

**PRUEBAS DE BOMBEO EN POZO PROFUNDO Y POZOS DE OBSERVACION  
EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.**

**SERGIO ANDRES CABALLERO CACERES  
EDGAR GOMEZ NAVAS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2011**

**PRUEBAS DE BOMBEO EN POZO PROFUNDO Y POZOS DE OBSERVACION  
EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.**

**SERGIO ANDRES CABALLERO CACERES  
EDGAR GOMEZ NAVAS**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**DIRECTORA  
SULLY GÓMEZ ISIDRO  
INGENIERA CIVIL, MSN, PHD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestros más profundos y sinceros agradecimientos a nuestra directora de proyecto de grado, la profesora Sully Gómez Isidro, por su apoyo constante, junto con su acertada y valiosa orientación.

A nuestros compañeros del Grupo en Predicción y Modelamiento Hidroclimático GPH, Miguel y Feisan, y a todos aquellos que de una u otra forma siempre creyeron en nosotros y contribuyeron a la realización de esta meta.

*A mí Dios por permitirme salir adelante y ser una persona de bien.*

*A mis Padres Carlos y Nelcy, y a mi hermana Julieth por su apoyo incondicional, sin su colaboración no hubiera podido cumplir mis metas.*

*A Juancho por su esfuerzo, su apoyo y haber creído en mí durante toda mi carrera.*

*A Tatiana por siempre esperar lo mejor de mí.*

*Sergio Andrés Caballero.*

Primero que todo quiero agradecer a Dios, porque por Su voluntad he podido lograr todas mis metas y ser una persona de bien e integra en todos los aspectos.

También quiero agradecer a mis padres, Jaime y Yolanda, por su apoyo y cariño constante e incondicional, lo que me ha permitido llegar hasta donde me encuentro.

A mis hermanos Oscar y María Del Pilar, porque en todo momento pude contar con ellos.

Y a todos mis amigos y compañeros, que de una forma u otra me han colaborado durante toda mi formación universitaria.

Edgar Gómez Navas.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. PRUEBAS DE BOMBEO	20
1.1. TIPOS DE PRUEBAS DE BOMBEO	21
1.2. ACUIFEROS	22
1.2.1. Tipos de Acuíferos y su Comportamiento	23
1.2.2. Parámetros Hidráulicos	27
Fuente: (Villanueva, Iglesias 1984)	34
2. LOCALIZACION Y PREPARACION DE PRUEBAS DE BOMBEO	38
2.1 POZO DE BOMBEO	38
2.2 PIEZOMETRO	38
2.3 LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	38
2.3.1 Localizacion piezometro bajos de pan de azúcar.	39
2.3.2 Localizacion pozo padres somascos.	39
2.4 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS DE BOMBEO EN LAS ZONAS DE ESTUDIO	42
2.4.1 Sensor de profundidad	42
2.4.2 Bomba peristáltica.	43
2.4.3 Bomba Tipo Lapicero	46
2.4.4 Equipos para la Medición Continua de Niveles	47
3. GEOLOGIA Y DISEÑO DE POZOS	50
3.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES DEL PROYECTO	50
3.2 GEOLOGÍA LOCAL BAJOS DE PAN DE AZÚCAR	51
3.3 DISEÑO DE PIEZÓMETRO BAJOS DE PAN DE AZÚCAR	52
3.4 GEOLOGÍA LOCAL POZO PADRES SOMASCOS	54
3.5 DISEÑO POZO PADRES SOMASCOS	55
4. REALIZACION DE PRUEBAS DE BOMBEO	57
4.1 PLANIFICACION DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO	57

4.2 PRUEBAS REALIZADAS EN EL POZO PADRES SOMASCOS	58
4.2.1 Prueba 1: Proceso de Limpieza y Verificación de Funcionamiento de Piezómetros	58
4.2.2 Prueba 2: Observación del Caudal de Bombeo	60
4.2.3 Prueba 3: Regulación del Caudal con Llave de Bola	63
4.2.3 Prueba 4: Prueba Definitiva de Bombeo	65
4.3 PRUEBAS REALIZADAS EN EL PIEZOMETRO BAJOS DE PAN DE AZUCAR	68
4.3.1 Prueba 1:	69
4.3.2 Prueba 2: Bombeo con Dispositivo de Bombas Contemporaneas.	72
4.3.3 Prueba 3: Última Prueba con Dispositivo de Bombas	78
5. ANALISIS DE RESULTADOS	83
5.1 ANALISIS DE RESULTADOS EN POZO PADRES SOMASCOS.	84
5.2 ANALISIS DE RESULTADOS EN PIEZOMETRO BAJOS DE PAN DE AZUCAR	90
6. CONCLUSIONES	94
7. RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFIA	97
ANEXOS	99

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Tipos de Pruebas de Bombeo.	21
Figura 2. Cono de Abatimiento	23
Figura 3. Acuífero Libre.	24
Figura 4. Acuífero Confinado	25
Figura 5. Acuífero Semiconfinado.	26
Figura 6. Esquema para la deducción del valor del descenso residual $E_r$ en el análisis de la recuperación de niveles posterior a la parada.	34
Figura 7. Localizacion Piezometro Bajos de Pan de Azucar.	39
Figura 8. Localizacion Pozo Padres Somascos.	40
Figura 9. Esquema Pozo Padres Somascos.	41
Figura 10. Sensor de Profundidad	42
Figura 11. Bomba Peristáltica.	43
Figura 12. Bateria Recarcable de Gel Acido.	45
Figura 13. Bomba Tipo Lapicero.	46
Figura 14. Diver.	48
Figura 15. Barodiver.	49
Figura 16. Diseño Piezómetro Bajos de Pan De Azúcar	53
Figura 17. Diseño Pozo Padres Somascos	56
Figura 18. Sistema Dispositivo de Bombas.	69

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Localizacion de Sitios de Estudio.	39
Tabla 2. Bomba Peristáltica.	43
Tabla 3. Descripción Litológica Piezometro Bajos de Pan de Azúcar	52
Tabla 4. Descripción Litológica Pozo Padres Somascos.	54
Tabla 5. Diseño del pozo Padres Somascos	55
Tabla 6. Purga Piezómetro 1 Padres Somascos, Prueba 1.	59
Tabla 7. Purga Piezómetro 2 Padres Somascos, Prueba 1.	60
Tabla 8. Resumen de Resultados, Prueba 1.	60
Tabla 9. Aforo Pozo Padres Somascos, Prueba 2.	61
Tabla 10. Aforo Pozo Padres Somascos, Prueba 3.	63
Tabla 11. Abatimiento Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 1.	70
Tabla 12. Abatimiento y Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.	73
Tabla 13. Abatimiento y Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.	78
Tabla 14. Niveles tomados durante la ejecución del proyecto.	83
Tabla 15. Niveles tomados en tiempos anteriores.	83
Tabla 16. Resumen de Parámetros hidráulicos hallados en Pozo Padres Somascos.	88
Tabla 17. Resumen de Parámetros hidráulicos hallados en Piezometro Bajos de Pan de Azúcar	93

