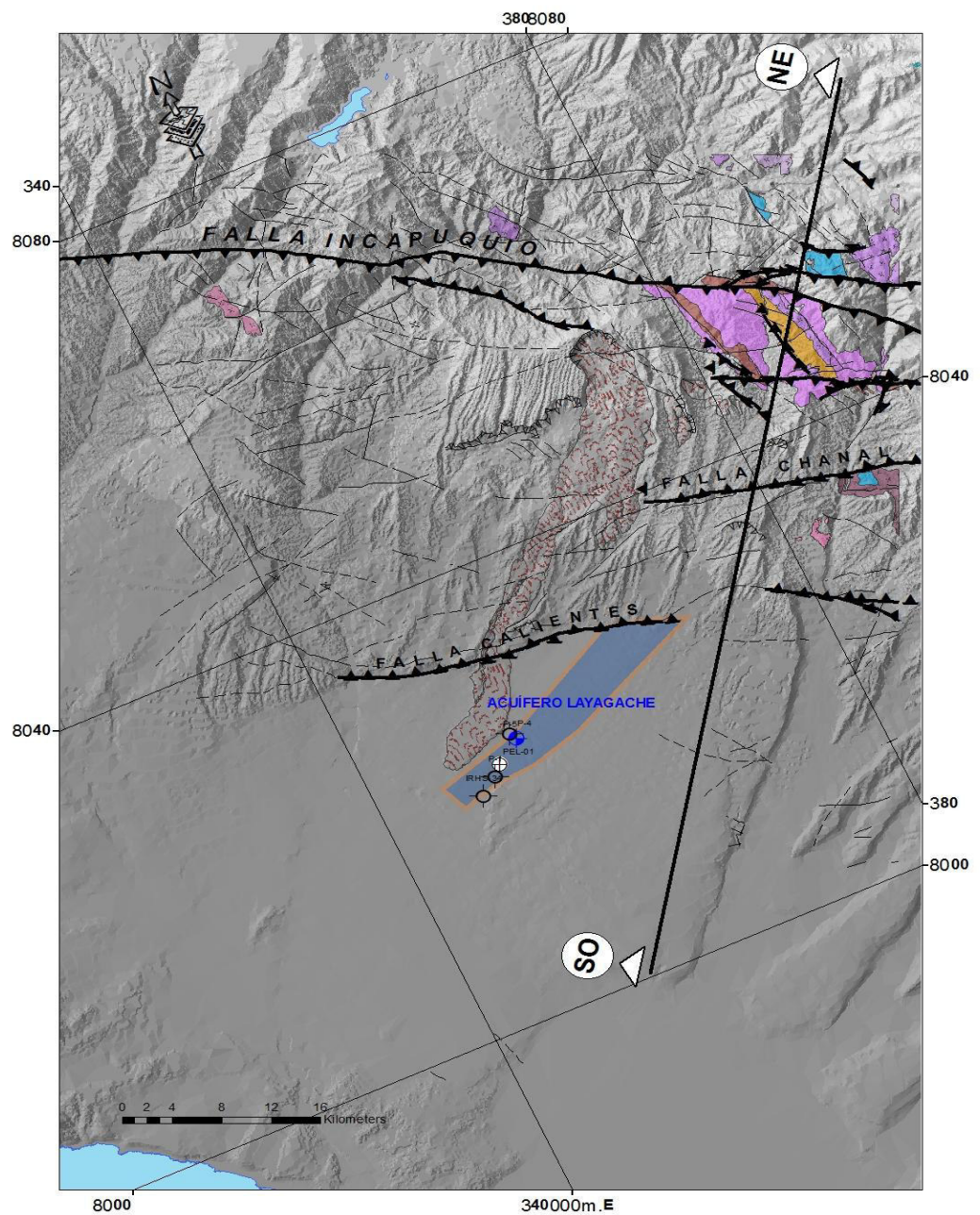


Fig. 9. Mapa estructural de la zona de estudio

ponde a fallas que se son bastante identificables en campo por su aspecto morfotectónico y comprende a las localidades de Estique, Palquilla y Challaviento. Las principales fallas de este sistema NO-SE son Incapuquio, Challaviento y Ancocalani. (Ver mapa estructural y sección estructural SO-NE, Fig. 9 y 10)

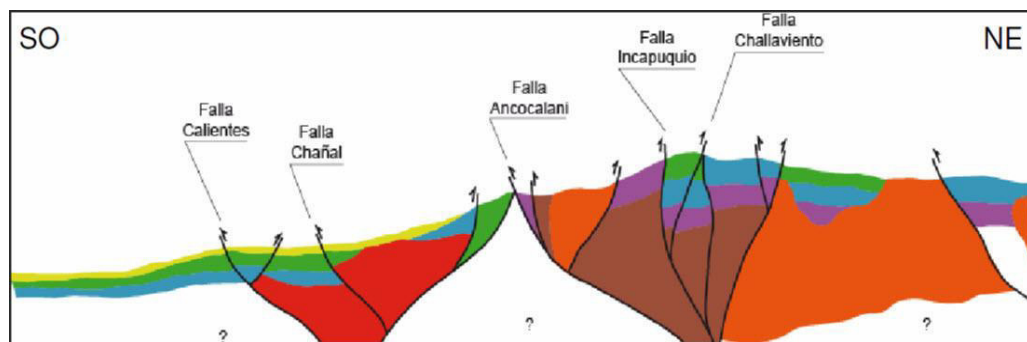


Fig. 10. Sección estructural SO-NE.

Falla Incapuquio, es de rumbo sinistral con componente inversa, con buzamiento de 70° hacia el NE. La falla Incapuquio a través de su larga historia, generó principalmente, fallas inversas, pliegues y fracturas. Esta falla, por ser de grandes dimensiones, generó muchas fallas inversas de gran tamaño, los cuales poseen vergencias tanto hacia el Suroeste como hacia el Noreste.

Las fallas con vergencia hacia el Noreste, se interpretan como retrocabalgamientos que sacan bloques con rocas más antiguas, tales como al Norte de Huacano Chico la falla pone en contacto a rocas del Grupo Ambo y a rocas intrusivas de la unidad intrusiva Challaviento sobre rocas volcánicas del Grupo Toquepala.

Falla Challaviento, tiene una dirección NO-SE, siendo de tipo inverso, de componente sinestral y de ángulos variados entre 30° y 70° tanto hacia el NE y SO.

Esta falla en casi todo su recorrido pone en contacto rocas intrusivas pertenecientes a la unidad intrusiva Challaviento sobre rocas pertenecientes a las formaciones Chachacumane, Chulluncane y Huilacollo. Hacia la parte Oeste la Falla Challaviento, pone en contacto a la unidad intrusiva Challaviento sobre rocas pertenecientes a la Formación Junerata, Pelado y Chocolate.

Falla Ancocalani

La falla Ancocalani es paralela a la falla Incapuquio, además de presentarse como de tipo inverso con

buzamientos subverticales hacia el noreste. Afecta a rocas paleozoicas y las hace cabalgar sobre rocas pertenecientes a las formaciones San Francisco, grupo Ambo y Grupo Toquepala. La falla Ancocalani, junto con la falla Incapuquio, forman una estructura romboédrica, en cuyo interior afloran rocas muy antiguas pertenecientes al basamento metamórfico Mal paso, sedimentos del Grupo Ambo y rocas graníticas pertenecientes a la Superunidad Challaviento.

Falla Chañal, ubicada entre la falla Ancocalani y la falla Calientes, atraviesa las quebradas Chero, Caplina y Palca. Es de dirección ONO-ESE, su traza se sigue a más de 20 km de distancia hasta entrelazarse con la falla Palca. En la quebrada Chero, se le aprecia haciendo cabalgar a rocas del Grupo Toquepala sobre la Formación Moquegua Superior. Esta falla tiene poco desplazamiento vertical en este sector, en cambio en la quebrada del río Caplina muy cerca del lugar denominado Chañal, esta falla afecta a rocas de la Formación San Francisco, Grupo Toquepala, Formación Moquegua Superior y la Formación Huaylillas,

además de observarse en el fondo de la quebrada afloramientos de rocas de la Super Unidad Yarabamba, siendo afectados y desplazados verticalmente por esta falla.

4.3.2. Sistema de falla Calientes.

La Falla Sama-Calientes es una falla inversa de componente sinistral, perteneciente a un sistema de falla cortical, constituye el límite entre la Pampa Costera y la vertiente Oeste de la Cordillera Occidental.

Falla Calientes, presenta un movimiento inverso con una componente sinistral, buza hacia el este. Es una falla que muestra evidencias de actividad desde el Jurásico hasta la actualidad y se extiende desde la quebrada Locumba hasta el Norte de Chile.

La parte Noreste de esta falla activa, entre el poblado Calientes y la quebrada Sama, tiene un azimuth aproximado a 110° , y se encuentra afectando las rocas de las formaciones Moquegua y Huaylillas, generando pliegues y flexuras en estos. También se puede observar escarpes de

fallas, afectando las tobas de la formación Sencca y abanicos aluviales cuaternarios, lo que nos evidencia una actividad reciente de la falla. El desnivel de la superficie generado por el escarpe de falla, tiene una altitud de 5 m. En la quebrada Palca se observa pliegues en unidades cretácicas, y escarpes de falla de un desnivel de superficie de hasta 30 m (Benavente et al., 2008). A lo largo de toda la traza de falla, se puede observar pequeñas fallas secundarias de tipo normal, originadas en respuesta al movimiento principal de tipo inverso. (Ver Fig. N° 9)

4.3.3. Esbozo de la evolución geomorfológica del área de estudio

La zona de estudio a lo largo del tiempo, ha estado sometida a una serie de eventos tectónicos, tal como se describe a continuación, desde el más antiguo al más joven: Las rocas de las formaciones Chocolate, Pelado, San Francisco, Ataspaca y Chachacumane han sufrido casi todas las fases tectónicas, mientras que el grupo Toquepala solo ha sido afectado por cinco fases tectónicas (F.T Inca 1, Inca 2, Quechua 1, Quechua 2 y Quechua3) y

la formación Huayllillas por las tres últimas fases tectónicas (Quechua 1, Quechua 2 y Quechua3). Ver fig. N° 11

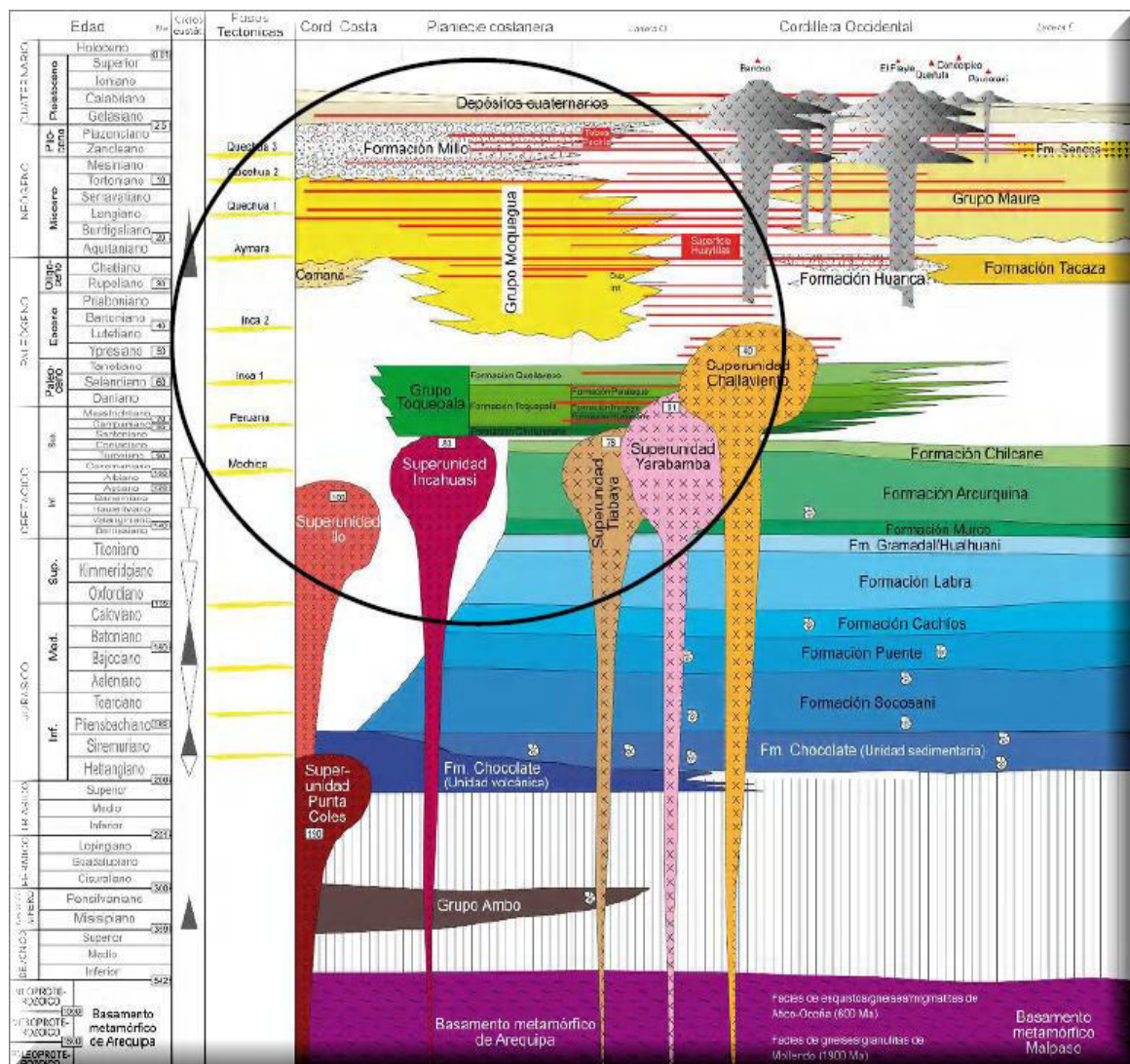
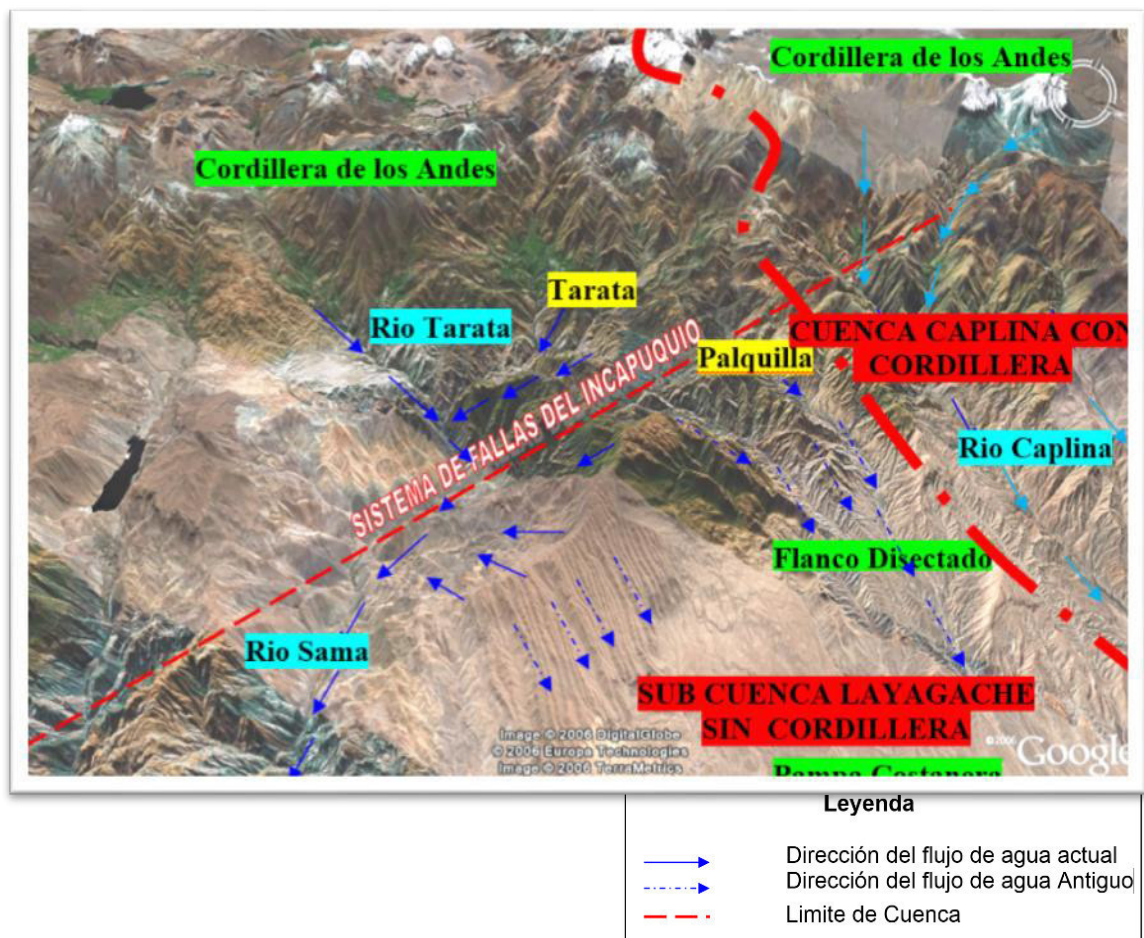


Fig. N° 11. Fases tectónicas del sur del Perú.

Durante el Oligoceno, las formaciones anteriores a la formación Huaylillas fueron sometidas a una formidable erosión y relleno en dirección SO, de grandes volúmenes de material detrítico en la parte proximal y finos en la parte distal, que se depositaron en la cuenca sedimentaria denominada Moquegua, formada entre la Cordillera de la Costa y el antiguo Flanco Disectado de los Andes, estos depósitos de relleno son conocidos como la Formación Moquegua. Posteriormente esta superficie de relleno fue sellada por la formación Huaylillas en forma concordante sobre la formación Moquegua en la Costa y en forma discordante con las formaciones Toquepala, Pelado, Chachacumane, etc. en la Sierra.

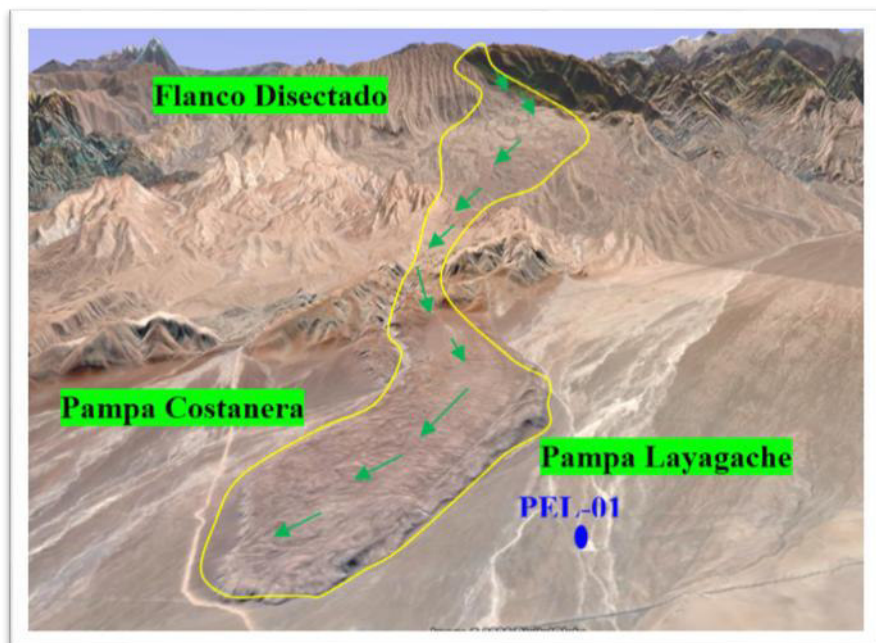
Durante el Mioceno inferior (F.T. Aymara), el Flanco Disectado de los Andes de la sub cuenca de Layagache, es sometida a una intensa erosión y relleno de materiales finos, depositándose en discordancia erosional sobre la Formación Huaylillas. En la Pampa Layagache-Sama, estos depósitos están constituidos por areniscas tobáceas de grano medio de color beige con tonos rosados, ello se

observa en los pozos IRHS-34 y P-5.(Ver registro litológico de pozos P-4, P-5 y IRHS-34).



Imag. N° 4. Comparación entre la Sub cuenca Layagache que en la actualidad se encuentra cortada por el sistema de fallas del Incapuquio, es decir no tiene la unidad geomorfológica de la Cordillera y la cuenca del Caplina si tiene unidad geomorfológica de Cordillera. Obsérvese la dirección de los flujos de los ríos y quebradas.

El levantamiento general de los Andes durante Mioceno Medio (F. T. Quechua 1), originó la reactivación de las fallas del Incapuquio, produciéndose una formidable erosión que excavó incisivamente los valles ya formados durante la anterior fase tectónica. Debido a factores climáticos y tectónicos antes indicados, en el Flanco Disectado de los Andes se producen grandes deslizamientos y derrumbes en dirección SO (Ver Imagen N° 5), esta actividad geodinámica actuó principalmente en las formaciones Huaylillas y Moquegua. (Ver Mapa geológicoGE-02).



Imag. N° 5. Grande deslizamiento en dirección SO, desde cabecera de cuenca hasta la pampa Layagache.

Durante el Mioceno Superior y Plioceno Inferior (F.T. Quechua 2), se produce la primera crisis climática, originando el relleno del fondo de los valles del Flanco Disectado de los Andes y completamente los valles de la Pampa Costanera.

En el valle Los Molles de la Pampa Layagache, a estos depósitos se le asigna el nombre de Conglomerado Los Molles por su amplia distribución e importancia en la zona de estudio, son correlacionables con los Conglomerados Calientes del valle del Caplina (Flores y Sempere 2002), que sobreyacen en contacto erosional a los sedimentos de la Formación Moquegua y litológicamente están constituidos por conglomerados finos a grueso soportado por matriz de arena limosa, que corresponderían a depósitos aluviales, que conforman las evidencias del fuerte levantamiento de la Cordillera Occidental (Ver corte Geológico B-B'). Al final de esta crisis climática, en el techo de los conglomerados, se depositan unas cenizas volcánicas que probablemente correspondan a la formación Sencca. (Toba Pachía, Flores 2004).



Foto N° 07. Deslizamientos debido a la incisión linear del valle.

A inicios del Plioceno inferior (F.T. Quechua 3), los Andes son nuevamente levantados por la tectónica de placas y como consecuencia de esta actividad tectónica, las fallas del sistema Incapuquio se reactivaron, afectando a las formaciones del grupo Yura, Toquepala, Huaylillas, etc. dividiendo la subcuenca Layagache en dos, entre la Cordillera y el Flanco Disectado de los Andes, por esta razón el drenaje hacia la Pampa de Layagache en su cabecera, fue interrumpido en dirección al sistema de falla NO-SE, tal como se observa en el sector de Tarata, Estique

Pampa, Chucatamani, Pistala y Tala donde el curso del río Sama tiene dirección SO, ver imagen N° 04.

La evolución geomorfológica en el Holoceno se circunscribe a derrumbes pequeños tal como se observa en las nacientes de las quebradas; en la actualidad los ríos y quebradas erosionan y profundizan levemente a los cauces actuales.

4.4. Geología del Acuífero

En la Pampa Layagache el acuífero está emplazado en los conglomerados denominado Los Molles con un espesor de 40 m, que tiene su basamento hidrogeológico en las rocas de la formación Moquegua Inferior, constituida por areniscas de color marrón con tonos verdosos. Ver corte geológico B-B'.

Sobreyaciendo en discordancia erosional a los volcánicos de la Formación Huaylillas, se reporta una secuencia detrítica de areniscas tobáceas de grano medio, color rosado a beige con abundante cuarzo y líticos 2 á 3 cm subangulosos, esta secuencia sedimentaria aflora en las lomadas de la Pampa Layagache y en el corte de la carretera Panamericana, margen izquierda de la quebrada Los Molles.

En la parte media del valle los depósitos conglomerádicos Los Molles, sobreyacen en contacto erosional en los sedimentos de la Formación Moquegua Inferior, que corresponde a un relleno de la paelocuenca del Mioceno Medio y que nos indica evidencias del fuerte levantamiento de la Cordillera Occidental. Los depósitos están constituidos principalmente por facies de conglomerados finos y gruesos en matriz de arenas limosas (ver corte geológico A-A'), seguidamente se han depositado las tobas rosadas deleznales con bastante piedra pómez y líticos que pertenecen a la Formación Sencca.

Al Norte de la Pampa Layagache, la Formación Huaylillas le sobreyace a la Formación Moquegua, constituido por conglomerados y areniscas muy fracturadas. La Formación Huaylillas contiene un conjunto de tobas soldadas y tobas compactas más blandas, de colores variables entre violáceo y blanco (niveles sedimentarios se han observado en el cerro Puquio a la salida de la quebrada del mismo nombre), esta secuencia volcano-sedimentaria se encuentra muy fracturada debido al emplazamiento de la falla Calientes.

4.4.1. Interpretación de la disposición del basamento hidrogeológico de la pampa Layagache a partir de los antepozos y el pozo exploratorio de Layagache.

Al Norte de la Pampa Layagache en el límite con el Flanco Disectado de los Andes, por su morfo estructura y escarpes tenemos la falla Calientes con dirección NNO-SSE que corresponde a una falla inversa de componente sinistral. (Ver imagen N° 06).

En la Pampa Layagache, se identificó un acuífero confinado de 40 m. de espesor a una profundidad media de 200 m, cuyo nivel piezométrico asciende hasta los 40 m de profundidad, medido desde la superficie. (Ver Registro litológico de taladro PEL-01). Este acuífero está emplazado en los conglomerados fragmentados denominado Los Molles (Ver foto N°08), el techo del acuífero está conformado por los mismos conglomerados y el piso por areniscas grises con tonos verdosos de la Formación Moquegua Inferior, tal como se observó en el taladro PEL-01 y corte geológico A-A'. Ver foto N° 09.

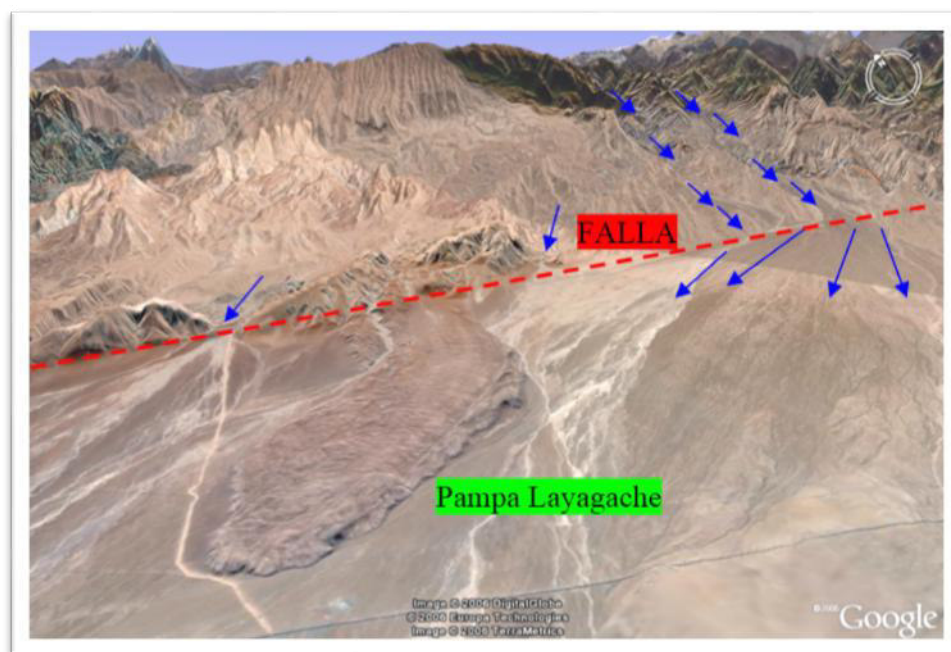


Foto N° 08. Testigos del Taladro PEL-01, unidad Conglomerado Los Molles, constituido conglomerados gruesos, fragmentados, y saturados, en este depósito está emplazado el acuífero confinado.



Foto N° 09. Testigos del Taladro Diamantino PEL-01, Formación Moquegua Inferior constituida por areniscas de color gris, estas rocas conforman el basamento impermeable del acuífero.

El basamento hidrogeológico, tiene una superficie muy erosionada y se encuentra a 225 m. de profundidad, tal como se encontró en el sondaje PEL-01, probablemente está asociado al sistema de fallas del Incapuquio y la falla Calientes.



Imag. N° 06. Obsérvese la falla Caliente que constituye el límite de la Unidad Geomorfológica de Flanco Disectado de los Andes y la Pampa Costanera

4.4.2. Descripción litológica de los pozos P-4, P-5 y IRHS-34.

Descripción litológica

Se ha descrito la litología de los pozos P-4, P-5 y IRHS-34, ubicados en la Pampa Layagache. El trabajo de análisis de

las facies en estos pozos ha conducido a reconocer e identificar las siguientes unidades: Formación Huaylillas, Arenas Miocénicas, Conglomerado Los Molles y la Formación Sencca, y así como las siguientes unidades más recientes. (Ver Anexo N° 13.26 Registro litológico de pozos)



Foto N° 10 y 11. Logueo geológico de los pozos N° P-04, P-05 y IRHS-32, ubicado en la Pampa Layagache.

a. Ubicación y Accesibilidad

Los pozos P-04, P-05 y el IRHS-34 se encuentran ubicados en el valle Los Molles de la Pampa Layagache

Sama. (Ver Mapa Inventario de Fuentes de agua).Las coordenadas son las siguientes: (Datum:WGS-84)

P-04	352 802 E	8024 033N
P-05	352 483 E	8024683N
IRHS-34	348 237E	8 020 444N

El acceso para la ubicación de los pozos P-04, P-05 y IRHS-34 es a través de la vía Panamericana, partiendo de la ciudad de Tacna hasta llegar a la altura de la quebrada Los Molles-Sama, continuando por una trocha carrozable hacia el Sur, para el pozo IRHS-34 y hacia Norte para el P-04 y P-05.

b. Descripción de la litología de los testigos de los pozos

A continuación se describen de manera resumida la litología encontrada en los pozos P-04, P-05 y IRHS-34. Ver anexo registro de pozos.

- **Descripción litológica del Pozo P-04**

La profundidad del pozo P-04 es de 200 m, con un antepozo de 1.20 m diámetro x 55 m de profundidad y de 4" de diámetro desde 55 m hasta 200 m. de profundidad.

