



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Modelo de análisis de variación del nivel freático por explotación de
acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Gamonal Gomez, Enrique Arturo (orcid.org/0009-0005-9106-4249)

ASESOR:

Dr. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto (orcid.org/0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA :

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2017

Dedicatoria

A mi madre, por su cariño y comprensión, por haberme formado con valores, apoyándome siempre a salir adelante.

Agradecimiento

Un agradecimiento especial a la empresa EPERCON S.A.C por el apoyo en la realización de la tesis. Al Ing. Muñiz por sus consejos y recomendaciones como asesor del desarrollo de la investigación.

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada: “Modelo de análisis de variación del nivel freático por explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.

Enrique Arturo Gamonal Gómez.

Índice de contenidos

Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Resumen	vii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN:	22
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	23
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	23
3.5 PROCEDIMIENTOS	25
3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	26
3.7 ASPECTOS ÉTICOS	27
IV: RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	53
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Caracterización de los acuíferos	12
Tabla 2: Valores de Permeabilidad	18
Tabla 3: Valores referenciales de Coeficiente de almacenamiento	18
Tabla 4: Rangos de Validez	24
Tabla 5: Resultados de Validación	25
Tabla 6: Perfil Estratigráfico	31
Tabla 7: Niveles estáticos, dinámicos y abatimientos	36
Tabla 8: Caudales de explotación	36
Tabla 9: Radios de influencia generados por el bombeo de pozos.....	44

Índice de figuras

Figura 1: Aguas subterráneas y acuíferos. Fuente:	13
Figura 2: Tipos de acuíferos según su textura. Fuente: Hispagua. Sistema Español de información sobre el agua.	13
Figura 3: Flujo de agua subterránea. Fuente: tapintoquality.com	14
Figura 4: Cono de depresiones. Fuente: F. Javier Sánchez Dpto. Geología Universidad Salamanca.	16
Figura 5: Infiltración de Rio. Fuente: Arumí, José & otros. (2012).	17
Figura 6: Vista Satelital del área de estudio. Fuente: Google Earth.....	33
Figura 7: Visualización 3D del sector del acuífero.	33
Figura 8: Curva de rendimiento de pozo tubular. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 9: Curva de abatimiento de pozo tubular. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 10: Cono de depresión del pozo N°08 analizado en el trabajo de investigación. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 11: Cono de depresión del pozo n°08 intersectando al pozo n°07. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 12: Vista Satelital de los radios de influencia generados por los pozos tubulares. Fuente: Google Earth.	44

Resumen

La siguiente investigación tiene como objetivo primordial caracterizar la variación del nivel freático debido a la explotación de pozos tubulares en un sector del distrito de Ate, para lo cual se determinó los caudales de explotación, las recargas del acuífero y los parámetros hidrogeológicos que se encuentran en el acuífero mediante pruebas de bombeo y con ayuda del sondeo eléctrico vertical se obtuvieron los perfiles del acuífero para finalmente obtener resultados que nos llevan a conocer el comportamiento del acuífero cuando se realiza la captación de agua que contiene.

Palabras clave: Explotación de acuíferos, pozos, nivel estático, nivel dinámico

Abstract

The next research has as its main objective to characterize the variation of the water table due to the exploitation of tubular wells in a sector of the district of Ate, for which the exploitation flows, the recharges of the aquifer and the hydrogeological parameters found in the aquifer by means of pumping tests and with the help of the vertical electric sounding was obtained in the aquifer profiles to finally obtain results that lead us to know the behavior of the aquifer when capturing the water it contains.

Keywords: Exploitation of aquifers, wells, static level, dynamic level

I. INTRODUCCIÓN

El aumento a nivel mundial de la demanda hídrica crea la necesidad de explotar cada día más agua de los acuíferos, muchas veces sin tomar en cuenta que la explotación es mayor que la recarga natural, esto ocasiona desbalances en el medio ambiente como por ejemplo en la disminución del nivel piezométrico, pérdida de la calidad del agua, intrusión marina, subsidencias entre otros. Por estos motivos la investigación en cuanto a la variación del nivel freático es valiosa para lograr un uso sostenible del recurso hídrico.

El incremento de la explotación propicia un descenso en el nivel freático ocasionando así una disminución en la cantidad de agua obtenida del subsuelo. De acuerdo con Iglesias (2015), “El agua captada de fuentes subterráneas en el Perú tiene distintos fines como abastecer a la población, la industria, la agricultura, y para uso pecuario; según estudios realizados se determinó la existencia de zonas con alto índice de explotación tal es el caso de los valles de Chincha, Pisco, Ica, La Leche en Lambayeque y La Yarada en el departamento de Tacna. La Autoridad Nacional del Agua lleva a cabo el seguimiento de las aguas subterráneas a través de estudios hidrológicos, monitoreo, inventarios de fuentes de aguas subterráneas, y modelamiento de los más importantes acuíferos en el país” (p.15).

Es necesario tener un mayor control de la extracción de agua subterránea teniendo identificados todos los puntos de extracción para así saber la cantidad real de extracción de agua, ya que existen gran cantidad de pozos clandestinos de los cuales no se llevan registro.

Por tal motivo es necesario conocer la variación del nivel freático para poder identificar si el acuífero tiene un descenso significativo y tomar acciones alternativas de manejo que permitan contrarrestar los efectos negativos ocasionados por la explotación de acuíferos, como por ejemplo disminuir el caudal extraído o incluso declarar zonas en veda si fuese necesario evitando así la sobreexplotación del acuífero.

El presente trabajo permitirá el desarrollo de un modelo de análisis que permitirá determinar la variación del nivel freático debido a la explotación de acuíferos mediante pozos tubulares. Además, permitirá evaluar si existe una variación permanente en los niveles freáticos debido a la explotación de acuíferos en el distrito de Ate en el 2017.

Desde el punto de vista social, la investigación propuesta permitirá identificar si existe una disminución en los niveles freáticos del acuífero en el distrito de Ate y así evaluar los problemas ambientales que conlleva para su posterior análisis y solución. Mientras que desde el punto de vista metodológico esta investigación permitirá observar la variación del nivel freático mediante un modelo de análisis aplicando el método científico así generar un conocimiento válido y confiable.

De acuerdo con lo expuesto, el problema de la investigación puede expresarse en términos de una pregunta clara y específica. ¿De qué manera interfiere la variación del nivel freático en la explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017? Además, con la finalidad de poder abordar la problemática planteada, se ha considerado conveniente desarrollar el problema general a través de tres problemas específicos, siendo el primer problema específico el siguiente, ¿Cómo interviene la descarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017? Además, el segundo problema específico se enuncia así, ¿Cuáles son los parámetros hidrogeológicos que influyen en la variación del nivel freático en Ate 2017?, y finalmente, la tercera pregunta específica fue, ¿En qué forma participa la recarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017?

Así mismo, el problema específico general, asociado al problema general, se puede enunciar de la siguiente forma, Desarrollar un modelo para caracterizar la interferencia entre la variación del nivel freático y la explotación de acuíferos mediante Pozos Tubulares en Ate 2017. De la misma forma, los objetivos específicos fueron, Analizar cómo interviene la descarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017, en primer lugar, mientras que en segundo lugar se tuvo, Determinar los parámetros hidrogeológicos que influyen en la variación del nivel freático en Ate 2017. Y finalmente, se tuvo, estudiar la participación de la recarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017.

Finalmente, la hipótesis asociada a la pregunta general fue, La variación del nivel freático interfiere en la explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017. Mientras que las hipótesis específicas fueron, en primer lugar, La descarga del acuífero interviene en la variación del nivel freático en Ate 2017; en segundo lugar, Los parámetros hidrogeológicos influyen en la variación del nivel freático en

Ate 2017; y finalmente, La recarga del acuífero participa en la variación del nivel Freático en Ate 2017.

II. MARCO TEÓRICO

Existen una serie de antecedentes vinculados al trabajo de investigación realizado. A nivel nacional se han considerado una serie de trabajos vinculados estrechamente con las variables consideradas. A continuación, se exponen estos:

Muñoz (2017) llegó a la conclusión que el aumento de las exportaciones de productos agrícolas genera la necesidad de captar agua de acuíferos para el riego de los cultivos; las empresas dedicadas a la agricultura explotan el agua subterránea según sus requerimientos de riego ocasionando descensos en los niveles freáticos, interferencia entre pozos, menores caudales y deteriorando este recurso debido a la sobreexplotación; siendo así necesario buscar soluciones para la protección de los acuíferos, y lograr un uso sostenible del agua subterránea. Es necesaria la intervención del Estado en el caso de los acuíferos en Ica para darle una solución adecuada y lograr un uso sostenible del acuífero. Una gran parte de empresas desarrollan sus actividades sin permisos de extracción del agua en los acuíferos, pero si sugieren al estado mayor infraestructura para riego como por ejemplo represas, canales y trasvases para recargar los acuíferos. En el estudio se determinó que el acuífero sufre una explotación de $220 \text{ hm}^3/\text{año}$ de una reserva de $189 \text{ hm}^3/\text{año}$ generando una sobreexplotación de $-31 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Parodi (2016) tuvo como objetivo explorar la viabilidad de utilizar aguas residuales tratadas como una fuente de recarga del acuífero en la ciudad de Lima, Perú. Se busca analizar sus beneficios, desafíos y consideraciones. El estudio se basa en la revisión de literatura existente sobre el tema, así como la recopilación de datos e información relevante. Se realiza una evaluación de la calidad del agua tratada y su compatibilidad con el acuífero de Lima. También se examina la infraestructura necesaria para llevar a cabo la recarga del acuífero. Se concluye que la recarga del acuífero de Lima mediante el uso de aguas residuales tratadas es una alternativa viable para enfrentar la escasez de agua y la degradación de fuentes de abastecimiento tradicionales. Entre los beneficios destacan la disponibilidad de agua adicional, la reducción de la dependencia de fuentes superficiales y la mejora en la calidad del agua subterránea. Sin embargo, se deben cumplir estándares de calidad en el tratamiento de aguas residuales y realizar estudios más detallados para garantizar la adecuada compatibilidad entre el agua tratada y el acuífero. El trabajo resalta la importancia de considerar el uso de aguas residuales tratadas

como una solución para la recarga del acuífero de Lima. Es necesario llevar a cabo investigaciones exhaustivas, construir infraestructura adecuada y promover la participación de la comunidad para generar conciencia sobre la importancia de este recurso y su uso responsable. Se señala la necesidad de implementar políticas y normativas claras para asegurar la calidad del agua tratada y su correcta gestión. La recarga del acuífero mediante aguas residuales tratadas puede contribuir a garantizar el suministro sostenible de agua y conservar los recursos hídricos en la ciudad de Lima.

Chucuya (2017) se enfocó en investigar la calidad del agua subterránea en los acuíferos costeros de La Yarada, ubicado en Tacna, Perú. El objetivo principal de este estudio es realizar una caracterización hidrogeoquímica detallada del agua subterránea en la zona de estudio, así como identificar los factores que influyen en su calidad. Esto permitirá comprender mejor las propiedades físicas y químicas del agua subterránea, así como los procesos que pueden estar afectando su calidad. Para lograr esto, el trabajo utiliza una combinación de técnicas de muestreo y análisis de agua subterránea, incluyendo la obtención de muestras en diferentes puntos de la zona de estudio. Estas muestras son analizadas en laboratorio para medir parámetros como pH, conductividad eléctrica, concentraciones de diversos elementos y compuestos químicos. Los resultados obtenidos en la investigación proporcionan una amplia caracterización de la calidad del agua subterránea en los acuíferos costeros de La Yarada. Se identifican los principales elementos y compuestos presentes en el agua, así como los posibles procesos de contaminación o alteración de su calidad. A partir de estos resultados, se pueden establecer conclusiones sobre los factores que influyen en la calidad del agua subterránea en la zona de estudio. Esto puede incluir la influencia de actividades humanas, como la agricultura intensiva o la presencia de fuentes de contaminación, así como factores geológicos y hidrogeológicos propios de la región.

Moreno y Seclen (2016) el objetivo principal de este estudio fue desarrollar un modelo para evaluar el impacto de la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del Río Chicama en la región. El modelo fue diseñado para analizar la demanda, oferta y disponibilidad de los recursos hídricos en todas las escalas espaciales de producción, uso y flujos hídricos de la cuenca. La evaluación se realizó usando un

modelo hidrológico basado en una «red de neurona artificial multi-nivel», desarrollado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Multipolar de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los resultados de este estudio mostraron que la disminución de la oferta hídrica puede ser resultado de la diferenciación de la producción y uso de los recursos hídricos, por lo que se necesita una estrategia apropiada para gestionar estos recursos. El trabajo concluye señalando que debe desarrollarse una herramienta de decisión para enfrentar los conflictos entre los usos del agua y una planificación sectorial que permita una mayor cooperación entre los sectores involucrados.

Díaz (2015) aplicó un modelamiento hidrogeológico para estimar el caudal óptimo de la parte baja del acuífero del Valle del Río Lurín. Los objetivos del estudio eran comparar la eficiencia de diferentes metodologías, determinar la variación de caudales en el acuífero y establecer la curva de descarga de los caudales óptimos. Los resultados sugirieron que la metodología de la curva de recarga inversa fue la más efectiva para la estimación del caudal óptimo. Se observaron diferencias en los caudales óptimos entre los años 2016 y 2017. Además, los resultados mostraron que el caudal de la parte baja del acuífero del Valle del Río Lurín fue óptimo para los rangos de descarga comprendidos desde 0,12 hasta 0,15 m³/s. Se realizó un modelamiento hidrogeológico con el fin de estimar el caudal óptimo de la parte baja del acuífero del Valle del Río Lurín. Se estudiaron varias metodologías para evaluar la eficacia en la estimación del caudal con el fin de determinar la variación de los mismos. La metodología de la curva de recarga inversa resultó ser la más efectiva para esta estimación. En adición, los resultados indicaron que el caudal óptimo varió entre los años 2016 y 2017. La recomendación final es que el caudal de la parte baja del acuífero del Valle del Río Lurín sea óptimo para descargas de 0,12 a 0,15 m³/s.

De igual forma, a nivel internacional se han considerado importantes referencias que permitieron la delimitación apropiada del trabajo de investigación expuesto. A continuación, se presenta una colección de estos trabajos.

Cruz, Cabrera, Heredia y Custodio (2015), plantearon como objetivo identificar los planes para un adecuado uso del recurso hídrico y llegaron a la conclusión de que el área estudiada no cuenta con una debida planificación para el buen uso del agua

subterránea de tal modo que en épocas de sequía el descenso del nivel estático y el aumento de las sales y nitratos presentes en el agua se incrementan haciendo notar un daño en la napa freática. Es necesario aplicar acciones correctivas para restaurar las características naturales del acuífero evitando así la sobreexplotación. Se obtuvo de modelos numéricos que el tiempo que le toma al acuífero volver a su estado inicial sería de 2 a 2.5 años, indicando así que el acuífero se descarga y se recarga según las precipitaciones y la demanda de riego.

Cepeda-Pizarro (2013) fijó como objetivo por medio de pozos analizar mensualmente y por estaciones el comportamiento del nivel freático, también obtener datos de pH y minerales contenidos en el agua subterránea en un periodo de 4 años. Obtuvo como resultados que en promedio el nivel freático variaba de -3,8 a -2,5 metros. Debido a la variabilidad en los componentes químicos presentes en el agua no observo patrones estacionales definitivos. Al contrastar los componentes químicos con otras fuentes de agua subterránea se mostraron valores elevados de sulfatos, cabe resaltar que el nivel freático es semejante con niveles apreciados en las cuencas de la región.

Cruz (2016) planteó como objetivo la caracterización del acuífero de la Paz mediante estudios geohidrológicos y geofísicos, usando el método científico obtuvo como resultados que el acuífero es de tipo libre, con un nivel estático ubicado a los 30 metros de profundidad, obtuvo que la porosidad es de 19.5% y que el acuífero puede almacenar 9,467 Mm³ y solo se puede usar 947 Mm³, y presenta intrusión marina en parte del acuífero, originado por la excesiva explotación de pozos en la zona que cuentan con niveles freáticos inferiores al nivel del mar ocasionando amplios conos de abatimiento. El área capta 410 Mm³/año de agua proveniente de las precipitaciones, se estima que el acuífero en la zona de explotación recarga 18.5 Mm³/año en un área de 200km². También se observó que el acuífero se recarga principalmente por medio de precipitaciones en las partes altas de la cuenca. El estudio "Análisis Organizacional del Comité Técnico de Aguas Subterráneas y su Eficacia en la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en el Acuífero Guadalupe, B.C." se dedica a examinar la organización y funcionamiento del Comité Técnico de Aguas Subterráneas en el acuífero Guadalupe, ubicado en

Baja California, México, y evaluar su éxito en la gestión integral de los recursos hídricos.

Barrera (2014) el objetivo principal del estudio fue analizar cómo se lleva a cabo la gestión de los recursos hídricos en el acuífero Guadalupe a través de la labor del Comité Técnico, evaluando su eficacia y eficiencia en la toma de decisiones, implementación de acciones y monitoreo de los recursos hídricos subterráneos. El análisis implica identificar los objetivos y funciones del Comité Técnico, la estructura organizativa, los responsables involucrados, así como las estrategias y acciones llevadas a cabo para la gestión y conservación de los recursos hídricos en el acuífero. También se examinará la efectividad de las medidas implementadas, considerando factores como la reducción del uso de agua, la protección de la calidad del agua, la conservación de los ecosistemas acuáticos y el cumplimiento de regulaciones y políticas relacionadas con el manejo de agua subterránea. Además, el estudio podría analizar los desafíos y obstáculos que el Comité Técnico enfrenta en su labor, como posibles limitaciones financieras, conflictos de intereses o falta de coordinación entre los actores involucrados. Asimismo, se podrían proponer recomendaciones y mejoras para fortalecer la eficacia del Comité Técnico en la gestión integral de los recursos hídricos en el acuífero Guadalupe. En resumen, el estudio busca evaluar la efectividad y organización del Comité Técnico de Aguas Subterráneas en la gestión de los recursos hídricos en el acuífero Guadalupe, identificando oportunidades de mejora y brindando recomendaciones para optimizar la gestión integral de los recursos hídricos en esa área específica.

Arbito (2015), se enfocó en el análisis y caracterización de las propiedades y calidad del agua subterránea en el cantón Pasaje durante el año 2014. El objetivo de este estudio es determinar si el agua subterránea es adecuada para ser utilizada en actividades productivas y consumo humano. Se han recolectado muestras de agua subterránea de varios puntos de extracción en el cantón Pasaje, las cuales han sido sometidas a análisis físico-químicos y microbiológicos en laboratorios especializados. Estos análisis buscan identificar la presencia de diferentes componentes y contaminantes, como minerales, metales pesados, nitratos y bacterias. Con base en los resultados obtenidos, se busca evaluar la calidad del

agua subterránea en relación a los estándares y normativas establecidas para su uso en actividades productivas y consumo humano. Esto permitirá identificar posibles riesgos para la salud humana o limitaciones en su aplicabilidad en procesos industriales o agrícolas. Además, este estudio puede proporcionar recomendaciones para la gestión y tratamiento del agua subterránea, con el objetivo de mejorar su calidad en caso de detectar problemas o contaminantes que puedan representar un riesgo para la salud o el medio ambiente. En resumen, el trabajo de "Caracterización del Agua Subterránea para Uso en Actividades Productivas y Humanas, en el Cantón Pasaje, 2014" tiene como objetivo analizar y evaluar la calidad del agua subterránea en dicho cantón, con el propósito de determinar su idoneidad para ser utilizado en actividades productivas y consumo humano, y proporcionar recomendaciones para su gestión adecuada.

Las teorías relacionadas con el tema de investigación se han desarrollado de acuerdo con la operacionalización de variables considerada. A continuación, se muestran los conceptos y teorías relacionadas al tema de investigación.

La variación del nivel freático está relacionada con el incremento o disminución de agua presente en el acuífero, ocurre debido a factores ambientales como el clima y por intervención humana mediante la explotación de acuíferos.

La profundidad del nivel freático es variable oscila entre cero en la superficie y cientos de metros. El nivel freático varía año tras año y dependiendo de la época del año, debido a que el incremento del agua subterránea se relaciona con la continuidad de precipitaciones en el área. (Cruz, 2016, p. 41).

Los acuíferos son masas subterráneas de arena y roca que poseen la capacidad de almacenar agua, tienen características permeables y están ubicados a profundidades variables. El agua subterránea hallada en los acuíferos cumple una función importante en el ciclo hidrológico. (Chucuya, 2017, p. 10). Según su estructura y circunstancias hidráulicas son:

Los acuíferos libres o no confinados se caracterizan por que el nivel freático se encuentra a presión atmosférica, las presiones debajo del nivel freático están sometidas a presiones mayores a la atmosférica; cuenta con un estrato permeable parcialmente saturado ubicado sobre un estrato impermeable (Bellino, 2013, p.71-72).

Los acuíferos semilibres muestran un caso medio entre un acuífero libre y otro semiconfinado, donde la capa confinante superior es semipermeable o también conocido como acuitardo de tal forma que el flujo horizontal no se puede despreciar. (Pérez, D. 1995. p. 23).