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Diagrama de Capacidad de la Bomba Peristáltica.	44
Grafica 2. Diagrama de Capacidad de la Bomba Tipo Lapicero.	47
Grafica 3. Caudal vs Tiempo, Pozo Padres Somascos, Prueba 2.	62
Grafica 4. Caudal vs Tiempo, Pozo Padres Somascos, Prueba 3.	64
Grafica 5. Bombeo Pozo Padres Somascos, Prueba 4.	66
Grafica 6. Recuperación Pozo Padres Somascos, Prueba 4.	66
Grafica 7. Bombeo P1 Padres Somascos, Prueba 4.	67
Grafica 8. Recuperación P1 Padres Somascos, Prueba 4.	68
Grafica 9. Bombeo Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 1.	71
Grafica 10. Caudal vs Tiempo, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 1.	71
Grafica 11. Bombeo Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.	75
Grafica 12. Caudal vs Tiempo, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.	
Grafica 13. Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.	77
Grafica 14. Bombeo Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.	80
Grafica 15. Caudal vs Tiempo, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.	81
Grafica 16. Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.	82
Grafica 17. Curva de Abatimiento vs Tiempo, Pozo Padres Somascos, Prueba 4.	84
Grafica 18. Curva de Recuperación, Pozo Padres Somascos, Prueba 4.	85
Grafica 19. Curva de Abatimiento vs Tiempo, P1 Padres Somascos, Prueba 4.	86
Grafica 20. Curva de Recuperación, P1 Padres Somascos, Prueba 4.	87
Grafica 21. Curva de Recuperacion, Piezometro Bajos de Pan de Azucar, Prueba 2.	90
Grafica 22. Curva de Recuperación, Piezometro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.	91

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Formato para la Toma de Datos en Campo	99
Anexo B. Esquema Dispositivo de Bombas.	101
Anexo C. Datos Obtenidos en la Prueba de Bombeo de Larga Duración Padres Somascos.	102

## RESUMEN

**TITULO:** PRUEBAS DE BOMBEO EN POZO PROFUNDO Y POZOS DE OBSERVACION EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.\*

**AUTORES:** Sergio Andrés Caballero\*\*  
Edgar Gómez Navas

**PALABRAS CLAVE:**

Pruebas de bombeo, Acuífero, Piezómetros, Parámetros hidráulicos, Sensor de profundidad.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Existen acuíferos en la zona Norte en el Barrio Regaderos y en la zona Oriental en el Barrio Bajos de Pan de Azúcar de la ciudad de Bucaramanga, en los cuales se harán estudios de aguas subterráneas con el fin de hallar los parámetros hidráulicos, y conocer los tipos de acuíferos presentes en estos embalses subterráneos. Para este trabajo se tendrán que realizar una serie de pruebas de bombeo en el pozo profundo al Norte de la ciudad identificado como Pozo Padres Somascos y el piezómetro ubicado al Oriente de la ciudad identificado como Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar. Estas pruebas se realizarán a caudal constante y a caudal variable, dependiendo en gran medida de los equipos disponibles para la realización de estas.

Para el estudio de estos acuíferos se utilizaran los siguientes equipos: Sensor de profundidad, el cual fue diseñado para medir niveles de agua en los piezómetros y pozos, Bomba sumergible peristáltica “1920.57.00 sumergible COMET-COMBI 24-4T”, la cual es una bomba utilizada para el abatimiento y limpieza de piezómetros, Bomba Tipo Lapicero, la cual sirve para el abatimiento del Pozo Padres Somascos.

Una vez realizadas las pruebas de bombeo en los acuíferos se procederá al análisis de estos resultados, para este análisis se contará con ayuda del material bibliográfico consultado, y la implementación de herramientas computacionales con el fin de simplificar los cálculos a realizar.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directora Sully Gómez Isidro Ingeniera Civil, Msn, Phd

## ABSTRACT

**TITLE:** PUMPING TESTS ON DEEP WELL AND OBERVATION WELLS IN BUCARAMANGA CITY.\*

**AUTHORS:** Sergio Andres Caballero\*\*  
Edgar Gómez Navas

### KEY WORDS:

Pumping test, Aquifer, Piezometer, Hydraulic Parameters, Depth sensor.

### PROJECT DESCRIPTION

There are aquifers on the north part and the east part of Bucaramanga city, more specifically in Regaderos and Pan de Azucar neighborhoods. The purpose of this project is to make underground water studies in order to find hydraulic parameters, and know the kinds of aquifers present on this underground reservoir. For this job we are going to conduct pumping tests not only on the deep well on the north of the city called Padres Somascos Well, but also on the piezometer located on the east called Bajos de Pan de Azucar Piezometer. These tests are going to be conducted with constant flow and variable flow, depending largely on the available equipment for these tests.

For the study of this aquifers, we are going to use the following equipment: a Depth sensor which is a tool designed to measure water levels on piezometers and wells. a Sumergible Peristaltic Pump "1920.57.00 sumergible COMET-COMBI 24-4T", which is used for the lowering and piezometers cleaning, and a Pen Pump which serves for the lowering on Padres Somascos Well.

After conducting the pumping tests, we are going to analyze the results. For this analysis, we are going to use the bibliography source consulted and the implantation of computer tools in order to simplify the calculations.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty of Engineering physic mechanical. School of Civil Engineering. Principal Civil Engineer Isidro Gomez Sully, MSN, PhD

## INTRODUCCION

Los acuíferos son considerados hoy en día, en muchos países, como un recurso muy importante en su plan de desarrollo a largo plazo debido a la escases de agua potable cada vez más marcada en muchas regiones de nuestro planeta; por citar un ejemplo bastante importante, un gran porcentaje del agua que consumen en los países del medio oriente proviene de estos importantes depósitos hídricos.

Uno de los aspectos que hacen particularmente útil el agua subterránea para el consumo humano es la menor contaminación a la que está sometida y la capacidad de filtración del suelo que la hace generalmente más pura que el agua superficial (Vélez Otálvaro, 1999); además que estos recursos hídricos están menos afectados por las sequías en comparación con los recursos superficiales (Ej: ríos, lagunas).

En Colombia el agua subterránea se ve utilizada en muchos lugares como agua para riego de cultivos; donde lugares como en Urabá en 1993 el volumen diario de explotación era alrededor de 58000 m<sup>3</sup>, que se repartía un 65% en agricultura y el resto entre uso industrial y abastecimiento público (INGEOMINAS, 1993); pero aun nos encontramos en un desarrollo mínimo de toda la explotación de los recursos hídricos subterráneos, tanto sus propiedades físicas y químicas del agua como del tipo de suelo en la que se encuentra depositada y/o rodeada.

En nuestro caso, en la ciudad de Bucaramanga y su meseta, se presenta como una gran oportunidad de abastecimiento para la población y para la industria, por mencionar un ejemplo, existe un gran número de lavaderos de carros e industrias las cuales utilizan los acuíferos para su abastecimiento; las tecnologías y los nuevos estudios en la materia han demostrado que los costos de construcción se

ven muy bien reflejados e invertidos, cuando los resultados nos ofrecen una mejor calidad de agua teniendo en cuenta que los costos se vieron reducidos en el tratamiento de las mismas.

Por tanto, la evaluación de las propiedades hidráulicas, debe realizarse mediante pruebas específicas que nos ofrezcan una gran cantidad de valores y conocimiento exacto del tipo de acuífero. Para este trabajo se realizarán pruebas de bombeo a caudal constante en las que se utilizarán diversos equipos, los cuales nos ayudarán en la toma de datos en campo y posteriormente hacer el análisis con las diversas herramientas disponibles para ello.

## 1. PRUEBAS DE BOMBEO

Un ensayo de bombeo es, en esencia, un método de análisis de los pozos de captación de aguas subterráneas y del acuífero en que se encuentran.