Profundidad (m)	<u>Litología P-04</u>
0,00 – 4,50	Gravas gruesas de color gris, de angularidad sub redondeada y forma alargada, en matriz de arena media, estas gravas se encuentran sueltas.
4,50 – 5,00	Cantos rodados soportada por clastos (Relleno canal)
5,00 -13,40	Gravas medias de color gris, de angularidad subredondeada y forma alargada, en matriz de arena media, estas gravas se encuentran poco sueltas.
13,40– 15,00	Arenas cuarzosas de grano fino, color beige-marrón, estas se encuentra bien clasificadas, con laminación horizontal
15,00– 26,50	Cantos rodados de forma alargada y angularidad

Profundidad (m)	<u>Litología P-04</u>
	subredondeada a subangulosa, en matriz de arena gruesa con 10 % de limos, estos cantos se encuentran regularmente compactas.
26,50 – 35,50	Toba redepositada color rosado claro, con fenocristales de cuarzo y biotita, además presentan 10% líticos, esta toba se encuentra regularmente compactas.
35,50 – 36,50	Arenisca de grano medio color marrón, estas se encuentran bien clasificados.
36,50 – 39,00	Conglomerado medio de color gris, de angularidad sub redondeada y forma alargada, en matriz de arena media, estas gravas se encuentran compactas.
39,00 – 48,00	Areniscas tobáceas color marrón con 10% de grava fina.
48,00 – 48,90	Conglomerado medio de color gris, de angularidad sub angulosa y forma alargada, en matriz de arena limosa de color beige
48,90 – 50,90	Arenisca de grano fino a medio de color beige, con

Profundidad (m)	<u>Litología P-04</u>
	20 % de grava fina a media en matriz de arena gruesa.
50,90 – 51,50	Cantos rodados de 6 a 9 cm de diámetro matriz arena gruesa
51,50 – 55,00	Conglomerado medio de color gris, de angularidad sub angularosa a sub redondeada de forma alargada, en matriz de arena limosa de color beige a gris.

- **Descripción litológica del Pozo P-05**

La profundidad del Pozo P-05 es 98 m. De la superficie a profundidad se ha encontrado el siguiente material:

Profundidad (m)	<u>Litología P-05</u>
0,00 – 4,00	Gravas medias a gruesas de color gris, soportado por clastos de angularidad subredondeada y forma alargada, estas se encuentran sueltas.
4,00 – 8,90	Gravas gruesas sueltas de color gris, en matriz de arena limosa de color beige.

Profundidad (m)	<u>Litología P-05</u>
8,90 – 16,00	Cantos rodados de 5 a 10 cm Ø color gris y de forma alargada y angularidad subredondeada. De 12.50 a 13.0 m se presenta una arena de grano fino a medio de color marrón, esta se encuentra bien clasificada y además se encuentra cortado por un relleno de canal constituido por cantos rodados (clast supported)
16,00 – 22,00	Gravas finas de color gris con arenas de grano grueso, soportadas por clastos, estas se encuentran compactas.
22,00 – 28,00	Arenas de grano medio de color gris a beige, con laminación horizontal, estas se encuentran compactas.
28,00 – 36,00	Arenas cuarzosas de grano medio color marrón, con 10% de limos arcillosos.
36,00 – 37,00	Arenas medias de color gris claro, con laminación sub horizontal.
37,00 – 58,00	Arenisca tobácea de grano fino, color marrón, con 20% de limos arcillosos.

Profundidad (m)	<u>Litología P-05</u>
58,00 – 70,00	Arenisca tobácea de grano medio, color beige, con 10% de limos arcillosos.
70,00 – 86,60	Toba arenosa de color rosado a beige, con abundantes biotitas. De 81,60 m a 81,70 m y de 86,50 m a 86,60 m, se presentan arenas cuarzosas de grano medio de color gris, estas se encuentran muy compactas.
86,60 – 98,00	Toba riódacítica de color rosado con abundantes fenocristales de cuarzo y biotitas, esta roca se encuentra muy fracturada.

- **Descripción litológica del Pozo IRHS-34**

La profundidad del P-05 es de 110 m. De la superficie a profundidad se ha encontrado el siguiente material:

Profundidad (m)	<u>Litología IRHS-34</u>
0,00 – 6,00	Gravas gruesas de color gris, en matriz de arena gruesa, estas se encuentra suelta

Profundidad (m)	<u>Litología IRHS-34</u>
6,00 – 7,50	Cantos rodados de angularidad subredondeada y forma alargada
7,50 -15,00	Gravas gruesas con cantos menores a 6 cm Ø, de color gris en matriz de arena gruesa de color gris.
15,00 – 20,00	Gravas gruesas de color gris, en matriz de arena cuarzosa de grano gruesa
20,00 -28,00	Limo arenoso de color beige a marrón
28,00 – 33,00	Cantos rodados con gravas de grano grueso de angularidad subredondeada y forma alargada.
33,00 – 36,00	Arenas cuarzosas de grano medio, con laminación horizontal de color marrón.
36,00 – 39,50	Gravas gruesas de color gris, en matriz de arenas de grano gruesas.
39,50 – 49,00	Toba redepositada color rosado claro, con fenocristales de cuarzo, biotita y líticos.
49,00 – 50,60	Cantos rodados en matriz de arena gruesa de color gris.
50,60 – 52,00	Areniscas finas de color beige, con laminación

Profundidad (m)	<u>Litología IRHS-34</u>
	horizontal.
52,00 – 58,00	Relleno canal, conformado por cantos rodados de 10 a 20 cm Ø, en matriz de arena gruesa color gris
58,00 – 59,00	Conglomerado grueso color gris, en matriz de arenas cuarzosas
59,00 – 67,00	Cantos rodados de 10 a 20 cm Ø, en matriz de arena gruesa color gris, muy compacta.
67,00 – 100,00	Arenisca tobácea de grano medio, color rosado con abundante cuarzo, biotitas y 10 % de líticos de 2 a 3 cm Ø subangulosos.
100,00 - 110,00	Toba riódacítica de color rosado con abundantes fenocristales de cuarzo y biotitas, esta roca se encuentra muy fracturada. Esta toba presenta cierta humedad.

4.4.3. Descripción Litológica e interpretación de los testigos del taladro diamantino PEL-01

Descripción Litológica

La litología encontrada es como sigue: Desde la superficie hasta los 31 m de profundidad, está conformado por depósitos aluviales recientes de Cantos rodados, gravas subredondeadas en matriz de arena gruesa de color gris, de 31 hasta 33 m, toba deleznable color rosado perteneciente a la Formación Sencca, de 33 m hasta 226,5 m, Conglomerado Los Molles, constituido por conglomerados soportado por arenas limosas color beige, con pequeños bancos de areniscas medias a gruesas, de 226,5 m hasta 274 m, areniscas y arcillitas verdes de la Formación Moquegua Inferior. Cabe mencionar que la unidad conglomerádica Los Molles, desde los 183 m hasta los 226 m. presentan muy buena permeabilidad $1 < K < 10^{-3}$ cm/s y se encuentran completamente saturados de agua, por lo tanto constituyen buenos acuíferos.

a. Ubicación y Accesibilidad

El taladro diamantino PEL-01 ha sido perforado en la Pampa Layagache Sama, sobre los 627 msnm de altura, y se ubica en la siguiente coordenada UTM Datum: WGS-84

PEL-01 350 606E 8 022 488N

El acceso a la ubicación del pozo PEL-01 es a través de la vía Panamericana, partiendo de la ciudad de Tacna hasta llegar a la altura de la quebrada Los Molles-Sama, continuando por una trocha carrozable en dirección Norte.

• Descripción litológica del taladro diamantino PEL-01

La profundidad del pozo PEL-01 es de 274 m a continuación se describe de manera resumida la litología encontrada los testigos del taladro diamantino PEL-01. (Ver logueo detallado en el Anexo Registro de Taladro Rotativo PEL-01.)

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
0,00 – 1,00	Arena de grano grueso color gris con 40% de grava media, con restos de caracoles de agua dulce.
1,00 – 4,00	Grava fina a media color gris en matriz de arena media con 10 % de cantos de 10 cm Ø.
4,00 –5,00	Arena limosas de grano fino color beige, con cantos subredondeados de 5 a10 cm Ø. Naturaleza volcánica y metamórfica (Granitos, andesitas y cuarcitas)
5,00 – 9,00	Cantos rodados color gris, de forma equigranular a alargada y angularidad subredondeado de 5 a10 cm (Granitos, andesitas y cuarcitas)
9,00 – 10,00	Grava media a fina color gris, de forma alargada y subreondeado en matriz de arena gruesa.
10,00 – 13,00	Cantos rodados de forma alargada y subredondeado de 25 a 40 cm Ø. en matriz de grava gruesa en matriz de grava arenosa gruesa.(Granitos, andesitas e ignimbritas de la Formación Huaylillas)

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
13,00 – 15,00	Grava gruesa a fina color gris de forma alargada y subredondeado en matriz de arena gruesa englobando cantos de 10 cm Ø.
15,00 – 17,70	Arena limosa de grano fino de color beige, esta arena se encuentra compacta.
17,70 – 22,50	Limo arenoso de color beige englobando 5%de grava fina.
22,50 – 25,00	Cantos rodados color gris, forma equigranulara alargada y angularidad subredondeada de 12 cm Ø. (Granitos, andesitas y cuarcitas), en matriz de arena gruesa.
25,00 – 28,00	Grava gruesa color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa. (Granodioritas, andesitas y ignimbritas)
28,00 – 28,50	Limo arenoso de color beige.
28,50 – 31,00	Grava gruesa color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa. (Granodioritas, andesitas y ignimbritas), soportada por clastos.

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
31,00 – 33,80	Toba redepositada de color rosado con fenocristales de cuarzo y biotita con abundante piedra pómez.
33,80 – 34,00	Arenisca fina color beige, con 10% de grava media.
34,00 – 37,00	Arenisca de grano fino de color beige con 20% de limos.
37,00 – 38,50	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeada (Granodioritas, andesitas y ignimbritas), soportada por matriz arena limosa.
38,50 – 39,00	Arenisca limo arcillosa de grano medio a fino
39,00 – 40,00	Conglomerado gruesa a media color gris, forma alarga-da y subredondeada en matriz de arena limosa.
40,00 – 42,50	Arenisca de grano fino a medio de color beige bien clasificado con pseudo laminación horizontal.

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
42,50 – 43,00	Conglomerado medio, de forma alargada y subred. en matriz de arena limosa, cementada por sílice.
43,00 – 47,00	Arenisca de grano fino color beige a gris, bien clasificado.
47,00 – 48,30	Conglomerado grueso gris en matriz de arena limosa.
48,30 – 51,00	Arenisca limosa de grano grueso color beige con 20 % de grava fina.
51,00 – 52,00	Conglomerado grueso a media color gris soportada en matriz de arena limosa
52,00 – 53,00	Arenisca limosa de grano medio, color beige
53,00 – 53,50	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeado en matriz de arena limosa.
53,50 - 54,20	Arenisca de grano medio color beige con grava fina. Soportada por clastos.
54,20 – 55,00	Conglomerado fino color gris de forma alargada

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	y subredondeado en matriz de arena limosa.
55,00 – 56,00	Conglomerado medio color gris de forma alargada y subredondeado en matriz de arena limosa.
56,00 – 56,50	Arenisca cuarzosa de grano medio color gris con 20% de grava fina a media.
56,50 – 58,50	Conglomerado fino a media color gris con matriz de arena media matriz de arena media.
58,50 – 60,0	Arenisca de grano medio a fino color beige con abundante biotita, cuarzo y 30% de finos.
60,00 – 60,20	Conglomerado fino a media color gris con matriz arena
60,20 – 61,00	Arenisca limosa de grano medio a fino color beige con limos arcillosos.
61,00 – 61,50	Arenisca cuarzosa de grano fino de color gris
61,50 – 62,00	Conglomerado fino color gris en matriz de arena media
62,00 – 65,00	Arenisca de grano fino a medio color beige con

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	lentes de arcilla de 1 cm de espesor.
65,00 – 67,00	Conglomerado grueso a media color gris, forma alargada y subredondeada en matriz de arena limo arcillosa.
67,00 – 67,30	Arenisca limosa de grano fino a medio color beige
67,30 – 68,00	Conglomerado medio color gris en matriz de arena fina
68,00 – 70,50	Conglomerado medio color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena limo arcillosa. Cementada por sílice y en menor proporción por carbonatos.
70,50 -71,40	Arenisca de grano fino color gris a beige con laminación cruzada.
71,40 -71,50	Limolita de color beige
71,50 -72,00	Arenisca de grano grueso color gris con 20% de grava fina.
72,00 – 73,50	Conglomerado medio color gris de forma

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa con 5 % de limos.
73,50 -74,00	Arenisca de grano grueso color gris con 10% de limos
74,00 – 74,50	Limolita con arenas finas de color beige.
74,50 – 74,70	Arenisca de grano fino color gris
74,70 – 75,50	Limolita de color beige con lentes de 0,5 cm de espesor de arcilla marrón
75,50 – 75,80	Conglomerado grueso gris en matriz de arena media
75,80 – 76,00	Arenisca de grano fino color gris
76,0 – 76,20	Limolita arenoso de color beige
76,20 – 76,80	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa
76,80 – 78,00	Cantos rodados color gris, forma equigranulara alargada y angularidad subredondeada de 5 a 10 cm Ø. (Granodioritas, andesitas y tobas del

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	Volcánico Huaylillas.)
78,00 – 79,10	Conglomerado medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena fina.
79,10 – 80,50	Limolita de color beige con bioturbación.
80,50 – 81,50	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena gruesa cementada por sílice.
81,50 – 82,20	Arenisca arcillosa de grano fino color beige.
82,20 – 82,70	Conglomerado medio de color gris de forma alargada y subredondeado soportado por matriz de arena gruesa.
82,70 – 83,50	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 10 cm Ø.(Andesita y toba Huaylillas) matriz areno arcillosa
83,50 – 84,00	Conglomerado grueso de color gris de forma alargada y en matriz de arena arcillosa.

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
84,00 – 86,00	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada.
86,00 – 89,50	Conglomerado medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena limosa.
89,50 – 90,00	Limolita arenoso color beige con un canto rodado de 10 cm Ø.
90,00 – 91,00	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 6 cm Ø.(Granodiorita y toba Fm. Huaylillas.) matriz arena grueso
91,00 -109,50	Conglomerado medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena
109,50 – 110,00	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada.
110,00 -111,80	Arenisca de grano fino color gris a beige intercalada con lentes de arcilla marrón de 0,50 cm.

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
111,80 – 112,10	Limolita arcilloso de color marrón a beige.
112,10 – 119,00	Conglomerado medio color gris subredondeada en matriz de arena con 30 % de limos.
119,00 -119,30	Cantos rodados color gris subredondeado
119,30 – 121,80	Conglomerado medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesitas y metamórficas)
121,80 -122,50	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada (Granodioritas)
122,50 – 129,50	Conglomerado grueso color gris subredondeada (Granodioritas, andesitas y metamórficas) en matriz de arena fina.
129,50 – 130,00	Arenisca limosa de grano fino con lentes arcilla
130,00 – 139,50	Conglomerado medio a grueso color gris subredondeado (Granodioritas, andesitas y metamórficas) en matriz de arena fina a media.
139,50 – 140,00	Arenisca de grano fino color gris.
140,00 – 152,00	Conglomerado grueso color gris subredondeada

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	(Granodioritas, andesitas y tobas Fm. Huaylillas) en matriz de arena fina, con 10% de cantos rodados de 12 cm de diámetro.
152,00 – 153,00	Cantos rodados color gris, forma alargada y subredondeada en matriz de arena arcillosa.
153,00 -155,00	Arenisca limo arcillosa de color beige a marrón
155,00 -160,00	Conglomerado grueso color gris subredondeado en matriz de arena fina.
160,00 – 160,50	Cantos rodados color gris, forma alargada y subredondeada en matriz de arena limosa
160,50 -162,50	Conglomerado grueso color gris subredondeada (Granodioritas, andesitas y ignimbritas) soportada por clastos con poca matriz de arena media
162,50 – 162,70	Limolita arcilloso color marrón
162,70 -163,20	Arenisca limosa color beige con estructuras de grietas desecación.
163,20 -164,00	Limolita arcilloso color marrón con restos de

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	tallitos
164,00 -164,50	Arenisca limosa de grano fino color beige
164,50 – 167,00	Conglomerado grueso color gris subredondeada (Granodioritas, andesitas y ignimbritas) soportada por matriz limo arcillosa.
167,00 – 168,50	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 60 a 90 cm de Ø soportada por clastos poca matriz.
168,50 -172,00	Conglomerado grueso color gris subredondeada soportada por clastos
172,00 – 174,00	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 60 a 90 cm de Ø soportada por clastos poca matriz.
174.00 -175.00	Conglomerado grueso color gris subredondeada en matriz de arena limosa.
175,00 -175,50	Cantos rodados color gris, forma alargada y subredondeada soportada por clastos.
175,50 – 176,00	Conglomerado medio color gris subredondeada

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	en matriz de arena media.
176,00 -177,00	Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 60 a 90 cm. Ø soportada por clastos de granodioritas
177,00 -179,00	Conglomerado medio color gris subredondeada en matriz de arena gruesa
179,00 – 180,00	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 9 a12 cm Ø. (Granodioritas, andesitas y tobas de la Formación Huaylillas.)
180,00 -180,80	Conglomerado gruesa color gris subredondeada en matriz de arena fina.
180,80 -182,00	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 9 a12 cm Ø. (Andesitas y tobas rosadas de la Formación Huaylillas.) soportada por clastos
182,00 -185,00	Conglomerado media color gris subredondeada soportada por clastos poca matriz de arena.

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
185,00 – 185,50	Arenisca limosa de grano medio con 20 % de grava fina.
185,50 -186,00	Conglomerado medio color gris subredondeada soportada por matriz de arena limo arcilloso.
186,00 -186,20	Cantos rodados color gris, de 60 cm. de Ø
186,20 -187,00	Conglomerado grueso color gris subredondeada soportada por matriz de arena fina a gruesa.
187,00 -193,5	Conglomerado medio a grueso color gris subredondeada soportada con poca matriz de arena.
193,50 -194,00	Arenisca de grano fino a medio de color beige.
194,00 -194,50	Cantos rodados color gris, forma alargada y subredondeado soportada por clastos.
194,50 -206,00	Conglomerado grueso color gris subredondeada con poca matriz de arena fina.
206,00 -206,50	Cantos rodados subredondeado de 90 cm Ø con poca matriz de arena.
206,50 -211,00	Conglomerado grueso color gris de forma

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	alargada y subredondeada soportado por matriz de arena fina con limos.
211,00 -213,50	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 40 cm. Ø. (Granodioritas, andesitas y tobas de la Formación Huaylillas), soportado por clastos
213,50 -216,00	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeada soportada por clastos.
216,00 -217,00	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 20 a 30 cm Ø. (Granodioritas, andesitas y tobas de la Formación Huaylillas)
217,00 -218,00	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeada (Onix y granito).
218,00 -219,70	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 6 cm Ø. (Granodioritas, andesitas y de la Formación Huaylillas.)

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
219,70 -221,00	Conglomerado grueso color gris, matriz de arena gruesa
221,00 – 223,00	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 9 cm Ø. (Granodioritas y tobas rosadas de la Formación Huaylillas.)
223,00 -224,00	Conglomerado grueso color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena limosa.
224,00 -226,00	Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 9 cm Ø. (Granodioritas y tobas rosadas de la Formación Huaylillas.)
226,00 -226,50	Conglomerado fino color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena limosa.
226,50 -227,00	Arenisca de grano fino color marrón con 10 % de arcilla limosa.
227,00 -228,50	Arcillita de color marrón con 20 % de arena fina esta roca se encuentra muy fracturada.

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
228,50 -232,50	Arenisca arcillosa de color beige a marrón con 20 % de arenas finas.
232,50 -233,00	Arcillita de color marrón las caras de las fracturas son de color negro, se encuentran fracturada
233,00 – 241,50	Arenisca arcillosa de grano medio intercalada con lentes de arcilla marrón.
241,50 -243,00	Conglomerado fino constituido por andesitas, arcillitas y clastos alterados, soportados por matriz de arena arcillosa.
243,00 -249,50	Arenisca arcillosa de grano medio color marrón con intraclastos de arcilla, estas se encuentran fracturadas.
249,50 -249,70	Arcillita arenosa de color marrón
249,70 -250,50	Arenisca de grano grueso color gris a beige
250,50 -251,50	Arcillita arenosa de color marrón.
251,50 -259,15	Arcillita arenosa de color marrón.
259,15 -259,35	Microconglomerado de color gris.
259,35 -267,90	Arenisca de grano fino color gris a beige con

Profundidad (m)	<u>Litología PEL-01</u>
	laminación horizontal, con estructuras de -grietas de desecación.
267,90 – 268,00	Arcillita de color café.
268,00 -274,00	Arenisca de grano fino a medio color verde oscuro, intercalada con lentes de arcilla café.

En base al análisis de las litofacies observado en los testigos de pozo se ha interpretado la presencia de las siguientes unidades:

Formación Moquegua Inferior, de edad Oligoceno, constituye la unidad más antigua y consiste de areniscas y microconglomerados de colores beige y verdes, intercalados con pequeños lentes de arcilla bien consolidados, observados en el taladro PEL-01 de 226 m hasta 274 m de profundidad. Estas rocas se encuentran muy fracturadas.

Formación Huaylillas.- de edad Miocénica, constituida por tobas riolíticas de color rosado con variaciones locales de textura y compacidad, contiene regular fenocristales de cuarzo y biotita. En el sondaje PEL-01, las tobas de la Formación Huaylillas no se han encontrado, debido a que han sido erosionadas por completo y rellenadas por los Conglomerados Los Molles. (Ver Corte geológico A-A')

Conglomerado Los Molles, litológicamente es un conjunto de cantos rodados, conglomerados cementados por sílice y pequeños bancos de areniscas grises, en el taladro PEL-01 se observa en el tramo comprendido entre 33 hasta 226 m. de profundidad y descansa en discordancia erosional a los sedimentos de la Formación Moquegua Inferior. (Ver Corte geológico A-A')

Formación Sencca.- volcánico de edad Plioceno, conformado por tobas deleznales con cristales de cuarzo bipiramidal y abundante piedra pómez. En el taladro PEL-01 se ha identificado entre los 31 hasta 33 m. de

profundidad, sobreyacen a la unidad Conglomerado Los Molles.

Depósitos Aluviales.- unidad más joven del Holoceno, conformada por cantos rodados, gravas y arenas no consolidadas de color gris, que sobreyacen a los Depósitos de Ceniza Volcánica de la Formación Sencca; llegando a los 31.00m de profundidad en el taladro PEL-01.

5. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

5.1. Método Geofísico y equipo utilizado

El método geofísico utilizado ha sido el de Resistividad Eléctrica, mediante Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs), con dispositivo Schlumberger simétrico.

Este método dispone de lo siguiente:

- Un circuito energizante que permite enviar al Terreno en correspondencia con dos electrodos (A-B) una corriente de intensidad conocida.
- Un circuito de medición que permita determinar la diferencia de potencial provocada por la corriente enviada al Terreno, la cual es medida entre dos electrodos de recepción (M-N).

El circuito de medición se completa con un dispositivo potenciométrico, que anula los eventuales potenciales espontáneos naturales existentes, entre los electrodos M y N.

Según las dimensiones del cuadripolo, se pueden abarcar un volumen más o menos grande de terreno, en toda su heterogeneidad, sea en sentido horizontal o vertical.

Por cada dispositivo AM NB, se mide una resistividad aparente (ρ_a):

$$\rho_a = K \frac{V}{I}$$

Donde:

K : Constante geométrica que depende de la separación de los electrodos.

I : Es la intensidad de corriente circulante en el terreno en miliamperios (mA)

V : Diferencia de potencial en milivoltios (mV) en los electrodos M-N.

La ejecución de un Sondeo Eléctrico Vertical Schlumberger exige una serie de mediciones de resistividad aparente “pa”, que se

lleva a cabo a lo largo de un dispositivo rectilíneo y simétrico con distancias AB progresivamente crecientes.

Equipo utilizado

Para el presente estudio de prospección geofísica, se utilizó un georesistivímetro marca Water Prospecting Geophysic (W.P.G.-21) de fabricación Alemana con las siguientes especificaciones técnicas:

- Constituido por un transmisor y receptor (Fuente de alimentación con un máximo de salida de 500 voltios).
- Efectúa medidas del potencial (ΔV) de 0.2 a 1000 Voltios e intensidad (I) desde 0.2 a 10 amperios en corriente continua.

5.2. Trabajo de campo

En el trabajo de campo, se efectuaron 56 sondajes eléctricos verticales distribuidos en tres secciones geoeléctricas A, B, C y D, transversales al valle Los Molles, en las que también se incluyen los sondajes paramétricos efectuados en cada uno de los pozos perforados designados con los nombres IRHS – 34, P-01, P-04 y P-05. La ubicación de los sondajes eléctricos verticales se han ubicado estratégicamente, emplazándolos a lo largo de todas las

pequeñas quebradas existentes. Las distancias entre SEVs. se determinaron aproximadamente cada 500m a 1000m, la disposición de los electrodos de emisión fue desde los 20m AB/2 hasta los 400m AB/2 y los de recepción, fueron desde los 5m MN hasta los 150m MN. Con esta disposición de electrodos, se logró una profundidad de investigación aproximadamente de 300m. Las curvas obtenidas de los SEVs se muestran en el anexo 13.3 Prospección geofísica.

5.3. Trabajo de gabinete

La información de los SEVs obtenida en campo, ha sido procesada e interpretada cuantitativamente mediante la comparación iterativa con Curvas Patrón de Sondeos Eléctricos Verticales sobre Terrenos Estratificados elaborados por Ernesto Orellana y Harold M. Mooney y procesados por el software especializado de resistividad eléctrica (IPI2WIN).

Con los resultados obtenidos, correlacionados e interpretados con criterio hidrogeológico, se confeccionaron tres secciones transversales en la pampa Layagache, estas permitieron, observar de manera indirecta y en forma bidimensional la comparación del subsuelo en profundidad. En la confección de las

secciones se proyectaron los pozos perforados P-4 y P-5 en la sección B y el pozo P-1 en la sección C.

5.4. Resultados

En el **Cuadro N° 01** adjunto, se muestran los resultados de la interpretación cuantitativa de los SEVs. en términos de resistividad verdadera y espesor de los diferentes horizontes geoelectricos identificados. (Fuente PET)

CUADRO N° 04 RESULTADOS

SECCIÓN A – A'

Nº	P1	E1	P2	E2	P3	E3	P4
01	164	12	26	23	11	66	4
02	72	14	16	43	27	76	2
03	1740	11	144	69	203	91	1
04	562	28	891	33	189	72	17
05	1792 / 500	21 / 10	115	104	39		
06	347 / 1000	11 / 26	48	110	21		
07	770 / 1220	11 / 28	60	95	9		
08	365 / 799 / 170	13 / 27 / 16	128	123	61		
09	2588 / 265	27 / 74	171	105	21		

10	201 / 403 / 149	6 / 22 / 8	21	127	8		
11	122 / 66	15 / 27	20	148	11		
12	706 / 90	13 / 22	22	59	195		
13	181 / 261 / 548	7 / 5 / 23	59	56	53		
14	216 / 352	13 / 44	103	64	20		
15	183 / 91	17 / 74	28	21	15		
16	336 / 74	27 / 34	21	136	16		
17	1427 / 151 / 273	5 / 17 / 28	18	131	15		
18	368 / 138	25 / 34	117	90	31		
19	635 / 907 / 258	14 / 25 / 53	169	66	47		

Fuente: PET

SECCIÓN B – B'

Nº	P1	E1	P2	E2	p3	E3	p4	E4
20	4312 / 389	10 / 20	43	98	17			
21	1731 / 329	14/23	100	80	47	96	12	
22	3082 / 419	6 / 33	104	95	24	38	9	
23	4959	32	114	69	10	98	6	
24	316 / 672	10 / 27	113	33	7	59	2	
25	1985	34	119	47	7	45	1	
26	3672 / 550	14 / 15	107	53	4	60	2	

27	449 / 976	5 / 18	65	82	20	65	7	
28	744 / 1083	7 / 11	124	25	40	68	6	
29	550	11	277	61	10	63	3	
30	733 / 1220	11 / 23	121	91	12	39	8	
31	215	23	264 / 101	17 / 60	11	47	1	
32	2741 / 485	7 / 9	715 / 199	40 / 55	63	109	23	
33	378 / 585	6 / 14	125	110	97	115	16	
34	470	21	712 / 123	79 / 21	22	59	7	
35	1874	17	235	100	45	63	5	
35-A	1568 / 176	7 / 32	361 / 134	35 / 47	44	62	14	
36-A	1552 / 153	7 / 18	61	64	5	42	1	
37	174 / 89	8 / 25	185 / 121	22 / 60	22	65	2	

Fuente: PET

SECCIÓN C – C'

Nº	P1	E1	P2	E2	p3	E3	p4	E4
38	11680 / 1230	9 / 28	528	94	245			
39	7974 / 4414	11 / 18	464 / 322	21 / 113	95			
40	340 / 155	10 / 60	133	60	25	47	2	
41	281 / 1759	9 / 29	1091	91	192	48	91	
42	617 / 308	12 / 36	32	62	15	66	10	

43	391 / 83	8 / 42	164	73	55	47	16	
44	223 / 163	10 / 27	62	74	21	67	10	
45	4129 / 84 / 49	9 / 9 / 79	104	43	27	35	8	
46	1479 / 105 / 57	10 / 16 / 27	43	64	13	65	5	
47	9450 / 354	24 / 56	110	26	22	74	8	
48	9730 / 375	10 / 54	547	36	15	90	3	
49	4057 / 404	15 / 29	110	45	17	100	11	
50	1095 / 232	10 / 26	109	62	93	90	12	
51	1201 / 119	14 / 22	34	51	22	96	14	

Fuente: PET

SONDAJES PARAMETRICOS

Nº	P1	E1	P2	E2	P3	E3	P4	E4	P5
IRHS-34	1383	24	420	17	335	82	96	60	15
P-01	291	31	109	65	53	23	17	51	5
P-04	253	17	194	5	385	76	29	32	2
P-05	214	9	808	33	107	56	21	101	9

Nota: SEV = Sondaje Eléctrico Vertical

ρ = Resistividad de horizontes geoelectricos en Ohm-m.

E = Espesor en m.

5.5. Descripción de las secciones geofísicas

Con la finalidad de determinar y visualizar la secuencia y continuidad de los diferentes estratos geológicos del subsuelo, que pueden constituir el reservorio en la zona de estudio, se ha construido tres secciones geofísicas, las cuales se describen a continuación:

5.5.1. Pampa Layagache

5.5.1.1. Sección geofísica A - A'

Sección geoeléctrica transversal, efectuada en la misma quebrada de los Cerrillos Negros, designada con los SEV-01 y 02. La longitud entre sondajes fue de 39m, su descripción es como sigue:

Primer horizonte

Constituido por una capa superficial de material permeable seco como arenas cantos rodados, gravas, arenas y limo, con resistividad de 72 Ohm-m a 164 Ohm-m (SEV – 02, 01) y espesores máximos de 14m (SEV-02).

Segundo horizonte

De materiales permeables secos de gravas, arenas medias a finas y limos, con resistividades variadas de 16 Ohm-m a 26 Ohm-m (SEV- 01, SEV- 02) y espesores de 23m (SEV- 01) a 43m (SEV- 02).

Tercer horizonte

Horizonte geoelectrico de materiales permeables y semipermeables saturados. Estaría constituyendo el acuífero de la pequeña quebrada. Presenta resistividades variadas de 11 Ohm-m (SEV- 01) a 27 Ohm-m (SEV- 02) con espesores de 66m a 76 (SEV-01, 02).