Los acuíferos confinados o cautivos se encuentran limitados en su parte superior e inferior por capas permeables. La presión hidrostática en la parte superior del acuífero es mayor a la presión atmosférica. La recarga en los acuíferos confinados se realiza lateralmente. Si se escaba un pozo en un acuífero confinado el agua confinada en el acuífero asciende por el pozo, si logra llegar a la superficie se le denomina pozo surgente. (Arbitto, 2017, p.20)

Los acuíferos semiconfinados, se encuentran entre una capa que no es totalmente impermeable y permite una circulación vertical de agua a través de ella. El acuífero semiconfinado posee características intermedias entre acuífero libre y el acuífero confinado. (Bellino, 2013, p.30).

Tabla 1: Caracterización de los acuíferos

Capa Superior	Tipo de Acuífero
Impermeable (Acuífugo).	Confinado
Semipermeable (Acuitardo) donde se puede ignorar la componente horizontal del flujo.	Semiconfinado
Semipermeable (Acuitardo), menos permeable que la parte principal del acuífero en el que hay que tomar en cuenta la componente horizontal del flujo.	Semilibre
Igual que la parte principal del acuífero.	Libre

Fuente: La explotación del agua subterránea, (Cruz, 2016, p.25).

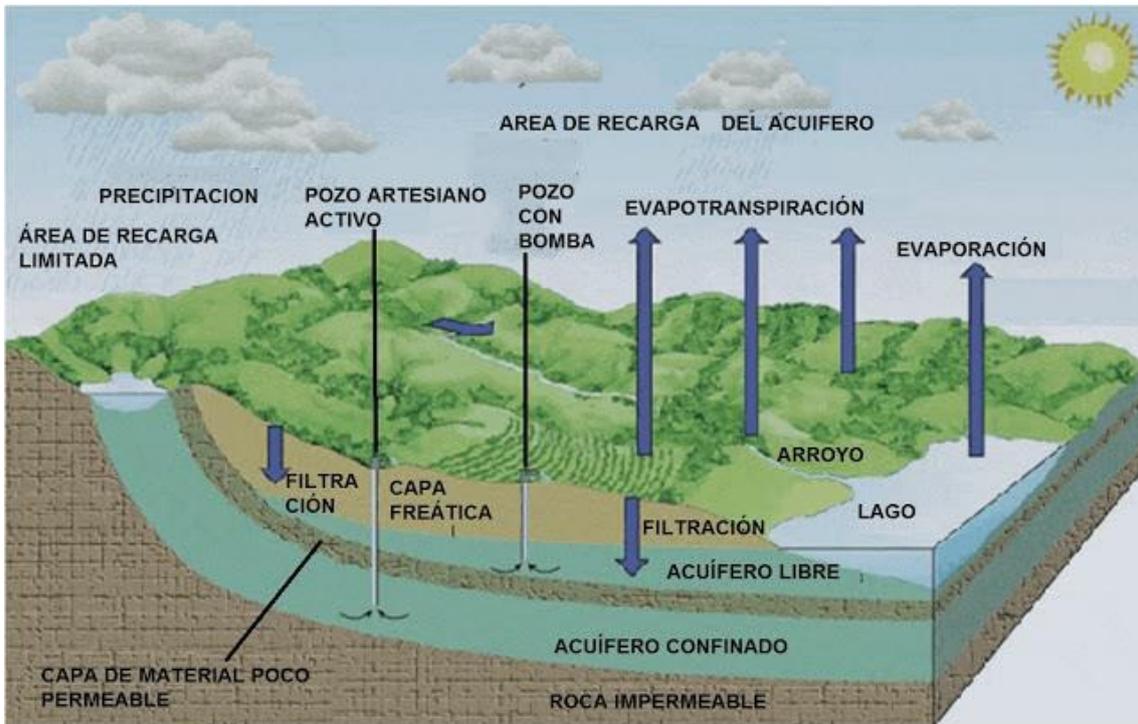


Figura 1: Aguas subterráneas y acuíferos. Fuente: (Herrera, 2016, p.20)

Los acuíferos detríticos son un tipo de acuífero que se caracteriza por ser poroso debido a que el material es granular como por ejemplo las arenas y gravas. Los acuíferos kársticos, están compuestos por rocas sedimentarias como dolomías y calizas las cuales han sufrido disolución de carbonatos generando grietas a través de las cuales transita el agua.

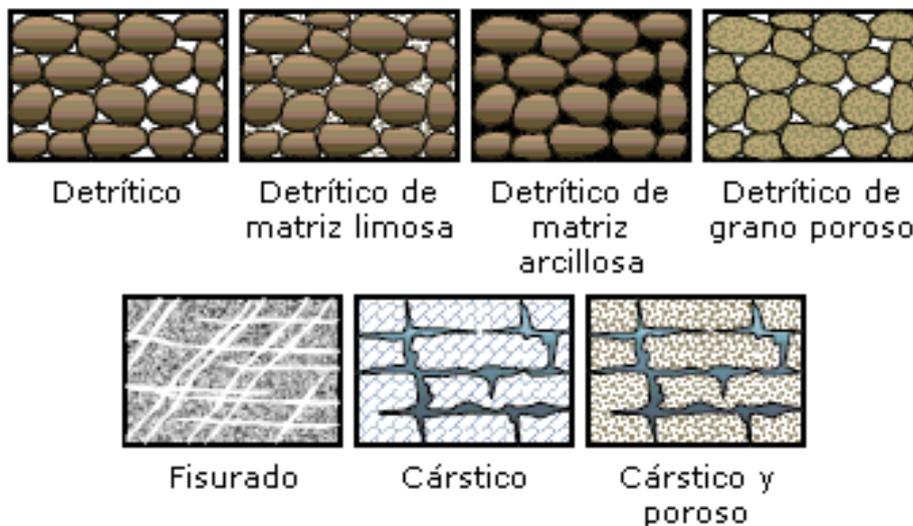


Figura 2: Tipos de acuíferos según su textura. Fuente: Hispagua. Sistema Español de información sobre el agua.

La carga hidráulica, también conocida como carga piezométrica, mide específicamente de la presión del líquido por encima de un Datum geodésico. Por lo general, se mide como una elevación de la superficie líquida, expresada en unidades de longitud, a la entrada de un tubo piezómetro (Iglesias, 2015, p. 184).

El espesor saturado es la altura del acuífero confinado entre capas permeable e impermeable del suelo. (Muñoz, 2015, p.197). Las fronteras de flujo, representa los límites por donde fluye el agua en el acuífero. La hidráulica de captaciones se encarga específicamente de evaluar las consecuencias de la extracción de aguas, en el caso de pozos consiste en captaciones verticales, esto genera por ejemplo abatimientos y cono de depresiones (Parodi, 2016, p.90).

El descenso total generado en un pozo producto del bombeo involucra a los parámetros hidráulicos del acuífero y a las características de construcción del pozo. Es medido mediante una prueba de bombeo. Se calcula el descenso teórico a partir de parámetros hidráulicos del acuífero como transmisividad y coeficiente de almacenamiento (Muñoz, 2015, p.197).



Figura 3: Flujo de agua subterránea. **Fuente:** tapintoquality.com

Según Jacob:

$$d_{teórico} = 0.183 \frac{Q}{T} \text{Log} \frac{2.25 T \cdot t}{r^2 \cdot S} \dots\dots\dots Ec. (1.1)$$

Dónde:

$T = \text{Transmisividad en } m^2/\text{dia}$

$t = \text{Tiempo en dia}$

$r = \text{Radio del pozo en } m$

$Q = \text{Caudal en } m^3/\text{dia}$

$S = \text{Coeficiente de almacenamiento}$

El radio de influencia ocasionado por el bombeo depende principalmente de los parámetros hidrogeológicos y no del caudal de explotación

Según Jacob:

$$R = 1.5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}} \dots\dots\dots Ec. (1.2)$$

Dónde:

$R = \text{Radio de influencia}$

$T = \text{Transmisividad } m^2/\text{día}$

$t = \text{Tiempo en días}$

$S = \text{Coeficiente de almacenamiento}$

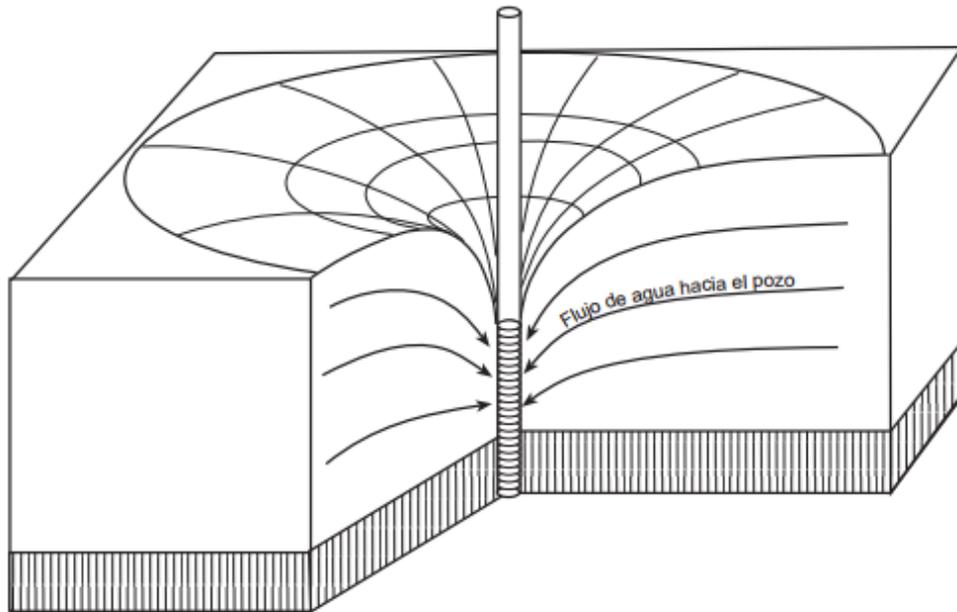


Figura 4: Cono de depresiones. **Fuente:** Geología Universidad Salamanca (Oliva, 2013, p.50).

La explotación de Acuíferos consiste en retirar del acuífero un volumen de agua subterránea requerido; es importante la forma racional de explotación y su conservación exige el conocimiento de datos que el estudio hidrológico tiene por finalidad establecer, conociendo estos datos es posible establecer normas de explotación, protección y conservación de las aguas subterráneas (Muñoz, 2016, p.6-7).

La descarga del acuífero puede darse en lagunas, lagos, ríos o al mar y también origina manantiales, además se produce cuando se extrae el agua subterránea mediante pozos (Herrera, 2016, p.20).

La Zonas de descarga Viene a ser la última fase del recorrido del agua subterránea, mientras que el caudal de bombeo anual viene a ser la cantidad de agua extraída del pozo en un año, según las horas de bombeo diario (Herrera, 2016, p.30).

La recarga del acuífero se explica cómo la recepción de agua dentro de una zona y por medio de filtraciones pasa a formar parte del agua subterránea, se realiza de dos modos, una de manera horizontal del fluido por las condiciones hidráulicas del suelo y otra por un movimiento descendente del agua debido a la gravedad (Cruz, 2016, P.152).

La Infiltración es la acción del paso del agua a través del suelo, escabulléndose por entre las capas permeables del suelo hasta hallar una impermeable.

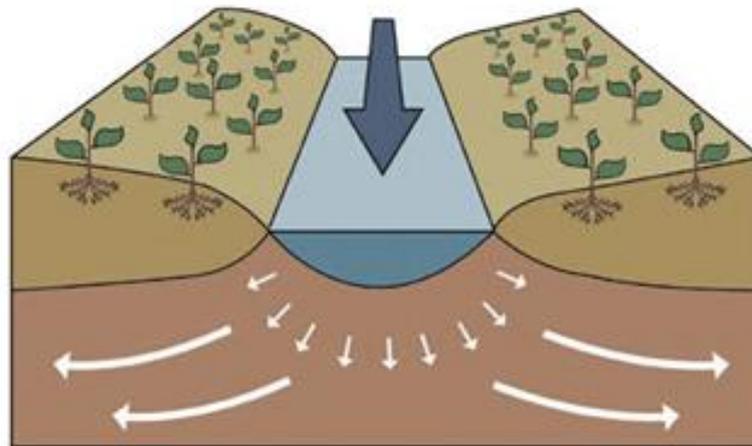


Figura 5: Infiltración de Río. **Fuente:** (Cruz y Cabrera, 2015, p45)

Fundamentándose en experimentos de laboratorio el ingeniero Henry Darcy logro explicar el desplazamiento del agua en un medio poroso (Cruz y Cabrera, 2015, p.30).

$$Q = AK \frac{\Delta h}{\Delta l} \dots\dots\dots Ec. (1.3)$$

Dónde:

$$\frac{\Delta h}{\Delta l} = \textit{Gradiente hidráulico}$$

$K = \textit{Conductividad hidráulica o permeabilidad}$

$A = \textit{Area transversal del flujo}$

La precipitación media anual es el valor conseguido según el promedio de las lluvias registradas en todos los meses del año. (Collazo y Montaña, 2013, p.50).

La permeabilidad o conductividad hidráulica viene a ser el caudal que pasa por una sección de acuífero de alto, ancho y bajo un gradiente hidráulico unitario. La permeabilidad es capacidad que posee un tipo de suelo para que el agua la atraviese.

$$K = \frac{T}{b} \dots\dots\dots Ec. (1.4)$$

Dónde:

K = Permeabilidad

T = Transmisividad

b = Espesor saturado

La permeabilidad puede encontrarse mediante ensayos de granulometría, con equipos como permeámetros, de estudios hidrológicos, u otros parámetros hidrogeológicos (Cepeda-Pizarro, 2013, p.5).

Tabla 2: Valores de Permeabilidad

K (m/día)	Calificación estimada
$K < 10^{-2}$	Muy baja
$10^{-2} < K < 1$	Baja
$1 < K < 10$	Media
$10 < K < 100$	Alta
$K > 100$	Muy alta

Fuente: (Cepeda-Pizarro, 2013, p.5).

El coeficiente de almacenamiento es un numero adimensional mayor en los acuíferos libres respecto a los confinados y viene a ser el volumen de agua desplazado por una columna del acuífero de sección unitaria y de elevación equivalente a la parte saturada cuando se genera un cambio unitario del nivel piezométrico. (Bellino, 2013, p.60)

Según Theis - Jacob

$$S = \frac{2.25 T * t}{r^2} \dots \dots \dots Ec. (1.5)$$

Dónde:

T = Transmisividad en m²/día

t = Tiempo en día

r = Distancia en m

Tabla 3: Valores referenciales de Coeficiente de almacenamiento

Tipo de material permeable	Forma del funcionamiento del acuífero	Valores de S (medio)
<i>Kárstico:</i>	Libre	2×10^{-2}
Caliza y dolomías jurásicas	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Calizas y dolomías cretácicas y terciarias	Libre	$2 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
<i>Poroso intergranular:</i>	Libre	$5 \times 10^{-2} - 15 \times 10^{-2}$
	Gravas y arenas	Semiconfinado 10^{-3} Confinado 10^{-4}
<i>Kárstico y porosos:</i>		
Calcarenitias, terciarias	marinas, Libre	$15 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2}$

Fuente: Pozos y acuíferos – M. Villanueva y A. Iglesias

De acuerdo con Bera et. al (2017, p134), la transmisividad También llamada coeficiente de transmisibilidad viene a ser la cantidad de agua que se filtra por una sección vertical de terreno, de ancho igual a uno y de altura igual a la de la capa permeable saturada, bajo un gradiente hidráulico igual a uno, a una determinada temperatura. En otras palabras, viene a ser el producto de la permeabilidad (K) por el espesor medio “ m ” del acuífero saturado:

$$T = \frac{0.366 Q}{\Delta d} \dots \dots \dots Ec. (1.6)$$

$$Q = \text{Caudal en } m^3 / \text{día}$$

$$\Delta d = \text{Pendiente de la recta}$$

A continuación, se brinda una lista sobre conceptos necesarios para una mejor comprensión del presente trabajo de investigación.

Acuicludo: Es una formación geológica en la cual no es posible su explotación ya que es poco permeable, y no permite el paso del agua. Principalmente son depósitos subterráneos de arcilla. (RAI,2017)

Acuífugo: Es una formación geológica que no tiene la capacidad de contener ni transmitir agua, como en el caso de rocas metamórficas. (RAI, 2017)

Acuitardo: Es una formación geológica capaz de contener agua, pero con muy poca permeabilidad, siendo no apta para captar el agua contenida.

Pozómetro: Es instrumento utilizado para determinar la profundidad del nivel del agua subterránea, la sonda emite una señal cuando entra en contacto con la superficie del agua. (Hydromet).

Pozo tubular: Es un orificio perforado en la tierra que alcanza el agua subterránea para su captación, cuenta con filtros para mejorar las características del agua. (RAI, 2017).

Unidades hidrogeológicas: Son conjuntos de formaciones geológicas, que pueden contener varios acuíferos y estos conectados de forma que se analizan conjuntamente. (RAI, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación se realiza mediante el método científico ya que mediante un procedimiento comprobaremos la hipótesis (Hernández et. al, 2018, p.75).

Tipo de estudio

Según (Hernández et. al, 2018, p.75), la investigación se clasifica en:

Aplicada

Básica

Documental

De campo o mixta.

Para la investigación utilizamos el tipo Aplicada que se caracteriza por su enfoque en la aplicación, uso y consecuencias prácticas de los conocimientos, y busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar.

Según (Hernández et. al, 2018, Págs.83-84) al determinar las causas que generan el presente trabajo y generar una mayor comprensión del tema estamos hablando de una investigación cuantitativa de nivel Explicativa.

Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es cuasi experimental según (Hernández et. al, 2018, Págs.83-84) que la define como un esquema de trabajo con el que se logra estudiar los procesos de transformación, en ocasiones en que las unidades de observación se determinan siguiendo criterios definidos.

3.2 Variables, operacionalización:

Variables

V1: Variación del nivel freático.

V2: Explotación de Acuíferos.

Operacionalización de variables

Es el procedimiento por el cual se explica cómo serán medidas las variables formuladas en la hipótesis, consiste en separar en indicadores para un mejor desarrollo del tema. Según (Hernández et. al, 2018, Págs.83-84) “la Operacionalización de variables es un proceso de clasificación conceptos teóricos, hasta llegar al nivel básico, que podemos valorar, observar y, recoger, llamados indicadores.”

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población viene a ser un conjunto de elementos de la misma clase. Una población es un grupo de individuos que tienen determinadas especificaciones y que se ubican en una determinada área (Hernández et. al, 2018, Págs.83-84). En la siguiente investigación se identificaron 25 pozos.

Muestra

Según (Hernández et. al, 2018, Págs.83-84), afirma que la muestra “Es un grupo de elementos que se extraen de una población total, para realizar análisis estadísticos”. Se tomará datos de 10 pozos ubicados en el distrito de Ate – Lima.

Muestreo

La considera para el siguiente un muestreo no probabilístico intencional, elegidos en función de su accesibilidad.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

(Hernández et. al, 2018, Págs.83-84) señala al referirse a las técnicas e instrumentos para recopilar información como la de campo, lo siguiente: Que el volumen y el tipo de información-cualitativa y cuantitativa- que se recaben en el trabajo de campo deben estar plenamente justificados por los objetivos e hipótesis de la investigación, o de lo contrario se corre el riesgo de recopilar datos de poca o ninguna utilidad para efectuar un análisis adecuado del problema.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En opinión de (Hernández et. al, 2018, Págs.90) las técnicas, son mecanismos utilizados en la recolección de datos, entre las que resaltan el cuestionario, encuestas y la observación.

Técnica seleccionada

Para la investigación realizamos la técnica de la observación directa con datos recopilados in situ.

Instrumento de investigación

El instrumento usado será la ficha técnica; que consiste en almacenar la información recogida de las fuentes, es un elemento valioso usado en la investigación.

Análisis de Validez

(Hernández et. al, 2018, Págs.143) “Es el nivel en el que un instrumento logra medir la variable que dice medir”. Se considera válido un instrumento cuando demuestra medir la variable en estudio. La revisión bibliográfica y la consulta a especialistas en el tema son indispensables para el lograr la validez deseada.

Tabla 4: Rangos de Validez

Rangos	Validez
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy Válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: (Hernández et. al, 2018, Págs.145).

El instrumento fue validado por 3 consultores obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5: Resultados de Validación

Consultores:	C - 1	C - 2	C - 3	Promedio
Validez:	0.70	0.70	0.60	0.67

Según el análisis de validez realizado por los especialistas se obtuvo 0.67 ubicándose en el rango de muy válida. Ver anexos.

Análisis de Confiabilidad

Es el nivel en que un instrumento produce resultados claros, coherentes y concisos, su uso reiterado al mismo elemento nos brinda resultados similares. Se realiza por ejemplo mediante estadísticas, debe desarrollarse mediante un estudio del contenido de los ítems (Hernández et. al, 2018, Págs.156).

3.5 Procedimientos

Recopilación de Datos Detallados: En primer lugar, se debe proceder a la recolección de datos precisos sobre los niveles freáticos en ATE durante el año 2017. Esto implica la obtención de datos históricos de diversas fuentes, registros de pozos tubulares y datos climáticos relevantes.

Análisis Estadístico: Se recomienda la aplicación de técnicas estadísticas para el análisis de los datos recopilados. Esto puede incluir el cálculo de estadísticas descriptivas para comprender la distribución de los niveles freáticos, así como análisis de tendencias para identificar patrones temporales.

Interpolación de Datos: En casos en los que falten datos en ciertos momentos o lugares, se puede recurrir a métodos de interpolación matemática para estimar con precisión los valores faltantes. La interpolación espacial y temporal puede ser particularmente útil en esta etapa.

