

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA
ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

PRESENTADO POR:

HARO BARDALES LEONID SAMUEL

ASESOR:

MSC. ING. PEREZ VERASTEGUI GUILLERMO

Lima – Perú

2012

DEDICATORIA

A mi familia y seres queridos, que me han dado apoyo y soporte en los momentos difíciles en el transcurso de mi carrera y en la vida misma.

INDICE

Pág.

CAPÍTULO I INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVO.....	3
1.3 UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	4
1.4 REQUERIMIENTOS DE AGUA.....	4
1.5 ACTIVIDADES REALIZADAS.....	4

CAPÍTULO II DESCRIPCION DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
2.2 UBICACIÓN HIDROGRÁFICA.....	8
2.3 GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC.....	9
2.3.1 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS.....	12
2.4 DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC- MÉTODO PFASFSTETTER.....	19
2.5 ESQUEMA FLUVIAL DE LA CUENCA.....	21
2.6 SISTEMA HIDROGRÁFICO.....	21
2.7 AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	22
2.8 REALIMENTACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC.....	23
2.8.1 Uso Conjuntivo.....	24
2.8.2 Recarga artificial inducida.....	26
2.8.3 Trasvase de aguas hacia la cuenca del Río Rímac.....	28

CAPÍTULO III CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 CUADRO GEOGRÁFICO.....	33
3.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.....	33
3.3 CUADRO GEOLÓGICO.....	34
3.3.1 Rocas intrusivas.....	34
3.3.2 Depósitos cuaternario.....	35
3.4 CUADRO HIDROGEOLÓGICO.....	36

CAPÍTULO IV PROSPECCION GEOFISICA

4.1 GENERALIDADES.....	37
4.2 METODOLOGÍA.....	38
4.3 CARACTERÍSTICAS OPERATIVA.....	38
4.4 RESULTADOS.....	38
4.5 SECCIONES GEOELÉCTRICAS.....	40

CAPÍTULO V INVENTARIO DE FUENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS

5.1 GENERALIDADES.....	42
5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS POZOS.....	43

**CAPÍTULO VI CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E
HIDRODINAMICAS DEL ACUIFERO**

6.1 GEOLOGÍA DEL ACUÍFERO.....	47
6.2 CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN E INTERCAMBIO.....	48
6.3 DESCENSO DE LOS NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	49
6.4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO.....	50
6.5 RADIO DE INFLUENCIA.....	51

CAPÍTULO VII CALIDAD DEL AGUA

7.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	55
7.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	56

**CAPITULO VIII PROGRAMA DE ACCIONES PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA**

8.1 PLAN DE PERFORACIONES.....	58
8.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	59
8.2.1 Diseño De Pozo.....	59

CAPITULO IX CARACTERÍSTICAS DEL POZO

9.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	63
9.1.1 Método de perforación.....	63
9.1.2 Perfil litológico.....	63
9.1.3 Diseño técnico.....	65
9.2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	66
9.2.1 Programa de ensayos de bombeo.....	66
9.2.2 Procedimiento aplicado para los ensayos de bombeo.....	67
9.2.3 Análisis de los ensayos de bombeo.....	69
9.2.4 Análisis del ensayo a caudal constante.....	73
9.2.5 Calidad del agua.....	76
9.2.6 Aptitud de uso del agua.....	77

CAPITULO X OPERATIVIDAD DEL POZO

10.1 EQUIPO DE BOMBEO.....	78
10.2 ÁRBOL DE DESCARGA.....	79
10.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL POZO Y ACCESORIOS.....	79
10.4 COSTO DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	80

CAPITULO XI CAUDAL Y RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN

11.1 RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN CON EL CAUDAL ÓPTIMO DEL POZO P-2.....	81
11.2 RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN CON EL CAUDAL MÁXIMO DEL POZO P-2.....	82

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Huachipa.....	5
Figura 2.1 Ubicación de la Cuenca del Rio Rímac.....	8
Figura 2.2 Ubicación Hidrográfica de la Cuenca del Rio Rímac.....	9
Figura 2.3 Mapa Geológico de la Cuenca del Rio Rímac.....	10
Figura 2.4 Mapa Hidrográfico de la Cuenca del Rio Rímac.....	10
Figura 2.5 Secuencia de la delimitación de cuencas según Pfafstetter.....	19
Figura 2.6 Delimitación y codificación de cuencas en Sudamérica según Pfafstetter.....	20
Figura 2.7 Mapa de Delimitación hidrográfica método Pfafstetter – Nivel 7.....	20
Figura 2.8 Mapa de clasificación de ríos de la cuenca del Rio Rímac.....	21
Figura 2.9 Esquema Fluvial de la Cuenca del Rio Rímac.....	21
Figura 2.10 Uso conjuntivo, esquema San Miguel.....	26
Figura 2.11 Resultados de la Recarga Artificial Inducida.....	28
Figura 2.12 SEDAPAL - Gestión de Recursos Hídricos para Lima y Callao.....	31
Figura 2.13 Ubicación de los Programas de Trasvase hacia la Cuenca del Rio Rímac.....	32
Figura 4.1 Ubicación de Sondajes Eléctricos Verticales.....	37
Figura 4.2 Sección Geoeléctrica A-A’.....	41
Figura 4.3 Sección Geoeléctrica B-B’.....	41
Figura 5.1 Ubicación de Fuentes de Agua Subterránea.....	43
Figura 6.1 Perfil Litológico Pozo SEDAPAL N 223 Nieveria.....	47
Figura 6.2 Carta Piezometrica.....	48
Figura 6.3 Carta Isopropundidad de la Napa.....	53

Figura 6.4 Control de descenso del Nivel de Agua en el Pozo de SEDAPAL N 223	
Nieveria.....	53
Figura 7.1 Diagrama de Análisis de Agua.....	57
Figura 7.2 Diagrama de Potabilidad del Agua.....	57
Figura 8.1 Ubicación de Pozos Proyectados.....	58
Figura 8.2 Diseño Técnico Tentativo.....	62
Figura 9.1 Habilitación Pozo P-2.....	66
Figura 9.2 Curva de Rendimiento P-2 Huachipa.....	68

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Columna Estratigráfica de la Cuenca del Rio Rímac.....	18
Tabla 2.2 Unidades Hidrográficas en la Cuenca del Rio Rímac.....	21
Tabla 2.3 Balance de Aguas Subterráneas.....	23
Tabla 2.4 Obras desarrolladas en la red de distribución.....	25
Tabla 4.1 Resultados de la interpretación cuantitativa de los sondeos eléctricos realizados en el sector de Huachipa.....	39
Tabla 5.1 Características Técnicas de las Fuentes de Agua (Ate).....	44
Tabla 5.2 Características Técnicas de las Fuentes de Agua (Lurigancho - Chosica).....	44
Tabla 6.1 Profundidades observadas del nivel de las aguas subterráneas.....	49
Tabla 7.1 Resultados de análisis de muestras de agua.....	55
Tabla 7.2 Parámetros de control de calidad de agua (SUNASS).....	57
Tabla 9.1 Resumen de la litología encontrada durante la perforación.....	64
Tabla 9.2 Escalones del ensayo a caudal variable en el pozo P-2. 07/06/09.....	70
Tabla 9.3 Detalle del ensayo a caudal constante en el pozo P-1.....	71
Tabla 9.4 Resultados del ensayo de bombeo a caudal constante P-2. 08/06/09.....	72
Tabla 9.5 Resultados del monitoreo de recuperación luego del ensayo de bombeo a caudal constante.....	73

Pág.

Tabla 9.6 Parámetros hidráulicos calculados.....75

Tabla 11.1 Caudal y régimen de explotación con el caudal óptimo.....82

Tabla 11.2 Caudal y régimen de explotación con el caudal máximo.....82

RESUMEN

El proyecto de expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla ubicado en el distrito de Lurigancho-Chosica, requiere una fuente de agua de 100 l/s para complementar el volumen de agua de proceso asociado con el incremento de producción. El volumen de agua necesario para cubrir esta demanda se estima en 6.34 millones de m³ anuales, de los cuales 1.26 millones de m³ corresponderán al abastecimiento de aguas subterráneas.

Los resultados de la evaluación hidrogeológica muestran que el acuífero presente en el área del estudio, que corresponde al área de la planta de tratamiento de agua de la refinería ubicada en la margen derecha del río Rímac, sería apto para satisfacer los requerimientos de agua del proyecto.

El estudio incluyó la caracterización del comportamiento y funcionamiento hidráulico del acuífero y la proyección de áreas favorables para el aprovechamiento de aguas subterráneas mediante la perforación de un pozo tubular y de un pozo de reserva (P-2 y P-1). En ambos pozos se realizaron pruebas de bombeo obteniendo buenos resultados.

El volumen de agua requerido de 1.26 millones de metros cúbicos al año, con el rendimiento máximo determinado de 54 L/s para el Pozo P-2, se cubre con el régimen de bombeo de 17.75 horas al día, 7 días a la semana, durante 12 meses al año. La recuperación de nivel de agua en el Pozo P-2 y en el Pozo P-1 muestra una respuesta relativamente rápida, por lo cual si es necesario, se podría instalar una bomba adicional en el pozo P-1 durante las etapas de mantenimiento en el pozo P-2.

ABSTRACT

The expansion project of Cajamarquilla zinc refinery located in the district of Lurigancho-Chosica, requires a source of water of 100 l / s to supplement the volume of process water associated with increased production. The volume of water required to meet this demand is estimated at 6.34 million m³ per year, of which 1.26 million m³ will correspond to groundwater supplies.

The results of the hydrogeological evaluation show that this aquifer in the study area, which corresponds to the area of water treatment plant at the refinery located on the right bank of the Rimac river, would be able to satisfy the water requirements of the project.

The study included the characterization of the behavior of the aquifer hydraulic performance and favorable to the projected use of groundwater by drilling a borehole and a well of reserve (P-2 and P-1) areas. In both wells pumping tests were performed with good results.

The volume of water required 1.26 million cubic meters per year, with maximum performance determined in 54 L / s for Well P-2, is covered with the pumping rate of 17.75 hours per day, 7 days a week for 12 months a year. The recovery of water level in Well P-2 and Well P-1 shows a relatively quick response, so if necessary, you could install an additional pump in well P-1 during the stages of maintenance well P-2.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El proyecto de expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla ubicado en el distrito de Lurigancho-Chosica requiere una fuente adicional de agua de 100 l/s para complementar el volumen de agua de proceso asociado con el incremento de producción. Para cubrir esta demanda de agua, se requiere la perforación de un primer pozo tubular (P-1) en una primera etapa para el aprovechamiento del agua subterránea, obra que deberá culminarse el presente año.

Asimismo, se requiere la perforación de un pozo con carácter de reserva para ser utilizado durante las etapas de mantenimiento del pozo, equipo electromecánico, y equipo de bombeo.

Volumen de Agua Solicitado

En la actualidad, la refinería de zinc de Votorantim Metais – Cajamarquilla S.A. (VM-CJM) opera a una tasa anual de aproximadamente 160,000 toneladas (160k) de producto de zinc refinado, siendo el consumo de agua industrial para esta cantidad de 2.6 millones de m³ anuales.

El proyecto actual considera la expansión de la capacidad de producción de zinc de 160K a 320,000 toneladas al año (320k) de producto de zinc refinado. Esta operación demandará una necesidad de agua de 6.34 millones de m³ anuales.

Esta demanda se cubrirá de la siguiente manera:

- 5.0 millones de m³ con licencia de captación de agua del río Rímac, actualmente aprobada.
- 1.26 millones de m³ con agua subterránea mediante pozos.
- 0.08 millones de m³ mediante recuperación de efluentes tratados, a través una planta de ósmosis inversa.

Los 5.0 millones de m³ anuales captados del río Rímac se encuentran autorizados con licencia de uso de agua expedida con Resolución Administrativa N°102-96-AG-UAD.LC/ATDR.CHRL.

De este volumen autorizado actualmente se capta solamente 4'021,000 m³ anuales por que se bombea 17 horas al día durante los 365 días del año.

Para llegar a la cantidad autorizada de 5.0 millones de m³ anuales de captación se va a operar de acuerdo a la capacidad máxima de captación de 180 l/s y se incrementarán el número de horas de bombeo de 17 horas actuales a 21.14 horas diarias durante todo el año.

Los 1.26 millones de m³ anuales de agua requeridos para completar la demanda se obtendrían mediante un pozo tubular ubicado en la planta de tratamiento de agua de Huachipa, que actualmente se encuentra terminado y probado. Pozo que ha sido perforado al amparo de la Resolución de Intendencia N° 898-2008-INRENA-IRH.

En tal sentido, el volumen de agua que se solicita con el presente expediente es de 1.26 millones de m³ anuales de agua (un millón doscientos sesenta mil metros cúbicos por año).

El presente estudio presenta la caracterización hidrogeológica del acuífero del área con el fin de servir de sustento para la perforación del pozo tubular y abstracción de un caudal de 60 l/s para satisfacer parte de los requerimientos de agua del proyecto.

Los resultados de la evaluación hidrogeológica muestran que el acuífero presente en el área del estudio, correspondiendo al área de la planta de tratamiento de agua de la refinería ubicada en la margen derecha del río Rímac, sería apto para satisfacer los requerimientos de agua del proyecto.

1.2 OBJETIVO

El objetivo del presente estudio ha consistido en examinar y evaluar las condiciones hidrogeológicas actuales del relleno aluvial cuaternario que constituye el acuífero del sector, donde se localizan el terreno de la planta de tratamiento de agua de la Refinería de zinc de Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho-Chosica. El estudio incluyó la caracterización del comportamiento y funcionamiento hidráulico del acuífero y la proyección de áreas favorables para el aprovechamiento de aguas subterráneas mediante la perforación de un pozo tubular P-1 y de un pozo de reserva P-2, que permita dar solución a la demanda de agua indispensable y fundamental para la expansión de la refinería.

1.3 UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio se encuentra ubicada sobre la margen derecha del río Rímac y parte baja de la Quebrada de Jicamarca. Para los fines del presente estudio, se delimito un área de 6 km² aproximadamente. La Figura 1.1 muestra el área del estudio y la ubicación de la planta de tratamiento de agua de la Refinería de Cajamarquilla.

Políticamente, el área pertenece al distrito de Lurigancho-Chosica, provincia y departamento de Lima.

Administrativamente, en lo referente al uso del agua, la planta de tratamiento de agua se encuentra dentro del Distrito de Riego del Valle del río Rímac.

Las vías de acceso principales son la Carretera Central a la altura del Km. 8, y la Autopista Ramiro Priale.

1.4 REQUERIMIENTOS DE AGUA

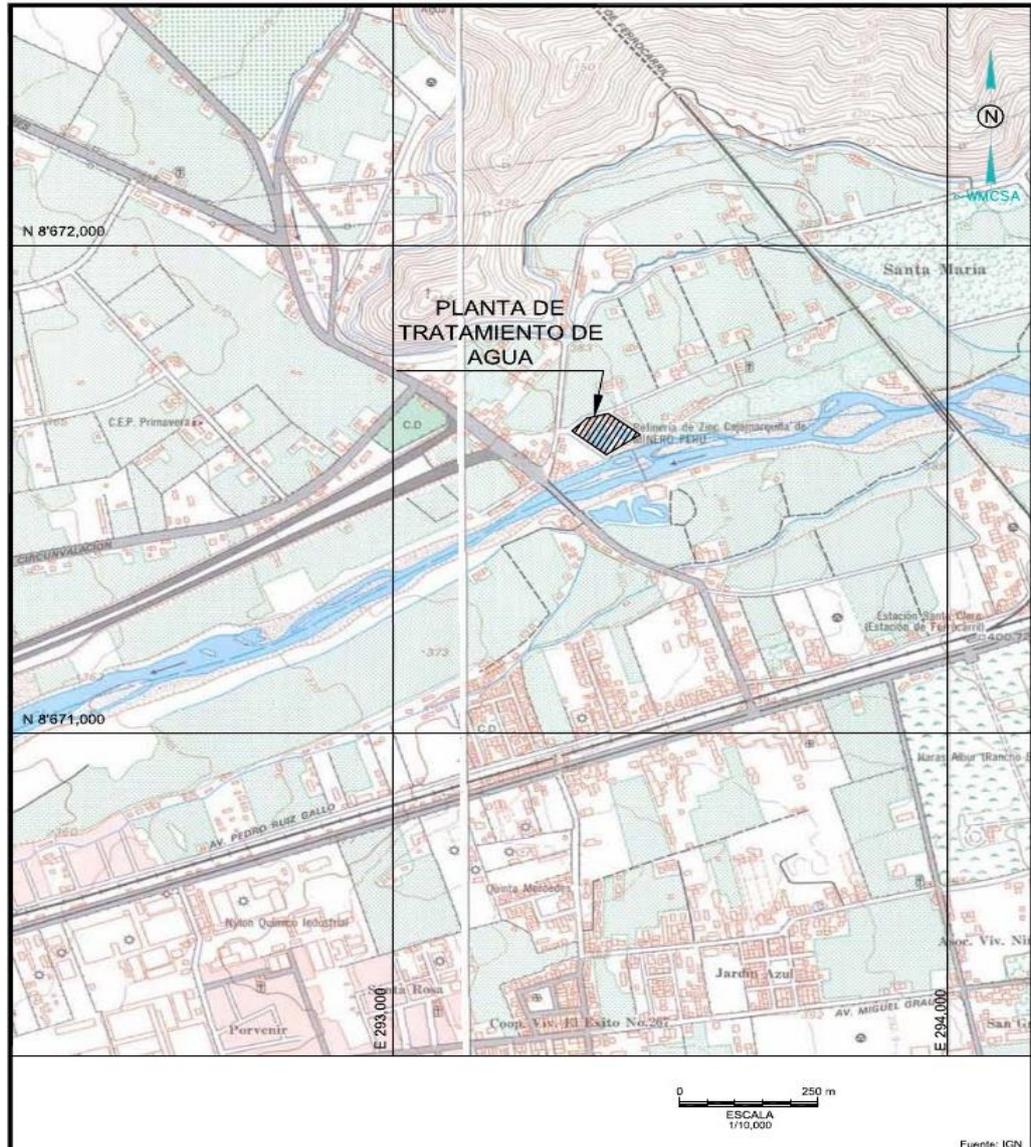
Para la expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla, se requiere en una primera etapa un volumen de 3,888 m³ para su consumo industrial diario equivalente a un caudal de 60 l/s con un régimen de bombeo de 18 horas/día, para lo cual se ha considerado la perforación de un pozo tubular.

1.5 ACTIVIDADES REALIZADAS

Los trabajos ejecutados en el área de estudio han servido para alcanzar el objetivo anteriormente definido y se integran dentro de las siguientes actividades.

- Recopilación, análisis de información existente y definición de un plan de trabajo.

- Geología aplicada.
- Actualización del inventario de fuentes de aguas subterráneas.
- Prospección geofísica con la ejecución de 7 sondajes eléctricos.
- Reconocimiento hidrogeológico que comprende la determinación de los parámetros siguientes:
 - Geología y geometría del acuífero.
 - Condiciones de alimentación del acuífero.
 - Características hidráulicas del acuífero.
 - Calidad físico-química del agua subterránea.
- Procesamiento e interpretación de la información recolectada como parte de la actividad anterior.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Redacción de informe.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA HUACHIPA

AUTOR: LEONID HARO
 REVISADO POR: O.P.
 ESCALA : 1/10,000

FECHA: MARZO DEL 2012
 FIGURA N° 1.1

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC

El río Rímac tiene sus orígenes en los deshielos del nevado Uco, a 5100 msnm, alimentándose con las precipitaciones que caen en la parte alta de su cuenca colectora y con los deshielos de los nevados que existen en la cuenca.

La cuenca del río Rímac se encuentra ubicada geográficamente entre los meridianos 77°04'36" y 76°11'05" de longitud Oeste y los paralelos 12°05'47" y 11°36'52" de latitud Sur.

Políticamente la cuenca del río Rímac se encuentra ubicada en su mayoría en el departamento de Lima y en menor proporción en el departamento de Junín; enmarcándose en las provincias de Lima, Huarochirí y Yauli, respectivamente.

Limita por el Norte con la Cuenca del río Chillón, por el Sur con la cuenca del río Lurín y Mala, por el Este con la cuenca del río Mantaro y por el Oeste con el Océano Pacífico.

La cuenca del río Rímac abarca 3503,95 km.², es de forma rectangular alargada (Noreste a Noroeste), en ella se encuentran lagunas, manantiales, ríos y quebradas que disminuyen su caudal en los meses de julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre.

La topografía del área de estudio es variada, encañonados en las márgenes de los ríos Santa Eulalia y Rímac (media y alta), que oscilan entre los 1000 a 3000 m; sin embargo por arriba de los 3500 msnm la topografía del terreno es ondulada y oscila entre 10 y 30% de pendiente.

El río Rímac presenta dos sub cuencas importantes, la del río Santa Eulalia y la del río San Mateo, al que también se le llama Rímac. La confluencia de ambos ríos se produce cerca de la localidad de Chosica.

Los ríos San Mateo y Santa Eulalia, hasta su confluencia, tienen una pendiente promedio de 4.94% y 6.33% respectivamente, en el curso inferior del río Rímac, desde la confluencia de los ríos Santa Eulalia y San Mateo, cuenta con una pendiente de 1.7%. A partir de la confluencia de dichos ríos, el valle empieza a abrirse y es en ese tramo que el río ha formado su cono de deyección sobre el cual se encuentra una importante zona agrícola y la ciudad de Lima.

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La cuenca del río Rímac se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 11°36'52" y 12°05'47" de latitud Sur y entre 76°11'05" y 77°04'36" de longitud

Oeste, ver mapa de la Figura N° 2.1.

Figura 2.1 Ubicación de la Cuenca del Río Rímac



2.2 UBICACIÓN HIDROGRÁFICA

La cuenca del río Rímac pertenece hidrográficamente a la vertiente del Pacífico; el río Rímac nace en la Cordillera Central de los Andes y recorre perpendicularmente hasta desembocar en el Océano Pacífico. El detalle se indica en la Figura N° 2.2.

La cuenca del río Rímac posee una extensión de 3503,95 km², con una longitud de 127.02 km, la parte húmeda es aproximadamente 2303,1 km² que representa el 65,7% y corresponde a la parte alta de la cuenca.

El escurrimiento natural del río se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta. En época de estiaje, durante los meses de junio a noviembre, el río Rímac baja notoriamente su caudal, de acuerdo a los registros de la estación Chosica.

La severidad de su estiaje se debe, a las características fisiográficas y de cobertura que presenta, sin embargo la presencia de nevados contribuye con sus deshielos a elevar el caudal de estiaje. Durante esta época, el valle aprovecha el agua del subsuelo mediante pozos y agua proveniente de manantiales naturales.

En su parte alta, la cuenca del río Rímac cuenta con un número considerable de lagunas, donde se regulan parcialmente y en forma natural, las aguas de precipitación. La capacidad de embalse de estas lagunas no es de consideración como para que sean utilizadas con fines de regulación del riego del valle, pero sí podrían tomarse en cuenta para proyectos de mejoramiento del riego de tierras cultivadas en la zona de sierra, en los distritos de Callahuanca, Ricardo Palma, entre otros.

Figura 2.2 Ubicación Hidrográfico de la Cuenca del Río Rímac



Las características generales del régimen de descargas del río Rímac son similares a las que presentan la mayoría de los ríos de la Costa del Perú, con descargas irregulares, torrentoso y marcadas diferencias entre sus parámetros extremos. La probabilidad de que se presente un valor mínimo de 5.00 m³/s, corresponde a un porcentaje de 76% y de presentarse en el conjunto de valores mínimos, con una probabilidad del 24%.

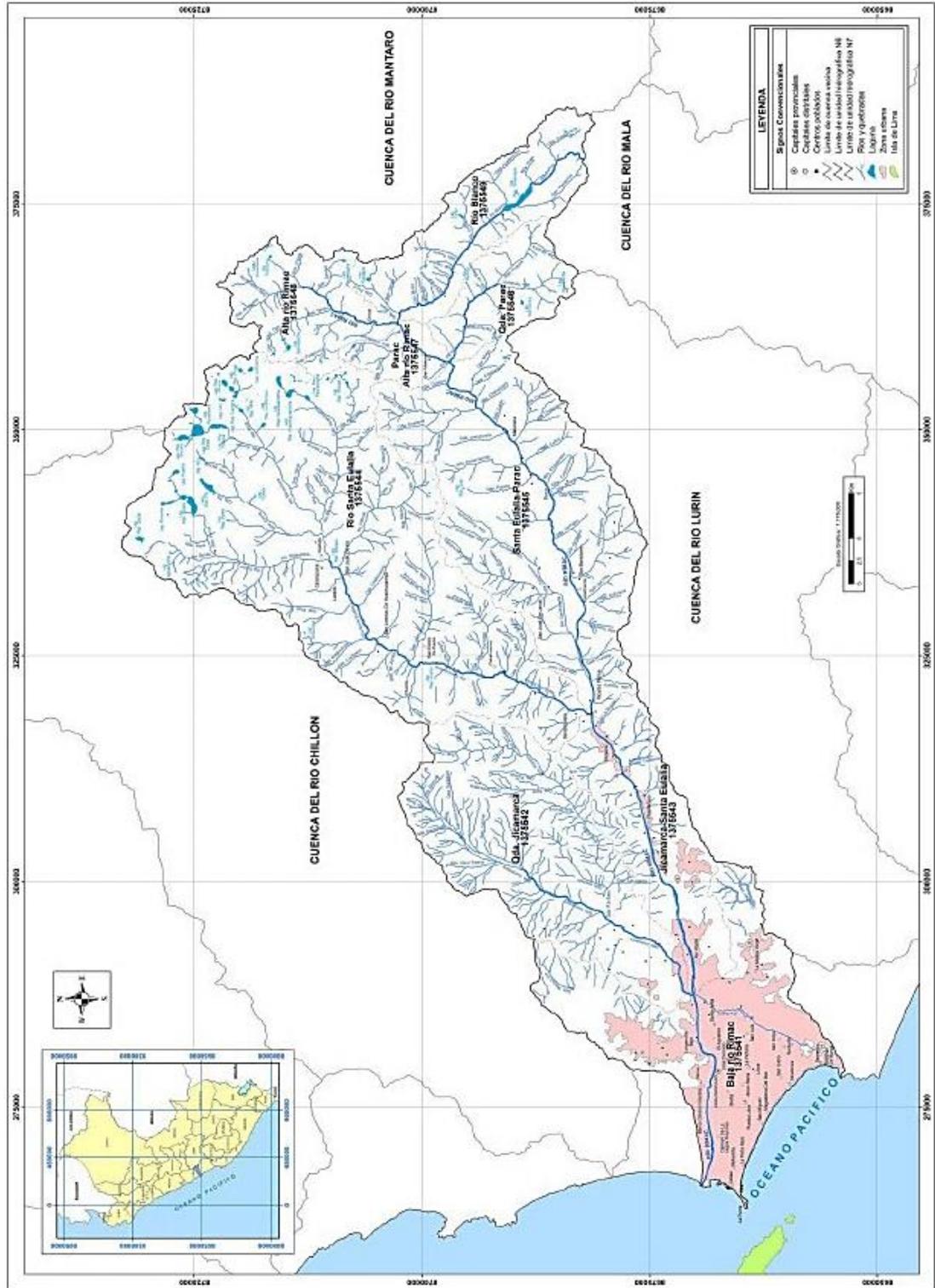
2.3 GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RIO RÍMAC

La cuenca del río Rímac se ubica en la vertiente occidental de los Andes, desembocando en el Océano Pacífico. La parte alta de la Cordillera Central constituye la divisoria continental de las aguas. Geológicamente la cuenca está constituida por sedimentos marinos y continentales, los cuales fueron modificados en primer lugar por efecto del emplazamiento del batolito de la Costa y en segundo lugar por procesos orogénicos y epirogénicos que generaron fuerzas tectónicas, dando como resultado el levantamiento de los Andes y la existencia de grandes estructuras geológicas como fallas, pliegues y sobre escurrimientos. En la Figura N° 2.3 se muestra el mapa geológico.

Las cadenas de montañas resultantes fueron fuertemente erosionadas antes que se depositaran las llamadas “capas rojas” (formación Casapalca), los conglomerados terciarios, las lavas y piro clastos terciario-cuaternarios, cuyas superficies niveladas fueron nuevamente deformadas, originando un segundo sistema de montañas que forman parte del paisaje actual.

Cronológicamente, en lo que actualmente es la cuenca del río Rímac, la secuencia estratigráfica indica que las rocas más antiguas corresponden al Jurásico superior (ver columna de sistema en la Tabla N° 2.1), representadas por la formación Arahuay

Figura 2.4 Mapa Hidrográfico de la Cuenca del Río Rímac



que aflora en la parte central de la cuenca. Más adelante a fines del Valanginiano (Cretáceo inferior), se produce una transgresión marina, originando depósitos de lutitas y calizas de la formación Pamplona, sobre las cuales se depositaron sedimentos calcáreos de la formación Atocongo en la parte inferior de la cuenca (faja costera).

A lo largo de la costa actual, ocurrió una fuerte actividad volcánica que dio origen a la formación Casma; seguidamente vino una transgresión a finales del Cretáceo inferior, depositándose sedimentos calcáreos de las formaciones Chimú, Chulec y Pariatambo que se exponen en la parte alta de la cuenca. Durante el Cretáceo superior, ocurrió nuevamente una emersión y plegamiento moderado de las rocas mesozoicas, dando origen a las llamadas “capas rojas” Casapalca que ocupan la parte alta de la cuenca, luego una nueva actividad volcánica durante el Terciario inferior, depositó potentes paquetes de lavas que se intercalan con sedimentos continentales y cubren la parte media y alta del área, constituyendo los grupos Rímac, Colqui y las formaciones Carlos Francisco y Río Blanco.

Posteriormente, sobrevino un nuevo ciclo volcánico-sedimentario originando primero el volcánico Millotingo y luego la formación Huarochirí. Durante el Terciario superior deviene la sub-fase Tardíquichuana a la que se asocia el volcánico Pacococha, terminando así el ciclo deformativo andino, desarrollándose una etapa de orogénesis que formó la superficie Puna, la que durante el pleistoceno fue levantada hasta más de 4,000 msnm finalmente durante el Plio-pleistoceno, se intensifica la erosión fluvial y glaciaria, profundizando los valles y dando origen a sedimentos modernos del Cuaternario; éstos se distribuyen en diferentes sectores de la cuenca, conformando depósitos aluviales, coluviales, glaciares y fluvio glaciares. De ese modo, las rocas intrusivas y volcánicas, se distribuyen ampliamente en la

parte baja, media y alta de la cuenca, estando conformadas por granitos, granodioritas, tonalitas, dioritas y monzonitas principalmente y unidades menores de andesitas, dacitas y riocacitas. Las rocas plutónicas se encuentran intruyendo a rocas más antiguas, estando directamente relacionadas con la tectónica y estratigrafía de la región.

Estructuralmente, la cuenca muestra tres zonas bien diferenciadas. Una zona imbricada en la parte media y alta de la cuenca, mostrando fallas y pliegues de carácter regional y local que se orientan de NO a SE y se caracteriza por la existencia de pliegues apretados y fallas inversas como resultado de una fuerte tectónica compresiva (fase Incaica) que ha deformado las rocas con variada intensidad. Una segunda zona en la parte media de la cuenca, relativamente menos deformada que la anterior, cubierta ampliamente por rocas intrusivas y volcánicas, donde las relaciones estructurales se manifiestan a través del contacto de los plutones sobre los derrames volcánicos. Una tercera zona en la parte baja sobre la cordillera de la costa, donde se evidencia un intenso fracturamiento transversal a la orientación andina, con fallas y fracturas de rumbo E-O y NE-SO, donde sobresalen estructuras importantes como el anticlinal de Lima y la gran falla regional que se inicia en la quebrada Canto Grande. Asimismo, el río Rímac describe un alineamiento de menor resistencia, en las diferentes unidades que atraviesa, mostrando control estructural en diversos sectores, cortado por fallas regionales de rumbo NO-SE, como se aprecia en las partes altas de Casapalca, alrededor del puente Infiernillo, Tambo de Viso y eje de la quebrada Canta, cerca de Matucana.

La cuenca del río Rímac, no cuenta con información detallada de intensidades sobre sismos destructores; sin embargo, la historia sísmica de la zona, muestra registros de sismos de gran magnitud que han afectado mayormente la ciudad de Lima y

poblaciones cercanas con características catastróficas, algunos de los cuales han alcanzado intensidades de VII a X de la escala modificada de Mercalli, dejando como resultado muertes y daños materiales de consideración. Las características morfológicas de la cuenca, dominadas por laderas con fuertes pendientes, afloramientos líticos fuertemente intemperizados y procesos morfo dinámicos activos, hace suponer que esta actividad puede ocasionar modificaciones en el ambiente a partir de derrumbes, deslizamientos, embalses e inundaciones.

2.3.1 Características litológicas

En la zona de estudio afloran rocas de diferente composición cuyas edades varían desde el Jurásico hasta el Cuaternario reciente, clasificándose como sedimentarias, intrusivas, volcánicas y metamórficas, sobresaliendo por su extensión las volcánicas e intrusivas (Tabla N° 2.1).

Las rocas más antiguas se localizan en la parte central de la cuenca, representadas por la formación Arahuay compuesta por sedimentos volcánicos de andesitas combinados con areniscas, limolitas y calizas. Las rocas volcánicas del Terciario, se caracterizan por la presencia de tufos, derrames, aglomerados, material piro clástico (cenizas, tobas y lapilli), andesitas y basaltos. Las rocas metamórficas se exponen en diversos sectores en forma de cuarcitas, pizarras, esquistos, filitas y mármoles.

Los depósitos cuaternarios sueltos están ubicados en zonas cercanas a su lugar de origen. Los materiales aluviales se ubican en el fondo de valles y en el eje de quebradas con esorrentía superficial. Los depósitos coluviales, en laderas empinadas y torrentes estacionales de carácter gravitacional y los depósitos glaciares y fluvio-glaciares en las altiplanicies y al pie de los nevados, formando morrenas de diferentes niveles y valles glaciares de corto recorrido.

El ataque de los agentes externos facilitado por las condiciones litológicas como la microfisuración, la irregularidad de las intrusiones o de los planos de cruce de la estructura mineral, la macrofisuración originada por el esfuerzo tectogénico y la esquistosidad han producido suficientes mantos de derrubios de diferentes granulometría y morfoscopía adheridos con relativa estabilidad en las laderas de fuerte pendiente.

En la parte media y alta de la cuenca, se distribuyen ampliamente los volcánicos del terciario, presentando dos niveles. Uno inferior donde predomina la facies andesítica compuesta de lavas, brechas y tobas y otro superior con facies riolítica compuestas de arenas y grava volcánica como esquistos arcillosos. En estos ambientes afloran también considerables paquetes de rocas sedimentarias, representadas por grandes bancos de calizas, lutitas, arcillas y conglomerados.

En la parte media y baja de la cuenca se aprecian diversas unidades de rocas plutónicas, compuestas por granitos, granodioritas, dioritas y tonalitas, con intrusiones menores de aplitas y pegmatitas del Cretáceo-Terciario. En esta zona, formando terrazas fluviales de poca altura en el fondo de los valles, se distribuyen mayormente los depósitos aluviales recientes, constituidos por grandes bloques de naturaleza intrusiva, gravas mal clasificadas, arenas y finos en condiciones inestables, los cuales son arrastrados periódicamente por las corrientes fluviales. Así mismo, los depósitos coluviales formando material de escombros clasificados en forma caótica con diferente granulometría, cubren las laderas empinadas y el fondo de quebradas con fuertes pendientes.

En la parte inferior de la cuenca y formando el abanico aluvial donde se emplaza la ciudad de Lima, se exponen ampliamente los depósitos aluviales antiguos, constituidos por horizontes bien clasificados de gravas, arenas, material fino y

fragmentos grandes de rocas arrastrados por el río Rímac en sus distintos periodos de sedimentación; resultado de estos procesos, se aprecia claramente frente al mar en los acantilados de la Costa Verde.

Depósitos aluviales

Estos depósitos son materiales que se caracterizan por ser fácilmente remosionables, y se encuentran formando terrazas fluviales y el fondo del lecho aluvial. Están constituidos por bloques, piedras y cantos redondeados, arenas y material fino pobremente clasificado, los cuales son modificados periódicamente durante la temporada de lluvias. Se ven afectados principalmente por el aumento del caudal de los ríos, que arrastra sedimentos de diferente granulometría, originando erosión de riberas y una socavación vertical del lecho. Estas características determinan un bajo nivel de estabilidad.

Depósitos coluviales

Están conformados por material de derrubios que se encuentran distribuidos en forma caótica en laderas largas con fuerte pendiente. También pueden constituir rellenos coluviales y material de huayco en quebradas empinadas de corto recorrido. Se caracterizan por estar constituidos de fragmentos angulosos y subangulosos en depósitos gravitacionales con diferente espesor. Se ven afectados por agentes de diversa naturaleza como la pendiente, la escorrentía superficial y la actividad bioantrópica, determinando un bajo nivel de estabilidad.

Rocas intrusivas mayormente ácidas: Diorita, Granodiorita, Tonalita

Rocas plutónicas bastante competentes en condiciones frescas. En la parte baja de la cuenca se encuentran formando laderas empinadas con escarpas verticales. Su índice

climático de meteorización (ICM) para esta zona es de 38.7 lo cual indica un moderado intemperismo físico hacia bloques, gravas y arenas. En la parte media de la cuenca, el ICM (8.8) muestra una desintegración predominante, con posible inicio de una alteración química, según el porcentaje de minerales secundarios. Estas características determinan un moderado grado de estabilidad.

Rocas volcánico-sedimentarias disgregables: Formación Yangas

Sedimentos volcánicos asociados a lodo litas y margas de poca dureza. Se encuentran formando cumbres de cerros de poca altura en la parte baja de la cuenca. Son afectados mayormente por las lluvias que pueden saturar los niveles superficiales, originando suelos arcillosos superficiales, y provocando la disolución del material calcáreo, lo cual determina un bajo nivel de estabilidad.

Rocas intrusivas mayormente básicas: Grabo diorita

Se encuentran formando laderas cortas con fuertes pendientes y cimas de cerros sub-redondeados. Su característica principal es contener abundantes ferro-magnesianos, los cuales son fácilmente alterables. Esta litología se encuentra principalmente en la parte baja de la cuenca, donde el ICM es de 50.4, lo cual constituye el medio propicio para una desintegración física de la roca hacia gravas y arenas. Presentan un moderado a bajo nivel de estabilidad.

Rocas volcánicas del Terciario: Volcánicos Pacococha, Millotingo, Huarochirí y Colqui, Grupo Rímac y Formación Carlos Francisco

Estas unidades están conformadas por derrames, brechas y tobas ande siticas asociadas a areniscas y limolitas. Se encuentran formando laderas largas con diferentes pendientes y cimas sub redondeadas ocupando la parte media y alta de la

cuenca. La buena permeabilidad de estas rocas constituye un riesgo por su propiedad de absorber el agua y aumentar considerablemente su volumen. El clima actúa intensamente sobre las tobas, y brechas ande siticas originando depósitos eluviales sobre rocas volcánicas que se desplazan lentamente hacia las partes bajas favorecidas por las fuertes pendientes.

Rocas volcánico-sedimentarias: Formación Arahuay

Rocas volcánico-sedimentarias constituidas por andesitas, areniscas, limolitas y calizas del Jurásico. Se caracterizan por estar formando laderas empinadas de corta longitud en la parte baja de la cuenca, entre los 1,600 y 2,900 msnm, donde los agentes erosivos las afectan parcialmente originando procesos geodinámicos de carácter local. Tienen un moderado nivel de estabilidad.

Rocas sedimentarias: formaciones Jumasha, Pariatambo, Bellavista, Río Blanco, Casapalca, Chulec, Santa-Carhuaz y Chimú

Esta unidades se caracterizan por la presencia de bancos de cuarcitas, conglomerados y gruesos horizontes de calizas algo marmolizadas, las cuales afloran formando laderas largas y empinadas. Estas formaciones se presentan en la parte alta de la cuenca, donde el ICM es de 4, 2.3 y 3.5 para Bellavista, Casapalca y Ticlio, respectivamente. Estos valores muestran ambientes capaces de promover una alteración química diferencial en función del porcentaje de minerales secundarios.

El intemperismo sobre calcáreos da lugar a procesos de hundimientos y deslizamientos en forma local, dando un moderado a bajo nivel de estabilidad.

Depósitos glaciares y fluvio-glaciares

Son depósitos inconsolidados conformados por materiales acarreados por el hielo,

barro con arenas y arcillas que engloban cantos de tamaño heterogéneo. Se encuentran formando morrenas laterales y frontales con pendientes moderadas a lo largo de los valles glaciares sobre los 4,200 msnm. Las morrenas laterales forman lomas alargadas al costado de los valles, mientras que las morrenas frontales, ocupan la parte central, formando lomas algo onduladas. La composición litológica y las condiciones topográficas determinan un moderado nivel de estabilidad.

Tabla 2.1 Columna Estratigráfica de la Cuenca del Río Rímac

Era	Sistema	Serie	Unidad estratigráfica	Litología	Descripción
C E N O Z O I C O	Cuaternario	Reciente	Depósitos Coluviales		Gravas y bloques subangulosos en matriz fina como material de escombros.
			Depósitos Aluviales recientes		Gravas, arenas y cantos formando terrazas inestables.
		Pleistoceno	Depósitos Aluviales antiguos		Gravas, arenas y cantos, formando terrazas estables.
			Depósitos Glaciares		Morrenas antiguas y recientes de diferente composición.
			Depósitos Fluvioglaciares		Materiales sueltos acarreados por los hielos en las altas vertientes.
	Terciario	Superior	Volc. Pacococha		Derrames andesíticos y basaltos con finos y brechas.
			Volc. Huarochiri		Tobas rio liticas con areniscas y limo litas.
			Volc. Millotingo		Derrames andesíticos con areniscas y limo litas.
		Medio	Form. Bellavista y Río Blanco		Calizas margosas con lutitas y limolitas.
			Form. Carlos Francisco		Tobas y andesitas intemperizadas con areniscas y limolitas.
		Inferior	Grupo Rímac		Andesitas con brechas y tobas, areniscas y limolitas
			Volc. Colquí		Derrames andesíticos con algo de areniscas y limolitas.
M E S O Z O I C O	Cretáceo	Superior	Form. Casapalca		Conglomerados y cuarcitas, con gravas y areniscas algo calcáreas.
			Form. Jumasha		Calizas y margas.
		Medio	Volc. Quilmaná		Derrames andesíticos con lavas y piroclásticos.
			Grupo Casma		Andesitas, dacitas y lavas con algo de areniscas y calizas.
		Inferior	Form. Chulec		Calizas y margas.
			Form. Santa Carhuaz		Calizas y lutitas con areniscas.
			Form. Chimu		Areniscas cuarcosas
			Form. Pariatambo		Calizas y margas.
			Form. Atocongo		Calizas silicificadas
			Form. Yangas		Lavas andesíticas con lodo litas y margas.
	Jurásico	Superior	Form. Arahuay		Volcánico sedimentario con andesitas, areniscas, limolitas y calizas.