Cuarto horizonte

Constituye el horizonte basamento del acuífero anteriormente mencionado de materiales impermeables de arcilla, con resistividades de 2 Ohm-m a 4 Ohm-m y de espesores indeterminados.

5.5.1.2. Sección geofísica B - B'

Sección geoelectrica efectuada en la cabecera de la pampa Layagache. Sección que corta en forma transversal a las quebradas Pedregal, de los Molles y Blanca. Con una longitud de 11.5km, construida con los SEV - 05 al SEV – 19 y con una orientación de NO - SE.

La descripción de la conformación de los estratos geoelectricos es como sigue:

Primer horizonte

- Conformado por una a tres capas geoelectricas superficiales, de materiales aluviales, con presencia de bolonería, cantos rodados, gravillas, arenas y limos de buena a regular permeabilidad en estado seco.

- Las resistividades varían de 66 Ohm-m a 2588 Ohm-m (SEV- 11, SEV – 09) con

espesores variados de 5m (SEV-13) y en conjunto llega a 101m (SEV – 09).

Segundo horizonte

- Está constituido por materiales de cantos rodados, gravillas, arenas, limos, arcilla y tobas redepositadas.

- De buena permeabilidad, en los SEV- 06 y 07, pero en estado seco. Las resistividades presentan rangos de 48 Ohm-m (SEV- 06) a 60 Ohm-m (SEV-07). Saturados con materiales de buena a regular permeabilidad en los SEV – 10 al 17, por los aportes temporales en época de lluvia de la quebrada Blanca y permanente de la quebrada de los Molles, constituidos por resistividades variables de 18 Ohm-m (SEV- 17) a 103 Ohm-m (SEV-14) y espesores de 21m (SEV- 15) a 148m (SEV-11). Secos y de mala permeabilidad en los SEV – 05, 08, 09, 18 y

19, con resistividades de 115 Ohm-m a 171 Ohm-m (SEV- 05, 09) y espesores de 66m (SEV-19) a 123m en el (SEV- 08).

- En términos generales, parte de este horizonte estaría saturado, cuyo flujo de agua subterráneas alimentarían en forma somera a la pampa Layagache.

Tercer horizonte

- Está constituido por una mezcla de materiales permeables e impermeables con presencia de gravas, gravillas, arenas medias, limos y arcillas de buena a mala permeabilidad.
- Los materiales saturados de buena a regular permeabilidad presentan valores en su resistividad de 15 Ohm-m a 61 Ohm-m (SEV- 15, SEV-08). Impermeables en los SEV – 7, 10 y 11, con resistividades variadas de 8 Ohm-m (SEV-10) a 11 Ohm-m en el (SEV-

11). Todos ellos, con espesores indeterminados.

5.5.1.3. Sección geofísica C - C'

Sección elaborada a 11Km de la sección A – A' y a una distancia de 4Km de la sección C. La sección geoeléctrica es de una longitud de 8Km, se inicia con el SEV – 20 y termina con el SEV - 37. La descripción de los horizontes geoeléctricos es como sigue:

Primer horizonte

- Conformado por una a dos capas geoeléctricas, de materiales aluviales y eólicos del cuaternario reciente, con presencia de gravas, arenas y cantos de buena permeabilidad en estado seco.

- Con resistividades de 176 Ohm-m (SEV – 35A) a 4959 Ohm-m. (SEV - 23) y espesores

de 5m. (SEV - 27) a 39m en la suma de sus espesores (SEV – 37).

Segundo horizonte

- Está constituido por materiales de cantos rodados, gravas, arenas, tobas redepositadas y limos, en estado seco, de regular a mala permeabilidad.
- Con resistividades de 100 Ohm-m. (SEV - 21) a 715 Ohm-m (SEV – 32) y espesores de 21m (SEV – 34) a 110m. (SEV- 33).

Tercer horizonte

- Constituido por intercalaciones de arenas medias, finas, limos y arcillas. De buena a regular permeabilidad, saturado entre los (SEV 32 al SEV- 37), con resistividades de 22 Ohm-m (SEV – 34) a 97 Ohm-m (SEV- 33) y espesores de 42m (SEV – 36A) a 115m (SEV – 33). De mala permeabilidad y no saturados entre los (SEV – 31) al (SEV – 23) con

resistividades que oscilan de 4 Ohm-m (SEV – 26) a 11 Ohm-m (SEV – 31), de espesores que varían de 39m (SEV – 30) a 98m (SEV – 23) y una zona permeable y saturada entre los SEV – 22 al 20, con resistividades variadas de 17 Ohm-m (SEV – 20) a 47 Ohm-m (SEV- 21), con espesor de 96m (SEV – 21).

- El acuífero saturado estaría dado solo entre los SEV 37 al 32, seco entre los SEV 31 y SEV 23 y permeable y saturado entre los SEV 20 al 22.

Cuarto horizonte

- Último horizonte geoeléctrico y probable basamento de los estratos anteriormente descritos, con espesores indeterminados, todos ellos relacionados a materiales impermeables de limos y arcillas.

Con resistividades bajas que varían de 1 Ohm-m a 9 Ohm-m (SEV- 31, SEV- 22).

5.5.1.4. Sección geofísica D - D'

Sección geoeléctrica, elaborada en forma transversal a la pampa Layagache y paralela a la sección B – B'. La sección geoeléctrica es de una longitud de 7Km la que cruza la carretera Panamericana, se inicia en la Quebrada de Cerrillos Negros con el (SEV – 38) y termina con el (SEV - 51) en la Quebrada Pedregal. Con orientación de NO – SE.

La descripción de la conformación de los horizontes geoeléctricos es como sigue:

Primer horizonte

- Conformado por una a dos capas geoeléctricas superficiales de materiales aluviales y eólicos del cuaternario reciente, con presencia de gravas gruesas, gravillas, arenas y limos de buena permeabilidad en estado seco.

- Con resistividades de 119 Ohm-m (SEV – 51) a 11680 Ohm-m. (SEV - 38) y espesores de 8m. (SEV - 43) a 97m. en conjunto (SEV – 45).

Segundo horizonte

- Conformado por materiales de cantos rodados, gravas gruesas, gravillas, tobas redepositadas y arenas finas en estado seco, de buena a mala permeabilidad.
- Horizonte con resistividades que fluctúan desde los 34 Ohm-m. (SEV - 51) a 1091 Ohm-m (SEV - 41) y espesores de 43m (SEV – 45) a 134m. (SEV- 39).

Tercer horizonte

- Constituido por intercalaciones de arenas medias, finas y limos. De buena a regular permeabilidad, siendo probablemente el acuífero saturado.

- Con resistividades de 13 Ohm-m. (SEV - 46) a 95 Ohm-m (SEV - 39) y espesores de 35m (SEV – 45) a 100m. (SEV- 49).

Cuarto horizonte

- Último horizonte geoeléctrico y probable basamento de los estratos anteriormente descritos, con espesores indeterminados, todos ellos relacionados a materiales impermeables de limos y arcillas.
- Con resistividades bajas de 3 Ohm-m a 12 Ohm-m (SEV- 40, SEV- 50).

5.6. Sondajes paramétricos

Pozo IRHS-34

El sondaje paramétrico se efectuó a 1.5m de distancia del pozo perforado (antepozo) IRHS-34, seco.

Profundidad total 110m, la información litológica por debajo de ella se ha inferido mediante el sondaje eléctrico vertical.

Descripción

Se correlacionó los valores de resistividades y espesores con la información litológica de la columna del pozo de la manera siguiente:

Primer Horizonte

Constituido por una a dos capas geoelectricas de resistividades con valores de 420 Ohm-m a 1383 Ohm-m, con un espesor que llega en conjunto a 41m.

Los primeros 24m, están conformados por cantos rodados, gravas gruesas en matriz de arena, esta se encuentra suelta.

De 24m a 41m presentan limos arenosos muy sueltos, cantos rodados con gravas de grano grueso subredondeada y alargada con arenas cuarzosas.

Segundo Horizonte

Conformado por una capa geoelectrica con valor en su resistividad de 335 Ohm-m y espesor de 82m.

De 41m a 123m. Presenta tobas redepositadas color rosado con fenocristales de cuarzo, cantos rodados en matriz de arena gruesa, arenas finas, gravas gruesas en arenas cuarzosas,

arenas tobáceas de grano medio de color rosado con abundante cuarzo y biotita y arena medianamente compactada. Tobas riódacítica de color rosado con abundantes fenocristales de cuarzo.

Tercer Horizonte

Conformado por una capa geoelectrica con resistividad de 96 Ohm-m y espesor de 60m.

De 123m a 183m. Característico a materiales tales como arenas medias, gravas y gravillas en estado saturado. Acuífero.

Cuarto Horizonte

Con resistividad de 15 Ohm-m y espesor indefinido, muestra materiales de arenas finas, limos y arcillas.

Pozo P-1

El sondaje paramétrico se efectuó a 2.5m de distancia del pozo perforado (taladro diamantino). Profundidad total 160m con antepozo de una profundidad de 40m con diámetro de 1.20m. La información litológica, por debajo de ella se ha inferido mediante el sondaje eléctrico vertical.

Descripción

Primer Horizonte

Constituido por una capa geoelectrica con resistividad variada de 291 Ohm-m, y un espesor de 31m.

Los primeros 31m, están conformados por gravas gruesas subredondeadas y alargadas en matriz de arena suelta, cantos rodados, arenas cuarzosas de grano fino, Horizonte de material permeable seco.

Segundo Horizonte

De 31m a 96m, se hallan gravas finas con arenas de grano grueso, estas se encuentran compactas. Arenas de grano medio, arenas cuarzosas de grano medio, arenas tobáceas y toba riolítica.

Horizonte con permeabilidad buena a mala en estado seco.

Tercer Horizonte

Conformado por una a dos capas geoelectrica con resistividad de 53 Ohm-m a 17 Ohm-m y espesor que en conjunto suman 74m.

De 96m a 119m. Característico a materiales tales como gravas arenas medias a finas con presencia de limos. De buena a regular permeabilidad en estado saturado. Acuífero.

De 119m a 170m. Relacionado a arenas finas con intercalaciones de limo y arcillas. De buena a regular permeabilidad. Acuífero.

Cuarto Horizonte

Con resistividad de 5 Ohm-m y espesor indefinido, constituido por materiales de limos y arcillas en estado seco e impermeable.+

Pozo P-4

El sondaje paramétrico se efectuó a 2m de distancia del pozo perforado (taladro diamantino).

Nivel estático aproximado es de 60m y la profundidad total es de 200m, con antepozo de 55m de diámetro de 1.20m. La información litológica por debajo de ella, se ha inferido mediante el sondaje eléctrico vertical.

Descripción

Primer Horizonte

Constituido por una a dos capas geoelectricas de resistividad con valor de 253 Ohm-m y 194 Ohm-m con un espesor de 22m.

Los primeros 17m, conformados por gravas gruesas en matriz de arena y cantos rodados, de buena permeabilidad en estado seco.

De 17m a 22m, muestran arenas cuarzosas de grano medio. Este material es de buena permeable en estado seco.

Segundo Horizonte

Con resistividad de 385 Ohm-m y espesor de 81m se encuentra conformado de la manera siguiente:

De 22m a 98m. Presenta cantos rodados de forma alargada en matriz de arena gruesa con limo, Tobas redepositadas con fenocristales de cuarzo y biotita. Arenas de grano medio. Arenas tobáceas de grano medio. Tobas arenosas y Toba riodacítica con fenocristales de cuarzo y biotita. De buena a mala permeabilidad en estado seco.

Tercer Horizonte

Presenta una resistividad de 29 Ohm-m y espesor de 32m.

De 98m a 130m de profundidad se encuentra arenas finas, limos y arcillas de buena a regular permeabilidad. Constituido por el acuífero.

Cuarto Horizonte

De 130m a profundidad indeterminada se encuentran resistividades de 2 Ohm-m referida a materiales de limos y arcillas, de características impermeables.

Pozo P-5

El sondaje paramétrico se efectuó a 2m de distancia del pozo perforado (antepozo).

Profundidad total 98m, con un diámetro de 1.20m. La información litológica, por debajo de ella se ha inferido mediante el sondaje eléctrico vertical. Antepozo seco.

Descripción

Primer Horizonte

Constituido por una a dos capas geoelectricas de resistividad con valor de 214 Ohm-m y 808 Ohm-m con un espesor que en conjunto dan 42m.

Los primeros 9m, están conformados por gravas medias a gruesas sueltas en matriz areno limosas sueltas, de buena permeabilidad en estado seco. De 9m a 42m, se conforma por cantos rodados de forma alargada subredondeada. Gravas finas de color gris, arenas de grano medio compactas y arenas cuarzosas de grano medio. Este material es de buena permeable en estado seco.

Segundo Horizonte

Presenta el horizonte resistividad de 107 Ohm-m, con un espesor de 56m y se describe de la siguiente manera: De 42m a 98m. Ostenta arenas tobáceas de grano fino de color marrón, con limos arcillosos regularmente compactos. Arenas tobáceas de grano medio. Toba arenosa de color rosado a beige. Arenas cuarzosas de grano medio muy compactas. Tobas riódacíticas con abundantes fenocristales de cuarzo y biotita. Esta toba presenta humedad. Horizonte de regular a mala permeabilidad.

Tercer Horizonte

Con resistividad de 21 Ohm-m y espesor de 101m.

De 98m a 199m de profundidad se encuentra arenas medias a finas, limos y arcillas. De buena a regular permeabilidad. Constituido por el acuífero.

Cuarto Horizonte

De 199m a profundidad indeterminada con resistividad de 9 Ohm-m referida a materiales de limos y arcillas, de características impermeables.

6. PERFORACIÓN DEL TALADRO DIAMANTINO PEL-01

6.1. Ubicación

El taladro diamantino PEL-01, está ubicado en la Pampa Layagache-Sama, sobre los 628.83 msnm en la siguiente coordenada UTM Datum: WGS-84: 350, 606E 8' 022, 488N

6.2. Descripción de las actividades

6.2.1. Trabajos preliminares

- Movilización e instalación de campamento, con dos módulos de campamento.
- Movilización hasta el punto de perforación de: la máquina perforadora Longyear SH 38, Bomba de

lodo, tuberías de perforación HQ - NQ- BQ, brocas tricónicas, tinas metálicas, etc.

- Excavación de las pozas residuales de 3mx2mx2m para la circulación de lodo de perforación.
- Construcción de una loza de concreto simple de 2mx4m.x0.15m, para el anclaje de la máquina perforadora.
- Excavación a mano del prepozo de sección circular de 1.20 m. Ø, desde la superficie hasta 17.70 m, de profundidad, luego se procedió al cementado del prepozo con relleno de concreto simple desde 2.40 m. hasta 17.70 m, en la parte superior se colocó un casing metálico de 2.40 X 15" Ø.

6.2.2. Perforación diamantina.

Para definir la ubicación de la zona favorable para la perforación del pozo exploratorio PEL-01, se ha tomado en cuenta los resultados de la prospección geofísica, interpretada con criterio hidrogeológico, con relación a la configuración del subsuelo y profundidad de saturación.

A. Construcción de Prepozo



FOTOS Nº 12 y 13: Prepozo PEL-1, excavación a mano, el material extraído del fondo del, es subido a la superficie a través de un recipiente, accionado por un torno manual.



FOTOS Nº 14 y 15: Obsérvese el cementado del prepozo PEL-1 y en la foto de la derecha el acabado final, con un casing metálico de 15" Ø.

B. PERFORACIÓN

Se perforó con broca diamantina HQ (4" Ø). de 2.40 m. hasta 25.00 m. de profundidad y con broca NQ (3" Ø) desde 25.00 m. hasta 274.00 m. de profundidad.



Foto N° 16. Perforación Diamantina PEL-01, en la Pampa Layagache Sama.

C. RIMADO

Consistió en el ensanchado del taladro utilizando como rimer una broca tricónica 4 ¾" Ø, desde 2.40 m. hasta 95.00 m. de profundidad.

D. LAVADO PRELIMINAR DEL TALADRO

Se lavó el taladro disminuyendo la viscosidad, con abundante agua y circulación durante 05 horas en forma continua.

E. SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA PVC ROSCADA DE 3"Ø

Se instaló la tubería PVC ciega y ranurada de 3"Ø X 2.95m con rosca C-15, desde la superficie hasta donde se realizó el rimado del taladro, a fin de habilitarlo como piezómetro de observación.

00.00 m - 41.55 m :tubería ciega (14 tubos más fracción)

41.55 m - 94.85 m: tubería ranurada (18 tubos)

F. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GRAVA DE 4 mm A 6 mm Ø

El engravado del taladro consistió en colocar 1 m³ de grava de 4 – 6 mm, en el espacio anular existente

entre la pared desnuda y la tubería de PVC de 3"Ø, desde la superficie hasta 95.00 m de profundidad.

G. INYECCIÓN DE ADITIVO DISPERSANTE

Una vez engravado el taladro PEL-01, se inyectó el polímero dispersante Ring. Free con el objeto de destruir la costra o "cake", formada durante la perforación con fluidos de bentonita y polyplus. La dosis utilizada fue de 03 galones. de Ring. Free en 1,5 m³ de agua.

H. LAVADO DEL TALADRO

El lavado del taladro se realizó inyectando jets de agua, mediante la bomba de lodos, a través de una sarta de tubería de perforación BQ, desde el fondo hacia la superficie, hasta que la salida del agua sea limpia y libre de impurezas.

El volumen total de agua utilizado fue de 8 m³.

I. SELLADO DEL PIEZÓMETRO.

Al concluirse los trabajos anteriormente descritos se realizó el sellado del taladro, usándose para tal fin un pedazo de tubería de 15" de Ø con una reducción a 5"Ø con su niple roscado.

6.3. Características constructivas post construcción PEL-01

Sector Pampa Layagache Sama:

01 Perforación Diamantina:

Construcción de Pre-pozo	: Excavación y relleno de concreto simple de 0.00 hasta 17.70, en la parte superior se colocó un casing metálico de 2.40X15"Ø
Perforación de 4 "Ø (HQ)	: Desde 2.40.00 m. hasta 25.00 mde profundidad.
Perforación de 3 "Ø (NQ)	: Desde 25.00 m. hasta 274.00 mde profundidad.

Rimado de 4 ¾"Ø	: Desde los 2.40 m hasta 95.40 m de profundidad.
Revest. PVC ciego 3"Ø	: Desde 00.00 m a 41.55 m de profundidad con tubería ciega PVC de 3"Øx2.96m. C-15.
Revest. PVC ranurada 3"Ø	: Desde 41.55 m a 94.85 m de profundidad con tubería ranurada PVC de 3"Øx2.96 m.C-15.
Engravado	: Con grava seleccionada de 1/4"–3/8" del espacio anular desde los 0.00 m a 95.00 m de profundidad.
Lavado	: Con chorros de agua de alta velocidad, previamente inyectado con el aditivo dispersante Ring Free.



FOTOS Nº 17, 18 y 19:En las fotos se observa el entubado del pozo PEL-1 con tubería de PVC de 3" Ø x 2.96 de longitud.



FOTOS Nº 20 y 21: En las fotos se observa el engravado con grava seleccionada de 3 a4 mm Ø y el lavado del pozo con abundante agua desde el fondo hacia arriba.

7. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA Y MANANTIALES

El objetivo del inventario es determinar la cantidad y tipos de fuentes de agua, cuyo resultado permitirá conocer la situación física y técnica de estos, así como determinar sus características físicas químicas del agua.

7.1. Tipo de fuentes de agua subterránea

En la Pampa Layagache, en los alrededores y en la parte alta de la sub cuenca existen dos (02) tipo de fuentes de agua subterránea, naturales representados por los manantiales y artificiales representado por los pozos.

7.2. Inventario de manantiales

Se han inventariado 04 manantiales ubicados en las quebradas de Puquio, Torreni y Chero (Sector Quilla). En la cabecera de la sub cuenca del sector de Palquilla, se muestreo el agua de la quebrada Chinchicumane. (Ver Mapa de Inventario de fuentes de agua IF-1)

<u>Qda. Chinchicumane-Palquilla</u>	
<u>Ph</u>	6.81
Cond. eléctrica	481 μ S/cm
<u>m.V</u>	-4
<u>Temp. Agua °C</u>	12.6

Manantial Puquio 01



pH	7.97
Cond. eléctrica	480 μ S/cm
m.V	-66.5
Temp. agua $^{\circ}$ C	23.4

Manantial Quebrada Puquio 02



Ph	6.72
Cond. eléctrica	19070 μ S/cm
m.V	-55
Temp. agua $^{\circ}$ C	19.2

Manantial Torreni



Ph	7.63
Cond. eléctrica	1377 $\mu\text{S/cm}$
m.V	-42
Temp. Agua $^{\circ}\text{C}$	14

Qda. Chero - Manantial Quilla



Ph	6.58
Cond. eléctrica	1195 $\mu\text{S/cm}$
m.V	-15.2
Temp. Agua $^{\circ}\text{C}$	19.7

7.3. Inventario de pozos

En la zona de estudio de la Pampa Layagache y/o alrededores se realizó el inventario de los pozos, el trabajo consistió en obtener información técnica como: tipo de pozo, profundidad, diámetro, estado del pozo, usos, equipo de bombeo y rendimiento. En la pampa Layagache-Sama, se han inventariado un total de 05 pozos.

7.3.1. Tipo de pozos

Se han registrado 05 pozos tubulares ubicados a lo largo y ancho de Pampa Layagache, cuyos códigos son: P-4, PEL-01, P-1, P-5 y IRHS-34, los tres últimos pozos están sin encamisar es decir a pared desnuda tal como se observa en la foto N° 22 y 23.



Foto N° 22 y 23. Pozo P-4, de 200 m. con 1.20 m. Ø, tal como se observa en la foto.



Foto N° 24 y 25. Pozo PEL-01, de 0.00 m. a 95.40 m. con un diámetro de 4 ¾" Ø y de 95.40 m. a 274.00 m. con 3" Ø., encamisado con tubería de PVC ciego y ranurado de 3" Ø clase 15, tal como se observa en la foto.



Foto N° 26 y 27. Pozo IRHS-34, de 110 m. de profundidad con un diámetro de 1.20 m. tal como se observa en la foto.

7.3.2. Profundidad y diámetro de los pozos

La profundidad y diámetro de los pozos es como sigue:

Pozo P-04, tiene una profundidad total de 200 m., de los cuales los primeros 52 m. tienen un diámetro de 1,20 m y 4" de diámetro desde 52 hasta 200 m, la cota de la boca del pozo es de 685,13 msnm. Cabe mencionar que durante su perforación, el sondaje a los 51 m. de profundidad, el sondaje presenta una desviación. EL nivel piezométrico es de 62,76 m.

Pozo PEL-01, tiene una profundidad total de 274 m; desde la superficie hasta 95,40 m el diámetro es 4 ¾" y desde 95,40 hasta 178,60 m el diámetro es de 3". La boca del pozo tiene una cota de 628,83 msnm. El nivel piezométrico es de 40 m.

Pozo P-1, tiene una profundidad de 180 m. con un diámetro de 1,20 m. La cota en boca del pozo es de 579 msnm.

Pozo P-5, Pozo seco, tiene una profundidad de 98 m. con un diámetro de 1,20 m. La cota en boca del pozo es de 696 msnm.

Pozo IRHS-34, Pozo seco, tiene una profundidad total de 110 m con un diámetro de 1,20 m la boca del pozo tiene una cota de 500 msnm.

7.3.3. Estado de pozos

a. Pozos Utilizados

Son aquellos pozos que durante el inventario se encontraron funcionando ya sea para uso agrícola, domestico, industrial y/o pecuario. En el área de estudio se ha registrado un pozo funcionando denominado pozo P-4, con un caudal de 0,5 l/s.

b. Pozos Utilizables

Los pozos utilizables son todos aquellos que se encuentran sin equipo de bombeo, abandonados por bajo rendimiento para el fin que fueron perforados,

sellados en reserva, tienen equipo malogrado y/o se encuentran en perforación.

En la Pampa Layagache se han inventariado dos pozos utilizables, denominado pozo exploratorio PEL-01 y pozo P-1.

c. Pozos no utilizables

Son aquellos pozos que durante el inventario se encontraban derrumbados, desviado de tubería, enterrado y seco en forma permanente. En la Pampa Layagache, se encontraron dos pozos secos denominados P-5 y IRHS-34.

7.3.4. Uso de pozos

En el área de estudio se ha inventariado un pozo utilizable, para uso agrícola y doméstico denominado P-4, tal como se observa en la foto N° 28.



Foto Nº 28. Pozo P-4, con su caseta de bombeo.

7.3.5. Equipo de bombeo

El pozo P-4, tiene una motobomba de 4"Ø, instalada en la base del antepozo a una profundidad de 52 m, la tubería de succión y descarga es de PVC con un diámetro de 2".

7.3.6. Rendimiento de pozo

El rendimiento del pozo P-4, es de 0,5 l/s, este caudal está muy restringido y obedece a las características constructivas del pozo. Cabe mencionar que durante la

prueba de rendimiento o valoración del acuífero confinado, el nivel piezométrico descendió 1,05 m con una duración de 24 horas. El nivel piezométrico antes del bombeo es de 62,76 m.

8. HIDROLOGÍA DE LA SUBCUENCA

8.1. Descripción de la zona de estudio

Las disponibilidades temporales de agua, existentes en la quebrada principal denominada quebrada Los Molles, tiene sus nacientes en las subcuencas altoandinas de: Cotañane, Palquilla, Talane, Huacano y Homune con un área de drenaje de 102 Km² y una precipitación promedio de 100 mm total anual. Ver mapa de isoyetas de la subcuenca Layagache HI-1.

La subcuenca de estudio tiene la forma de una cuenca alargada, expandiéndose en la zona de la Pampa Layagache; y están limitadas en las cumbres por la cuenca del río Caplina y con los tributarios del río Sama.

8.2. Precipitación

Se ha efectuado una evaluación integral de la precipitación total anual existente en el área de influencia del estudio, tales como:

Tarata, Talabaya, Paucarani, Toquela, Palca, Calientes, Sama y Calana, también se ha uniformizado los registros para el periodo 1964 – 2005, efectuando los análisis de consistencia pertinentes, que finalmente ha permitido elaborar el Mapa de isoyetas que se presenta en el anexo N° 13.6.1 La precipitación promedio de las subcuencas evaluadas es de 100 mm.

8.3. Estimación de escorrentía

La estimación de la escorrentía se ha efectuado mediante la aplicación del modelo de simulación Hec-Hms, que permite determinar el proceso lluvia-escorrentía.

Los resultados finales del proceso de modelación son los hidrogramas de escorrentía directa de las subcuencas evaluadas, en lugares que han sido seleccionados en concordancia a las características geológicas e hidráulicas.

Modelamiento hidrológico de subcuencas

Para el modelamiento hidrológico de las subcuencas de aporte de Layagache se ha delimitado 5 subcuencas que aportan al sistema, los cuales han sido integrados mediante conexiones de

quebradas y ríos con módulos de infiltración asumidos en concordancia a las características geológicas. En el gráfico 01 se presenta el esquema del modelamiento hidrológico.

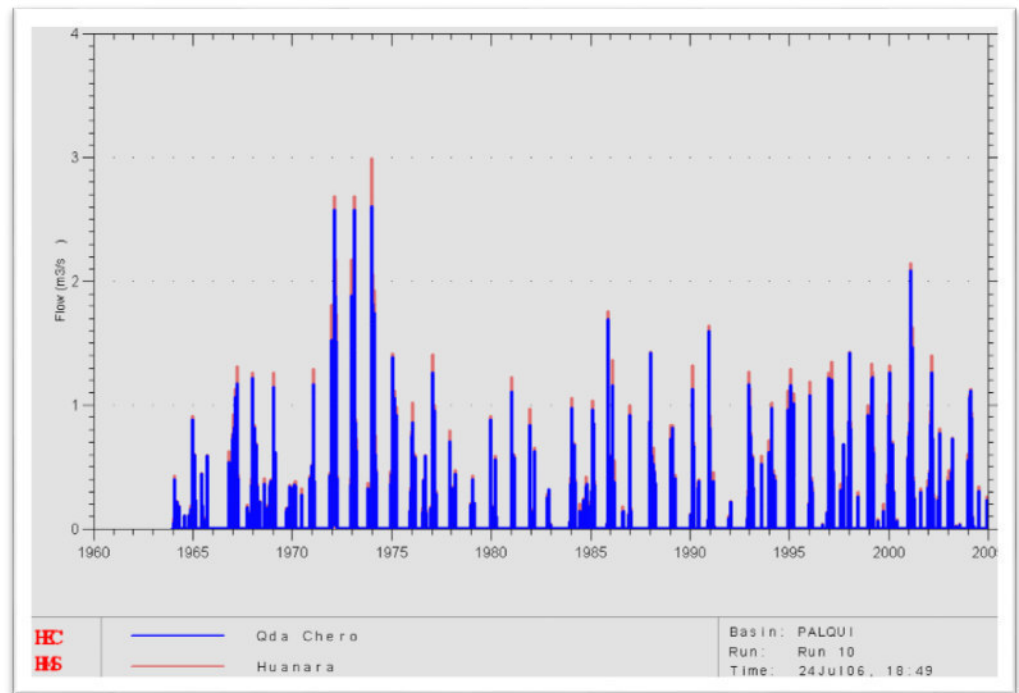
Grafico 01

Esquema de Modelamiento Hidrológico



Grafico 02

Descargas Generadas en Zona de Layagache



Los resultados obtenidos son:

- Las recargas se producen en periodo de años húmedos y principalmente en los meses de lluvia. La principal fuente de recarga es la subcuenca Cotañane por disponer de una precipitación total anual de 170 mm.
- El origen de la recarga es por el aporte de las 5 subcuencas que tienen una escorrentía promedio multianual de 39 l/s cuantificado en la parte final de la cuenca de estudio. Es

importante indicar que en años excepcionales se ha presentado caudales significativos del orden de 3 m³/s que ha permitido conectarse temporalmente con el río Sama.

- Durante el periodo de años secos la escorrentía superficial es inexistente. Los resultados de la escorrentía generada se presenta en el anexo N° 3.6.2 (descargas generadas)
- El aporte promedio multianual por infiltración de la escorrentía superficial es de 8 l/s que representa 0,244 MMC/año. Obviamente esto varía en función a la presencia de años húmedos (recarga de hasta 6,26 MMC) y secos (sin recarga).

9. HIDROGEOLOGÍA

9.1. Reservorio acuífero

El manto del acuífero de la Pampa Layagache está caracterizada, por presentar dos factores geológicos bien definidos: la primera es estratigráfico y la segunda tectónica.

De acuerdo a la perforación del Taladro Diamantino PEL-01, se determinó un acuífero confinado con un espesor de 40 m a una profundidad promedio de 200 m cuyo nivel piezométrico asciende hasta 40 m, medido desde la superficie. El manto

acuífero está emplazado en los conglomerados Los Molles, la base estos depósitos, se encuentran fragmentados y completamente saturados. (Ver registro de perforación PEL-01), sobreyacen en discordancia erosional a los sedimentos de la Formación Moquegua Inferior.

Este acuífero, es de forma alargada y se extiende a lo largo y ancho del valle con un área aproximada de 82,9 Km²(Ver anexo sección geoeléctrica C-C' y D-D'); en la parte media de este acuífero se tiene el Pozo P-04, ubicado 4 Km. del Taladro PEL-01, del cual se explota un caudal de 0,5 l/s (caudal limitado por el diámetro de perforación), con aguas de buena calidad apto para consumo humano y riego.