Modelado Matemático: Se sugiere el desarrollo de un modelo matemático que represente la relación entre la explotación de acuíferos mediante pozos tubulares y la variación de los niveles freáticos. Esto podría implicar el uso de ecuaciones

diferenciales u otros modelos matemáticos que describan el comportamiento del sistema.

Simulaciones: En la medida de lo posible, se pueden realizar simulaciones computacionales para predecir cómo podrían cambiar los niveles freáticos en el futuro bajo diferentes escenarios de explotación de acuíferos.

Validación y Verificación: Es importante llevar a cabo un proceso de validación y verificación de los modelos y resultados obtenidos, utilizando datos independientes cuando estén disponibles. Esto contribuirá a aumentar la confiabilidad de las conclusiones.

Análisis de Impacto Ambiental: Se recomienda llevar a cabo una evaluación del impacto ambiental de la explotación de acuíferos en ATE. Esto puede incluir el estudio de la calidad del agua, la influencia en los ecosistemas locales y la sostenibilidad a largo plazo.

Conclusiones y Recomendaciones: Basándose en los hallazgos, se deben presentar conclusiones sólidas y recomendaciones para la gestión de los recursos hídricos en la región. Estas recomendaciones deben estar respaldadas por análisis y datos pertinentes.

Revisión de la Literatura: Es importante llevar a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con el tema de investigación. Esto permitirá situar la tesis en un contexto adecuado y respaldar los argumentos con investigaciones previas.

Escritura Formal y Presentación: La tesis debe ser redactada de manera clara y siguiendo las normas de estilo académico. Asimismo, se debe preparar una presentación efectiva para la defensa de la tesis, si esta etapa es requerida.

3.6 Método de análisis de datos

Análisis Estadístico Descriptivo: Este enfoque implica el cálculo de estadísticas descriptivas, como la media, la mediana, la desviación estándar y los percentiles, con el propósito de comprender la distribución y la tendencia central de los datos de nivel freático en diferentes momentos y ubicaciones en ATE durante 2017.

Análisis de Tendencias Temporales: Se sugiere el uso de técnicas estadísticas, como la regresión lineal o no lineal, para identificar tendencias temporales en los niveles freáticos a lo largo del año 2017. Esto permitirá comprender si existió una variación significativa y la dirección de dicha variación.

Modelado Matemático: Se plantea el desarrollo de un modelo matemático que represente la relación entre la extracción de agua mediante pozos tubulares y la variación de los niveles freáticos. Esto podría involucrar la creación de ecuaciones diferenciales que describan el comportamiento del sistema.

Simulaciones Numéricas: Se recomienda el uso de software de modelado numérico para realizar simulaciones que pronostiquen cómo podrían cambiar los niveles freáticos bajo diferentes escenarios de explotación de acuíferos. Esto puede contribuir a evaluar el impacto futuro.

3.7 Aspectos éticos

Resulta fundamental resaltar la importancia de haber abordado esa investigación desde una perspectiva ética y responsable. En primer lugar, se consideró el respeto por los principios de integridad académica. Esto implicó que el investigador llevó a cabo su trabajo de manera honesta y transparente, evitando prácticas como la manipulación de datos o la falsificación de resultados. Cada hallazgo o conclusión se presentó de manera fiel a la evidencia recopilada.

Además, en el contexto de esa tesis, se tuvieron en cuenta los aspectos éticos relacionados con el uso de datos y la privacidad de las personas. Si la investigación involucró datos de individuos o comunidades, se siguieron los protocolos adecuados para obtener el consentimiento informado y garantizar la confidencialidad de la información.

Asimismo, se reconoció la esencialidad de considerar los posibles impactos negativos de la explotación de acuíferos en ATE y cómo estos podrían haber afectado a la comunidad local y al medio ambiente. Esto implicó la responsabilidad ética de informar sobre los riesgos identificados y de proponer medidas de mitigación o alternativas sostenibles cuando fue necesario.

En lo que concierne a la divulgación de los resultados, se dio importancia a la presentación de los hallazgos de manera clara y precisa, incluso cuando estos indicaban consecuencias no deseadas de la explotación de acuíferos. No se ocultó información relevante ni se sesgaron los resultados, ya que esto habría sido contrario a los principios de la investigación responsable.

Además, se tuvo el cuidado de no promover ni respaldar prácticas que pudieran haber tenido un impacto negativo significativo en el medio ambiente o en la calidad de vida de las personas. La ética de la investigación implicó la consideración del bienestar de la sociedad en general en cada etapa del estudio.

IV: RESULTADOS

Descripción del área de estudio

Ubicación del área de estudio y su extensión:

El área de estudio se encuentra hacia el margen izquierdo de río Rímac.

Ubicación Política:

Distrito de Ate, provincia y departamento de Lima.

Ubicación Geográfica:

El tramo de acuífero está ubicado entre en las coordenadas UTM.

- Este: 282500 m, 285500 m
- Norte: 8664800 m, 8666300m
- Datum: WGS 84
- Zona: 18

Recopilación de información

Características Geológicas del área de estudio:

Para conocer el tipo de acuífero en el área del estudio se recopiló información geológica del área, esto permite precisar las fronteras del acuífero. La información descrita a continuación proviene de las cartas geológicas del INGEMMET. Ver Anexo

La cadena geológica en la cuenca del Rímac en el área, está conformada por las siguientes unidades estratigráficas:

- a) Ki-at: Formación Atocongo. Eratema: Mesozoico, Sistema: Cretáceo
- b) Ki-pa: Formación Pamplona. Eratema: Mesozoico, Sistema: Cretáceo
- c) Qp-al: Depósitos Aluviales. Eratema: Cenozoico, Sistema: Cuaternario, Serie Pleistoceno.
- d) Ks-gbdi-pt: Rocas intrusivas (Gabro dioritas).

Perfiles Litológicos para determinar el tipo de acuífero

La información litológica del horizonte aluvial fue tomada del Estudio hidrogeológico para abastecimiento de agua a la estación 19 – San Juan de Dios, Distrito de Ate, Lima, 2015; elaborado por la empresa EPERCON SAC, donde muestran los perfiles estratigráficos según los sondeos eléctricos verticales realizados en la zona. Esto permite definir las capas del subsuelo, y determinar el espesor del acuífero. Ver Anexo

De la información obtenida de los Sondeos eléctricos verticales se demuestra que se trata de un acuífero libre ya que no posee capas impermeables en la parte superior al nivel freático.

Tabla 6: Perfil Estratigráfico

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN
0 - 25	25	Capa superficial, con presencia de material fino y grueso tales como canto rodado, gravas subredondeadas, arena gruesa a media, en estado seco.
25 - 55	30	Capa intermedia, con presencia de material tal como grava subredondeada y arenas medias a finas
55 - 110	55	Capa saturada, con presencia de cantos rodados, guijarros, gravas subredondeadas y arenas gruesas a medias.
110 - ND	ND	Capa impermeable donde no ha sido posible determinar su espesor, valores de resistividad alto.

Fuente: Equipos & Perforadores Contratistas S.A.C.

Inventario de pozos en el área de estudio

Se recolectó información de 10 pozos tubulares en el área de estudio, que son utilizados con fines industriales, riego de áreas verdes y domésticos.

El inventario de pozos se realizó en un área de 4.5 km², en el distrito de Ate, los pozos inventariados fueron representados según la simbología normada mediante R.J. N°30-2013-ANA ver Anexos.

Tabla 3.2 Inventario y características técnicas de los Pozos en el sector evaluado

N	NOMBRE DEL POZO	COT	PERFORACIÓN			CAU	COORDENADAS	
		A m.s.n .m.	Ti po	A ño	Prof. Act. (m)	DAL Q (l/s)	m E	m N
P 1	Frigoríficos Industriales Lima Sac	194.60	T	201 3	163.40	10.0	282690	8665741
P 2	Lava Industrias Sa	199.50	T	-	143.00	8.00	282978	8665205
P 3	Importaciones Richard Car S.R. Ltda	201.30	T	200 5	120.00	7.50	283057	8665603
P 4	Tejidos Nacionales S. A	203.40	T	-	150.00	10.0	283200	8665123
P 5	Clinica San Juan De Dios	208.20	T	199 1	118.00	7.0	283490	8665323
P 6	Los Sauces	213.10	T	-	93.00	7.0	283912	8665155
P 7	Sacos Peruanos	231.50	T	-	59.50	-	284749	8665955
P 8	Consortio Industrial	235.70	T	200 0	87.30	15.0	284918	8666040
P 9	Consortio La Parcela	234.60	T	-	119.90	7.5	285023	8666013
P 10	Santa Rosa	231.30	T	-	93.00	-	285014	8665628

Fuente: *Elaboración propia*

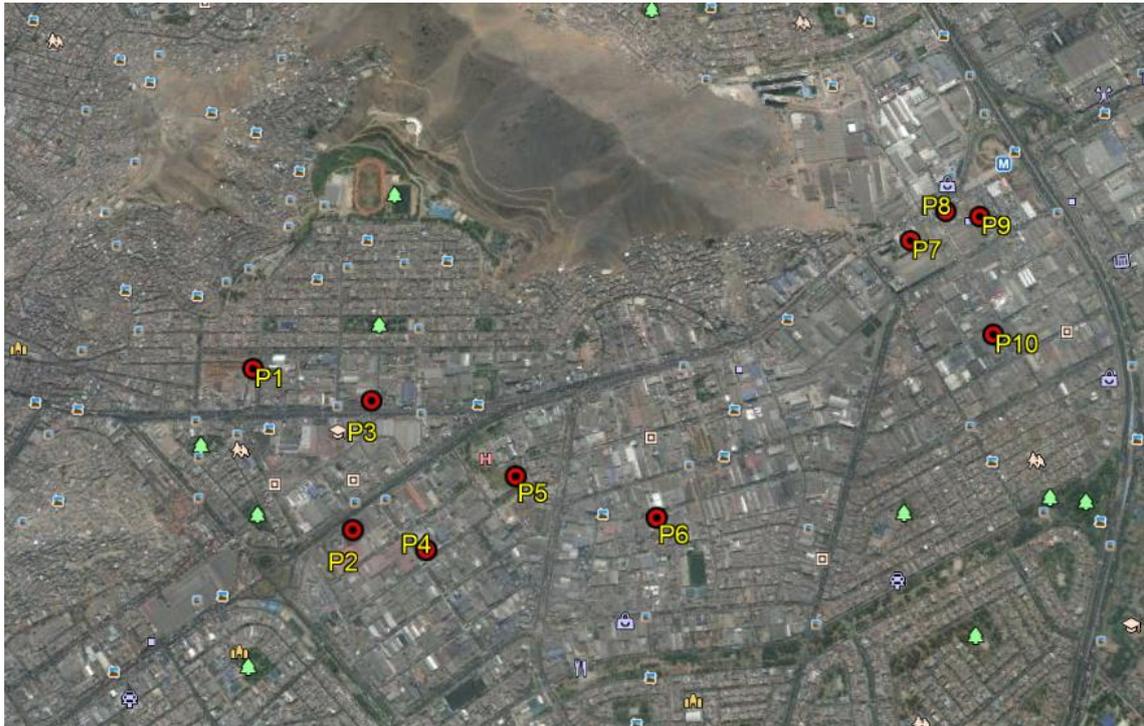


Figura 6: Vista Satelital del área de estudio. **Fuente:** Google Earth

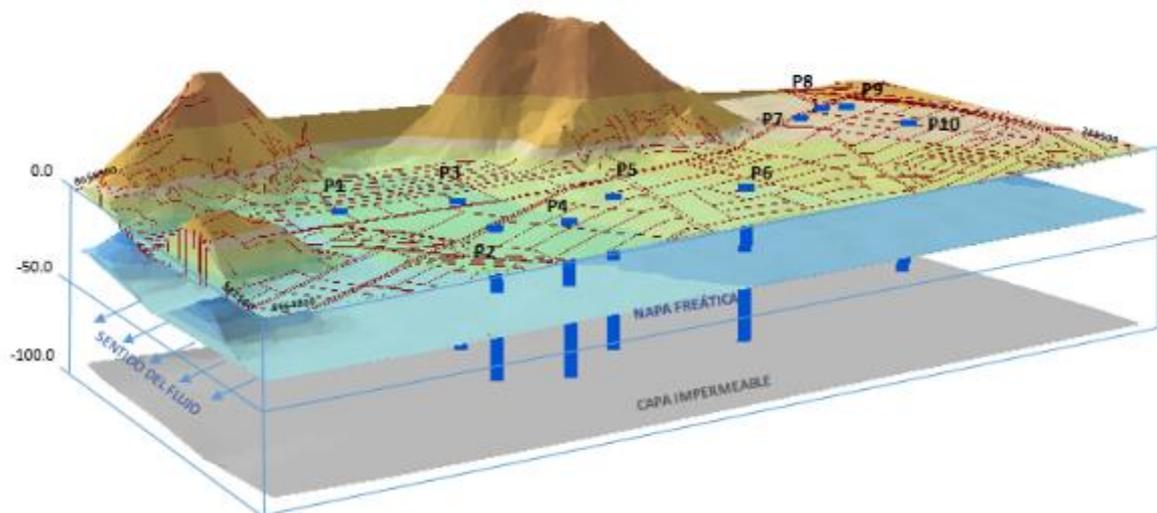


Figura 7: Visualización 3D del sector del acuífero.

Niveles estáticos y dinámicos

Se realizaron pruebas de bombeo a caudal constante de los pozos inventariados, con las bombas encontradas en el lugar.

Primero se apagaron las bombas hasta que los pozos recuperaron su nivel estático, luego se enciende la bomba y se procede a tomar lectura de los descensos en intervalos de tiempo con la ayuda de un pozómetro y siendo anotados los descensos hasta obtener un nivel dinámico constante para luego determinar la curva de abatimiento del cada pozo.

Las pruebas tuvieron una duración de 6 horas en cada pozo tubular logrando así determinar los niveles estáticos, dinámicos y por tanto el abatimiento generado.

A continuación de muestran los datos recolectados en el pozo tubular N°01, los resultados de las demás pruebas de bombeo se muestran en los Anexos.

Pozo tubular N°01 Frigoríficos Industriales S.A.C

CURVA DE RENDIMIENTO POZO TUBULAR FRIGORIFICOS INDUSTRIALES LIMA SAC

DEPARATAMENTO : Lima
 PROVINCIA : Lima
 DISTRITO : Ate
 FECHA : Setiembre del 2017

N. ESTÁTICO : 84.40 mts
 N. DIMÁMICO : 125,30 mts
 PROFUNDIDAD : 163,40 mts

Curva establecida por Enrique Gamonal Gomez

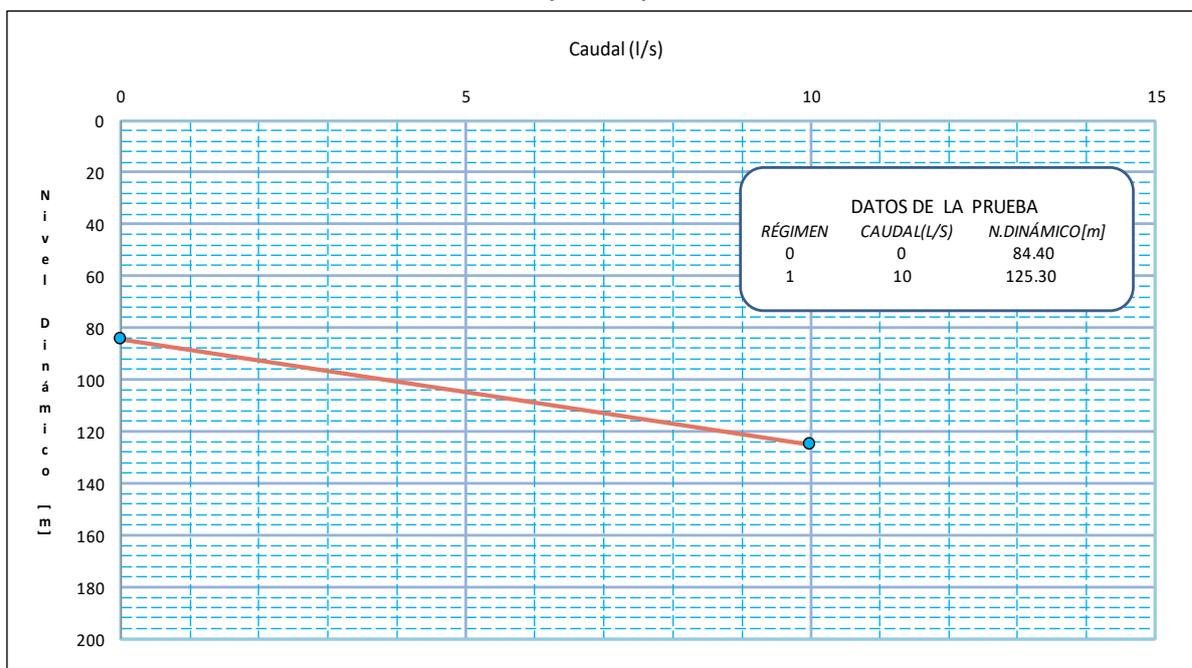


Figura 8: Curva de rendimiento de pozo tubular. Fuente: Elaboración propia.

CURVA DE ABATIMIENTO		
POZO TUBULAR FRIGORIFICOS INDUSTRIALES LIMA S.A.C.		
DISTRITO: ATE	PROVINCIA: LIMA	DEPARTAMENTO: LIMA

$Q = 36.00 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q = 10.00 \text{ l/s}$

$Q = 158.53 \text{ gpm}$

$Q_e = 0.88 \text{ m}^3/\text{h.m}$

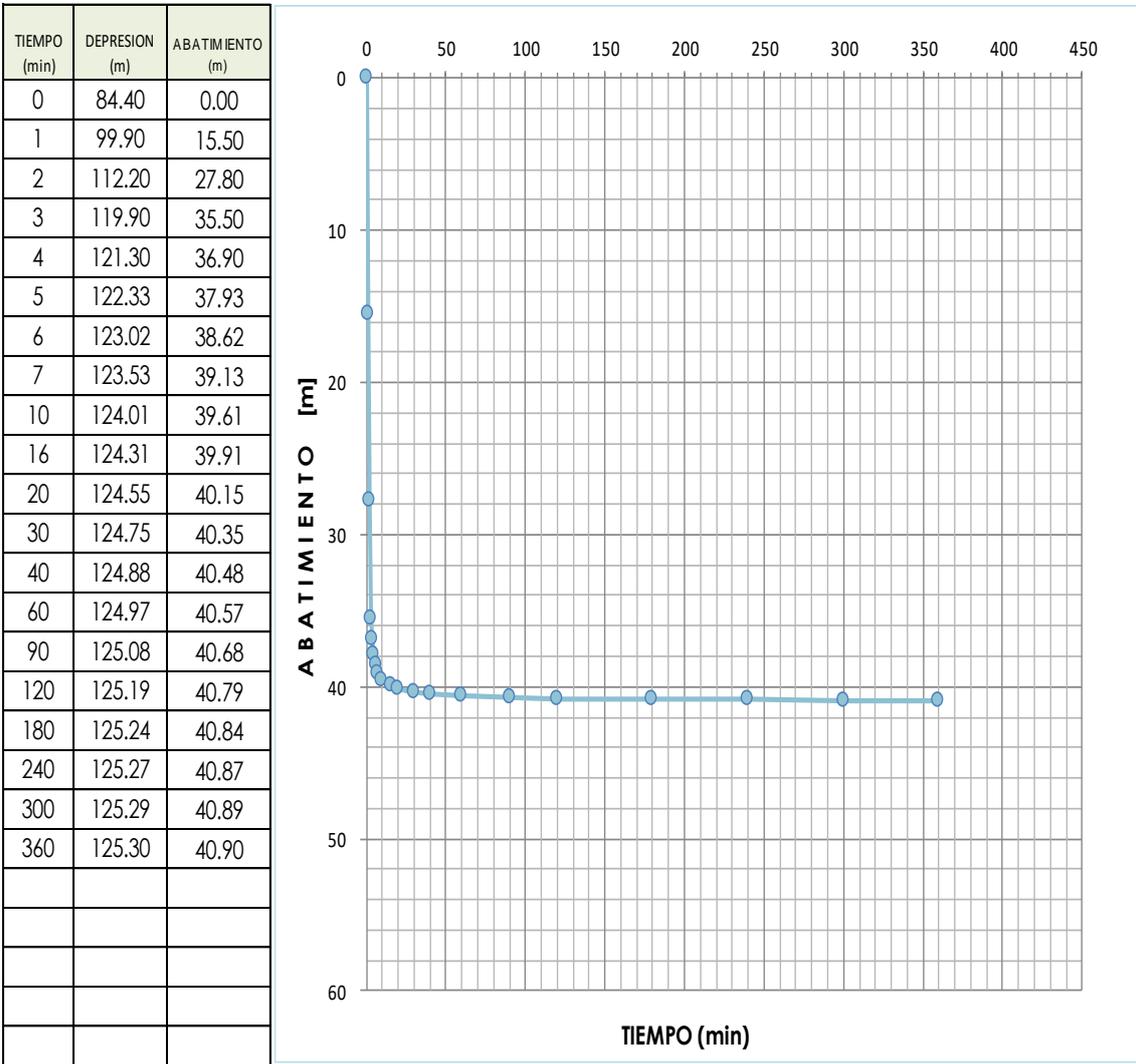


Figura 9: Curva de abatimiento de pozo tubular. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Niveles estáticos, dinámicos y abatimientos

Pozos:	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
Niveles estáticos:	84.4	83.1	80.3	78.6	78	51.3	54.9	52.1	54.2	53.8
Niveles dinámicos:	125.3	112.7	107.8	105.2	99.8	83.7	-	79.1	80.8	-
Abatimientos:	40.9	29.6	27.5	26.6	21.8	32.4	-	27.0	26.6	-

Con las coordenadas, cotas del terreno y los niveles estáticos medidos en cada pozo del área de estudio se logra representar los planos de Isopropfundidades Hidroisohipsas con el que se obtiene la gradiente hidráulica del flujo de agua subterránea. Ver Anexos.