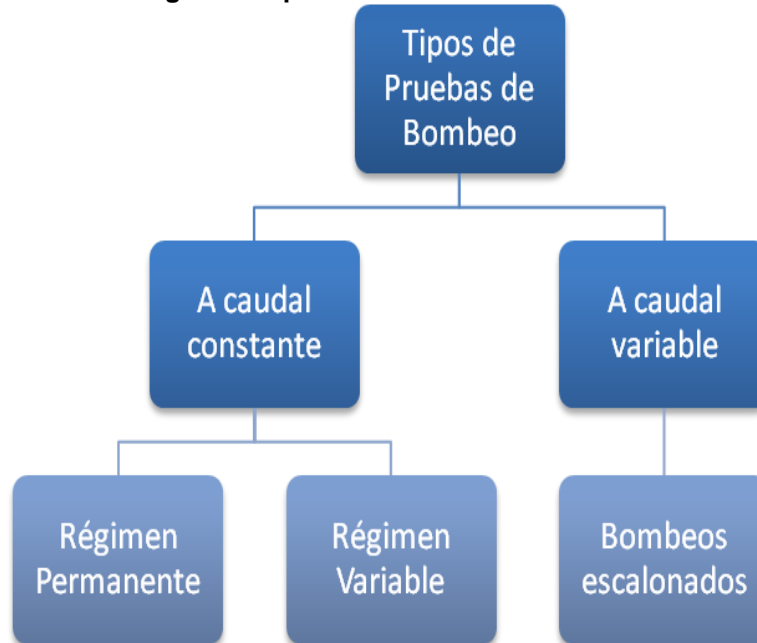
La metodología de su realización es simple. Consiste en bombear los pozos, bien a caudal constante o bien a caudal variable, siguiendo la evolución del nivel del agua o abatimiento durante el tiempo de bombeo, tanto en el mismo pozo de bombeo como en otros pozos cercanos, cuando los hubiere.

El estudio de las variaciones de los niveles es precisamente en los que consiste el ensayo de bombeo y lo que permite obtener información, tanto sobre el pozo en si como sobre las características y tipos de acuífero. Con los datos obtenidos de estas pruebas se grafica la curva de abatimientos y se compara con los comportamientos de las ecuaciones de flujo en acuíferos y su interpretación permite obtener los parámetros hidráulicos y conocer el tipo de acuífero estudiado.

Estas pruebas, respecto al pozo, pueden suministrar información sobre la calidad de construcción, pérdidas de carga por rozamiento del agua en las inmediaciones del mismo, e incluso sobre el caudal de bombeo más aconsejable y lugar donde debe colocarse la bomba para un caudal determinado de explotación.

## 1.1. TIPOS DE PRUEBAS DE BOMBEO

Figura 1. Tipos de Pruebas de Bombeo.



Cuando se realiza el ensayo a caudal constante es preciso mantenerlo sin variación a lo largo de toda la prueba.

Se denomina régimen permanente a aquel en el cual los niveles no varían con el tiempo, mientras que en el régimen variable si se produce esta variación.

Desde el punto de vista práctico: Antes de empezar el ensayo se mide la profundidad del nivel del agua en el pozo de bombeo y en los de observación, si los hubiere. Como consecuencia de un bombeo a caudal constante  $Q$ , los niveles descenderán durante un cierto tiempo. Si se interpretan los resultados de la variación de niveles en función del tiempo de bombeo, se estaría en un caso de régimen variable.

Transcurrido un tiempo, los niveles se estabilizan o varían tan poco, que pueden considerarse estables, se estaría en un caso de régimen permanente.

Cuando se para el bombeo, los niveles comienzan a ascender, tratando de alcanzar la cota inicial en reposo. Si se interpreta la evolución de estos niveles después de la parada, se esta en el caso de régimen variable en recuperación.

Por último, en el caso de bombeos a caudal variable se presenta una prueba de bombeo a caudales escalonados, la cual consiste en fijar a voluntad distintos caudales, midiéndose el abatimiento producido por cada uno de ellos. Se utilizan para calcular las pérdidas de carga en el pozo, como consecuencia de una construcción defectuosa.<sup>1</sup>

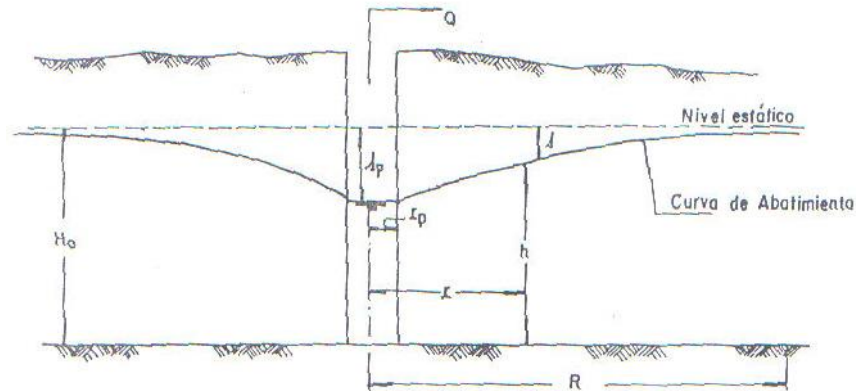
## **1.2. ACUIFEROS**

Ante todo, conviene indicar, que cuando se bombea un pozo, baja el nivel de agua en el mismo, y en toda la porción de acuífero circundante a él. El descenso de nivel es más pronunciado en el pozo, y disminuye a medida que aumenta la distancia del mismo. La distancia existente entre el pozo de bombeo y la zona del acuífero, en la que la influencia puede considerarse nula, es el llamado radio de influencia. En la siguiente figura se esquematiza gráficamente.

---

<sup>1</sup> VILLANUEVA MARTINEZ, MANUEL & IGLESIAS LOPEZ, ALFREDO. (1984).

**Figura 2. Cono de Abatimiento**



**Fuente: (Velez, Otalvaro 1999)**

Hechas estas consideraciones iniciales, se pasa a comentar los tipos de acuíferos que existen en la naturaleza, su modo de reaccionar en los diferentes condiciones hidráulicas y estructurales, y su comportamiento frente al bombeo.

**1.2.1. Tipos de Acuíferos y su Comportamiento.** Para considerar una formación geológica como acuífero es necesario que se presenten dos condiciones: una formación hidrogeológica permeable o embalse y la presencia de agua subterránea. El término agua subterránea, designa toda el agua contenida o circulante en el embalse subterráneo.

**1.2.1.1. Acuíferos Según Su Textura:** Desde el punto de vista de su textura, existen fundamentalmente tres tipos de materiales acuíferos:

- a) Aquellos cuya permeabilidad es debida a grietas y fisuras, tanto de origen mecánico como de disolución. Forman en conjunto los acuíferos kársticos y fisurados, y se encuentran entre ellos, las calizas, dolomías, granitos y basaltos, etc. Siendo los dos primeros los tipos más importantes.
- b) Aquellos cuya permeabilidad es debida a su porosidad intergranular. Son los denominados acuíferos porosos y se encuentran entre ellos, las gravas,

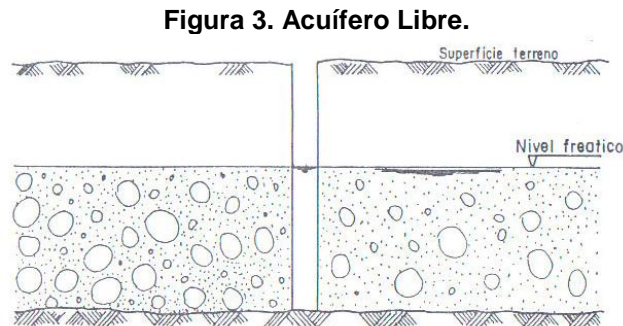
arenas, arcosas, etc., y en general, todos los materiales detríticos con tamaños de grano de arena como mínimo.

c)

d) Por último, están los acuíferos, cuya permeabilidad es debida a un conjunto de las dos anteriores causas, y se tienen así los acuíferos kársticos y porosos. Son típicas las calcarenitas.

**1.2.1.2. Acuíferos Según sus Características Hidráulicas y Estructurales.** Por otra parte, estos acuíferos, según sus circunstancias hidráulicas y estructurales, pueden reaccionar de tres distintas formas:

a) **Acuíferos Libres.** Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. El agua que ceden es el agua que tienen almacenada en sus poros. Este volumen de agua es alto en comparación con los acuíferos que se comentan a continuación, y por ello tienen bastante inercia. Los conos de los bombeos suelen ser esbeltos, es decir, con elevados descensos de nivel en el pozo y corto radio de influencia.