Durante la perforación diamantina PEL-01, se calificó y cuantificó los horizontes permeables e impermeables, en base a la viscosidad del lodo de perforación, el cual consistió en tomar medidas de esta, en la entrada y salida del taladro, por cada metro de avance de perforación, desde la superficie hasta la profundidad final de la perforación, la viscosidad se midió con la Jarra y embudo de Marsh. De acuerdo a las experiencias de otras perforaciones; nos indican que para valores menores a 35

marsh, horizonte saturado (acuífero bueno), valores entre 40 y 50 marsh, horizonte poco saturado (acuífero pobre) y valores mayores a 50 marsh, horizonte seco o acuícludo, (Impermeable), estos valores se correlacionaron con las permeabilidades estimadas in situ (tabla de A. Casagrande y R.E Fadum 1940), por lo tanto en la perforación diamantina PEL-01, se determinó que existen materiales permeables y saturados desde 183 hasta 226 m. de profundidad, con viscosidades que oscilan entre 35 a 45 marsh y permeabilidades de $1 < K < 10^{-3}$ cm/s, calificado como “Buenos Acuíferos”. Cabe mencionar que desde la superficie hasta los 33 m, los materiales encontrados presentan buena permeabilidad, pero sin presencia de agua. (Ver registro de taladro rotativo PEL-01).

9.2. Geometría del acuífero

Las características geométricas del acuífero Layagache está directamente relacionada a la geometría estructural descrita en el ítem de geología estructural. El acuífero está ubicado a lo largo del valle Los Molles, en superficie es de forma rectangular con un área de 82,9 Km², y un espesor de 40 m, el acuífero se encuentra a una profundidad promedio de 200 m. El acuífero limita por el

Norte por el sistema de falla Calientes NO-SE, los materiales que constituyen el acuífero confinado, corresponden a la formación geológica Conglomerado Los Molles, que rellenó una gran superficie de erosión en forma de “U”, el límite lateral y el basamento impermeable del acuífero lo constituyen las areniscas y arcillitas de la formación Moquegua Inferior. Ver Mapa corte Geológico A-A’.

9.3. Mecanismo de circulación de las aguas subterráneas

Luego de producidas las precipitaciones en la cuenca húmeda ubicada a los 3 900 msnm en la zona alta de Palquilla un porcentaje de las aguas meteóricas discurren por escorrentía superficial a través del drenaje natural de la cuenca y otro porcentaje se infiltra a través de las múltiples fracturas del basamento rocoso.

Las aguas de escorrentía discurren en un porcentaje pequeño, en la unidad geomorfológica de Puna en cauces de alta pendiente longitudinal (13%) lo que no da mucho tiempo para que se infiltre en el macizo rocoso, luego continúan por la unidad geomorfológica del Flanco Disectado de los Andes a través del

cauce principal de la quebrada Chero (7%) cuyo basamento se encuentra atravesado por el sistema de fallas del Incapuquio (Falla, Challaviento, Incapuquio, Ancocalani, Chañal y Calientes) y otras subsidiarias ocasionadas por la intensa actividad tectónica del pasado; un porcentaje de las aguas se infiltra inicialmente por las múltiples fracturas de las formaciones geológicas más antiguas (sector de Palquilla, Huacano, Chero, Huanara, etc.) y otro porcentaje discurre en forma sub superficial, por el relleno aluvial (inferoflujos), al llegar a la zona del relleno aluvial en la Pampa de Layagache las aguas subsuperficiales se profundizan, por efecto de la falla Calientes, hasta llegar al basamento impermeable de la Formación Moquegua Inferior (Ver registro de perforación PEL-01 y corte geológico B-B'), las aguas continúan su recorrido muy lentamente a través del Conglomerado Los Molles, que en su base estos se encuentran fragmentados y saturado. (Ver Registro de perforación PEL-01).

En la quebrada de Puquio el mecanismo de circulación es muy parecido, donde las escasas precipitaciones de los años húmedos que se producen en la cabecera de cuenca, se infiltran a través de las múltiples fracturas de las tobas de la Formación Huaylillas y

las rocas sedimentarias de la Formación Moquegua Superior, entregando sus aguas a las quebradas tributarias de la quebrada Puquio, en las partes bajas se infiltran en el relleno aluvial y emergen en forma de manantial en el caserío de Puquio, actuando como basamento y barrera hidráulica las rocas de arcillita de la formación Moquegua Inferior, que afloran en el cauce de la quebrada.

9.4. Recarga del acuífero

El acuífero Layagache, por sus características geométricas, está directamente relacionado a la actividad tectónica y a los cambios climáticos del pasado, que permitió el almacenamiento de grandes volúmenes de agua por escorrentía, durante las crisis climáticas, tal como se describe en el ítem de geología estructural.

De acuerdo a la simulación hidrológica, en la actualidad el acuífero Layagache, es recargado por 8 l/s, de filtraciones por escorrentía de los ríos y quebradas: Huacano, Chero y Los Molles, que tiene sus nacientes en cabecera de cuenca. En el valle de la Pampa Layagache, existen múltiples paleocanales que circulan en forma sub superficiales a diferentes profundidades y

que conducen pequeñas cantidades de agua y los entregan en la parte más distal de la cuenca como: Las quebradas Las Brujas, Agua Dulce y el Cocal y otro porcentaje aflora en el río Sama.

9.5. La napa subterránea

El acuífero Layagache es de tipo confinado, de acuerdo al sondeaje PEL-01, la boca del sondeaje tiene una cota de 628,83 msnm y el nivel piezométrico se encuentra a 40 m. (588,83 msnm); el techo y piso del acuífero se encuentra a 185 m. (443,83 msnm) y 225 m (403,83 msnm.) respectivamente, por lo tanto el ascenso del agua es de 145 m.

El pozo P-04, tiene un nivel piezométrico de 62,76 m. (622,37). Se puede concluir que la dirección de flujo de la napa freática es de NE al SO, el cual es concordante con la recarga, geometría y dirección de deposición de los materiales acuíferos.

(Ver mapa de isopiezas de acuífero confinado). Cabe mencionar que la zona de estudio carece de pozos de observación.

9.6. Hidrodinámica

9.6.1. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos del acuífero tales como permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento, son obtenidos a partir de las pruebas de rendimiento y recuperación del acuífero. Para la determinación de dichos parámetros hidráulicos del acuífero se ha recopilado información del PET de años anteriores.

En el pozo P-04, se realizó una prueba de rendimiento pero por las características inadecuadas de la infraestructura del pozo, solo se tomó datos de la recuperación del pozo.

9.6.2. Prueba de Rendimiento

La prueba de rendimiento tuvo una duración de 24 horas continuas, en el cual el nivel piezométrico se encontró a una profundidad de 62,76 m y el nivel dinámico alcanzado al final de la prueba fue de 63,81 m, lo que significa que el descenso total del nivel de agua subterránea de la prueba fue de 1,05 m, en una columna de agua de solamente 5 m.

9.6.3. Prueba de Recuperación

La prueba de recuperación total fue de 9 horas, donde la mayor recuperación (50 cm) se produce en los primeros 20 minutos, posteriormente la recuperación es gradual hasta recuperarse totalmente a las 7 horas.

9.6.4. Resultados e interpretación (AquiferTest V2010)

Esta prueba ha sido procesada e interpretada con el programa aquiferTest V.2010, por el método Theis Recovery (Ver anexo 13.7.2 reporte de pruebas de recuperación P-04).

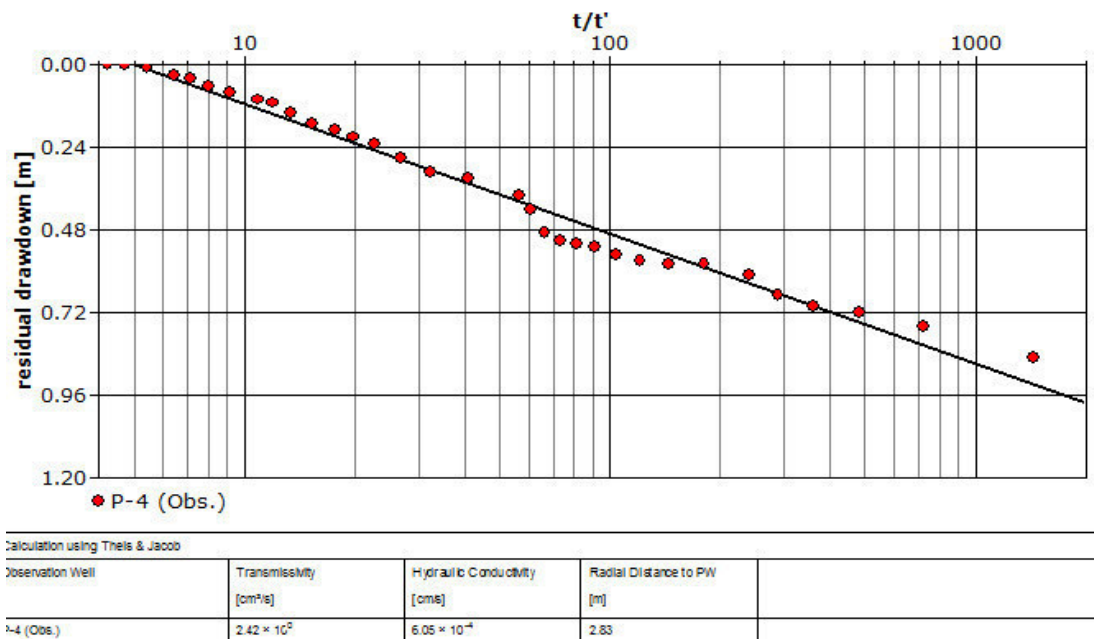


Grafico N° 03. Reporte de prueba de recuperación P-4, método Theis Recovery.

De Acuerdo a la prueba de bombeo realizado en el pozo P-4, los resultados son los siguientes:

- Nivel piezométrico = 62,76 m.
- Nivel dinámico al final de la prueba = 63,81 m.
- Descenso de la prueba = 1,05 m.
- Caudal de explotación = 0,5 l/s
- Caudal explotado durante las 24 horas = 43 m³.
- Permeabilidad 6.05×10^{-4} cm/s
- Transmisividad 2.42 cm²/s

El coeficiente de almacenamiento para acuíferos confinados se calculó con la siguiente fórmula:

$$S = \gamma \cdot b (m_e \cdot \beta + \alpha)$$

Donde:

γ : Densidad del agua

b: espesor del acuífero

m_e : Porosidad Eficaz

β : Compresibilidad del agua

α : Compresibilidad de la roca

$$S = 6.13 \times 10^{-5}$$

Los parámetros físicos químicos in situ son los siguientes:

- Temperatura = 28° C
- pH = 7.7
- Conductividad eléctrica, CE = 0.96 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

10. HIDROGEOQUÍMICA

Se tomaron muestras de agua in situ de todas las fuentes de agua de la cuenca Layagache y/o alrededores, realizando su respectivo análisis físico químico in situ como: Conductividad Eléctrica, pH, TDS (Total Sólidos Disueltos) y milivoltios, también se tomó la temperatura del agua.

Conductividad Eléctrica (C.E), es aplicable para medir la salinidad que aumenta con el contenido de sales en solución, simplificando la interpretación de las lecturas, se puede definir a la conductividad Eléctrica como la capacidad de un agua para conducir la electricidad siendo su unidad el mS/cm o $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La calidad de agua en el pozo P-04 ubicado en la Pampa Layagache es de muy buena Calidad, con 0,95 a 1,00 mS/cm de Conductividad Eléctrica. En las nacientes de la cuenca Layagache quebrada Chinchincumane sector de Palquilla la C.E es 0,48 mS/cm , aguas

abajo de esta, quebrada Chero (Sector Quilla) el agua presenta una C.E de 1,20 mS/cm. y en la quebrada Torreni la C.E es 1,37 mS/cm. Cabe resaltar que el agua superficial y subsuperficial, en su recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura va lavando sales de las rocas que atraviesa, por lo tanto el agua se va contaminando ligeramente, pero el agua del pozo P-04 mejora, por lo que se entiende que existe una mezcla con un agua de mejor calidad. (Ver anexo 13.8.3)

El pH. Es el cologaritmo de la concentración de hidrogeniones de un agua. Valores superiores a 7 ponen de manifiesto la alcalinidad y valores bajos la acidez, la determinación del pH suele hacerse in situ, pues puede modificarse transcurrido algún tiempo. La variación normal del pH de las aguas varía entre 6,5 a 8.

El pH de las aguas subterráneas del pozo PEL-01 es de 7,58 y de las quebradas Chero y Chinchincumane es 6,60 en promedio y del manantial Puquio es 7,97.

Total de sólidos disueltos expresa el contenido de sólidos disueltos de una muestra de agua, este ionizado o no, suele estar expresada en

mg/l. El agua del Pozo P-04 tiene un TDS de 240 mg/l y en las quebradas Torreni y Chero el agua tiene 643 mg/l en promedio.

Temperatura. La temperatura del agua se determina in situ con un término de máxima y mínima. En acuíferos que están sometidos a una renovación anual de sus reservas se considera que la temperatura del agua debe ser la temperatura media anual del ambiente. Acuíferos muy profundos pueden presentar su temperatura influenciada por el grado geotérmico. Consideramos que las aguas con temperatura inferiores a 16 grados son aguas frías; de 16 a 22 °C. son aguas normales y superiores a 22 °C son aguas calientes.

La temperatura promedio del agua subterránea de las Pampas Layagache pozo P-04 es de 29,50°C, estas aguas son calientes debido al gradiente geotermal, por lo tanto son profundas.

11. RESERVAS DEL ACUIFERO LAYAGACHE-SAMA

Las reservas del acuífero confinado está compuesto por las reservas elásticas, que son volumen de agua almacenado por el efecto de confinamiento de la capa y las reservas de almacenamiento, que como su nombre lo indica es el agua almacenada en los poros de la formación.

Las reservas elásticas es el producto del volumen que existe entre el techo de la formación y el nivel piezométrico por el coeficiente de almacenamiento de la misma, mientras que las reservas de almacenamiento es el producto del volumen de la formación por su porosidad efectiva. El área del acuífero es de $82,9 \text{ km}^2 \times 1/2 = 41,44 \text{ km}^2$, para el cálculo, conservadoramente solo se toma el 50% del área total.

Area (m ₂)	Altura piezométrica (Hi)	Espesor	Porosidad (m _e)	Coeficiente Almacenamiento (S)	Reservas elásticas (m ³)	Reservas almacenadas (m ³)	Reservas Totales (m ³)	Reservas Totales (MMC)
41,443,978	146	35	0.20	6.13E-05	185,518	290,107,849	290,293,367	290.29

Reservas elásticas= (ancho * Hi*longitud*S)/2

Reservas Almacenadas= espesor*ancho*longitud*ne

Donde:

Hi: Altura piezométrica

ne: porosidad eficaz

S: Coeficiente de almacenamiento.

La reserva total del acuífero Layagache es de 290,29 MMC, esta reserva de agua puede ser aprovechada para consumo humano de los Centros Poblados de Sama Las Yaras y Sama Inclán, donde la disponibilidad de estos recursos hídricos es escasa.

El aprovechamiento de las aguas subterráneas del acuífero Layagache, sería mediante la construcción de un pozo tubular, cuya explotación de sus aguas con un adecuado uso racional de este recurso, dotaría en forma continua y sostenible a la población de Sama, con aguas de buena calidad. Se recomienda que el caudal máximo de explotación sea del orden de 3 a 5 l/s.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Regionalmente en el área de investigación, afloran rocas del Precámbrico conocido como el basamento metamórfico hasta depósitos fluvioaluviales del Cuaternario.
2. Durante el Mioceno Superior y Plioceno Inferior (F.T. Quechua 2), se produce la primera crisis climática, originando el relleno del fondo de los valles del Flanco Disectado de los Andes y completamente los valles de la Pampa Costanera.
3. A inicios del Plioceno inferior (F.T. Quechua 3), los Andes son nuevamente levantados por la tectónica de placas y como consecuencia de esta actividad tectónica, las fallas del sistema Incapuquio se reactivaron, dividiendo la sub cuenca Layagache en dos, entre la Cordillera y el Flanco Disectado de los Andes, por esta razón el drenaje hacia la Pampa de Layagache en su cabecera, fue interrumpido en dirección al sistema de falla NO-SE.

4. El manto del acuífero de la Pampa Layagache está caracterizada, por presentar dos factores geológicos bien definidos: la primera es estratigráfico y la segunda tectónica.
5. De acuerdo a la perforación del Taladro Diamantino PEL-01, se determinó un acuífero confinado con un espesor de 40 m a una profundidad promedio de 200 m, cuyo nivel piezométrico asciende hasta 40 m, medido desde la superficie. El manto acuífero está emplazado en los conglomerados Los Molles, en el piso estos depósitos, se encuentran fragmentados y completamente saturados.
6. Geométricamente en superficie, el acuífero es de forma rectangular con un área de 82,9 Km², y un espesor de 40 m, el acuífero se encuentra a una profundidad promedio de 200 m. El acuífero limita por el Norte por el sistema de falla Calientes NO-SE, el límite lateral y el basamento impermeable del acuífero lo constituyen las areniscas y arcillitas de la formación Moquegua Inferior.
7. Los parámetros hidráulicos del acuífero confinado de Layagache, en base a la recuperación se tiene: Permeabilidad $6,05 \times 10^{-4}$ cm/s,

transmisividad $2,42 \text{ cm}^2/\text{s}$ y coeficiente de almacenamiento de $6,13 \times 10^{-5}$

8. En los núcleos de la perforación diamantina PEL-01, se determinó que existen materiales permeables ($1 < K < 10^{-3} \text{ cm/s}$) y saturados desde 183,00 hasta 226,00 m. de profundidad, con viscosidades que oscilan entre 35 a 45 marsh,
9. Según los Sondajes Eléctricos Verticales muestran que el tercer horizonte es el probable productor de agua subterránea formado por materiales de buena a regular permeabilidad saturados, con resistividades de 44 a 63 ohm-m.
10. La principal fuente de recarga es de la subcuenca Cotañane con una precipitación total anual de 170 mm y 8 l/s de infiltración por escorrentía superficial que representa 0,244 MMC/año.

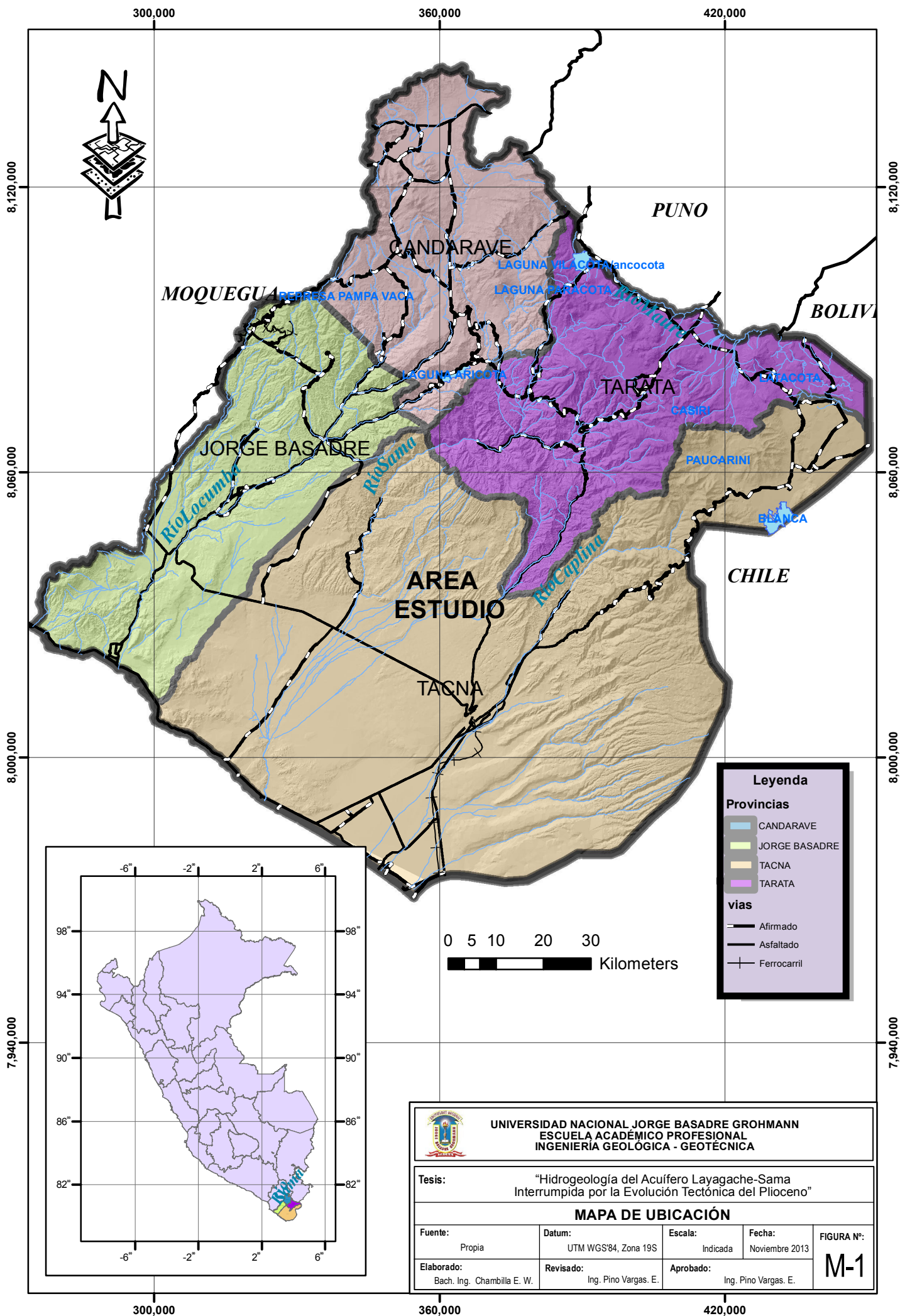
11. El agua subterránea emplazada en la Pampa Layagache tiene familia química Sulfatada Cálcica y es de buena calidad por encontrarse dentro de las normas vigentes para el consumo humano como para riego.
12. La reserva total del acuífero Layagache es de 290,29 MMC, esta reserva de agua puede ser aprovechada para consumo humano de los Centros Poblados de Sama Las Yaras y Sama Inclán, donde la disponibilidad de estos recursos hídricos es escasa.

RECOMENDACIONES

1. El aprovechamiento de las aguas subterráneas del acuífero Layagache, sería mediante la construcción de un pozo tubular, cuya explotación de sus aguas con un adecuado uso racional de este recurso, dotaría en forma continua y sostenible a la población de Sama, con aguas de buena calidad. Se recomienda que el caudal máximo de explotación sea del orden de 3 a 5 l/s.
2. Se recomienda continuar con el estudio Hidrogeológico del acuífero Layagache, mediante la construcción de sondeos diamantinos con recuperación de testigos, con sus correspondientes pruebas de permeabilidad.
3. Realizar el estudio Isotópico del acuífero utilizando isótopos estables del agua ^{18}O y ^2H -Deuterio, para determinar la edad y el origen de sus aguas.

13. ANEXOS

13.1. Plano de ubicación de la zona de estudio M-1



13.2. Geología y geomorfología

13.2.1. Mapa Geomorfológico GE-1

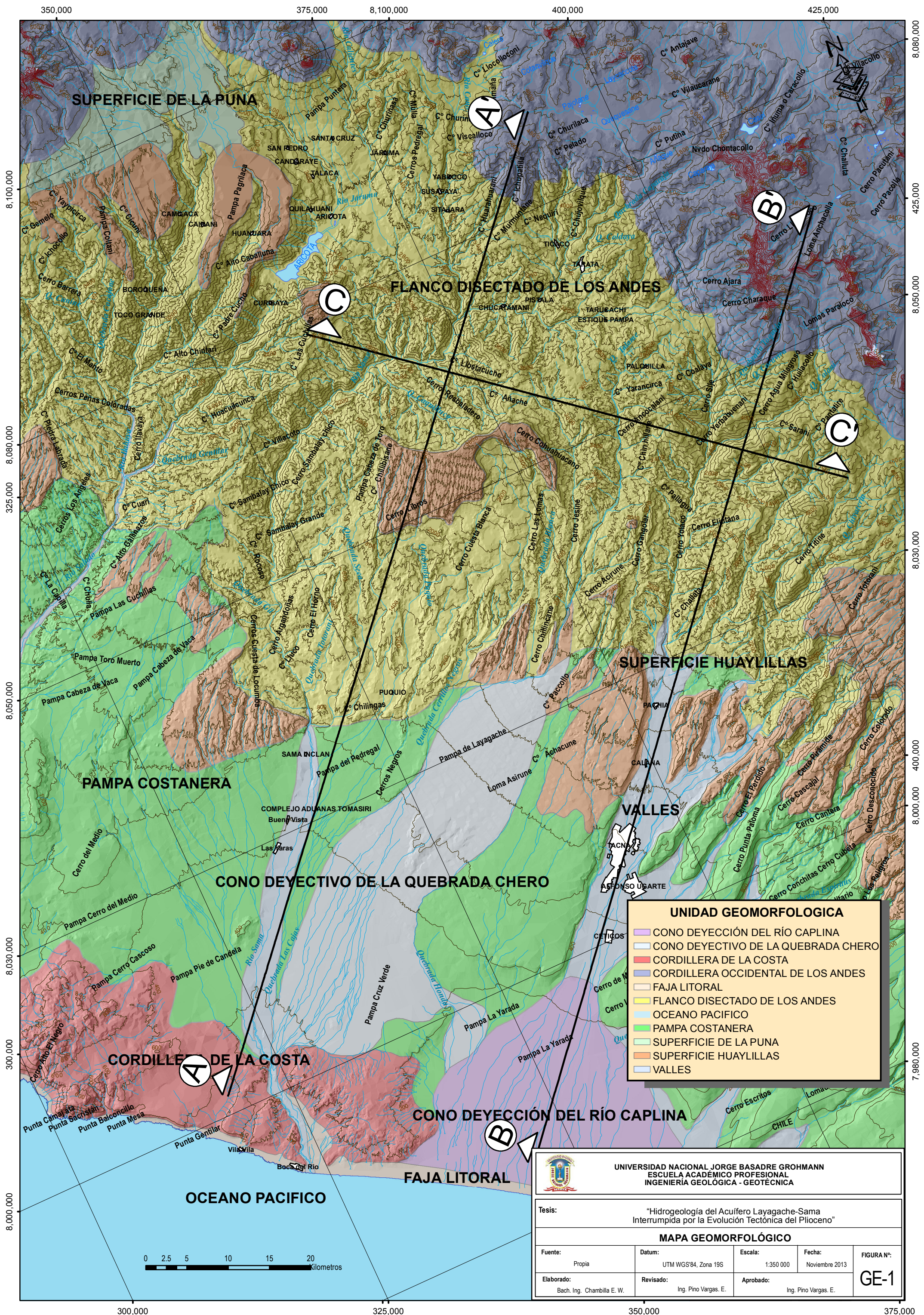
13.2.2. Mapa Geológico GE-2

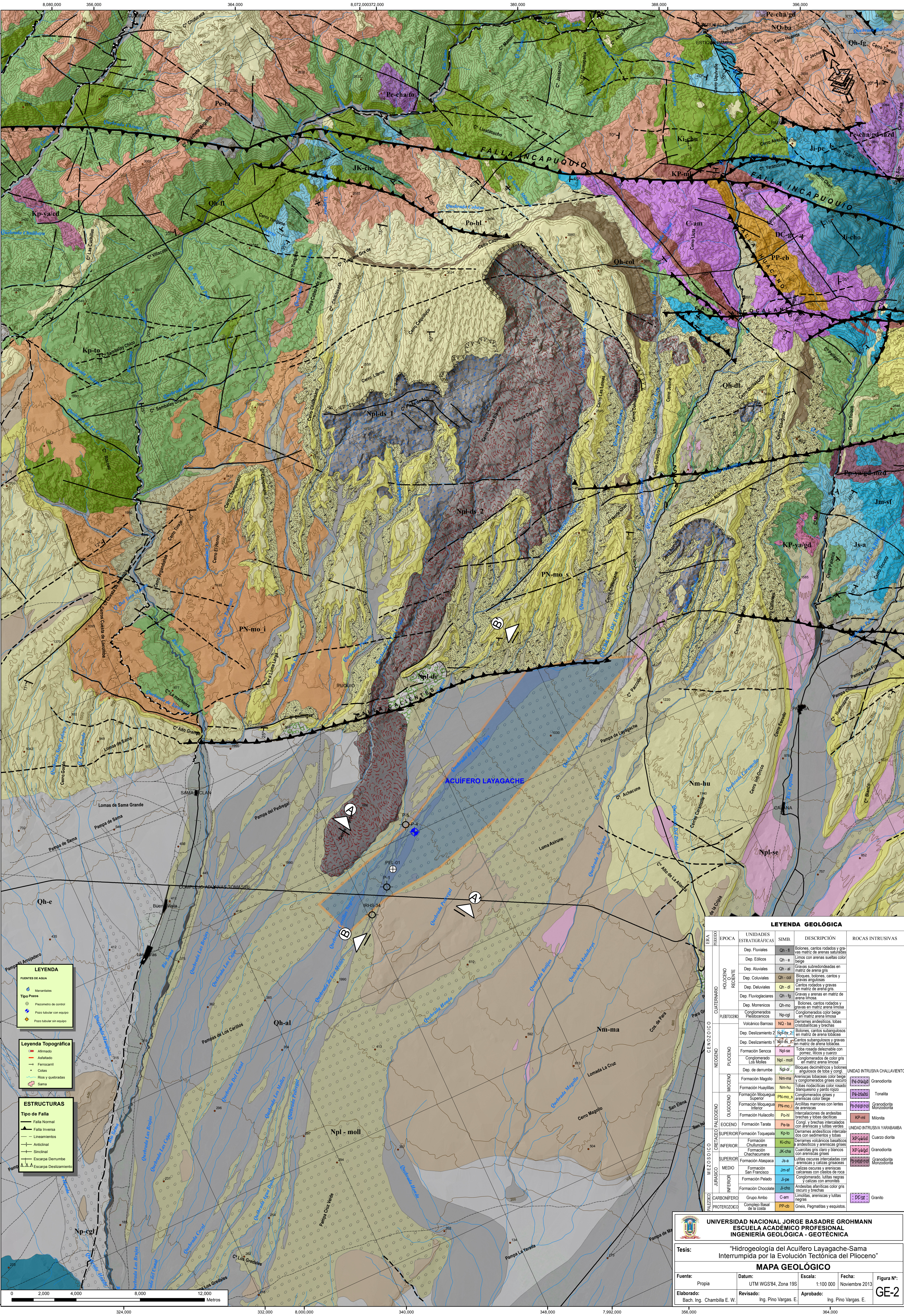
13.2.3. Mapa Estructural GE-2.1

13.2.4. Corte Geológico A – A' GE-3

13.2.5. Corte Geológico B – B' GE-4

**13.2.6. Registro litológico de los pozos P-4, P-05
y IRHS 34**





LEYENDA GEOLÓGICA				
ERA	PERÍODO	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	SIMB.	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO	HOLOCENO RECIENTE	Dep. Fluviales	Qh - fl	Bolones, cantos rodados y gravas matriz de arenas saturadas
		Dep. Edificos	Qh - e	Gravas subredondeadas en matriz de arena gris
		Dep. Coluviales	Qh - col	Bloques, bolones, cantos y arenas angulosas
		Dep. Deluviales	Qh - dl	Cantos rodados y gravas en matriz de arena gris
		Dep. Fluvio-glaciares	Qh - fg	Gravas y arenas en matriz de arena limosa
	PLEISTOCENO	Dep. Morrenicos	Qh - mo	Bolones, cantos rodados y arenas en matriz arena limosa
		Conglomerados Pleistocenos	Np - cl	Conglomerados color beige en matriz arena limosa
		Volcánico Barroso	NQ - ba	Derrames andesíticos, tobas cristobalíticas y brechas
		Dep. Deslizamiento 1	Npl - ds 1	Bolones, cantos subangulosos en matriz de arena lobocada
		Dep. Deslizamiento 2	Npl - ds 2	Cantos subangulosos y gravas en matriz de arena lobocada
CENOZOICO	NEOGENO	Formación Sencca	Npl - se	Toba rosada deleznable con porcel, lícos y cuarzo
		Conglomerado Los Molles	Npl - ml	Conglomerados de color gris en matriz arena limosa
		Dep. de derrumbe	Npl - dr	Bloques decimétricos y bolones angulosos de toba y congl
		Formación Magallo	Nm - ma	Areniscas tobacacas color beige y conglomerados grises oscuros
		Formación Huayllitas	Nm - hu	Tobas rodolíticas color rosado alauqueño y pardo rojizo
	OLIGOCENO	Formación Moquegua Superior	PN - mo 3	Conglomerados grises y areniscas color beige
		Formación Moquegua Inferior	PN - mo 2	Arcillas marrones con lentes de arenisca
		Formación Huilacollo	Po - hi	Intercalaciones de andesitas brechas y tobas de lavas
		Formación Tarata	Pe - ta	Congl. y brechas intercaladas con areniscas y lutitas verdes
		Formación Toquepala	Kp - to	Derrames volcánicos basálticos a andesíticos y areniscas grises
MEZOSOICO	CRETACEO SUPERIOR	Formación Chulluncane	Ki - chu	Cuarzitas gris claro y blancos con areniscas grises
		Formación Obachucumane	Js - a	Lutitas oscuras intercaladas con areniscas y calizas graseas
		Formación Atacapa	Jm - sf	Calizas oscuras y areniscas calcareas con clastos de roca
		Formación San Francisco	Jm - sf	Conglomerado, lutitas negras y calizas con antrónes
		Formación Pelado	Ji - pe	Andesitas afaníticas color gris oscuro y brechas
	JURASICO INFERIOR	Formación Chocolate	Ji - cho	Lutitas, areniscas y lutitas negras
		Grupo Ambo	C - am	Limolitas, areniscas y lutitas negras
		Complejo Basal de la costa	PP - cb	Gneis, Pegmatitas y esquistos
PALEZOICO	PERMIANO			
	TRIASICO			