Aplicación de métodos de análisis

Análisis de la intervención de la descarga del acuífero en la variación del nivel freático:

Para analizar la intervención de la descarga del acuífero se recopiló información del tiempo de bombeo diario y el caudal con el que trabajan las bombas en cada pozo inventariado. Con los datos se determinó el caudal de explotación de cada pozo tubular en $m^3/año$. A continuación, se muestran los datos recolectados:

Tabla 8: Caudales de explotación

Pozo	Q (l/s)	Tiempo de bombeo diario en horas	Q ($m^3/año$)
P-1	10	5	65,700
P-2	8	5	52,560
P-3	7.5	4	39,420
P-4	10	5	65,700
P-5	7	6	55,188
P-6	7	5	45,990
P-7	-	-	-
P-8	15	3	59,130
P-9	7.5	5	49,275
P-10	-	-	-
TOTAL			432,963

La descarga del acuífero por explotación de acuíferos de los 10 pozos seleccionados en el área de estudio es de 432,963 $m^3/año$.

Determinación de los parámetros hidrogeológicos que influyen en la variación del nivel freático

Los parámetros hidrogeológicos en el acuífero vienen a ser:

La transmisividad (T) ($m^3 /s /m$),

La permeabilidad (K) (m/s)

Coefficiente de almacenamiento (S) (%).

Los parámetros mencionados son determinados con pruebas de bombeo a caudal constante.

Para determinar el coeficiente de almacenamiento en el acuífero se controló el pozo N°08 que fue donde se realizó el bombeo y el pozo N°07 de observación, se midió la distancia entre los pozos y los abatimientos producidos por el bombeo.

Adicionalmente se utilizaron las siguientes fórmulas para obtener los parámetros hidrogeológicos:

Ecuación de la recta:

$$Y = A (\text{Ln}x) + B \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (1.7)}$$

Pendiente de la ecuación de la recta:

$$\Delta d = (A * \text{Ln} (1000)-B) - (A * \text{Ln} (100)-B) \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (1.8)}$$

Radio de influencia obtenido de la ecuación de la recta:

$$R = e^{B/A} \quad \dots\dots \dots \text{Ec. (1.9)}$$

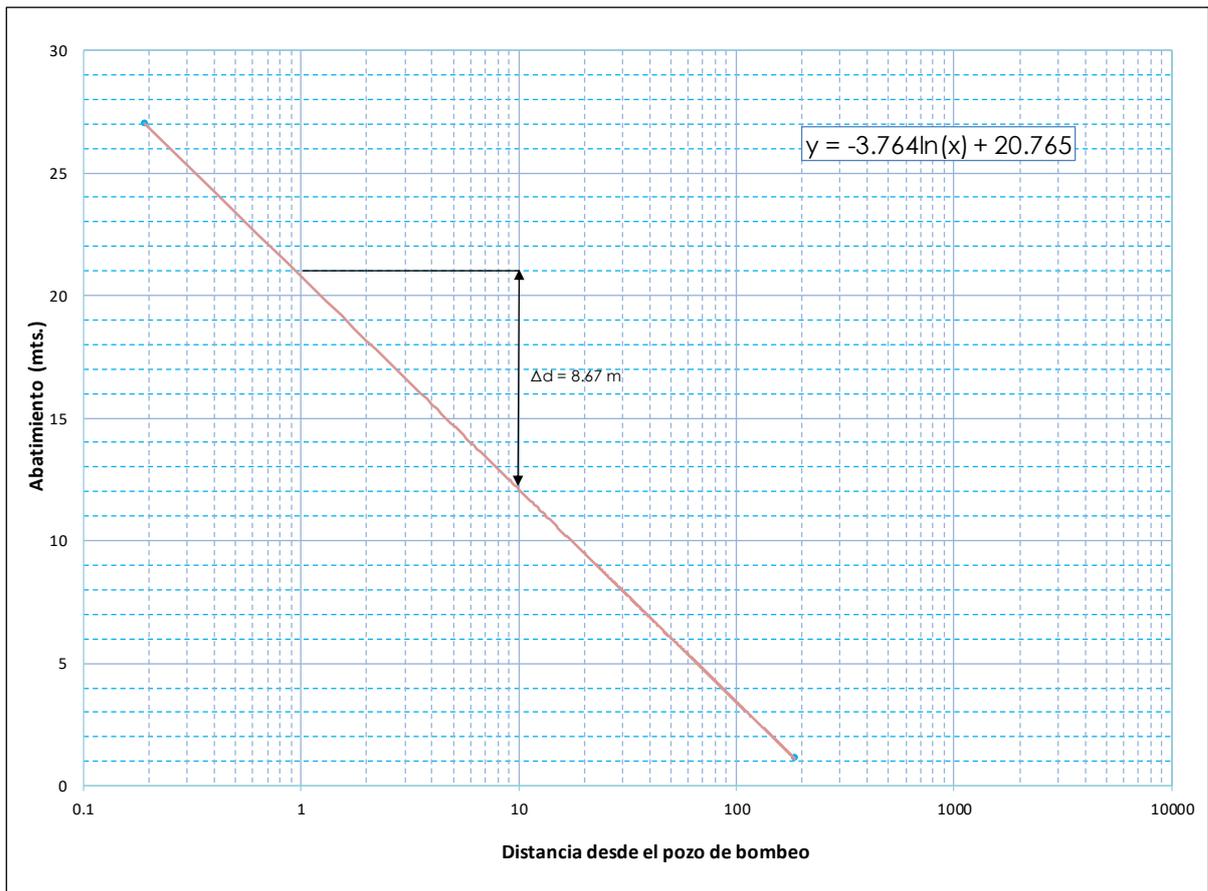
CURVA DE DISTANCIA - ABATIMIENTO

POZO N°08 (BOMBEO) - POZO N° 07 (OBSERVADO)

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA



CALCULO DE PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS

COEFICIENTE DE TRANSMISIBILIDAD

$$T = \frac{0.366 Q}{\Delta d}$$

Donde:
 Q = Caudal en m³/día
 Δd = Pendiente de la recta en m

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

$$S = \frac{2.25 T t}{r^2}$$

Donde:
 T = Transmisividad en m²/día.
 t = Tiempo en día
 r = Distancia en m

RADIO DE INFLUENCIA

El radio de influencia se obtiene del punto de corte de la recta con el eje abscisa

Despejando la ecuacion [y = 0]
 R = 248.82 m

APLICACIÓN

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIVIDAD

Datos:
 Q = 1296 m³/día
 Δd = 8.67 m

$$T = \frac{0.366 \times 1296}{8.67} = 54.73 \text{ m}^2/\text{día}$$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

Datos:
 T = 54.73 m²/día
 t = 0.13 día
 r = 112.00 m

$$S = \frac{2.25 \times 54.73 \times 0.125}{12544.00} = 1.23\text{E-}03$$

Cálculo del coeficiente de permeabilidad:

$$b = 81.30m - 52.10m = 29.20 \text{ m (espesor saturado del pozo N°08)}$$

Reemplazando en la Ec. (1.4):

$$K = \frac{T}{b} = \frac{54.73 \frac{m^2}{dia}}{29.20 m} = 1.87 \frac{m}{dia}$$

Estudio de la participación de la recarga del acuífero en la variación del nivel freático

Reservas de agua en el acuífero

Es importante conocer las reservas de agua en el acuífero para su buena gestión y manejo, logrando así la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo y poder fijar los volúmenes convenientes de explotación sin causar daños a las reservas y deterioros en la calidad del agua subterránea.

Para realizar el cálculo de las reservas de agua acumulada en el acuífero se tomó la información mostrada a continuación:

Espesor del acuífero calculado de los sondeos eléctricos verticales efectuados en la zona.

Área o superficie del perímetro del estudio.

Coeficiente de almacenamiento del área.

La profundidad promedio del acuífero libre varía entre -50 a -100 metros de profundidad según el sondeo eléctrico vertical, obteniendo así un espesor de acuífero de 50 metros.

Para el cálculo de la reserva de agua en el acuífero se emplea la fórmula:

$$R = A_p \times E_p \times S \dots\dots\dots \text{Ec. (1.10)}$$

Dónde:

R =Reservas de agua subterránea en m^3

A_p = Área del sector del acuífero.

E_p = Espesor promedio, obtenido del sondeo eléctrico vertical.

S = Coeficiente de almacenamiento.

Datos:

$$A_p = 4'500,000 \text{ m}^2$$

$$E_p = 50 \text{ m}$$

$$S = 1.23 \times 10^{-3}$$

Reemplazando en la Ec. (1.10)

$$R = 4'500,000 \times 50 \times 1.23 \times 10^{-3}$$

$$R = 276,750.00 \text{ m}^3$$

Recarga en la zona de estudio

La disponibilidad de agua subterránea estará en función al volumen de agua que ingresa en un año en el sector de Ate hacia el acuífero local.

Se utiliza la fórmula de Darcy Ec. (1.3) para determinar los cálculos de la recarga:

$$Q = AK \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

$\frac{\Delta h}{\Delta l}$ = Gradiente hidráulico, determinado a partir del plano de hidroisohipsas.

K = Permeabilidad o conductividad hidráulica.

A = Area transversal del flujo del sector del acuífero.

Datos:

$$\frac{\Delta h}{\Delta l} = \frac{185 - 115}{2000} = 0.035$$

$$K = 1.87 \frac{\text{m}}{\text{dia}}$$

$$A = 75,000 \text{ m}^2$$

Reemplazando en la Ec. (1.3)

$$Q = (75,000 \text{ m}^2) * \left(1.87 \frac{\text{m}}{\text{dia}}\right) * (0.035) = 4908.75 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

El caudal es $1'791,693.75 \frac{m^3}{año}$ que representa la recarga del acuífero en la dirección NE-SO proveniente de filtraciones del río Rímac ubicado a 3.5 km del área de estudio.

Modelo de Variación del nivel freático en el área estudiada

Debido a la explotación del acuífero los niveles estáticos descienden formando un cono de depresión que a medida que pasa el tiempo se va expandiendo y puede alcanzar el área de influencia de otro pozo cercano.

POZO N°08 (BOMBEO) - POZO N° 07 (OBSERVADO)

DISTRITO: ATE	PROVINCIA: LIMA	DEPARTAMENTO: LIMA
---------------	-----------------	--------------------

ESTIMACION DEL CONO DE DEPRESIÓN

DESCENSO TEORICO

$$d_T = 0.366 \frac{Q}{T} \log \frac{R}{r}$$

Donde:

- Q = Caudal en m³/día
- T = Transmisividad en m²/día
- R = Radio de influencia
- r = Distancia al pozo en m

RESOLVIENDO LA ECUACION

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

PARA UNA DISTANCIA DE 30 METROS

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_T = 7.96$ m

PARA UNA DISTANCIA DE 60 METROS

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_T = 5.35$ m

PARA UNA DISTANCIA DE 90 METROS

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_T = 3.83$ m

PARA UNA DISTANCIA DE 120 METROS

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_T = 2.74$ m

PARA UNA DISTANCIA DE 150 METROS

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_T = 1.90$ m

PARA UNA DISTANCIA DE 180 METROS

$$d_T = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_T = 1.22$ m

CONO DE DEPRESION DEL POZO N° 8

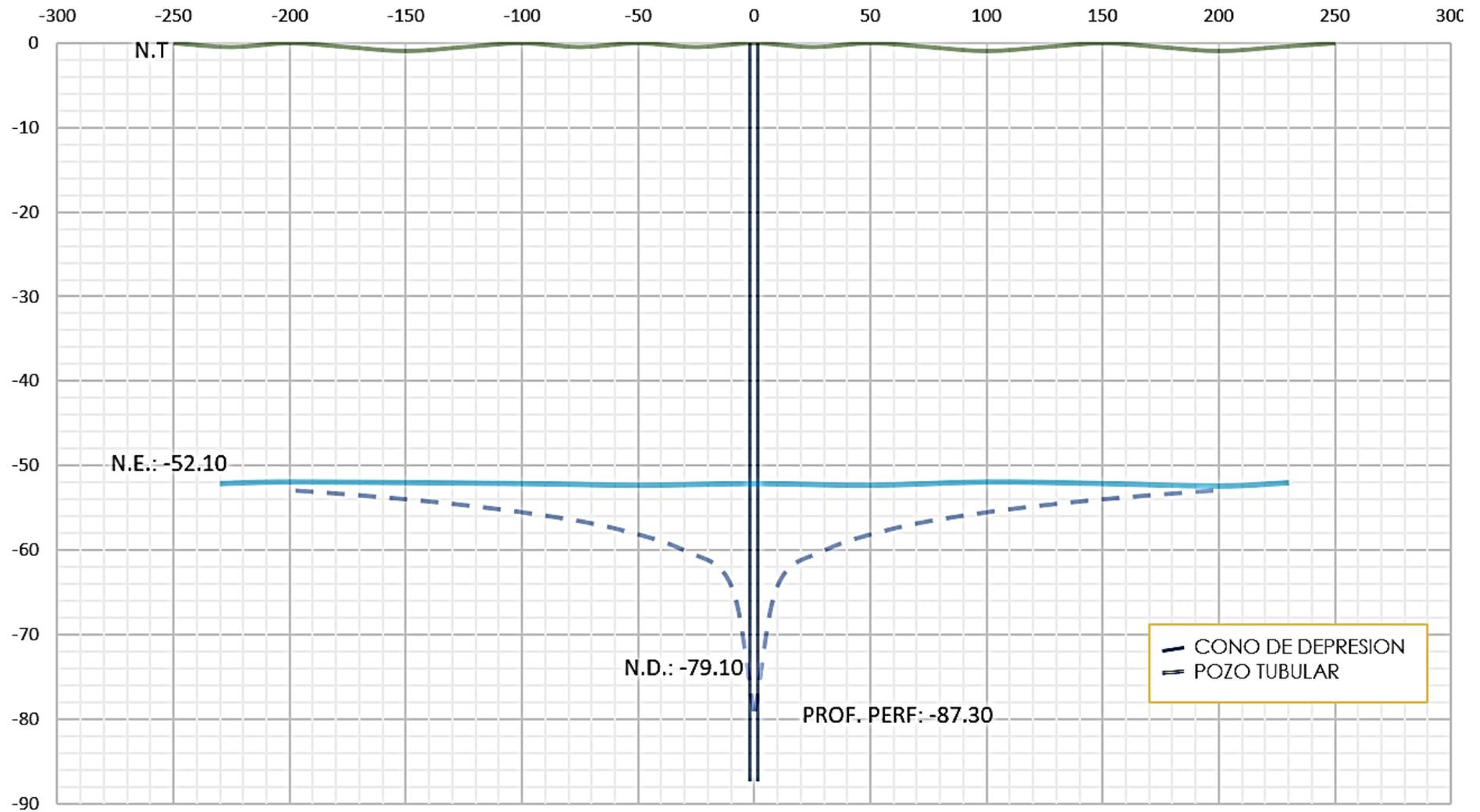


Figura 10: Cono de depresión del pozo N°08 analizado en el trabajo de investigación. Fuente: Elaboración propia.

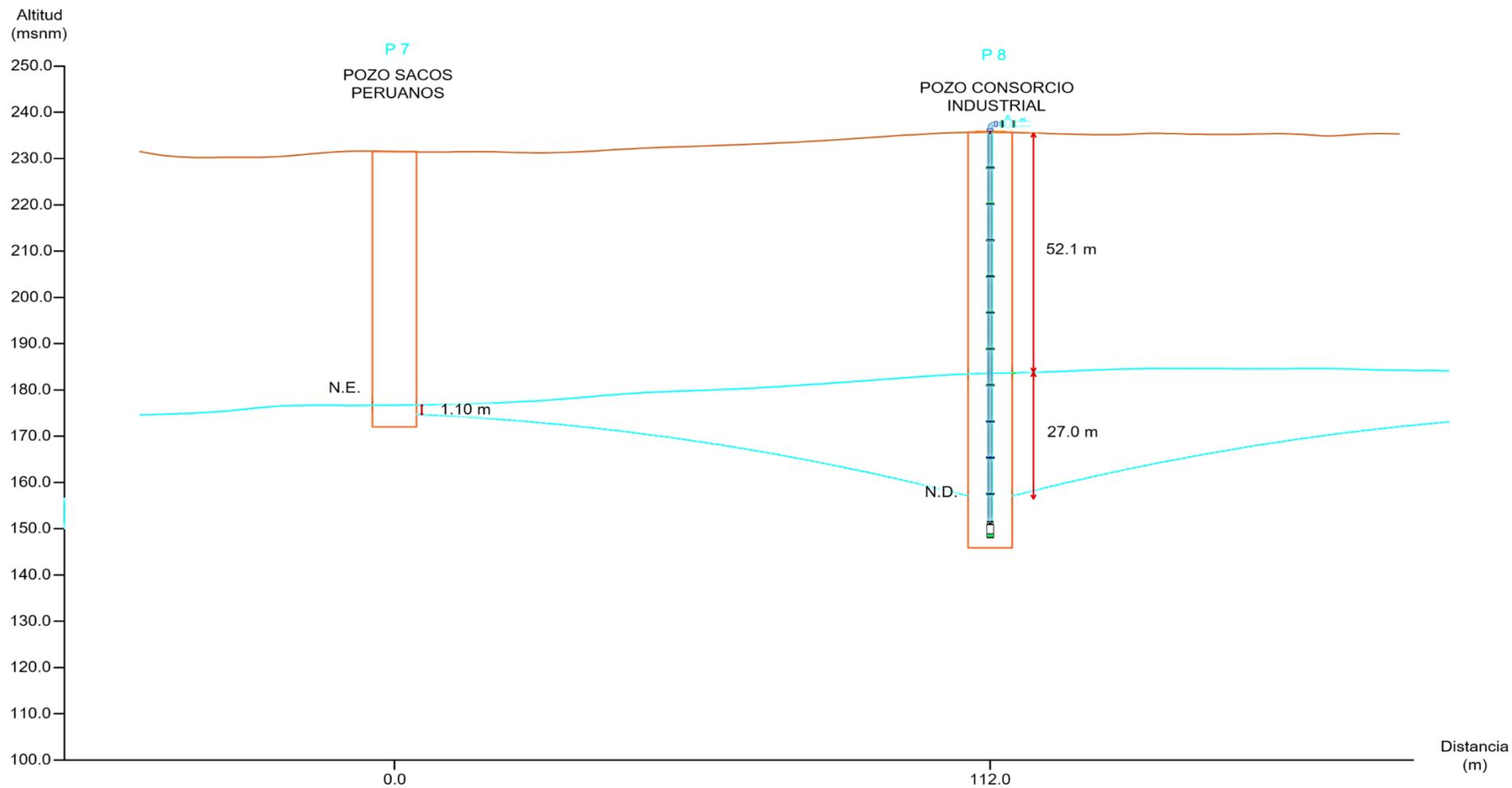


Figura 11: Cono de depresión del pozo n°08 intersectando al pozo n°07. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Radios de influencia generados por el bombeo de pozos.

Pozo	Radios de influencia (m)
P1	134.10
P2	183.60
P3	120.00
P4	192.30
P5	138.90
P6	127.50
P7	—
P8	248.80
P9	156.70
P10	—

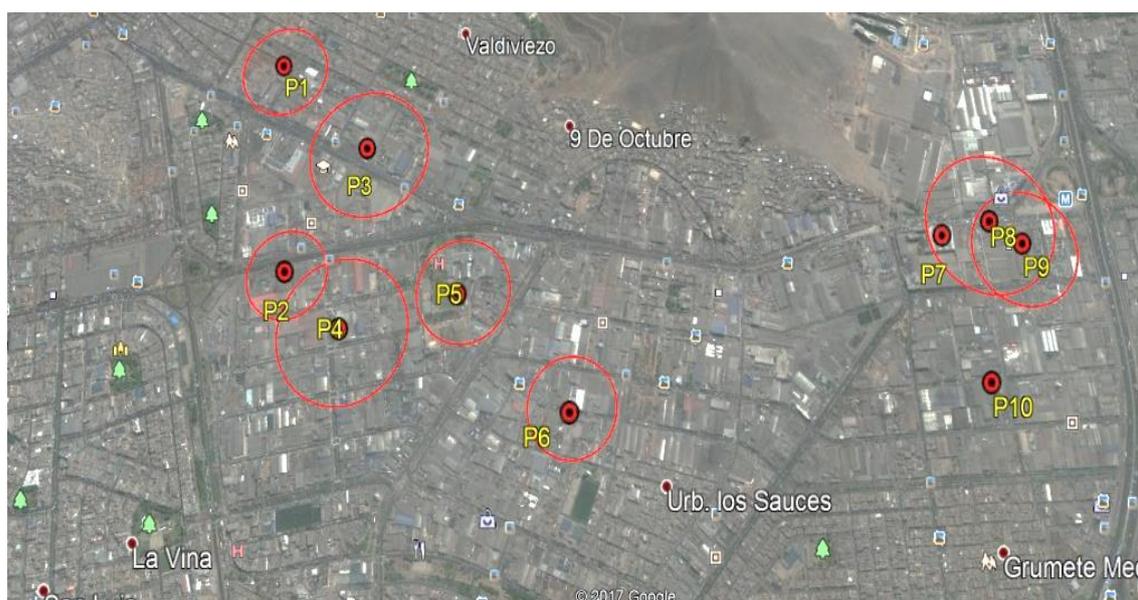


Figura 12: Vista Satelital de los radios de influencia generados por los pozos tubulares. **Fuente:** Google Earth.