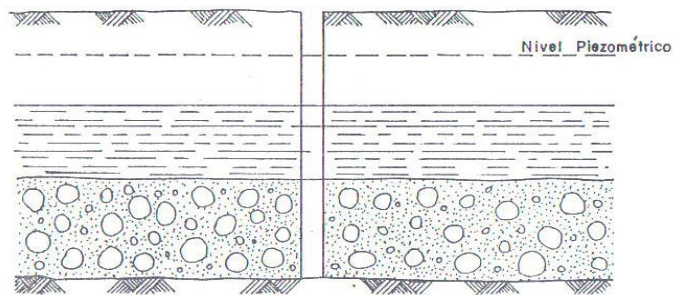
**Fuente: (Vélez, Otalvaro 1999)**

b) **Acuíferos cautivos o confinados.** Son aquellos que están absolutamente aislados en el subsuelo, es decir, rodeados de materiales impermeables por todos sus lados. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de dicho material acuífero. En realidad, están a presión o en carga, debido al peso de

los materiales superiores. En rigor, no existen en la naturaleza acuíferos cautivos puros, dado que no existen materiales absolutamente impermeables capaces de aislarlos, aunque a efectos prácticos muchos podrán considerarse como tales, entre otros, aquellas formaciones permeables que permanecen cautivas en una gran extensión y afloran en superficie por alguno de sus extremos.

Son acuíferos rápidos con muy baja inercia, debido a su baja capacidad de almacenar agua, que reaccionan, o transmiten enseguida las influencias de un bombeo puntual. Los conos de bombeo suelen ser de menor altura que en los libres, pero con radios de influencia largos.

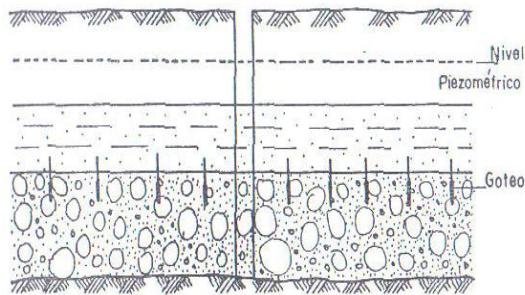
**Figura 4. Acuífero Confinado**



**Fuente: . (Vélez, Otalvaro 1999)**

c) Acuíferos semiconfinados En ellos los materiales que los rodean no son todos impermeables. Así, el paquete superior o semiconfinante lo constituyen formaciones semipermeables, que permiten el paso del agua de otros acuíferos superiores al inferior semiconfinado. Consecuentemente, la velocidad de reacción de estos acuíferos ante un bombeo es más moderada que en los cautivos y los radios de influencia tienen valores medios entre libres y cautivos.

**Figura 5. Acuífero Semiconfinado.**



Fuente: (Vélez, Otalvaro 1999)

**1.2.1.3. Acuíferos Según Su Permeabilidad.** Otro parámetro es debido a su permeabilidad, en donde se encuentran los Acuíferos, Acuicludos, Acuitardos y Acuifugos.

a) **ACUIFEROS**

Son formaciones geológicas que almacenan agua y que a su vez permiten el movimiento de la misma, bajo acción de las fuerzas de gravedad, de tal forma que puede ser explotada en cantidades relativamente apreciables.

b) **ACUICLUDOS**

Son formaciones que almacenan el agua, a veces en proporciones altas, pero que no la transmite en cantidades apreciables.

c) **ACUITARDOS**

Son formaciones que almacenan el agua pero que solo permiten el flujo de la misma en forma muy lenta, en comparación con los acuíferos.

Estas formaciones pueden tener una gran importancia cuando se estudia el movimiento del agua a nivel regional, ya que sobre áreas relativamente grandes pueden transmitir grandes cantidades de agua a pesar de la baja velocidad de flujo. Así, pueden permitir el paso de agua de un acuífero a otro cuando estos se

encuentran separados por un acuitardo. Este fenómeno reviste particular importancia cuando se estudian casos de contaminación de las aguas subterráneas.

#### d) **ACUIFUGOS**

Son formaciones impermeables que no almacenan ni transmiten el agua.

De acuerdo con esto, se puede tener una idea cualitativa de la forma de los conos de influencia y de la velocidad de reacción de los diversos acuíferos ante un bombeo.

Por ejemplo, los acuíferos más lentos, es decir, los que transmiten con menor velocidad las influencias de los bombeos y que además tendrán conos de influencia profundos, pero de radios cortos, serán aquellos de textura porosa granular cuando trabajan como libres.

Recíprocamente, los acuíferos que acusaran con mayor velocidad los efectos de un bombeo puntual, con conos de bombeo poco profundos y radios de influencia largos, serán los kársticos, cuando trabajan como cautivos.

**1.2.2. Parámetros Hidráulicos.** La caracterización de las propiedades hidráulicas del medio poroso, están definidas por los llamados parámetros hidrogeológicos o parámetros hidráulicos.

Desde el punto de vista del drenaje, los parámetros de mayor importancia son la conductividad hidráulica, pero no menos importantes, de acuerdo con la naturaleza en análisis están: la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

**1.2.2.1. Transmisividad (T).** La transmisividad  $T$  es el parámetro definido para evaluar la capacidad de transmitir agua de los acuíferos, teniendo en cuenta no solo la textura del acuífero y las características del fluido, sino también las

características estructurales o geométricas. Se define como el producto de la conductividad hidráulica  $k$  y el espesor del acuífero  $b$ :

$$T = kb$$

Acuíferos muy permeables pero de bajo espesor pueden, a pesar de sus excelentes características de textura, no ser aptos para una eficaz transmisión del agua debido a su bajo espesor y, consecuentemente baja transmisividad.

**1.2.2.2. Coeficiente de Almacenamiento (S).** Este coeficiente representa la capacidad para liberar agua de un acuífero. Se define como el volumen de agua que es capaz de liberar un prisma de base unitaria y de altura igual a la del acuífero, cuando desciende 1m en el nivel piezométrico. Es, en consecuencia, un parámetro físico referido al volumen cedido por unidad de volumen de acuífero y, al igual que la porosidad, es adimensional.

La forma en que las formaciones geológicas permeables liberan agua es distinta según su situación en la naturaleza y el estado de sus niveles piezométricos.

Así, cabe distinguir formaciones o acuíferos en funcionamiento confinado o acuíferos en funcionamiento libre, según los valores que tomen los coeficientes de almacenamiento los cuales son entre 0.02 y 0.03 para acuíferos libres, y entre 0.0001 y 0.001 para acuíferos confinados.

### 1.2.2.3. Parámetros Hidráulicos de Acuíferos

#### i. ACUIFEROS CONFINADOS

Los procedimientos para evaluar T y S en acuíferos confinados y libres a partir de pruebas de bombeo pueden dividirse en métodos para régimen permanente y métodos para régimen transitorio.

a) **REGIMEN PERMANENTE:** Con la ecuación de Thiem se tiene:

$$T = \frac{Q \ln(r_1/r_2)}{2\pi(s_1 - s_2)}$$

Esta ecuación permite calcular T, teniendo el caudal Q de bombeo y los abatimientos  $s_1$  y  $s_2$  medidos a distancias  $r_1$  y  $r_2$  del pozo de bombeo, respectivamente.

Teóricamente, los niveles en los pozos de observación nunca alcanzarán el estado de equilibrio, pero puede lograrse sin embargo un nivel lo suficientemente cercano para obtener razonables estimativos de T. Después que T ha sido calculado, S, puede estimarse a partir de la ecuación de Theis, si el abatimiento en uno de los pozos ha sido medido en un tiempo t.

b) **REGIMEN TRANSITORIO:** Hay dos métodos de uso común; el de Theis y el de Jacob, ambos basados en un ajuste gráfico de los puntos experimentales obtenidos en la prueba de bombeo.