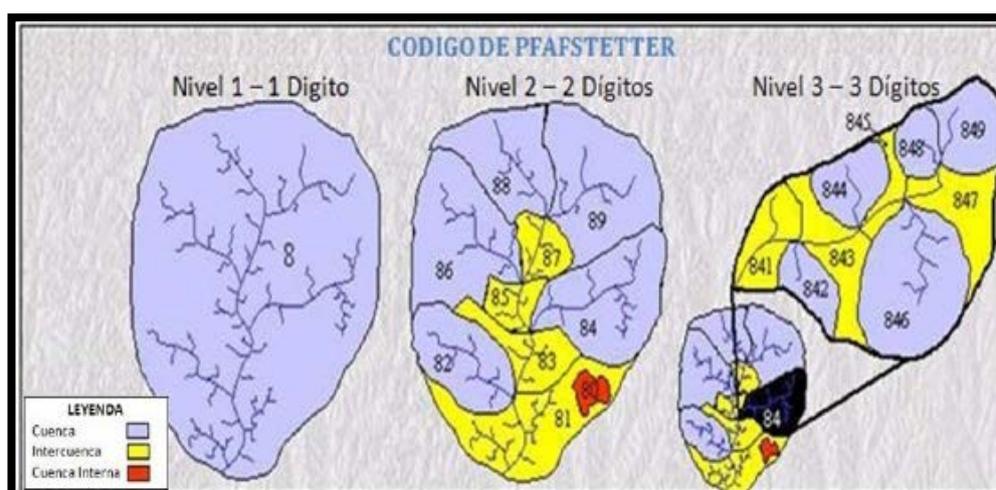
Fuente: INGEMMET

2.4 DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RIO RÍMAC- MÉTODO PFAFSTETTER

El Sistema de Codificación Pfafstetter fue desarrollado por Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Kristine Verdin y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional. Es una metodología para asignar Identificadores (Ids) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno.

La delimitación según el método de Otto Pfafstetter, consiste en utilizar la topología de la superficie del terreno y los puntos de confluencia de los ríos para definir una cuenca, intercuenca y cuenca interna. En la Figura N° 2.5 se visualiza la distribución espacial de una cuenca en el que no recibe drenaje de ninguna otra área, mientras la intercuenca recibe drenaje de otras unidades, aguas arriba, y finalmente la cuenca interna no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje (océano o lago).

Figura N° 2.5 Secuencia de la delimitación de cuencas según Pfafstetter



El proceso de codificación es jerárquico, pues al dividir la cuenca hidrográfica, cualquiera que sea su tamaño, se determina los cuatro mayores afluentes del río principal en términos de área de sus cuencas hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumerados con los dígitos pares (2, 4, 6 y 8), desde la desembocadura hacia la naciente del río principal.

Los otros tributarios del río principal son agrupados en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que reciben, en el mismo sentido, los dígitos impares (1, 3, 5, 7 y 9). Y la cuenca interna se les asigna el código "0", incorporándose a las cuencas o intercuenas aledañas.

De acuerdo a la aplicación de la metodología según Pfafstetter, para el caso de Sudamérica (Figura N° 2.6), inicia desde el nivel 1, nivel 2, nivel 3 (ríos principales) y así sucesivamente a niveles superiores. Este proceso aplicativo sirve de base para delimitar y codificar las cuencas hidrográficas del Perú, con la cartografía digital de las cartas nacionales a escala 1:100,000.

Según la delimitación y codificación Pfafstetter de unidades hidrográficas del Perú, la cuenca del río Rímac corresponde al nivel 6 (137554).

Con fines de gestión de la cuenca del río Rímac se ha subdividido en 9 unidades hidrográficas de nivel 7 (1375541, 1375542, 1375543, 1375544, 1375545, 1375546, 1375547, 1375548 y 1375549).

Esta delimitación se realizó con la finalidad de indicar con más detalle la representación en mapas a las fuentes de agua existentes en las unidades hidrográficas.

Figura 2.6 Delimitación y codificación de cuencas en Sudamérica según Pfafstetter

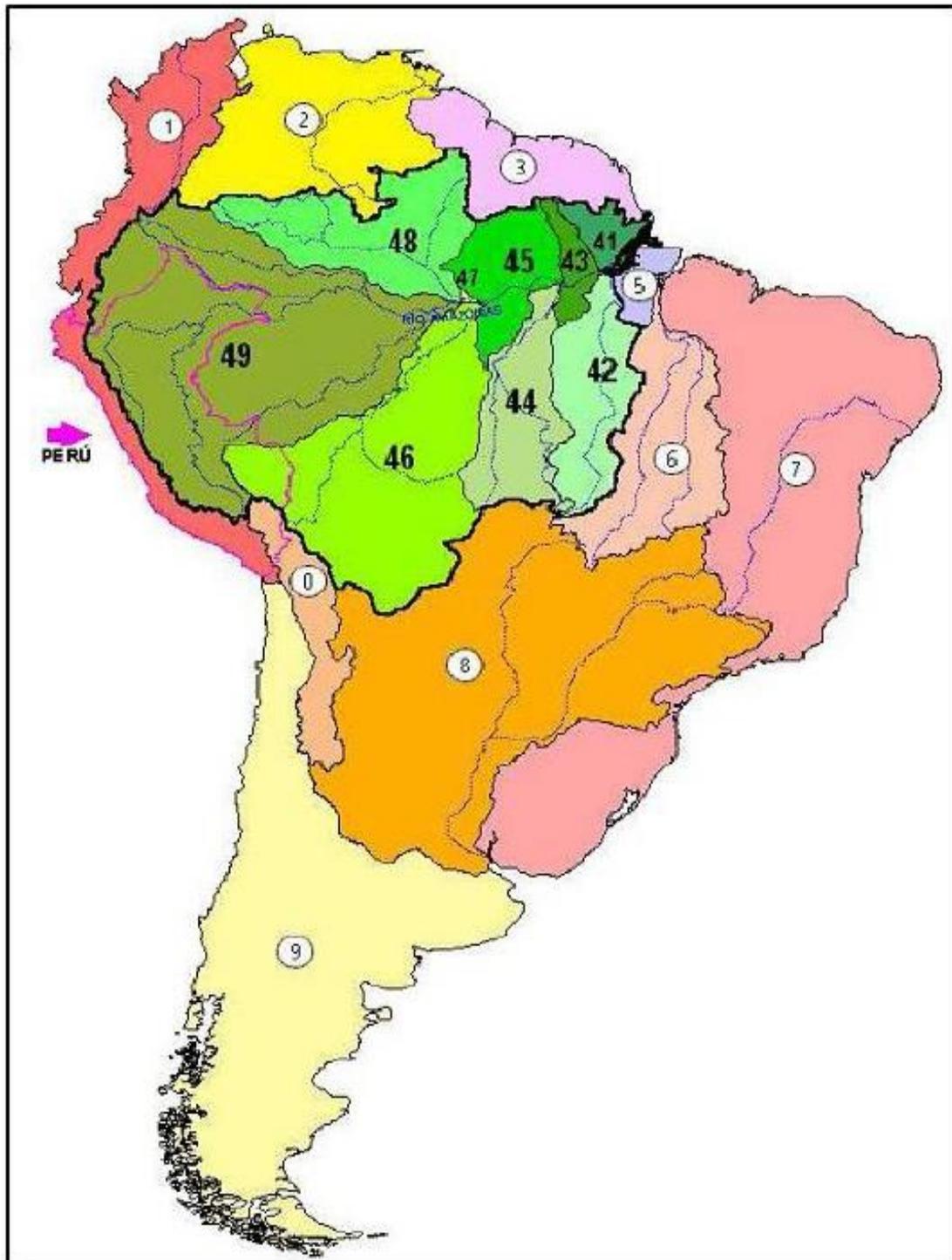
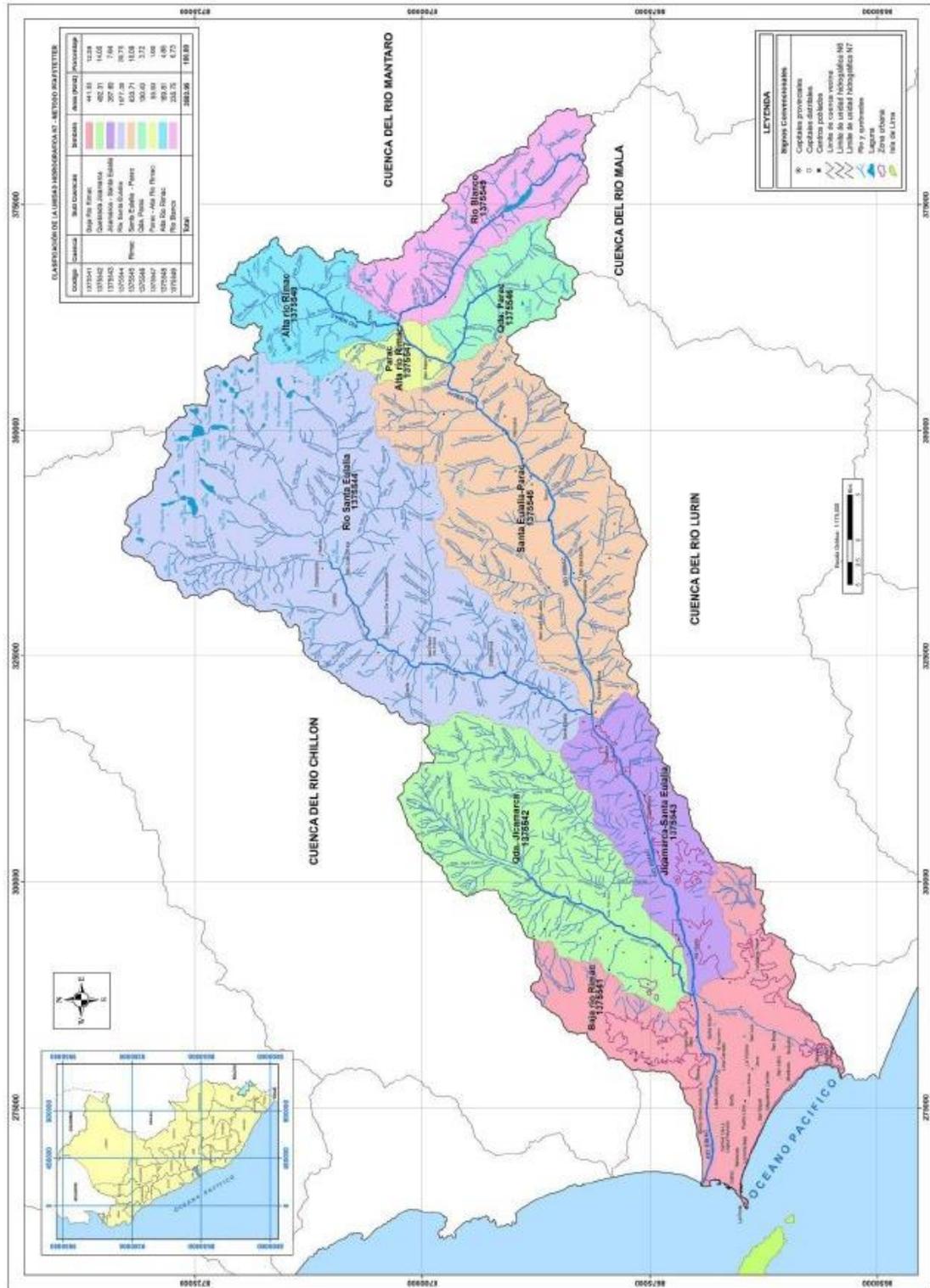


Figura 2.7 Mapa de delimitación hidrográfica método Pfafstetter – Nivel 7



La delimitación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Rímac se indica en la Figura N° 2.7 y en la Tabla N° 2.2

Tabla 2.2 Unidades Hidrográficas en la Cuenca del Río Rímac

Unidad hidrográfica (nivel 6)	Unidad hidrográfica (nivel 7)	Código Pfafstetter	Superficie	
			(km ²)	(%)
Rímac	Bajo río Rímac	1375541	441.03	12.59
	Quebrada Jicamarca	1375542	492.31	14.05
	Jicamarca-Santa Eulalia	1375543	267.6	7.64
	Río Santa Eulalia	1375544	1077.38	30.75
	Santa Eulalia-Párac	1375545	633.71	18.09
	Quebrada Párac	1375546	130.43	3.72
	Párac-Alto río Rímac	1375547	55.93	1.60
	Alto río Rímac	1375548	169.81	4.85
	Río Blanco	1375549	235.75	6.73
Total			3503.95	100.00

FUENTE: Inventario de fuentes de aguas superficiales en la cuenca del Río Rímac.

2.5 ESQUEMA FLUVIAL DE LA CUENCA

Se ha elaborado el diagrama fluvial del río Rímac, en el cual se muestra algunas características de ríos y quebradas importantes de la cuenca del río Rímac.

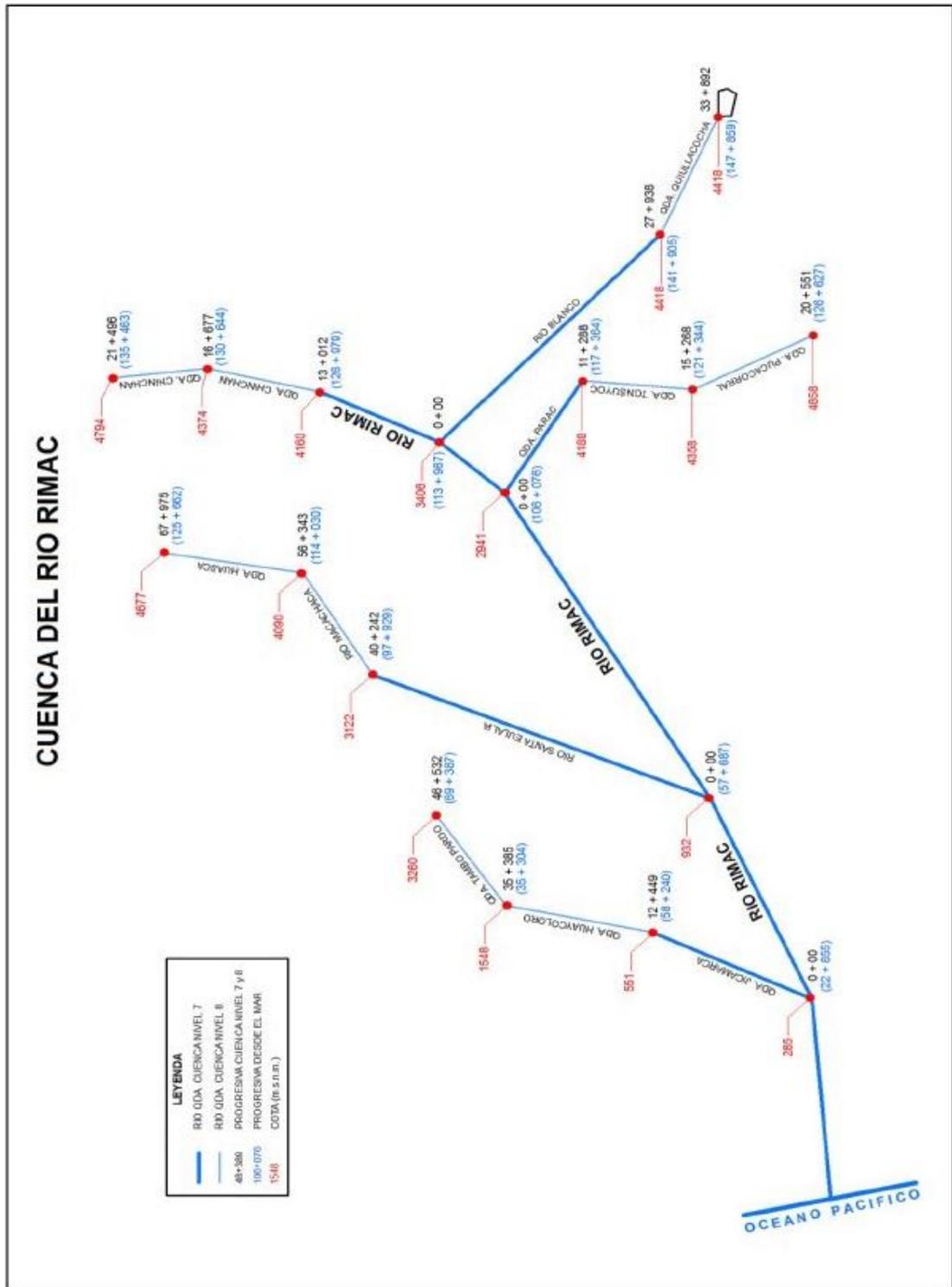
En la Figura N° 2.9 se presenta el diagrama fluvial de la cuenca del río Rímac.

2.6 SISTEMA HIDROGRÁFICO

En el Perú existe tres vertientes hidrográficas, la vertiente u hoya del lago Titicaca, las vertientes del Amazonas y Océano Pacífico, definidas estas últimas por la cordillera de los Andes (divisoria continental de las aguas). La cuenca del río Rímac se ubica en la vertiente del Océano Pacífico.

La cuenca del río Rímac con una área de 3,503.95 km² es la primera en importancia ya que provee de agua para consumo humano a la mayor parte de la población de la

Figura 2.9 Esquema fluvial de la cuenca del río Rímac



provincia de Lima y Callao con una población urbana actual de 6'488,221 habitantes, compuesta por la población de 17 distritos de la provincia de Huarochirí (56,011 habitantes), 05 distritos de la provincia Constitucional del Callao (598,982 habitantes) y 29 distritos de la provincia de Lima (5'833,228 habitantes) y además porque provee de agua para riego, energía, industria y otros usos.

2.7 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las principales fuentes de alimentación del acuífero en la zona de Lima Metropolitana son las filtraciones que se producen a través del lecho de los ríos Rímac y Chillón, las subcorrientes subterráneas producto de las infiltraciones en las partes altas de la cordillera, así como de los canales y áreas agrícolas que aún se encuentran bajo riego.

Dada la reducción progresiva de las áreas bajo riego por el cambio de uso de agrícola a urbano, estas áreas de recarga han venido disminuyendo paulatinamente. Sin embargo, los caudales autorizados para riego de estas áreas, en los últimos años, no han sido modificados para tener en cuenta la reducción del área agrícola. El comportamiento del acuífero ha venido siendo observado y en alguna medida controlado por SEDAPAL desde hace más de 20 años por medio de una red de pozos y equipo de observación.

La capacidad instalada en pozos es del orden de 13 m³/s. La explotación de las aguas subterráneas en las cuencas del Rímac y Chillón alcanzó 12.4 m³/s en 1997; el resultado de la explotación de 378 pozos y la galería filtrante por parte de SEDAPAL (8.4 m³/s) y de unos 1200 pozos de terceros (industria, comercio, municipios, particulares y agricultores). En el 2001, esta explotación se había reducido a unos 9 m³/s, debido principalmente a la reducción en la extracción de los pozos operados por SEDAPAL (5.7 m³/s).

Explotación de la Napa y su situación crítica

SEDAPAL explotaba en 1955 un caudal promedio de 0.50 m³/s, encontrándose por entonces el nivel de la napa en el acuífero a escasa profundidad desde la superficie del suelo. La explotación fue creciendo hasta 12.4 m³/s en 1997 habiendo llegado a la sobreexplotación, porque una situación equilibrada de explotación no debe de pasar de 6.00 m³/s.

Tabla 2.3 Balance de Aguas Subterráneas

Entradas	Caudal m³/s
Flujos afluentes de entrada	2.52
Flujos afluentes laterales	0.04
Infiltración del río	1.01
Infiltración por riego	1.34
Fugas de la red	4.80
Total	9.71

2.8 REALIMENTACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO RÍMAC

En los últimos años se han realizado estudios de evaluación del acuífero del Río Rímac y las medidas correctoras necesarias para evitar su sobreexplotación. En este punto tomamos como referencia un estudio realizado por *J. Tovar y J. Quintana en el 2002*.

Históricamente la demanda de agua para el abastecimiento de la ciudad de Lima ha ido en crecimiento y debido a la escasa disponibilidad de agua superficial, la extracción de las aguas subterráneas del acuífero de Lima se ha incrementado progresivamente desde menos de 1 m³/s en 1955 hasta 12,4 m³/s en 1997. De este caudal, 9 m³/s correspondieron a los pozos administrados por el Servicio de Agua

Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) y el resto a los pozos de propiedad de empresas industriales y de particulares.

La intensiva explotación de este recurso así como la desaparición progresiva de las fuentes de recarga, ocasionada principalmente por el cambio de uso de las tierras de agrícola a urbana, han propiciado el desequilibrio del nivel freático, evidenciado por el constante descenso del nivel freático y el deterioro de la calidad de las aguas en los sectores más críticos.

Para contrarrestar el problema de sobreexplotación, se ha tenido en consideración que el máximo caudal explotable del acuífero de Lima es de 8 m³/s y el rendimiento seguro de 6 m³/s, determinados mediante modelos de simulación matemática.

Las acciones que se han emprendido para contrarrestar la sobreexplotación del acuífero fueron: uso racional de las aguas, a través de la micro medición, uso conjuntivo de aguas superficiales y aguas subterráneas, recarga artificial inducida e incorporación de nuevas fuentes de agua superficial. Como resultado de las acciones señaladas, la extracción de las aguas subterráneas ha disminuido de 12,4 m³/s en 1997 a 9 m³/s en el 2001, presentándose en consecuencia recuperaciones importantes del nivel del acuífero entre 1 y 15 m. En escasos sectores la tendencia al descenso aún continúa pero con una gradiente más suave.

2.8.1 Uso Conjuntivo

El uso conjuntivo de aguas superficiales y subterráneas permite la paralización temporal de la extracción de aguas subterráneas en los sectores donde se cuenta con suficiente disponibilidad de agua superficial, principalmente en el período de avenidas (Enero a Marzo). Para ello se están ampliando convenientemente las redes de distribución primaria y secundaria, especialmente en los sectores críticos, hasta

donde debe llegar el agua proveniente de la planta de tratamiento La Atarjea. Las principales obras desarrolladas en las tuberías de distribución primaria de 1997 a 2001, se muestran en la Tabla E. 1.

Tabla 2.4 Obras desarrolladas en la red de distribución.

OBRAS	LONGITUD DE TUBERÍAS (m)
Uso Conjuntivo en San Miguel	12.121
Los Olivos, Tubería de Refuerzo	3.698
Matriz, Los Olivos	15.869
Sectorización Los Olivos	5.000
Zárate Canto Grande	6.100
Av. Tomás Valle	5.288
Conducción Callao	7.787
Uso Conjuntivo Callao	11.000
TOTAL	66.863

Actualmente se cuenta con sistemas de uso conjuntivo en los esquemas de San Miguel, Surco, San Borja, Los Olivos y La Molina, en donde ya se han paralizado 123 pozos, lo que representa un ahorro en la explotación del agua subterránea de 3 m³/s.

En la Fig. 2.10 se muestran los efectos causados por los esquemas de uso conjuntivo de aguas superficiales y subterráneas en el esquema San Miguel, en donde se ha obtenido una rápida recuperación del nivel freático en los últimos años después de la paralización de algunos pozos tubulares (SEDAPAL, 2002).

Además de esta recuperación del nivel, también se obtuvo un ahorro en el costo de operación y mantenimiento de los pozos.

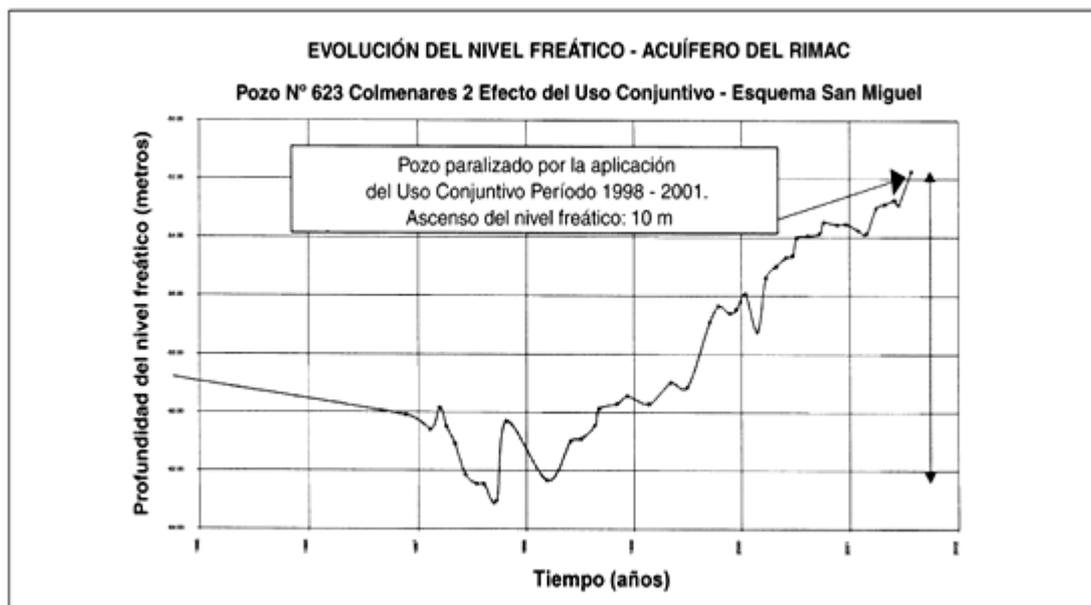


Figura N° 2.10 Uso conjuntivo, esquema San Miguel.

2.8.2 Recarga artificial inducida

La recarga artificial inducida consiste en provocar un gradiente hidráulico entre los niveles del agua superficial y del agua subterránea. Este gradiente permite incrementar la velocidad de alimentación del acuífero desde el lecho del río, lo cual se logra a través del bombeo de pozos de extracción-recarga situados en las proximidades del lecho del río Rímac. Teniendo en cuenta el estado de desequilibrio del acuífero y la existencia de excedentes en las descargas del río Rímac, cuyo volumen, de hasta 400 millones de metros cúbicos (MMC) al año, se pierde en el mar durante los períodos de avenidas, se ha considerado necesario el aprovechamiento del agua perdida a través del proyecto de recarga artificial inducida.

El proyecto comprendió la adecuación del lecho del río entre La Atarjea y Huampaní para mejorar las condiciones de infiltración en un tramo de 22 km. También comprendió la construcción y equipamiento de pozos tubulares con el doble objetivo

de extraer el agua subterránea para su aprovechamiento y el de crear las condiciones necesarias (vaciado parcial del acuífero y creación del suficiente gradiente hidráulico entre el río y el acuífero) para garantizar la inmediata realimentación del acuífero, sin afectar las reservas existentes.

Los estudios realizados al respecto determinaron que en el tramo de Huampaní - La Atarjea se pueden aprovechar unos 5 m³/s o 155 MMC de agua al año. La ejecución de este proyecto hasta Agosto del 2001, incluye la adecuación de 6 km del lecho del Río Rímac, aguas arriba de la Atarjea.

La infraestructura correspondiente, está constituida por lo siguiente:

- 60 pantallas transversales en el lecho del río, constituidos por muros enterrados de hormigón ciclópeo de 1,20 m de ancho, 3,00 a 3,50 m de profundidad y 150 a 200 m de longitud, con distanciamiento de 100 m entre ellos.
- 30 pozos tubulares de extracción y recarga de 80 a 150 m de profundidad (18 en la margen derecha, dispuestos en una sola línea y 12 en la margen izquierda, dispuestos en dos líneas de 6 pozos cada una). La capacidad instalada total es de de 1,6 m³/s.
- 19 piezómetros de 50 a 80 m de profundidad distribuidos convenientemente en el área del proyecto. Algunos piezómetros representativos cuentan con limnógrafos electrónicos.

Para el análisis del comportamiento del acuífero, se ha designado el piezómetro 1 como el más representativo (ver la Fig. 2.11). En este piezómetro se aprecian los efectos de la recarga artificial inducida, evidenciado por la tendencia a la recuperación de los niveles a partir de Septiembre de 1998. En el hidrograma de este piezómetro también se observa que para el año 1998 el nivel más profundo

alcanzado fue de 16 m, en 1999 fue de 12,5 m y para el año 2000 fue de 8,5 m. Hasta Agosto del 2001 la máxima profundidad alcanzada fue de 6,6 m, mostrando de esta manera que en los 5 últimos años el nivel se ha recuperado más de 9,4 m.



Figura N° 2.11 Resultados de la Recarga Artificial Inducida

2.8.3 Traspase de Aguas hacia la Cuenca del Río Rímac

SEDAPAL viene realizando diferentes programas de trasvase de aguas hacia la cuenca del Río Rímac, para poder cubrir la demanda actual de agua en la ciudad de Lima. En este contexto pasamos a describir algunos proyectos que tienen como referencia los programas Marca II y Marca III.

PROGRAMA MARCA III

Programa realizado y en desarrollo que contempla un trasvase de de aguas de la cuenca alta del Río Mantaro a la cuenca del Río Rímac.

Proyecto Huascacocha:

La nueva represa Huascacocha es un megaproyecto que se ejecuta a 4.800 metros sobre el nivel del mar, entre Junín y Cerro de Pasco, y consiste en la construcción de una presa de 15 metros de altura, para incrementar la capacidad de almacenamiento en 48,6 millones m³ al año, proporcionando un caudal de entrega de 2,6 m³/s en el sistema de Marca III, para su posterior trasvase al río Rímac durante los meses de estiaje (mayo a noviembre).

Asimismo, se construyen 22.5 kilómetros de canales de conducción, 5.41 kilómetros de sifones (tuberías) y dos kilómetros de túneles.

Dicha infraestructura permitirá trasvasar las aguas de la laguna Huascacocha, perteneciente a la cuenca del río Mantaro (vertiente del Atlántico), hacia el río Rímac (vertiente del Pacífico), con el fin de aumentar su caudal en 2,61 metros cúbicos por segundo, en época de estiaje.

La presa tiene una longitud de coronación de 450 metros, y tiene programado su culminación a fines de mayo del 2012.

Las obras de trasvase alimentarán y aumentarán el caudal del río Rímac, cuyas aguas serán tratadas en la nueva Planta de Tratamiento de Agua Huachipa, actualmente en etapa de pruebas, y se distribuirán a través del Ramal Norte (línea de tuberías de 27 kilómetros de longitud, incluyendo dos túneles de cinco kilómetros cada uno).

De esta manera se mejorará el abastecimiento a más de dos millones 400 mil habitantes de los distritos de Lurigancho, San Juan de Lurigancho, Comas, Carabaylo, Los Olivos, Puente Piedra, San Martín de Porres, y Callao.

PROGRAMA MARCA II

Este programa contempla proyectos en estudio para realizar el trasvase de aguas de la cuenca del Rio Yauli hacia la cuenca del Rio Rímac.

Proyecto Trasvase Pomacocha-Rio Blanco:

Este proyecto contempla la construcción de la Presa Pomacocha con una capacidad de 72 MM3 de agua y la construcción de la Presa Huallacocha Bajo con una capacidad de 18 MM3 de agua.

Así mismo la realización de 31.78Km de obras de conducción en la margen izquierda de la cuenca, 10.66 Km de obras de conducción en la margen derecha de la cuenca y la construcción del obras 10Tunel trasandino Pomacocha-Rio Blanco de 10 Km. Se incrementará la capacidad de almacenamiento de 282 a 374 millones de m³, para entregar mayores caudales (5 m³/s aprox.) a las Plantas Huachipa y La Atarjea.

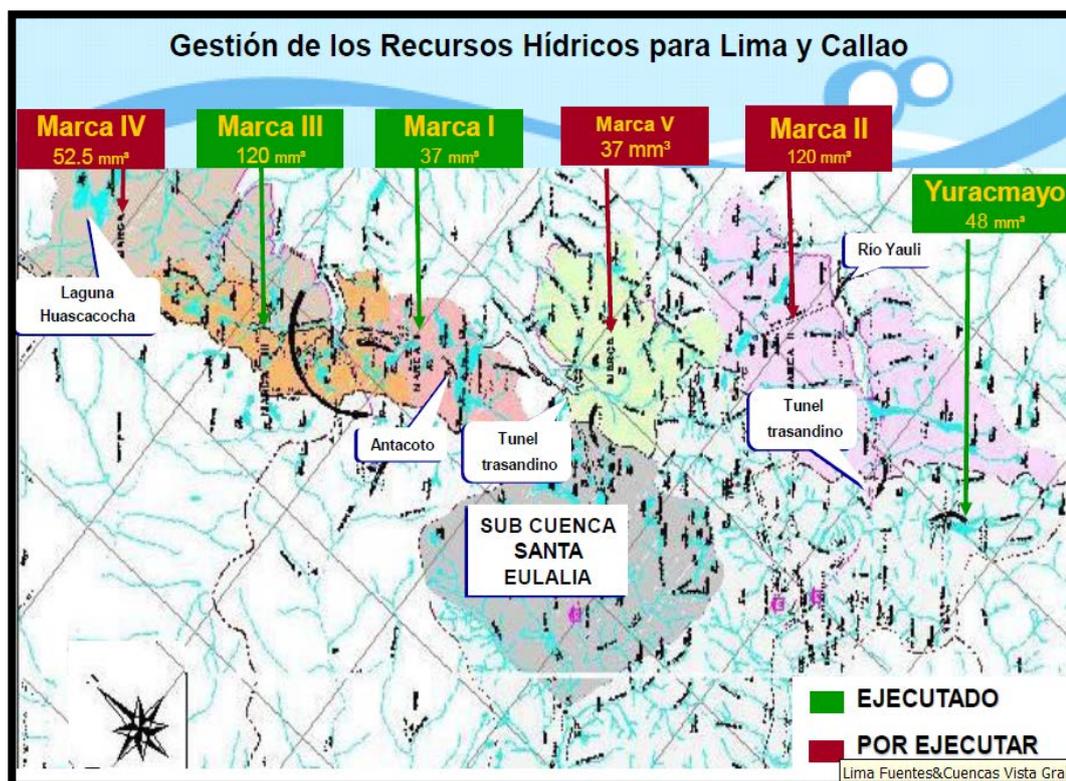


Figura N° 2.12 SEDAPAL-Gestión de Recursos Hídricos para Lima y Callao

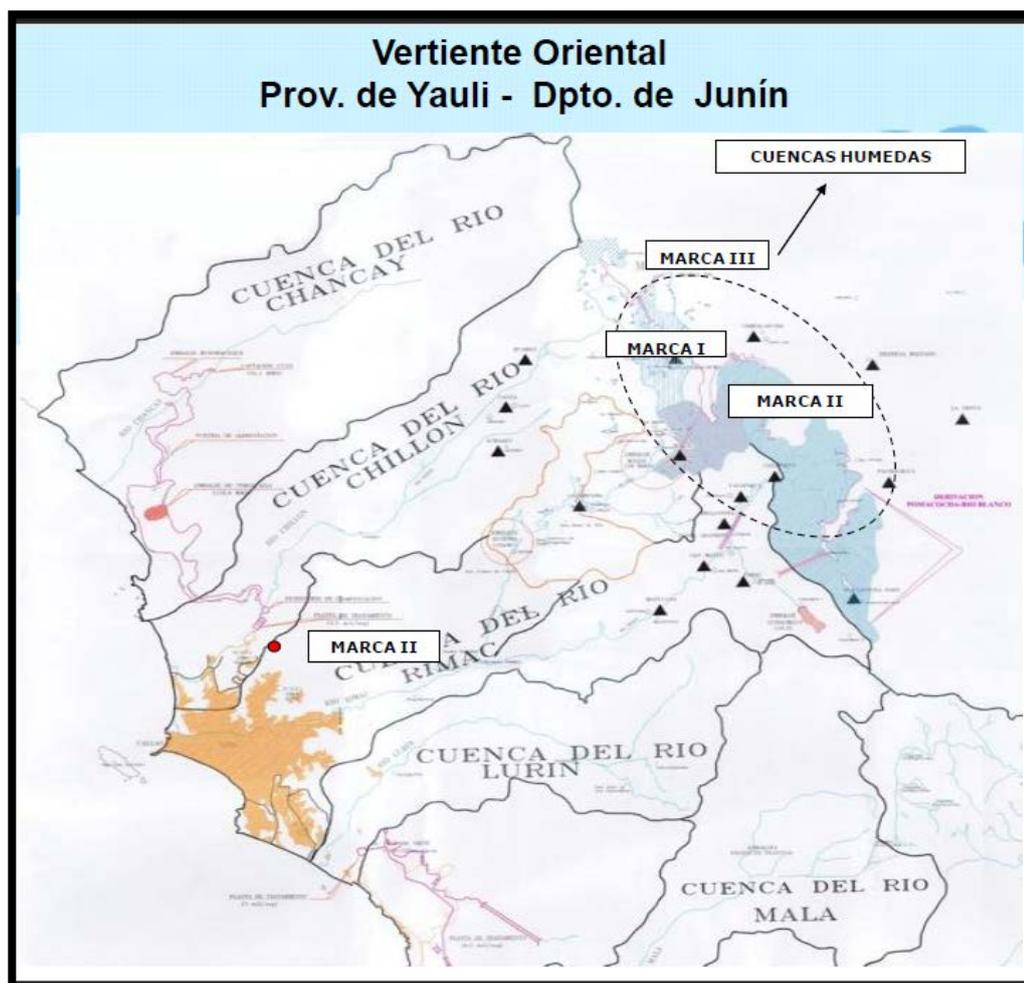


Figura N° 2.13 Ubicación de los Programas de Trasvase hacia la Cuenca del Rio Rímac.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 CUADRO GEOGRÁFICO

El área de estudio está ubicada en el vértice del cono aluvial del valle y sobre la margen derecha del río Rímac y pertenece políticamente al distrito de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, comprendiendo una superficie de 6 km².

La zona estudiada comprende instalaciones industriales tales como la instalación industrial de Textil Perú Pacífico, Kimberly Clark Perú S.R.L., Fabrica de Vidrio Templado, y otras, habilitaciones urbanas, tales como las lotizaciones El Club y Huachipa y las urbanizaciones la Capitana y Nieveria, Cooperativa de Vivienda El Éxito, así como áreas agrícolas correspondientes entre otros al Fundo Pedreros y Santa María.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

En la zona de estudio, los rasgos geomorfológicos se encuentran relacionados al factor climático existente en épocas pasadas y cambios geológicos asociados.

- Terrazas escalonadas que desaparecen cerca de Vitarte.

Variación de la dirección del cauce del río Rímac que ha originado la superposición de los conos de Miraflores y Aeropuerto del Callao.

En la intersección de la Carretera Central y Ramiro Priale con dirección al sector de Huachipa, se observa un sistema de terrazas en ambas márgenes del valle. Dichas terrazas están formadas por material fluvio-aluvional representados principalmente por cantos rodados, arena y limo. En las partes más bajas, están recubiertas por una delgada capa limo-arcillosa llamada 'tierra de algodón'.

También, se puede apreciar en la desembocadura de la Quebrada de Jicamarca, en el sector de Huachipa, una acumulación de material de relleno aluvional de características diferentes, con predominancia de elementos finos que se mezclan con los materiales provenientes del río Rímac aguas abajo.

3.3 CUADRO GEOLÓGICO

El reconocimiento geológico ha permitido establecer que la zona de investigación está representada por:

- Rocas intrusivas del tipo granítico, aflorando en las partes elevadas y determinando los límites impermeables y basamento del acuífero del sector, y
- Sedimentos no consolidados de origen fluvio-aluvial cuaternario que conforman las zonas planas, cuyos sedimentos constituyen el acuífero.

3.3.1 Rocas intrusivas

En el área estudiada, sobre la margen derecha del río Rímac y tramo inferior de la Quebrada Jicamarca, afloran diferentes tipos de rocas intrusivas que varían en composición de gabbro a granito y constituyen parte de la formación Batolito de la

Costa. Estas rocas intrusivas se han emplazado a través de rocas volcánicas andesitas de edad mesozoica, a las cuales han ocasionado metamorfismo termal. Dicho emplazamiento habría ocurrido en el Terciario inferior.

El afloramiento más extenso se halla al Norte del área cortado por la Quebrada Jicamarca, representado por el Cerro Matabuey. Otros cerros más pequeños se observan como relictos diseminados en los bordes de la masa intrusiva. Por contaminación con la tonalita, esta roca presenta, en algunos puntos, variación a diorita.

El tamaño del grano varía de fino a grueso. Las plagioclasas (bitownita y labradorita) son minerales predominantes, ocasionalmente alteradas a sericita y arcilla. Otros componentes esenciales son la augita y olivino que presentan alteraciones a anfíboles e indigita, respectivamente. Estos minerales están ausentes en los gabros de grano grueso.

3.3.2 Depósitos cuaternarios

El río Rímac durante el cuaternario ha sido el principal agente que ha transportado y depositado materiales. Asimismo, se presentan materiales provenientes de la Quebrada de Jicamarca que se acumulan a manera de torrentes o flujos de barro. Estos depósitos se han acumulado a manera de capas y/o lentes o mezclados, constituyendo depósitos muy heterogéneos.

Sus principales elementos son: cantos rodados pequeños y grandes, gravas gruesas y finas, arenas, limos y arcilla en menor proporción. Sin embargo, en el sector de la Quebrada de Jicamarca aumenta la cantidad de elementos finos tales como limos y arcillas.

La secuencia litológica presenta una granulometría fina y gruesa mezclada, permeable en los niveles superiores, medio e inferior. La arcilla impermeable aparece como intercalaciones delgadas en la deposición lateral hacia el Este.

Este depósito cuaternario recubre el basamento rocoso descrito anteriormente. La perforación de pozos de abstracción de aguas subterráneas en el área permite definir el espesor de este relleno fluvio-aluvial. El espesor máximo se encuentra en el área del pozo de producción de SEDAPAL 420 La Estrella, con un espesor de 145.8 m ubicado hacia la margen izquierda del río Rímac. El pozo de producción de SEDAPAL 223 Nieveria, muestra un espesor del depósito del orden de 60 m, lo cual está ubicado hacia la margen derecha del río Rímac y corresponde al pozo de producción lo más cercano al área del proyecto.

3.4 CUADRO HIDROGEOLÓGICO

El depósito cuaternario es el asiento de un acuífero con un espesor que puede alcanzar los 145 m según lo descrito anteriormente. Las aguas subterráneas fluyen a través de los sedimentos permeables no consolidados pertenecientes al cuaternario constituyendo el acuífero. La permeabilidad global se mantiene casi uniforme con la profundidad.

La dirección principal del escurrimiento subterráneo se efectúa del NE-SW.

La recarga o alimentación del acuífero proviene de las infiltraciones de agua superficial en el cauce del río Rímac, así como en los canales de regadío y zonas de cultivo existentes.

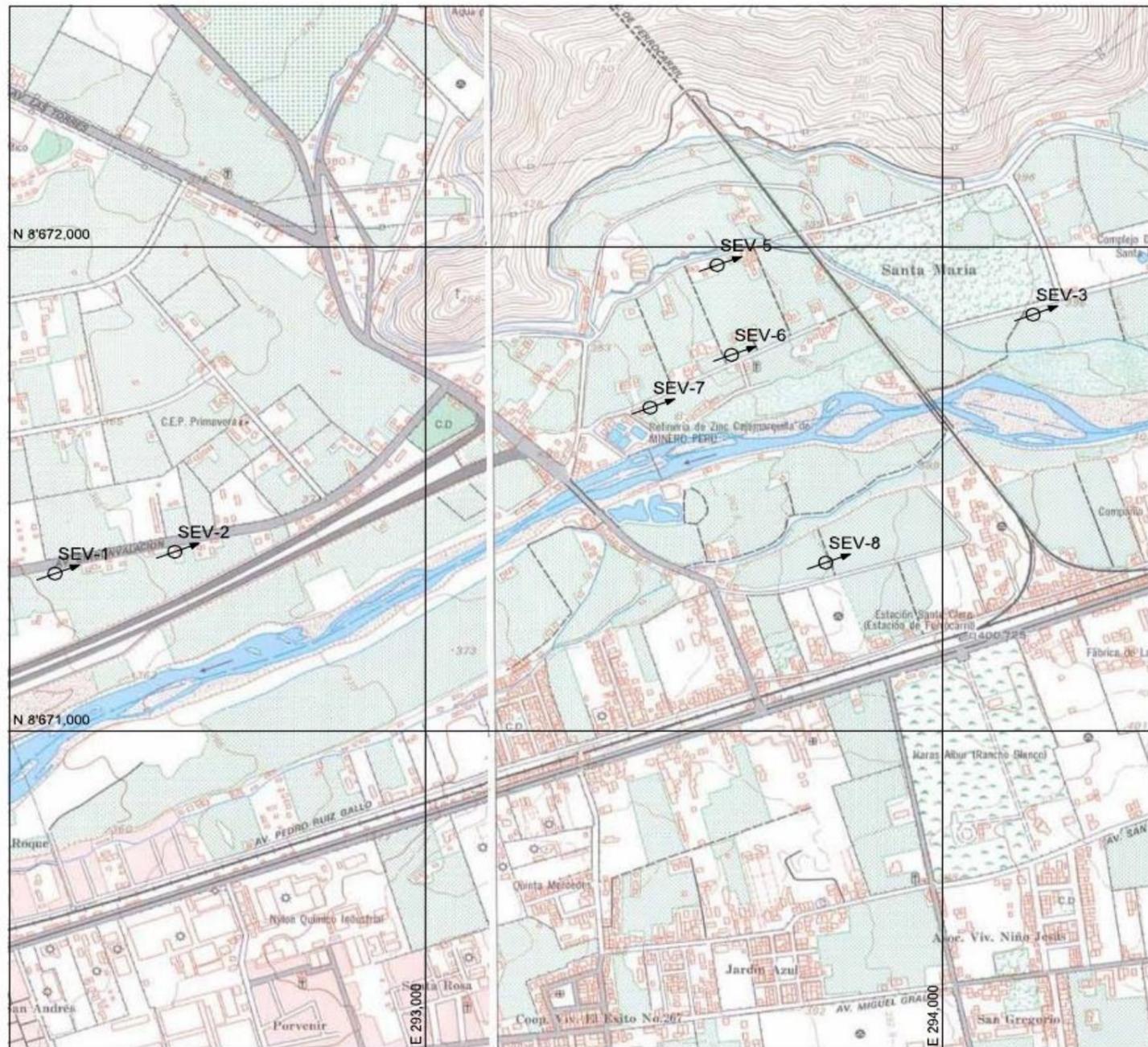
CAPÍTULO IV

PROSPECCION GEOFISICA

4.1 GENERALIDADES

Dentro del programa de investigación hidrogeológica, se incluyó los resultados de una campaña de prospección geofísica realizada en Octubre de 1996 como parte de un programa de reconocimiento hidrogeológico realizado para la Refinería de zinc de Cajamarquilla. La campaña de prospección geofísica consistió en una prospección geoelectrica a base de sondajes eléctricos verticales, aplicando el método de resistividades eléctricas.