Se observan interferencias entre los pozos N°02 y N°04 que tienen una distancia de separación de 220 m, y los pozos N°08 y N°09 que tienen una distancia de separación de 100 m.

V. DISCUSIÓN

Discusión I

Según la tabla 3.4 se calcula el caudal anual por explotación de pozos; siendo equivalente a 432,963 ($m^3/año$) de una recarga de acuífero de $1'791,693.75 \frac{m^3}{año}$

Ismael Muñoz en su artículo, indica que la explotación sin un control regulado genero una sobreexplotacion en el valle de Ica donde la explotacion en el año 2009 fue de 220 hm³/año, de una reserva de 189hm³/año, generando una sobreexplotacion de -146hm³/año y -31hm³/año respectivamente

A diferencia del artículo Agroexplotacion y sobreexplotacion del acuífero de Ica, no se observa una demanda mayor a que podría obtenerse de la recarga del acuífero, determinando así que no existe una sobreexplotacion en el área de estudio.

Discusión II

El sondeo eléctrico vertical revelo que se trata de un acuífero libre y la carta geológica identifica al área como un depósito aluvial y los parámetros hidrogeológicos obtenidos de las pruebas de bombeo en el área de estudio dieron como resultado que la transmisividad es de $54.73 \frac{m^2}{dia}$, la permeabilidad de $1.87 \times 10^{-3} \frac{m}{dia}$ y el coeficiente de almacenamiento igual a 1.23×10^{-3} , también se observo una gradiente hidráulica de 3.5% que permitió determinar el sentido de flujo en el acuífero siendo este de noreste a sureste.

Según el inventario de fuentes de agua subterránea del río Chillón se determinó la geometría del acuífero, donde los principales para realizar la prospección y la explotación del acuífero son los depósitos aluviales, del acuífero se explota una cantidad de agua igual a $66'153,984.56 m^3$, el acuífero es de tipo libre, de origen aluvial y de edad cuaternaria. Asimismo, tiene una orientación general de noreste a suroeste y su gradiente hidráulica fluctúa entre 0.16% y se determinaron transmisividades promedio de $430 \frac{m^2}{dia}$ y permeabilidades de $5.3 \times 10^{-2} \frac{m}{dia}$.

En la presente investigación se determinaron transmisividades y permeabilidades menores a las de las encontradas en el valle del Chillón, ocasionando que el acuífero libre tenga abatimientos considerables entre 26.6 m y 40.9 m según la tabla 3.3.

Discusión III

Se pudo determinar en el caso del sector estudiado del acuífero de Ate de un volumen de acuífero de $276,750 \text{ m}^3$ encontrando una recarga de $1'791,693.75 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$ proveniente de la recarga natural constante del río Rímac de NE a SO.

Según la tesis de Cruz Falcón y Salinas Gonzales sobre Caracterización y diagnóstico del acuífero de La Paz, BCS, realizando estudios geofísicos e hidrogeológicos, encontraron el almacenamiento de agua en el área de explotación hasta la base del acuífero, obteniendo un volumen aproximado de $9,467 \text{ Mm}^3$, también encontraron que la recarga total de agua era de $18.5 \text{ Mm}^3/\text{año}$ con una extracción de $31.8 \text{ Mm}^3/\text{año}$. Indicaron que el acuífero de La Paz tiene la capacidad potencial de almacenar suficiente de agua, el problema es la escasa precipitación, y la extracción de agua que es mayor a la recarga natural, lo que provoca un balance negativo.

Los resultados obtenidos son sustancialmente menores a los encontrados por Cruz Falcón y otros debido a que la extensión del acuífero que ellos realizaron era superior a los 200 km^2 .

Discusión IV

Según los regímenes de explotación observados en el área de estudio se observó que los niveles freáticos sufrieron abatimientos entre 21.8 y 40.9 metros en los pozos en los que se realizaron pruebas de bombeo, siendo el sentido de flujo de NE a SO, se obtuvieron los conos de depresión con radios mayores a 200 metros, esto determina que existe interferencia entre 4 de los pozos de explotación de la muestra ya que estos se encuentran separados a 150 metros en promedio.

Rojas Amado, con el fin de representar el comportamiento del acuífero a través de diferentes regímenes de explotación con la intención de determinar la alteración del nivel estático del agua subterránea con abatimientos de más de 40 metros. Obtuvo como resultados que el principal sentido del flujo de agua subterránea es de noreste a suroeste en la mayor parte de la extensión del acuífero; de los resultados obtenidos de la simulación hidráulica, revela una corriente de agua de mar hacia el acuífero tasado en $37,6 \text{ m}^3/\text{s}$ mostrando la existencia de intrusión marina en el acuífero e interferencia de pozos.

Al igual que el estudio realizado en Tacna los abatimientos en el área de estudio fueron considerables, pero esto debido a la litología del terreno y a los parámetros hidrogeológicos y no a causa de una explotación excesiva, no hay riesgo de intrusión marina ya que el mar se encuentra a varios kilómetros de distancia.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión I

La descarga del acuífero mediante pozos tubulares es de a 432,963 (m³/año). y ocasionan abatimientos de 21.8 m a 40.9 m con caudales de bombeo entre $4 \frac{l}{s}$ a $15 \frac{l}{s}$.

Conclusión II

Por la estratigrafía del lugar se determina que se trata de un acuífero libre.

Los parámetros hidrogeológicos obtenidos muestran una transmisividad de $54.73 \frac{m^2}{dia}$; permeabilidad de $1.87 \frac{m}{dia}$; Coeficiente de almacenamiento 1.23×10^{-3} de obtenidos de pruebas de bombeo en los pozos del área del estudio.

Conclusión III

El acuífero es alimentado por infiltraciones del Rio Rímac con una recarga de $1'791,693.75 \frac{m^3}{año}$; basándome en el plano de hidroisohipsas se observa que el flujo sigue una dirección Nor-Este a Sur-Oeste con una gradiente del 3.5%.

Conclusión IV

Los niveles estáticos se encuentran en entre 52.10 m a 84.4 m; se obtuvieron los conos de depresión con radios mayores a 200 metros en 4 pozos, esto determina que existe interferencia entre estos pozos de explotación ya que estos se encuentran separados a 150 metros en promedio.

Conclusión V

Apoyándome en los datos de recarga ($1'791,693.75 \frac{m^3}{año}$) y descarga (432,963 (m³/año)) de no se observa una sobreexplotación en el área, pero si se evidencia interferencia de pozos en el área ocasionando que los niveles freáticos desciendan más de los habitual.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación I

Se aconseja al Ministerio del Ambiente proteger las aguas subterráneas y así poder conservar tanto su cantidad como su calidad, para lograr una eficiente explotación del acuífero a largo plazo y así tener una fuente segura de abastecimiento de agua.

Recomendación II

Es recomendable exigir un mayor control de parte de la Autoridad Nacional del Agua para evitar la construcción de pozos clandestinos y que se regularicen los pozos que están en esa condición con sus respectivos estudios hidrogeológicos para evitar daños al medio ambiente.

Recomendación III

Es conveniente una mejor gestión por parte de SEDAPAL en registrar los niveles freáticos con mayor frecuencia y así determinar si estos descienden peligrosamente, lo cual indicaría una sobreexplotación en el acuífero.

Recomendación IV

Se recomienda a los consultores y contratistas tener bien claro que el caudal de explotación disponible en una región es igual al volumen de recarga anual que reciben los acuíferos y así no ocasionar daños irreversibles al sistema.

Recomendación V

Se recomienda seguir investigando el tema de acuíferos ya que es importante su protección, conservación y restauración, para tener disponible este recurso en el futuro y evitar efectos negativos en el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- **ARBITO, Javier.** Caracterización hidrogeoquímica e identificación de factores que influyen en la calidad del agua subterránea en acuíferos costeros, caso: La Yarada, Tacna, Perú. Universidad Tecnica de Machala, 2017.
- **ASFAW y MENGISTU, D.** Modeling megech watershed aquifer vulnerability to pollution using modified DRASTIC model for sustainable groundwater management, Northwestern Ethiopia. Groundwater for Sustainable Development, 2017.
- **BARBULESCU.** Assessing groundwater vulnerability: DRASTIC and DRASTIC-like methods: a review, 2017.
- **BELLINO, Norberto.** Aguas Subterráneas: Conocimiento y explotación. Universidad de Buenos Aires Argentina, 2013.
- **BERA, A., MUKHOPADHYAY, B. P., CHOWDHURY, P., GHOSH, A., & BISWAS, S.** Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC model in Nangasai River Basin, India with special emphasis on agricultural contamination. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2021.
- **CEPEDA-PIZARRO, Jorge.** Variabilidad temporal de algunos parámetros físicos e hidroquímicos de un prado húmedo alto-andino del norte-centro de Chile. Idesia (Arica), 2013.
- **CHUCUYA, Samuel.** Caracterización hidrogeoquímica e identificación de factores que influyen en la calidad del agua subterránea en acuíferos costeros, caso: la yarada, tacna, Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, 2017.
- **COLLAZO, María y MONTAÑO, Jorge.** Manual de Agua Subterránea. Ministerio de ganadería agricultura y pesca. Montevideo, Uruguay, 2013.
- **CRUZ Fuentes y CABRERA, Custodio.** La explotación del acuífero de la aldea Gran Canaria desde el punto de vista de la directiva marco del agua España, 2015.
- **CRUZ, Arturo.** Caracterización y diagnóstico del acuífero de La Paz, B.C.S., mediante estudios geofísicos y geo hidrológicos – México, 2016.
- **GRICELDA, Paúl, & NIURKA, Am.** Participatory process for local development: Sustainability of water resources in rural communities: Case manglaralto-santa

Elena, Ecuador. In Handbook of Sustainability Science and Research (pp. 663-676). Springer, Cham, 2017.

- **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; COLLADO, Fernando, y Baptista Lucio.** Metodología de la investigación. México D.F: MC Graw Education, 2018.
- **HERRERA, Gertud.** Estudio para un Modelo de Gestión de un Acuífero Costero, mediante Metodologías Participativas y Análisis Geoestadístico en el marco del Desarrollo Local. Manglaralto, Ecuador. Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
- **HERRERA-FRANCO, Gael; CARRIÓN-MERO, Pedro; AGUILAR-AGUILAR, Maicelo; MORANTE-CARBALLO, Forca, JAYA MONTALVO, Mali, & MORILLO-BALSERA, Maria.** Groundwater Resilience Assessment in a Communal Coastal Aquifer System. The Case of Manglaralto in Santa Elena, 2017.
- **IGLESIAS, Raúl.** Recursos Hídricos En La Cuenca Del Río Chicama. Perú. Universidad Peruana Antenor Orrego, 2015.
- **MORENO, Erick y SECLÉN, Dany.** Modelo De Gestión Integrada De Recursos Hídricos En La Cuenca Del Río Chicama. Perú. Universidad Peruana Antenor Orrego, 2016.
- **MUÑOZ, Ismael.** Agro exportación y sobreexplotación del acuífero de Ica en Perú, 2016.
- **OLIVÁN, Carlota.** Delimitación, Evaluación De La Recarga Y Funcionamiento Hidrodinámico Del Acuífero Drenado Por El Manantial Kárstico De Fuenmayor (Prepirineo Aragonés), Instituto Geológico y Minero de España Unidad de Zaragoza, 2013.
- **PARODI, Eduardo.** Recarga del acuífero de Lima mediante el uso de aguas residuales tratadas. Pontifica Universidad Católica del Perú. 2016.

ANEXOS

Matriz de operacionalización de variables

Matriz de operacionalización de datos

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V1: Variación del Nivel Freático	El nivel freático es muy variable y puede oscilar entre cero, cuando se sitúa en la superficie, y centenares de metros en algunos lugares. Una característica importante del nivel freático es que su configuración varía según las estaciones y de un año a otro, porque la adición de agua al sistema de aguas subterráneas está estrechamente relacionada con la cantidad, la distribución y la frecuencia de las precipitaciones. (Tarbuk E, Lutgens F, 2005, p. 481)	La variación del nivel freático está relacionada con el aumento o disminución de la cantidad de agua presente en el acuífero se mide con un pozómetro.	Tipo de Acuífero	Acuífero Libre	Intervalo
				Acuífero Semilibre	
				Acuífero Confinado	Intervalo
				Acuífero Semiconfinado	Intervalo
			Flujo Subterráneo	Carga hidráulica	Intervalo
				Espesor saturado	Intervalo
				Fronteras de Flujo	Intervalo
			Hidráulica de captaciones	Descenso total	Intervalo
				Descenso teórico	Intervalo
Radio de influencia	Intervalo				
V2: Explotación de Acuífero	Consiste en retirar del acuífero un volumen de agua subterránea requerido mediante Pozos tubulares de profundidad variable. (Castany, G. 1975, p.6-7)	El caudal explotado de agua subterránea mediante pozos tubulares se determinará según la capacidad del equipo de bombeo.	Descarga del Acuífero	Zona de descarga	Intervalo
				Caudal de Bombeo	
				Tiempo de Bombeo	Intervalo
			Parámetros hidrogeológicos	Pemeabilidad	Intervalo
				Coef. de almacenamiento	Intervalo
				Transmisividad	
			Recarga del Acuífero	Infiltración	Intervalo
				Ley de Darcy	Intervalo
				Precipitación media anual	

Título : Modelo de Analisis de Variacion del Nivel Freatico por Explotacion de Acuíferos mediante Pozos Tubulares en Ate 2017

Autor : Gamonal Gómez, Enrique Arturo

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
<p>Problema General ¿De que manera interfiere la Variación del Nivel Freático a la explotación de acuíferos mediante Pozos Tubulares en Ate 2017?</p> <p>Problemas Específicos ¿Cómo interviene la descarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017?</p> <p>¿Cuales son los parametros hidrogeológicos que influyen en la variación del nivel freático en Ate 2017?</p> <p>¿En qué forma participa la recarga del acuífero en la variación el nivel freático en Ate 2017?</p>	<p>Objetivo General Desarrollar un modelo para caracterizar la interferencia entre la variación del nivel freático y la explotación de Acuíferos mediante Pozos Tubulares en Ate 2017</p> <p>Objetivos Específicos Analizar como interviene la descarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017.</p> <p>Determinar los parámetros hidrogeológicos que influyen en la variación del nivel freático en Ate 2017.</p> <p>Estudiar la participación de la recarga del acuífero en la variación del nivel freático en Ate 2017</p>	<p>Hipótesis General La variación del nivel freático interfiere en la Explotación de acuíferos mediante Pozos Tubulares en Ate 2017</p> <p>Hipotesis Específicos La descarga del acuífero interviene en la variación del nivel Freático en Ate 2017</p> <p>Los parámetros hidrogeológicos influyen en la variación del nivel Freático en Ate 2017</p> <p>La recarga del acuífero participa en la variación del nivel Freático en Ate 2017</p>	V1	Tipo de Acuífero	Acuífero Libre	<p>Método Científico Tipo Aplicada Nivel Explicativo Diseño Cuasi-experimental</p>
					Acuífero Semilibre	
					Acuífero Confinado	
					Acuífero Semiconfinado	
				Flujo Subterráneo	Carga hidráulica	
					Espesor saturado	
					Fronteras de Flujo	
					Descenso Total	
			Hidraulica de captaciones	Descenso Teórico		
				Radio de Influencia		
				Zona de descarga		
				Caudal de Bombeo		
				Tiempo de Bombeo		
				Permeabilidad		
V2	Explotación de Acuífero	Parámetros hidrogeológicos	Coef. de almacenamiento			
			Transmisividad			
Recarga del Acuífero	Infiltración					
	Ley de Darcy					
	Precipitación media anual					

Instrumento de recolección de datos

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO : "Modelo de análisis de variación del nivel freático por explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017"

AUTOR : Gamonal Gómez Enrique Arturo

		EXPERTO	
		A	
I.- Ubicación		0.8	
POLÍTICA	LUGAR:		
	DISTRITO/ PROVINCIA/ DEPARTAMENTO		
(COORD. UTM WGS84)	NORTE:		
	ESTE:		
II.- Tipo de acuífero en el área de estudio		0.7	
Acuífero libre:	<input type="checkbox"/>	Acuífero semilibre:	<input type="checkbox"/>
Acuífero confinado:	<input type="checkbox"/>	Acuífero semiconfinado:	<input type="checkbox"/>
III.- Parametros hidrológicos		1	
Permeabilidad (cm ²)			
Coeficiente de almacenamiento			
Transmisividad (m ² /día)			
IV.- Flujo subterráneo		0.8	
Carga hidráulica (m)			
Espesor saturado (m)			
Fronteras de flujo			
V.- Descarga del acuífero		0.7	
Caudal de bombeo (m ³ /s)			
Tiempo de Bombeo (hr)			
Evapotranspiración (mm/d)			
VI.- Recarga del acuífero		0.8	
Infiltración (mm/h)			
Conductividad Hidráulica			
Precipitación media anual (mm/año)			

VII.- Características del pozo		0.4
Profundidad (m)		
Diámetro (m)		
Radio de influencia (m)		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CASTRO VILLEGAS JULIO ANGEL.	
PROFESION:	Ing. Sanitario.	
REGISTRO CIP No:	45672	
EMAIL:		
TELEFONO:	366 0959	

Ing. Julio A. Castro-Villegas
CIP. 45672

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO : "Modelo de análisis de variación del nivel freático por explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017"

AUTOR : Gamonal Gómez Enrique Arturo

EXPERTO
8

I.- Ubicación		0.4
	LUGAR:	
POLÍTICA	DISTRITO/ PROVINCIA/ DEPARTAMENTO	
(COORD. UTM WGS84)	NORTE:	
	ESTE:	
II.- Tipo de acuífero en el área de estudio		0.8
Acuífero libre:	<input type="checkbox"/>	Acuífero semilibre:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acuífero confinado:	<input type="checkbox"/>	Acuífero semiconfinado:
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.- Parametros hidrológicos		1
	Permeabilidad (cm ²)	
	Coefficiente de almacenamiento	
	Transmisividad (m ² /día)	
IV.- Flujo subterráneo		0.7
	Carga hidráulica (m)	
	Espesor saturado (m)	
	Fronteras de flujo	
V.- Descarga del acuífero		0.7
	Caudal de bombeo (m ³ /s)	
	Tiempo de Bombeo (hr)	
	Evapotranspiración (mm/d)	
VI.- Recarga del acuífero		0.8
	Infiltración (mm/h)	
	Conductividad Hidráulica	
	Precipitación media anual (mm/año)	

VII.- Características del pozo		0.5
	Profundidad (m)	
	Diámetro (m)	
	Radio de influencia (m)	
APELLIDOS Y NOMBRES : LOPEZ MAUTINO MARCO EDSON PROFESION : INGENIERO SANITARIO REGISTRO CIP No : 191964 EMAIL : LOPEZM_9@gmail.com TELEFONO : 985 688541		



 MARCO EDSON
 LOPEZ MAUTINO
 INGENIERO SANITARIO
 Reg. CIP N° 191964

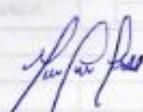
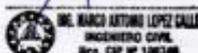
FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO : "Modelo de análisis de variación del nivel freático por explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017"

AUTOR : Gamonal Gómez Enrique Arturo

		EXPERTO						
		C						
		0.5						
I.- Ubicación								
POLÍTICA	LUGAR:							
	DISTRITO/ PROVINCIA/ DEPARTAMENTO							
(COORD. UTM WGS84)	NORTE:							
	ESTE:							
II.- Tipo de acuífero en el área de estudio								
Acuífero libre:	<input type="checkbox"/>	Acuífero semilíbre: <input type="checkbox"/>						
Acuífero confinado:	<input type="checkbox"/>	Acuífero semiconfinado: <input type="checkbox"/>						
III.- Parámetros hidrológicos								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Permeabilidad (cm²)</td><td></td></tr> <tr><td>Coefficiente de almacenamiento</td><td></td></tr> <tr><td>Transmisividad (m²/día)</td><td></td></tr> </table>		Permeabilidad (cm ²)		Coefficiente de almacenamiento		Transmisividad (m ² /día)		1
Permeabilidad (cm ²)								
Coefficiente de almacenamiento								
Transmisividad (m ² /día)								
IV.- Flujo subterráneo								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Carga hidráulica (m)</td><td></td></tr> <tr><td>Espesor saturado (m)</td><td></td></tr> <tr><td>Fronteras de flujo</td><td></td></tr> </table>		Carga hidráulica (m)		Espesor saturado (m)		Fronteras de flujo		0.8
Carga hidráulica (m)								
Espesor saturado (m)								
Fronteras de flujo								
V.- Descarga del acuífero								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Caudal de bombeo (m³/s)</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo de bombeo (hr)</td><td></td></tr> <tr><td>Evapotranspiración (mm/d)</td><td></td></tr> </table>		Caudal de bombeo (m ³ /s)		Tiempo de bombeo (hr)		Evapotranspiración (mm/d)		0.2
Caudal de bombeo (m ³ /s)								
Tiempo de bombeo (hr)								
Evapotranspiración (mm/d)								
VI.- Recarga del acuífero								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Infiltración (mm/h)</td><td></td></tr> <tr><td>Conductividad Hidráulica</td><td></td></tr> <tr><td>Precipitación media anual (mm/año)</td><td></td></tr> </table>		Infiltración (mm/h)		Conductividad Hidráulica		Precipitación media anual (mm/año)		0.8
Infiltración (mm/h)								
Conductividad Hidráulica								
Precipitación media anual (mm/año)								

VII.- Características del pozo		0.5						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Profundidad (m)</td><td></td></tr> <tr><td>Díámetro (m)</td><td></td></tr> <tr><td>Radio de influencia (m)</td><td></td></tr> </table>		Profundidad (m)		Díámetro (m)		Radio de influencia (m)		
Profundidad (m)								
Díámetro (m)								
Radio de influencia (m)								
APELLIDOS Y NOMBRES :	Lopez Calle Marco Antonio							
PROFESION :	Ing. Civil							
REGISTRO CIP No :	100746							
EMAIL :								
TELEFONO :	951 020915							

CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N°02 LAVA INDUSTRIAS S.A.