- **METODO DE THEIS:** Un procedimiento para evaluar T y S fue desarrollado por Theis (1935) y también por Lohman (1972). La ecuación de Theis puede escribirse en términos logarítmicos como:

$$\log s = \log \frac{Q}{4\pi T} + \log W(u)$$

Donde  $u = \frac{r^2 S}{4tT}$ , que de manera similar a la anterior ecuación puede escribirse como:

$$\log \frac{r^2}{t} = \log \frac{4T}{S} + \log(u)$$

Fácilmente puede observarse que como  $Q/4\pi T$  y  $4T/S$  son constantes para una prueba dada, la relación entre  $\log s$  y  $\log r^2/t$  debe ser similar a la relación entre  $\log W_{co}$  y  $\log(u)$ . Lo que significa que si se dibuja “s vs  $r^2/t$ ” y “ $W_{co}$  vs  $u$ ” en el mismo papel doblemente logarítmico, las curvas resultantes pueden hacerse coincidir moviéndose horizontal y verticalmente (guardando los ejes paralelos). Un punto arbitrario se selecciona en el tramo en el cual las curvas se ajusten y las coordenadas de este punto se leen en ambos gráficos. Se tienen entonces valores de s,  $r^2/t$ ,  $u$  y  $W_{co}$  que se usan para calcular los valores de T y S. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1) Dibujar la curva tipo  $W_{co}$  vs  $\frac{1}{u}$  en papel doblemente logarítmico.
- 2) Dibujar los abatimientos medidos en el campo s vs  $r^2/t$  en un papel doblemente logarítmico, del mismo ciclaje y escala que el de la curva tipo.
- 3) Superponer la curva tipo a la curva de datos de campo, guardando los ejes paralelos. Ajustar hasta que la mayoría de los datos de campos se ajusten a la curva tipo.
- 4) Seleccionar un punto arbitrario en la zona de ajuste, leyendo las coordenadas  $\frac{1}{u}$ , s,  $r^2/t$ ,  $u$ ,  $W_{co}$ .
- 5) Con estos valores, y con Q y r, se calcula la Transmisividad T así:

$$T = \frac{QW_{co}}{4\pi s}$$

- 6) El coeficiente de almacenamiento S se calcula de:

$$S = \frac{4uTt}{r^2}$$

- **METODO DE JACOB:** Para valores pequeños de  $u < 0.01$ , se puede utilizar la ecuación de Jacob, tal como se vio en el capítulo anterior. Esta, expresada en logaritmos decimales es:

$$s = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2S}$$

La cual también puede escribirse:

$$s = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2S} + \frac{0.183Q}{T} \log t$$

La representación en papel semilogarítmico de la ecuación anterior corresponde a una recta cuya pendiente es  $0.183Q/T$ .

El coeficiente de transmisividad se calcula a partir del caudal de bombeo por medio de la siguiente expresión:

$$T = 0.183 \frac{Q}{m}$$

Donde:

T: Coeficiente de transmisividad en  $m^3/\text{hora}/m$ .

Q: Caudal de bombeo en  $m^3/\text{hora}$ .

m: Pendiente de la recta.

El coeficiente de almacenamiento se calcula también muy fácilmente, mediante el gráfico utilizando el tiempo  $t_0$ , correspondiente a un abatimiento nulo. Por lo tanto obtenemos:

$$S = \frac{225Tt_0}{r^2}$$

## ii. ACUIFEROS SEMICONFINADOS

- a) **REGIMEN PERMANENTE:** La fórmula básica que rige este tipo de acuíferos es la fórmula de De Glee, 1930:

$$s = \frac{Q}{2\pi T} K_0(r/B)$$

En la que  $K_0$  está tabulada y graficada. El método para analizar ensayos de bombeo en este tipo de acuíferos es también el método de coincidencia de curvas ya mencionado anteriormente.

Si al perfil de descensos dibujado en papel doble logarítmico se le superpone la grafica tipo  $\log K_0(r/B) - \log(r/B)$ , haciendo coincidir las curvas manteniendo los ejes paralelos, se señala un punto en la zona de coincidencia, para el cual se tienen entonces, valores de  $s$ ,  $K_0(r/B)$ ,  $(r/B)$  y  $r$ . Se tiene por tanto:

$$T = \frac{Q}{2\pi s} K_0(r/B)$$

$$B = \frac{r}{(r/B)}$$

Para valores de  $(r/B) < 0.1$  es difícil efectuar el ajuste con precisión, porque la curvatura es muy pequeña, pero entonces puede aplicarse el método de Thiem para hallar  $T$ . El valor de  $B$  se obtendría extrapolando la recta hasta cortar el eje

de las abscisas leyendo el valor de  $R$  obtenido y  $B = \frac{R}{1.123}$ . En este caso se emplea papel semilogarítmico en vez de papel doblemente logarítmico.

b) **REGIMEN TRANSITORIO:** La ecuación que rige este tipo de acuíferos es la de Hantush.

$$s = \frac{Q}{2\pi T} W(u, r/B) \quad u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

El análisis de los datos de bombeo se efectúa en forma similar a lo indicado en el apartado anterior, escogiendo la curva tipo con el valor de  $r/B$ , que mejor se ajuste a los datos de campo.

### iii. ACUIFEROS LIBRES

a) **REGIMEN PERMANENTE:** El calculo de T en acuíferos libres se realiza con la formula de Thiem. Si los abatimientos son importantes en relación al espesor saturado inicial  $H_0$  se emplea la corrección de Jacob:

$$H_0^2 - H^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{R}{r}$$

Si se grafica  $H_0^2 - H^2 - \log r$  la pendiente de esta recta será  $\frac{0.366Q}{\pi K}$ , lo que permite hallar el valor de K y  $T_0 = KH_0$ .

b) **REGIMEN TRANSITORIO:** Los acuíferos libres dan lugar a problemas de hidráulica difíciles de solucionar, los cuales se pueden solucionar con los métodos de Theis, Jacob sin más que sustituir los descensos observados por los corregidos, utilizando la corrección de Dupuit.

Si un descenso observado es  $s$ , el descenso corregido deberá ser  $s - \frac{s^2}{2H_0}$ , donde  $H_0$ , es el espesor saturado inicial del acuífero. Esta corrección es necesaria solo para algunos valores del descenso. Es decir, una corrección por punto de observación.<sup>2</sup>

**1.2.2.4. Método de Recuperación de Niveles.** Los métodos de recuperación consisten en efectuar las interpretaciones del ensayo con base en los datos que se obtienen, una vez que el pozo detiene su extracción de agua. A partir de la parada, los niveles empiezan a subir, hasta recuperarse total o parcialmente. Para analizar la evolución de los niveles después de la parada de la bomba en el pozo hay que empezar por simular matemáticamente esta parada. Para ello puede procederse razonando, que el efecto de parar un pozo que lleva bombeando un

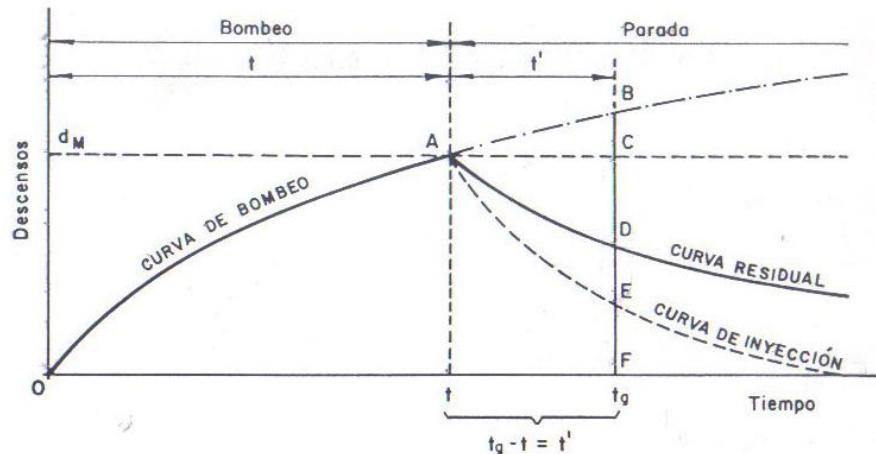
---

<sup>2</sup> VELEZ OTALVARO, MARIA VICTORIA. (1999).

tiempo  $t$  a caudal constante  $Q$  es el mismo que simular, que al pozo a partir del instante  $t$ , se le inyecta un caudal constante  $Q$ .