El objetivo de esta investigación ha consistido en el desarrollo de un programa de siete sondajes eléctricos verticales (SEV) en el área de estudio a fin de definir la profundidad del basamento rocoso y la variación en profundidad de la secuencia sedimentaria, la cual controla las características hidráulicas del acuífero. La ubicación de los sondajes se encuentra en un plano a escala 1:10,000 del IGN (Figura 4.1).



LEYENDA
 SEV-1 Sondaje eléctrico vertical



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA REFINERIA DE CAJAMARQUILLA	
UBICACIÓN DE SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES	
AUTOR: LEONID HARO	FECHA: MARZO DEL 2012
REVISADO POR: O.P.	
ESCALA : 1/10,000	FIGURA N° 4.1

4.2 METODOLOGÍA

El método utilizado de resistividades eléctricas utiliza las características eléctricas de las rocas y materiales existentes en el subsuelo. La resistividad está controlada principalmente por la cantidad y calidad de las aguas subterráneas del subsuelo, por lo tanto, está vinculada con la conductividad hidráulica o permeabilidad que caracteriza el comportamiento hidráulico del acuífero.

4.3 CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

Se utilizó la configuración de electrodos tipo Schlumberger Simétrica por ser la que más se adapta para la investigación hidrogeológica en este tipo de terreno. El espaciamiento de las líneas de inyección de corriente (A-B) fueron: 6, 10, 14, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 140, 200, 300, 400, 600 y 800 m. Las separaciones de los electrodos de medición (M-N) fueron de 2, 5, 20 y 80 m.

La ausencia de ruidos eléctricos de origen telúrico e industrial ha favorecido la obtención de medidas con una buena precisión.

4.4 RESULTADOS

Luego de los trabajos de campo se procedió a los cálculos, análisis e interpretación de los datos obtenidos. Para la interpretación de los resultados de campo se utilizó un programa computarizado, así como curvas maestras del modelo de 3 y 4 capas de Orellana y Money.

El detalle de los diagramas obtenidos de los sondajes SEV se incluyen en el Anexo A. La Tabla 4.1 muestra los resultados de la interpretación cuantitativa de los sondajes incluyendo los parámetros de profundidad a la base de la capa (H , en metros), resistividad (f , en Ohm.m) y espesor de la capa (h , en metros).

Tabla 4.1 Resultados de la interpretación cuantitativa de los sondajes eléctricos realizados en el sector de Huachipa

SEV	f_1 h_1	f_2 h_2	f_3 h_3	f_4 h_4	H	Sector de ubicación
01	100 2.1	1300 20	120 132	500 -	154	La Capitana
02	340 4.4	700 24	100 135	300 -	163	La Capitana
03	250 4.0	480 37	100 105	440 -	146	Carapongo
05	70 4.0	210 15	85 70	250 -	89	Carapongo
06	500 7.5	220 25	150 40	220 -	72.5	Carapongo
07	230 0.7	46 49	350 -	-	49.7	Carapongo
08	650 4.0	95 25	350 -	-	29	Carapongo

Con el fin de interpretar la estructura de la geología del subsuelo, los valores numéricos obtenidos desde los sondajes pueden ser correlacionados con la secuencia litológica del área. Se identificaron cuatro unidades que se describen a continuación:

Horizonte superficial

Presenta espesores que varían entre 2 y 7.5 m y resistividades eléctricas hasta 650 ohm.m. Este horizonte corresponde a materiales muy heterogéneos predominando los elementos gruesos y presentan humedad debido a la presencia de zonas de cultivo y que los niveles de agua están casi en la superficie por encontrarse cerca al río.

Horizonte medio

Presenta resistividades eléctricas entre 46 y 1300 ohm.m y espesores de 15 a 49 m. Parte de este horizonte corresponde al nivel superior del acuífero. Los valores de resistividad eléctrica alta indica la presencia de materiales gruesos.

Horizonte inferior

Presenta resistividades eléctricas que varían entre 85 y 150 ohm.m y espesores entre 40 y 135 m. Este horizonte corresponde al nivel inferior del acuífero saturado y está indicando la presencia de materiales gruesos y finos de buena permeabilidad.

Basamento rocoso

El basamento rocoso en el área es resistente y correlaciona con los afloramientos reconocidos como dioritas y granodioritas, con valores de resistividad eléctrica mayores a 150 ohm.m. Se estima su profundidad entre 56 y 146 m para el área del estudio. En el caso del sector de la margen izquierda, el basamento se encuentra en el SEV-8 a una profundidad de 163 m, dependiendo de la cercanía del eje principal del valle.

4.5 SECCIONES GEOELÉCTRICAS

La información obtenida de cada uno de los diagramas de los sondajes SEV, ha permitido preparar dos secciones geoelectricas para conocer la estructura del subsuelo en el área objeto de la investigación. La interpretación de las secciones se muestra en las Figuras 4.2 y 4.3.

Sección Geoelectrica A-A'

Esta sección está compuesta por 6 sondajes SEV y tiene una orientación casi E-W, es decir longitudinal al curso actual del río Rímac.

Se aprecia que las resistividades eléctricas del acuífero saturado presentan entre 45 y 150 ohm.m, siendo los valores altos lo que indican la presencia de materiales gruesos y por lo tanto de buena permeabilidad, a excepción del sector del sondaje SEV-7, donde el valor de resistividad eléctrica decrece hasta 46 ohm.m debido a la presencia de materiales más finos posiblemente limos y arcillas.

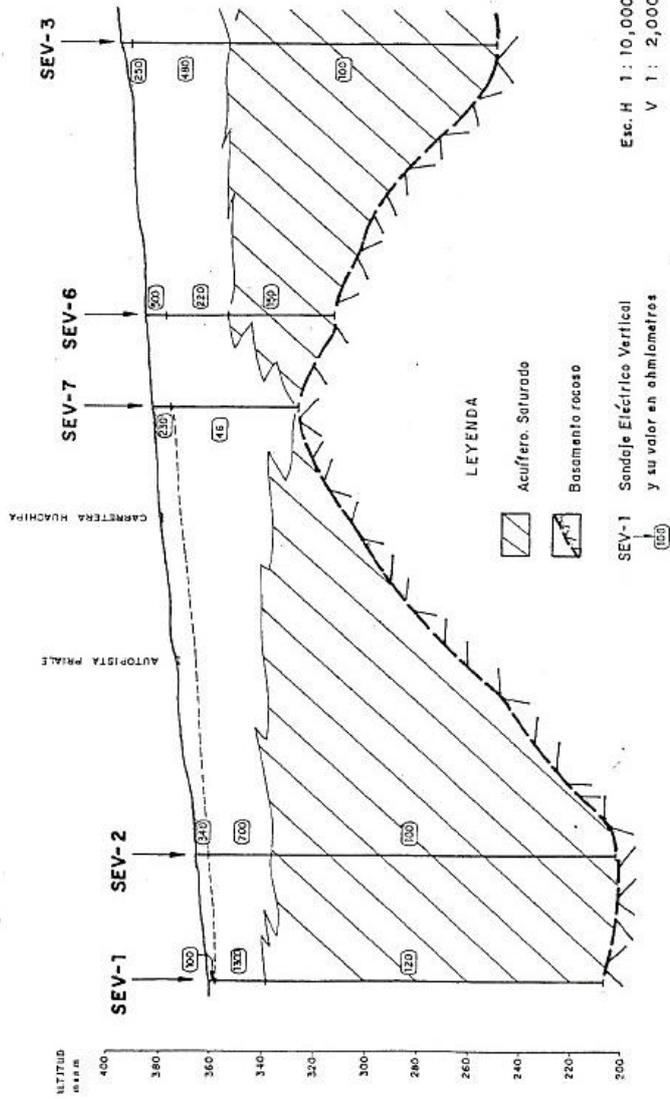
También se puede observar la presencia de un levantamiento del basamento rocoso (cerro) en el área comprendida entre el SEV-7 y SEV-6, luego la parte más profunda se halla hacia el sector de Huachipa.

Sección Geoeléctrica B-B'

Esta sección está compuesta por 3 sondajes SEV y tiene una orientación NW-SE transversal al valle.

Se puede apreciar que el basamento rocoso va bajando rápidamente desde 89 hasta 167 m, lo que indicaría que el paleo cauce del río Rímac se halla hacia el SE. Los valores de resistividades eléctricas del acuífero saturado varían entre 85 y 150 ohm.m para el nivel inferior, mientras que el nivel superior alcanza 220 ohm.m siendo las condiciones de permeabilidad buenas.

SECCION GEOELECTRICA A-A'
(SECTOR HUACHIPA)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

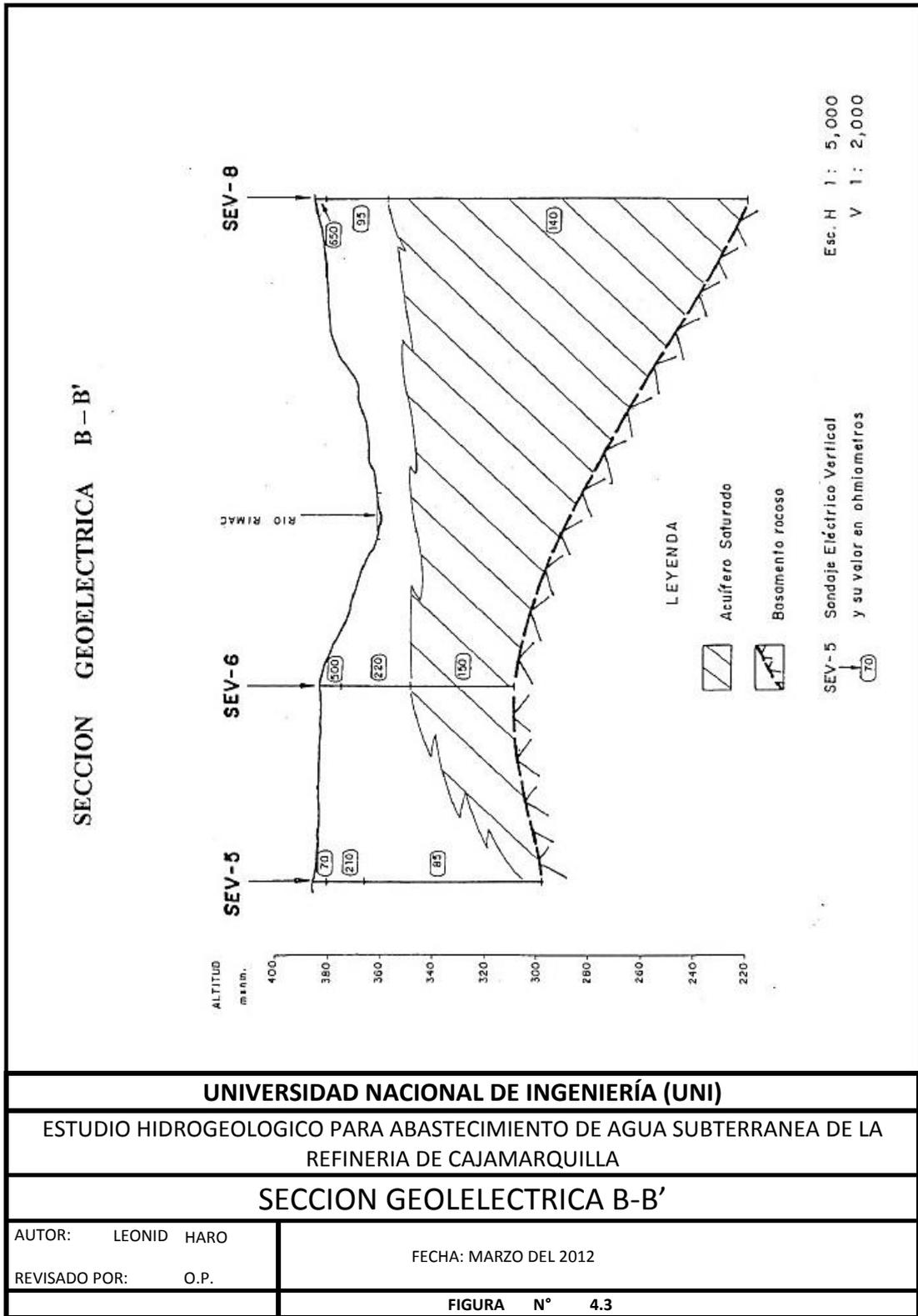
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

SECCIÓN GEOELÉCTRICA A-A'(Sector Huachipa)

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 4.2



CAPÍTULO V

INVENTARIO DE FUENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS

5.1 GENERALIDADES

Se entiende por la actividad de actualización de inventario de fuentes de aguas subterráneas, la recopilación en el terreno de toda la información técnica accesible referente a pozos, manantiales, galerías filtrantes, etc. que complementen y/o actualicen los inventarios efectuados anteriormente.

La escala de trabajo para la localización de los pozos es de 1:10,000 sobre el plano del I.G.N., y la simbología para los pozos de uso público corresponde a la numeración de SEDAPAL.

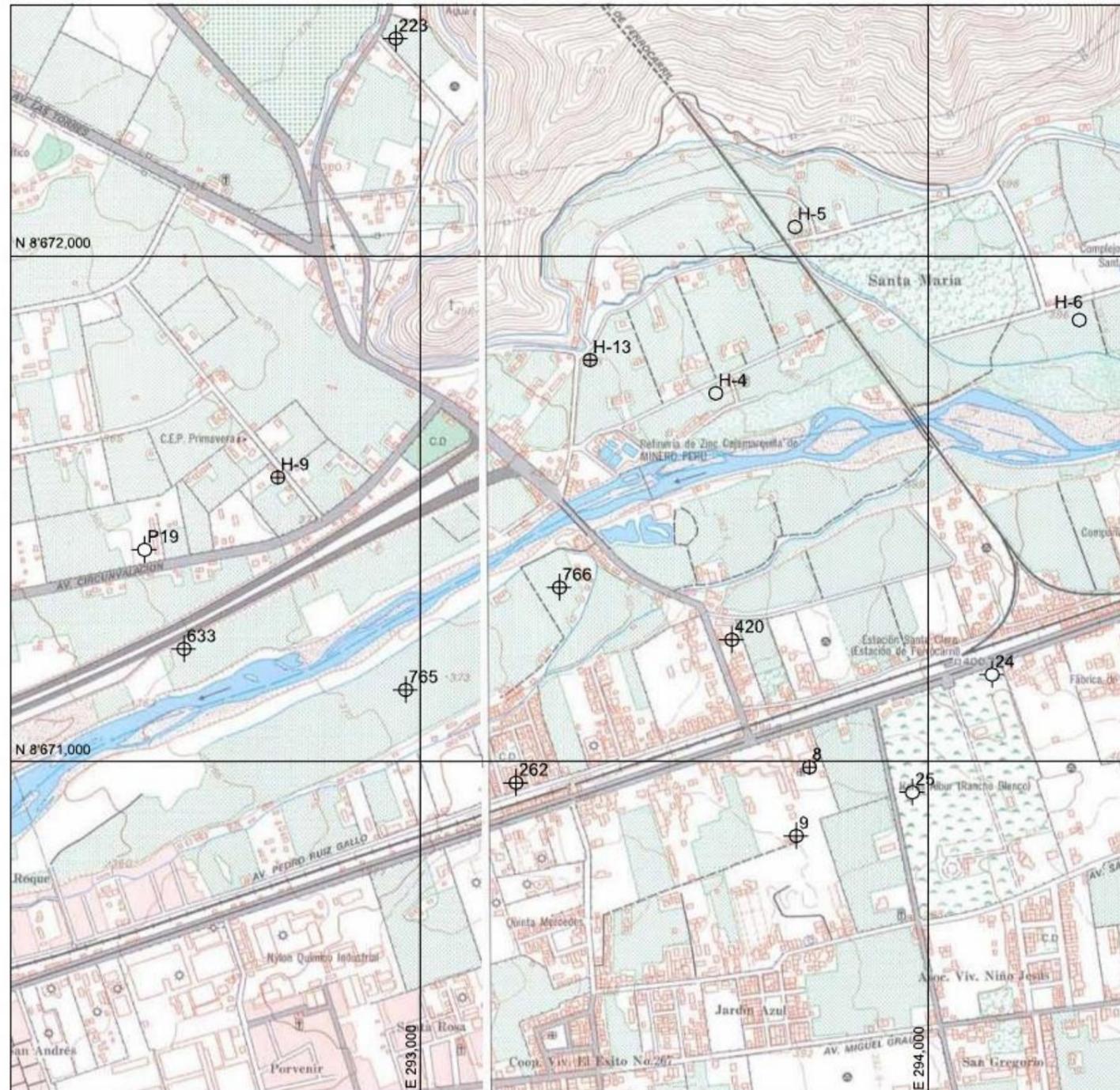
Los pozos que no cuentan con numeración oficial, son aquellos denominados de H-4 a H- 13.

El inventario ha incidido particularmente sobre los elementos principales siguientes:

- Datos económicos: Régimen de explotación, uso, estado, equipo de bombeo, etc.
- Datos hidrogeológicos: Niveles de agua, caudales, litología, transmisividad (T), coeficiente de almacenamiento (S).
- Datos físico-químicos: Análisis de muestras de agua.

5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS POZOS

El resumen de las características técnicas principales de las fuentes de aguas subterráneas se muestra en las Tablas 5.1 y 5.2, y su localización en la Figura 5.1.



LEYENDA

- ⊕⁷⁶⁵ Pozo tubular con equipo
- ⊕²⁵ Pozo tubular sin equipo
- ⊕⁸ Pozo tajo abierto con equipo
- ⊕^{H-6} Pozo tajo abierto sin equipo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA REFINERIA DE CAJAMARQUILLA	
UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	
AUTOR: LEONID HARO	FECHA: MARZO DEL 2012
REVISADO POR: O.P.	FIGURA N° 5.1

Tabla 4.1 Características técnicas de las fuentes de agua (Ate)

NOMBRE DEL POZO	No. DEL POZO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DEL POZO	PROFUNDIDAD NIVEL DEL AGUA			EQUIPO DE BOMBEO	RENDIMIENTO (l/s)	ESTADO	USO DEL AGUA	RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN (hid.d/m.m/a)	MASA ANUAL (m³)
				FECHA	PROFUNDIDAD (m)	COTA ABSOLUTA						
SEDAPAL 262 VITARTE 2	262	55.00	T	13.02.08	12.80	365.20	C/E	33	Utilizado	Doméstico	20.31.12	647,424
SEDAPAL 420 LA ESTRELLA	420	145.80	T	1.10.07	23.40	371.6	C/E	60	Reparación	Doméstico
SEDAPAL 765 C.CANDELA P4	765	120.00	T	16.01.08	26.50	350.5	C/E	23	Utilizado	Doméstico	24.31.12	685,836
SEDAPAL 766 C.CANDELA P5	766	75.60	T	31.10.06	16.73	361.27	C/E	27	Reparación	Doméstico
KIMBERLY CLARK Nº 1	24	104.00	T	17.04.08	16.30	384.70	C/E	5	Utilizado	Doméstico	1.31.12	6,696
KIMBERLY CLARK Nº 2	25	110.00	T	17.04.08	14.10	382.90	S/E	...	Reserva
CLINICA VITARTE	8	17.00	TA	30.05.95	15.82	380.08	C/E	2	Utilizado	Doméstico	4.31.12	10,480
CONAFOVISER	9	60.00	T	30.05.94	13.09	379.81	C/E	6.5	Utilizado	Doméstico	1.31.12	8,520

Tabla 5.1

Tabla 4.2 Características técnicas de las fuentes de agua (Lurigancho - Chosica)

NOMBRE DEL POZO	No. DEL POZO	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DEL POZO	PROFUNDIDAD NIVEL DEL AGUA			EQUIPO DE BOMBEO	RENDIMIENTO (l/s)	ESTADO	USO DEL AGUA	RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN (hid.d/m.m/a)	MASA ANUAL (m³)
				FECHA	PROFUNDIDAD (m)	COTA ABSOLUTA						
FORTUNATO TORIBIO	H-4	7.00	TA	17.04.08	2.99	378.01	S/E		Utilizado	Doméstico	Balde (2 fam.)	184
ARCE JANAMPA	H-5	5.00	TA	17.04.08	3.32	381.64	S/E		Utilizado	Doméstico	Balde (5 fam.)	456
JULIO GILBONIO	H-6	17.00	TA	17.04.08	2.00	394.00	S/E		Utilizado	Doméstico	Balde (1 fam.)	92
URBANO PERALTA	H-9	11.00	TA	17.04.08	10.20	360.50	C/E	1	Utilizado	Doméstico	03-30-12	3,942
FELIX PORRAS	H-13	10.00	TA	17.04.08	3.80	378.2	C/E		Utilizado	Surtidor	Cist.(20x10,000)	73,000
SED-633 PROV.ITALIANO 1	633	102.61	T	29.02.08	12.10	354.90	C/E	13	Utilizado	Doméstico	24.31.12	373,380
PIEZOMETRO SEDAPAL P-19	P-19	50.00	T	21.04.08	11.46	352.54				PIEZOMETRO		
SEDAPAL 223 NIEVERIA	223	60.00	T	31.01.08	41.80	343.20	C/E	18	Utilizado	Doméstico	16.31.12	293,904

Tabla 5.2

Se inventariaron 16 pozos ubicados políticamente en los distritos de Lurigancho-Chosica (8 pozos) y Ate (8 pozos), cuyas características se indican a continuación:

- 10 pozos son del tipo tubular y 6 pozos son del tipo tajo abierto.
- Las profundidades de los pozos tubulares en el sector del distrito de Ate varían entre 60 y 145.8 m y en el distrito de Lurigancho, hacia el sector donde se proyectan los pozos, varía entre 60 y 102.61 m.
- La profundidad del nivel del agua varía entre 2 a 41.8 m y hacia el área donde se proyectan los pozos, el nivel de agua varía entre 2 y 3.8 m.
- El uso principal del agua obtenida de los pozos tubulares explotados corresponden a fines domésticos.
- El 80% de los pozos tubulares se encuentran equipados, y emplean bombas del tipo turbina vertical accionados por motores eléctricos y electrobombas sumergibles, con diámetro de tubería de succión que varía entre 4" y 8".
- El caudal de explotación de los pozos tubulares dentro del área de estudio varían entre 18 y 60 l/s.
- El régimen de explotación de los pozos de uso doméstico oscilan entre 16 y 24 horas/día.
- La gran mayoría de los pozos para fines industriales tienen equipos de arranque automático.
- De los 10 pozos inventariados, 8 pozos se encuentran utilizados, 1 pozo se encuentra con carácter de reserva, y 1 pozo sirve de control piezométrico.

- El volumen anual de explotación de aguas subterráneas estimado para el área de estudio es del orden de 744,960 m³.

CAPÍTULO VI

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E HIDRODINÁMICAS DEL ACUÍFERO

6.1 GEOLOGÍA DEL ACUÍFERO

El relleno cuaternario de origen fluvio-aluvial del Valle inferior del río Rímac se extiende a través de toda el área de estudio, constituyendo el acuífero.

La evaluación del perfil litológico de la perforación del Pozo SEDAPAL 223 Nievería (Figura 6.1) cercano al área del proyecto permite establecer que el acuífero está constituido litológicamente por una intercalación y mezcla de sedimentos no consolidados con proporciones diversas de elementos constituyentes como cantos rodados, gravas, arenas y arcillas.

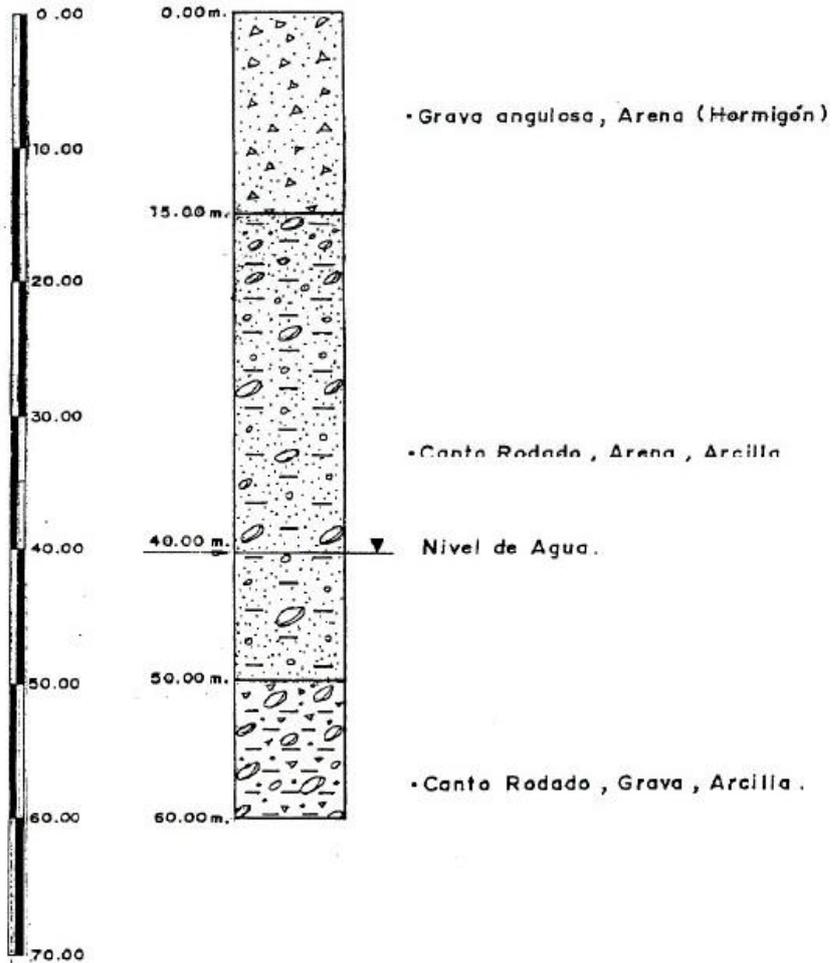
Se observa en el horizonte superior y medio, intercalaciones con predominancia de elementos gruesos y finos permeables mezclados con poca arcilla. Hacia la base del acuífero, estos elementos gruesos y finos permeables se mezclan con arcilla en mayor proporción.

Este paquete aluvial se halla rellenando y cubriendo la paleogeomorfología de la roca basamento constituido por rocas intrusivas granitos y granodioritas del

ESCALA

PERFIL

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

PERFIL LITOLÓGICO POZO SEDAPAL N°223 NIEVERIA

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 6.1

Terciario inferior, y que representan los límites laterales Norte y el piso del acuífero en el área del proyecto.

Se puede establecer que el acuífero del área de estudio presenta desde el punto de vista hidráulico las condiciones de acuífero libre, y está constituido en una gran proporción por materiales permeables.

6.2 CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN E INTERCAMBIO

Para estudiar las características del escurrimiento subterráneo, se ha establecido una carta piezométrica a partir de las medidas de los niveles de aguas subterráneas efectuadas en Febrero-Abril del 2008.

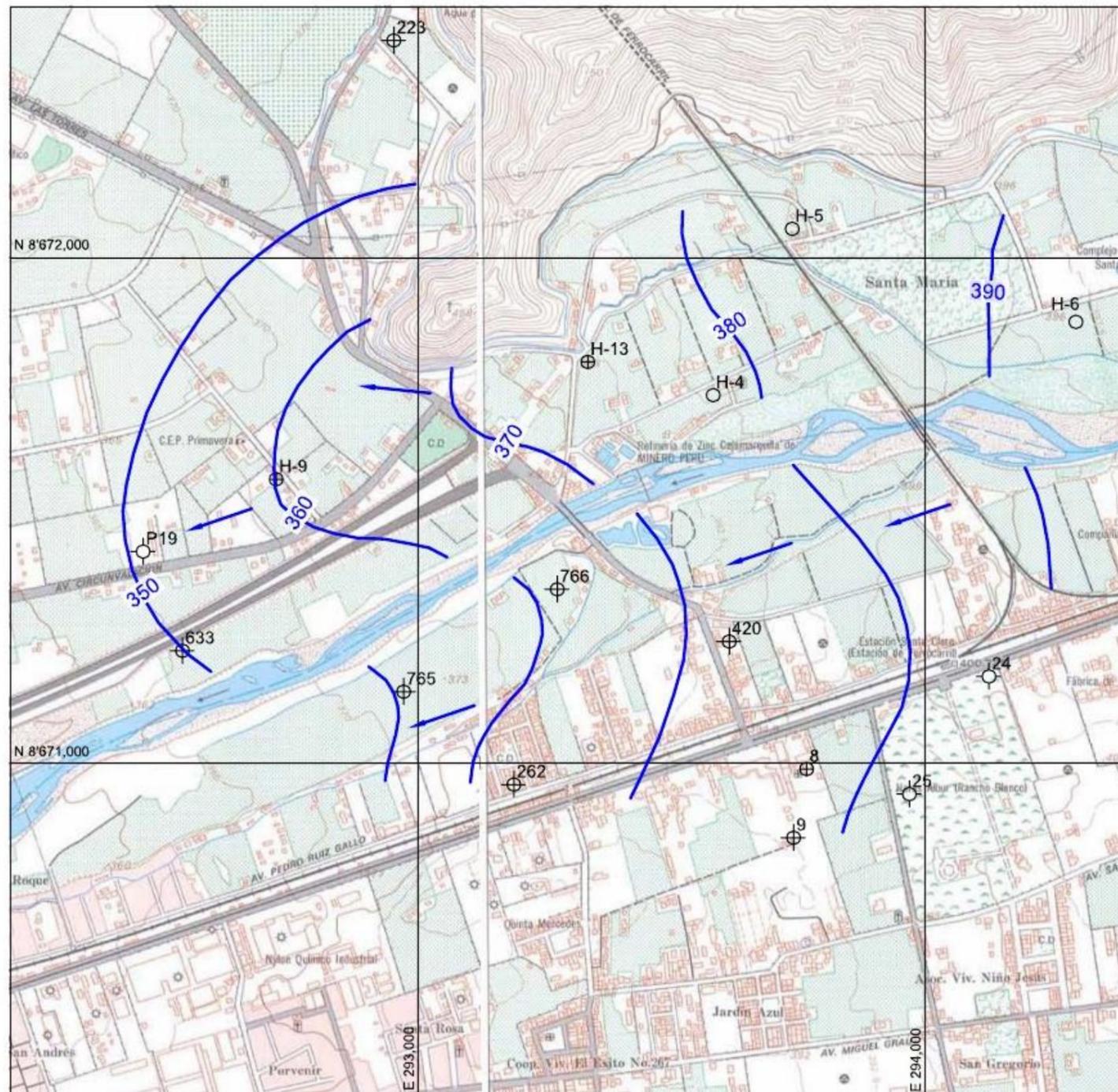
La Figura 6.2 muestra la carta piezométrica del área de estudio. El trazado de las líneas de corriente indica que la dirección principal de escurrimiento subterráneo es del NE al SW.

Las curvas de niveles piezométricos presentan características casi uniformes, y regulares, representando en el sector una napa a filetes divergentes.

La consideración de la carta de curvas piezométricas de la Figura 6.2 indica que este acuífero libre es alimentado predominantemente a partir del flujo lateral proveniente de las infiltraciones en el cauce del río Rímac, de las áreas de cultivo y canales de regadío existente dentro del área de estudio.

El perfil general de la superficie piezométrica se caracteriza por tener un gradiente hidráulico variable, de 1.2% hacia el sector de los pozos proyectados y de 1.4% hacia el oeste en el sentido del escurrimiento subterráneo.

Con el objeto de conocer la variación de la profundidad del nivel del agua del acuífero en el área de estudio, se ha elaborado una carta de isoprofundidad de los



- LEYENDA**
- ⊕⁷⁶⁵ Pozo tubular con equipo
 - ⊕²⁵ Pozo tubular sin equipo
 - ⊕⁸ Pozo tajo abierto con equipo
 - ⊕^{H-6} Pozo tajo abierto sin equipo
 - 35- Curva piezométrica
 - ← Dirección flujo subterráneo



0 250 m
ESCALA
1/10,000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA REFINERIA DE CAJAMARQUILLA	
CARTA PIEZOMETRICA	
AUTOR: LEONID HARO	FECHA: MARZO DEL 2012
REVISADO POR: O.P.	
FIGURA N° 6.2	

niveles de aguas subterráneas, la cual se muestra en la Figura 6.3. Se puede apreciar que la profundidad del nivel del agua subterránea en el área de estudio varía entre 2 y 40 m y hacia el sector del área de los pozos proyectados entre 2 y 4 m.

6.3 DESCENSO DE LOS NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El análisis efectuado de la información recolectada de las variaciones en el tiempo de los niveles de aguas subterráneas del pozo SEDAPAL 223 Nieveria, considerado como representativo de las condiciones piezométricas del sector, permite analizar el comportamiento y evolución de las reservas de agua subterránea para el período del registro piezométrico disponible, del año 1984 hasta la fecha.

En el Tabla 6.1, se puede apreciar las profundidades observadas del nivel de las aguas subterráneas correspondientes al pozo tubular de SEDAPAL 223, Nieveria.

Tabla 6.1 Profundidades observadas del nivel de las aguas subterráneas

Nombre del pozo	Control piezométrico	
	Fecha	Profundidad máxima del nivel de agua (m)
SEDAPAL 223 Nievera	11/07/84	36.40
	25/07/86	35.60
	27/06/90	37.50
	11/06/92	39.30
	31/10/94	40.20
	07/08/96	39.70
	13/01/97	40.90
	23/02/99	39.50
	20/02/02	41.75
	15/04/03	41.90
	04/09/07	42.60
	31/01/08	41.80

El pozo de SEDAPAL se localiza hacia el Norte del área de estudio. En el año 1984 la profundidad del nivel de agua se encontraba en 36.4 mientras que en el presente año 2008 el nivel de agua se encuentra a una profundidad de 41.80 m. Durante este

periodo de 24 años, se ha producido un descenso del nivel de agua subterránea de 5.40 m, equivalente a un descenso anual del nivel de agua de 0.22 m.

Los resultados del control piezométrico de los últimos 6 años no muestran un descenso significativo del nivel de aguas subterráneas, lo cual sugiere que el sistema acuífero del área se encuentra en condiciones de casi equilibrio.

6.4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO

El ensayo de bombeo efectuado en el pozo de SEDAPAL 223 Nieveria ha permitido evaluar las características hidráulicas del acuífero en el sector. Estas características se consideran representativas del área de estudio. El diagrama de descenso observado en el pozo durante la prueba de bombeo se muestra en la Figura 6.4.

El método de interpretación utilizado corresponde al método de la aproximación semilogarítmica de Theis - Jacob considerando un régimen transitorio, y que se traduce analíticamente por la relación presentada a continuación.

$$\frac{s}{Q} = 0.183 \cdot \log\left(\frac{2.25Tt}{r^2S}\right) \quad (\text{Relación 1})$$

- Donde s representa el abatimiento medido (m),
- Q, el caudal de bombeo (m³/s),
- T, la transmisividad (m²/s),
- t, el tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo (s),
- S, el coeficiente de almacenamiento, y
- R, el radio del pozo o distancia pozo- piezómetro (m).

Se obtuvieron los valores de parámetros hidráulicos siguientes, representativos del área de estudio:

- Transmisividad (T) = 1.1×10^{-2} m²/s
- Conductividad hidráulica (K) = 5.5×10^{-5} m/s
- Coeficiente de almacenamiento (S) = 8%

En el caso de acuíferos libres, como el del sector de estudio, el coeficiente de almacenamiento S representa la producción específica del material desaguado durante el bombeo. Por lo tanto el coeficiente de almacenamiento indica la cantidad de agua que se encuentra almacenada en la formación con posibilidades de ser removidas por bombeo.

Los valores obtenidos de los parámetros hidráulicos que describen las propiedades del acuífero representativas del área de estudio son representativos de acuíferos productivos.

6.5 RADIO DE INFLUENCIA

El radio de la influencia se define como la distancia desde el pozo al límite de la zona afectada por el bombeo. Esta distancia se caracteriza por tener un abatimiento de los niveles de aguas subterráneas despreciable o nulo. El radio de influencia es función del tiempo de bombeo.

Para el cálculo del radio de influencia (R), factor determinante en el espaciamiento de los pozos para que no haya interferencias hidráulicas con pozos existentes, se ha basado en la formula obtenida en la identificación de la Ley de Theis para el régimen transitorio. El radio de influencia se puede considerar como la distancia desde el pozo en que el descenso (s) del nivel de aguas subterráneas, causado por el bombeo,

es despreciable. Por lo tanto, se consideró un valor de 0.1 m como valor de descenso (s).

El radio de influencia se determinó a partir de la relación descrita a continuación, considerando los mismos parámetros definidos en la sección anterior (Relación 1).

$$R = 1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S \times 10^{\frac{sT}{0.183Q}}}} \quad (\text{Relación 2})$$

Se aplicó la fórmula anterior (Relación 2) considerando los valores siguientes:

- $Q = 0.060 \text{ m}^3$

- $s = 0.10 \text{ m}$

- $T = 1.1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

- $S = 0.08$

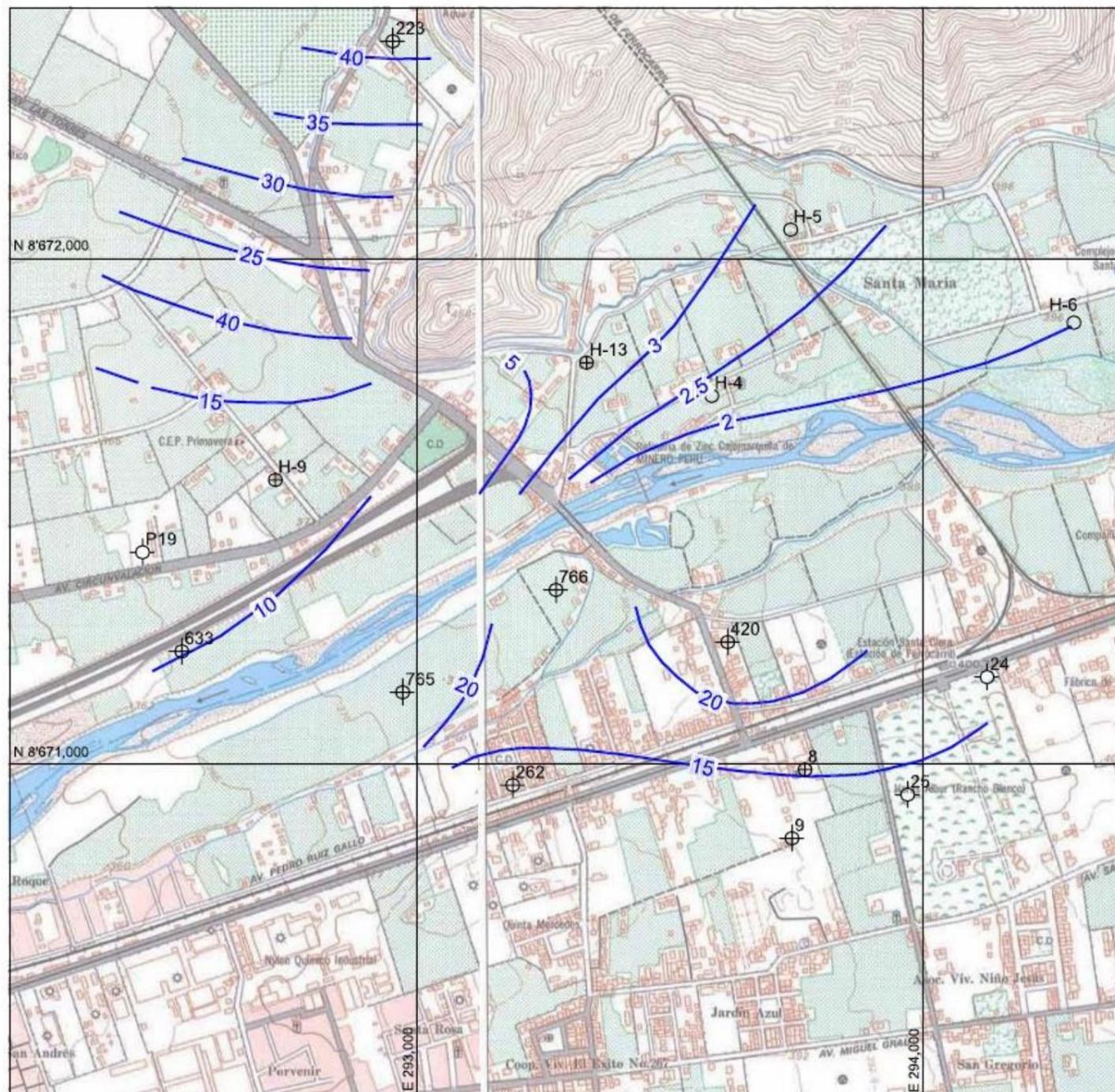
- $t = 10 \text{ h}, 12 \text{ h}, 18 \text{ h}, \text{ y } 24 \text{ h}$ (donde t representa el tiempo de bombeo)

Se obtuvieron los siguientes valores del radio de influencia en función del tiempo de bombeo:

- $R = 93 \text{ m}$, considerando un bombeo cíclico de 10 horas diarias.
- $R = 99 \text{ m}$, considerando un bombeo cíclico de 12 horas diarias.
- $R = 126 \text{ m}$, considerando un bombeo cíclico de 18 horas diarias.
- $R = 145 \text{ m}$, considerando un bombeo cíclico de 24 horas diarias.

Considerando que se propone extraer un caudal de bombeo de 60 l/s, con un régimen de 18 horas diarias, para satisfacer los requerimientos de agua de la Refinería, el radio de influencia del pozo proyectado sería de 126 m.

No se encuentra ningún pozo en uso dentro del área de influencia máximo (145 m) del pozo proyectado, por lo tanto la operación del pozo proyectado no provocará ninguna interferencia con pozos existentes.