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

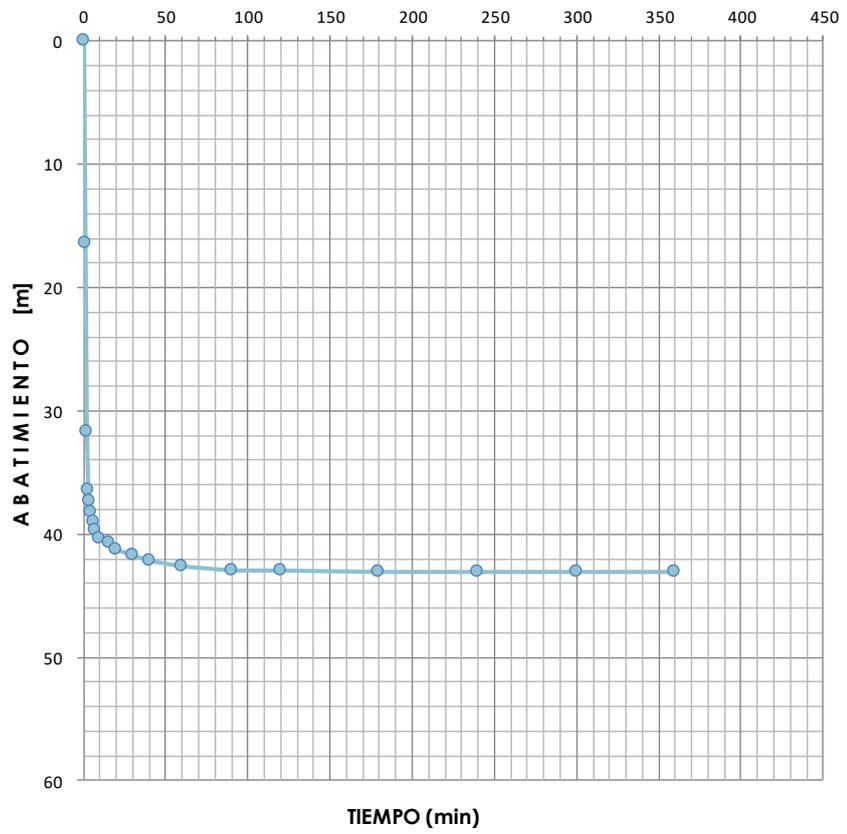
Q = 28.8 m³/h

Q = 8 l/s

Q = 126.82 gpm

Q_e = 0.67 m³/h.m

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	83.10	0.00
1	99.50	16.40
2	114.80	31.70
3	119.50	36.40
4	120.42	37.32
5	121.38	38.28
6	122.10	39.00
7	122.83	39.73
10	123.52	40.42
16	123.80	40.70
20	124.42	41.32
30	124.84	41.74
40	125.25	42.15
60	125.70	42.60
90	126.01	42.91
120	126.10	43.00
180	126.17	43.07
240	126.18	43.08
300	126.20	43.10
360	126.20	43.10



CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N°03 IMPORTACIONES RICHARD

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

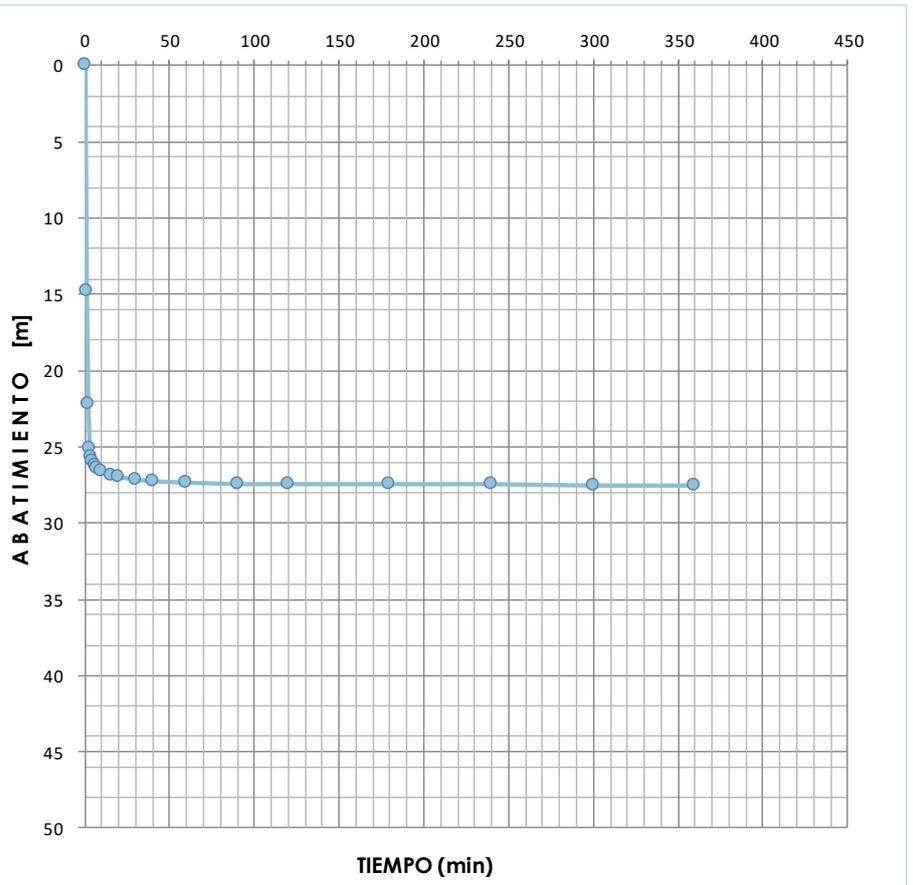
Q = 36.00 m³/h

Q = 10.00 l/s

Q = 158.53 gpm

Q_e = 0.88 m³/h.m

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	80.30	0.00
1	95.10	14.80
2	102.50	22.20
3	105.40	25.10
4	105.96	25.66
5	106.22	25.92
6	106.50	26.20
7	106.74	26.44
10	106.95	26.65
16	107.18	26.88
20	107.32	27.02
30	107.45	27.15
40	107.58	27.28
60	107.65	27.35
90	107.71	27.41
120	107.75	27.45
180	107.76	27.46
240	107.78	27.48
300	107.80	27.50
360	107.80	27.50



CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N°04 TEJIDOS NACIONALES

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

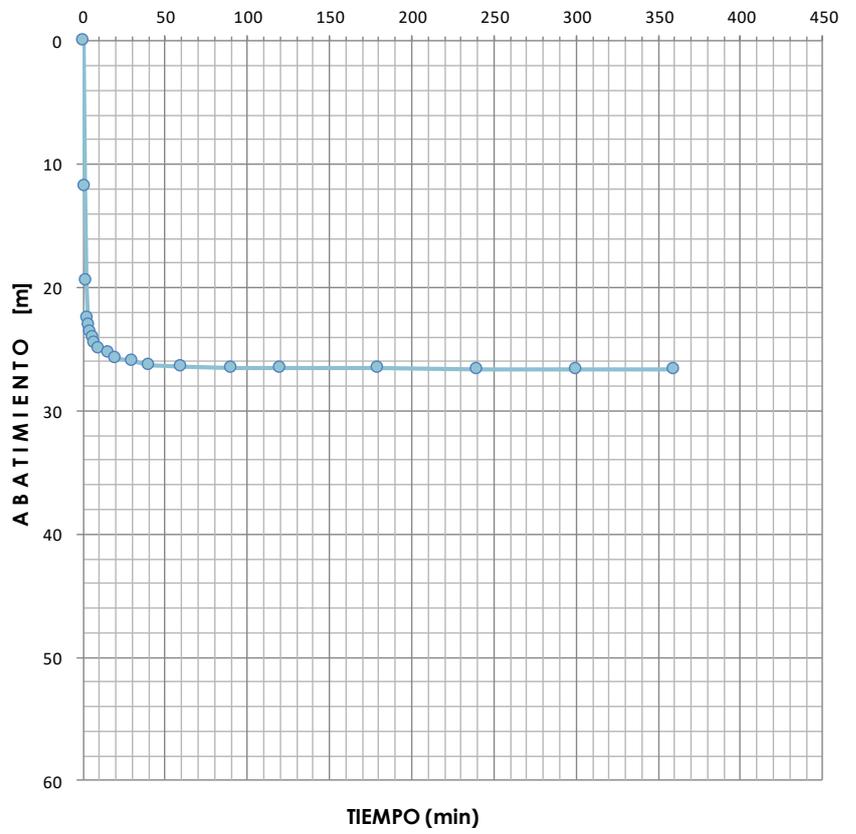
$Q = 36.00 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q = 10.00 \text{ l/s}$

$Q = 158.53 \text{ gpm}$

$Q_e = 0.88 \text{ m}^3/\text{h.m}$

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	78.60	0.00
1	90.40	11.80
2	98.00	19.40
3	101.02	22.42
4	101.61	23.01
5	102.16	23.56
6	102.65	24.05
7	103.09	24.49
10	103.52	24.92
16	103.90	25.30
20	104.30	25.70
30	104.60	26.00
40	104.92	26.32
60	105.01	26.41
90	105.09	26.49
120	105.14	26.54
180	105.17	26.57
240	105.18	26.58
300	105.19	26.59
360	105.20	26.60



CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N°05 CLINICA SAN JUAN

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

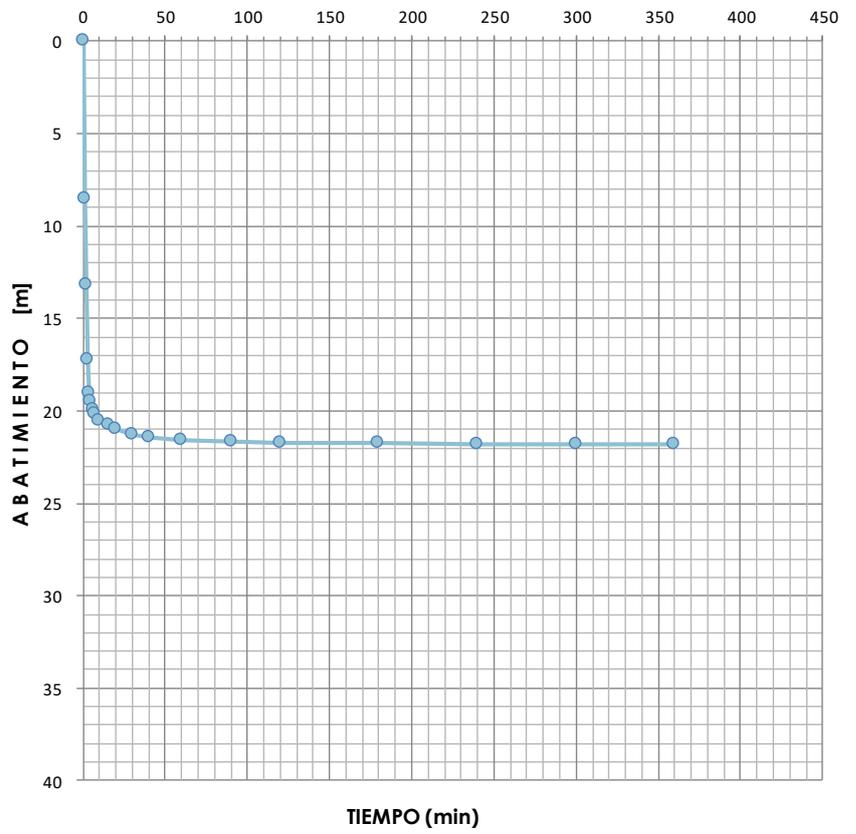
$Q = 25.20 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q = 7.00 \text{ l/s}$

$Q = 110.97 \text{ gpm}$

$Q_e = 1.16 \text{ m}^3/\text{h.m}$

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	78.00	0.00
1	86.50	8.50
2	91.15	13.15
3	95.20	17.20
4	97.02	19.02
5	97.50	19.50
6	97.96	19.96
7	98.19	20.19
10	98.51	20.51
16	98.75	20.75
20	99.02	21.02
30	99.25	21.25
40	99.47	21.47
60	99.56	21.56
90	99.65	21.65
120	99.72	21.72
180	99.76	21.76
240	99.78	21.78
300	99.80	21.80
360	99.80	21.80



CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N°06 LOS SAUCES

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

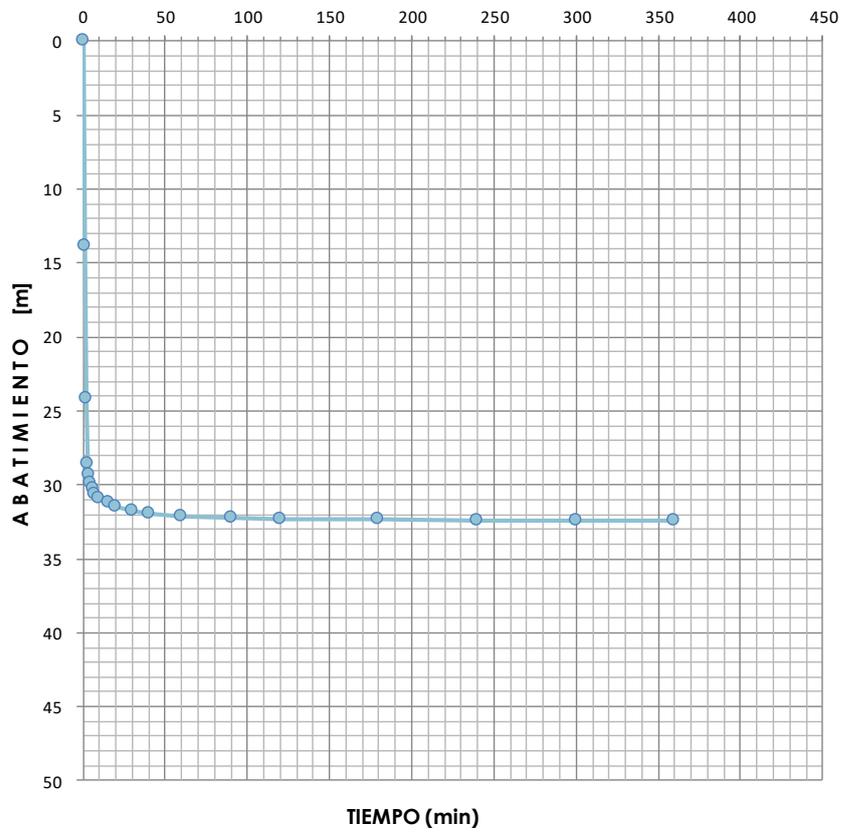
$Q = 36.00 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q = 10.00 \text{ l/s}$

$Q = 158.53 \text{ gpm}$

$Q_e = 0.88 \text{ m}^3/\text{h.m}$

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	51.30	0.00
1	65.12	13.82
2	75.42	24.12
3	79.90	28.60
4	80.61	29.31
5	81.14	29.84
6	81.57	30.27
7	81.91	30.61
10	82.24	30.94
16	82.53	31.23
20	82.82	31.52
30	83.04	31.74
40	83.24	31.94
60	83.42	32.12
90	83.55	32.25
120	83.61	32.31
180	83.66	32.36
240	83.69	32.39
300	83.70	32.40
360	83.70	32.40



CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N° 08 CONSORCIO INDUSTRIAL

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

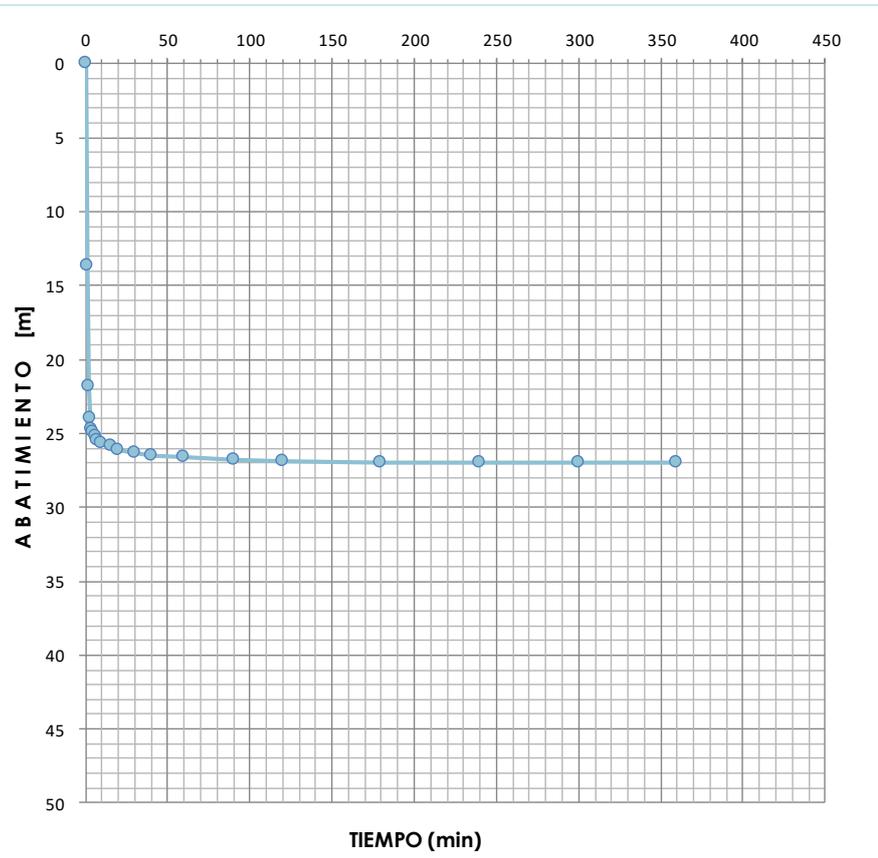
Q = 36.00 m³/h

Q = 15.00 l/s

Q = 158.53 gpm

Q_e = 1.33 m³/h.m

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	52.10	0.00
1	65.80	13.70
2	73.90	21.80
3	76.10	24.00
4	76.80	24.70
5	77.06	24.96
6	77.30	25.20
7	77.58	25.48
10	77.72	25.62
16	77.95	25.85
20	78.19	26.09
30	78.41	26.31
40	78.60	26.50
60	78.75	26.65
90	78.90	26.80
120	79.01	26.91
180	79.07	26.97
240	79.08	26.98
300	79.09	26.99
360	79.10	27.00



CURVA DE ABATIMIENTO

POZO TUBULAR N°09 CONSORCIO LA PARCELA

DISTRITO: ATE

PROVINCIA: LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

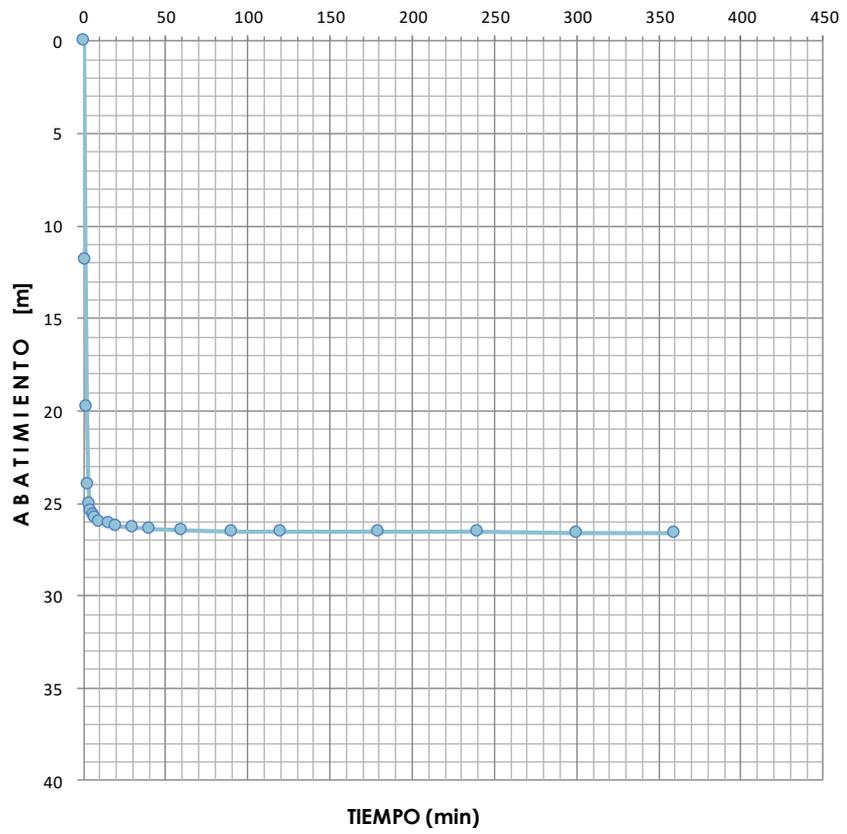
Q = 27 m³/h

Q = 7.50 l/s

Q = 118.89 gpm

Q_e = 1.02 m³/h.m

TIEMPO (min)	DEPRESION (m)	ABATIMIENTO (m)
0	54.20	0.00
1	66.00	11.80
2	74.00	19.80
3	78.20	24.00
4	79.20	25.00
5	79.60	25.40
6	79.80	25.60
7	80.01	25.81
10	80.19	25.99
16	80.31	26.11
20	80.44	26.24
30	80.54	26.34
40	80.62	26.42
60	80.68	26.48
90	80.71	26.51
120	80.72	26.52
180	80.74	26.54
240	80.76	26.56
300	80.80	26.60
360	80.80	26.60