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERIA GEOLÓGICA - GEOTECNICA

Tesis:

"Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama
Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"

MAPA GEOLÓGICO

Fuente: Propia

Datum: UTM WGS84, Zona 19S

Escala: 1:100 000

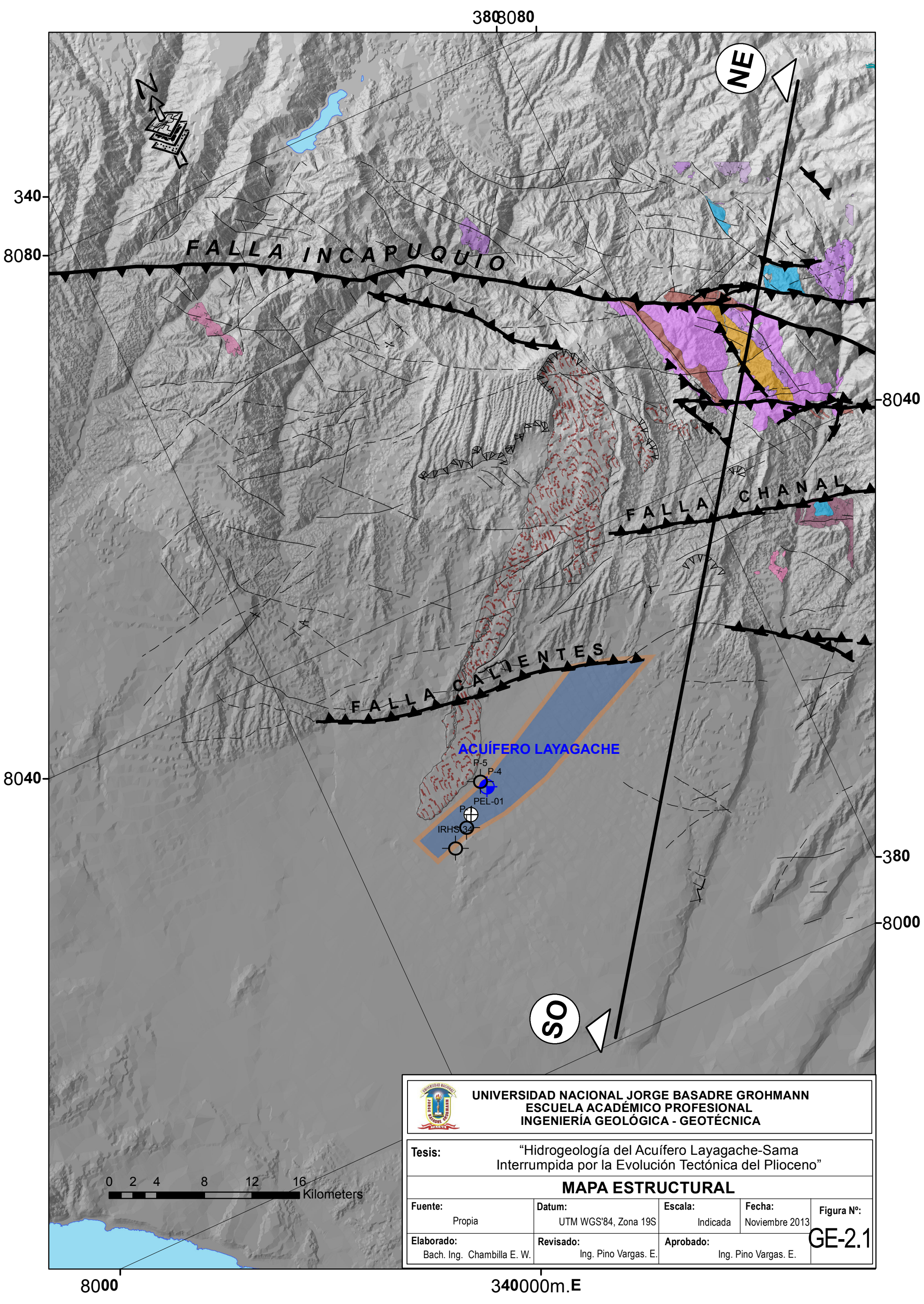
Fecha: Noviembre 2013

Figura N°: GE-2

Elaborado: Bach. Ing. Chambilla E. W.

Revisado: Ing. Pino Vargas, E.

Aprobado: Ing. Pino Vargas, E.





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

Tesis: “Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno”

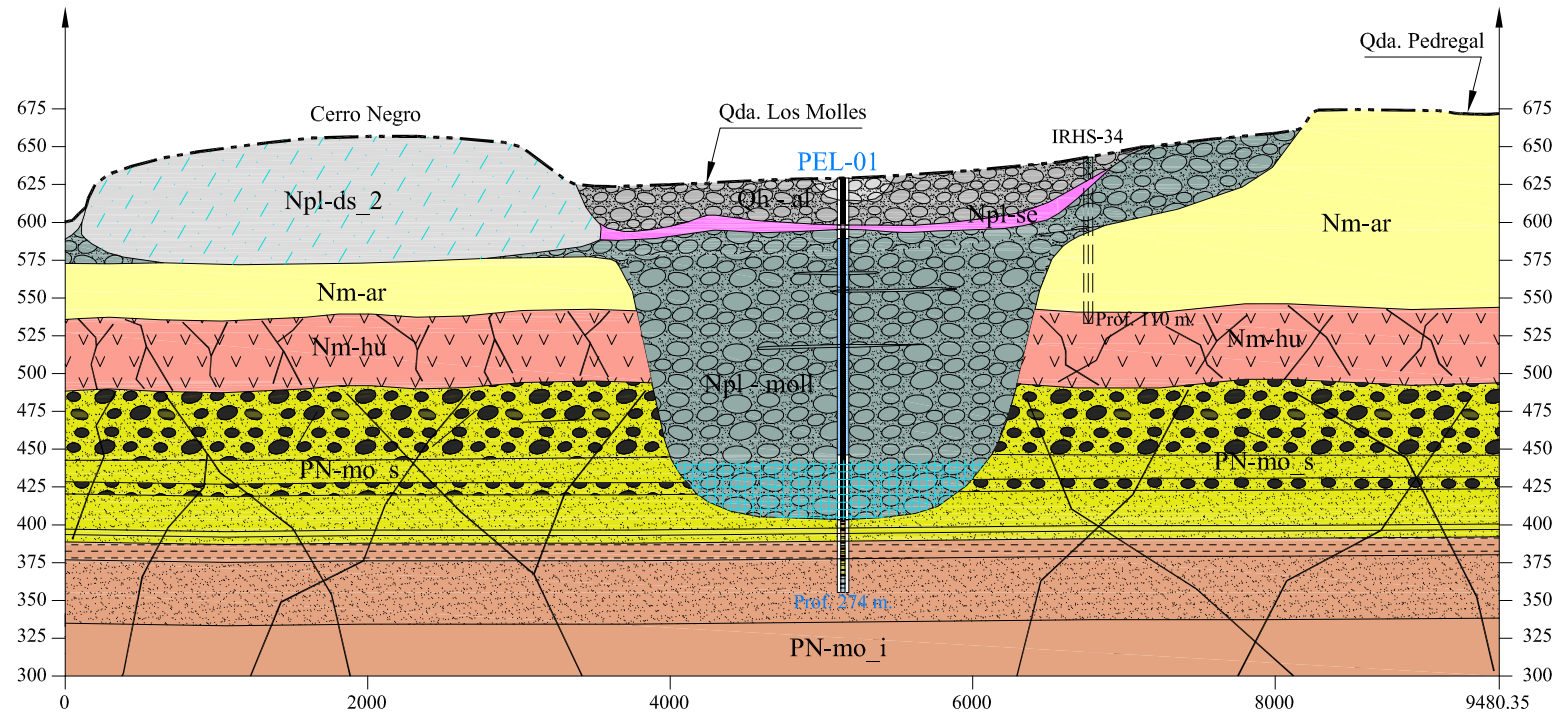
MAPA ESTRUCTURAL

Fuente: Propia	Datum: UTM WGS'84, Zona 19S	Escala: Indicada	Fecha: Noviembre 2013	Figura N°: GE-2.1
Elaborado: Bach. Ing. Chambilla E. W.	Revisado: Ing. Pino Vargas. E.	Aprobado: Ing. Pino Vargas. E.		

A
NW
COTAS
(m.s.n.m.)

CORTE GEOLÓGICO TRANSVERSAL A - A' (PAMPA LAYAGACHE -C° NEGRO, QDA. LOS MOLLES Y PEDREGAL)

A'
SE
COTAS
(m.s.n.m.)



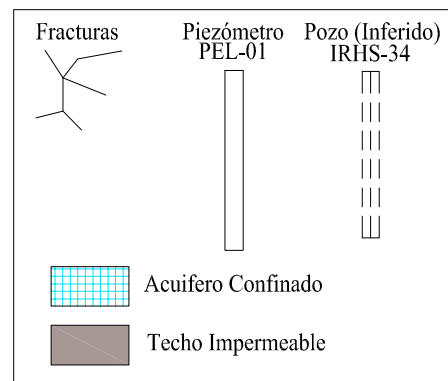
ESCALA:

V : 1/5 000

H : 1/50 000

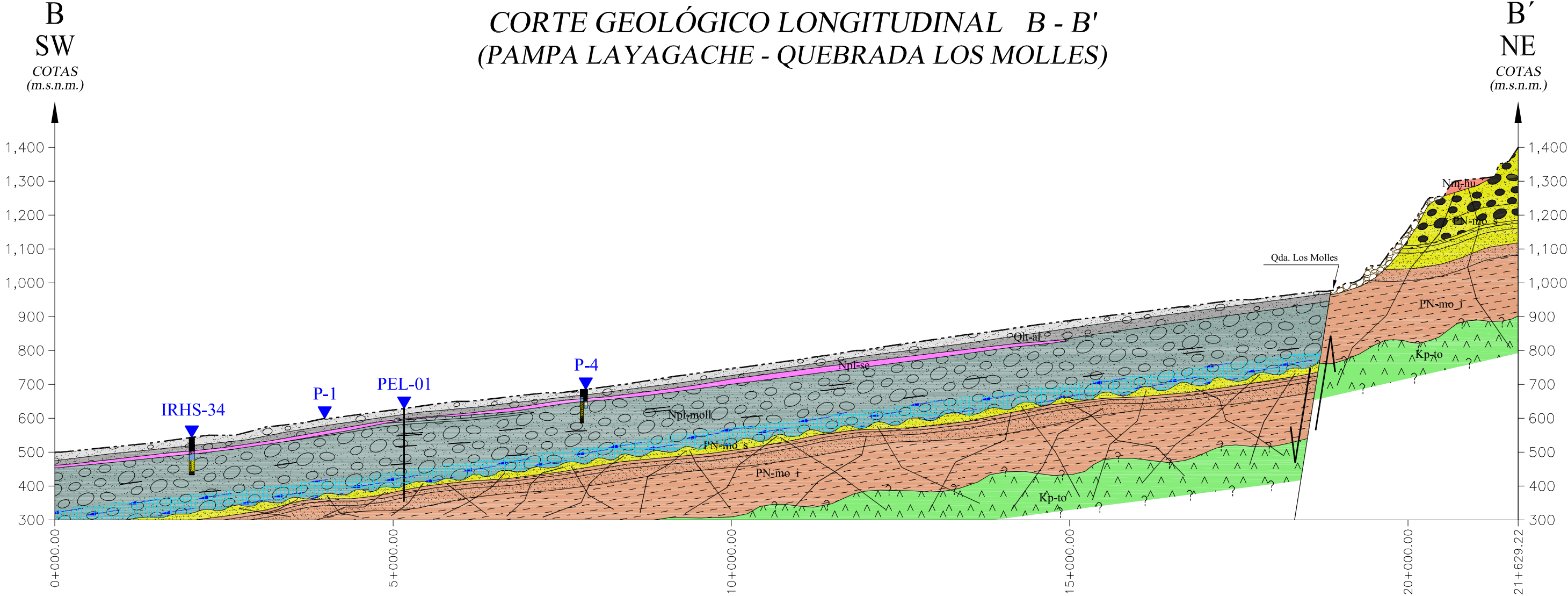
COLUMNA LITOLÓGICA

Depósito Aluvial		Qh-al	Bolones, canto rodado y grava gris en matriz de arena
Dep. Deslizamiento 02		Npl-ds_2	Canto y grava sub angulosas en matriz limo arcillosa
Formación Sencca		Npl-se	Toba rosada deleznable, con pomez, líticos y cuarzo.
Conglomerado Los Molles		Npl-mol	Conglomerado grueso gris soportado por matriz de arena limosa
Dep. de Arenisca		Nm-ar	Arenisca tobacea muy compacta de color beige
Formación Huayllillas		Nm-hu	Toba, dacítica y riolítica, color rosado y blanquecino.
Fm. Moquegua	Superior	PN-mo_s	Conglomerado polimictico,color gris, con niveles de arenisca
	Inferior	PN-mo_i	Arcillita color marrón con niveles de arenisca gris.



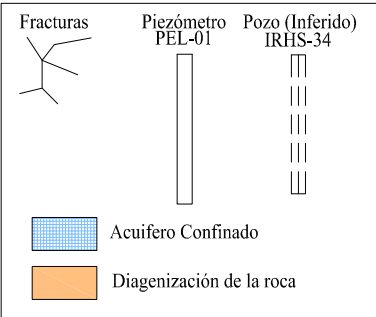
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA				
Tests: "Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"				
CORTE GEOLÓGICO A - A'				
FUENTE:	DATUM:	ESCALA:	FECHA:	FIGURA N°:
Propla	UTM WGS-84, Zona 19S	Indicada	Noviembre - 2013	GE-3
Elaborado:	REVISADO:	APROBADO:		
Bach, Chambilla E. W.	Ing. Pino Vargas E.	Ing° Ing. Pino Vargas E.		

CORTE GEOLÓGICO LONGITUDINAL B - B'
(PAMPA LAYAGACHE - QUEBRADA LOS MOLLES)



ESCALA:
ESCALA HORIZONTAL: 1/ 60,000
ESCALA VERTICAL: 1/12,000

COLUMNA LITOLÓGICA			
Depósito Aluvial		Qh - al	Bolones, canto rodado y grava color gris en matriz de arena
Formación Sencca		Npl-se	Toba rosada deleznable, con pomez, líticos y cuarzo.
Conglomerado Los Molles		Npl - moll	Conglomerado grueso gris soportado por matriz de arena limosa
Dep. de Arenisca		Nm - ar	Arenisca tobacea muy compacta de color beige
Formación Huaylillas		Nm-hu	Toba, dacítica y riolítica, color rosado y blanquecino.
Fm. Moquegua	Superior	PN-mo_s	Conglomerado polimítico,color gris, con niveles de arenisca
	Inferior	PN-mo_i	Arcillita color marrón con niveles de arenisca gris.
Formación Toquepala		Kp-to	Andesita, color verde con tono rojizo.





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

Tesis: "Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"

CORTE GEOLÓGICO B - B'

FUENTE: Propia	DATUM: UTM WGS-84, Zona 19S	ESCALA: Indicada	FECHA: Noviembre - 2013	FIGURA N°: GE-4
Elaborado: Bach. Chambilla E. W.	REVISADO: Ing. Pino Vargas E.	APROBADO: Ing° Ing. Pino Vargas E.		



REGISTRO DEL POZO DE EXCAVACIÓN MANUAL

POZO N° P-4

(POZO N° 04 PAMPA LAYAGACHE)

TESIS: "HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA
INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO"

COTA DE BOCA : 704 m.s.n.m.

EXCAVACIÓN : MAQ. PERFORADORA/MANUAL

UBICACIÓN: PAMPAS LAYAGACHE - SAMA

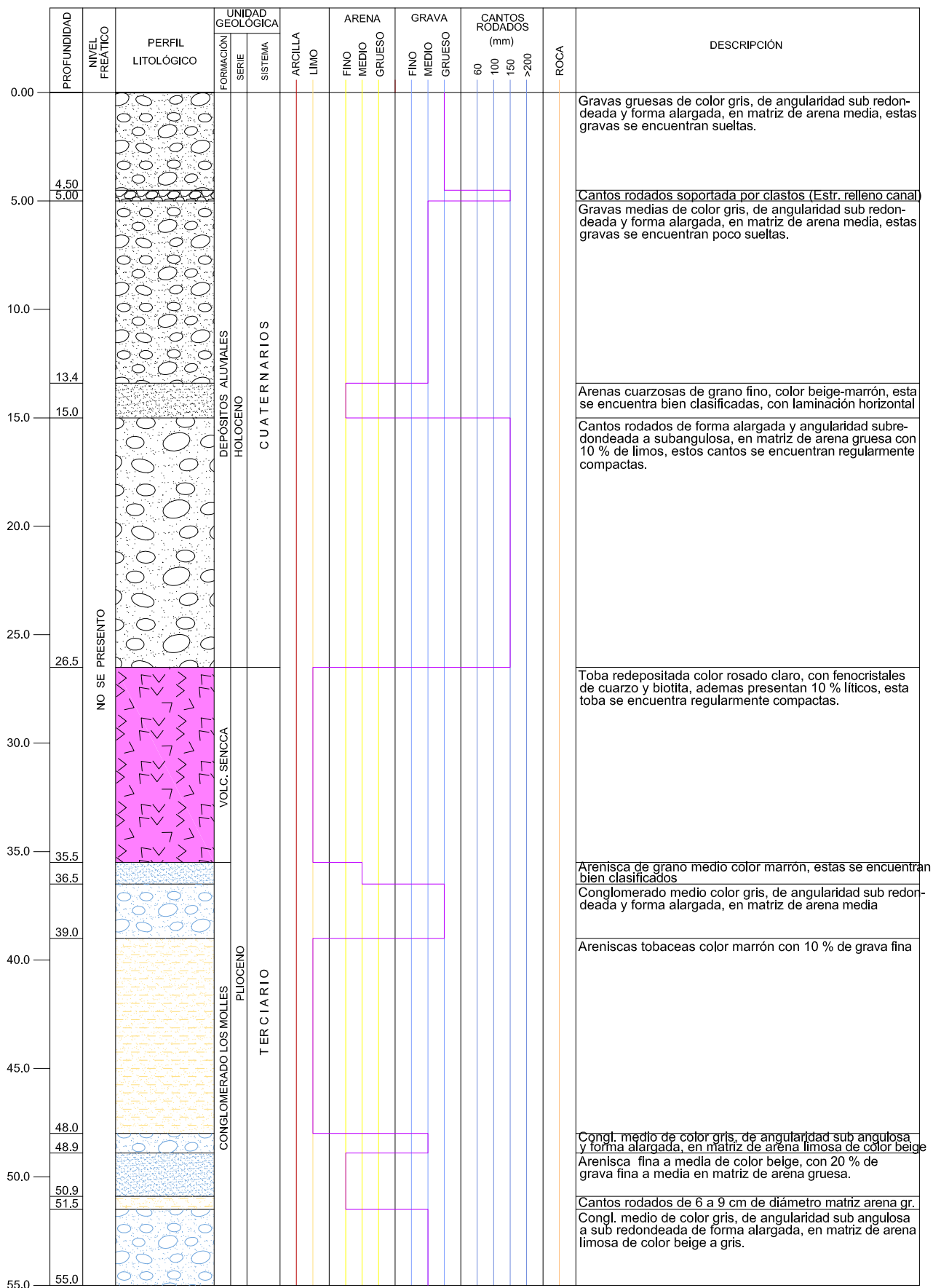
DIRECCIÓN PERF. : VERTICAL

FECHA DE LOGUEO: 28/06/06

COORDENADAS UTM: E. 352, 802 (WGS-84)
N. 8°024, 033

PROF. ANTEPOZO: 55.00 m.

EJECUTOR : J. S. G. /W.CH.E.





EJECUTOR : J. S. G. /W.CH.E.

[illegible]

13.3. Prospección Geofísica

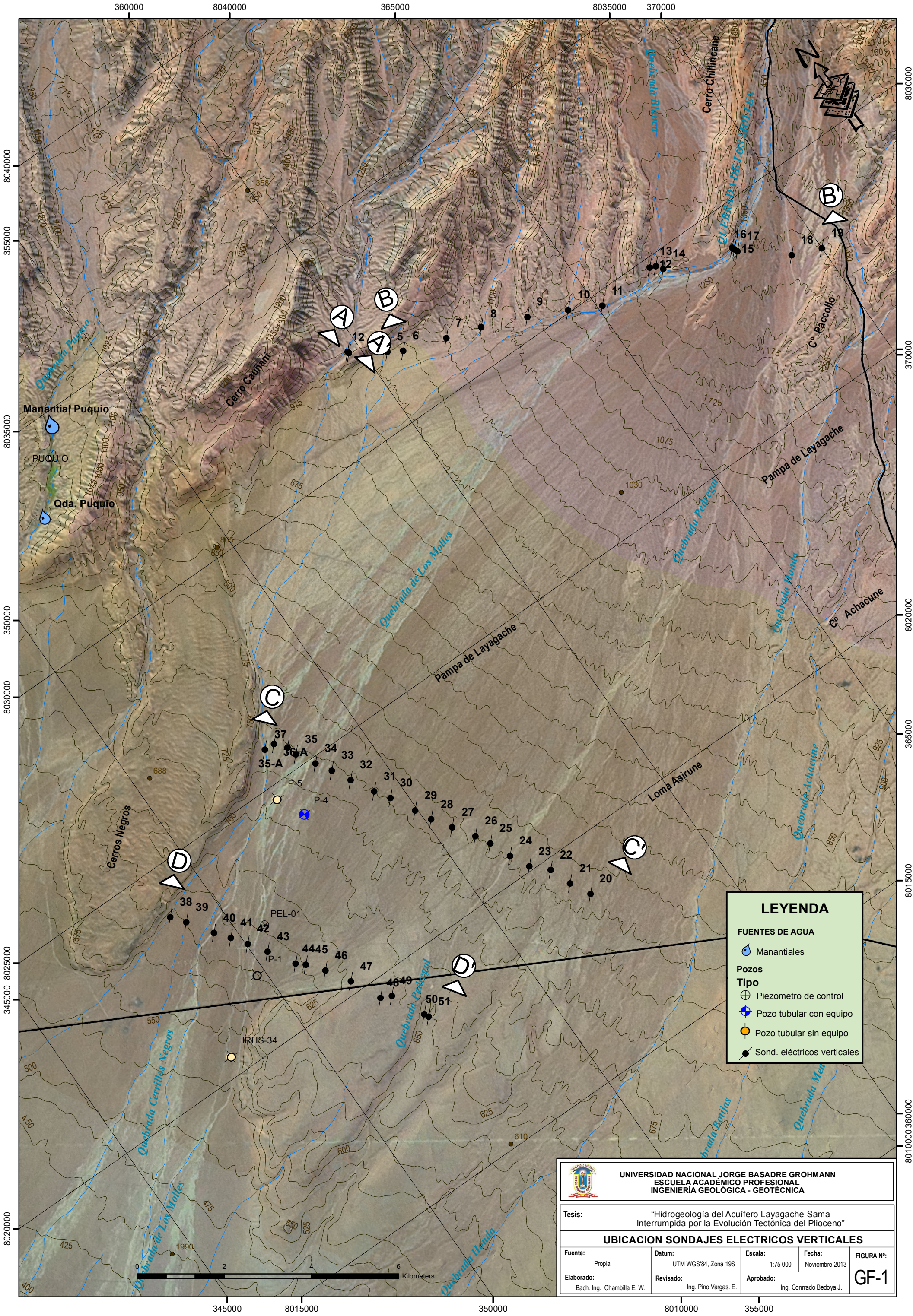
13.3.1. Mapa de Ubicación de Sevs. GF-1

13.3.2. Sección Geoeléctrica A-A'. GF-2

13.3.3. Sección Geoeléctrica B-B'. GF-3

13.3.4. Sección Geoeléctrica C-C'. GF-4

13.3.5. Sección Geoeléctrica D-D'. GF-5





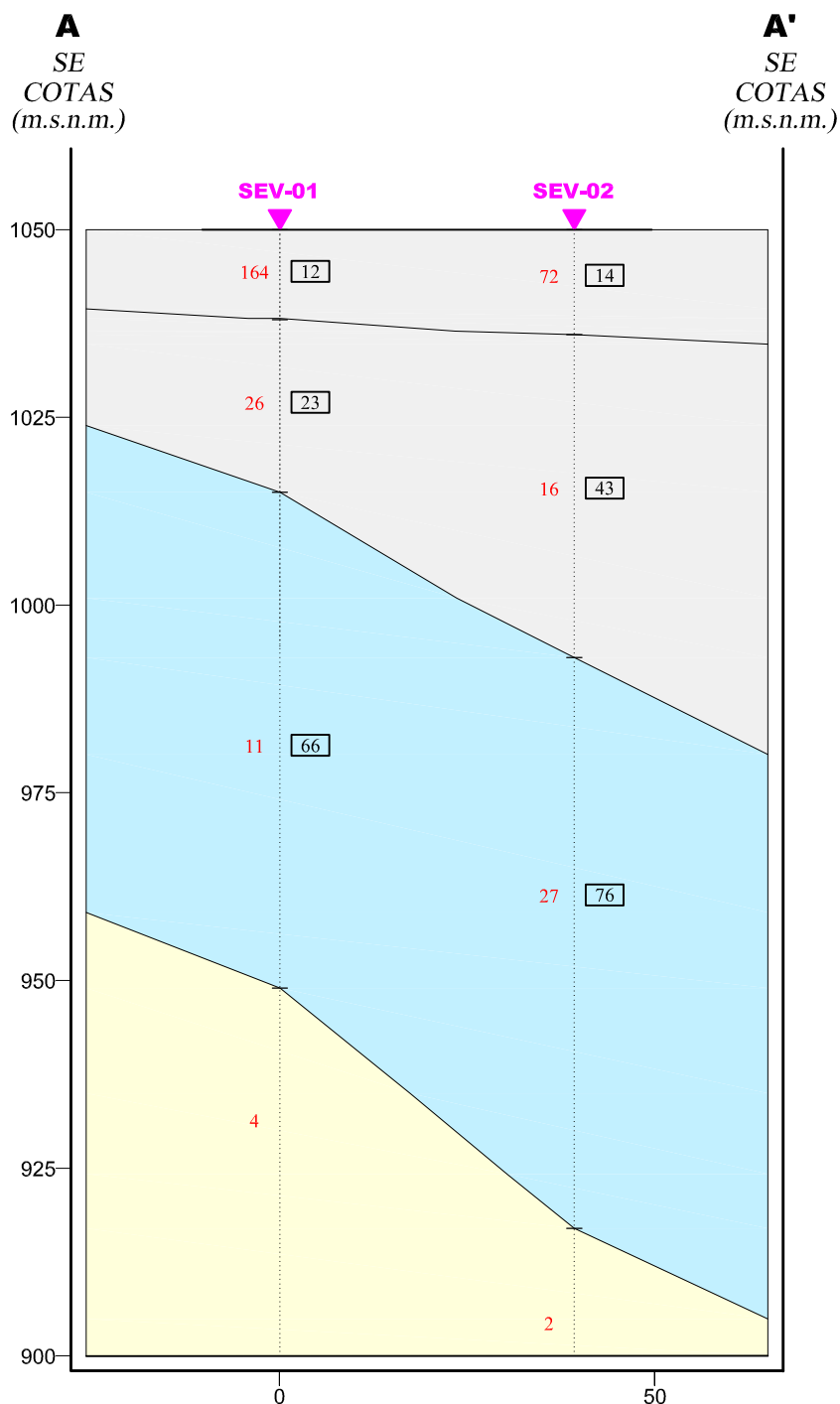
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERÍA GEOLOGICA - GEOTÉCNICA

Tesis: "Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama
Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"

UBICACION SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES

Fuente: Propia	Datum: UTM WGS'84, Zona 19S	Escala: 1:75 000	Fecha: Noviembre 2013	FIGURA N°: GF-1
Elaborado: Bach. Ing. Chambilla E. W.	Revisado: Ing. Pino Vargas. E.	Aprobado: Ing. Conrrado Bedoya J.		