- LEYENDA**
- Pozo tubular con equipo
 - Pozo tubular sin equipo
 - Pozo tajo abierto con equipo
 - Pozo tajo abierto sin equipo
 - Curva de isopropfundidad



0 250 m
ESCALA
1/10,000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

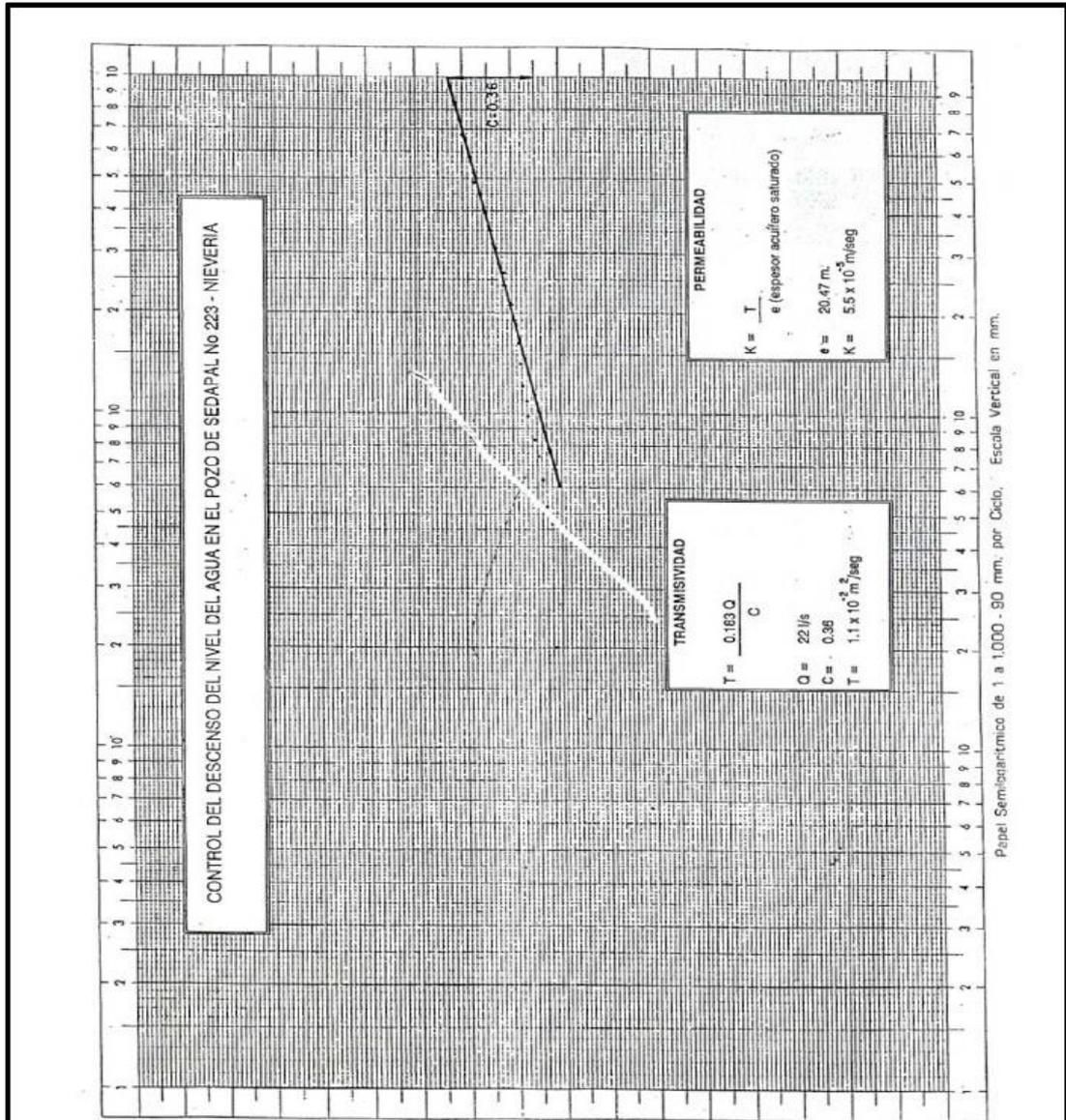
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA
SUBTERRANEA DE LA REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

CARTA ISOPROFUNDIDAD DE LA NAPA

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 6.3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

**CONTROL DE DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA EN EL POZO DE
SEDAPAL N°223-NIEVERIA**

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 6.4

CAPÍTULO VII

CALIDAD DEL AGUA

Para determinar las características generales de la calidad hidroquímica de las aguas subterráneas del área de estudio, se recolectaron dos muestras de aguas de dos pozos de uso doméstico: pozo H-4 (Sr. Fortunato Toribio) y pozo H-13 (Sr. Felix Porras). Las muestras de aguas se analizaron en los Laboratorios Lasa Ingenieros en Lima. Los resultados de análisis se muestran en la Tabla 7.1. Los certificados de análisis del laboratorio se encuentran en el Anexo B.

Tabla 7.1 Resultados de análisis de muestras de agua

Parámetro	Unidad	Pozo H-4	Pozo H-13
C.E. x 10 ⁶	µmho/cm	840	880
pH	-	7.2	7.0
Calcio	m.e/l	5.80	5.76
Magnesio	m.e/l	1.80	1.73
Sodio	m.e/l	0.70	1.10
Potasio	m.e/l	0.14	0.28
Cloruros	m.e/l	0.90	1.20
Sulfatos	m.e/l	4.38	4.34
Carbonatos	m.e/l	0.00	0.00
Bicarbonatos	m.e/l	3.14	3.33
Nitratos	m.e/l	0.00	0.00
Boro	ppm	0.00	0.00
Fierro	ppm	0.00	0.00
Dureza de Calcio	ppm	290.23	288.23
Dureza de Magnesio	ppm	90.09	86.59
Dureza Total	ppm	380.32	374.82
Alcalinidad Total	ppm	157.00	166.50

7.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

• pH

Los valores de pH de las aguas subterráneas varían de 7.0 a 7.2. Por lo tanto, las muestras de aguas pueden clasificarse como neutra y levemente alcalina.

• Conductividad eléctrica (C.E.)

El cuadro regional de la mineralización de las aguas o grado de salinidad se determina de acuerdo a la conductividad eléctrica.

Los valores obtenidos varían entre 0.84 a 0.88 µmho/cm (a 25° C), lo que permite establecer que no existen grandes variaciones en la concentración química. Dichos valores corresponden al tipo de clasificación de baja salinidad, ya que se trata de un agua débilmente mineralizada.

• Gusto y aspecto

La muestra de agua extraída es cristalina, dulce y sin sabor.

- Olor

Las aguas subterráneas muestreadas no presentan ningún olor.

No se encontró evidencia de contaminación bacteriológica de acuerdo a las características físicas del agua muestreada.

7.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los resultados de los análisis hidroquímicos se encuentran en la Tabla 7.1. Los métodos de interpretación de los resultados químicos utilizados se basan en las combinaciones de iones Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , teniendo en cuenta la representación de los tenores según el diagrama logarítmico de Schoeller - Berkloff tal como se muestra en la Figura 7.1.

Asimismo, se ha obtenido valores de alcalinidad (HCO_3^- y CO_3^{2-}), y de dureza total, indispensables para la interpretación de la química de las aguas subterráneas.

Se puede apreciar en los resultados obtenidos que las aguas subterráneas en el sector corresponden al tipo sulfatada cálcica.

- Dureza

El grado de dureza o grado hidrométrico medido en las muestras de agua subterránea de los dos pozos varía entre 374.8 a 380.3 ppm. Estos valores se encuentran por debajo del límite máximo permisible (LMP) de 500 ppm establecido por la SUNASS.

- Alcalinidad

La alcalinidad de las aguas subterráneas es debida principalmente a la presencia de iones carbonatados y bicarbonatados.

Las muestras de aguas subterráneas del área del estudio se caracterizan por tener una alcalinidad menor a 200 mg/l, considerándose aptas para cualquier uso.

- Potabilidad

De acuerdo a los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros de control de calidad de agua de la SUNASS, detallados en la Tabla 7.2 a continuación, se puede apreciar que las aguas, desde el punto de vista de potabilidad, son aptas para el consumo humano.

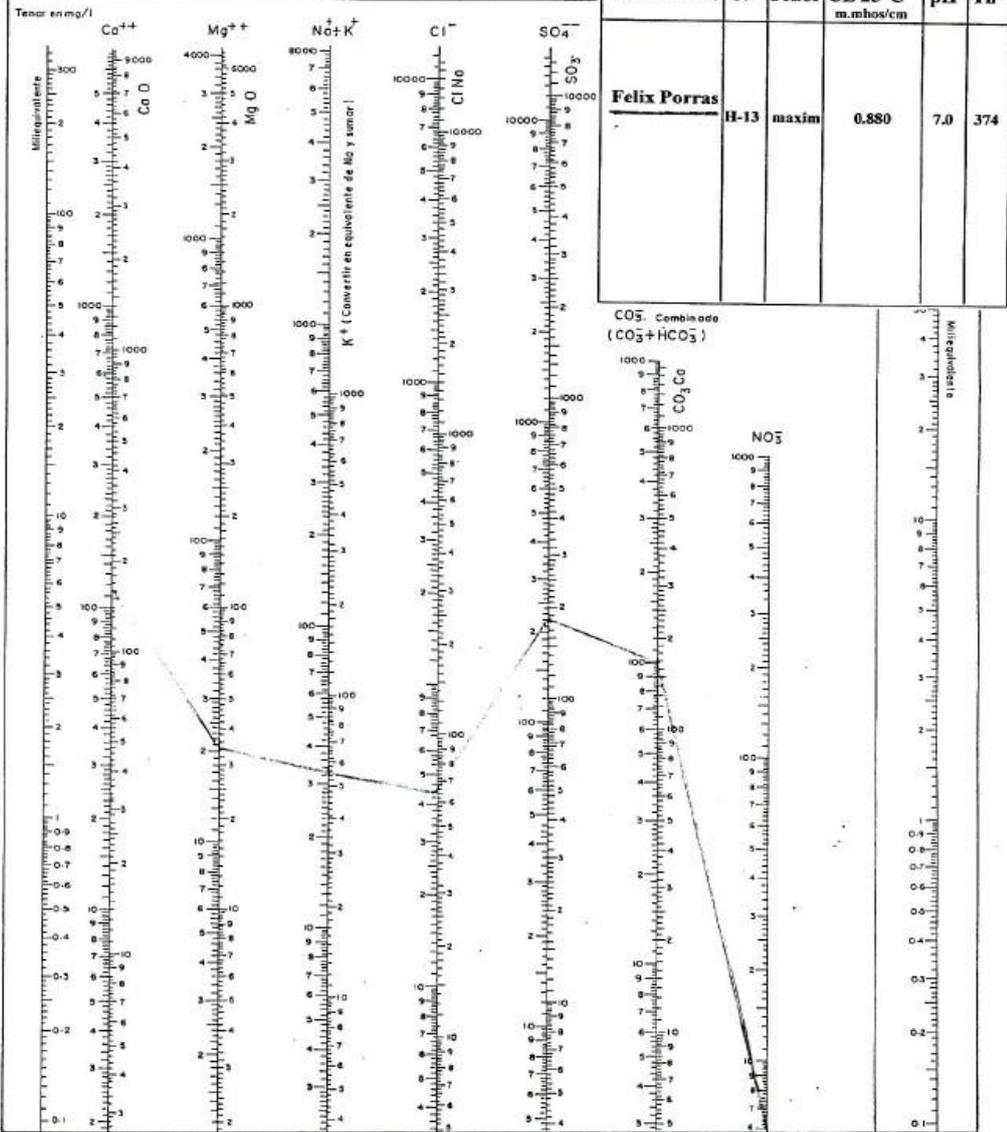
Tabla 7.2 Parámetros de control de calidad de agua (SUNASS)

Elementos	LMP (mg/l)
Cloruros	250
Sulfatos	250
Nitratos	50
Magnesio	0.3
pH	6.5 – 8.5
Dureza	500
Turbiedad, ONT	5

Asimismo, los resultados del análisis químico han sido representados en el diagrama logarítmico de potabilidad de G. Waterlog tal como se muestran en la Figura 7.2. El diagrama muestra que las aguas corresponden a rango de aceptables.

Tipo Schoeller

SULFATADA CALCICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

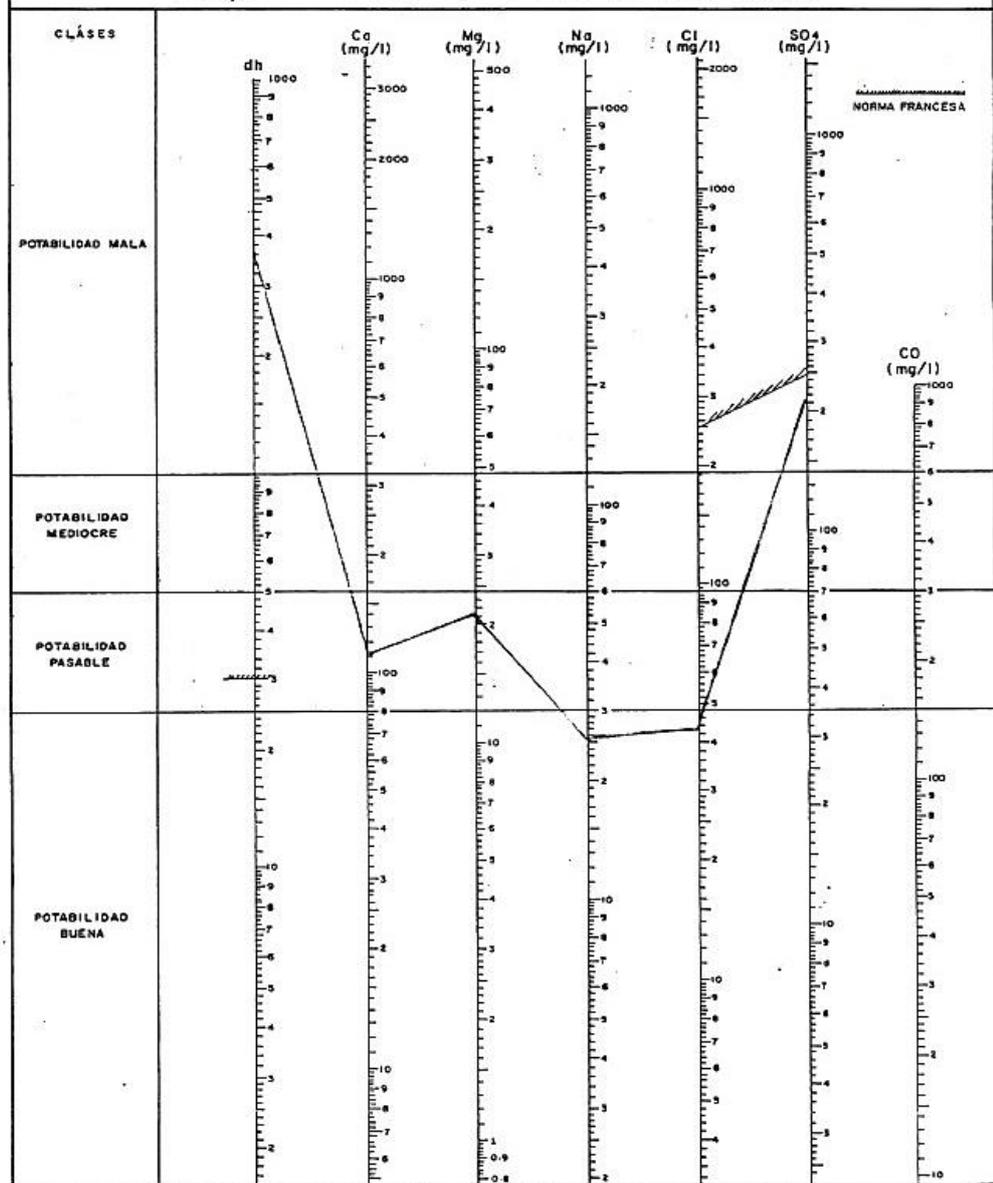
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE AGUA

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 7.1

DIAGRAMA DE POTABILIDAD DEL AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

DIAGRAMA DE POTABILIDAD DEL AGUA

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 7.2

CAPÍTULO VIII

PROGRAMA DE ACCIONES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

La demanda de agua del proyecto de expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla exige en una primera etapa un volumen diario de 3,888 m³, equivalente a un caudal de 60 l/s con un régimen de bombeo de 18 horas/día, cuya demanda se propone satisfacer mediante la perforación de un pozo tubular. Se anticipa que nivel freático se encontrará a una profundidad aproximada entre 3 y 5m.

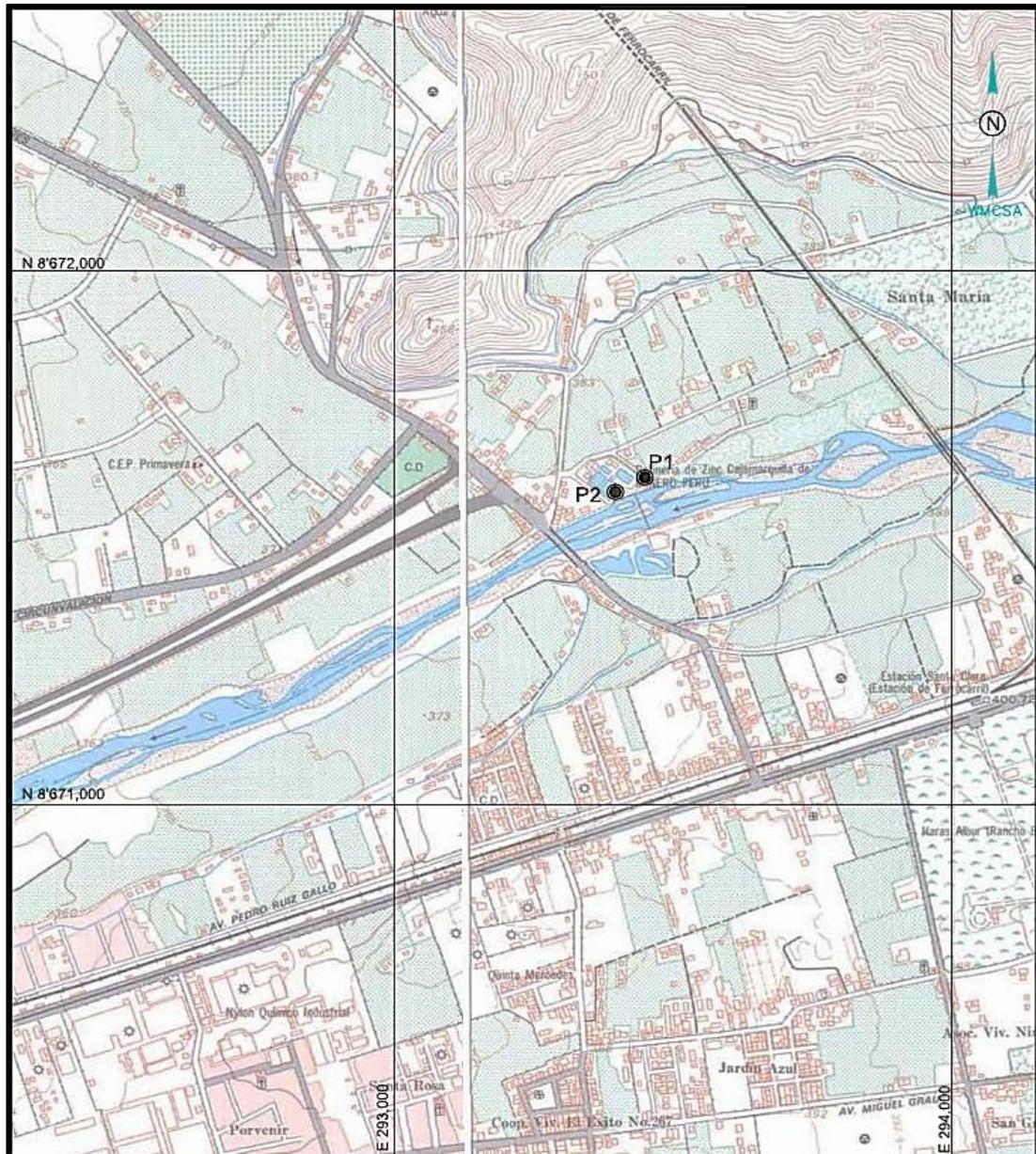
8.1 PLAN DE PERFORACIONES

El área favorable para la perforación del pozo definido por la investigación ha sido proyectada en la parte Sur de la planta de tratamiento de agua, cuyas características hidráulicas para la captación de aguas subterráneas podría satisfacer potencialmente la demanda de agua requerida para la Refinería de Cajamarquilla.

En la Figura 8.1, se muestra la ubicación de las áreas favorables para las perforaciones.

Se propone perforar un pozo de explotación y un pozo de reserva, cuyas características generales se detallan a continuación.

- Profundidad: 60 m.



LEYENDA

● Pozo proyectado



Fuente: IGN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

UBICACIÓN DE POZOS PROYECTADOS

AUTOR: LEONID HARO
REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 8.1

- Nivel del agua aproximado: 4 m.
- Diámetro de perforación: 21"
- Diámetro de entubado: 15"
- Longitud de filtro (diámetro de 15"): 30 m.
- Espesor del empaque de grava: 3"

8.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

8.2.1 Diseño de pozo

En la Figura 8.2 se muestra el diseño técnico tentativo de las obras de perforación proyectadas y cuya profundidad ha sido establecida en base a los resultados de la caracterización del acuífero presentada en este documento.

Para los efectos de formulación del contrato de perforación del pozo tubular proyectado, se han establecido las especificaciones técnicas, que se ceñirá el Contratista de la obra, que a continuación se describen.

A) Perforación

- Para la perforación podría utilizarse los métodos de percusión, rotación o mixta.
- La perforación será de 533 mm (21") de diámetro que permitirá instalar un empaque de grava de 76.2 mm (3") de espesor y entubación de 381 mm (15") de diámetro.
- La longitud de la perforación se estima en 60 m.

B) Entubación

El diámetro de entubación será de 381mm (15").

- La longitud total de entubación se estima en 60 m.
- El material para la entubación y revestimiento de pozo en su parte superior será de acero, tipo similar al ASTM A-282, Grado C y constituida por tramos de 2.4 metros de longitud mínima y soldada. Asimismo, también, podrán utilizarse planchas de acero roladas y soldadas de una sola costura longitudinal, de características similares al anterior del mismo material que deberá tener 4" de ancho mínimo y en la parte inferior los pozos estarán revestidos por tuberías de acero que corresponden a la rejilla.
- La tubería de revestimiento tendrá un espesor de 6 mm (1/4 de pulgada).
- En caso de perforación por el sistema de percusión, se empleará necesariamente tubería herramienta.
- Deben usarse zapatas en este tipo de entubaciones y el tipo y peso de la zapata se deberá dejar al criterio del perforista contratado.

C) Filtros

- El diámetro máximo de la rejilla será de 381mm (15").
- El filtro pre-fabricado o rejilla será en su totalidad de acero inoxidable resistente a la corrosión.
- La longitud activa de la tubería pre-fabricada deberá determinarse en función del espesor de los horizontes. Se considera una longitud aproximada de 30 m.
- La selección de las aberturas de las ranuras serán determinadas por la gradación del material que constituye el acuífero en base a la curva representativa del análisis granulométrico de la muestra.

- En el diseño definitivo, durante la ejecución de la obra, se puede efectuar el reajuste del factor diseño del filtro, debiendo utilizarse los filtros pre-fabricados tipo puente trapezoidal o ranura continua.

D) Empaque de grava

- Es esencialmente necesario para la extracción de agua en este tipo de acuífero compuesto de horizontes alternados de elementos finos predominantes mezclados con elementos gruesos, la colocación de un empaque de grava alrededor del filtro. El objetivo es que, durante el desarrollo, el tamaño de las ranuras quede regulado por el tamaño de la grava empleada y por el tipo de abertura.
- Una vez instalada la entubación de 15" de diámetro en toda la profundidad del pozo, se colocará una capa de grava alrededor del filtro o sea en el espacio anular, entre la pared exterior de 21" y la interior de 15" de diámetro.
- La grava deberá ser cuarzosa, debidamente tamizada. Técnicamente el tamaño de la grava quedará regulada por tamaño de la arena y la velocidad del agua que cubre al envoltorio de grava en su circunferencia exterior.

El tamaño adecuado de la grava deberá ser basado de acuerdo a las características del acuífero y a la experiencia del perforista. El tamaño de la grava quedará definido en función de la granulometría de acuífero y del tamaño de abertura del filtro.

E) Pruebas complementarias

- Desarrollo del pozo

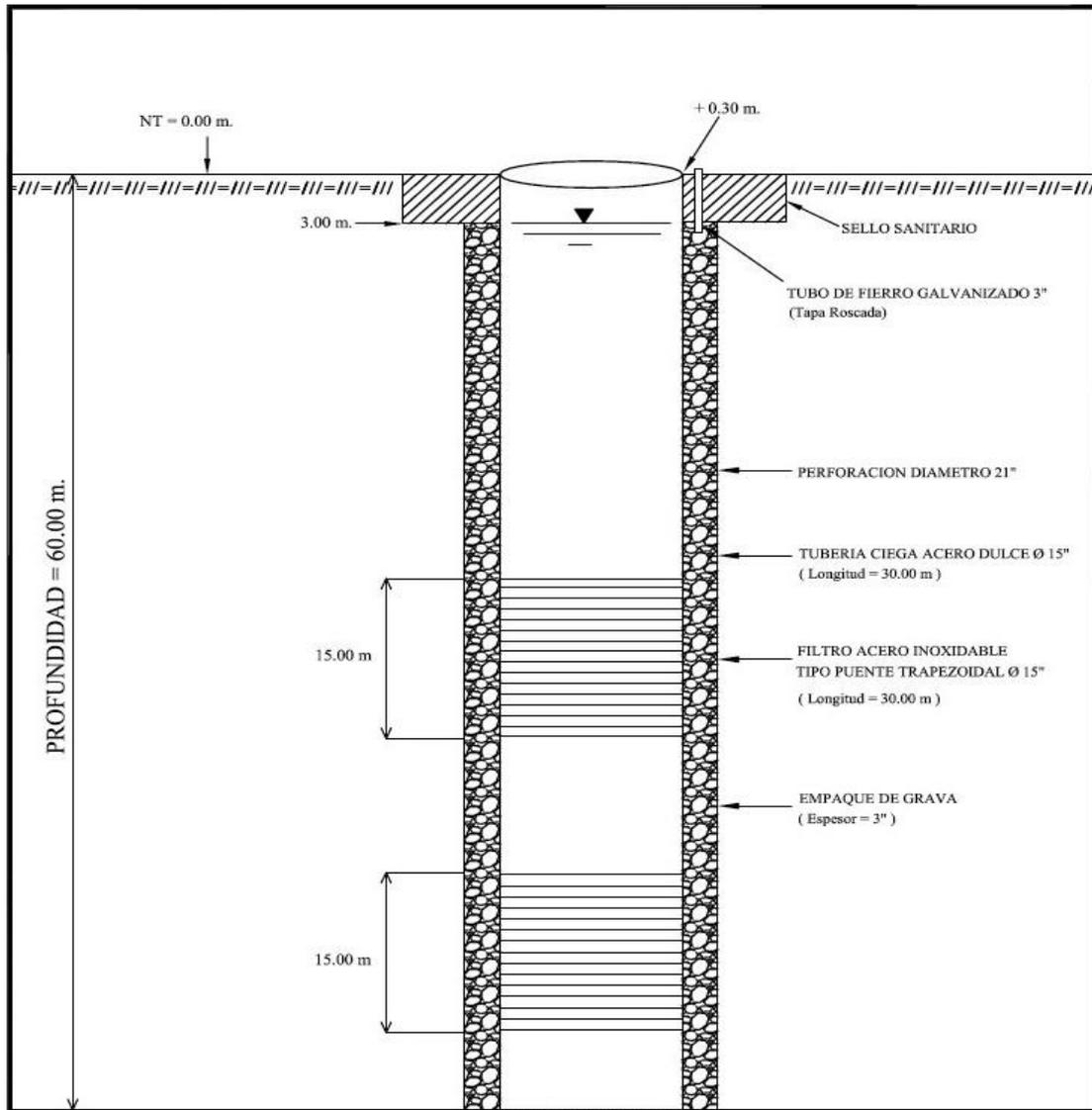
Se efectuará por el método del pistoneo y/o aire comprimido durante 48 horas mínimo.

El detalle del desarrollo se fijará de acuerdo a los resultados del control de la perforación.

- Prueba de bombeo

Una vez construido y limpiado el pozo y medida con exactitud su profundidad, el contratista instalara los equipos necesarios para la realización de un ensayo definitivo de bombeo.

La duración del bombeo será de 72 horas continuas como mínimo y por lo menos a tres regímenes de bombeo; el cambio de régimen se efectuará, solo cuando se obtenga estabilización de los niveles de agua. La prueba de bombeo se realizara bajo supervisión técnica continua.



ESCALA HORIZONTAL : 1/20
 ESCALA VERTICAL : 1/500

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA
 REFINERIA DE CAJAMARQUILLA

DISEÑO TECNICO TENTATIVO

AUTOR: LEONID HARO
 REVISADO POR: O.P.

FECHA: MARZO DEL 2012

FIGURA N° 8.2

CAPÍTULO IX

CARACTERÍSTICAS DEL POZO

9.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

9.1.1 Método de perforación

El pozo P-2 se perforó con el método de percusión a cable en forma telescópica utilizando tubería herramienta de acero de 21" de diámetro en la primera mitad, y tubería herramienta de 18" en la segunda mitad.

Luego de perforado se instaló en toda la profundidad tubería definitiva de acero inoxidable de 14" de diámetro con filtros tipo ranura continua del mismo diámetro, se desarrolló por el método de pistoneo y desarrolló, se colocó un pre filtro de grava seleccionada redondeada, y se estabilizó con bombeo a bajo caudal; luego de lo cual quedó expedito para las pruebas hidráulicas.

9.1.2 Perfil Litológico

Geomorfológicamente el pozo P-2 está ubicado en la primera terraza de las antiguas llanuras de inundación del río Rímac, cortada por el actual cauce, en una zona donde los cerros aledaños forman una garganta, a partir de la cual se inicia el cono de deyección del río Rímac. Por tanto, se esperaba encontrar materiales detríticos

heterométricos típicos de sedimentación aluvional, y basamento rocoso a menos profundidad que en otros lugares aguas arriba o aguas abajo.

Se han perforado 48 m, encontrándose en los primeros metros materiales gruesos tipo bolonería de gran tamaño, con gradaciones a menor tamaño hasta los 20 m; luego intercalaciones de materiales tipo gravas, arenas y limos hasta 35 m con poca cantidad de arcilla. En el tramo 24 m - 26 m y 35 m – 38 m se encontró material poco consolidado. A 40 m se encontró contacto de la roca fracturada del basamento hasta el fin del pozo.

En la Tabla 9.1 se describe el resumen de materiales encontrados.

Tabla 9.1 Resumen de la litología encontrada durante la perforación.

Prof. (m)	Formación o estrato	Descripción	Color
0-10	Aluvial	Bloques grandes, diámetros aproximados 0.50m, presencia de arenas lavadas y algo de arcillas. Llanura de inundación.	Marrón grisáceo.
10-14	Aluvial	Bloques de menor tamaño, aumenta el porcentaje de arenas gruesas y finas lavadas. Canal aluvial.	Marrón gris.
14-21	Aluvial	Sedimentos finos de limos, arenas, gravas.	Marrón grisáceo.
21-24	Aluvial	Disminuye tamaño, gravas, arenas gruesas, medianas y finas. Canal aluvial. Material poco cementado.	Marrón verduzco
24-30	Aluvial	Aumenta tamaño, gravas, arenas gruesas, medianas y finas. Canal aluvial, bloques de andesita presentes.	Marrón verduzco

31-34	Aluvial	Gravas y arenas. Hacia el piso presencia de clastos de roca intrusiva color marrón.	Marrón claro a oscuro
35-40	Aluvial	Arcilla oscura al tope. Hacia abajo roca intrusiva fracturada color marrón oscuro. Inicio de basamento rocoso. Zona con material poco cementado. Abundancia de limos.	Marrón a marrón oscuro
40-48	Roca ígnea	Basamento roca intrusiva color marrón oscuro y luego gris; fragmentos de Granodiorita.	Marrón verduzco y gris parduzco

9.1.3 Diseño Técnico

El pozo P-2 se perforó hasta una profundidad total de 48.00 metros, habiendo quedado de la siguiente manera:

- De 0.00 á 5.00m. Antepozo excavado a mano con revestimiento de anillos de concreto, de 1.20m de diámetro interno.
- De 5.01 á 48.00 m. Perforación mecánica. Se utilizó tubería herramienta de 21” hasta 34.20 m; luego tubería herramienta de 18” hasta 48.00 m.

Entubado:

- De +0.75m á -11.20m, tubería ciega de acero inoxidable diámetro 14”, plancha de 4.50 mm de espesor.

Longitud de este tramo: 11.20 debajo de la superficie.

- De -11.20m á - 29.20m, tubería filtro de acero inoxidable tipo ranura continúa diámetro 14”, slot 1.00mm.

Longitud de este tramo: 18.00m

- De -29.20m á - 34.10m, tubería ciega de acero inoxidable diámetro 14", plancha de 4.50 mm de espesor.

Longitud de este tramo: 4.90m

- De 34.10m á - 43.10m, tubería filtro de acero inoxidable tipo ranura continua diámetro 14", slot 1.00mm.

Longitud de este tramo: 9.00m

- De 43.10m á - 48.00m tubería ciega de acero inoxidable diámetro 14", plancha de 4.50 mm de espesor.

Longitud de este tramo: 4.90m

En la figura 9.1 se muestra gráficamente el diseño técnico definitivo de habilitación del pozo.

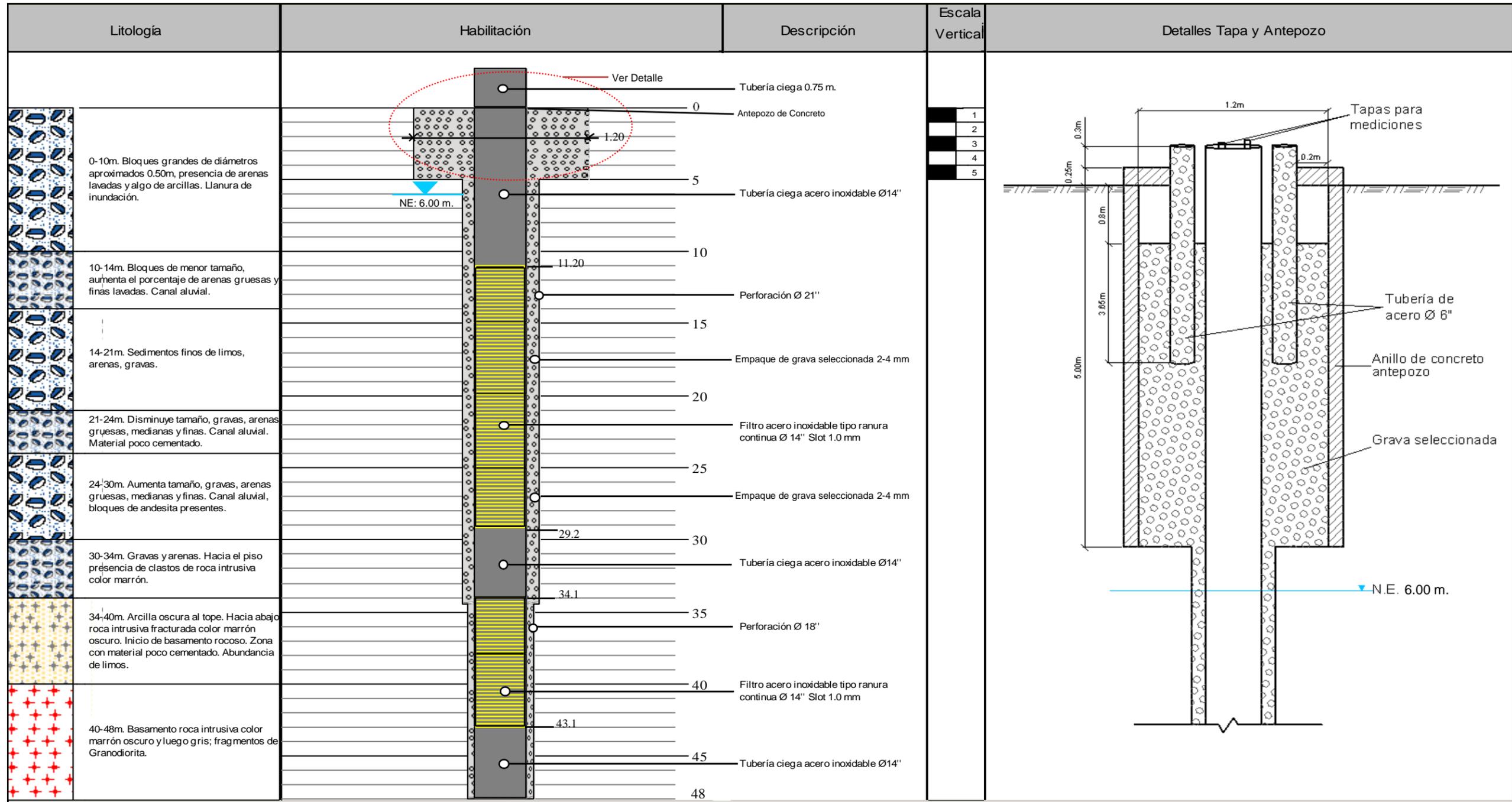
9.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Con la finalidad de estabilizar el pozo, determinar su rendimiento, así como para conocer los parámetros hidráulicos del acuífero, se realizaron las siguientes pruebas hidráulicas.

9.2.1 Programa de ensayos de bombeo

El programa de ensayos incluyó lo siguiente:

Dos ensayos de bombeo de corta duración a distintos caudales con la finalidad de estabilizar el pozo, calibrar la prueba de rendimiento a caudal variable por el método



Sistema de coordenadas : PSAD 56
Este : 293382
Norte : 8671562
Elevación terreno : 386.00 msnm
Stick up : 0.63 m
Elevación collar : 386.63 msnm
Profundidad perforada : 48.00 mbnt
Profundidad habilitación : 48.00 mbnt
Elevación agua : 380.63 msnm
Profundidad agua : 6.00 mbnt

Resumen de tuberías : Filtros acero inoxidable tipo ranura continua Ø 14" = 27.00 m (9.00 módulos de 3.00 m c/u)
 Tubería ciega acero inoxidable, Ø 14" = 21.05 m (9.00 módulos de 2.45 m c/u)
Inicio de perforación : 09/03/2009
Fecha de instalación : 26/05/2009
Técnica de perforación : Percusión con cable
Tipo de pozo : Bombeo
Supervisor WMC : L. Haro, J. Mejía
Contratista : Pozos Estabilizados S.A.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI) DIBUJANTE: PA REVISADO: OP	HABILITACION POZO P-2 FECHA: Marzo, 2012		FIGURA 9.1
	Estudio Hidrogeológico para Abastecimiento de Agua Subterránea de la Refinería Cajamarquilla		
	Votorantim Metais		

de los escalones y limpiar los abundantes finos presentes en el pozo. Se ejecutaron los días 05/06/09 y 06/06/09 durante 8 y 4 horas respectivamente.

Un ensayo a caudal variable por el método de los escalones para determinar el rendimiento del pozo, con una duración total de ocho horas, en tres escalones de 2.5 horas con estabilización de nivel dinámico, y un cuarto escalón de 0.5 horas para exigir al máximo el pozo, ejecutados el día 07/06/09.

Un ensayo a caudal constante para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero de 72 horas de duración, ejecutado del 08/06/09 al 11/06/09.

Durante la ejecución de las pruebas o ensayos, se llevó a cabo un programa de monitoreo de los niveles del agua en el pozo de bombeo P-2 y en el pozo de observación P-1 que se perforó anteriormente.

En el pozo P-2 de bombeo, además se monitorearon los parámetros físico- químicos in situ del agua bombeada.

9.2.2 Procedimiento aplicado para los ensayos de bombeo

Configuración del ensayo de bombeo

Para los ensayos de bombeo se utilizó una bomba tipo turbina vertical de eje lubricado por aceite de capacidad 80 L/s para 75 m de altura dinámica total (ADT). La succión se instaló a 46.10 m de profundidad. El agua bombeada se descargó directamente al río a 50 metros del pozo de bombeo, por un sistema de tubería de 6" de diámetro para evitar la infiltración y re-circulación al acuífero del agua bombeada.

El control del caudal se realizó a través de un flujómetro de hélice tomando lecturas del caudal instantáneo y del volumen extraído acumulado. Asimismo, se controló a través de la lectura de altura de agua por diferencia de presiones, método Pitot.

Durante el ensayo a caudal constante se registraron los niveles de agua en el pozo de bombeo P-2 y en el pozo de observación P-1 como piezómetro, el mismo que estaba perforado y habilitado dos meses atrás. Las mediciones se realizaron con sondas eléctricas graduadas conocidas como pozómetros. También se instalaron transductores de presión o data loggers, marca Mini Diver de Van Hesen Instruments Schlumberger Company, en ambos pozos para monitorear en forma continua la variación de los niveles durante los ensayos de bombeo.

Prueba de calibración

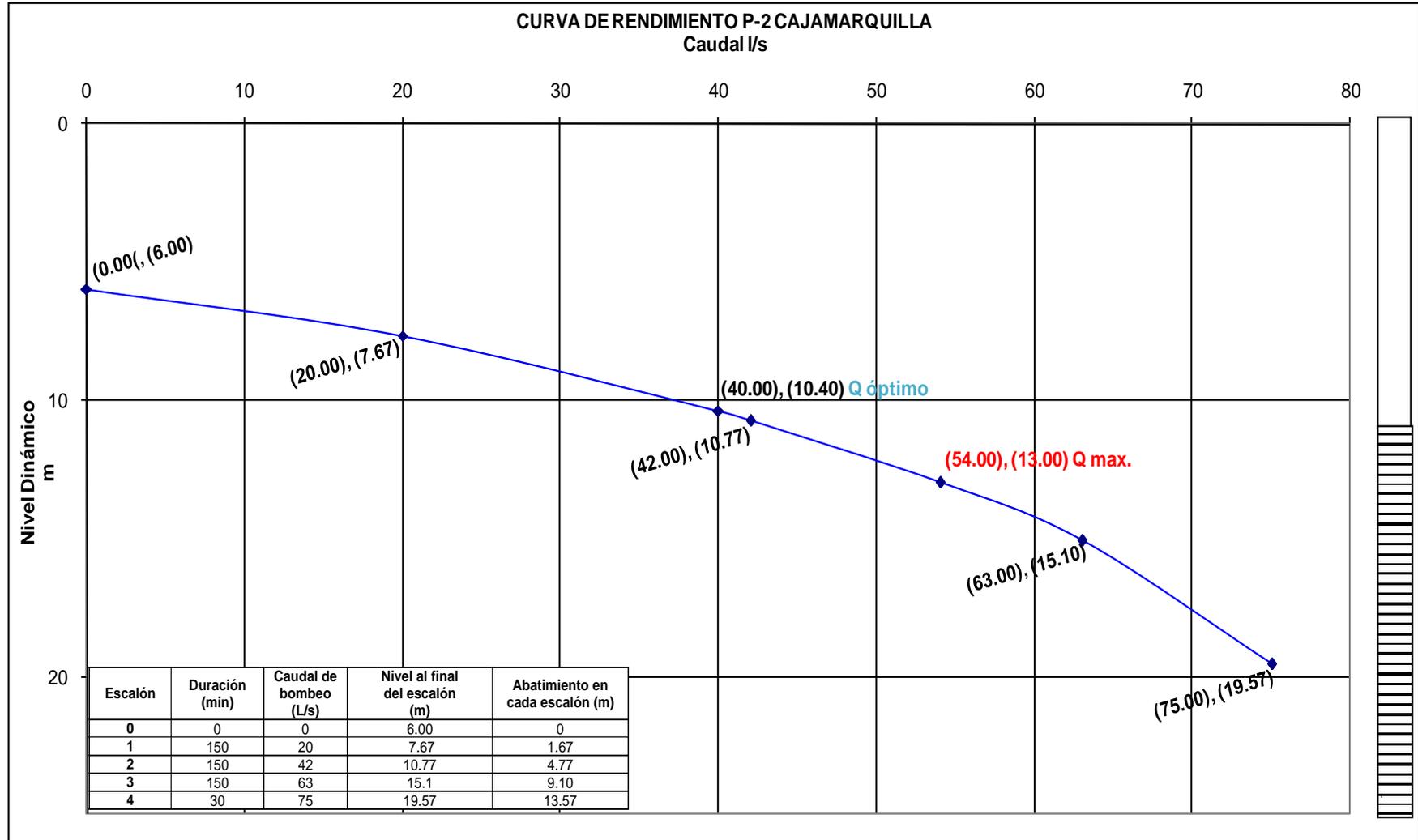
Antes de iniciar los ensayos de bombeo se llevaron a cabo dos pruebas de calibración desde caudales bajos hasta altos con los objetivos de estabilizar las paredes del pozo, el empaque de grava, evaluar el funcionamiento de la bomba, conocer los órdenes de magnitud del descenso del nivel de agua, y limpiar de finos el pozo; y de esta manera programar los escalones de la prueba a caudal variable.