POZO N°03 IMPORTACIONES RICHARD

DISTRITO: ATE	PROVINCIA: LIMA	DEPARTAMENTO: LIMA
---------------	-----------------	--------------------

ESTIMACION DEL CONO DE DEPRESIÓN

DESCENSO TEORICO

$$d_r = 0.366 \frac{Q}{T} \log \frac{R}{r}$$

Donde:
 Q = Caudal en m³/día
 T = Transmisividad en m²/día
 R = Radio de influencia
 r = Distancia al pozo en m

RESOLVIENDO LA ECUACION

$$d_r = 4.432 [2.100 - \log (r)]$$

PARA UNA DISTANCIA DE 10 METROS

$$d_r = 4.432 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_r = 4.88 \text{ m}$

PARA UNA DISTANCIA DE 30 METROS

$$d_r = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_r = 2.76 \text{ m}$

PARA UNA DISTANCIA DE 60 METROS

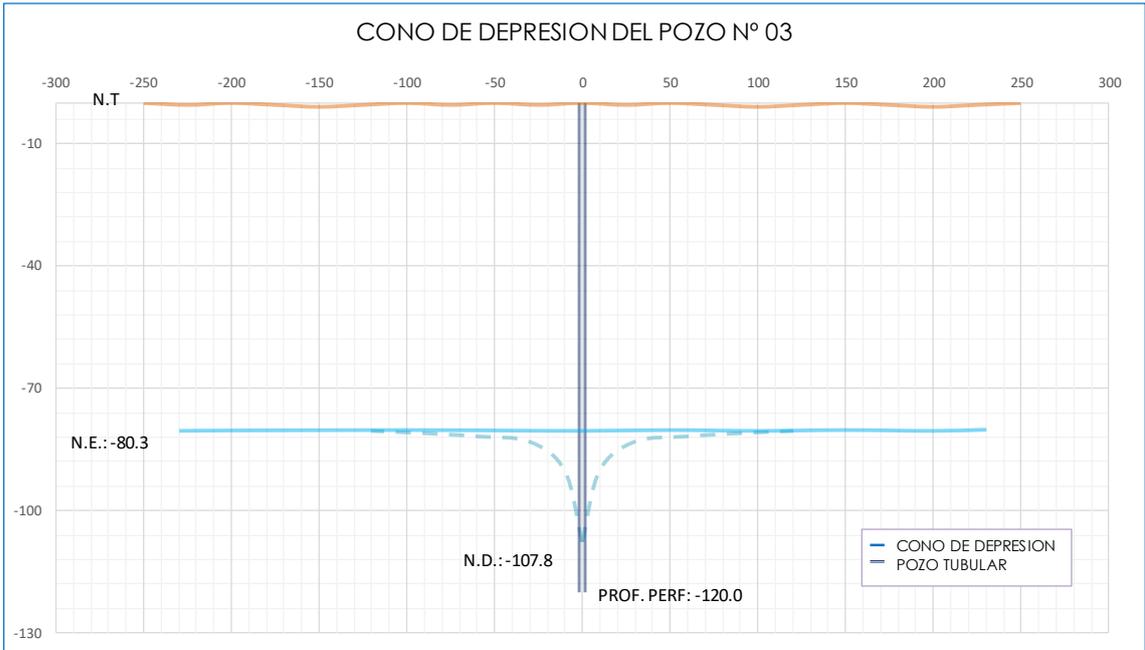
$$d_r = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

APLICACIÓN: $d_r = 1.43 \text{ m}$

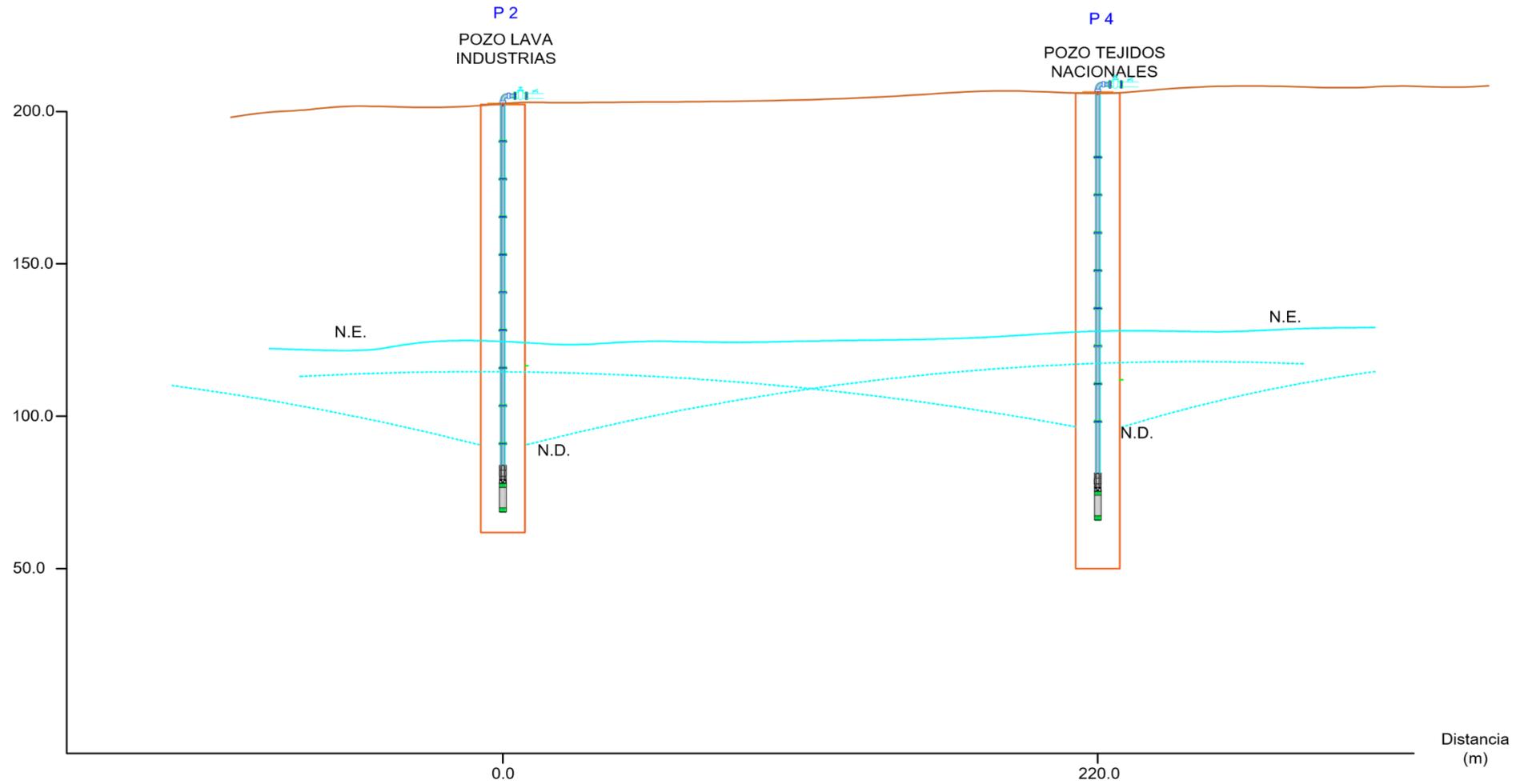
PARA UNA DISTANCIA DE 120 METROS

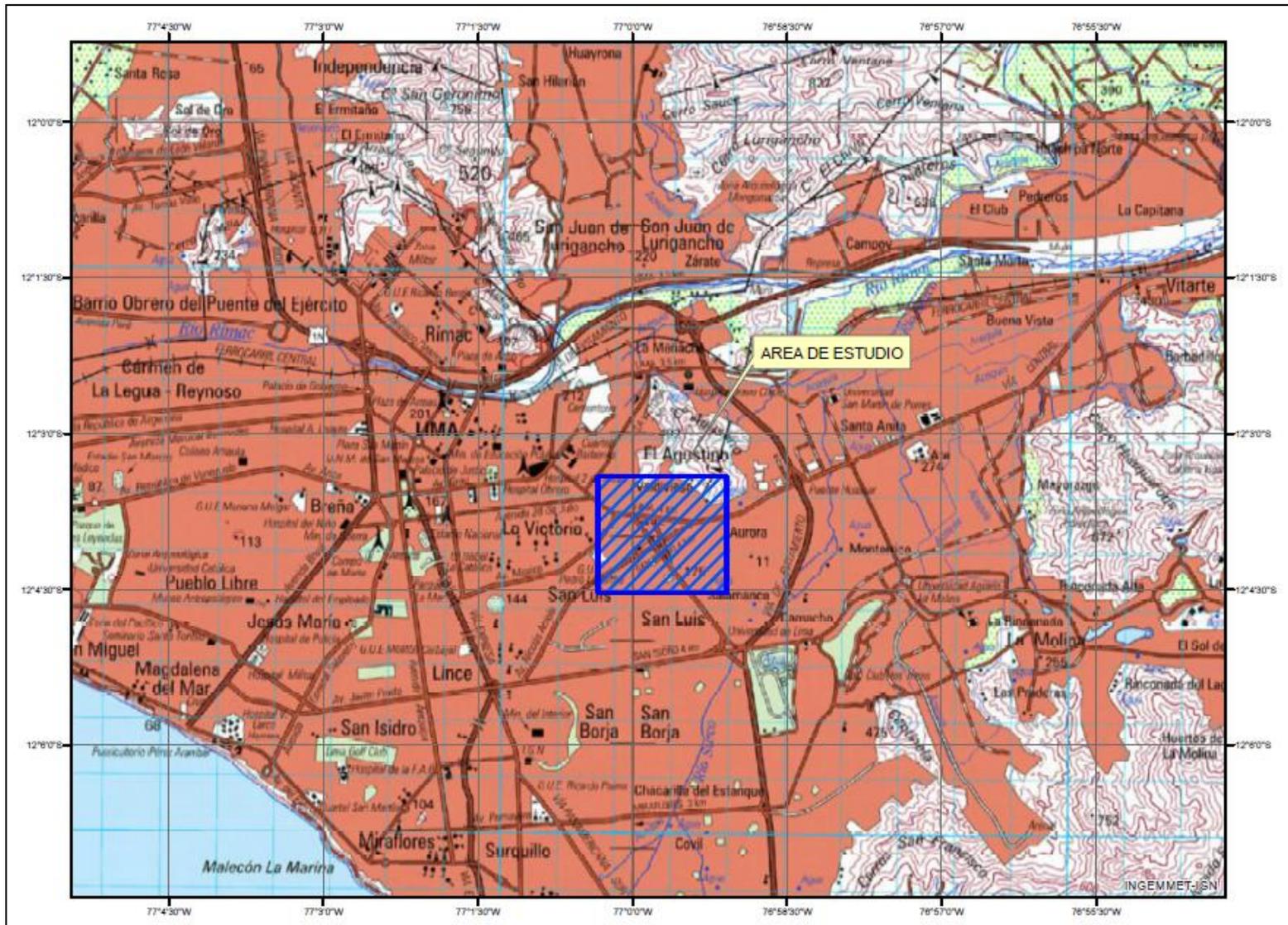
$$d_r = 8.667 [2.396 - \log (r)]$$

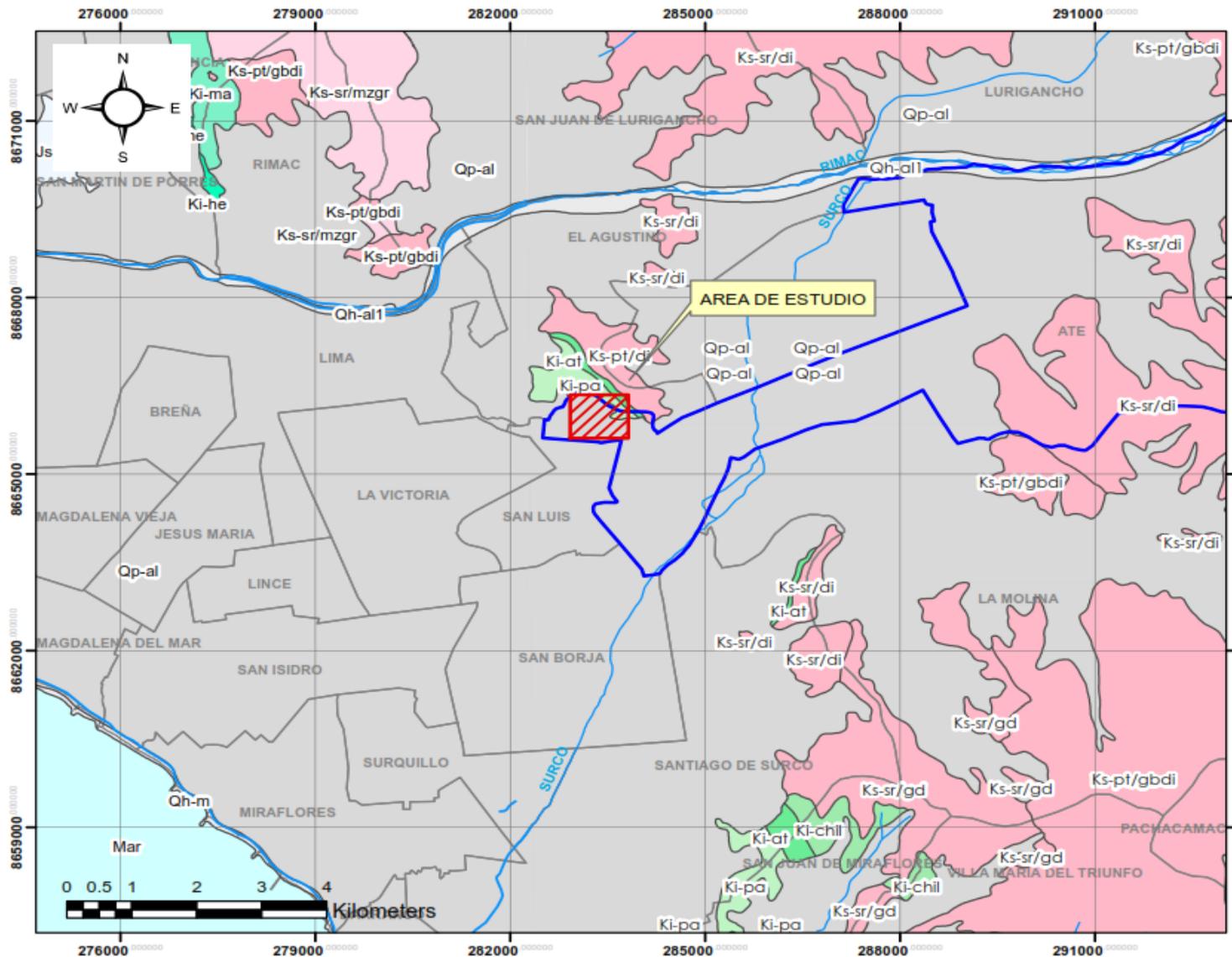
APLICACIÓN: $d_r = 0.09 \text{ m}$



INTERFERENCIA DE POZOS N°02 Y N° 04







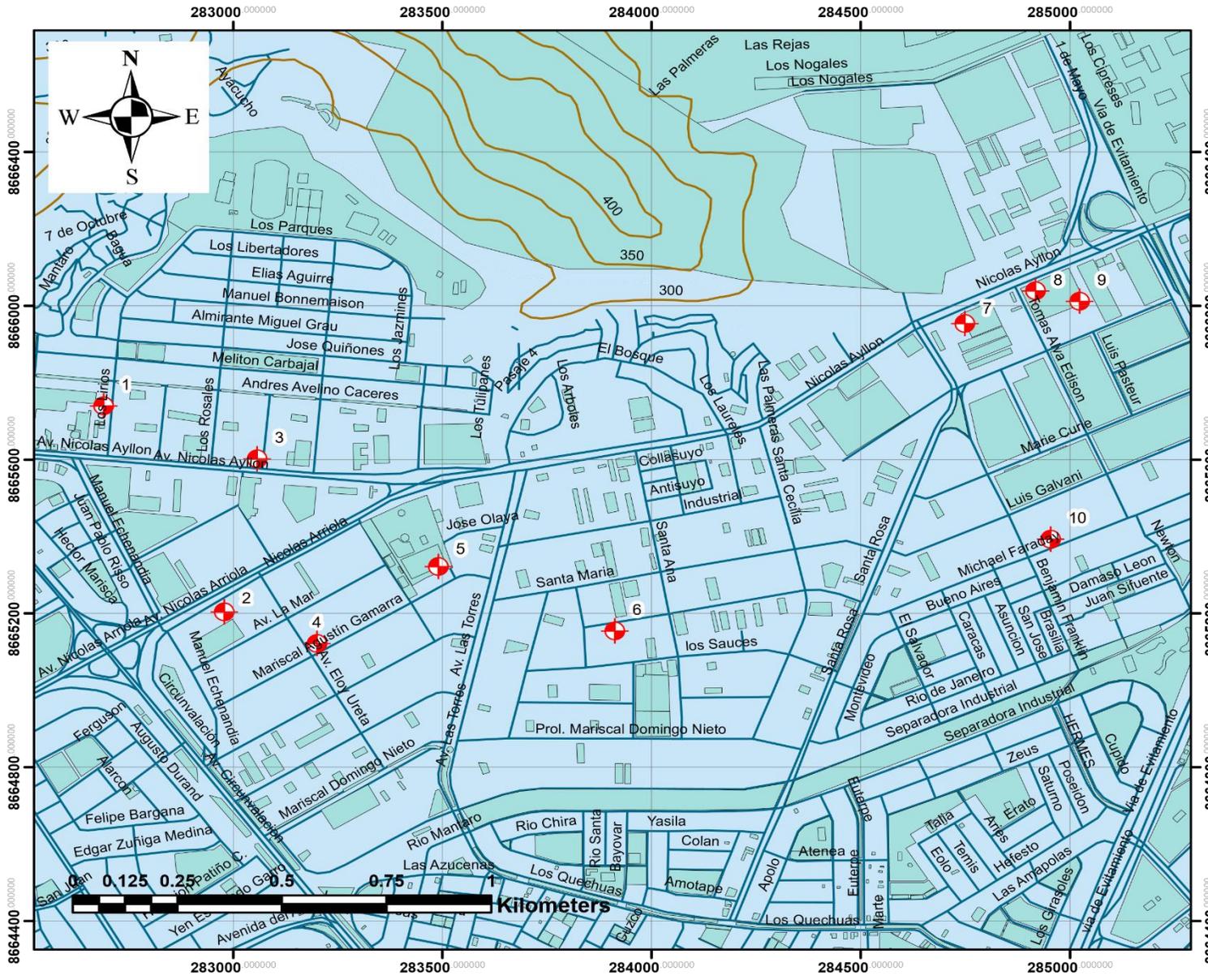
LEYENDA

-  Rios
-  Area de estudio
-  Limite de Ate
-  Limite distrital

SIMBOLOGIA

-  Ki-chil
-  Qp-al
-  Qh-al1
-  Ki-pa
-  Ks-sr/di
-  Ki-at
-  Ks-pt/gbdi
-  Ks-sr/gd
-  Ks-pt/di