La deducción matemática se resuelve con la ayuda de la figura 6. El pozo esta sometido a un bombeo con caudal  $Q$  que teóricamente no se interrumpe, y la curva de descensos producidos es  $\overline{OAB}$ .

**Figura 6. Esquema para la deducción del valor del descenso residual  $E_r$  en el análisis de la recuperación de niveles posterior a la parada.**



**Fuente: (Villanueva, Iglesias 1984)**

Cuando ha transcurrido un tiempo  $t$  y el descenso reducido es de  $d_m$ , se para el pozo, o lo que es lo mismo se simula una inyección de caudal  $Q$ . La curva de ascensos teóricos vendrá dada por  $\overline{AE}$ , obtenida llevando dichos ascensos teóricos a partir de la horizontal de  $d_m$  y en sentido negativo del eje de ordenadas. La curva residual, que en rigor es la observada en campo será presentado por  $\overline{AD}$  diferencia de las dos anteriores.

En un tiempo genérico  $t_g$  desde que se inicio el bombeo, el pozo llevara parado un tiempo  $t' = t_g - t$ . En este momento, el descenso  $d_b$  debido al bombeo será:

$$d_b = \overline{FB} = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25T(t+t')}{r_p^2 S}$$

Siendo:

$Q =$  Caudal de bombeo constante.

$T =$  Transmisividad.

$r_p =$  Radio del pozo.

$S =$  Coeficiente de almacenamiento.

$t =$  Tiempo que duro el bombeo real.

$t' =$  Tiempo que ha transcurrido desde que se paro el bombeo.

El ascenso  $d_1$ , producido por la inyección a caudal  $Q$ , que se simula a partir del tiempo  $t$ , que es cuando se interrumpe el bombeo, está dada por:

$$d_1 = \overline{CE} = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25Tt'}{r_p^2 S}$$

Evidentemente, puede utilizarse la relación de Jacob, que prácticamente es siempre valida en el pozo de bombeo. El descenso residual  $d_r$ , que es el que se observa en el pozo, es la diferencia entre el nivel estático anterior a iniciar el bombeo y el nivel que se mide realmente en el tiempo  $t_g = t + t'$  vendrá dada por:

$$d_r = \overline{FD} = \overline{FB} - \overline{CE}$$

Y por tanto:

$$d_r = d_b - d_1$$

$$d_r = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25T(t+t')}{r_p^2 S} - 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25Tt'}{r_p^2 S}$$

De donde:

$$d_r = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{t+t'}{t'}$$

Expresión en la que si se toma  $d_r$  como función, y el  $\log \frac{t+t'}{t'}$  como variable, representa una recta de la forma  $y = mx + b$ , en la que:

$$y = d_r$$

$$x = \log \frac{t+t'}{t'}$$

$$m = 0.183 \frac{Q}{T}$$

La transmisividad es un parámetro que puede obtenerse en el análisis de la recuperación, se saca directamente de la pendiente de la recta  $m$  haciendo uso de la relación anterior.

$$T = 0.183 \frac{Q}{m}$$

Como ya se sabe  $m = \Delta d$  siendo  $\Delta d$  la caída por ciclo logarítmico y por tanto:

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta d}$$

La forma para operar en campo es la siguiente:

Se efectúa un bombeo a caudal constante  $Q$ . A cabo de un tiempo  $t$ , el abatimientos es  $d_m$  y se interrumpe el bombeo. Los niveles, a partir de este momento, empiezan a subir y los abatimientos a decrecer. Los abatimientos que se van midiendo son los abatimientos o descensos residuales  $d_r$ . A partir de dicha parada, se miden los niveles con una secuencia en el tiempo parecida a la descrita para los bombeos. Cada uno de estos minutos representa un tiempo  $t'$  mientras que el tiempo de bombeo  $t$  es fijo.

Se representa en un grafico semilogaritmico de  $d_r$  en ordenadas (escala métrica) y los de cada  $\frac{t+t'}{t'}$  en abcisas (escala logarítmica). Se ajusta una recta a los puntos obtenidos y se obtiene el valor de  $T$  mediante las formulas anteriormente mencionadas.

Esta recta suele presentar anomalías en su parte inicial que es la de valores  $t'$  bajos y, por tanto, valores altos para  $\frac{t+t'}{t'}$ . Por ello debe en general interpretarse los tramos rectos que pasan por el origen de coordenadas y que se encuentran en la zona de la curva más próxima del mismo.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> VILLANUEVA MARTÍNEZ, MANUEL & IGLESIAS LOPEZ, ALFREDO. (1984).

## **2. LOCALIZACION Y PREPARACION DE PRUEBAS DE BOMBEO**

La localización de los sitios de estudio y las generalidades en la preparación de pruebas de bombeo se describen a continuación.

### **2.1 POZO DE BOMBEO**

Es una perforación vertical, generalmente en forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que la profundidad. El agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo radial. (Velez, Otalvaro 1999)

### **2.2 PIEZOMETRO**

Un piezómetro o pozo de observación es una excavación vertical, en la que se introduce adecuadamente un tubo, que puede ser de PVC, cuyo extremo inferior se encuentra unido a un acuífero de tipo libre o confinado, y por esto permite el ascenso de agua por su propia presión hidroestática. Dependiendo del tipo de acuífero cambiara el diseño y construcción del pozo. Para obtener una muestra representativa en cada pozo de observación o piezómetro, es necesario abatir el nivel del pozo, y luego esperar que este retome su nivel inicial.

### **2.3 LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE ESTUDIO**

La ejecución del proyecto se realizo en el área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, específicamente en los sectores norte y oriental de este municipio. La ubicación exacta se encuentra en las planchas 120– II – B, 121 – I –A y 119 – IV – D del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

**Tabla 1. Localizacion de Sitios de Estudio.**

<b>DESCRIPCION ACUIFERO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>COTAS-GPS</b>
Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar	Bajos de Pan de Azúcar	E = 1105295.382	1039.096
		N = 1278366.072	
Pozo Padres Somascos	Regaderos	E = 1105341.716	830.432
		N = 1282260.059	

**2.3.1 Localizacion piezometro bajos de pan de azúcar.** El piezómetro en estudio del barrio Bajos de Pan de Azúcar se encuentra ubicado en la carrera 56 con calle 51 al Oriente de la ciudad de Bucaramanga.