PERFIL GEOELECTRICO A - A'



LEYENDA

- Horizonte Seco Permeable con niveles impermeable
- Horizonte Permeable saturado
- Horizonte impermeable

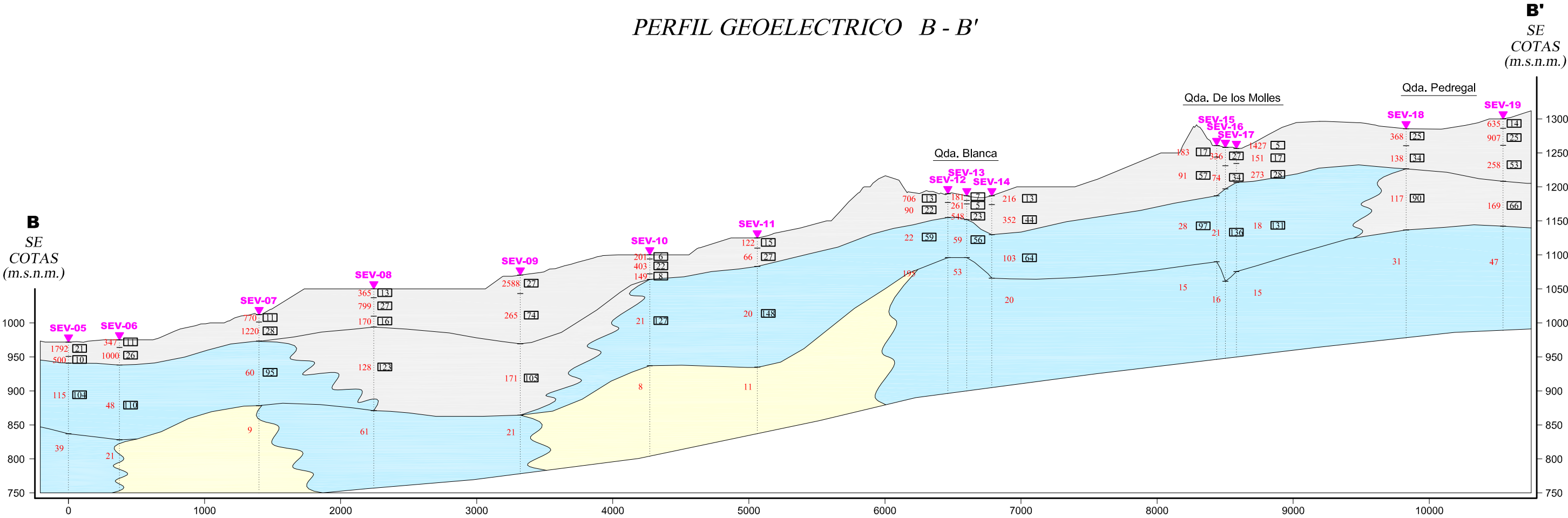
SIMBOLOGÍA

- SEV-05** Sondaje y Número
- 82** Espesor
- 197** Resistividad
- Estrato Geoelectrico

ESCALA:
H: 1 000
V: 1 000

 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA				
Tesis: "Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"				
SECCION GEOELÉCTRICA A - A'				
FUENTE:	DATUM:	ESCALA:	FECHA:	FIGURA N°:
PET	UTM WGS-84, Zona 19S	Indicada	Noviembre - 2013	01
Elaborado:	REVISADO:	APROBADO:		
Bach. Chambilla E. W.	Ing. Pino Vargas E.	Ing. Pino Vargas E.		

PERFIL GEOELECTRICO B - B'



ESCALA
H: 30 000
V: 6 000

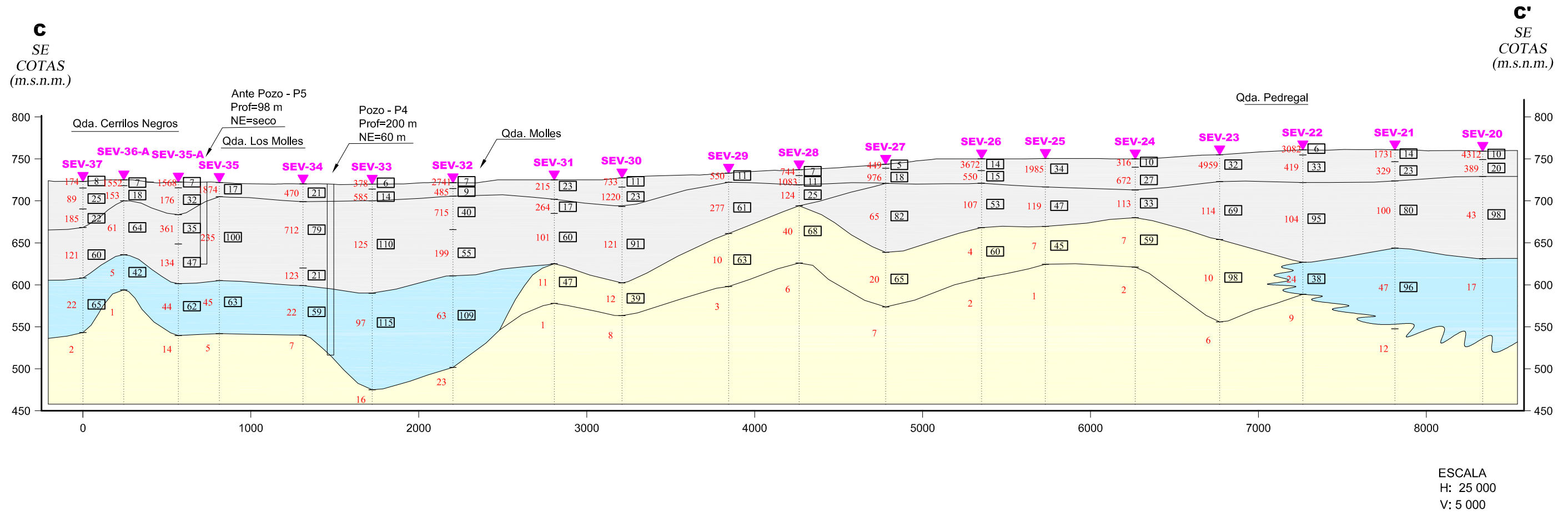
LEYENDA

- Horizonte Seco Permeable con niveles impermeable
- Horizonte Permeable saturado
- Horizonte impermeable

SIMBOLOGÍA

- SEV-05 Sondaje y Número
- 82 Espesor
- 197 Resistividad
- Estrato Geoelectrico

PERFIL GEOELECTRICO C - C'



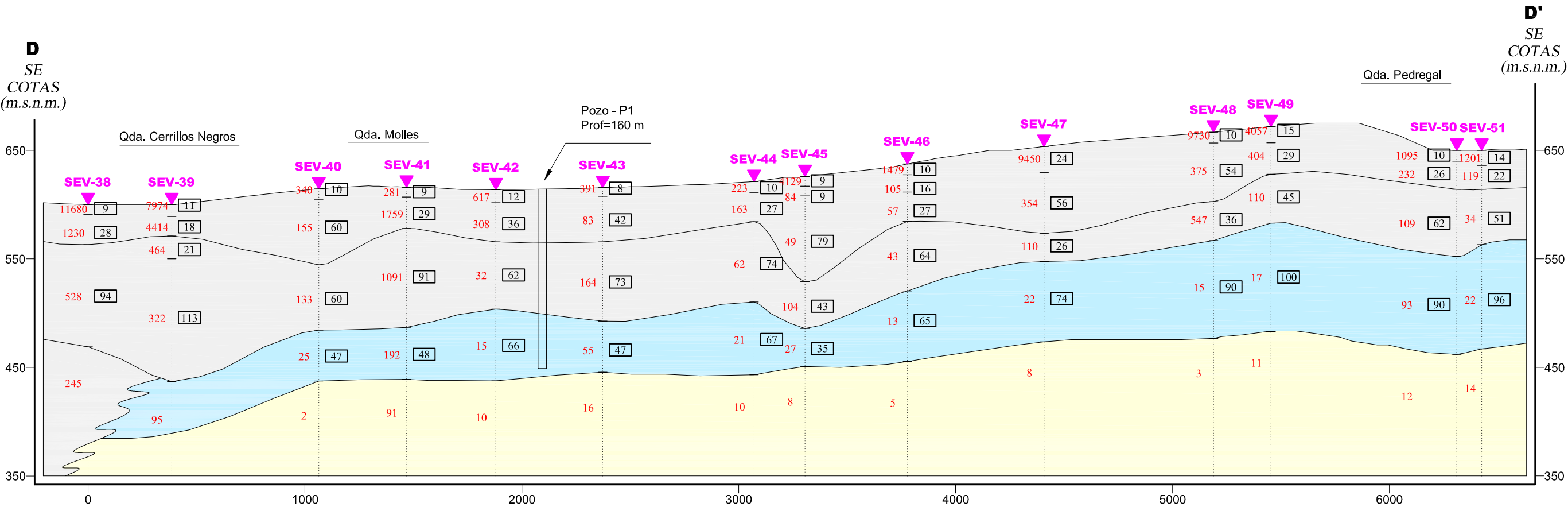
LEYENDA

- Horizonte Seco Permeable con Niveles Impermeables
- Horizonte Permeable saturado
- Horizonte impermeable

SIMBOLOGÍA

- SEV-05 Sondaje y Número
- 82 Espesor
- 197 Resistividad
- Estrato Geoelectrico

PERFIL GEOÉLECTRICO D - D'



ESCALA:
H: 20 000
V: 4 000

LEYENDA

- Horizonte Seco Permeable con niveles impermeable
- Horizonte Permeable saturado
- Horizonte impermeable

SIMBOLOGÍA

- SEV-05 Sondaje y Número
- 82 Espesor
- 197 Resistividad
- Estrato Geoelectrico

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

Tesis: "Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"

SECCION GEOELÉCTRICA D - D'

FUENTE: PET	DATUM: UTM WGS-84, Zona 19S	ESCALA: Indicada	FECHA: Noviembre - 2013	FIGURA N°: 04
Elaborado: Bach. Chambilla E. W.	REVISADO: Ing. Pino Vargas E.	APROBADO: Ing. Pino Vargas E.		

13.4. Registro litológico de taladro rotativo PEL-01

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS: “HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA
INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO”

COTA DE BOCA:	627 m.s.n.m.
DIRECCIÓN PERF.	VERTICAL

FECHA INICIO/FINAL	11/06 - 12/06
EQUIPO MARCA:	LONGYEAR 38

UBICACIÓN: PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA: 274.00 m.

PERFORISTAS: V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM: E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN: BACH. W.CH.E

ESCALA: 1/100

PROFUNDIDAD	CAJA N°	PERFIL LITOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	COLOR	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	NIVEL FREATICO	ARCILLA LIMOS	ARENA GRUESO	GRAVA GRUESO	CANTOS RODADOS (mm)	ANGULAR.	CLASIFICAC. DE GRANOS	TIPO DE CLASTO	ESTADO DEL SUELO	PERMEAB. K (cm/s)	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN %	VISCOSIDAD DE LODOS (Marsh)	CALIDAD DE AGUA		FOTO NUCLEO	DESCRIPCION																																												
																		Conductividad Eléctrica CE (µs/cm)	PH																																														
05	1.00		ALUVIALES	Gris																	Arena de grano grueso color gris con 40 % de grava media, con restos de caracoles de agua dulce.																																												
	2.00																				Grava fina a media color gris en matriz de arena media con 10 % de cantos de 10 cm Ø.																																												
	3.00																				Grava fina en matriz de arena fina a gruesa con 5 % de cantos de 10 a 20 cm Ø.																																												
	4.00																				Beige																		Arena limosas de grano fino color beige, con cantos subredondeados de 5 a 10 cm Ø. Naturaleza volcánica y metamorfica (Granitos, andesitas y cuarcitas)																										
	5.00																																						Cantos rodados color gris, de forma equigra - nular a alargada y angularidad subredondeado de 5 a 10 cm Ø(Granitos,andesitas y cuarcitas)																										
	6.00																																						Cantos rodados de forma equigranular a alarg. y angularidad subredondeados de 5 a 10 cm Ø. (Granitos,andesitas y cuarcitas), en matriz de arena y gravas medias.																										
	10																				7.00	DEPOSITOS	Gris oscuro																			Grava media a fina color gris, de forma alargada y subreondeado en matriz de arena gruesa.																							
																					8.00																						Cantos rodados de forma alargada y subredon. de 25 a 40 cm Ø. en matriz de grava gruesa en matriz de grava arenosa gruesa. (Granitos,andesitas y Ignimbritas del huayllillas)																						
																					9.00																						Gris																		Grava gruesa a fina color gris de forma alargada y subredondeado en matriz de arena gruesa bando cantos de 10 cm Ø.				
																					10.0																																									Grava fina de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa, englobando cantos rodados de 10 cm Ø. (Andesitās y granitos)			
11.0		Arena limosa de grano fino de color beige, esta arena se encuentra compacta.																																																															
15		12.0	CONGLOMERADO PLEISTOCENICOS	Beige																																								Limo arenoso de color beige englobando 5% de grava fina.																					
		13.0																																											Gris																			Cantos rodados color gris, forma equigranular a alargada y angularidad subredondeada de 12 cm Ø. (Granitos,andesitas y cuarcitas), en matriz de arena gruesa.	
		14.0																																																															Grava gruesa color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa. (Granodioritas, andesitas y ignimbritās)
		15.0																																																															Limo arenoso de color beige.
		16.0																																											Gris																			Grava gruesa color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa. (Granodioritas, andesitas y ignimbritās), soportada por clastos.	
	17.0	Toba redepositada de color rosado con fenocristales de cuarzo y biotita con abundante piedra pomez.																																																															
	18.0																																																																
	20	17.7																																																															
		19.0																																																															
		20.0																																																															
21.0																																																																	
22.0																																																																	
23.0																																																																	
24.0																																																																	
25.0																																																																	
26.0																																																																	
27.0																																																																	
25	28.0																																																																
	29.0																																																																
	30.0																																																																
	31.0																																																																
30		SENCCA o																																																															



REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

“HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

COORDENADAS UTM:

E. 350,606
N. 8° 022,488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

ESCALA:

1/100

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO”

PROF. EJECUTADA:

274.00 m.

PROFUNDIDAD	CAJA N°	PERFIL LITOLÓGICO	UNIDAD GEOLOGICA	COLOR	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	NIVEL FREÁTICO	ARCILLA LIMO	ARENA FINO MEDIO GRUESO	GRAVA FINO MEDIO GRUESO	CANTOS RODADOS (mm)	ANGULAR.	CLASIFICAC. DE GRANOS	TIPO DE CLASTO	ESTADO DEL SUELO	PERMEAB. K (cm/s)	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN %	VISCOSIDAD DE LODO (Marsh)	CALIDAD DE AGUA			FOTO NUCLEO	DESCRIPCIÓN
																		Conductividad Eléctrica CE (µs/cm)	PH			
																		1550	6.6			
																		1600	6.7			
																		1650	6.8			
																		1700				
																		1750				
30																						
31.0																						
	03		FORMACION SENCCA	Rosado												23%						Toba redepositada de color rosado con fenocristales de cuarzo y biotita con abundante piedra pomez.
34.0																						
35				Beige												80%						Arenisca fina con 10 % de Congl. medio
37.0				Gris												90%						Arenisca de grano fino de color beige con 20 % de limos.
40.0				Beige																		Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada (Granodioritas, andesitas y ignimbritas), soportada por matriz arena limosa.
				Gris																		Arenisca limo arcillosa de grano medio a fino
				Gris a beige																		Congl. gruesa a medio color gris, forma alargada y subredondeada en matriz de arena limosa.
43.0	04			Gris												82%						Arenisca de grano fino a medio de color beige bien clasificado con pseudo laminación horiz.
46.0				Gris beige												93%						Congl. medio, forma alargada y subred. en matriz de arena limosa, cementada por sílice.
				Beige												83%						Arenisca de grano fino color beige a gris, bien clasificado.
49.0	05			Gris																		Arenisca cuarzosa de grano medio color gris a beige cementado por sílice.
52.0				Beige																		Idem anterior , pero menos compacta con laminación horizontal.
55.0	06			Gris																		Congl. gruesa gris en matriz de arena limosa.
58.0				Beige																		Congl. fina color gris en matriz limosa
61.0				Gris																		Congl. medio color gris, forma alargada y subredondeada en matriz de arena media.
				Beige																		Arenisca limosa de grano grueso color beige con 20 % de grava fina.
				Gris																		Arenisca limosa color beige de grano medio con 40 % de grava fina. Soportada por clastos.
				Beige																		Congl. gruesa a medio color gris soportada en matriz de arena limosa
				Gris																		Arenisca limosa de grano medio, color beige
				Beige																		Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredond.en matriz de arena limosa.
				Gris																		Arenisca de grano medio color beige con grava fina. Soportada por clastos.
				Beige																		Congl. fina color gris de forma alargada y subredond.en matriz de arena limosa.
				Gris																		Congl. medio color gris de forma alargada y subredond.en matriz de arena limosa.
				Beige																		Arenisca cuarzosa de grano medio color gris con 20 % de grava fina a medio.
				Gris																		Congl. fina a medio color gris con matriz de - arena medio.
				Beige																		Arenisca de grano medio a fino color beige con abundante biotita, cuarzo y 30% de finos.
				Gris																		Congl. fina a medio color gris con matriz arena
				Beige																		Arenisca limosa de grano medio a fino color beige con limos arcillosos
				Gris																		Arenisca cuarzosa de grano fino de color gris
				Beige																		Congl. fina color gris en matriz de arena media

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS: “HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA
INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO”

COTA DE BOCA:	627 m.s.n.m.
DIRECIÓN PERF.	VERTICAL

FECHA INICIO/FINAL	11/06 - 12/06
EQUIPO MARCA:	LONGYEAR 38

UBICACIÓN: PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA: 274.00 m.

PERFORISTAS: V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM: E. 350,606
N. 8' 022,488

CONTROL PERFORACIÓN: BACH. W.CH.E

ESCALA: 1/100

PROFUNDIDAD	CAJA N°	PERFIL LITOLÓGICO	UNIDAD GEOLOGICA	COLOR	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	NIVEL FREÁTICO	ARCILLA LIMO	ARENA FINO MEDIO GRUESO	GRAVA FINO MEDIO GRUESO	CANTOS RODADOS (mm)	ANGULAR.	CLASIFICAC. DE GRANOS	TIPO DE CLASTO	ESTADO DEL SUELO	PERMEAB. K (cm/s)	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN	VISCOSIDAD DE LODO (Marsh)	CALIDAD DE AGUA			FOTO NUCLEO	DESCRIPCIÓN			
																		Conductividad Eléctrica CE (µs/cm)	PH						
65	61.0			Beige															1550	6.6			Arenisca limosa de grano medio a fino color beige con limos arcillosos		
					Gris																		Arenisca cuarzosa de grano fino de color gris		
		07														97%								Congl. fina color gris en matriz de arena media	
		64.0			Beige																			Arenisca de grano fino a medio color beige con lentes de arcilla de 01 cm. de espesor.	
																								Arenisca limosa de grano fino color beige, esta se encuentra muy compacta.	
																93%								Congl. gruesa a medio color gris, forma alarg. y subredondeada en matriz de arena limosa arcillosa.	
		67.0			Beige																				Arenisca limosa grano fino a medio color beige
						Gris																			Congl. medio color gris en matriz de arena fina
						Beige																			Arenisca limosa grano fino a medio color beige
																	80%								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena limosa arcillosa. Cementada por sílice y en menor proporción por carbonatos.
	70	70.0				Gris																			Congl. medio a gruesa color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena
																								Arenisca de grano fino color gris a beige con laminación cruzada.	
		08			Beige																			Limo de color beige	
						Beige																		Arenisca de grano grueso color gris con 20% de grava fina.	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa con 5 % de limos.	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa	
																								Arenisca de grano grueso color gris con 10% de limos	
																								Limo con arenas finas de color beige.	
																	47%								Arenisca de grano fino color gris
																								Limo de color beige con lentes de 0.5 cm. de espesor de arcilla marrón	
75																									Congl. gruesa gris en matriz de arena medio
																								Arenisca de grano fino color gris	
																								Limo arenoso de color beige	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada en matriz de arena gruesa	
																								Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 5 a 10 cm Ø. (Granodioritas, andesitas y tobas del volcánico huayllillas.)	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena fina.	
																								Limo de color beige con bioturbación.	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena gruesa cementada por sílice.	
																								Arenisca arcillosa de grano fino color beige muy compacta.	
																								Congl. medio de color gris de forma alargada y subred. soport. por matriz de arena gruesa	
	80																								Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 10 cm Ø. (Andesita y toba Huay.) matriz areno arcillosa
																								Congl. gruesa de color gris de forma alargada y en matriz de arena arcillosa.	
																								Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada (Andesitas, cuarcitas y granodioritas en matriz de areño arcillosa	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena limosa.	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena gruesa limosa.	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena gruesa limosa.	
																								Limo arenoso color beige con un canto rodado de 10 cm Ø.	
																								Cantos rodados color gris, forma alargada y angularidad subredondeada de 6 cm Ø. (Granodior. y toba Huay.) matriz arena grueso	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Cantos rodados color gris, subredondeada en matriz de arena	
85																									Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
	90																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
95																									Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	
																								Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena	

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

"HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO” DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA:

274.00 m.

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM:

E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

ESCALA:

1/100

PROFUNDIDAD	CAJA N°	PERFIL LITOLÓGICO	UNIDAD GEOLOGICA	COLOR	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	NIVEL FREÁTICO	ARCILLA LIMO	ARENA FINO MEDIO GRUESO	GRAVA FINO MEDIO GRUESO	CANTOS RODADOS (mm)	ANGULAR.	CLASIFICAC. DE GRANOS	TIPO DE CLASTO	ESTADO DEL SUELO	PERMEAB. K (cm/s)	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN	VISCOSIDAD DE LODOS (Marsh)	CALIDAD DE AGUA			FOTO NUCLEO	DESCRIPCIÓN				
																		Conductividad Eléctrica CE (µs/cm)	PH							
95	11			Gris																		y angulosidad subredondeada de 0 cm di. (Granodior. y toba Huay.) matriz arena grueso				
																							Congl. medio color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena			
																								Cantos rodados color gris, subredondeada en matriz de arena		
																									Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena gruesa muy compacta.	
																									Congl. medio a gruesa color gris en matriz de arena fina a medio cementada por sílice.	
																								Congl. gruesa color gris de forma alargada y subredondeada soportada por matriz de arena gruesa limosa		
	12		Gris																				Congl. medio a gruesa color gris en matriz de arena media a gruesa, cementada por sílice.			
																								Congl. medio a gruesa color gris, forma alarg. y subredondeada (Tobas huayillas, granodio. soportada por matriz de arena media a gruesa muy compacta.		
																									Congl. gruesa color gris en matriz de arena gruesa con 20 % de limos.	
																										Arenisca de grano fino color beige con laminación horizontal.
																										Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena gruesa, englobando un canto de 15 cm de diámetro.
																								100	13	
	Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena muy compacta y cementada sílice																									
		Congl. gruesa color gris subredondeada sopor- tada por clastos, con poca matriz de arena cementada por sílice.																								
			Cantos rodados color gris, forma alargada y y angulosidad subredondeada (Andesitas y granodioritas)																							
			Arenisca de grano fino color gris a beige interca- lada con lentes de arcilla marrón de 0.50 cm.																							
	14		Gris																				Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena arcillosa.			
																							Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena con 30 % de limos, estos se encuentran muy compactos.			
																									Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena arcillosa.	
																										Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)
																										Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena limosa.
																							110		15	
	Arenisca de grano fino color gris a beige interca- lada con lentes de arcilla marrón de 0.50 cm.																									
		Limo arcilloso de color marrón a beige.																								
			Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena arcillosa.																							
			Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena con 30 % de limos, estos se encuentran muy compactos.																							
	16		Gris																					Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena arcillosa.		
																								Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena con 30 % de limos, estos se encuentran muy compactos.		
																									Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena arcillosa.	
																										Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)
																										Congl. gruesa color gris subredondeada en matriz de arena limosa.
																								120	17	
	Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)																									
		Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)																								
			Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)																							
			Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)																							
		Congl. medio color gris subredondeada en matriz de arena limosa (Granodioritas, andesit- as y metamórficas)																								

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

"HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO” DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA:

274.00 m.

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM: E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

ESCALA:

1/100

[illegible]

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS: “HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA: 627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL 11/06 - 12/06

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO” DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA: LONGYEAR 38

UBICACIÓN: PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA: 274.00 m.

PERFORISTAS: V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM: E. 350,606
N. 8' 022,488

CONTROL PERFORACIÓN: BACH. W.CH.E

ESCALA: 1/100

[illegible]

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

"HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA"

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO*

DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA:

274.00 m.

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM:

E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

ESCALA:

1/100

[illegible]

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

"HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO” DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA:

274.00 m.

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM:

E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

ESCALA:

1/100

PROFUNDIDAD	CAJA N°	PERFIL LITOLÓGICO	UNIDAD GEOLOGICA	COLOR	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	NIVEL FREÁTICO	ARCILLA LIMO	ARENA FINO MEDIO GRUESO	GRAVA FINO MEDIO GRUESO	CANTOS RODADOS (mm)	ANGULAR.	CLASIFICAC. DE GRANOS	TIPO DE CLASTO	ESTADO DEL SUELO	PERMEAB. K (cm/s)	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN	VISCOSIDAD DE LODO (Marsh)	CALIDAD DE AGUA				FOTO NUCLEO	DESCRIPCIÓN
																		Conductividad Eléctrica CE (µs/cm)	PH				
																				1550	1600		
211			CONGLOMERADO LOS MOLLES	Gris																			
214	29				Gris																		
215																							
217																							
220	220			Gris																			
223	30																						
225																							
226																							
229	31			Beige /Marrón																			
				marrón																			
230				Beige																			
232				Gris verdoso																			
235	235			Mirón																			
238	32			Beige a marrón																			
240				Beige a verde																			
241				Gris a verde																			
				Gris a verde																			
				Marrón																			

REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01

(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

“HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO” DIRECCIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

PROF. EJECUTADA:

274.00 m.

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

COORDENADAS UTM: E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

ESCALA:

1/100

[illegible]



REGISTRO DEL TALADRO ROTATIVO

PEL- 01
(POZO EXPLORATORIO LAYAGACHE 01)

TESIS:

“HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO LAYAGACHE-SAMA

COTA DE BOCA:

627 m.s.n.m.

FECHA INICIO/FINAL

11/06 - 12/06

UBICACIÓN:

PAMPA LAYAGACHE - SAMA

DIRECIÓN PERF.

VERTICAL

EQUIPO MARCA:

LONGYEAR 38

COORDENADAS UTM:

E. 350, 606
N. 8' 022, 488

CONTROL PERFORACIÓN:

BACH. W.CH.E

PERFORISTAS:

V.E.S/P.J.C/H.C.A

ESCALA:

1/100

INTERRUMPIDA POR LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL PLIOCENO”

PROFUNDIDAD	CAJA N°	PERFIL LITOLÓGICO	UNIDAD GEOLOGICA	COLOR	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	NIVEL FREÁTICO	ARCILLA LIMO	ARENA		GRAVA	CANTOS RODADOS (mm)	ANGULAR.	CLASIFICAC. DE GRANOS	TIPO DE CLASTO	ESTADO DEL SUELO	PERMEAB. K (cm/s)	PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN %	VISCOSIDAD DE LODO (Marsh)	CALIDAD DE AGUA		FOTO NUCLEO	DESCRIPCIÓN					
								FINO MEDIO GRUESO	FINO MEDIO GRUESO										Conductividad Eléctrica CE (µs/cm)	PH							
270	37		Gris con tono verde oscuro																1550	1600		Arenisca de grano fino a medio, color verde oscuro, intercalada con lentes de arcilla café.					
271																			1650	1700			1750	6.6	6.7	6.8	Arenisca de grano fino a medio, color verde oscuro, intercalada con lentes de arcilla café.
274																											

CODIGOS

ANGULOSIDAD Y FORMA DEL GRANO Y/O CLASTO

CODIGO	DESCRIPCIÓN
A	Angulosa
SA	Sub angulosa
SR	Sub redondeada
R	Redondeada

CLASIFICACIÓN DE GRANOS

CODIGO	DESCRIPCIÓN
MBC	Muy buena clasificación
BC	Buena clasificación
RC	Regular clasificación
MC	Mala clasificación
MMC	Muy mala clasificación

TIPO DE CLASTO

CODIGO	DESCRIPCIÓN
M	Monomícto
P	Polimícto

ESTADO DEL SUELO

CODIGO	DESCRIPCIÓN
MC	Muy compacta
C	Compacta
RC	Regularmente compacta
S	Suelta
MS	Muy suelta

SIMBOLOGIA DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Grietas de desecación

Caracoles

Nódulos de arcilla

Tallos de arboles

PERMEABILIDAD O CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

PERMEABILIDAD	CALIFICACIÓN	CAPACIDAD DE DRENAJE
1<K	Muy buenos acuíferos	Drenan muy bien
1<K<10-3	Buenos acuíferos	Drenan bien
10-3<K<10-7	Acuíferos pobres	Drenan mal
K>10-7	Impermeable	No drenan

VISCOSIDAD DE LODO DE PERFORACIÓN (MARSH)

30 Marsh	Buenos acuíferos
35 Marsh	
40 Marsh	Acuíferos pobres
45 Marsh	
50 Marsh	Impermeable
55 Marsh	
60 Marsh	

13.5. Inventario de fuentes de agua y manantiales

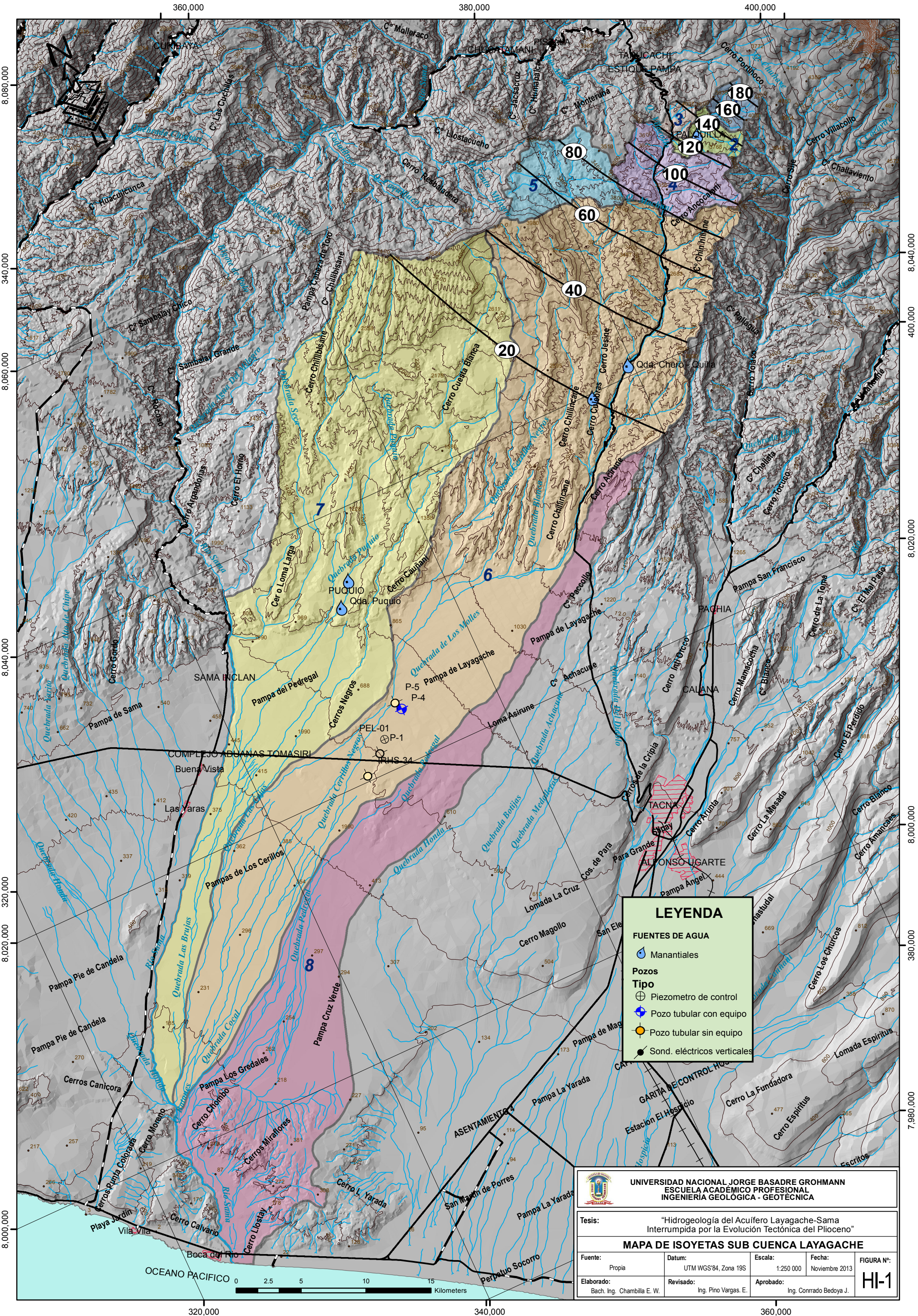
13.5.1. Mapa ubicación de fuentes de agua. IF-1