Ensayo a caudal variable

Con la finalidad de determinar el rendimiento del pozo, el 07/06/09 se realizó un ensayo de bombeo a caudal variable por el método de los escalones, que ha permitido construir la curva característica del pozo. Ver figura 9.2.

En esta prueba se registraron los descensos del nivel de agua durante el bombeo en cuatro escalones de caudales crecientes sucesivamente, los tres primeros de igual duración y el cuarto de menor duración. Los escalones fueron: 20, 42, 63 y 75 L/s

Figura 9.2 Curva de rendimiento del Pozo P-2



con una duración de 150 minutos cada uno para los tres primeros y de 30 minutos para el cuarto escalón.

Al cesar el bombeo luego del último escalón de caudal mayor, se monitoreó la recuperación del nivel de agua.

Ensayo a caudal constante

Con la finalidad de conocer los parámetros hidráulicos del acuífero: permeabilidad o conductividad hidráulica, trasmisividad, coeficiente de almacenamiento y radio de influencia, se realizó un ensayo de bombeo a caudal constante. Este ensayo se realizó 18 horas después del ensayo a caudal variable, cuando los niveles se habían recuperado luego del ensayo por el método de los escalones.

Este tipo de ensayo se caracteriza por la extracción constante de un caudal fijo por un periodo de tiempo, registrándose los niveles en el mismo pozo de bombeo y en los piezómetros aledaños si los hubiere. Luego se analiza el comportamiento de los niveles de acuerdo a una formulación basada en la Ley de Darcy, por ser este acuífero un medio poroso.

La prueba se inició el 08/06/09 con un caudal de 40 L/s durante un periodo de 3 días (4,320 minutos), y se paró el día 11/06/09. Se registraron las variaciones de los niveles tanto en el pozo de bombeo P-1, como en el piezómetro de observación P-2, ubicado a 58.60 m de distancia.

9.2.3 Análisis de los ensayos de bombeo

Resultados del ensayo a caudal variable en el pozo P-2

Los resultados de los ensayos se presentan en la Tabla 9.2. Los datos completos de las medidas de campo se observan en el Anexo D y los gráficos respectivos se muestran en el Anexo B.

Al concluir la prueba luego del último escalón, se registró la recuperación del nivel del agua tanto en el pozo de bombeo P-2 como en el piezómetro P-1.

Tabla 9.2 Escalones del ensayo a caudal variable en el pozo P-2. 07/06/09

Escalón	Duración (min)	Caudal de bombeo (L/s)	Nivel al final del escalón (m)*	Abatimiento en cada escalón (m)
0	0	0	6.00 (Nivel Estático)	0
1	150	20	7.67	1.67
2	150	42	10.77	4.77
3	150	63	15.1	9.1
4	30	75	19.57	13.57

* Metros bajo el nivel del terreno desde el punto de referencia o stick up

El nivel dinámico máximo del agua al final del ensayo alcanzó 19.57 m de profundidad después de 480 minutos de bombeo. El abatimiento correspondiente para este descenso fue 13.57 m.

Curva característica del Pozo P-2

La curva característica de un pozo es una interpretación de datos experimentales obtenidos en el campo que permite determinar el caudal óptimo y el caudal máximo que puede rendir un pozo analizando la configuración de los descensos medidos respecto de los caudales bombeados durante un tiempo determinado, lo cual está asociado al régimen de flujo que se genera en el entorno del pozo.

En la figura 9.2 se muestra la curva de rendimiento del Pozo P-2. En ella se puede apreciar que el caudal óptimo del pozo es 40 L/s, para un nivel dinámico de 10.40 m, y que el caudal máximo es 54 L/s para un nivel dinámico de 13.00 m.

Por lo tanto, el pozo P-2 puede ser explotado a 54 L/s, estando garantizada esta producción y que de ser necesario, se puede llegar a explotar hasta 63 L/s como caudal crítico.

Resultados del ensayo a caudal constante en el pozo P-2

El ensayo a caudal constante se inició el día 08/06/09. El caudal de bombeo fue 42 L/s (3,628.8 m³/d) con una duración de 72 horas continuas (3 días). La prueba transcurrió en forma normal sin problemas.

El detalle del ensayo se muestra en la Tabla 9.3.

Tabla 9.3 Detalle del ensayo a caudal constante en el pozo P-1

Inicio del bombeo	Fin del bombeo	Duración total del bombeo	Caudal promedio de bombeo
08/06/2009, 08:00	11/06/2009, 08:00	72 horas ; 4,320 min	42 L/s ; 3,628.8 m ³ /d

Durante el ensayo se monitorearon las variaciones de los niveles en el pozo de bombeo P-2 y en el piezómetro P-1.

Las medidas de niveles de agua y gráficos durante la prueba se muestran en el Anexo B. Un resumen de los datos registrados durante los ensayos se presenta en la Tabla 9.4.

Tabla 9.4 Resultados del ensayo de bombeo a caudal constante P-2, 08/06/09

Pozo	Profundidad (m)	Tipo	Distancia al pozo bombeo (m)	Nivel inicial (m)	Nivel al final del bombeo (m) *	Abatimiento o descenso (m)
P-2	48	Bombeo	0	6.01	11.31	5.31
P-1	58.2	Pozo observación	58.6	6.25	6.89	0.64

*(m) metros bajo el nivel del terreno desde el punto de referencia o stick up.

Los resultados del monitoreo de los pozos durante las pruebas de bombeo muestran lo siguiente:

En el pozo de bombeo P-2, luego de 72 horas de bombeo con un caudal promedio de 42 L/s se registró un descenso total de 5.31 m.

En el piezómetro P-1, ubicado a 58.60 m de distancia del pozo de bombeo P-2, se registró un descenso total de 0.64 m al final del ensayo.

Los hidrogramas de los dos pozos, que se muestran en el anexo B-4, se caracterizan por tener un comportamiento muy similar, mostrando un descenso instantáneo en los primeros minutos. Asimismo, se puede apreciar que el descenso muestra un cambio de pendiente durante el día, debido al bombeo de pozos vecinos en explotación, que no cuentan con autorización, motivo por el cual no se encuentran inventariados.

Resultados de los ensayos de recuperación

Al final del periodo de bombeo a caudal constante se registró el ascenso de niveles tendientes a alcanzar el nivel inicial antes del bombeo, tanto en el pozo de bombeo P-2, como en el de observación P-1.

La Tabla 9.5 muestra un resumen de los resultados del monitoreo de la recuperación después de finalizada la prueba de bombeo a caudal constante. En el Anexo D se observan los cuadros de los niveles medidos en campo a detalle y en el Anexo B los gráficos respectivos.

Tabla 9.5 Resultados del monitoreo de recuperación luego del ensayo de bombeo a caudal constante

Pozo	Tipo de pozo	Nivel estático 08/06/2009 (m)	Nivel máximo al final del bombeo (m)	Nivel del agua después de 8 horas de recuperación (m)	Porcentaje de recuperación después de 8 horas
P-2	Bombeo	6.01	11.31	6.25	96%
P-1	Observación	6.25	6.89	6.53	96%

Como se puede apreciar en la Tabla 9.5, el nivel del agua tanto en el pozo de bombeo P-2 como en el de observación P-1, se recuperó el 96%.

9.2.4 Análisis del ensayo a caudal constante

La información de los registros del ensayo de bombeo en cada pozo se analizó con métodos estándar para ensayos de bombeo en acuíferos con tipo de flujo en medios porosos regidos por la Ley de Darcy, con la finalidad de determinar los parámetros hidráulicos del acuífero y detectar algún comportamiento anómalo.

Los métodos utilizados fueron:

Cooper-Jacob (análisis semi-log) para el descenso en el pozo de bombeo P-2 y en el piezómetro P-1.

Theis-Jacob (análisis semi-log) para la recuperación en pozo de bombeo P-2 y en el piezómetro P-1.

La ecuación fundamental aplicada para régimen transitorio es:

$$\frac{s}{Q} = 0.183 \cdot \log\left(\frac{2.25Tt}{r^2S}\right) \quad (\text{Relación 1})$$

Donde:

- s = abatimiento medido (m),
- Q = caudal de bombeo (m³/día),
- T = transmisividad (m²/día),
- t = el tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo
- S = coeficiente de almacenamiento, y
- r = radio del pozo o distancia pozo - piezómetro (m).

Los datos completos registrados durante el ensayo de bombeo se presentan en el Anexo B.

Los parámetros hidráulicos del acuífero determinados se muestran en la tabla 9.6 y los gráficos de cada análisis se adjuntan en el Anexo C.

Tabla 9.6 Parámetros hidráulicos calculados

Q= 42 L/s.				
Espesor				
Saturado:				
34.00 m				
Pozo	Método de análisis	Transmisividad (m²/d)	Permeabilidad (m/d)	Coefficiente de Almacenamiento
P-2	<i>En descenso</i> Cooper-Jacob	919	27	-
P-2	<i>En recuperación</i> Theis-Jacob	1160	34.2	-
P-1	<i>En descenso</i> Cooper-Jacob	1,140	33.6	0.1
P-1	<i>En recuperación</i> Theis-Jacob	1,420	41.8	-

Y para el radio de influencia:

$$R = 1.5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}} \quad (\text{Relación 2})$$

Donde:

- T = transmisividad (m²/día),
- t = tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo
- S = coeficiente de almacenamiento.

Se aplicó la fórmula anterior (Relación 2) considerando los valores siguientes:

- T = 919 m²/día
- S = 0.10

- $t = 10 \text{ h}, 12 \text{ h}, 18 \text{ h}, \text{ y } 24 \text{ h}$ (donde t representa el tiempo de bombeo)

Se obtuvieron los siguientes valores del radio de influencia en función del tiempo de bombeo:

- $R = 293 \text{ m}$ para 10 horas.
- $R = 321 \text{ m}$ para 12 horas.
- $R = 394 \text{ m}$ para 18 horas.
- $R = 454 \text{ m}$ para 24 horas.
- $R = 643 \text{ m}$ para 48 horas.

9.2.5 Calidad del agua

Durante las pruebas se tomaron muestras de agua, una en la de rendimiento a caudal variable y otras dos en la de caudal constante. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio ALS, bajo estándares acreditados internacionalmente.

Una de las formas de mostrar los resultados de los análisis químicos es a través del diagrama triangular de Piper, en el cual se pueden relacionar fácilmente los iones mayores y determinar la familia química de las aguas.

En el Gráfico A.6 del Anexo A, se muestra el diagrama de Piper, donde se puede apreciar que las aguas de las dos muestras son de la misma familia química: sulfatada cálcica.

Asimismo, se ha preparado el diagrama logarítmico de potabilidad basado en la comparación iónica respecto de la norma peruana de uso de agua con fines domésticos. En el Gráfico A.5 se muestra el diagrama de potabilidad, en el cual se

puede apreciar que el ion sulfato excede el contenido máximo, por lo tanto, es agua no apta para consumo humano.

9.2.6 Aptitud de uso del agua

La previsión de utilización del agua subterránea evaluada es con fines industriales metalúrgicos, aún así se ha realizado la determinación de la aptitud de uso para riego utilizando la clasificación del US Salinity Laboratory, basada en la comparación de los valores de conductividad eléctrica (CE), con la relación de adsorción del sodio (SAR).

Se ha determinado que las aguas son clase C3S1 que indican bajo peligro de sodificación y alto de salinización del suelo.

CAPÍTULO X

OPERATIVIDAD DEL POZO

10.1 EQUIPO DE BOMBEO

De acuerdo a las características del pozo P-1 en el cual el nivel estático del agua se encuentra a 6m, muy cerca de la superficie, y que la profundidad del nivel dinámico para el caudal máximo determinado de 54 L/s es 13m, el equipo de bombeo recomendable para el trabajo de explotación del pozo es del tipo turbina vertical con motor sumergible, que gira en el orden de 3600 rpm.

Otro tipo de equipo utilizable para este pozo es turbina vertical de eje hasta superficie lubricado con agua y equipado con motor eléctrico vertical de eje hueco. Bombas de este tipo giran en el orden de 1500 rpm.

El equipo de bombeo deberá tener en cuenta las características físicas del pozo y características hidráulicas siguientes:

- Tipo de pozo : Tubular
- Diámetro del entubado del pozo : 14 pulgadas

- Profundidad del pozo : 48.00 m
- Caudal a bombear : 54.00 L/s
- Nivel estático del agua : 6.00 m
- Nivel dinámico del agua : 13.00 m
- Altura dinámica total (ADT) : 25.00 m
- Fluído a bombear : Agua limpia libre de arena
- Energía disponible : Trifásica 220/440

10.2 ÁRBOL DE DESCARGA

En el Gráfico A-4 del Anexo A, se muestra el árbol de descarga del pozo P-1, el cual contiene los elementos necesarios para una operación segura, como válvulas de seguridad, de purga, flujómetro y llaves de paso.

Este diseño permitirá una operación flexible y segura, evitando golpes hidráulicos o efectos de vacío.

10.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL POZO Y ACCESORIOS

Para la instalación del equipo de bombeo, se ha considerado la instalación de sondas de nivel para el encendido y apagado automático de la bomba, de manera que ante un eventual descenso inusual del nivel del agua, la bomba no tenga problemas. Asimismo, de dispositivos de detección de consumos inusuales de corriente eléctrica para corte automático de energía con la finalidad de evitar incendios o trabajo fuera de rango del motor.

También está considerado el uso de variador de velocidad en el tablero de control para conseguir una operación flexible y de consumo óptimo de energía.

10.4 COSTO DE EQUIPAMIENTO Y SISTEMA DE PROTECCIÓN

El costo del equipamiento con bomba tipo sumergible de las características arriba citadas, incluyendo el árbol hidráulico de descarga, sistema de protección y accesorios, se estima en US \$55,000.00 Cincuenticinco mil y 00/100 Dólares americanos.

CAPÍTULO XI

CAUDAL Y RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN

Debido a las características del proceso industrial y de acuerdo con los resultados de las pruebas hidráulicas del pozo P-2 que han determinado su rendimiento óptimo, el volumen solicitado de 1.26 millones de metros cúbicos al año, se puede cubrir con las siguientes alternativas de régimen de explotación:

11.1 RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN CON EL CAUDAL ÓPTIMO DEL POZO P-2

- Caudal instantáneo : 40 L/s

- Horas al día : 24

- Días a la semana : 7

- Meses al año : 12

- Masa anual : 1.26 MMC

En la Tabla 11.1 se muestran los volúmenes de acuerdo al régimen de explotación planteado con el caudal óptimo determinado del pozo P-2, que suman la masa anual solicitada.

Tabla 11.1 Caudal y régimen de explotación con el caudal óptimo

Demanda anual	Caudal instantáneo	Horas/día	Días/semana	Meses/año	<i>Masa anual</i>
m ³	l/s	hora	días	Meses	<i>m³</i>
1,260,000	40	24	7	12	
Volumen - litros		3,452,055	24,164,384	1,260,003,452	<i>1,260,003</i>

11.2 RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN CON EL CAUDAL MÁXIMO DEL POZO P-2

- Caudal instantáneo : 54 L/s
- Horas al día : 17.75
- Días a la semana : 7
- Meses al año : 12
- Masa anual : 1.26 MMC

En la Tabla 11.2 se muestran los volúmenes de acuerdo al régimen de explotación planteado con el caudal máximo determinado del pozo P-2, que suman la masa anual solicitada.

Tabla 11.2 Caudal y régimen de explotación con el caudal máximo

Demanda anual	Caudal instantáneo	Horas/día	Días/semana	Meses/año	<i>Masa anual</i>
m ³	l/s	hora	días	Meses	<i>m³</i>
1,260,000	54	17.75	7	12	
Volumen - litros		3,452	24,164	1,260,000	<i>1,260,000</i>

CONCLUSIONES

1. El pozo denominado P-2 construido en el acuífero aluvial del valle del Río Rímac a la altura de la localidad de Huachipa, tiene una profundidad de 48.00 m. Se ha perforado por el método de percusión a cable, utilizando tubería herramienta de 21 pulgadas de diámetro hasta 34.20 m, luego tubería herramienta de 18 pulgadas. El diámetro de la perforación es algo mayor a 21 pulgadas.
2. Se ha entubado con tuberías de acero inoxidable, diámetro uniforme 14 pulgadas en toda su longitud. Se han instalado 27 m de tuberías filtro tipo ranura continua de 1 mm de abertura o slot, en dos tramos de 18m y 9m de longitud de arriba hacia abajo, separados por un tramo de tubería ciega de 5m. Al fondo y en la parte superior de este entubado se han colocado 5m y 12.25m de tuberías ciegas respectivamente. En el espacio anular diámetro de perforación 21 pulgadas – diámetro del entubado 14 pulgadas, se instaló un prefiltro de grava redondeada seleccionada de diámetro 2 – 4mm

3. Se ha realizado una prueba de bombeo de rendimiento a caudal variable por el método de los escalones. Se desarrollaron cuatro escalones, tres de 2.5 horas de duración cada uno con estabilización del nivel dinámico, y el cuarto de 30 minutos. El primer escalón a 20 L/s con un nivel de agua hasta 7.67m; el segundo a 42 L/s con un nivel de agua hasta 10.77m; el tercero a 63 L/s con un nivel de agua hasta 15.10m y el cuarto escalón a 75 L/s con un nivel de agua hasta 19.57m.
4. De acuerdo con la curva de rendimiento determinada con esta prueba, el caudal óptimo del pozo es 40 L/s para un nivel dinámico del agua de 10.40m, y el caudal máximo 54 L/s para un nivel del agua de 13.00m.
5. Se ha realizado una prueba de bombeo a caudal constante con una duración de 72 horas. El caudal bombeado fue de 42 L/s. Con esta prueba se determinaron los parámetros hidráulicos del acuífero siguientes:
 - Transmisividad : 919 m²/día
 - Permeabilidad : 27 m/día
 - Coeficiente de almacenamiento: 10%
6. El agua bombeada es de la familia química sulfatada cálcica, su aptitud de uso para riego de acuerdo a la clasificación del US Salinity Laboratory es clase C3S1, y potabilidad mala por contenido alto de sulfatos.
7. El Pozo P-2 muestra una buena estabilidad física durante el bombeo, dando consistencia al diseño de instalación con la litología encontrada durante la perforación.

RECOMENDACIONES

1. Para las características del pozo se recomienda utilizar un equipo de bombeo tipo turbina vertical con eje sumergible o uno tipo turbina vertical de eje hasta superficie lubricado por agua con motor eléctrico vertical de eje hueco.
2. El volumen de agua requerido de 1.26 millones de metros cúbicos al año, con el rendimiento máximo determinado del pozo de 54 L/s, se cubre con el régimen de bombeo de 17.75 horas al día, 7 días a la semana, durante 12 meses al año.
3. La recuperación de nivel de agua en el Pozo P-2 y en el Pozo P-1 muestra una respuesta relativamente rápida, por lo cual si es necesario, se podría instalar una bomba adicional en el pozo P-1 durante etapas de mantenimiento en el pozo P-2.
4. El volumen de la demanda de agua para el proyecto de ampliación de la planta Cajamarquilla a 320 K, es 1.26 millones de m³ al año, el cual está

planificado satisfacer con agua subterránea mediante pozos. Por lo tanto, éste es el volumen de agua para el cual se solicita licencia de uso de agua subterránea.

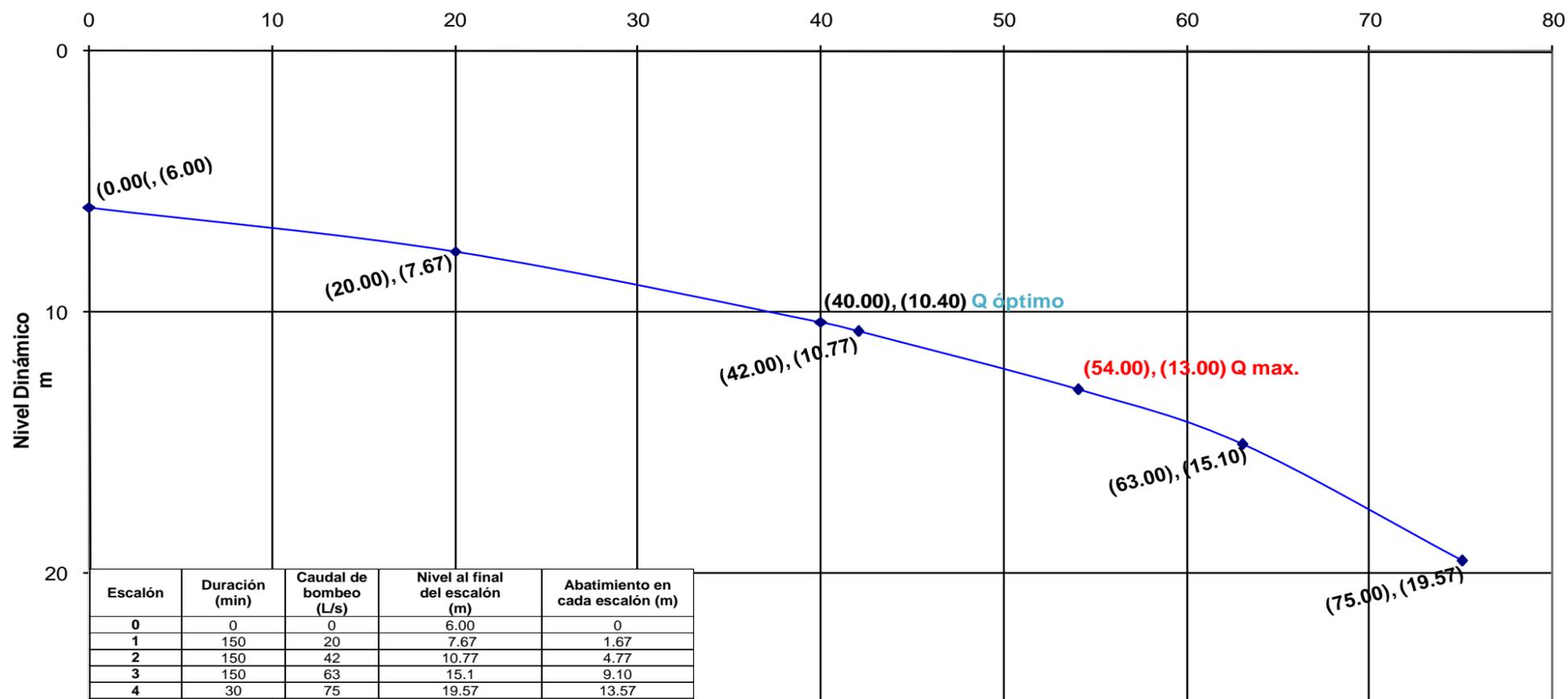
BIBLIOGRAFIA

- P.E. MARTÍNEZ ALFARO, P. MARTÍNEZ SANTOS Y S. CASTAÑO. Fundamentos de Hidrogeología. Edición 2006, Editorial Mundi-Prensa – España.
- MICHAEL PRICE. Agua Subterránea. Edición 2003, Editorial Limusa – México.
- C.W. FETTER. Applied Hydrogeology. Edición 2000, Editorial Prentice Hall – USA.
- JOHNSON FILTRATION SYSTEMS INC. El Agua Subterránea y los Pozos. Edición 1984, Johnson Division – USA.
- MÁXIMO VILLON BÉJAR. Hidrología. Edición 2004, Editorial Instituto Tecnológico de Costa Rica.

- SCHLUMBERGER WATER SERVICES PERU. Estudio Hidrogeológico de Cajamarquilla. Lima, 2008.
- SCHLUMBERGER WATER SERVICES PERU. Memoria Licencia de Agua Pozos Huachipa. Lima, 2009.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac. Lima, 2010.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Diagnostico Situacional de Recarga de Acuíferos. Lima, 2009
- SEDAPAL. Programas Marca II, Marca III. Lima, 2011.
- J. QUINTANA Y J. TOVAR. Evaluación del acuífero de Lima (Perú) y medidas correctoras para contrarrestar la sobreexplotación. Boletín Geológico y Minero, 113 113 (3): 303-312. Lima, 2002

ANEXOS

CURVA DE RENDIMIENTO P-2 CAJAMARQUILLA
Caudal l/s



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA
(UNI)**

Curva de Rendimiento P-2 Huachipa

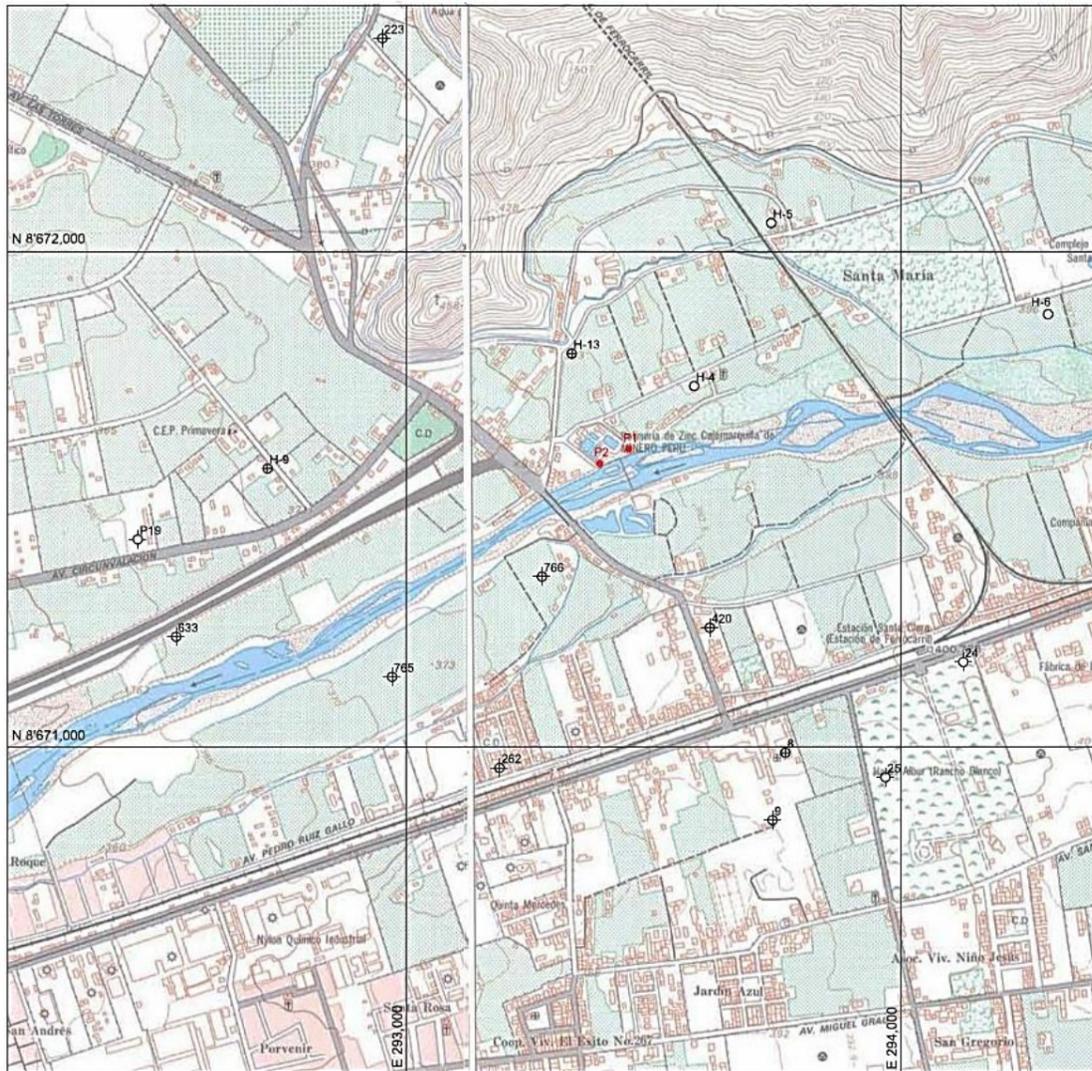
Estudio Hidrogeológico para Abastecimiento de Agua Subterránea de la Refinería de Cajamarquilla

REALIZADO: LH

REVISADO: OP

FECHA: Marzo, 2012

Gráfico A.1



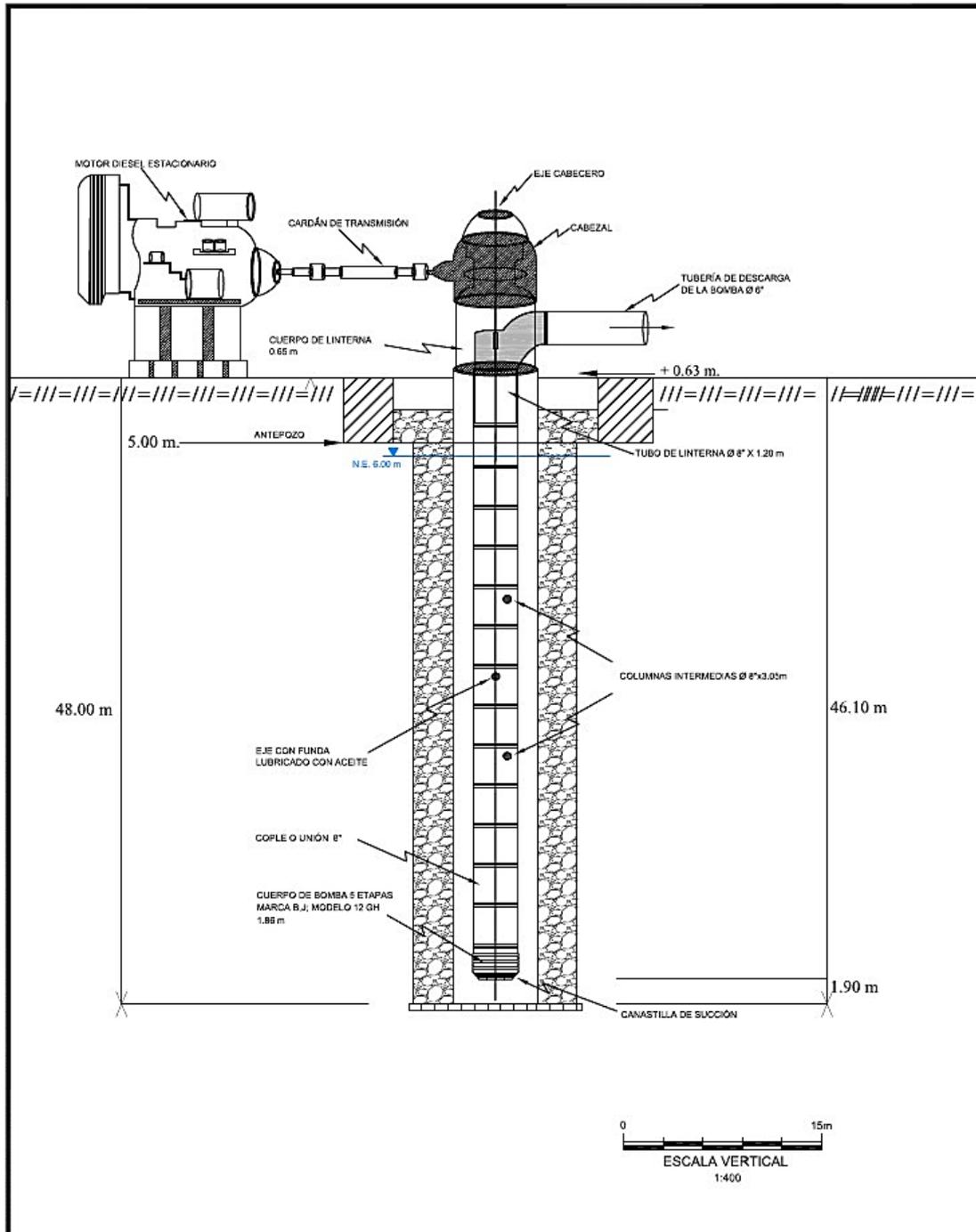
LEYENDA

- ⊕⁷⁶⁵ Pozo tubular con equipo
- ⊕²⁵ Pozo tubular sin equipo
- ⊕⁸ Pozo tajo abierto con equipo
- ⊕⁶ Pozo tajo abierto sin equipo
- ^{P-1} Pozos en construcción

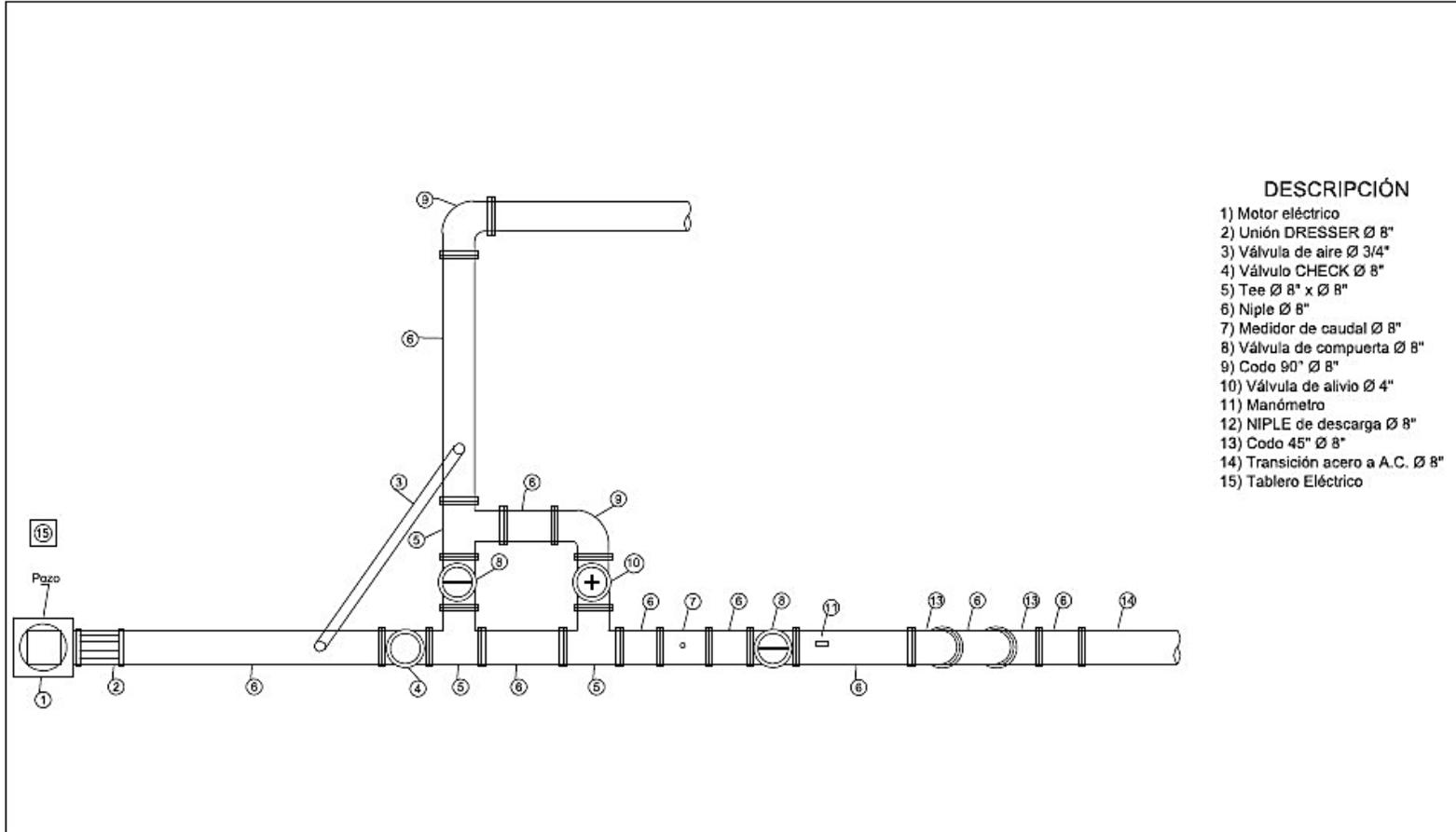


Fuente: IGN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	Plano de ubicación de P-2 y pozos aledaños	
	CLIENTE: Votorantim Metais	PROYECTO: Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
	N° PROY.: 5416 TAREA: 3	DIBUJADO: JR REVISADO: OP
	FECHA: Junio, 2009	Gráfico A.2

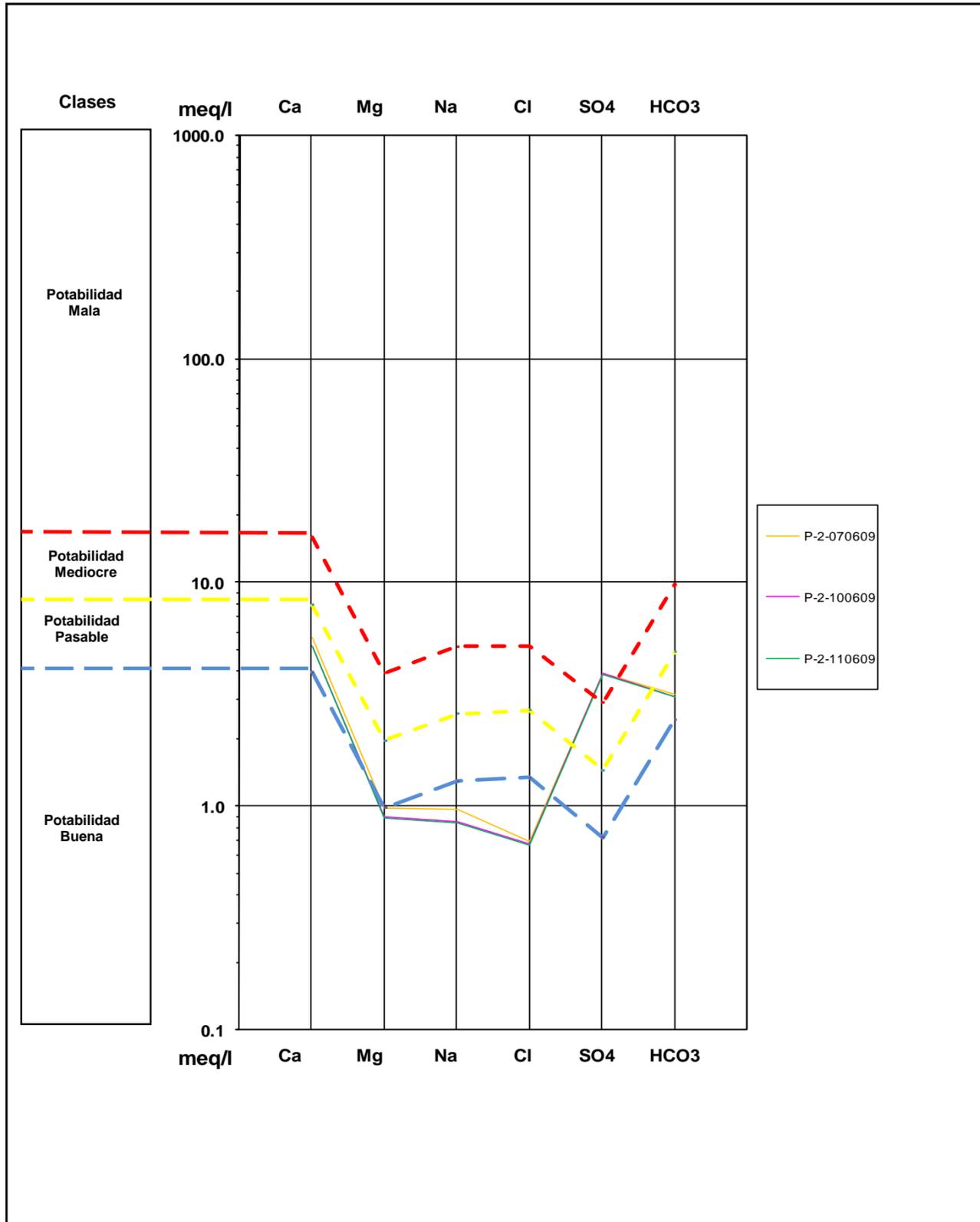


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	Instalación del Equipo de Bombeo de Prueba	
	CLIENTE: Votorantim Metais	PROYECTO: Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de Zinc de Cajamarquilla
	N° PROY.: 5416 TAREA: 3	DIBUJADO: JR REVISADO: OP
	FECHA: Junio, 2009	Gráfico A.3

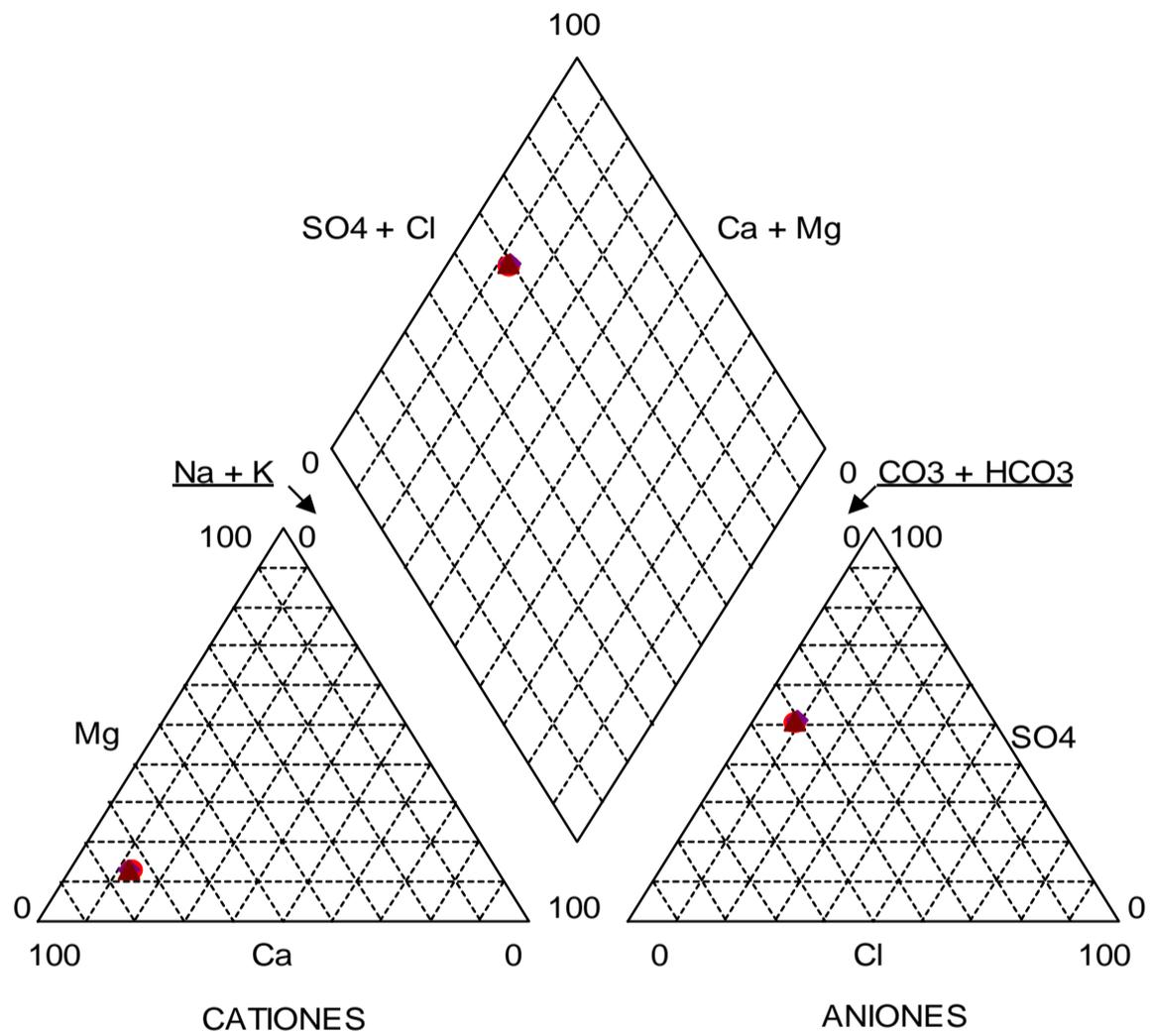


- DESCRIPCIÓN**
- 1) Motor eléctrico
 - 2) Unión DRESSER Ø 8"
 - 3) Válvula de aire Ø 3/4"
 - 4) Válvula CHECK Ø 8"
 - 5) Tee Ø 8" x Ø 8"
 - 6) Niple Ø 8"
 - 7) Medidor de caudal Ø 8"
 - 8) Válvula de compuerta Ø 8"
 - 9) Codo 90° Ø 8"
 - 10) Válvula de alivio Ø 4"
 - 11) Manómetro
 - 12) NIPLÉ de descarga Ø 8"
 - 13) Codo 45° Ø 8"
 - 14) Transición acero a A.C. Ø 8"
 - 15) Tablero Eléctrico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	Árbol de descarga pozo P-2	
	CLIENTE: Votorantim Metais	PROYECTO: Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
	N° PROY.: 5416 TAREA: 3	DIBUJADO: JR REVISADO: OP
	FECHA: Junio, 2009	Gráfico A.4