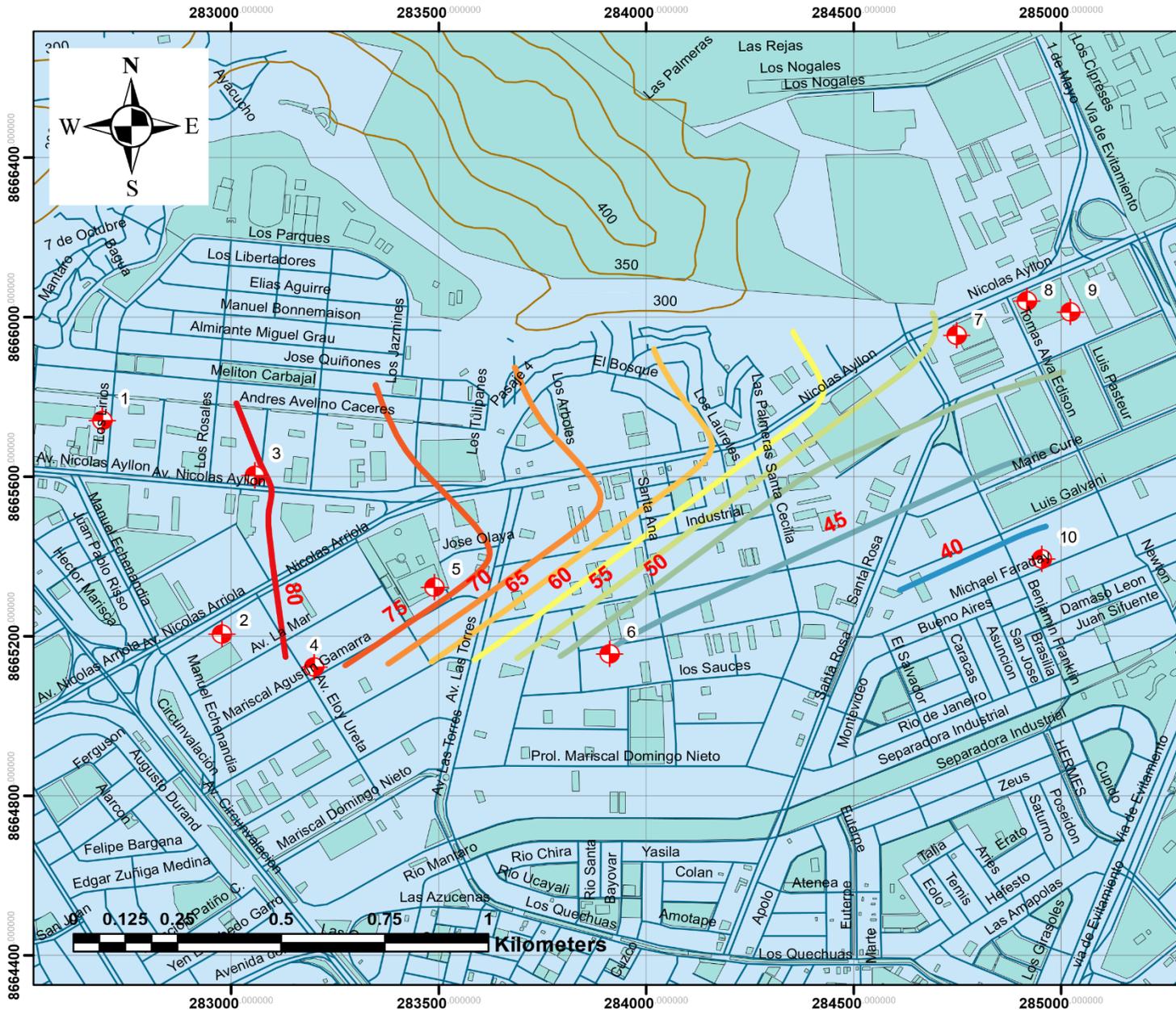
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO: MODELO DE ANALISIS DE VARIACION DEL NIVEL FREATICO POR EXPLOTACION DE ACUIFEROS MEDIANTE POZOS TUBULARES EN ATE, 2017		
DESCRIPCION: MAPA GEOLOGICO		
FUENTE: IGN	DATUM: WGS84 - ZONA18	ESCALA: 1:80,000
ELABORADO POR: ENRIQUE GAMONAL G.		PLANO: G-1



LEYENDA

-  POZOS
-  CURVAS DE NIVEL

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO MODELO DE ANALISIS DE VARIACION DEL NIVEL FREATICO POR EXPLOTACION DE ACUIFEROS MEDIANTE POZOS TUBULARES EN ATE, 2017		
DESCRIPCION INVENTARIO DE POZOS		
PUNTEL	DATUM	ESCALA
IGN	WGS84 - ZONA18	1:12,500
ELABORADO POR ENRIQUE GAMONAL G.		PLANO IP-1



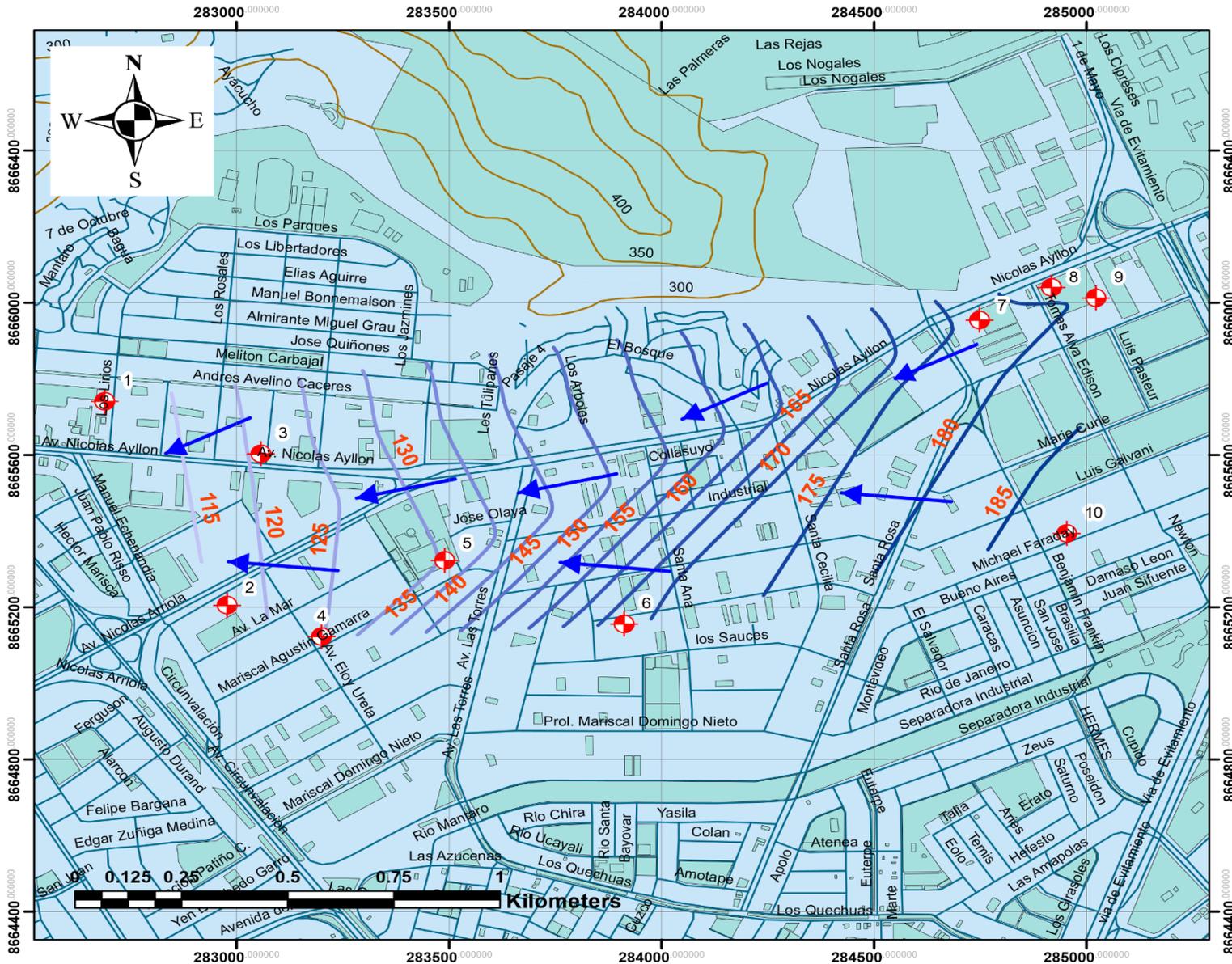
LEYENDA

-  POZOS
-  CURVAS DE NIVEL

ISOPROFUNDIDAD

-  40
-  45
-  50
-  55
-  60
-  65
-  70
-  75
-  80

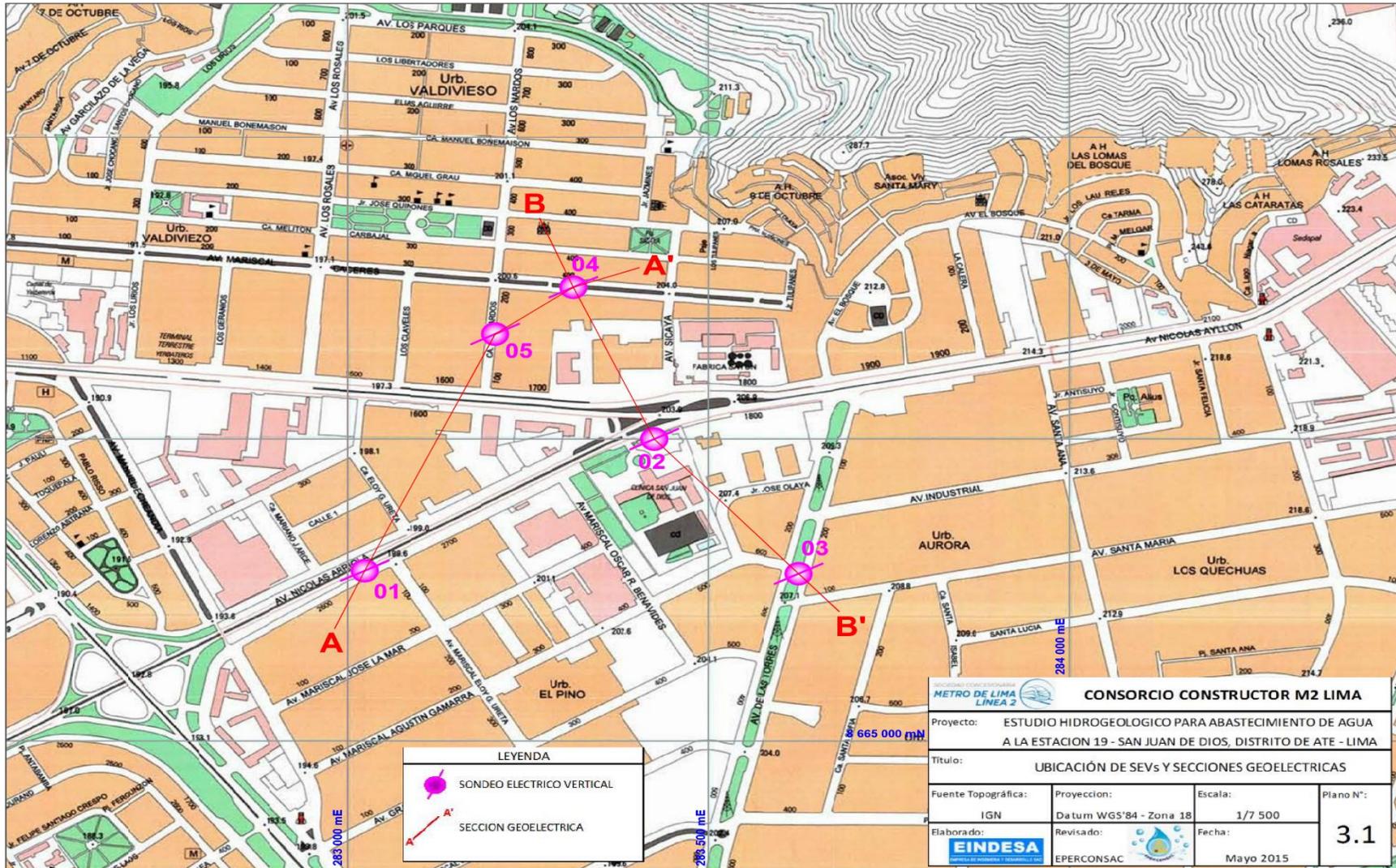
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO MODELO DE ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO POR EXPLOTACIÓN DE ACUIFEROS MEDIANTE POZOS TUBULARES EN ATE, 2017		
DESCRIPCIÓN ISOPROFUNDIDADES		
FUENTE	DATUM	ESCALA
IGN	WGS84 - ZONA18	1:12.500
ELABORADO POR ENRIQUE GAMONAL GÓMEZ		PLANO I-1



LEYENDA

-  POZOS
 -  CURVAS DE NIVEL
- ### HIDROISOHIPSAS
-  110
 -  115
 -  120
 -  125
 -  130
 -  135
 -  140
 -  145
 -  150
 -  155
 -  160
 -  165
 -  170
 -  175
 -  180
 -  185

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO		
MODELO DE ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO POR EXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS MEDIANTE POZOS TUBULARES EN ATE, 2017		
DESCRIPCIÓN		
HIDROISOHIPSAS		
FUENTE	DATUM	ESCALA
IGN	WGS84 - ZONA18	1:12,500
ELABORADO POR	PLANO	
ENRIQUE GAMONAL GÓMEZ	H-1	



LEYENDA	
	SONDEO ELECTRICO VERTICAL
	SECCION GEOELECTRICA

CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA			
Proyecto: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA ESTACION 19 - SAN JUAN DE DIOS, DISTRITO DE ATE - LIMA			
Título: UBICACIÓN DE SEVs Y SECCIONES GEOELECTRICAS			
Fuente Topográfica:	Proyeccion:	Escala:	Plano N°:
IGN	Datum WGS'84 - Zona 18	1/7 500	3.1
Elaborado:	Revisado:	Fecha:	
		Mayo 2015	

Figura N° 3.1

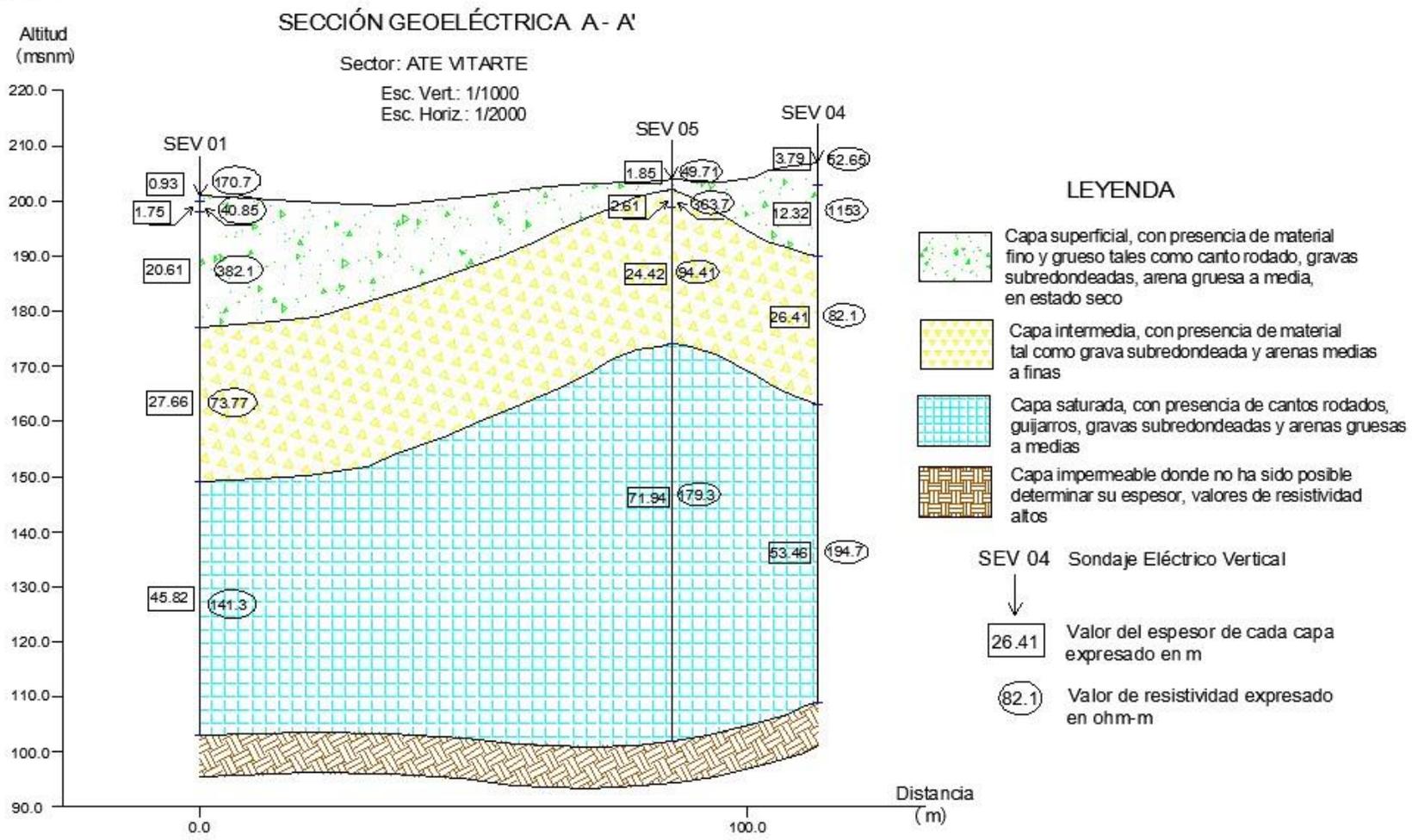
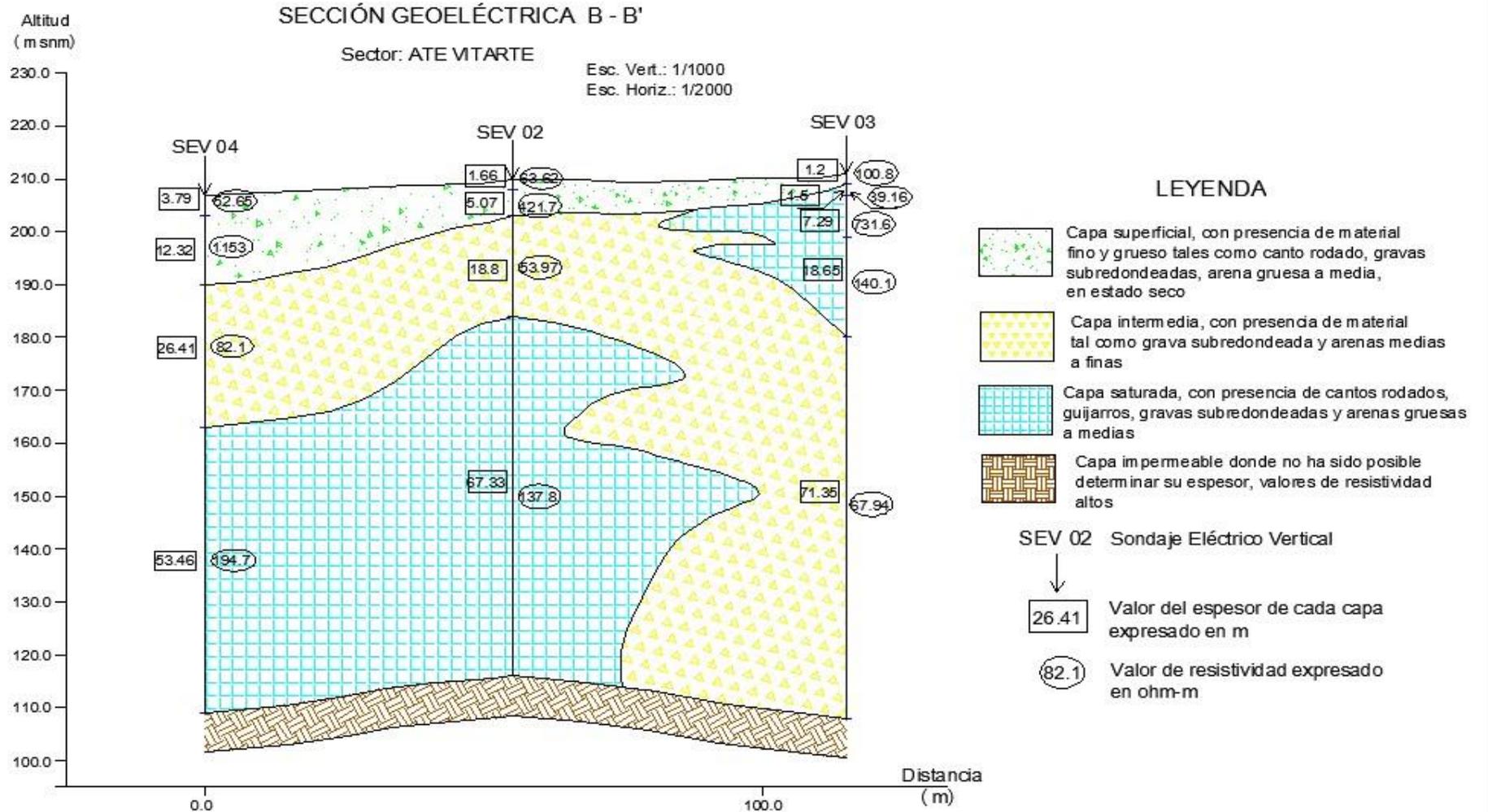


Figura N° 3.2



AUTORIZACION DE DOCUMENTOS



EQUIPOS & PERFORADORES CONTRATISTAS S.A.C.

PERFORACIÓN – MANTENIMIENTO

Lima, 25 de Setiembre del 2017

La empresa EQUIPOS & PERFORADORES CONTRATISTAS SAC, con RUC 20509111520, autoriza al señor Enrique Arturo Gamonal Gómez, con DNI: 43315236, el uso de datos obtenidos en el estudio hidrogeológico para abastecimiento de agua a la estación 19 - San Juan de Dios Distrito de Ate – Lima.

Atentamente.

A blue ink signature of Enrique Arturo Gamonal Gómez. Below the signature is a blue stamp that reads "EQUIPOS & PERFORADORES CONTRATISTAS S.A.C." and "ENRIQUE ARTURO GAMONAL GÓMEZ GERENTE GENERAL".



PANEL FOTOGRAFICO







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, **MUÑIZ PAUCARMAYTA, Abel Alberto**, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo SAC - Lima Norte, asesor de Tesis titulada: "**Modelo de análisis de variación del nivel freático por explotación de acuíferos mediante pozos tubulares en Ate 2017**" cuyo autor es **Gamonal Gómez, Enrique Arturo**, constato que la investigación tiene un índice de similitud, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin 18%, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de octubre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MUÑIZ PAUCARMAYTA, ABEL ALBERTO DNI: 23851049 ORCID: 0000-0002-1968-9122	

Código documento Trilce: TRI - 0460332