13.6. Hidrología de la Subcuenca

13.6.1. Mapa de Isoyetas sub cuenca Layagache.

HI-1

13.6.2. Descargas generadas con precipitación



LEYENDA

FUENTES DE AGUA

- Manantiales

Pozos

Tipo

- Piezometro de control
- Pozo tubular con equipo
- Pozo tubular sin equipo
- Sond. eléctricos verticales

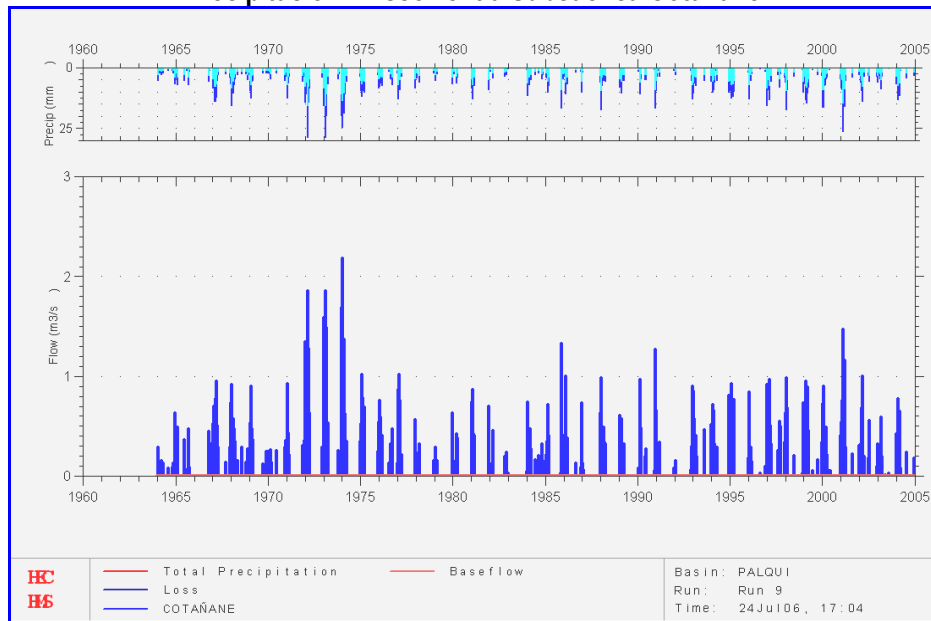
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA

Tesis: "Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama Interrumpida por la Evolución Tectónica del Plioceno"

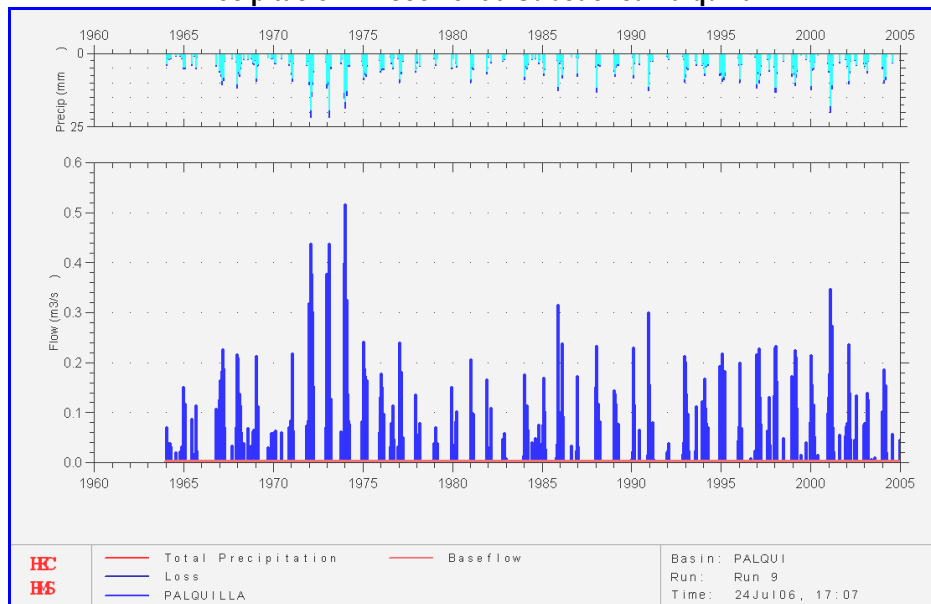
MAPA DE ISOYETAS SUB CUENCA LAYAGACHE

Fuente: Propia	Datum: UTM WGS'84, Zona 19S	Escala: 1:250 000	Fecha: Noviembre 2013	FIGURA Nº: HI-1
Elaborado: Bach. Ing. Chambilla E. W.	Revisado: Ing. Pino Vargas, E.	Aprobado: Ing. Conrado Bedoya J.		

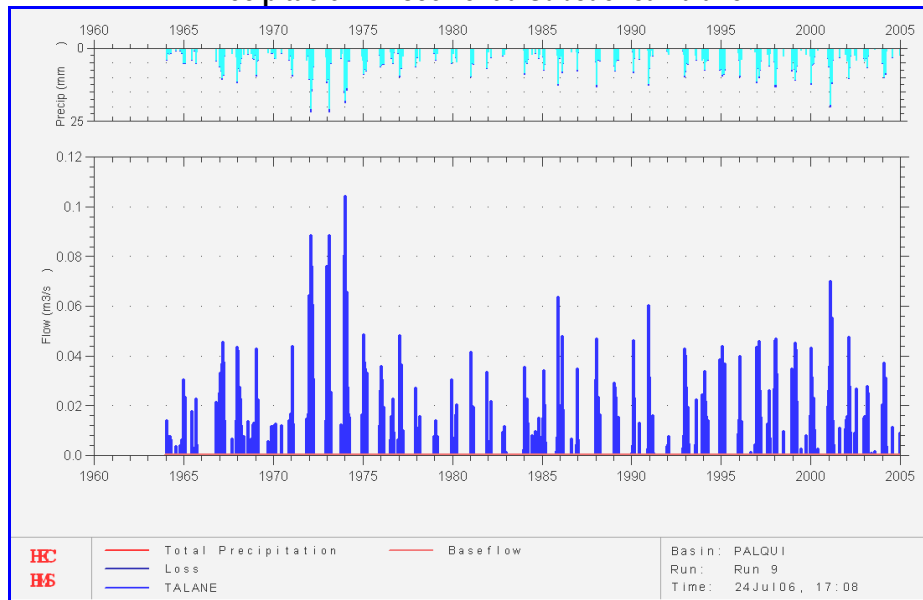
Precipitación – Escorrentía Subcuenca Cotañane



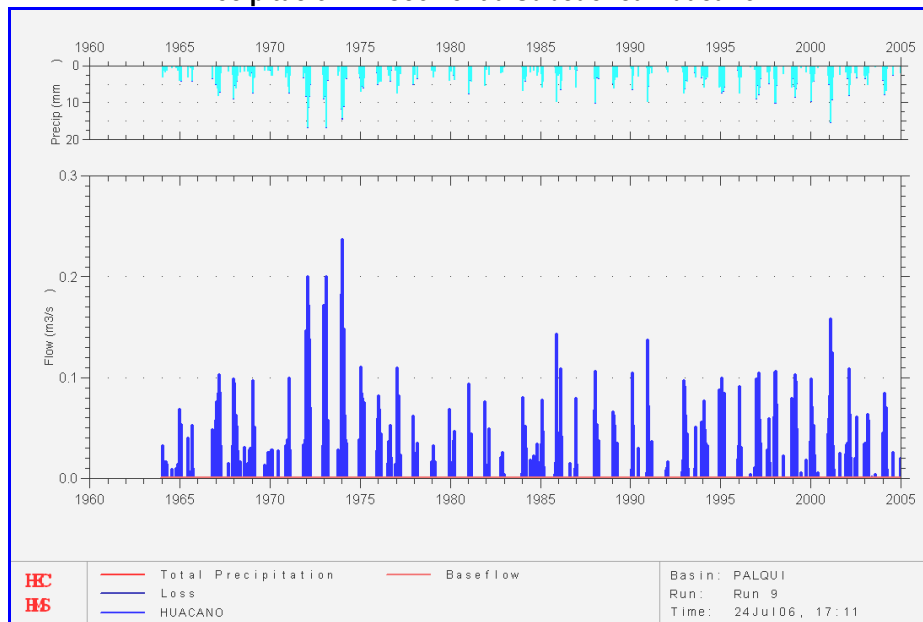
Precipitación – Escorrentía Subcuenca Palquilla



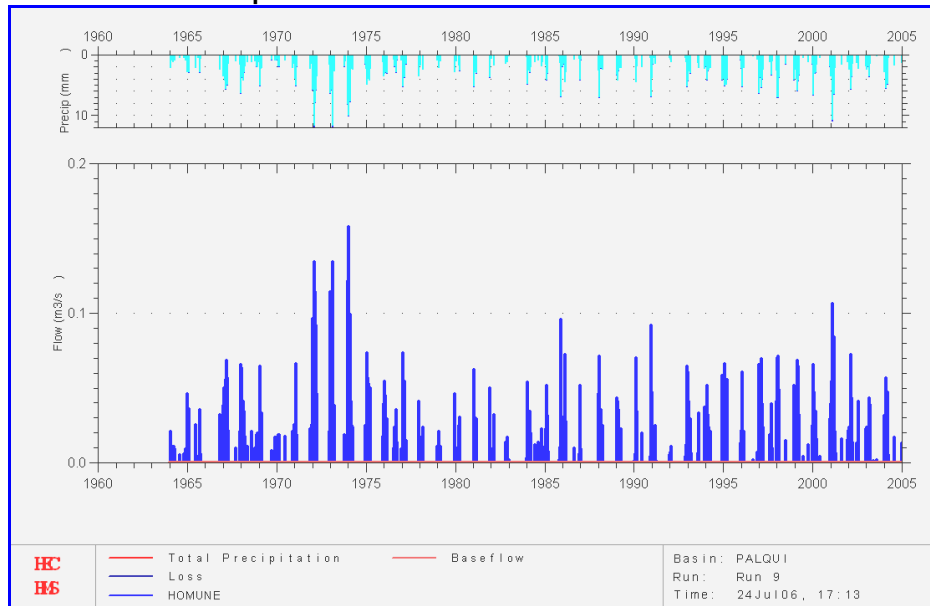
Precipitación – Escorrentía Subcuenca Talane



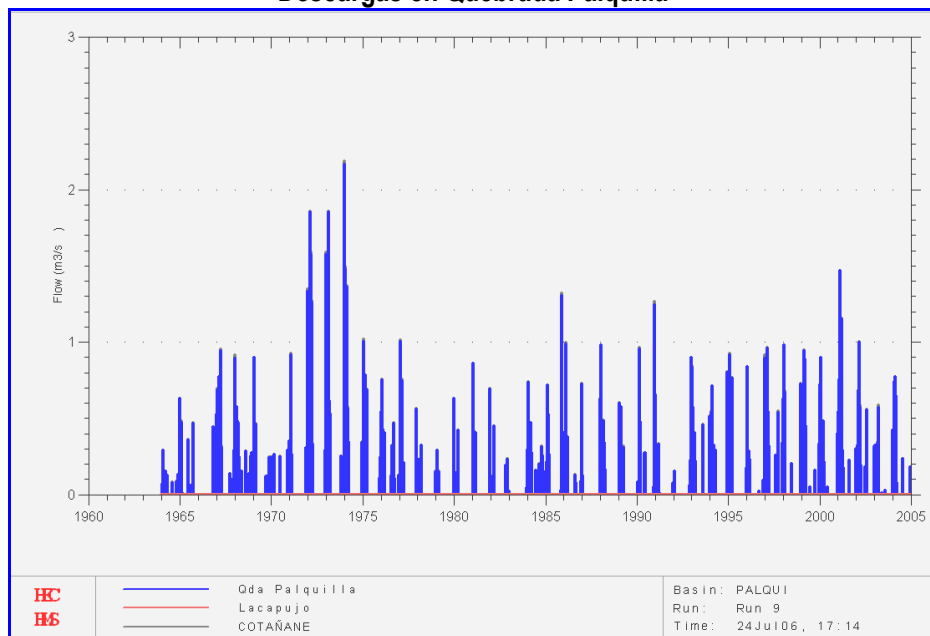
Precipitación – Escorrentía Subcuenca Huacano



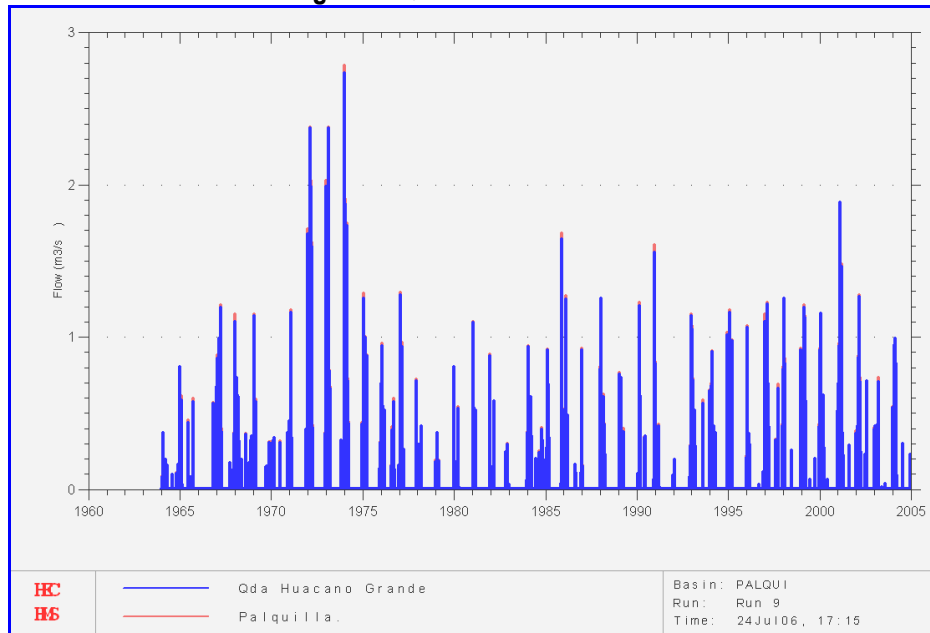
Precipitación – Escorrentía Subcuenca Homune



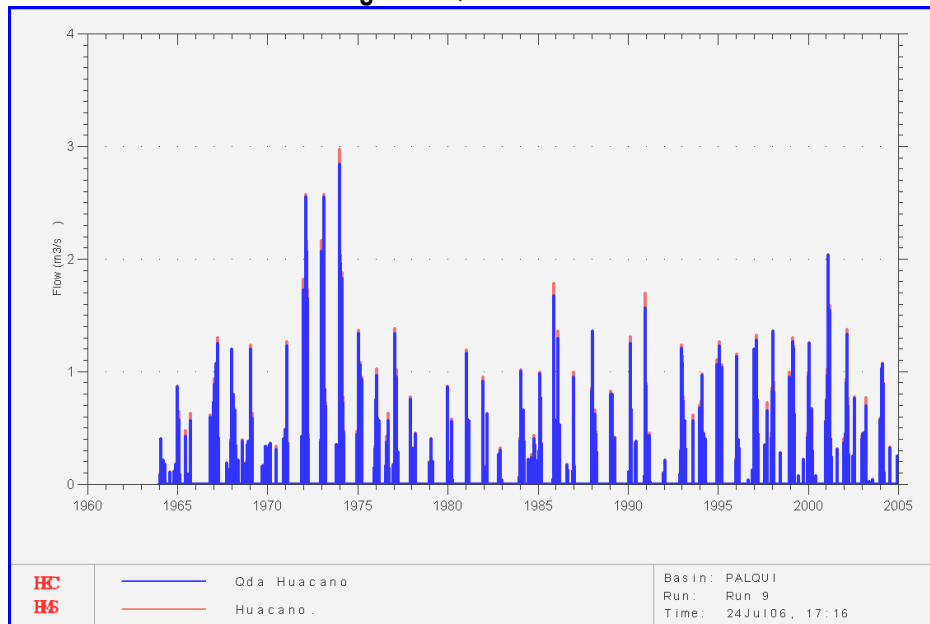
Descargas en Quebrada Palquilla



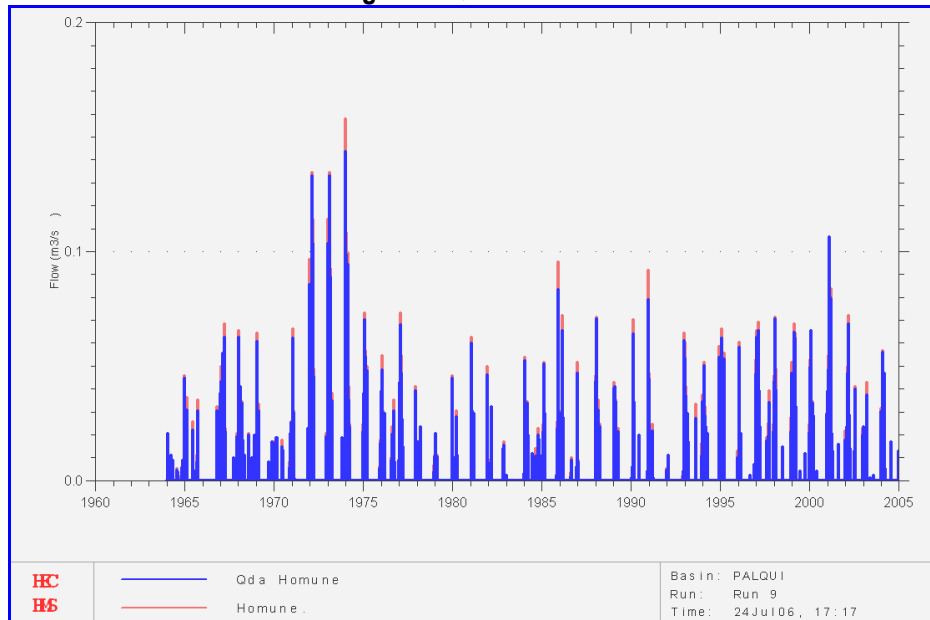
Descargas en Quebrada Huacano Grande



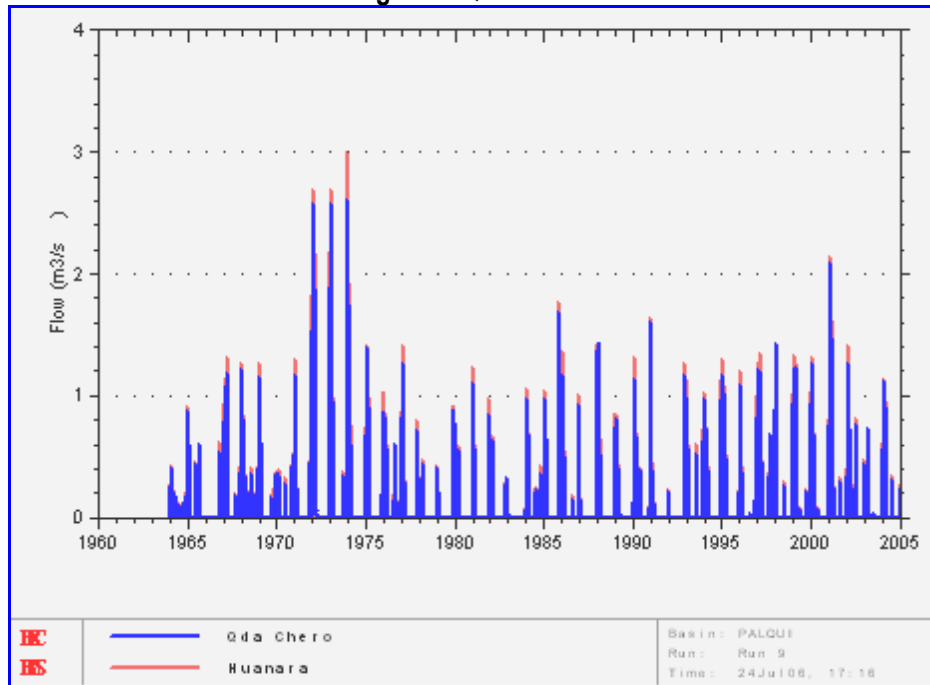
Descargas en Quebrada Huacano



Descargas en Quebrada Homune



Descargas en Quebrada Chero



DESCARGAS GENERADAS CON PRECIPITACIÓN

Nº	Mes-Año	Escorrentamiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
1	ene-64	0.040	0.008
2	feb-64	0.011	0.002
3	mar-64	0.013	0.003
4	abr-64	0.012	0.002
5	may-64	0.000	0.000
6	jun-64	0.000	0.000
7	jul-64	0.000	0.000
8	ago-64	0.006	0.001
9	sep-64	0.000	0.000
10	oct-64	0.005	0.001
11	nov-64	0.006	0.001
12	dic-64	0.090	0.018
13	ene-65	0.013	0.003
14	feb-65	0.027	0.005
15	mar-65	0.000	0.000
16	abr-65	0.000	0.000
17	may-65	0.000	0.000
18	jun-65	0.017	0.003
19	jul-65	0.000	0.000
20	ago-65	0.003	0.001
21	sep-65	0.037	0.007
22	oct-65	0.000	0.000
23	nov-65	0.000	0.000
24	dic-65	0.000	0.000
25	ene-66	0.000	0.000
26	feb-66	0.000	0.000
27	mar-66	0.000	0.000
28	abr-66	0.000	0.000
29	may-66	0.000	0.000
30	jun-66	0.000	0.000
31	jul-66	0.000	0.000
32	ago-66	0.000	0.000
33	sep-66	0.000	0.000
34	oct-66	0.051	0.010
35	nov-66	0.000	0.000
36	dic-66	0.000	0.000
37	ene-67	0.176	0.035
38	feb-67	0.320	0.064
39	mar-67	0.451	0.090
40	abr-67	0.052	0.010
41	may-67	0.000	0.000
42	jun-67	0.000	0.000
43	jul-67	0.000	0.000
44	ago-67	0.000	0.000
45	sep-67	0.007	0.001
46	oct-67	0.000	0.000
47	nov-67	0.000	0.000
48	dic-67	0.069	0.014
49	ene-68	0.312	0.062
50	feb-68	0.218	0.044
51	mar-68	0.126	0.025
52	abr-68	0.000	0.000
53	may-68	0.017	0.003
54	jun-68	0.000	0.000
55	jul-68	0.000	0.000
56	ago-68	0.018	0.004
57	sep-68	0.000	0.000
58	oct-68	0.007	0.001
59	nov-68	0.056	0.011
60	dic-68	0.061	0.012
61	ene-69	0.114	0.023
62	feb-69	0.165	0.033
63	mar-69	0.004	0.001
64	abr-69	0.000	0.000
65	may-69	0.000	0.000
66	jun-69	0.000	0.000
67	jul-69	0.000	0.000
68	ago-69	0.000	0.000
69	sep-69	0.009	0.002
70	oct-69	0.000	0.000
71	nov-69	0.029	0.006
72	dic-69	0.026	0.005

Nº	Mes-Año	Escurrimiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
73	ene-70	0.000	0.000
74	feb-70	0.070	0.014
75	mar-70	0.006	0.001
76	abr-70	0.000	0.000
77	may-70	0.000	0.000
78	jun-70	0.012	0.002
79	jul-70	0.000	0.000
80	ago-70	0.000	0.000
81	sep-70	0.000	0.000
82	oct-70	0.000	0.000
83	nov-70	0.020	0.004
84	dic-70	0.040	0.008
85	ene-71	0.094	0.019
86	feb-71	0.113	0.023
87	mar-71	0.000	0.000
88	abr-71	0.000	0.000
89	may-71	0.000	0.000
90	jun-71	0.000	0.000
91	jul-71	0.000	0.000
92	ago-71	0.000	0.000
93	sep-71	0.000	0.000
94	oct-71	0.000	0.000
95	nov-71	0.022	0.004
96	dic-71	0.040	0.008
97	ene-72	0.537	0.107
98	feb-72	0.938	0.188
99	mar-72	0.562	0.112
100	abr-72	0.007	0.001
101	may-72	0.000	0.000
102	jun-72	0.000	0.000
103	jul-72	0.000	0.000
104	ago-72	0.000	0.000
105	sep-72	0.000	0.000
106	oct-72	0.000	0.000
107	nov-72	0.000	0.000
108	dic-72	0.073	0.015
109	ene-73	0.558	0.112
110	feb-73	0.992	0.198
111	mar-73	0.131	0.026
112	abr-73	0.003	0.001
113	may-73	0.000	0.000
114	jun-73	0.000	0.000
115	jul-73	0.000	0.000
116	ago-73	0.000	0.000
117	sep-73	0.000	0.000
118	oct-73	0.028	0.006
119	nov-73	0.000	0.000
120	dic-73	0.000	0.000
121	ene-74	0.915	0.183
122	feb-74	0.442	0.088
123	mar-74	0.090	0.018
124	abr-74	0.003	0.001
125	may-74	0.000	0.000
126	jun-74	0.000	0.000
127	jul-74	0.000	0.000
128	ago-74	0.000	0.000
129	sep-74	0.000	0.000
130	oct-74	0.000	0.000
131	nov-74	0.000	0.000
132	dic-74	0.016	0.003
133	ene-75	0.171	0.034
134	feb-75	0.282	0.056
135	mar-75	0.225	0.045
136	abr-75	0.000	0.000
137	may-75	0.000	0.000
138	jun-75	0.000	0.000
139	jul-75	0.000	0.000
140	ago-75	0.000	0.000
141	sep-75	0.000	0.000
142	oct-75	0.000	0.000
143	nov-75	0.000	0.000
144	dic-75	0.061	0.012
145	ene-76	0.186	0.037
146	feb-76	0.111	0.022

Nº	Mes-Año	Escurrimiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
147	mar-76	0.072	0.014
148	abr-76	0.000	0.000
149	may-76	0.000	0.000
150	jun-76	0.000	0.000
151	jul-76	0.006	0.001
152	ago-76	0.016	0.003
153	sep-76	0.037	0.007
154	oct-76	0.000	0.000
155	nov-76	0.000	0.000
156	dic-76	0.010	0.002
157	ene-77	0.110	0.022
158	feb-77	0.311	0.062
159	mar-77	0.015	0.003
160	abr-77	0.000	0.000
161	may-77	0.000	0.000
162	jun-77	0.000	0.000
163	jul-77	0.000	0.000
164	ago-77	0.000	0.000
165	sep-77	0.000	0.000
166	oct-77	0.000	0.000
167	nov-77	0.000	0.000
168	dic-77	0.031	0.006
169	ene-78	0.023	0.005
170	feb-78	0.000	0.000
171	mar-78	0.022	0.004
172	abr-78	0.000	0.000
173	may-78	0.000	0.000
174	jun-78	0.000	0.000
175	jul-78	0.000	0.000
176	ago-78	0.000	0.000
177	sep-78	0.000	0.000
178	oct-78	0.000	0.000
179	nov-78	0.000	0.000
180	dic-78	0.008	0.002
181	ene-79	0.040	0.008
182	feb-79	0.014	0.003
183	mar-79	0.000	0.000
184	abr-79	0.000	0.000
185	may-79	0.000	0.000
186	jun-79	0.000	0.000
187	jul-79	0.000	0.000
188	ago-79	0.000	0.000
189	sep-79	0.000	0.000
190	oct-79	0.000	0.000
191	nov-79	0.000	0.000
192	dic-79	0.085	0.017
193	ene-80	0.018	0.004
194	feb-80	0.000	0.000
195	mar-80	0.067	0.013
196	abr-80	0.000	0.000
197	may-80	0.000	0.000
198	jun-80	0.000	0.000
199	jul-80	0.000	0.000
200	ago-80	0.000	0.000
201	sep-80	0.000	0.000
202	oct-80	0.000	0.000
203	nov-80	0.000	0.000
204	dic-80	0.000	0.000
205	ene-81	0.142	0.028
206	feb-81	0.131	0.026
207	mar-81	0.061	0.012
208	abr-81	0.000	0.000
209	may-81	0.000	0.000
210	jun-81	0.000	0.000
211	jul-81	0.000	0.000
212	ago-81	0.000	0.000
213	sep-81	0.000	0.000
214	oct-81	0.000	0.000
215	nov-81	0.000	0.000
216	dic-81	0.037	0.007
217	ene-82	0.020	0.004
218	feb-82	0.000	0.000
219	mar-82	0.045	0.009
220	abr-82	0.000	0.000