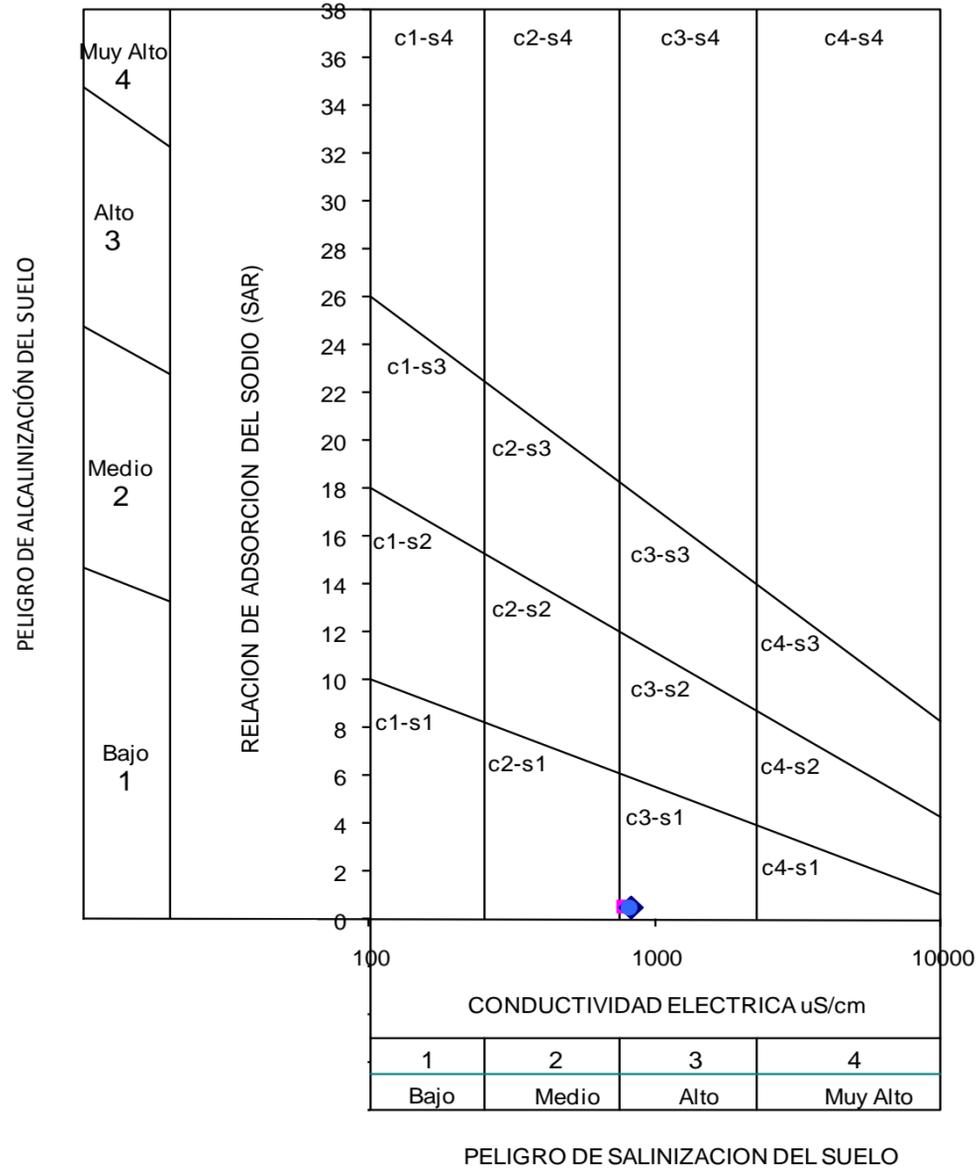
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	Diagrama de potabilidad del agua Pozo P-2			
	CLIENTE: Votorantim Metais		PROYECTO: Estudio hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla	
	Nº DE PROYECTO: 5416	TAREA: 3	DIBUJO: RV	REV.: OP
	FECHA: Junio, 2009		Gráfico A.5	



● P-2-070609 ◆ P-2-100609 ▲ P-2-110609

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	Diagrama de Piper Pozo P-2	
	CLIENTE: Votorantim Metais	PROYECTO: Estudio hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
	Nº DE PROYECTO: 5416 TAREA: 3	DIBUJO: RV REV.: OP
	FECHA: Junio, 2009	Gráfico A.6

**CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO
U.S. LABORATORY SALINITY (USLS)**



■ P-2-070609
 ◆ P-2-100609
 ● P-2-110609

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)	Clasificación de las Aguas para Riego Pozo P-2	
	CLIENTE: Votorantim Metais	PROYECTO: Estudio hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
	Nº DE PROYECTO: 5416 TAREA: 3	DIBUJO: RV REV.: OP
	FECHA: Junio, 2009	Gráfico A.7

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PROYECTO REFINERIA DE ZINC (Cajamarquilla)

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL No 01

UBICACION AV. CIRCUNVALACION-DIST. LURIGANCHO HUACHIPA

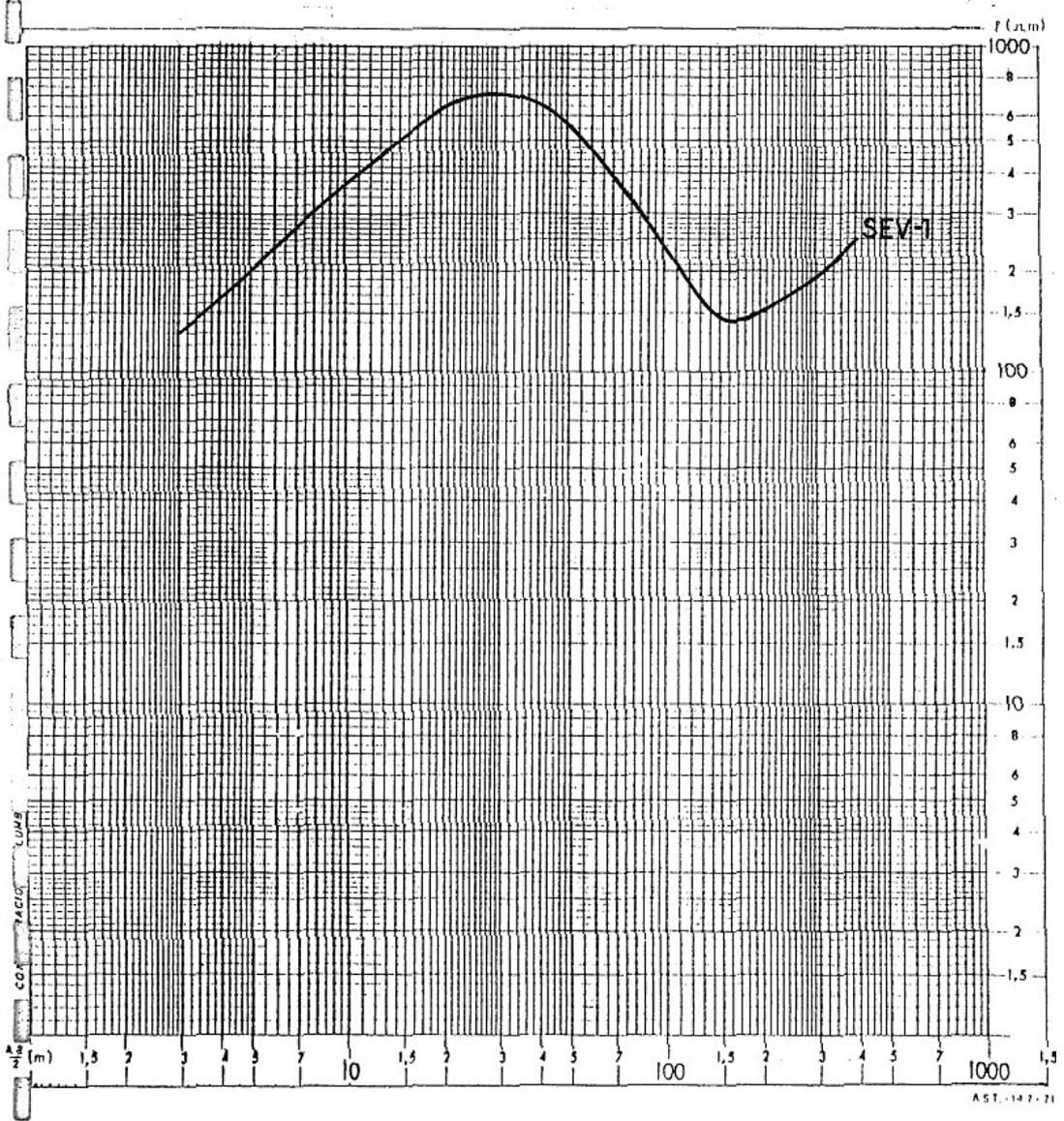
REALIZADO POR HIDROCONSUL

AZIMUT DE LA LINEA

FECHA 27.09.96

INTERPRETACION Ing° A. N. F.

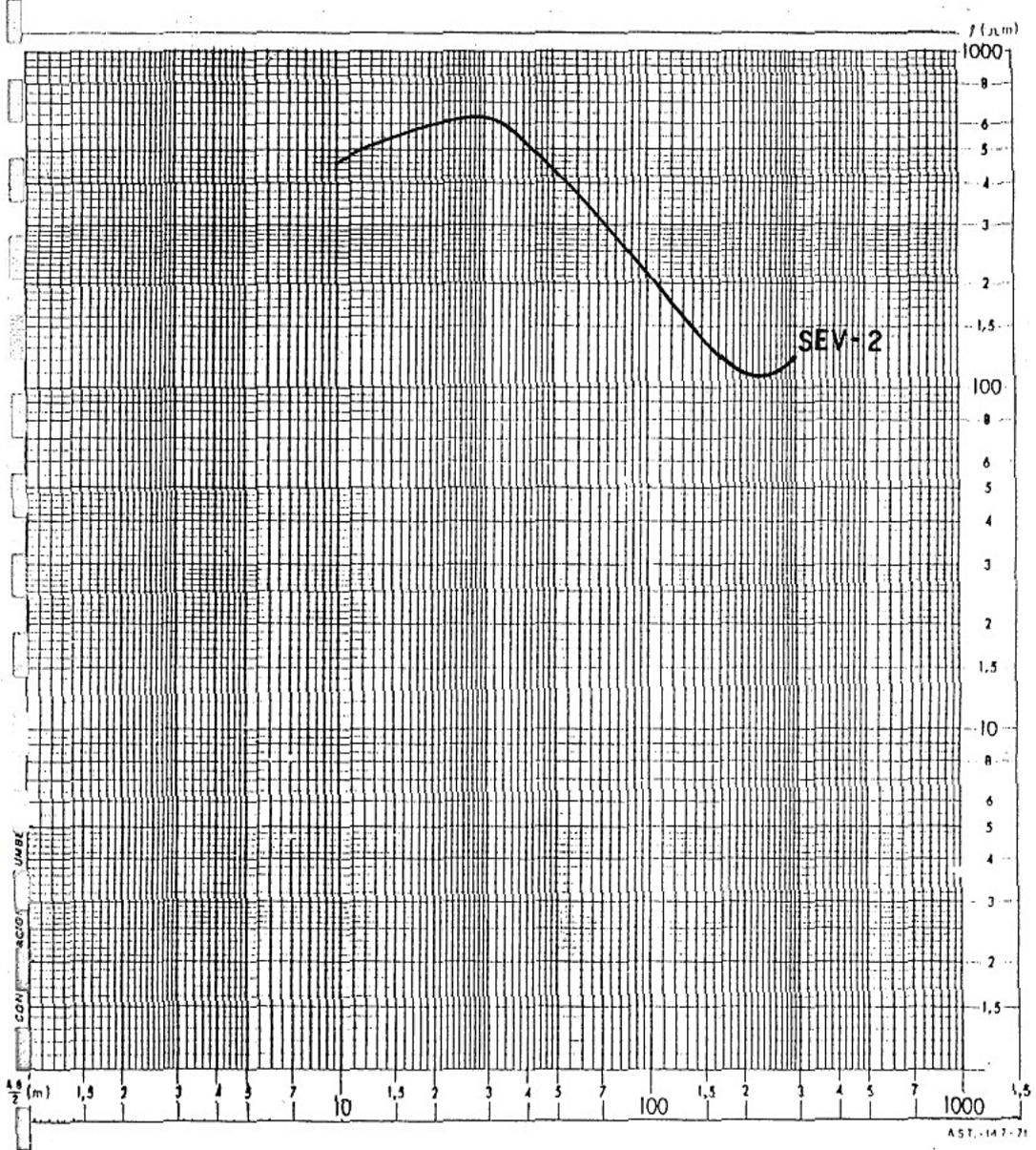
COTA



SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PROYECTO REFINERIA DE ZINC (Cajamarquilla)
 UBICACION AV. CIRCUNVALACION - DIST. LURIGANCHO
 AZIMUT DE LA LINEA
 INTERPRETACION Ing^o A. N. F.

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL No 02
 REALIZADO POR HIDROCONSUL
 FECHA 27.09.96
 COTA



SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PROYECTO REFINERIA DE ZINC (Cajamarquilla)

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL No 03

UBICACION 150 m. del POZO SR. JULIO GUILMONIO

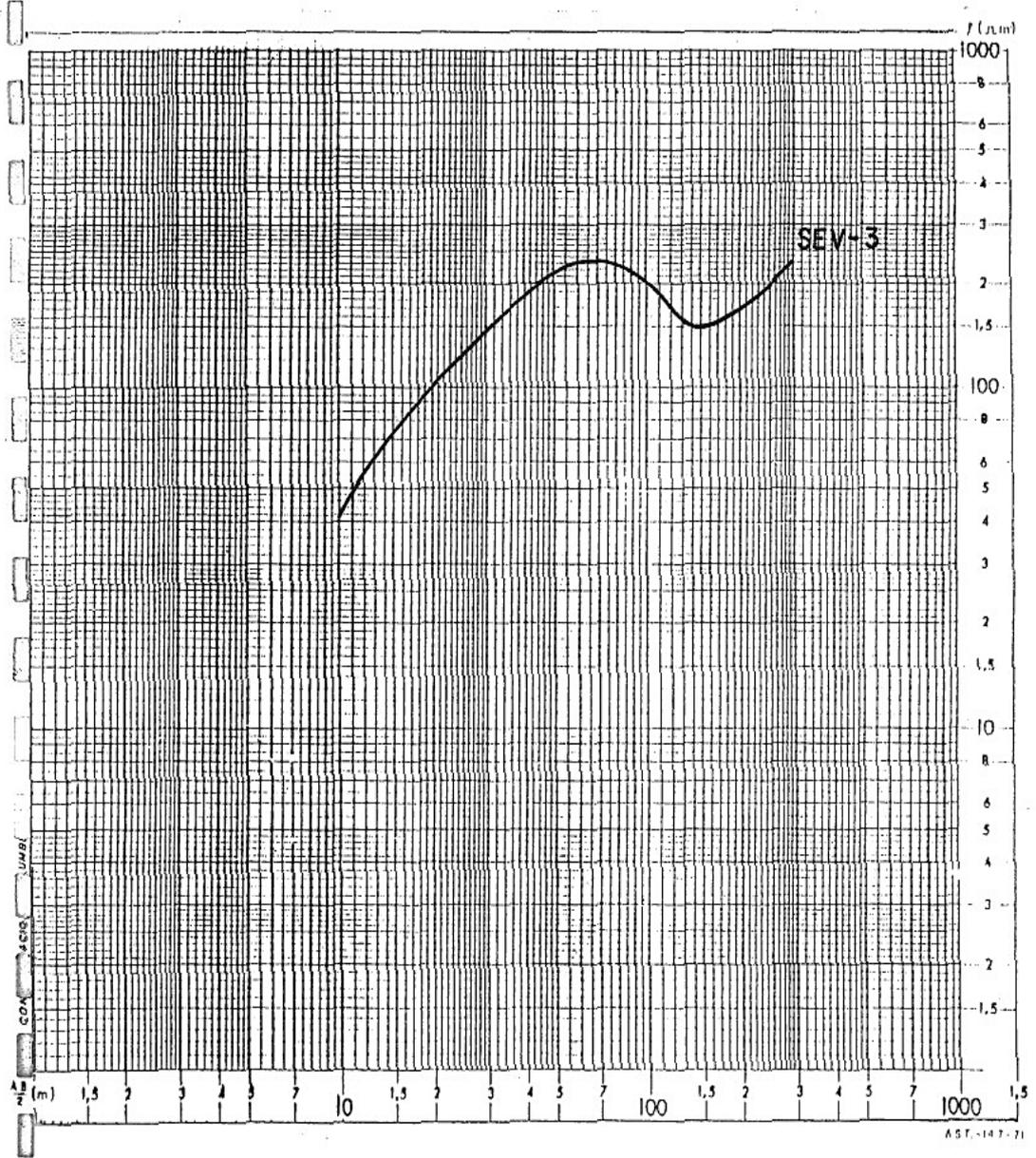
REALIZADO POR HIDROCONSUL

AZIMUT DE LA LINEA

FECHA 27. 09. 96

INTERPRETACION Ing° A. N. F.

COTA



SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PROYECTO REFINERIA DE ZINC (Cajamarquilla)

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL No 05

UBICACION

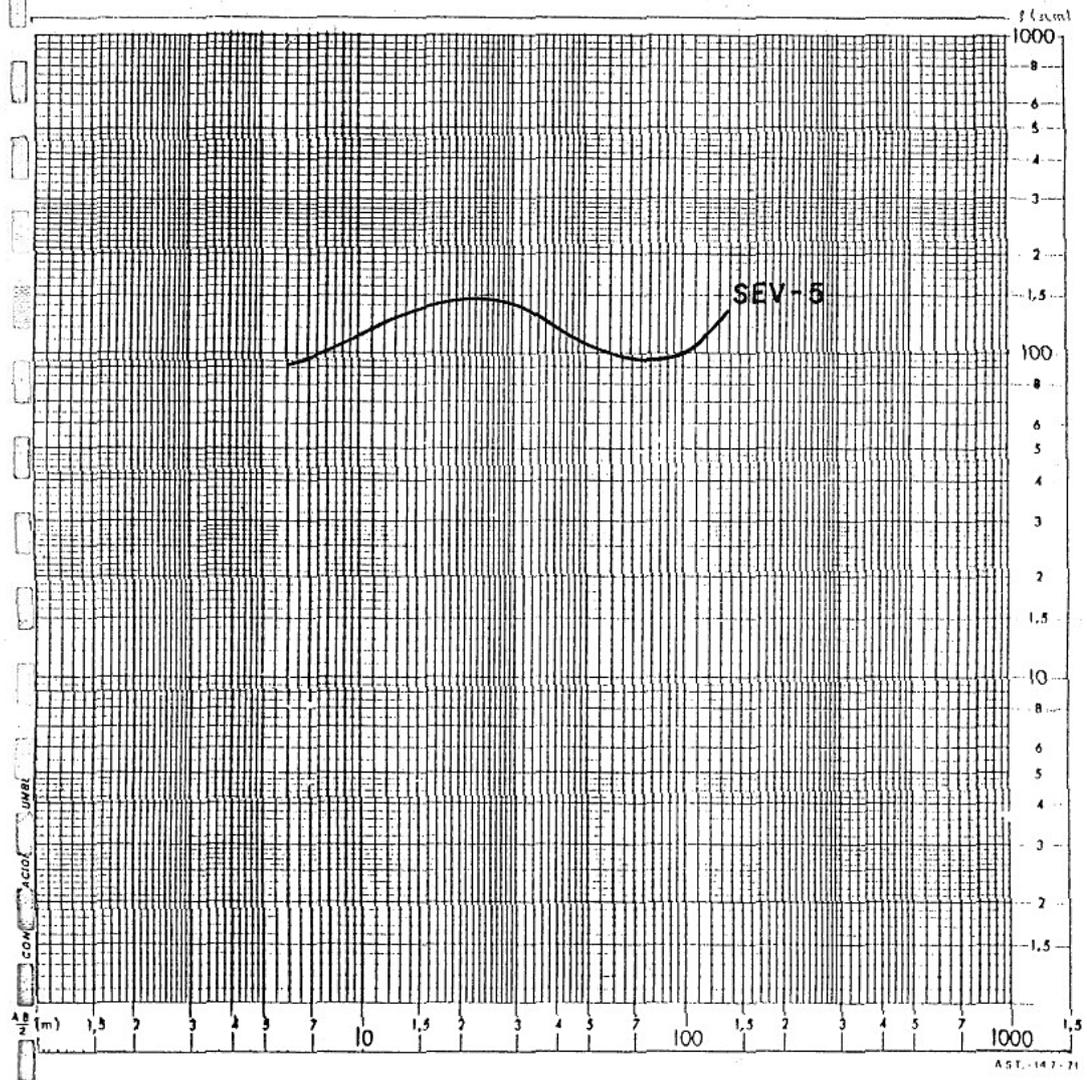
REALIZADO POR HIDROCONSUL

AZIMUT DE LA LINEA

FECHA 02.10.96

INTERPRETACION Ing^o A. N. F.

COTA



SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PROYECTO REFINERIA DE ZINC (Cajamarquilla)

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL No 06

UBICACION

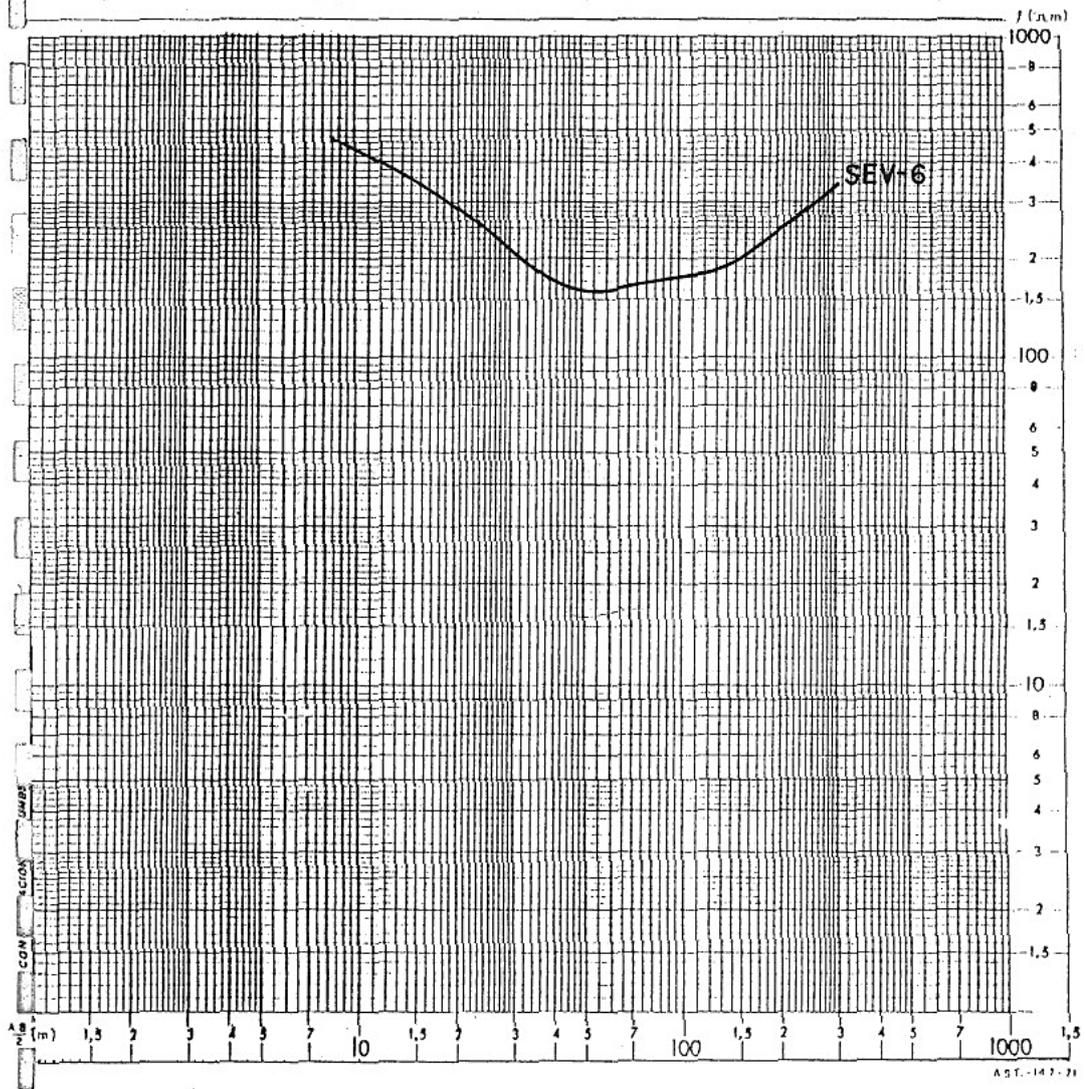
REALIZADO POR HIDROCONSUL

AZIMUT DE LA LINEA

FECHA 02.10.96

INTERPRETACION Ing^o A.N.F.

COTA



SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PROYECTO REFINERIA DE ZINC (Cajamarquilla)

SONDAJE ELECTRICO VERTICAL No 08

UBICACION

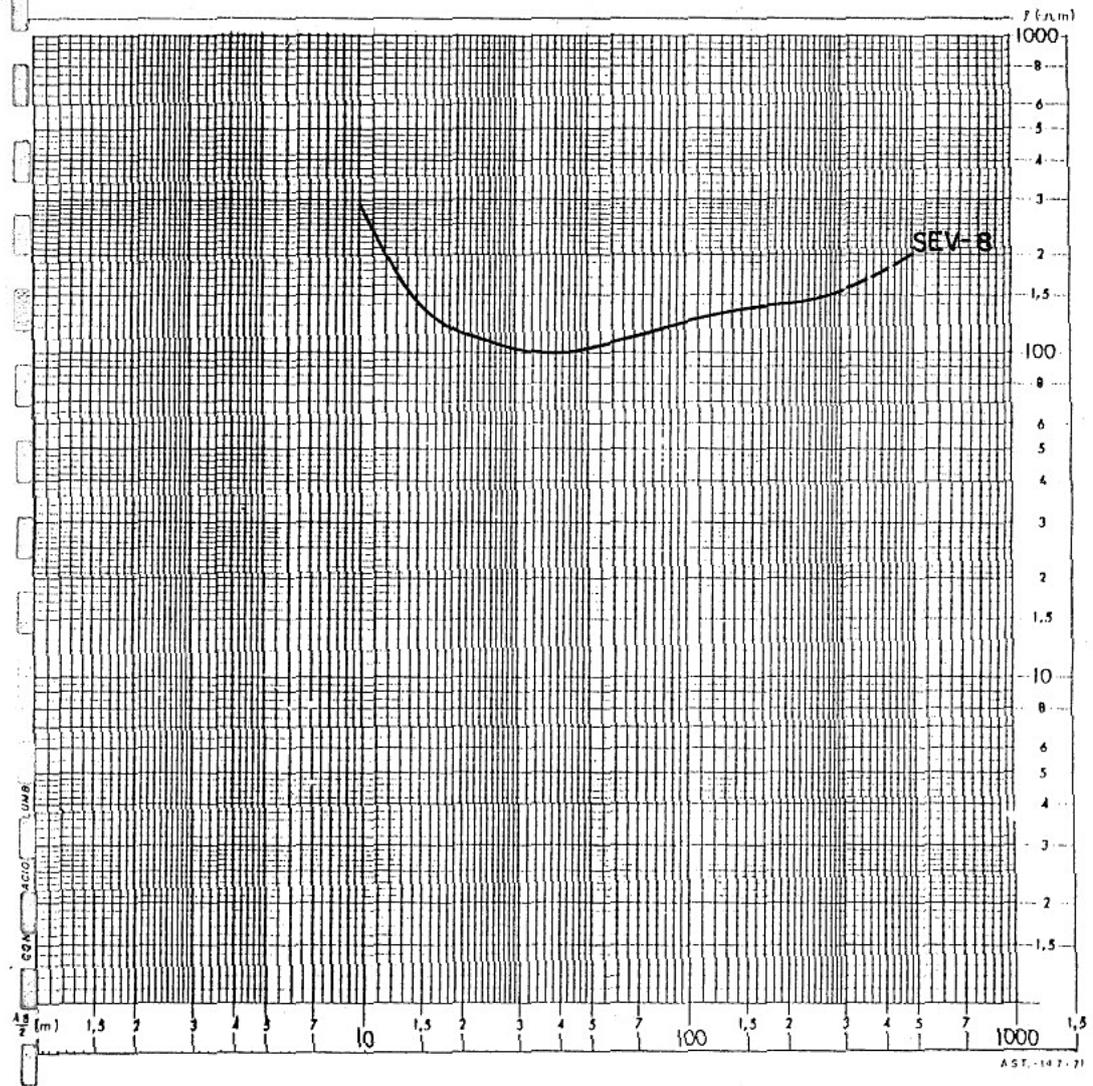
REALIZADO POR HIDROCONSUL

AZIMUT DE LA LINEA

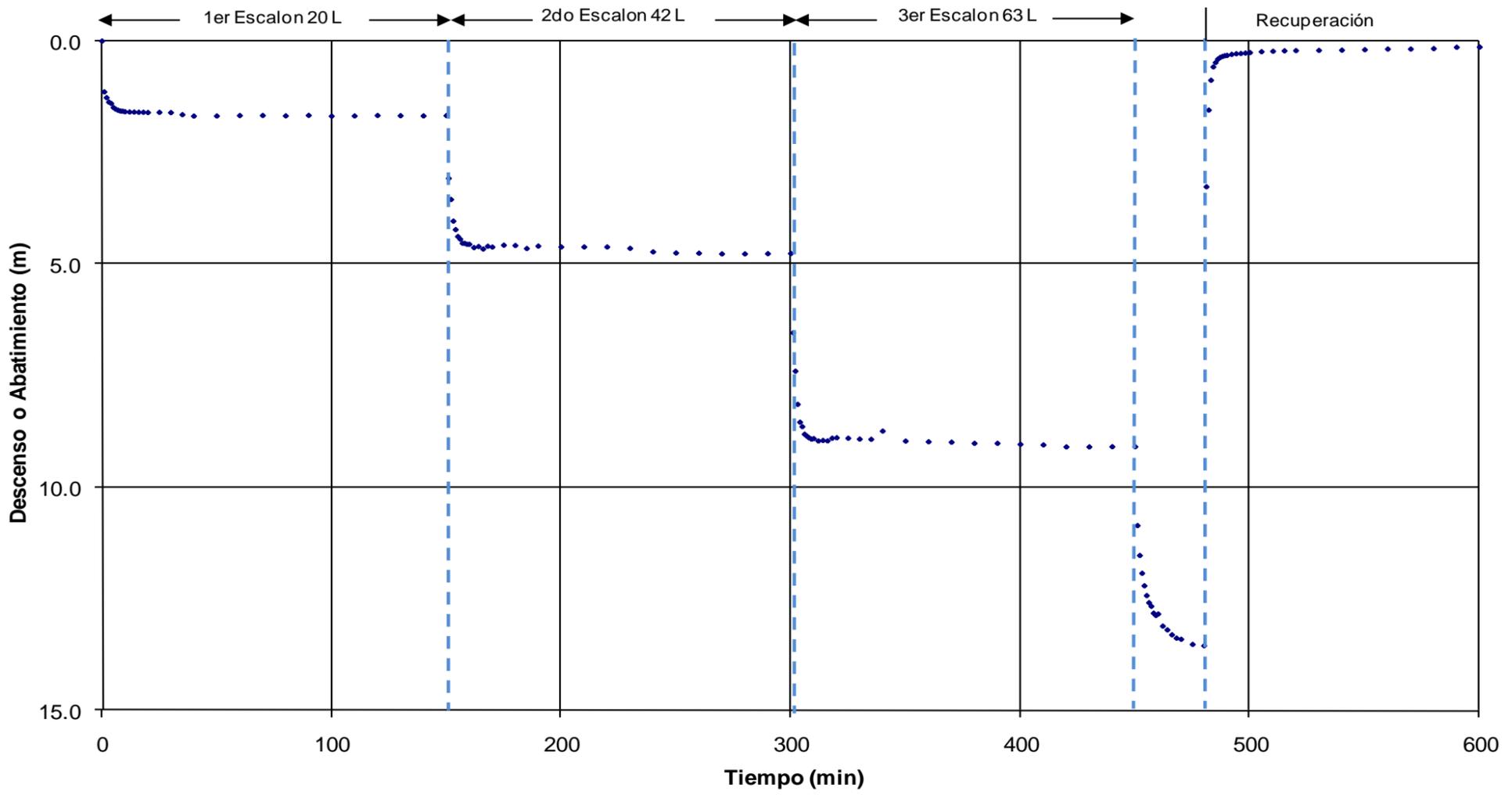
FECHA 02.10.96

INTERPRETACION

COTA

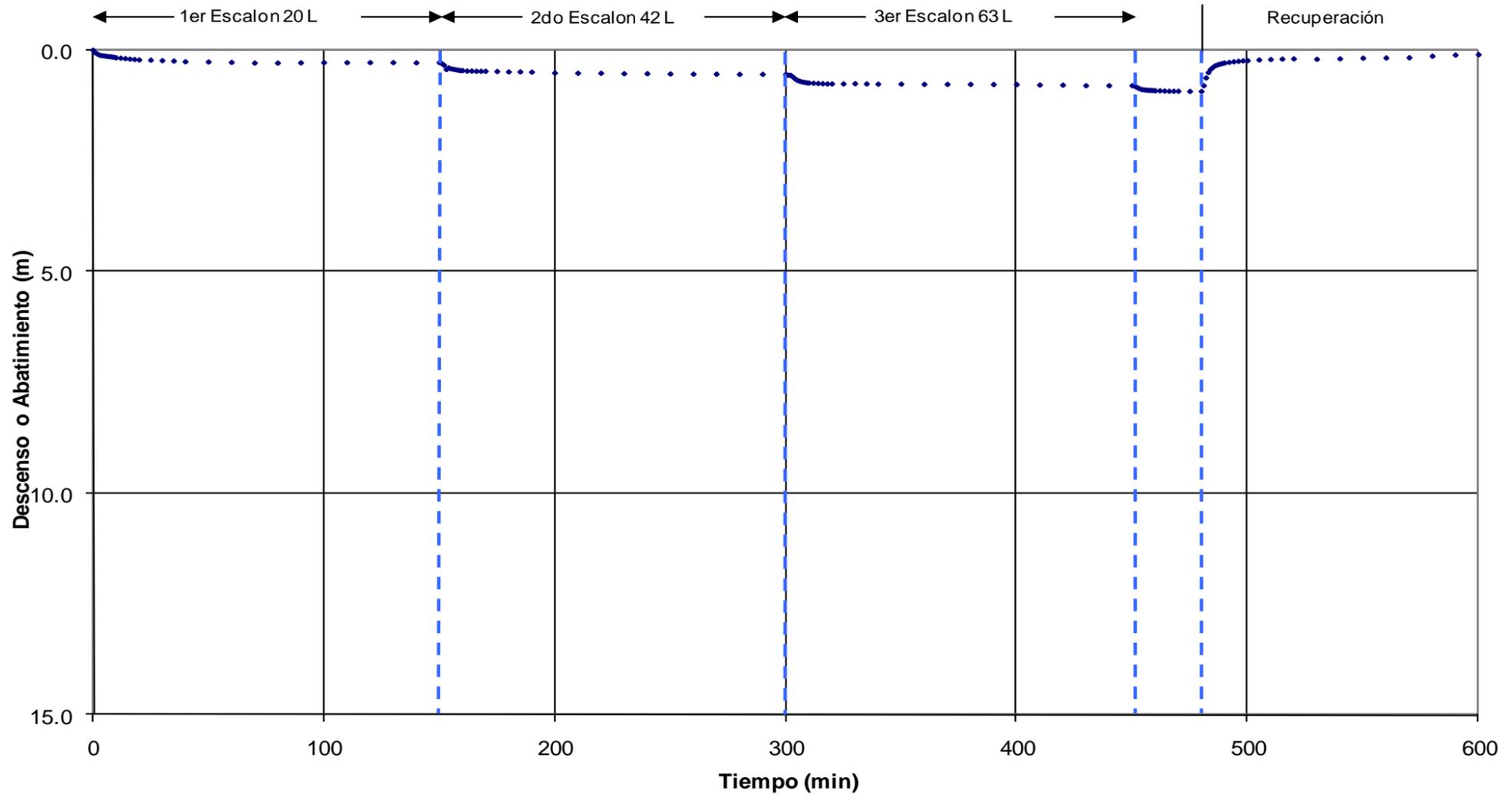


\\Srv003\im\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls



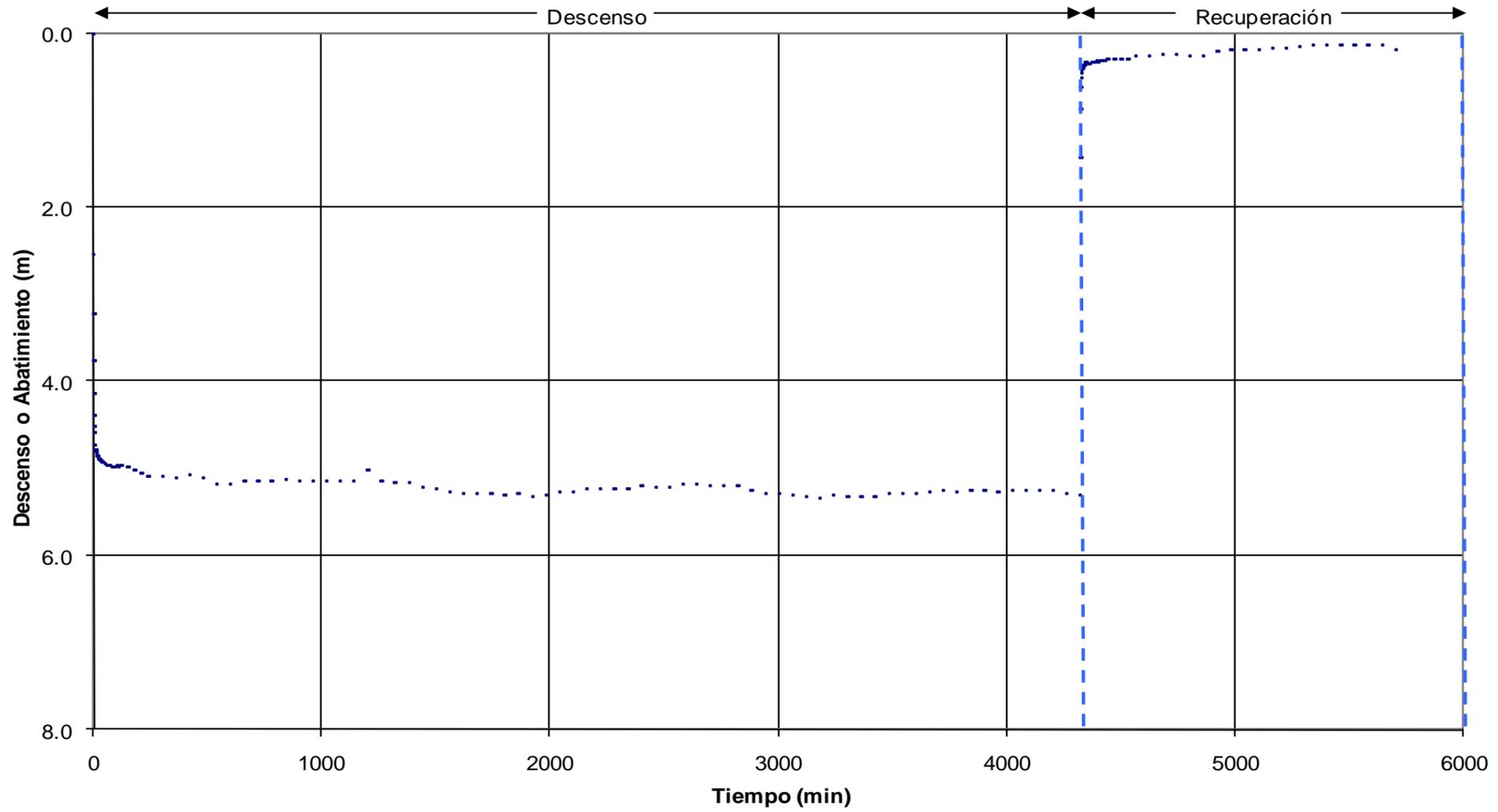
Prueba a Caudal Variable del Pozo P-2 - Huachipa - 07/06/09			
Niveles observados en el Pozo de Bombeo P-2			
CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	3
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP
		Gráfico B.1	

\\Srv003\im\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls



Prueba a Caudal Variable del Pozo P-2 - Huachipa - 07/06/09			
Niveles observados en el Piezómetro de Observación P-1			
CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	3
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP
		Gráfico B.2	