**Figura 7. Localizacion Piezometro Bajos de Pan de Azucar.**

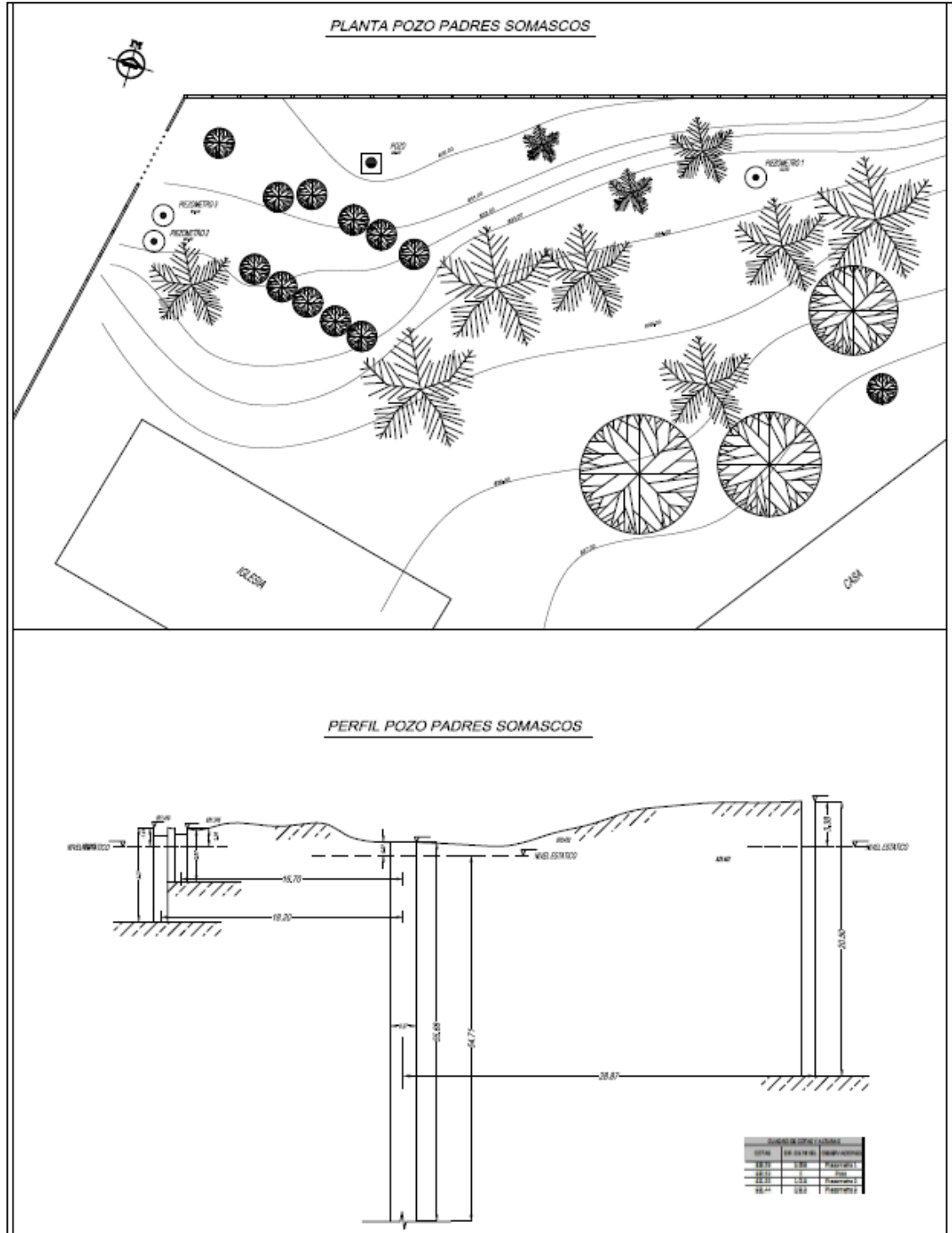


**Fuente: (Google Maps)**

**2.3.2 Localizacion pozo padres somascos.** El pozo profundo del barrio Regaderos se encuentra ubicado en la zona norte de la ciudad de Bucaramanga.



Figura 9. Esquema Pozo Padres Somascos.



## 2.4 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS DE BOMBEO EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

Para la realización de las pruebas preliminares y las pruebas definitivas en las zonas de estudio, se utilizaron los equipos pertinentes de acuerdo a las características de cada sitio. Para la correcta utilización de estos equipos, previamente se tuvieron asesorías por parte de auxiliares del GPH, quienes nos otorgaron los conocimientos y experiencia necesaria para el correcto uso de dichos equipos.

**2.4.1 Sensor de profundidad.** El equipo utilizado para este fin es el sensor de profundidad, el cual fue diseñado como una cinta métrica de longitud 100m y que en su punta tiene un electrodo que al entrar en contacto con el agua produce un sonido monofónico tipo “Bip”. Ver sensor en la figura a continuación.

**Figura 10. Sensor de Profundidad**



## 2.4.2 Bomba peristáltica.

“1920.57.00 sumergible COMET-COMBI 24-4T”, es el nombre técnico y referencia de fabrica de la **bomba peristáltica**; esta es una bomba utilizada para el abatimiento y limpieza (purga) de piezómetros, se utiliza porque la tubería en el piezómetro tiene un diámetro pequeño, que no permite el uso de otra bomba con mayores dimensiones. Las características técnicas de este equipo se observan en la tabla numero 2.

Figura 11. Bomba Peristáltica.



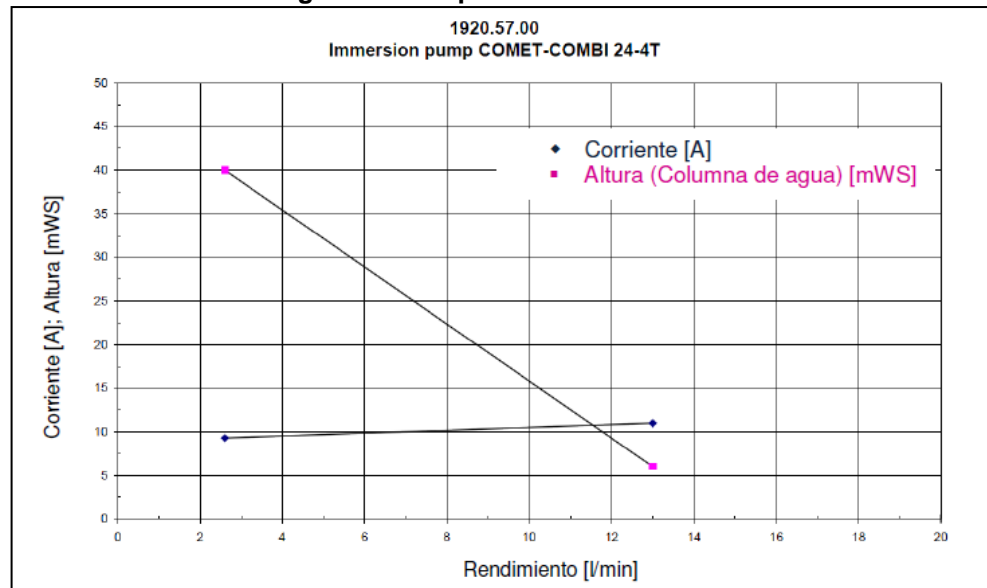
Altura: 480mm

Tabla 2. Bomba Peristáltica.

CARACTERISTICA	BOMBA 1		BOMBA 2	
	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
ALTURA DE LA BOMBA	480	mm	480	mm
LONGITUD DEL CABLE	40	m	70	m
DIAMETRO	20	mm	20	mm
LONGITUD DE LA MANGUERA	40	mm	70	m
VOLTAJE	24	Voltios	24	Voltios
AMPERAJE	11,5	Amperios	11,5	Amperios
PESO	5,3	KG	5,3	KG
PROFUNDIDA MAXIMA DE ABATIMIENTO	36	m	36	m

A continuación en la grafica 1 se presenta el diagrama de capacidad de la bomba peristáltica, y posteriormente las condiciones de carga y el funcionamiento de esta.

**Grafica 1. Diagrama de Capacidad de la Bomba Peristáltica.**



**Fuente:** (www.comet-pumpen.de)

- Estas bombas se fabrican para el muestreo de las aguas subterráneas y no son adecuadas para el funcionamiento continuo.
- Para la **bomba peristáltica** se recomienda un intervalo de uso de 5 minutos de extracción de agua y 10 minutos para la refrigeración de esta. (<http://www.comet-pumpen.de>).
- La capacidad de extracción de agua es inversamente proporcional a la profundidad a la cual este trabajando la **bomba peristáltica**.
- La alimentación de la **bomba peristáltica** es a través de dos baterías recargables de gel ácido de 12V= y 12A (Ver Figura 12), las cuales se deben conectar en serie para obtener los 24 voltios que requiere la **bomba peristáltica**, se debe tener especial cuidado en esto, ya que de otro modo se coloca en peligro la integridad y el buen funcionamiento de la **bomba peristáltica**.