Nº	Mes-Año	Escurrimiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
221	may-82	0.000	0.000
222	jun-82	0.000	0.000
223	jul-82	0.000	0.000
224	ago-82	0.000	0.000
225	sep-82	0.000	0.000
226	oct-82	0.015	0.003
227	nov-82	0.019	0.004
228	dic-82	0.000	0.000
229	ene-83	0.001	0.000
230	feb-83	0.000	0.000
231	mar-83	0.000	0.000
232	abr-83	0.000	0.000
233	may-83	0.000	0.000
234	jun-83	0.000	0.000
235	jul-83	0.000	0.000
236	ago-83	0.000	0.000
237	sep-83	0.000	0.000
238	oct-83	0.000	0.000
239	nov-83	0.000	0.000
240	dic-83	0.002	0.000
241	ene-84	0.124	0.025
242	feb-84	0.072	0.014
243	mar-84	0.139	0.028
244	abr-84	0.000	0.000
245	may-84	0.000	0.000
246	jun-84	0.005	0.001
247	jul-84	0.000	0.000
248	ago-84	0.010	0.002
249	sep-84	0.000	0.000
250	oct-84	0.030	0.006
251	nov-84	0.011	0.002
252	dic-84	0.000	0.000
253	ene-85	0.019	0.004
254	feb-85	0.285	0.057
255	mar-85	0.081	0.016
256	abr-85	0.000	0.000
257	may-85	0.000	0.000
258	jun-85	0.000	0.000
259	jul-85	0.000	0.000
260	ago-85	0.000	0.000
261	sep-85	0.000	0.000
262	oct-85	0.000	0.000
263	nov-85	0.136	0.027
264	dic-85	0.046	0.009
265	ene-86	0.037	0.007
266	feb-86	0.070	0.014
267	mar-86	0.014	0.003
268	abr-86	0.000	0.000
269	may-86	0.000	0.000
270	jun-86	0.000	0.000
271	jul-86	0.000	0.000
272	ago-86	0.006	0.001
273	sep-86	0.000	0.000
274	oct-86	0.000	0.000
275	nov-86	0.000	0.000
276	dic-86	0.061	0.012
277	ene-87	0.023	0.005
278	feb-87	0.000	0.000
279	mar-87	0.000	0.000
280	abr-87	0.000	0.000
281	may-87	0.000	0.000
282	jun-87	0.000	0.000
283	jul-87	0.000	0.000
284	ago-87	0.000	0.000
285	sep-87	0.000	0.000
286	oct-87	0.000	0.000
287	nov-87	0.000	0.000
288	dic-87	0.000	0.000
289	ene-88	0.264	0.053
290	feb-88	0.000	0.000
291	mar-88	0.082	0.016
292	abr-88	0.003	0.001
293	may-88	0.000	0.000
294	jun-88	0.000	0.000

Nº	Mes-Año	Escurrimiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
295	jul-88	0.000	0.000
296	ago-88	0.000	0.000
297	sep-88	0.000	0.000
298	oct-88	0.000	0.000
299	nov-88	0.000	0.000
300	dic-88	0.000	0.000
301	ene-89	0.069	0.014
302	feb-89	0.218	0.044
303	mar-89	0.028	0.006
304	abr-89	0.034	0.007
305	may-89	0.000	0.000
306	jun-89	0.000	0.000
307	jul-89	0.000	0.000
308	ago-89	0.000	0.000
309	sep-89	0.000	0.000
310	oct-89	0.000	0.000
311	nov-89	0.000	0.000
312	dic-89	0.000	0.000
313	ene-90	0.009	0.002
314	feb-90	0.053	0.011
315	mar-90	0.045	0.009
316	abr-90	0.000	0.000
317	may-90	0.000	0.000
318	jun-90	0.023	0.005
319	jul-90	0.000	0.000
320	ago-90	0.000	0.000
321	sep-90	0.000	0.000
322	oct-90	0.000	0.000
323	nov-90	0.004	0.001
324	dic-90	0.116	0.023
325	ene-91	0.091	0.018
326	feb-91	0.004	0.001
327	mar-91	0.032	0.006
328	abr-91	0.000	0.000
329	may-91	0.000	0.000
330	jun-91	0.000	0.000
331	jul-91	0.000	0.000
332	ago-91	0.000	0.000
333	sep-91	0.000	0.000
334	oct-91	0.000	0.000
335	nov-91	0.000	0.000
336	dic-91	0.003	0.001
337	ene-92	0.015	0.003
338	feb-92	0.000	0.000
339	mar-92	0.000	0.000
340	abr-92	0.000	0.000
341	may-92	0.000	0.000
342	jun-92	0.000	0.000
343	jul-92	0.000	0.000
344	ago-92	0.000	0.000
345	sep-92	0.000	0.000
346	oct-92	0.000	0.000
347	nov-92	0.004	0.001
348	dic-92	0.154	0.031
349	ene-93	0.212	0.042
350	feb-93	0.004	0.001
351	mar-93	0.065	0.013
352	abr-93	0.000	0.000
353	may-93	0.000	0.000
354	jun-93	0.000	0.000
355	jul-93	0.000	0.000
356	ago-93	0.022	0.004
357	sep-93	0.000	0.000
358	oct-93	0.000	0.000
359	nov-93	0.000	0.000
360	dic-93	0.064	0.013
361	ene-94	0.000	0.000
362	feb-94	0.204	0.041
363	mar-94	0.016	0.003
364	abr-94	0.017	0.003
365	may-94	0.000	0.000
366	jun-94	0.000	0.000
367	jul-94	0.000	0.000
368	ago-94	0.000	0.000

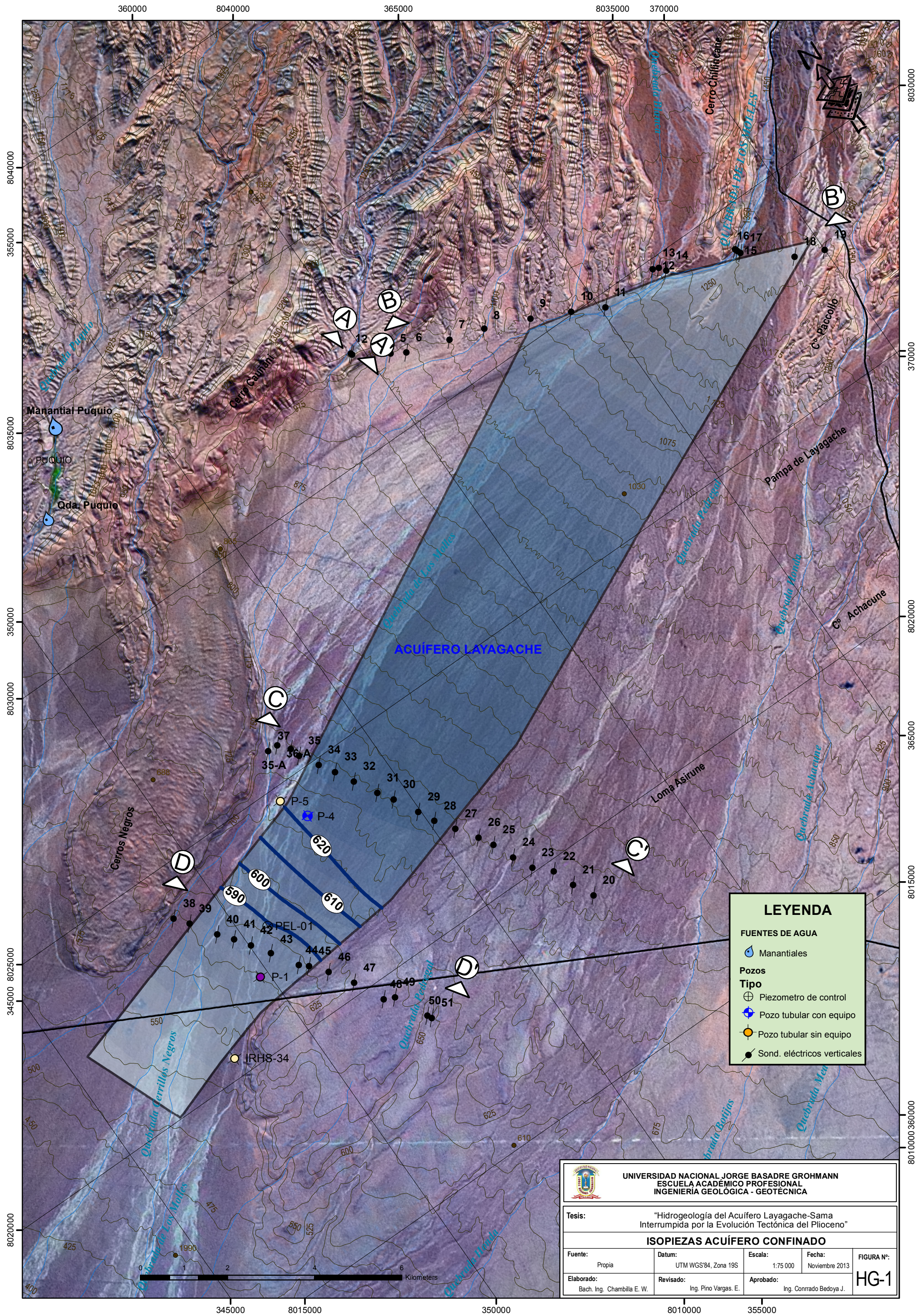
Nº	Mes-Año	Escurrimiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
369	sep-94	0.000	0.000
370	oct-94	0.000	0.000
371	nov-94	0.000	0.000
372	dic-94	0.039	0.008
373	ene-95	0.083	0.017
374	feb-95	0.000	0.000
375	mar-95	0.178	0.036
376	abr-95	0.000	0.000
377	may-95	0.000	0.000
378	jun-95	0.000	0.000
379	jul-95	0.000	0.000
380	ago-95	0.000	0.000
381	sep-95	0.000	0.000
382	oct-95	0.000	0.000
383	nov-95	0.000	0.000
384	dic-95	0.012	0.002
385	ene-96	0.134	0.027
386	feb-96	0.069	0.014
387	mar-96	0.007	0.001
388	abr-96	0.000	0.000
389	may-96	0.000	0.000
390	jun-96	0.000	0.000
391	jul-96	0.000	0.000
392	ago-96	0.001	0.000
393	sep-96	0.000	0.000
394	oct-96	0.000	0.000
395	nov-96	0.011	0.002
396	dic-96	0.011	0.002
397	ene-97	0.289	0.058
398	feb-97	0.351	0.070
399	mar-97	0.081	0.016
400	abr-97	0.003	0.001
401	may-97	0.000	0.000
402	jun-97	0.000	0.000
403	jul-97	0.000	0.000
404	ago-97	0.030	0.006
405	sep-97	0.046	0.009
406	oct-97	0.000	0.000
407	nov-97	0.000	0.000
408	dic-97	0.021	0.004
409	ene-98	0.253	0.051
410	feb-98	0.038	0.008
411	mar-98	0.000	0.000
412	abr-98	0.000	0.000
413	may-98	0.000	0.000
414	jun-98	0.010	0.002
415	jul-98	0.000	0.000
416	ago-98	0.000	0.000
417	sep-98	0.000	0.000
418	oct-98	0.000	0.000
419	nov-98	0.000	0.000
420	dic-98	0.063	0.013
421	ene-99	0.046	0.009
422	feb-99	0.459	0.092
423	mar-99	0.249	0.050
424	abr-99	0.000	0.000
425	may-99	0.000	0.000
426	jun-99	0.002	0.000
427	jul-99	0.000	0.000
428	ago-99	0.000	0.000
429	sep-99	0.000	0.000
430	oct-99	0.005	0.001
431	nov-99	0.000	0.000
432	dic-99	0.038	0.008
433	ene-00	0.376	0.075
434	feb-00	0.196	0.039
435	mar-00	0.120	0.024
436	abr-00	0.000	0.000
437	may-00	0.000	0.000
438	jun-00	0.003	0.001
439	jul-00	0.000	0.000
440	ago-00	0.000	0.000
441	sep-00	0.000	0.000
442	oct-00	0.000	0.000

Nº	Mes-Año	Escurrimiento Superficial (m³/s)	Caudal de Infiltración (m³/s)
443	nov-00	0.000	0.000
444	dic-00	0.043	0.009
445	ene-01	0.191	0.038
446	feb-01	0.583	0.117
447	mar-01	0.222	0.044
448	abr-01	0.029	0.006
449	may-01	0.000	0.000
450	jun-01	0.000	0.000
451	jul-01	0.000	0.000
452	ago-01	0.010	0.002
453	sep-01	0.000	0.000
454	oct-01	0.000	0.000
455	nov-01	0.000	0.000
456	dic-01	0.014	0.003
457	ene-02	0.051	0.010
458	feb-02	0.236	0.047
459	mar-02	0.163	0.033
460	abr-02	0.010	0.002
461	may-02	0.000	0.000
462	jun-02	0.009	0.002
463	jul-02	0.047	0.009
464	ago-02	0.000	0.000
465	sep-02	0.000	0.000
466	oct-02	0.000	0.000
467	nov-02	0.000	0.000
468	dic-02	0.032	0.006
469	ene-03	0.025	0.005
470	feb-03	0.044	0.009
471	mar-03	0.113	0.023
472	abr-03	0.000	0.000
473	may-03	0.000	0.000
474	jun-03	0.001	0.000
475	jul-03	0.000	0.000
476	ago-03	0.001	0.000
477	sep-03	0.000	0.000
478	oct-03	0.000	0.000
479	nov-03	0.000	0.000
480	dic-03	0.001	0.000
481	ene-04	0.132	0.026
482	feb-04	0.157	0.031
483	mar-04	0.049	0.010
484	abr-04	0.001	0.000
485	may-04	0.000	0.000
486	jun-04	0.000	0.000
487	jul-04	0.011	0.002
488	ago-04	0.000	0.000
489	sep-04	0.000	0.000
490	oct-04	0.000	0.000
491	nov-04	0.000	0.000
492	dic-04	0.008	0.002
493	ene-05	0.125	0.025
494	feb-05	0.216	0.043
495	mar-05	0.052	0.010
496	abr-05	0.000	0.000
497	may-05	0.000	0.000
498	jun-05	0.000	0.000
499	jul-05	0.000	0.000
500	ago-05	0.000	0.000
501	sep-05	0.037	0.007
502	oct-05	0.000	0.000
503	nov-05	0.000	0.000
502	dic-05	0.000	0.000
Promedio		0.039	0.008
Maxima		0.992	0.198
Mínimo		0.000	0.000

13.7. Hidrogeología

**13.7.1. Mapa isopiezas acuífero confinado
Layagache HG-1**

**13.7.2. Reporte de análisis de Prueba de
Recuperación P-4**

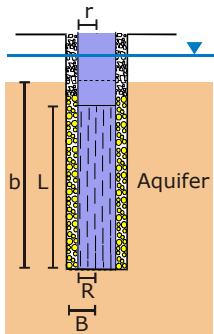




Contact Info
Address
Company Name
City, State/Province

Wells
Project: Tesis: Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama
Number: 01
Client: Escuela Profesional Geología-Geotecnia

Location: Tacna



	Name	X [m]
1	P-4	352804
2	P-4 (Obs.)	352802

	Contact Info Address Company Name City, State/Province		Pumping Test - Water Level Data Page 1 of 1	
			Project: Tesis: Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama	
			Number: 01	
			Client: Esuela Profesional Geología-Geotecnia	
Location: Tacna		Pumping Test: Pozo 4 (Pampa Layagache)		Pumping Well: P-4
Test Conducted by: W.CH.E		Test Date: 01/06/2013		Discharge Rate: 0.5 [l/s]
Observation Well: P-4 (Obs.)		Static Water Level [m]: 62.76		Radial Distance to PW [m]: 2.83
	Time [s]	Water Level [m]	Drawdown [m]	
1	1440	63.81	1.05	
2	1441	63.61	0.85	
3	1442	63.52	0.76	
4	1443	63.48	0.72	
5	1444	63.46	0.70	
6	1445	63.43	0.67	
7	1446	63.37	0.61	
8	1448	63.34	0.58	
9	1450	63.34	0.58	
10	1452	63.33	0.57	
11	1454	63.31	0.55	
12	1456	63.29	0.53	
13	1458	63.28	0.52	
14	1460	63.27	0.51	
15	1462	63.25	0.49	
16	1464	63.18	0.42	
17	1466	63.14	0.38	
18	1476	63.09	0.33	
19	1486	63.07	0.31	
20	1496	63.03	0.27	
21	1506	62.99	0.23	
22	1516	62.97	0.21	
23	1526	62.95	0.19	
24	1541	62.93	0.17	
25	1556	62.90	0.14	
26	1571	62.87	0.11	
27	1586	62.86	0.10	
28	1616	62.84	0.08	
29	1646	62.82	0.06	
30	1676	62.80	0.04	
31	1706	62.79	0.03	
32	1766	62.77	0.01	
33	1826	62.76	0.00	
34	1886	62.76	0.00	
35	1946	62.76	0.00	

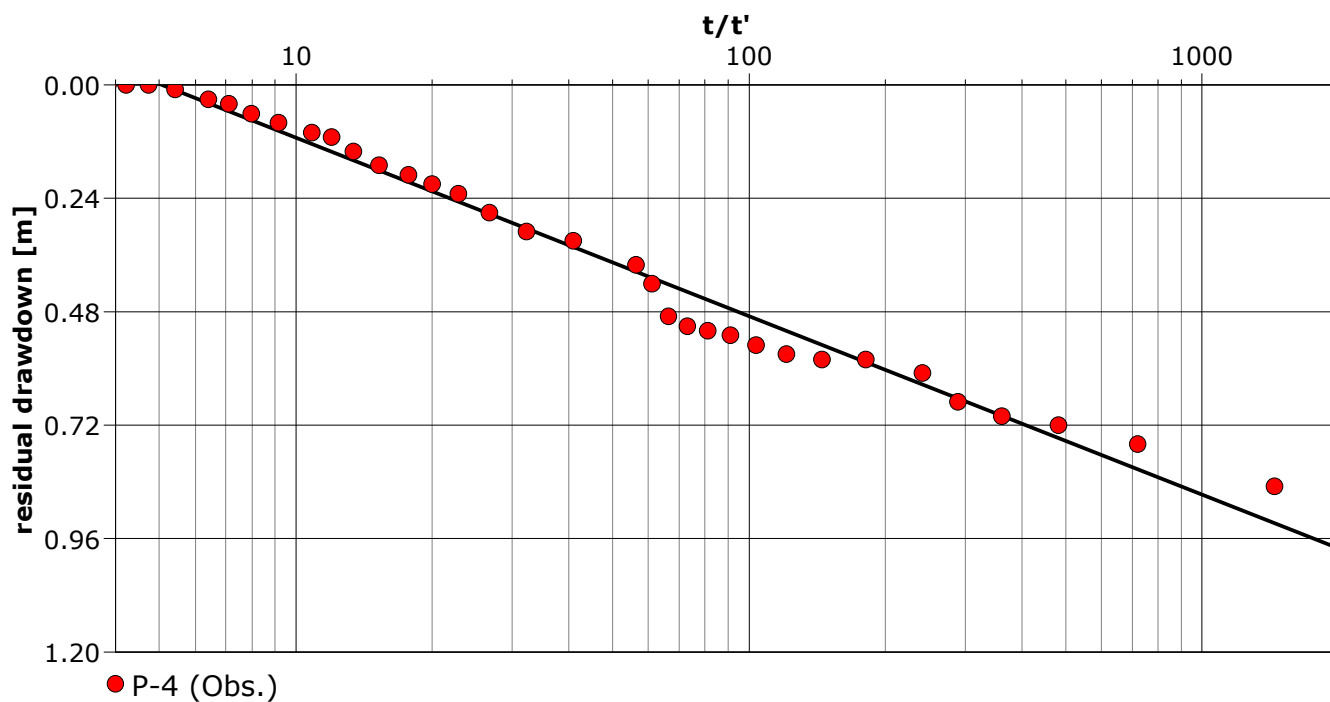


Contact Info
Address
Company Name
City, State/Province

Pumping Test Analysis Report

Project: Tesis: Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama
Number: 01
Client: Escuela Profesional Geología-Geotecnia

Location: Tacna	Pumping Test: Pozo 4 (Pampa Layagache)	Pumping Well: P-4
Test Conducted by: W.CH.E		Test Date: 01/06/2013
Analysis Performed by: W.CH.E	Theis Recovery	Analysis Date: 01/07/2013
Aquifer Thickness: 40.00 m	Discharge Rate: 0.5 [l/s]	



Calculation using Theis & Jacob

Observation Well	Transmissivity [cm ² /s]	Hydraulic Conductivity [cm/s]	Radial Distance to PW [m]	
P-4 (Obs.)	2.42×10^0	6.05×10^{-4}	2.83	

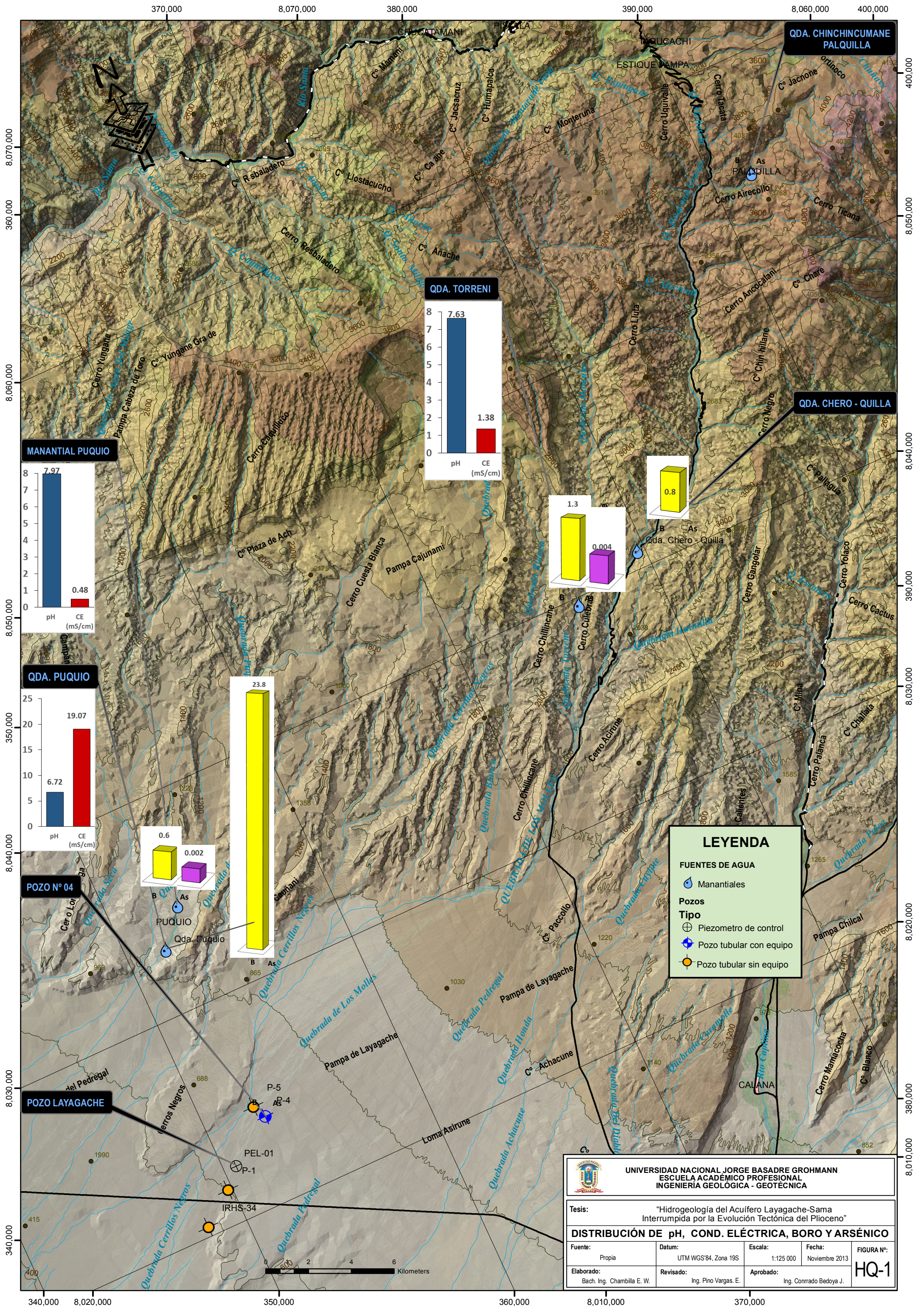
	Contact Info Address Company Name City, State/Province		Pumping Test Analysis Report			
			Project: Tesis: Hidrogeología del Acuífero Layagache-Sama			
			Number: 01			
			Client: Escuela Profesional Geología-Geotecnia			
Location: Tacna		Pumping Test: Pozo 4 (Pampa Layagache)		Pumping Well: P-4		
Test Conducted by: W.CH.E				Test Date: 01/06/2013		
Aquifer Thickness: 40.00 m		Discharge Rate: 0.5 [l/s]				
T [cm²/s]			T [cm²/s]	K [cm/s]	S	
			2.42 × 10 ⁰	6.05 × 10 ⁻⁴		

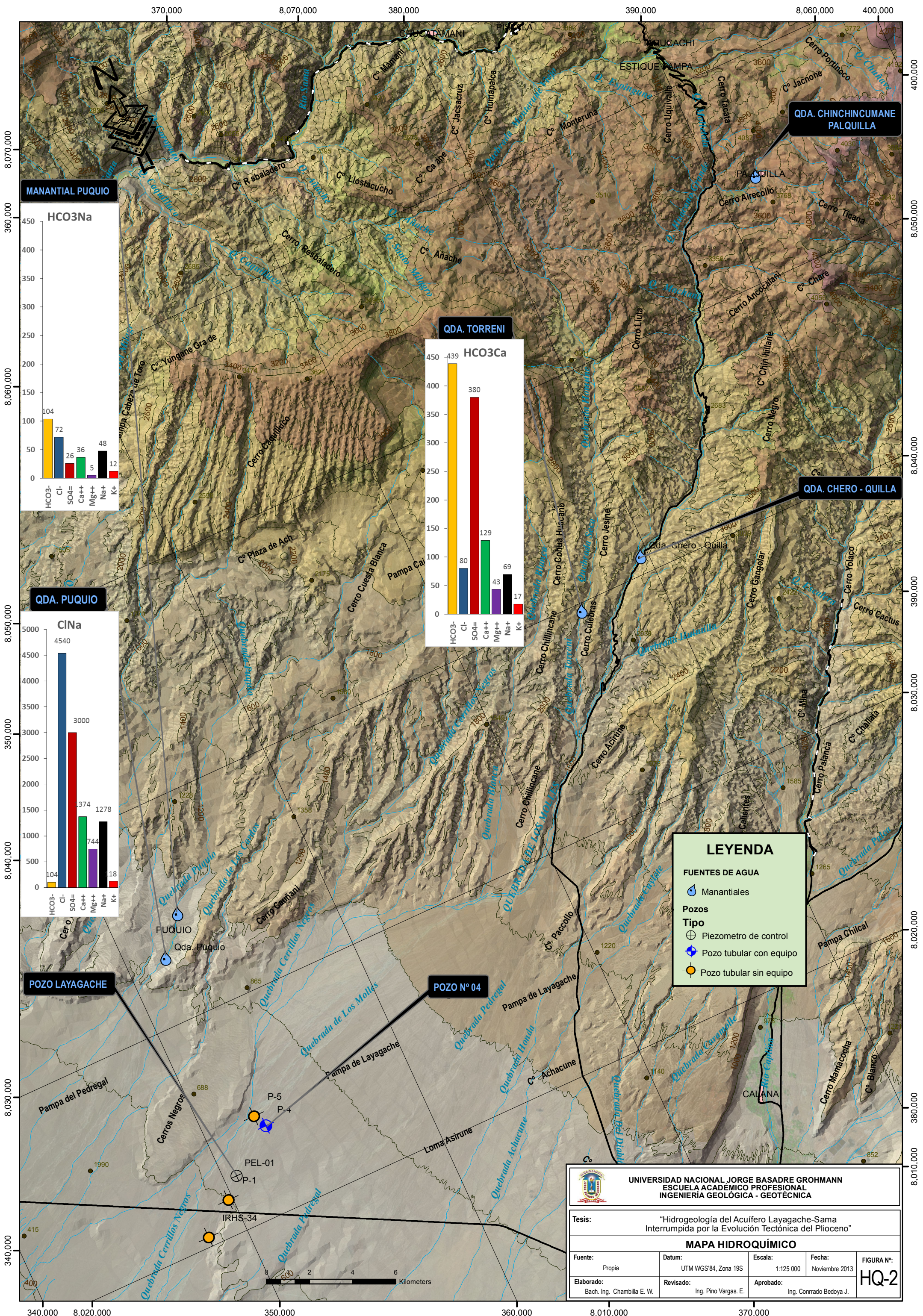
13.8. Hidrogeoquímica

13.8.1. Mapa de Distribución de pH, Cond. Eléctrica, Boro y Arsénico HQ-1

13.8.2. Mapa Hidroquímico HQ-2

13.8.3. Análisis físico químico Subcuenca Layagache





Cuadro N° 01
ANALISIS FISICO-QUIMICO SUB CUENCA LAYAGACHE
Resultados de Laboratorio

item	Descripción	pH	CE (mS/cm)	Bicarbo.	Cloruros	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Arsénico	Boro	Observaciones			
				HCO3-	Cl-	SO4=	Ca++	Mg++	Na+	K+	As Total	B	Familia Química	RAS	APTITUD RIEGO	Fecha
1	Queb. Chero	6.56	1.20	287	80	430	178	24	21	5	0.002	0.8	SO4Ca	0.40	C3S1	01/06/2006
2	Queb. Palquilla	6.81	0.48	201	28	82	77	10	4	1	0.003	0.1	HCO3Ca	0.11	C2S1	01/06/2006
3	Queb. Torreni	7.63	1.38	439	80	380	129	43	69	17	0.004	1.3	HCO3Ca	1.35	C3S1	01/06/2006
4	Manantial Puquio N° 01	7.97	0.48	104	72	26	36	5	48	12	0.002	0.6	HCO3Na	1.99	C2S1	23/06/2006
5	Manantial Puquio N° 02	6.72	19.07	104	4540	3000	1374	744	1278	118	0.002	23.8	ClCa	6.91	C6S1 (*)	24/06/2006
6	Pozo N° 04 Canaan Layagache	7.58	1.00	153	68	290	105	29	45	11	0.006	0.5	SO4Ca	1.00	C3S1	24/06/2006
7	Queb. Quilla N° 01	6.64	0.28	98	24	75	36	2	15	4	0.025	<0,05	HCO3Ca	0.65	C2S1	17/06/2006
8	Queb. Quilla N° 02	6.78	0.27	104	24	50	32	2	16	4	0.018	<0,05	HCO3Ca	0.74	C2S1	17/06/2006
9	PEL-01	7.27	1.26	231	190	500	113	29	105	26			SO4Ca			15/12/2006

Fuente. PET

14. BIBLIOGRAFÍA

INGEMMET, Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (Hojas 36-v y 36-x). Boletín N° 139 Serie A - Comisión Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)

Palza, G. 2006. Diagnóstico Hidrogeológico Lomas de Sama, Pampa Layagache. Afianzamiento y Ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna-Gobierno Regional de Tacna.

Custodio, E; Llamas M, 1976 Hidrología Subterránea Tomo II, segunda edición, editorial Omega.

Castany, G. (1971). Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas - Ed. Omega - Barcelona España.

Acosta Harmuth., 2010. Actividad Tectónica de Fallas Incapuquio, durante la formación de la Cuenca Arequipa en el Jurasico. XV Congreso Peruano de Geología. Cusco 2010

Flores, A.;Sempere, T.. (2002). Avances sobre la historia geológica del valle de Tacna. Congreso Peruano de Geología. Trabajos científicos. Sociedad Geológica del Perú 2002, tomo 1, pp. 177-187.

Wilson, J. 1963. Geología del cuadrángulo de Huaylillas (Hoja 37-x), Comisión Carta Geológica Nacional - bol. 06.