\\Sr003\m\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls

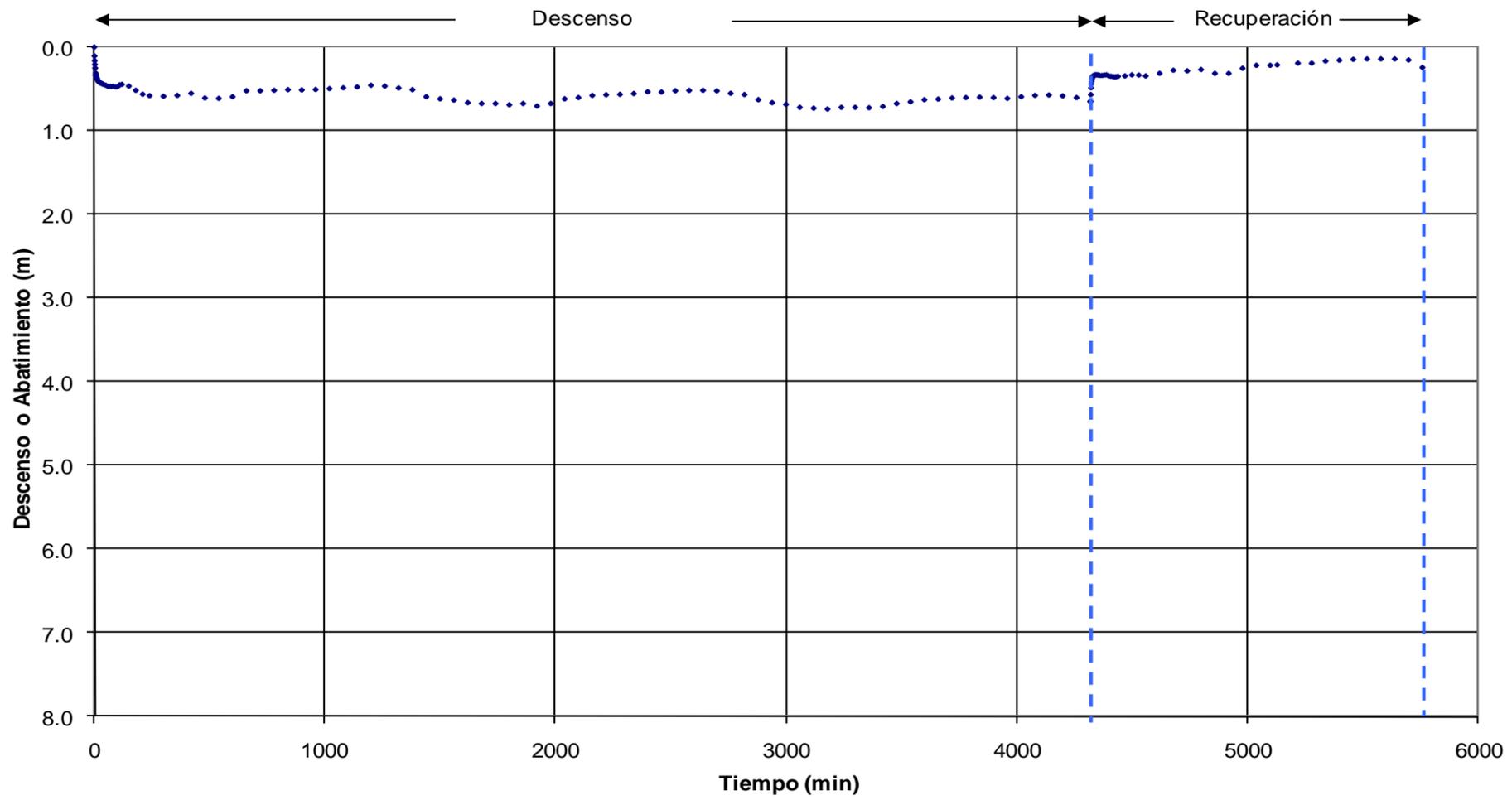


Prueba a Caudal Constante del Pozo P-2 - Huachipa - 08/06/09
Niveles observados en el Pozo de Bombeo P-2

CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	3
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP

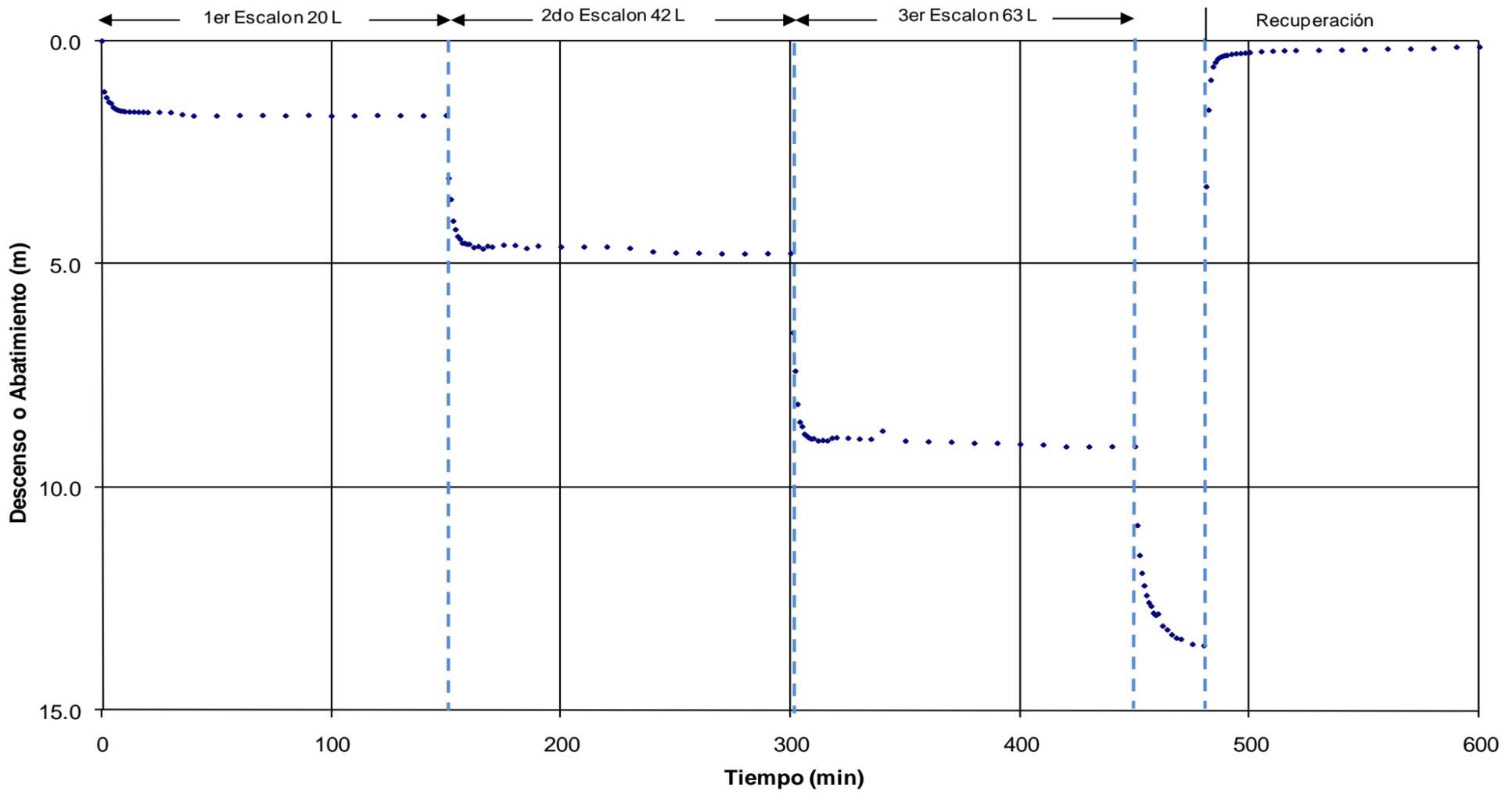
Gráfico B.3

I:\Srv\003\lm\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo_Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls



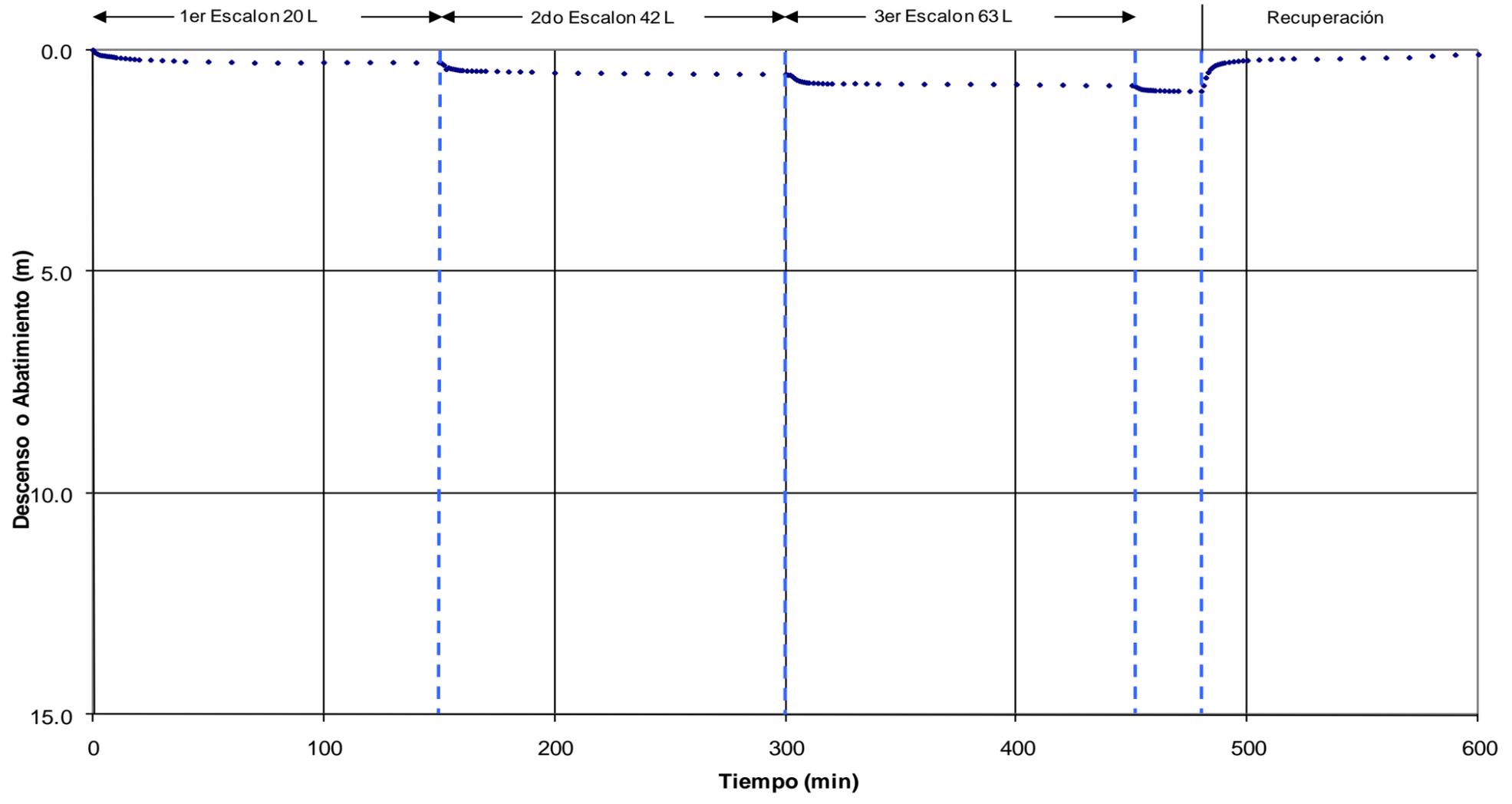
Prueba a Caudal Constante del Pozo P-2 - Huachipa - 08/06/09 Niveles observados en el Piezómetro de Observación P-1			
CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	4
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP
Gráfico B.4			

\\Srv003\im\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls



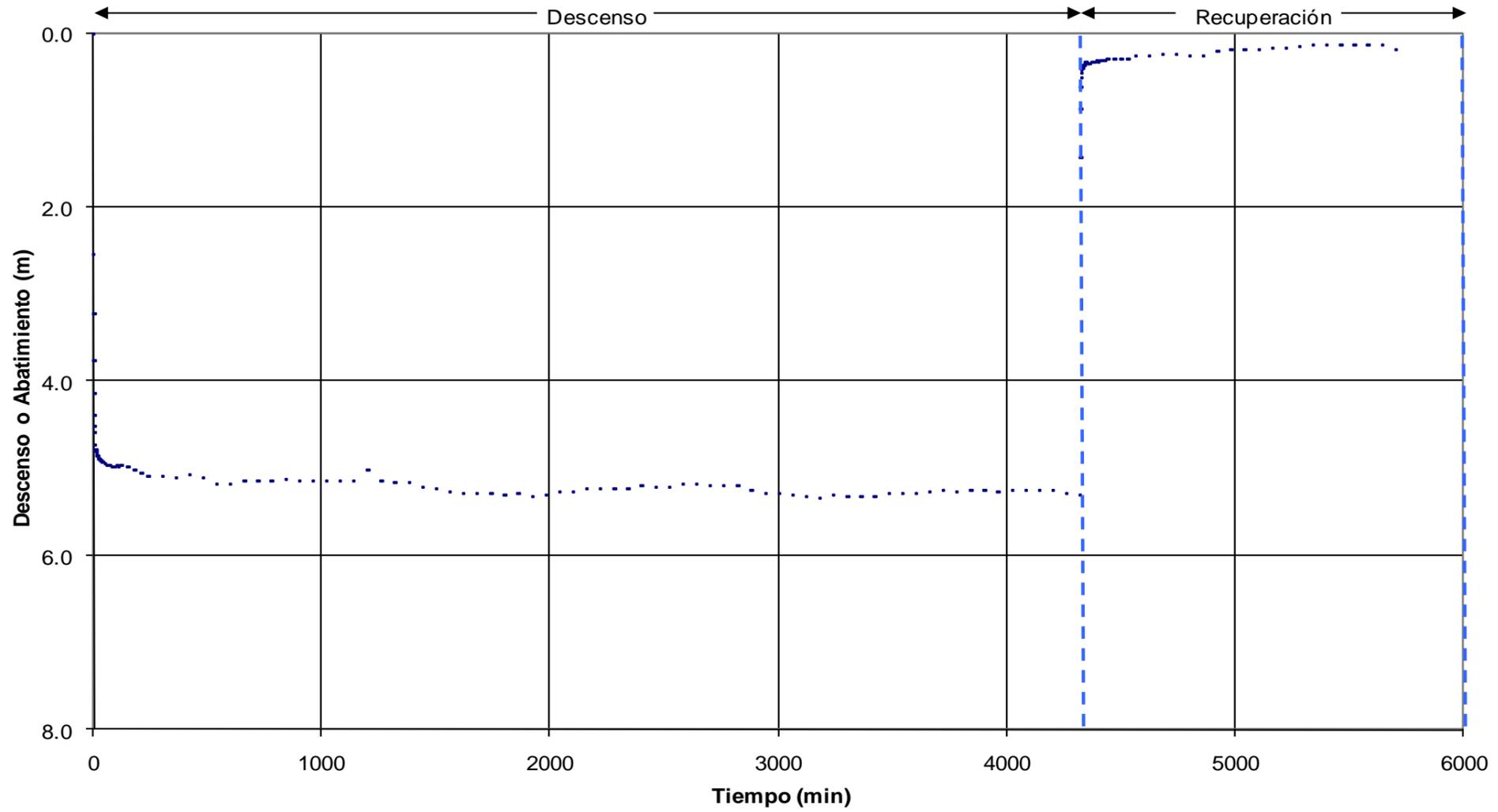
Prueba a Caudal Variable del Pozo P-2 - Huachipa - 07/06/09			
Niveles observados en el Pozo de Bombeo P-2			
CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	3
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP
		Gráfico B.1	

\\Srv003\im\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls



Prueba a Caudal Variable del Pozo P-2 - Huachipa - 07/06/09			
Niveles observados en el Piezómetro de Observación P-1			
CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	3
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP
		Gráfico B.2	

\\Sr\003\m\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls

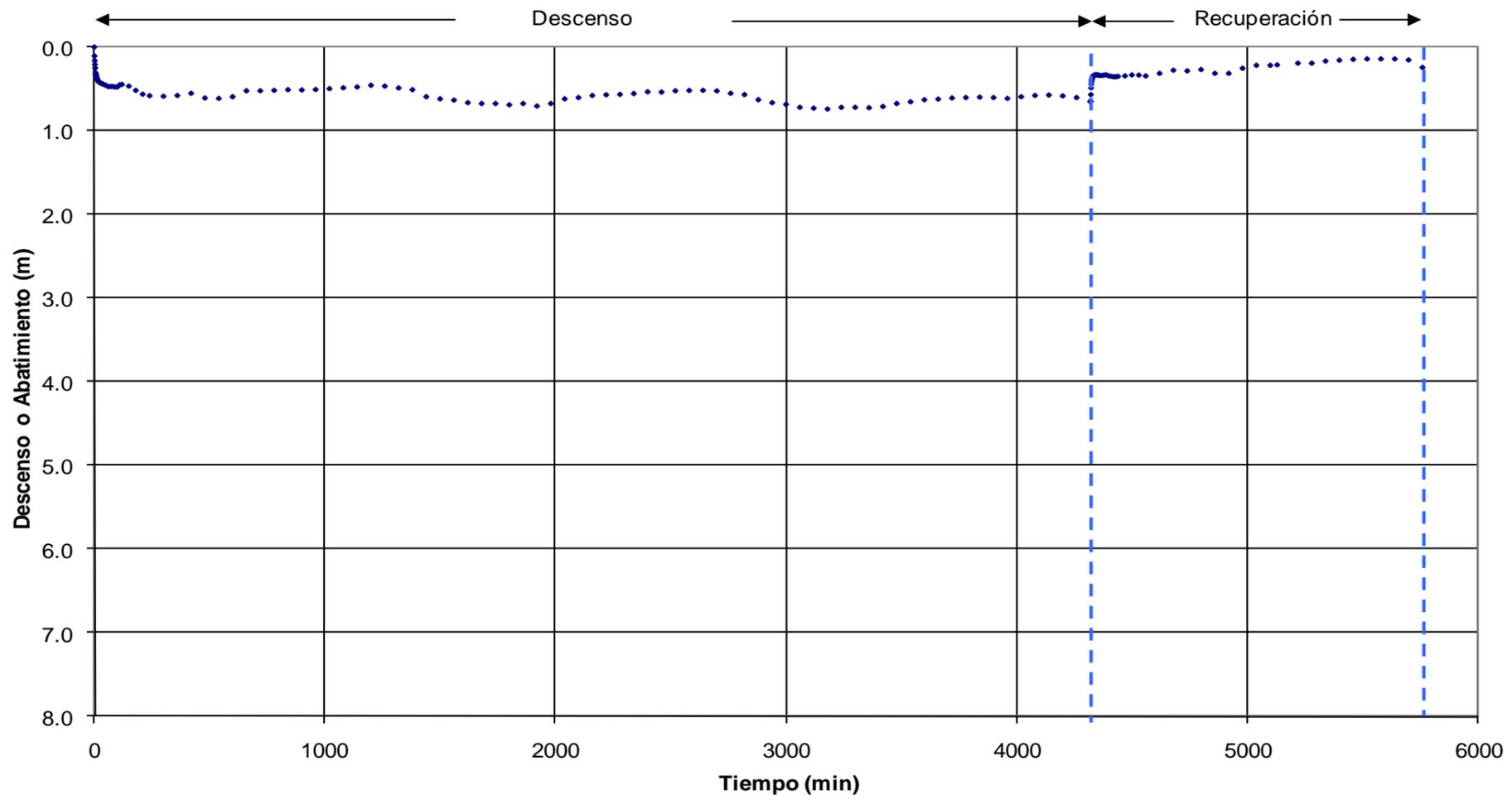


Prueba a Caudal Constante del Pozo P-2 - Huachipa - 08/06/09
Niveles observados en el Pozo de Bombeo P-2

CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinera de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	3
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP

Gráfico B.3

I:\Srv\003\Im\Projects\5416_Cajamarquilla_Well_Construction\500_Report\Memo_Ministerio\FINAL\Anexos\ANEXO B\Gráficos B.1, B.2, B.3, B.4.xls



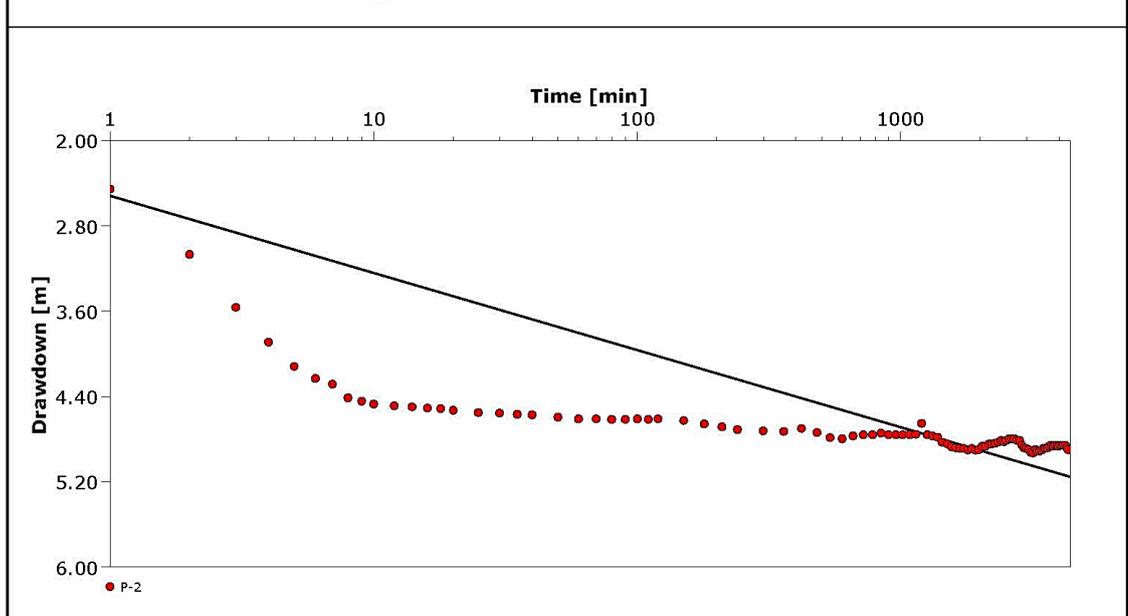
Prueba a Caudal Constante del Pozo P-2 - Huachipa - 08/06/09
Niveles observados en el Piezómetro de Observación P-1

CLIENTE:	Votorantim Metais	PROYECTO:	Estudio Hidrogeológico para expansión de la refinería de zinc de Cajamarquilla
Nº DE PROYECTO:	5416	TAREA:	4
FECHA:	Junio, 2009	DIBUJADO:	SL REVISADO: OP

Gráfico B.4

			Pumping Test Analysis Report		P-2
			Project: Cajamarquilla		
			Number: 5416-3		
			Client: Votorantim Metais		
Location: Planta de agua Huachipa		Pumping Test: Caudal Constante		Pumping Well: P-2	
Test Conducted by: Sandro Ludeña			Test Date: 08/06/2009		
Analysis Performed by: SL - OPCH		Descenso en piezómetro P-1		Analysis Date: 15/06/2009	
Aquifer Thickness: 34.00 m		Discharge Rate: 42 [l/s]			
Calculation after Cooper & Jacob					
Observation Well	Transmissivity [m ² /d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [m]	
P-1	1.14 × 10 ⁻³	3.36 × 10 ⁻¹	1.02 × 10 ⁻¹	58.6	
Gráfico C.1					

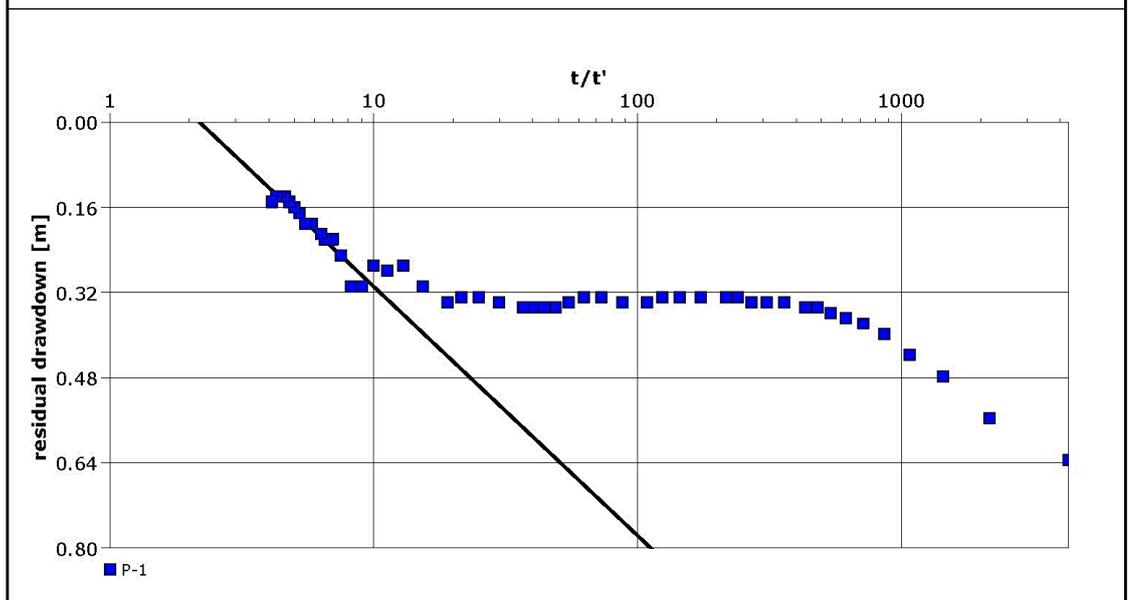
			Pumping Test Analysis Report		P-2
			Project: Cajamarquilla		
			Number: 5416-3		
			Client: Votorantim Metais		
Location: Planta de agua Huachipa		Pumping Test: Caudal Constante		Pumping Well: P-2	
Test Conducted by: Sandro Ludeña			Test Date: 08/06/2009		
Analysis Performed by: SL - OPCH		Descenso en P-2		Analysis Date: 15/06/2009	
Aquifer Thickness: 34.00 m		Discharge Rate: 42 [l/s]			



Calculation after Cooper & Jacob				
Observation Well	Transmissivity [m ² /d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Specific Yield	Radial Distance to PW [m]
P-2	9.19×10^2	2.70×10^1		

Gráfico C.2

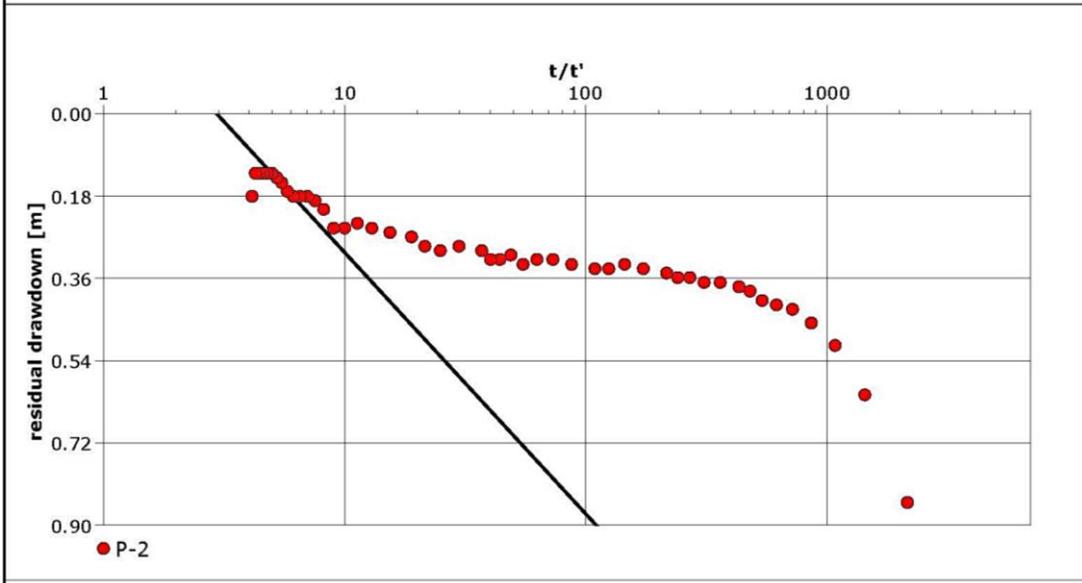
			Pumping Test Analysis Report		P-2
			Project: Cajamarquilla		
			Number: 5416-3		
			Client: Votorantim Metais		
Location: Planta de agua Huachipa		Pumping Test: Caudal Constante		Pumping Well: P-2	
Test Conducted by: Sandro Ludeña				Test Date: 08/06/2009	
Analysis Performed by: SL - OPCH		Recuperación P-1		Analysis Date: 15/06/2009	
Aquifer Thickness: 34.00 m		Discharge Rate: 42 [l/s]			



Calculation after Theis & Jacob				
Observation Well	Transmissivity [m ² /d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Radial Distance to PW [m]	
P-1	1.42 × 10 ³	4.18 × 10 ¹	58.6	

Gráfico C.3

			Pumping Test Analysis Report		P-2	
			Project: Cajamarquilla			
			Number: 5416-3			
			Client: Votorantim Metais			
Location: Planta de agua Huachipa		Pumping Test: Caudal Constante		Pumping Well: P-2		
Test Conducted by: Sandro Ludeña				Test Date: 08/06/2009		
Analysis Performed by: SL - OPCH		Recuperación P-2		Analysis Date: 15/06/2009		
Aquifer Thickness: 34.00 m		Discharge Rate: 42 [l/s]				



Calculation after Theis & Jacob				
Observation Well	Transmissivity [m ² /d]	Hydraulic Conductivity [m/d]	Radial Distance to PW [m]	
P-2	1.16 × 10 ³	3.42 × 10 ¹		

Gráfico C.4

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-2
Día de Bombeo	7-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	De rendimiento
Nivel Estático	6.00 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.58 m
Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Supervisor:	SL, JM, LH

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal PITOT l/s	
Escalón 1	6.00	0.00	168,283.00				
1	7.14	1.14	168,284.20	20.00	0.21	22.09	Calibración de motor
2	7.27	1.27	168,286.00	30.00	0.17	20.70	Calibración de motor
3	7.37	1.37	168,287.20	20.00	0.17	20.70	Calibración de motor
4	7.40	1.40	168,288.40	20.00	0.17	20.70	Calibración de motor
5	7.49	1.49	168,289.60	20.00	0.18	20.70	
6	7.53	1.53	168,290.70	18.33	0.18	20.70	
7	7.55	1.55	168,291.80	18.33	0.18	20.70	
8	7.57	1.57	168,292.90	18.33	0.20	22.09	
9	7.58	1.58	168,293.90	16.67	0.18	20.70	
10	7.59	1.59	168,295.00	18.33	0.17	20.70	
12	7.59	1.59	168,297.50	20.83	0.17	20.70	
14	7.59	1.59	168,300.00	20.83	0.17	20.70	
16	7.60	1.60	168,302.00	16.67	0.17	20.70	
18	7.60	1.60	168,305.00	25.00	0.17	20.70	
20	7.60	1.60	168,307.00	16.67	0.17	20.70	
25	7.60	1.60	168,313.00	20.00	0.17	20.70	
30	7.61	1.61	168,319.00	20.00	0.18	20.70	Calibración de motor
35	7.65	1.65	168,325.00	20.00	0.18	20.70	
40	7.68	1.68	168,331.00	20.00	0.17	20.65	
50	7.68	1.68	168,344.00	21.67	0.17	20.65	
60	7.67	1.67	168,356.90	21.50	0.17	20.65	Calibración de motor
70	7.67	1.67	168,369.00	20.17	0.17	20.65	
80	7.68	1.68	168,381.00	20.00	0.17	20.60	
90	7.67	1.67	168,393.00	20.00	0.17	20.60	
100	7.69	1.69	168,405.00	20.00	0.17	20.65	
110	7.68	1.68	168,418.00	21.67	0.17	20.60	
120	7.67	1.67	168,430.00	20.00	0.17	20.60	Calibración de motor
130	7.68	1.68	168,442.00	20.00	0.17	20.60	
140	7.68	1.68	168,454.00	20.00	0.17	20.60	
150	7.67	1.67	168,466.00	20.00	0.17	20.60	
TOTAL			183.00				
PROMEDIO			20.33	20.17			
Promedio de flujo escalón 1 =			20	l/s	1749.60	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.00 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-2	Altura de Collar	0.58 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, JM, LH

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Medidas de flujo							
Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso m	Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal PITOT l/s	Observaciones
Escalón 2							
151	9.08	3.08	168,469.00	50.00	0.69	40.00	Calibración de motor
152	9.56	3.56	168,471.00	33.33	0.70	40.00	Calibración de motor
153	10.04	4.04	168,473.00	33.33	0.70	40.70	Calibración de motor
154	10.23	4.23	168,476.00	50.00	0.72	41.20	Calibración de motor
155	10.39	4.39	168,478.30	38.33	0.70	40.26	
156	10.44	4.44	168,481.00	45.00	0.69	39.88	
157	10.54	4.54	168,483.00	33.33	0.70	40.26	
158	10.54	4.54	168,486.00	50.00	0.69	40.00	Calibración de motor
159	10.56	4.56	168,488.00	33.33	0.69	40.00	
160	10.56	4.56	168,491.00	50.00	0.70	40.70	
162	10.63	4.63	168,496.00	41.67	0.70	40.70	Calibración de motor
164	10.61	4.61	168,501.00	41.67	0.70	40.70	
166	10.67	4.67	168,506.00	41.67	0.72	41.20	
168	10.60	4.60	168,511.00	41.67	0.70	40.00	
170	10.62	4.62	168,516.00	41.67	0.72	41.20	Calibración de motor
175	10.58	4.58	168,529.00	43.33	0.70	40.00	
180	10.59	4.59	168,541.50	41.67	0.70	40.00	
185	10.66	4.66	168,554.00	41.67	0.71	40.64	
190	10.60	4.60	168,567.00	43.33	0.70	40.00	
200	10.62	4.62	168,594.00	45.00	0.70	40.00	
210	10.62	4.62	168,618.00	40.00	0.70	40.00	Calibración de motor
220	10.62	4.62	168,645.00	45.00	0.70	40.00	
230	10.65	4.65	168,668.00	38.33	0.70	40.00	
240	10.73	4.73	168,694.00	43.33	0.71	40.64	Calibración de motor
250	10.76	4.76	168,719.00	41.67	0.71	40.64	
260	10.76	4.76	168,745.00	43.33	0.71	40.64	
270	10.78	4.78	168,771.00	43.33	0.71	40.64	Calibración de motor
280	10.78	4.78	168,795.50	40.83	0.71	40.64	
290	10.77	4.77	168,821.00	42.50	0.71	40.64	
300	10.77	4.77	168,846.00	41.67	0.71	40.64	
TOTAL			377.00				
PROMEDIO			42.17	42.0			
Promedio de flujo escalón 2 =			42	l/s	3637.17	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.00 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-2	Altura de Collar	0.58 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, JM, LH

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Medidas de flujo							Observaciones
Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso m	Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal PITOT l/s	

Escalón 3							
301	12.55	6.55	168,850.00	66.67	1.55	60.01	Calibración de motor
302	13.41	7.41	168,854.00	66.67	1.56	60.26	Calibración de motor
303	14.15	8.15	168,857.00	50.00	1.56	60.26	
304	14.55	8.55	168,861.00	66.67	1.55	60.01	
305	14.65	8.65	168,866.00	83.33	1.55	60.01	
306	14.82	8.82	168,869.00	50.00	1.59	60.64	Calibración de motor
307	14.86	8.86	168,873.00	66.67	1.59	60.64	
308	14.90	8.90	168,876.00	50.00	1.59	60.64	
309	14.93	8.93	168,880.00	66.67	1.58	60.50	
310	14.92	8.92	168,884.00	66.67	1.58	60.50	
312	14.97	8.97	168,892.00	66.67	1.58	60.50	
314	14.96	8.96	168,899.00	58.33	1.58	60.50	
316	14.97	8.97	168,907.00	66.67	1.58	60.50	Calibración de motor
318	14.91	8.91	168,914.00	58.33	1.56	60.26	
320	14.90	8.90	168,922.00	66.67	1.56	60.26	
325	14.91	8.91	168,941.00	63.33	1.56	60.26	
330	14.93	8.93	168,960.00	63.33	1.56	60.26	
335	14.94	8.94	168,983.00	76.67	1.56	60.45	Calibración de motor
340	14.75	8.75	168,998.00	50.00	1.56	60.01	
350	14.98	8.98	169,035.00	61.67	1.56	60.15	
360	14.99	8.99	169,073.00	63.33	1.56	60.15	Calibración de motor
370	15.00	9.00	169,114.00	68.33	1.56	60.15	
380	15.03	9.03	169,148.50	57.50	1.56	60.15	
390	15.03	9.03	169,186.40	63.17	1.55	60.01	
400	15.05	9.05	169,224.00	62.67	1.55	60.01	
410	15.06	9.06	169,263.00	65.00	1.55	60.01	
420	15.11	9.11	169,300.00	61.67	1.55	60.01	Calibración de motor
430	15.11	9.11	169,337.00	61.67	1.55	60.01	
440	15.10	9.10	169,375.00	63.33	1.55	60.01	
450	15.10	9.10	169,411.00	60.00	1.55	60.01	
TOTAL			561.00				
PROMEDIO			62.75	63.1			
Promedio de flujo escalón 3 =			63	l/s	5,434.87	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.00 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-2	Altura de Collar	0.58 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, JM, LH

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo			Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	

Escalón 4							
451	16.87	10.87	169,419.00	133.33	--	--	Calibración de motor
452	17.54	11.54	169,422.00	50.00	--	--	
453	17.94	11.94	169,426.00	66.67	--	--	
454	18.22	12.22	169,431.00	83.33	--	--	
455	18.44	12.44	169,435.00	66.67	--	--	
456	18.60	12.60	169,440.00	83.33	--	--	
457	18.68	12.68	169,444.00	66.67	--	--	
458	18.84	12.84	169,449.00	83.33	--	--	
459	18.89	12.89	169,453.00	66.67	--	--	
460	19.95	13.95	169,458.00	83.33	--	--	Calibración de motor
462	19.13	13.13	169,467.00	75.00	--	--	
464	19.21	13.21	169,476.00	75.00	--	--	
466	19.32	13.32	169,485.00	75.00	--	--	
468	19.40	13.40	169,494.00	75.00	--	--	
470	19.42	13.42	169,503.00	75.00	--	--	
475	19.54	13.54	169,526.00	76.67	--	--	
480	19.57	13.57	169,547.00	70.00	--	--	
485	--	--	--	--	--	--	
490	--	--	--	--	--	--	
500	--	--	--	--	--	--	
510	--	--	--	--	--	--	
520	--	--	--	--	--	--	
530	--	--	--	--	--	--	
540	--	--	--	--	--	--	
550	--	--	--	--	--	--	
560	--	--	--	--	--	--	
570	--	--	--	--	--	--	
580	--	--	--	--	--	--	
590	--	--	--	--	--	--	
600	--	--	--	--	--	--	
TOTAL			128.00				
PROMEDIO			73.56	76.8			
Promedio de flujo escalón 3 =			75	l/s	6,494.17	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-1 OBS	Altura de Collar	0.28 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomb:	-- m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal altura PITOT l/s	
Escalón 1	6.25	0.00	168,283.00				
1	6.31	0.06	168,284.20	20.00	--	--	
2	6.34	0.09	168,286.00	30.00	--	--	
3	6.37	0.12	168,287.20	20.00	--	--	
4	6.38	0.13	168,288.40	20.00	--	--	
5	6.38	0.13	168,289.60	20.00	--	--	
6	6.39	0.14	168,290.70	18.33	--	--	
7	6.40	0.15	168,291.80	18.33	--	--	
8	6.40	0.15	168,292.90	18.33	--	--	
9	6.41	0.16	168,293.90	16.67	--	--	
10	6.42	0.17	168,295.00	18.33	--	--	
12	6.43	0.18	168,297.50	20.83	--	--	
14	6.44	0.19	168,300.00	20.83	--	--	
16	6.45	0.20	168,302.00	16.67	--	--	
18	6.46	0.21	168,305.00	25.00	--	--	
20	6.47	0.22	168,307.00	16.67	--	--	
25	6.48	0.23	168,313.00	20.00	--	--	
30	6.49	0.24	168,319.00	20.00	--	--	
35	6.50	0.25	168,325.00	20.00	--	--	
40	6.51	0.26	168,331.00	20.00	--	--	
50	6.52	0.27	168,344.00	21.67	--	--	
60	6.53	0.28	168,356.90	21.50	--	--	
70	6.54	0.29	168,369.00	20.17	--	--	
80	6.54	0.29	168,381.00	20.00	--	--	
90	6.54	0.29	168,393.00	20.00	--	--	
100	6.53	0.28	168,405.00	20.00	--	--	
110	6.53	0.28	168,418.00	21.67	--	--	
120	6.53	0.28	168,430.00	20.00	--	--	
130	6.53	0.28	168,442.00	20.00	--	--	
140	6.54	0.29	168,454.00	20.00	--	--	
150	6.53	0.28	168,466.00	20.00	--	--	
TOTAL			183.00				
PROMEDIO			20.33	20.2			
Promedio de flujo escalón 1 =			20	l/s	1749.60	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-1 OBS	Altura de Collar	0.28 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomb:	-- m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo			Caudal altura PITOT l/s	Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m		

Escalón 2							
151	6.55	0.30	168,469.00	50.00	--	--	
152	6.59	0.34	168,471.00	33.33	--	--	
153	6.69	0.44	168,473.00	33.33	--	--	
154	6.65	0.40	168,476.00	50.00	--	--	
155	6.67	0.42	168,478.30	38.33	--	--	
156	6.68	0.43	168,481.00	45.00	--	--	
157	6.69	0.44	168,483.00	33.33	--	--	
158	6.70	0.45	168,486.00	50.00	--	--	
159	6.71	0.46	168,488.00	33.33	--	--	
160	6.71	0.46	168,491.00	50.00	--	--	
162	6.72	0.47	168,496.00	41.67	--	--	
164	6.72	0.47	168,501.00	41.67	--	--	
166	6.73	0.48	168,506.00	41.67	--	--	
168	6.73	0.48	168,511.00	41.67	--	--	
170	6.73	0.48	168,516.00	41.67	--	--	
175	6.73	0.48	168,529.00	43.33	--	--	
180	6.74	0.49	168,541.50	41.67	--	--	
185	6.74	0.49	168,554.00	41.67	--	--	
190	6.75	0.50	168,567.00	43.33	--	--	
200	6.77	0.52	168,594.00	45.00	--	--	
210	6.77	0.52	168,618.00	40.00	--	--	
220	6.77	0.52	168,645.00	45.00	--	--	
230	6.78	0.53	168,668.00	38.33	--	--	
240	6.78	0.53	168,694.00	43.33	--	--	
250	6.79	0.54	168,719.00	41.67	--	--	
260	6.79	0.54	168,745.00	43.33	--	--	
270	6.79	0.54	168,771.00	43.33	--	--	
280	6.80	0.55	168,795.50	40.83	--	--	
290	6.80	0.55	168,821.00	42.50	--	--	
300	6.80	0.55	168,846.00	41.67	--	--	
TOTAL			377.00				
PROMEDIO			42.17	42.0			
Promedio de flujo escalón 2 =			42	l/s	3637.17	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**

Medidas observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-1 OBS	Altura de Collar	0.28 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomb:	-- m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo			Caudal altura PITOT l/s	Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m		

Escalón 3							
301	6.82	0.57	168,850.00	66.67	--	--	
302	6.82	0.57	168,854.00	66.67	--	--	
303	6.85	0.60	168,857.00	50.00	--	--	
304	6.90	0.65	168,861.00	66.67	--	--	
305	6.93	0.68	168,866.00	83.33	--	--	
306	6.95	0.70	168,869.00	50.00	--	--	
307	6.97	0.72	168,873.00	66.67	--	--	
308	6.98	0.73	168,876.00	50.00	--	--	
309	6.99	0.74	168,880.00	66.67	--	--	
310	6.99	0.74	168,884.00	66.67	--	--	
312	7.00	0.75	168,892.00	66.67	--	--	
314	7.00	0.75	168,899.00	58.33	--	--	
316	7.01	0.76	168,907.00	66.67	--	--	
318	7.01	0.76	168,914.00	58.33	--	--	
320	7.01	0.76	168,922.00	66.67	--	--	
325	7.01	0.76	168,941.00	63.33	--	--	
330	7.01	0.76	168,960.00	63.33	--	--	
335	7.01	0.76	168,983.00	76.67	--	--	
340	7.02	0.77	168,998.00	50.00	--	--	
350	7.02	0.77	169,035.00	61.67	--	--	
360	7.02	0.77	169,073.00	63.33	--	--	
370	7.02	0.77	169,114.00	68.33	--	--	
380	7.02	0.77	169,148.50	57.50	--	--	
390	7.02	0.77	169,186.40	63.17	--	--	
400	7.03	0.78	169,224.00	62.67	--	--	
410	7.04	0.79	169,263.00	65.00	--	--	
420	7.04	0.79	169,300.00	61.67	--	--	
430	7.05	0.80	169,337.00	61.67	--	--	
440	7.05	0.80	169,375.00	63.33	--	--	
450	7.05	0.80	169,411.00	60.00	--	--	
TOTAL			561.00				
PROMEDIO			62.75	63.1			
Promedio de flujo escalón 3 =			63	l/s	5,434.87	m3/d	

**Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal variable.
Método de los escalones**
Medidas observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla	Tipo de Prueba	De rendimiento
Pozo de Bombeo	P-2	Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Pozo Medido	P-1 OBS	Altura de Collar	0.28 m
Día de Bombeo	7-Jun-09	Ubicación de la bomb:	-- m (desde el collar)
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM	Supervisor:	SL, LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Medidas de flujo							
Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal altura PITOT l/s	Observaciones

Escalón 4							
451	7.06	0.81	169,419.00	133.33	--	--	
452	7.09	0.84	169,422.00	50.00	--	--	
453	7.12	0.87	169,426.00	66.67	--	--	
454	7.14	0.89	169,431.00	83.33	--	--	
455	7.15	0.90	169,435.00	66.67	--	--	
456	7.15	0.90	169,440.00	83.33	--	--	
457	7.16	0.91	169,444.00	66.67	--	--	
458	7.16	0.91	169,449.00	83.33	--	--	
459	7.16	0.91	169,453.00	66.67	--	--	
460	7.17	0.92	169,458.00	83.33	--	--	
462	7.17	0.92	169,467.00	75.00	--	--	
464	7.17	0.92	169,476.00	75.00	--	--	
466	7.18	0.93	169,485.00	75.00	--	--	
468	7.18	0.93	169,494.00	75.00	--	--	
470	7.18	0.93	169,503.00	75.00	--	--	
475	7.18	0.93	169,526.00	76.67	--	--	
480	7.18	0.93	169,547.00	70.00	--	--	
485	--	--	--	--	--	--	
490	--	--	--	--	--	--	
500	--	--	--	--	--	--	
510	--	--	--	--	--	--	
520	--	--	--	--	--	--	
530	--	--	--	--	--	--	
540	--	--	--	--	--	--	
550	--	--	--	--	--	--	
560	--	--	--	--	--	--	
570	--	--	--	--	--	--	
580	--	--	--	--	--	--	
590	--	--	--	--	--	--	
600	--	--	--	--	--	--	
TOTAL			128.00				
PROMEDIO			73.56	76.8			
Promedio de flujo escalón 3 =			75	l/s	6,494.17	m3/d	

Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal constante
Medidas observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-2
Día de Bombeo	8-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En descenso
Nivel Estático	6.01 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.58 m
Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Supervisor:	LH, SL

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso o abatimiento m	Medidas de flujo				Observaciones	
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal PITOT l/s		
0	6.01	0.00	169,547.00					
1	8.55	2.54	169,550.00	50.00	0.71	40.64		
2	9.22	3.21	169,553.00	50.00				
3	9.77	3.77	169,555.00	33.33				
4	10.14	4.14	169,558.00	50.00				
5	10.40	4.40	169,560.40	40.00				
6	10.53	4.52	169,563.00	43.33				
7	10.59	4.59	169,565.30	38.33				
8	10.74	4.73	169,568.00	45.00				
9	10.78	4.78	169,570.30	38.33				
10	10.81	4.80	169,573.00	45.00				
12	10.83	4.83	169,578.00	41.67				
14	10.84	4.83	169,583.00	41.67				
16	10.85	4.85	169,588.00	41.67				
18	10.86	4.85	169,593.00	41.67				
20	10.88	4.88	169,598.00	41.67				
25	10.90	4.90	169,611.00	43.33				
30	10.91	4.90	169,624.00	43.33				
35	10.92	4.92	169,636.00	40.00				
40	10.93	4.92	169,648.00	40.00				
50	10.95	4.94	169,674.00	43.33				
60	10.97	4.96	169,701.00	45.00				
70	10.97	4.97	169,725.90	41.50				
80	10.98	4.98	169,752.00	43.50				
90	10.98	4.98	169,775.00	38.33	0.70	40.26		
100	10.97	4.96	169,800.00	41.67	0.70	40.26		
110	10.98	4.98	169,826.00	43.33	0.70	40.26		
120	10.97	4.97	169,850.00	40.00	0.70	40.26		
150	10.99	4.99	169,927.00	42.78	0.70	40.26		
180	11.03	5.03	170,004.00	42.78	0.70	40.26		
210	11.06	5.06	170,077.00	40.56	0.70	40.26		
240	11.09	5.08	170,153.00	42.22	0.70	40.26		
300	11.10	5.09	170,303.00	41.67	0.69	39.88		
360	11.11	5.10	170,454.00	41.94	0.69	39.88		
420	11.08	5.07	170,604.00	41.67	0.69	39.88		
480	11.12	5.12	170,754.00	41.67	0.69	39.88		
540	11.18	5.18	170,905.00	41.94	0.69	39.88		
600	11.19	5.18	171,058.00	42.50	0.71	40.64		
660	11.16	5.15	171,204.00	40.56	0.70	40.26		
720	11.15	5.15	171,359.00	43.06	0.70	40.26		
780	11.15	5.14	171,519.00	44.44	0.70	40.26		
840	11.13	5.13	171,659.50	39.03	0.70	40.26		
900	11.15	5.14	171,809.00	41.53	0.70	40.26		
960	11.15	5.15	171,965.00	43.33	0.70	40.26		
1020	11.15	5.14	172,115.00	41.67	0.70	40.26		
1080	11.15	5.15	172,269.00	42.78	0.70	40.64		
1140	11.14	5.14	172,418.00	41.39	0.70	40.64		
1200	11.02	5.01	172,573.00	43.06	0.70	40.64		
1260	11.15	5.14	172,721.00	41.11	0.70	40.26		

Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal constante
Medidas observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-2
Día de Bombeo	8-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En descenso
Nivel Estático	6.01 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.58 m
Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Supervisor:	LH, SL

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Medidas de flujo							
Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso o abatimiento m	Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal PITOT l/s	Observaciones
1320	11.16	5.16	172,876.00	43.06	0.70	40.26	
1380	11.17	5.16	173,018.00	39.44	0.70	40.26	
1440	11.23	5.22	173,181.00	45.28	0.70	40.26	
1500	11.25	5.24	173,333.00	42.22	0.69	39.88	
1560	11.28	5.27	173,484.00	41.94	0.69	39.88	
1620	11.29	5.28	173,636.00	42.22	0.71	40.64	
1680	11.30	5.30	173,787.00	41.94	0.71	40.64	
1740	11.30	5.30	173,938.00	41.94	0.70	40.26	
1800	11.32	5.31	174,089.00	41.94	0.71	40.64	
1860	11.30	5.30	174,241.00	42.22	0.70	40.26	
1920	11.32	5.32	174,392.00	41.94	0.70	40.26	
1980	11.31	5.31	174,543.00	41.94	0.71	40.64	
2040	11.27	5.27	174,694.00	41.94	0.71	40.64	
2100	11.27	5.26	174,846.00	42.22	0.69	39.88	
2160	11.25	5.24	174,990.00	40.00	0.69	39.88	
2220	11.25	5.24	175,142.00	42.22	0.70	40.64	
2280	11.24	5.24	175,296.00	42.78	0.70	40.26	
2340	11.23	5.23	175,443.00	40.83	0.70	40.26	
2400	11.21	5.21	175,602.00	44.17	0.70	40.26	
2460	11.22	5.21	175,749.00	40.83	0.70	40.26	
2520	11.21	5.21	175,902.00	42.50	0.70	40.26	
2580	11.19	5.19	176,054.00	42.22	0.70	40.26	
2640	11.19	5.19	176,203.00	41.39	0.70	40.26	
2700	11.19	5.19	176,353.00	41.67	0.70	40.26	
2760	11.21	5.20	176,506.00	42.50	0.70	40.26	
2820	11.21	5.21	176,654.00	41.11	0.70	40.26	
2880	11.26	5.26	176,809.00	43.06	0.70	40.26	
2940	11.29	5.28	176,963.00	42.78	0.70	40.26	
3000	11.30	5.29	177,113.00	41.67	0.70	40.26	
3060	11.31	5.31	177,264.00	41.94	0.70	40.26	
3120	11.34	5.33	177,414.00	41.67	0.70	40.26	
3180	11.35	5.34	177,565.00	41.94	0.70	40.26	
3240	11.31	5.31	177,715.00	41.67	0.70	40.26	
3300	11.33	5.32	177,866.00	41.94	0.70	40.26	
3360	11.33	5.32	178,016.00	41.67	0.70	40.26	
3420	11.32	5.32	178,166.00	41.67	0.70	40.26	
3480	11.30	5.29	178,316.00	41.67	0.70	40.26	
3540	11.29	5.29	178,463.00	40.83	0.70	40.26	
3600	11.29	5.28	178,609.00	40.56	0.70	40.26	
3660	11.27	5.26	178,762.00	42.50	0.70	40.26	
3720	11.26	5.25	178,913.00	41.94	0.70	40.26	
3780	11.27	5.27	179,066.00	42.50	0.70	40.26	
3840	11.26	5.25	179,217.00	41.94	0.70	40.26	
3900	11.26	5.26	179,366.00	41.39	0.70	40.26	
3960	11.27	5.26	179,514.00	41.11	0.70	40.26	
4020	11.26	5.26	179,668.00	42.78	0.70	40.26	
4080	11.26	5.25	179,816.00	41.11	0.70	40.26	
4140	11.26	5.26	179,969.00	42.50	0.70	40.26	
4200	11.26	5.25	180,123.00	42.78	0.70	40.26	
4260	11.29	5.28	180,271.00	41.11	0.70	40.26	
4320	11.31	5.31	180,428.00	43.61	0.70	40.26	
TOTAL			10,881.00				
PROMEDIO			42	42	3,627.00	m3/d	

Prueba de bombeo en el pozo P- 2 a caudal constante
Medidas observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2 OBS
Pozo Medido	P-1 OBS
Día de Bombeo	8-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En descenso
Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.28 m
Ubicación de la bomba	-- m (desde el collar)
Supervisor:	SL, LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal altura PITOT l/s	
0	6.25	0.00	--	--	--	--	
1	6.36	0.11	--	--	--	--	
2	6.41	0.16	--	--	--	--	
3	6.46	0.21	--	--	--	--	
4	6.50	0.25	--	--	--	--	
5	6.58	0.33	--	--	--	--	
6	6.56	0.31	--	--	--	--	
7	6.57	0.32	--	--	--	--	
8	6.59	0.34	--	--	--	--	
9	6.60	0.35	--	--	--	--	
10	6.61	0.36	--	--	--	--	
12	6.62	0.37	--	--	--	--	
14	6.64	0.39	--	--	--	--	
16	6.64	0.39	--	--	--	--	
18	6.66	0.41	--	--	--	--	
20	6.66	0.41	--	--	--	--	
25	6.67	0.42	--	--	--	--	
30	6.68	0.43	--	--	--	--	
35	6.68	0.43	--	--	--	--	
40	6.69	0.44	--	--	--	--	
50	6.70	0.45	--	--	--	--	
60	6.72	0.47	--	--	--	--	
70	6.72	0.47	--	--	--	--	
80	6.72	0.47	--	--	--	--	
90	6.72	0.47	--	--	--	--	
100	6.72	0.47	--	--	--	--	
110	6.70	0.45	--	--	--	--	
120	6.69	0.44	--	--	--	--	
150	6.71	0.46	--	--	--	--	
180	6.76	0.51	--	--	--	--	
210	6.81	0.56	--	--	--	--	
240	6.82	0.57	--	--	--	--	
300	6.83	0.58	--	--	--	--	
360	6.82	0.57	--	--	--	--	
420	6.80	0.55	--	--	--	--	
480	6.85	0.60	--	--	--	--	
540	6.86	0.61	--	--	--	--	
600	6.84	0.59	--	--	--	--	
660	6.77	0.52	--	--	--	--	
720	6.77	0.52	--	--	--	--	
780	6.76	0.51	--	--	--	--	
840	6.75	0.50	--	--	--	--	
900	6.76	0.51	--	--	--	--	
960	6.75	0.50	--	--	--	--	
1020	6.74	0.49	--	--	--	--	
1080	6.73	0.48	--	--	--	--	
1140	6.72	0.47	--	--	--	--	
1200	6.70	0.45	--	--	--	--	
1260	6.71	0.46	--	--	--	--	

Prueba de bombeo en el pozo P- 2 a caudal constante
Medidas observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2 OBS
Pozo Medido	P-1 OBS
Día de Bombeo	8-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En descenso
Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.28 m
Ubicación de la bomba	-- m (desde el collar)
Supervisor:	SL, LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal altura PITOT l/s	
1320	6.73	0.48	--	--	--	--	
1380	6.75	0.50	--	--	--	--	
1440	6.84	0.59	--	--	--	--	
1500	6.86	0.61	--	--	--	--	
1560	6.88	0.63	--	--	--	--	
1620	6.91	0.66	--	--	--	--	
1680	6.92	0.67	--	--	--	--	
1740	6.92	0.67	--	--	--	--	
1800	6.93	0.68	--	--	--	--	
1860	6.92	0.67	--	--	--	--	
1920	6.95	0.70	--	--	--	--	
1980	6.92	0.67	--	--	--	--	
2040	6.86	0.61	--	--	--	--	
2100	6.85	0.60	--	--	--	--	
2160	6.82	0.57	--	--	--	--	
2220	6.81	0.56	--	--	--	--	
2280	6.81	0.56	--	--	--	--	
2340	6.80	0.55	--	--	--	--	
2400	6.78	0.53	--	--	--	--	
2460	6.78	0.53	--	--	--	--	
2520	6.77	0.52	--	--	--	--	
2580	6.76	0.51	--	--	--	--	
2640	6.76	0.51	--	--	--	--	
2700	6.77	0.52	--	--	--	--	
2760	6.80	0.55	--	--	--	--	
2820	6.81	0.56	--	--	--	--	
2880	6.87	0.62	--	--	--	--	
2940	6.91	0.66	--	--	--	--	
3000	6.93	0.68	--	--	--	--	
3060	6.96	0.71	--	--	--	--	
3120	6.97	0.72	--	--	--	--	
3180	6.98	0.73	--	--	--	--	
3240	6.96	0.71	--	--	--	--	
3300	6.96	0.71	--	--	--	--	
3360	6.97	0.72	--	--	--	--	
3420	6.95	0.70	--	--	--	--	
3480	6.92	0.67	--	--	--	--	
3540	6.90	0.65	--	--	--	--	
3600	6.87	0.62	--	--	--	--	
3660	6.86	0.61	--	--	--	--	
3720	6.85	0.60	--	--	--	--	
3780	6.85	0.60	--	--	--	--	
3840	6.84	0.59	--	--	--	--	
3900	6.85	0.60	--	--	--	--	
3960	6.86	0.61	--	--	--	--	
4020	6.84	0.59	--	--	--	--	
4080	6.82	0.57	--	--	--	--	
4140	6.82	0.57	--	--	--	--	
4200	6.83	0.58	--	--	--	--	
4260	6.85	0.60	--	--	--	--	
4320	6.89	0.64	--	--	--	--	

Prueba de bombeo en el pozo P - 2 a caudal constante
Medidas de recuperación observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-2
Día de Bombeo	11-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En recuperación
Nivel Estático	6.01 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.58 m
Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Supervisor:	LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal altura PITOT l/s	
4321	7.43	1.43	--	--	--	--	
4322	6.86	0.86	--	--	--	--	
4323	6.62	0.61	--	--	--	--	
4324	6.51	0.51	--	--	--	--	
4325	6.46	0.46	--	--	--	--	
4326	6.43	0.42	--	--	--	--	
4327	6.42	0.41	--	--	--	--	
4328	6.41	0.40	--	--	--	--	
4329	6.39	0.39	--	--	--	--	
4330	6.38	0.38	--	--	--	--	
4332	6.37	0.37	--	--	--	--	
4334	6.37	0.36	--	--	--	--	
4336	6.36	0.36	--	--	--	--	
4338	6.36	0.36	--	--	--	--	
4340	6.35	0.34	--	--	--	--	
4345	6.34	0.33	--	--	--	--	
4350	6.33	0.33	--	--	--	--	
4355	6.34	0.34	--	--	--	--	
4360	6.34	0.34	--	--	--	--	
4370	6.33	0.32	--	--	--	--	
4380	6.32	0.32	--	--	--	--	
4390	6.32	0.31	--	--	--	--	
4400	6.33	0.33	--	--	--	--	
4410	6.31	0.31	--	--	--	--	
4420	6.32	0.31	--	--	--	--	
4430	6.32	0.31	--	--	--	--	
4440	6.30	0.30	--	--	--	--	
4470	6.29	0.29	--	--	--	--	
4500	6.30	0.29	--	--	--	--	
4530	6.29	0.29	--	--	--	--	
4560	6.27	0.26	--	--	--	--	
4620	6.26	0.25	--	--	--	--	
4680	6.25	0.24	--	--	--	--	
4740	6.24	0.23	--	--	--	--	
4800	6.25	0.25	--	--	--	--	
4860	6.25	0.25	--	--	--	--	
4920	6.21	0.21	--	--	--	--	
4980	6.19	0.18	--	--	--	--	
5040	6.18	0.18	--	--	--	--	
5100	6.18	0.18	--	--	--	--	
5160	6.18	0.17	--	--	--	--	
5220	6.17	0.17	--	--	--	--	
5280	6.15	0.14	--	--	--	--	
5340	6.14	0.13	--	--	--	--	
5400	6.13	0.13	--	--	--	--	
5460	6.13	0.12	--	--	--	--	
5520	6.13	0.12	--	--	--	--	

Prueba de bombeo en el pozo P - 2 a caudal constante
Medidas de recuperación observadas en el pozo de bombeo P-2

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-2
Día de Bombeo	11-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En recuperación
Nivel Estático	6.01 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.58 m
Ubicación de la bomba	46.10 m (desde el collar)
Supervisor:	LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	*Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Caudal altura PITOT l/s	Observaciones		
			Flujómetro (acumulado) m³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m					
5580	6.13	0.12	--	--	--	--				
5640	6.13	0.13	--	--	--	--				
5700	6.18	0.18	--	--	--	--				
5760	--	--	--	--	--	--				
5820	--	--	--	--	--	--				
5880	--	--	--	--	--	--				
5940	--	--	--	--	--	--				
6000	--	--	--	--	--	--				
6060	--	--	--	--	--	--				
6120	--	--	--	--	--	--				
6180	--	--	--	--	--	--				
6240	--	--	--	--	--	--				
6300	--	--	--	--	--	--				
6360	--	--	--	--	--	--				
6420	--	--	--	--	--	--				
6480	--	--	--	--	--	--				
6540	--	--	--	--	--	--				
6600	--	--	--	--	--	--				
6660	--	--	--	--	--	--				
6720	--	--	--	--	--	--				
6780	--	--	--	--	--	--				
6840	--	--	--	--	--	--				
6900	--	--	--	--	--	--				
6960	--	--	--	--	--	--				
7020	--	--	--	--	--	--				
7080	--	--	--	--	--	--				
7140	--	--	--	--	--	--				
7200	--	--	--	--	--	--				

Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal constante
Medidas de recuperación observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-1 OBS
Día de Bombeo	11-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En recuperación
Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.28 m
Ubicación de la bomba	-- m (desde el collar)
Supervisor:	LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Caudal altura PITOT l/s	Observaciones		
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m					
4321	6.89	0.55	--	--	--	--				
4322	6.81	0.49	--	--	--	--				
4323	6.73	0.45	--	--	--	--				
4324	6.69	0.42	--	--	--	--				
4325	6.65	0.40	--	--	--	--				
4326	6.63	0.39	--	--	--	--				
4327	6.62	0.38	--	--	--	--				
4328	6.61	0.37	--	--	--	--				
4329	6.60	0.36	--	--	--	--				
4330	6.60	0.36	--	--	--	--				
4332	6.59	0.35	--	--	--	--				
4334	6.59	0.35	--	--	--	--				
4336	6.59	0.34	--	--	--	--				
4338	6.58	0.34	--	--	--	--				
4340	6.58	0.33	--	--	--	--				
4345	6.58	0.33	--	--	--	--				
4350	6.58	0.32	--	--	--	--				
4355	6.58	0.31	--	--	--	--				
4360	6.59	0.31	--	--	--	--				
4370	6.59	0.30	--	--	--	--				
4380	6.58	0.30	--	--	--	--				
4390	6.58	0.29	--	--	--	--				
4400	6.59	0.29	--	--	--	--				
4410	6.60	0.29	--	--	--	--				
4420	6.60	0.28	--	--	--	--				
4430	6.60	0.28	--	--	--	--				
4440	6.60	0.27	--	--	--	--				
4470	6.59	0.26	--	--	--	--				
4500	6.58	0.24	--	--	--	--				
4530	6.58	0.23	--	--	--	--				
4560	6.59	0.23	--	--	--	--				
4620	6.56	0.23	--	--	--	--				
4680	6.52	0.20	--	--	--	--				
4740	6.53	0.20	--	--	--	--				
4800	6.52	0.19	--	--	--	--				
4860	6.56	0.18	--	--	--	--				
4920	6.56	0.17	--	--	--	--				
4980	6.50	0.18	--	--	--	--				
5040	6.47	0.19	--	--	--	--				
5100	6.47	0.20	--	--	--	--				
5130	6.46	0.22	--	--	--	--				
5220	6.44	0.24	--	--	--	--				
5280	6.44	0.24	--	--	--	--				
5340	6.42	0.23	--	--	--	--				
5400	6.41	0.23	--	--	--	--				
5460	6.40	0.24	--	--	--	--				
5520	6.39	0.24	--	--	--	--				

Prueba de bombeo en el pozo P-2 a caudal constante
Medidas de recuperación observadas en el pozo de observación P-1

PROYECTO:	Cajamarquilla
Pozo de Bombeo	P-2
Pozo Medido	P-1 OBS
Día de Bombeo	11-Jun-09
Tiempo inicio de prueba	8:00 AM

Tipo de Prueba	En recuperación
Nivel Estático	6.25 m (desde el collar)
Altura de Collar	0.28 m
Ubicación de la bomba	-- m (desde el collar)
Supervisor:	LH, JM

* Niveles de agua no corregidos con la altura de collar

Tiempo medido min	* Nivel del agua m	Descenso m	Medidas de flujo				Observaciones
			Flujómetro (acumulado) m ³	Flujómetro (diferencia) l/s	Orificio PITOT (altura) m	Caudal altura PITOT l/s	
5580	6.39	0.24	--	--	--	--	
5640	6.39	0.23	--	--	--	--	
5700	6.40	0.24	--	--	--	--	
5760	6.49	0.23	--	--	--	--	
5820	--	--	--	--	--	--	
5880	--	--	--	--	--	--	
5940	--	--	--	--	--	--	
6000	--	--	--	--	--	--	
6060	--	--	--	--	--	--	
6120	--	--	--	--	--	--	
6180	--	--	--	--	--	--	
6240	--	--	--	--	--	--	
6300	--	--	--	--	--	--	
6360	--	--	--	--	--	--	
6420	--	--	--	--	--	--	
6480	--	--	--	--	--	--	
6540	--	--	--	--	--	--	
6600	--	--	--	--	--	--	
6660	--	--	--	--	--	--	
6720	--	--	--	--	--	--	
6780	--	--	--	--	--	--	
6840	--	--	--	--	--	--	
6900	--	--	--	--	--	--	
6960	--	--	--	--	--	--	
7020	--	--	--	--	--	--	
7080	--	--	--	--	--	--	
7140	--	--	--	--	--	--	
7200	--	--	--	--	--	--	

PARÁMETROS DE CALIDAD Y LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales. Los límites máximo permisibles (LMP) referenciales (**) para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el cuadro siguiente.

LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO ₃ ⁻ /L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

Notas:

- (1) Valores tomados provisionalmente de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995)
 - (2) Valores establecidos en la norma nacional “Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”, aprobado por Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946
 - (3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas.
- (*) Compuestos tóxicos
 (**) Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF.

Mediante este oficio la SUNASS estableció los valores límite máximo permisibles referenciales de los parámetros de control; ello originado por la carencia de una norma nacional actualizada, ya que la vigente data del año 1946 y no considera varios parámetros, como turbiedad, coliformes, pH, aluminio, nitratos, cadmio, mercurio, cromo, entre otros: para los cuales se ha tomado los valores guía que recomienda la Organización Mundial de la Salud, OMS.

**LEY GENERAL DE AGUAS ESTABLECE SU USO JUSTIFICADO Y
RACIONAL, INCLUYE LAS PRODUCIDAS, NEVADOS, GLACIARES,
PRECIPITACIONES, ETC.**

DECRETO LEY N° 17752

Considerando:

Que según la tradición histórica peruana y la Constitución vigente, las aguas pertenecen al Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible;

Que es necesario e impostergable la dación de una nueva Ley General de Aguas que establezca el uso justificado y racional de este recurso en armonía con el interés social y el desarrollo del país. En uso de las facultades de que esta investido; y Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros; Ha dado el Decreto- Ley siguiente:

LEY GENERAL

DE AGUAS

TITULO I

Disposiciones Generales

Artículo 1°.- Las aguas, sin excepción alguna, son de propiedad del Estado; y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.

Artículo 2°.- En armonía con las finalidades señaladas en el artículo anterior, en cuanto a los recursos hídricos, el Estado deberá:

- a) Formular la política general de su utilización y desarrollo.
- b) Planificar y administrar sus usos de modo que ellos tiendan a efectuarse en forma múltiple, económica y racional;
- c) Inventariar y evaluar su uso racional
- d) Conservar, preservar e incrementar dichos recursos; y
- e) Realizar y mantener actualizados los estudios hidrológicos, hidrobiológicos, hidrogeológicos, meteorológicos, y demás que fuesen necesarios en las cuencas hidrográficas del territorio nacional.

Artículo 3°.- En los planes de inversión en que las aguas intervienen o son necesarias como factor de desarrollo. La Autoridad de Aguas, en coordinación con los demás organismos del Sector Público, señalará en orden de las prioridades por sistemas hidrográficos, cuencas, valles y distritos de riego, para lo que tendrá en cuenta principalmente los programas y acciones de Reforma Agraria, los problemas de orden económico y social y la política general de desarrollo.

Artículo 4°.- Las disposiciones de la presente Ley comprenden las aguas marítimas, terrestres y atmosféricas del territorio y espacio nacionales; en todos sus estados físicos, las que con carácter enunciativo son:

1. Las del mar que se extiende hasta las 200 millas;
2. Las de los golfos, bahías, ensenadas y esteros;
3. Las atmosféricas;
4. Los provenientes de las lluvias de formación natural y artificial;
5. Los nevados y glaciares.
6. Las de los ríos y sus afluentes; las de los arroyos, torrentes y manantiales, y las

que discurren por cauces artificiales;

7. Las de los lagos, lagunas y embalses de formación natural o artificial;
8. Las subterráneas;
9. Las minero medicinales;
10. Las servidas;
11. Las producidas; y
12. Las de desagües agrícolas, de filtraciones y drenaje.

Artículo 5°.- Son igualmente de propiedad inalienable e imprescriptible del Estado:

- a) La extensión comprendida entre la baja y la alta marea, más una faja no menor de 50 metros de ancho paralela a la línea de alta marea;
- b) Los terrenos marginales marítimos que se reservan por razones de Seguridad Nacional o uso público;
- c) Los álveos o cauces de las aguas;
- d) Las áreas ocupadas por los nevados y los cauces de los glaciares;
- e) Los estratos o depósitos por donde corren o se encuentran las aguas subterráneas;
- f) Las islas existentes y las que se formen en el mar, en los lagos o esteros o en los ríos, siempre que no procedan de una bifurcación de las aguas, al cruzar tierras de propiedad de particulares; y
- g) Los terrenos ganados por causas naturales o por obras artificiales, al mar, a los ríos, lagos o lagunas, esteros y otros cursos o embalses de agua.

El Poder Ejecutivo determinará las zonas ribereñas o anexas a ellas que deben ser reservadas para la defensa nacional, servicios públicos, de saneamiento, ornato, recreación y otros.

Artículo 6°.- Las tierras a que se refieren los incisos f) y g) del artículo anterior podrán ser enajenadas por el Estado cuando se destinen a, fines de Vivienda o de Reforma Agraria. Si se solicitan para otros fines sólo podrán ser objeto de concesión.

Artículo 7°.- El Poder Ejecutivo podrá:

- a) Reservar aguas para cualquier finalidad de interés público;
- b) Reorganizar una zona, cuenca hidrográfica o valle para una mejor o más racional utilización de las aguas;
- c) Declarar zonas de protección, en las cuales, cualquier actividad que afecte a los recursos de agua, podrá ser limitada, condicionada, o prohibida;
- d) Declarar los estados de emergencia a que se refiere la presente Ley;
- e) Autorizar la desviación de aguas de una cuenca a otra que requiera ser desarrollada; y
- f) Sustituir una fuente de abastecimiento de agua de uno o más usuarios, por otra de similar cantidad y calidad, para lograr un mejor o más racional aprovechamiento de los recursos.

Artículo 8°.- Toda personal incluyendo las entidades del Sector Público Nacional y de los Gobiernos Locales, requiere permiso, autorización o licencia según proceda, para utilizar aguas, con excepción de las destinadas a satisfacer necesidades primarias.

Artículo 9°.- Declarase de necesidad y utilidad pública: conservar, preservar e incrementar los recursos hídricos; regularizar el régimen de las aguas obtener una racional, eficiente, económica y múltiple utilización de los recursos hídricos; promover, financiar y realizar las investigaciones, estudios y obras necesarias para tales fines.

Artículo 10°.- El Ministerio de Agricultura y Pesquería en cuanto a la conservación e incremento, y el Ministerio de Salud en lo que respecta a la preservación de los recursos hídricos, están obligados a:

- a) Realizar los estudios e investigaciones que fuesen necesarios;
- b) Dictar las providencias que persigan, sancionen y pongan fin a la contaminación, o pérdida de las aguas, cuidando su cumplimiento,
- c) Desarrollar acción educativa y asistencia técnica permanentes para formar

conciencia pública sobre la necesidad de conservar y preservar las aguas; y
d) Promover programas de forestación, de cuencas, defensa de bosques, encauzamiento de cursos de aguary preservación contra su acción erosiva.

Artículo 11°.- La medición volumétrica es la norma general que se aplicará en los diversos usos de las aguas, siendo obligatorio que los usuarios instalen los dispositivos de control y medición para su distribución y aprovechamiento adecuados.

Todo sistema destinado a usar aguas debe disponer de las obras e instalaciones necesarias para su medición y control adecuados.

Artículo 12°.- Los usuario de cada Distrito de Riego abonará tarifas que serán fijadas por unidad de volumen para cada uso. Dichas tarifas servirán de base para cubrir los costos de explotación y distribución de los recursos de agua, incluyendo las del subsuelo, así como para la financiación de estudios y obras hidráulicas necesarios para el desarrollo de la zona. La Autoridad de Aguas reintegrará a los usuarios que exploten pozos considerados en los, planes de Cultivo y riego, los gastos de operación y mantenimiento correspondientes.

Artículo 13°.- Son forzosas las ocupaciones temporales la implantación de servidumbre y las expropiaciones necesarias para el huso conservación o preservación de las aguas.

Artículo 14°.- Nadie podrá variar el régimen, la naturaleza o la calidad de las aguas, ni alterar los cauces ni el uso público de los mismos sin la correspondiente autorización; y en ningún caso, si con ello se perjudica la salud pública o se cause daño a la colectividad o a los recursos naturales o se atente contra la seguridad o soberanía nacionales. Tampoco se podrá obstruir los caminos de vigilancia o de obras hidráulicas.

Artículo 15°.- Nadie podrá impedir, alterar, modificar o perturbar el uso legítimo de las aguas, cualquiera que sea el lugar o el fin al que ellas estuviesen destinadas. Esta disposición no es limitativa de las funciones, facultades y acciones que corresponden al Poder Ejecutivo y a las demás Autoridades, en su caso.

Artículo 16°.- Quienes ejercen autoridad en materia de aguas o control en la ejecución de obras, podrán ingresar a cualquier lugar de propiedad pública o privada, sin necesidad de previa notificación, para cumplir las funciones emanadas de la presente Ley. Las mismas Autoridades o quienes estén debidamente autorizadas por ellas, podrán ingresar también, previa notificación, para efecto de la realización de estudios y obras. Excepcionalmente cualquiera podrá ingresar para conjurar o remover un daño o peligro inminente, siempre que las circunstancias justifiquen el hecho practicado y que éste no exceda de los límites indispensables para ello.

Artículo 17°.- En estados declarados de emergencia por escasees exceso contaminación u otras causas, la Autoridad de Aguas o la Sanitaria, en su caso dictarán las disposiciones convenientes para que las aguas sean protegidas y suministradas en beneficio de la colectividad e interés general, atendiendo preferentemente el abastecimiento de las poblaciones y las necesidades primarias.

Artículo 18°.-El Estado cobrará el valor de las obras de regularización de riego que se ejecuten con fondos públicos, a quienes se beneficien directa o indirectamente con ellas, en las proporciones y condiciones que establezca el Poder Ejecutivo, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Artículo 195° del Decreto-Ley N° 17716 de la Reforma Agraria.

TITULO II

De la Conservación y Preservación de las Aguas

CAPITULO I

De la Conservación

Artículo 19°.- La Autoridad de Aguas dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para evitar la pérdida de agua por escorrentía, percolación, evaporación, inundación, inadecuado uso u otras causas, con el fin de lograr la máxima disponibilidad de los recursos hídricos y mayor grado de eficiencia en su utilización.

Artículo 20°.- Todo usuario está obligado a:

- a) Emplear las aguas con eficiencia y economía, en el lugar y con el objeto para el que le sean otorgados.
- b) Construir y mantener las instalaciones y obras hidráulicas propias en condiciones adecuadas para el uso, evacuación y avenamiento de las aguas;
- c) Contribuir proporcionalmente a la conservación y mantenimiento de los cauces, estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes, así como a la construcción de las necesarias;
- d) Utilizar las aguas sin perjuicio de otros usos;
- e) No tomar mayor cantidad de agua que la otorgada, sujetándose a las regulaciones y limitaciones establecidas de conformidad con la presente Ley;
- f) Evitar que las aguas que deriven de una corriente o depósito se derramen o salgan de las obras que la deben contener;
- g) Dar aviso oportuno a la Autoridad competente cuando por cualquier causa justificada no utilice parcial, total, transitoria o permanentemente los usos de aguas otorgados, excepto cuando se trate de alumbramiento de aguas subterráneas no comunes; y
- h) Cumplir con los reglamento del Distrito de Riego al cual pertenece, así como con las demás disposiciones de las Autoridades competentes.

Artículo 21°.- La Autoridad de aguas deberá disponer la modificación, reestructuración o acondicionamiento de las obras o instalaciones que atenten contra la conservación de las aguas, pudiendo modificar, restringir o prohibir el funcionamiento de ellas.

CAPITULO II

De la Preservación

Artículo 22°.- Está prohibido verter o emitir cualquier residuo, sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos. Podrán descargarse únicamente cuando

- a) Sean sometidos a los necesarios tratamientos previos;
- b) Se compruebe que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación;
- c) Se compruebe que con su lanzamiento submarino no se causará perjuicio a otro uso; y
- d) En otros casos que autorice el Reglamento. La Autoridad Sanitaria dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para el cumplimiento de la presente disposición. Si, no obstante, la contaminación fuere inevitable, podrá llegar hasta

la revocación del uso de las aguas o la prohibición o la restricción de la actividad dañina.

Artículo 23°.- Está prohibido verter a las redes públicas de alcantarillado, residuos con propiedades corrosivas o destructoras de los materiales de construcción o que imposibiliten la reutilización de las aguas receptoras.

Artículo 24°.- La Autoridad Sanitaria establecerá los límites de concentración permisibles de sustancias nocivas, que pueden contener las aguas, según el uso a que se destinen. Estos límites podrán ser revisados periódicamente.

Artículo 25°.- Cuando la Autoridad Sanitaria compruebe la contravención de las disposiciones contenidas en este Capítulo podrá solicitar a la Autoridad de Aguas la suspensión del suministro, mientras se realizan los estudios o trabajos que impidan la contaminación de las aguas.

TITULO III De los Usos de las Aguas

CAPITULO I Disposiciones Genéricas

Artículo 26°.- Los usos de las aguas son aleatorios y se encuentran condicionados a las disponibilidades del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destinen y deberán ejercerse en función del interés social y el desarrollo del país.

Artículo 27°.- El orden de preferencia en el uso de las aguas es el siguiente:

- a) Para las necesidades primarias y abastecimientos de poblaciones; Para cría y explotación de animales;
- b) Para agricultura;
- c) Para usos energéticos industriales y mineros; y
- d) Para otros usos.

El Poder Ejecutivo podrá variar el orden preferencial de los incisos c),d) y e) en atención a los siguientes criterio básicos: características de las cuencas o sistemas, disponibilidad de aguas, política hidráulica, planes de Reforma Agraria, usos de mayor interés social y público y usos de mayor interés económico.

Artículo 28°.- Los usos de las aguas se otorgan mediante permiso, autorización o licencias.

Artículo 29°.- Los permisos se otorgarán por la Autoridad de Aguas de la jurisdicción respectiva exclusivamente sobre recursos sobrantes, supeditados a la eventual disponibilidad de las aguas y en el caso de aguas para agricultura condicionados a determinados cultivos. No serán responsabilidad de dicha Autoridad las pérdidas o perjuicios que pudieran sobrevenir a quien utilizare el permiso, si, la cancelación del mismo, por falta de sobrantes, no permitiera alcanzar el objeto para el cual fue solicitado.

Artículo 30°.- Las autorizaciones se otorgarán por resolución de la Dirección Regional respectiva, serán de plazo determinado y tendrán lugar cuando las aguas se destinen a:

1. Realizar estudios o ejecutar obras; y,
2. Otras labores transitorias y especiales.

Artículo 31°.- El otorgamiento y extinción de licencia para usos de agua con carácter permanente para todos los fines, se efectuará por Resolución del Director General de Aguas, Suelos e Irrigaciones.

Artículo 32°.- El otorgamiento de cualquier uso de agua está sujeto al cumplimiento de las siguientes condiciones concurrentes:

- a) Que no impida la satisfacción de los requerimientos de los usos otorgados conforme

- a) las disposiciones de la presente ley;
- b) Que se compruebe que no se causará contaminación o pérdida de recursos e agua;
- c) Que las aguas sean apropiadas en calidad, cantidad y oportunidad para el uso al que se destinarán;
- d) Que no se alteren los usos públicos a que se refiere la presente ley; y
- e) Que hayan sido aprobadas las obras de captación, alumbramiento producción o regeneración, conducción, utilización, avenamiento, medición y las demás que fuesen necesarias.

Artículo 33°.- Cuando se presenten dos o más solicitudes para un mismo uso de agua y el recurso no sea suficiente para atender a todas ellas, se dará prioridad a la que sirva mejor el interés social.

Artículo 34°.- Podrán otorgarse dos o más usos de agua para utilización múltiple siempre que se cumplan los requisitos establecidos en el Artículo 32°.

Artículo 35°.- Cuando la Autoridad de Aguas revoque determinado uso para servir a otro, que dé conformidad con la presente ley, sea preferente, el beneficiario indemnizará al usuario afectado el daño producido.

No habrá lugar a indemnización cuando se trate de abastecimiento de poblaciones.

Artículo 36°.- Las aguas no podrán utilizarse en usos o lugares distintos de aquellos para lo que sean otorgadas, salvo las excepciones establecidas en la presente ley.

Artículo 37°.- Los usos de aguas deberán inscribirse en los registros o padrones respectivos. Tales usos no forman parte de los títulos de dominio de los predios o establecimientos.

Artículo 38°.- La Autoridad de Aguas podrá suspender los suministros de agua por el tiempo necesario para la ejecución de los programas destinados a la conservación, mejoramiento o construcción de obras e instalaciones públicas, procurando ocasionar los menos perjuicios.

CAPITULO IV

De los Usos, Energéticos, Industriales y Mineros

Artículo 51°.- Podrán otorgarse usos de agua para la generación de energía y para actividades industriales y minerales, preferentemente para las comprendidas en los planes estatales de promoción y desarrollo.

Artículo 52°.- Todas las caídas de agua naturales pertenecen al estado.

Artículo 53°.- Las aguas destinadas a la generación de energía ser devueltas en el lugar que se señale en la licencia, debiendo el usuario de informar a la Autoridad de Aguas en forma detallada la programación de captaciones y fluctuación de los desagües.

Artículo 54°.- La Autoridad de Aguas o la Sanitaria exigirá que los residuos minerales sean depositados en áreas especiales o "Canchas de relave" dotadas de los elementos necesarios de control y seguridad, o sean evacuados por otros sistemas de manera que se evite la contaminación de las aguas o tierras agrícolas de actual o futura explotación.

TITULO IV

De las Aguas Subterráneas

Artículo 59°.- Las aguas subterráneas quedan sujetas a las disposiciones especiales del presente Título y a las demás de esta Ley que les sea aplicable.

Artículo 60°.- Cuando se trate de utilizar aguas subterráneas para riego, se otorgarán preferentemente para su regulación o mejoramiento, pudiendo otorgarse para irrigación siempre que los estudios técnicos y económicos demuestren su conveniencia y factibilidad.

Artículo 61°.- La Autoridad de Aguas podrá dispensar de la presentación de estudios para el uso de aguas subterráneas destinadas a satisfacer las necesidades de la familia rural siempre que los medios para su extracción sean de mínima capacidad.

Artículo 62°.- El otorgamiento de los usos de aguas subterráneas está sujeto, además de las condiciones establecidas en el Art 32°, a las específicas siguientes:

- a) Que su alumbramiento no cause fenómenos físicos o químicos que alteren perjudicialmente las condiciones del reservorio acuífero, las napas allí contenidas, ni el área superficial comprendida en el radio de influencia del pozo cuando abarque terrenos de terceros; y
- b) Que no produzca interferencia con otros pozos o fuentes de agua.

Artículo 63°.- Podrán alumbrarse aguas en terrenos distintos al del peticionario, cuando los estudios demuestren que no existen en los de éste, o existiendo, su alumbramiento contraviniese cualquiera de las condiciones establecidas en el Artículo 32° o las del artículo presente.

Artículo 64°.- Para evitar las interferencias que pudieran producirse entre dos o más pozos como consecuencia de un nuevo alumbramiento, la Autoridad de Aguas, teniendo en cuenta el radio de influencia de cada uno, determinará la distancia mínima que debe medir entre la perforación solicitada y los pozos existentes, su profundidad y el caudal máximo que podrá alumbrar el peticionario.

Artículo 65°.- La Autoridad de Aguas fijará el régimen de explotación de las aguas subterráneas de acuerdo a las disponibilidades del recurso y a los imperativos del plan de cultivo y riego respectivo.

Artículo 66°.- La Autoridad de Aguas podrá disponer de oficio o autorizar las modificaciones de los métodos, sistemas o instalaciones de los alumbramientos cuando sean inapropiados.

Artículo 67°.- La Autoridad de Aguas dictará las medidas necesarias para asegurar la continuidad de un uso común de aguas de subsuela cuando por cualquier causa el usuario que maneja el pozo respectivo dejare de hacerlo.

Artículo 68°.- Toda persona que como actividad principal o secundaria se dedique a perforar, excavar o realizar trabajos para encontrar aguas subterráneas, deberá necesariamente contar con la licencia correspondiente.

Artículo 69°.- Todo aquel que sin hacer profesión de las actividades a que se refiere el artículo anterior, realiza para el y en forma eventual labores de perforación o excavación para alumbrar aguas subterráneas, proporcionará a la Autoridad competente la información que, de acuerdo con las características del pozo, le sea requerida.

Artículo 70°.- Todo aquel que con ocasión de efectuar estudios, explotaciones o exploraciones mineras, petrolíferas o con cualquier otro propósito, descubriese o alumbrase aguas, está obligado a dar aviso inmediato a la Autoridad de Aguas y a proporcionarle la información técnica de que disponga y no podrá utilizarlas sin permiso, autorización o licencia.