**Figura 12. Bateria Recarcable de Gel Acido.**



- La carga de las baterías dura un promedio teórico de trabajo de cuatro (4) horas, cumpliendo los intervalos recomendados de extracción y refrigeración de la **bomba peristáltica**.
- La recarga de las baterías se debe hacer en serie, y durante un tiempo igual o superior a seis (6) horas (recomendado por el fabricante) con su respectivo cargador.
- Durante la purga de los piezómetros se debe tener especial cuidado con las aguas extraídas por la bomba, ya que al trabajar con elementos eléctricos se tiene el peligro constante de una descarga eléctrica.
- Siempre las baterías se deben colocar sobre una superficie limpia y seca.

**2.4.3 Bomba Tipo Lapicero.** Esta bomba es la utilizada en el Pozo Padres Somascos, la instalación estuvo a cargo de la CDMB en el año 1992. Durante la construcción se determinó que este tipo de bomba era la ideal debido a las características del acuífero.

**Figura 13. Bomba Tipo Lapicero.**



Fuente: (<http://www.igihm.com/index.php>)

#### **CARACTERISTICAS DE LA BOMBA:**

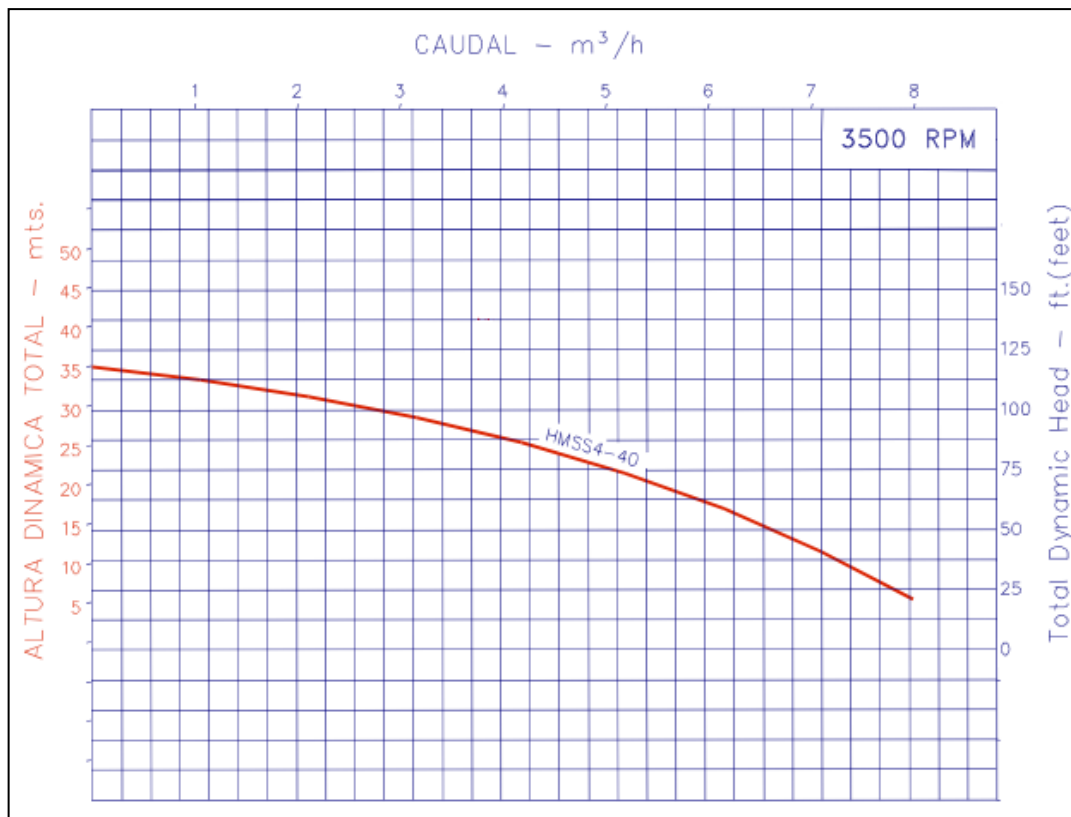
Esta bomba está diseñada para funcionar en pozos de 4" o diámetros mayores, para usar con motores eléctricos sumergibles monofásicos o trifásicos, maneja agua ligeramente agresiva con PH en 5 u 8 y arena cuando no supere los 59g/m<sup>3</sup>.

Seguidamente se presenta un cuadro de desempeño de la bomba.

Modelo	Descarga	Desempeño		Volt	HP	Fases
		Q (GPM)	H (FT)			
4SB3/10S	1 1/2"	13	199	220	1.5	1

Posteriormente mostramos el diagrama de capacidad de la bomba.

**Grafica 2. Diagrama de Capacidad de la Bomba Tipo Lapicero.**



**Fuente:** (<http://www.igihm.com/index.php>)

## 2.4.4 Equipos para la Medición Continua de Niveles

**2.4.4.1 DIVER.** El Diver consta de un sensor de presión diseñado para medir la presión del agua, de un sensor de temperatura, de memoria para almacenar las mediciones y de una batería.



**Figura 15. Barodiver.**



Fuente:([www.vanessen.com](http://www.vanessen.com))

### **3. GEOLOGIA Y DISEÑO DE POZOS**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES DEL PROYECTO**

En la región de investigación, la estructura geológica compleja, dada por uno de los mayores accidentes estructurales del país, como es la Falla de Bucaramanga-Santa Marta y sus fallas asociadas, genera condiciones y sistemas hidrogeológicos complejos. La zona de estudio se divide en dos regiones bien diferenciadas: la zona oriental que presenta un relieve montañoso y pronunciado compuesto por rocas ígneas y metamórficas del Macizo de Santander (Cuarzomonzonita, granito y Neis respectivamente), la zona occidental con un relieve más suave, que contiene formaciones denominadas “mesas”, correspondientes a depósitos cuaternarios (Meseta de Bucaramanga) y rocas sedimentarias. Estas dos zonas se encuentran separadas por la falla Bucaramanga la cual pasa por los costados orientales de los cascos urbanos de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta. El sector occidental está dividido, a su vez, en dos subsectores debido a la presencia de la falla denominada de Girón o Suárez - Río de Oro. Estos subsectores son La Mesa de Lebrija al occidente y la Terraza de Bucaramanga al oriente, que comprende el área de la Meseta de Bucaramanga, en donde se asienta la ciudad e incluye, a su vez, la Mesa de Ruitoque y el Valle del Río de Oro, los dos sistemas de falla principales generan la conocida dovela de Bucaramanga, sobre la que depositaron los sedimentos que conforman las formaciones aluviales de la región de Bucaramanga y donde se encuentran localizados los acuíferos que se estudian en este proyecto. (Gonzales, Camargo 2010)

En la zona de Bajos de pan de azúcar existen 2 piezómetros los cuales fueron perforados por la Corporación de defensa para la meseta de Bucaramanga (CDMB), con la asesoría de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Permitiendo conocer los niveles de agua en la zona, aportando nuevos datos en la construcción de modelo conceptual del flujo hacia la meseta de Bucaramanga. Los objetivos de la perforación tenían por fin la investigación de las condiciones hidrogeológicas del subsuelo e inicialmente la ubicación de un piezómetro, durante el transcurso de la perforación, se logro identificar dos acuíferos, lo cual hizo necesario separar dichos niveles freáticos. (Gómez, Colegial, 2003.)

En la zona Norte existe un pozo de bombeo el cual tiene tres pozos de observación. Este pozo fue construido en el año de 1992 por la firma P&P, con el fin de realizar estudios hidrológicos en el.

### **3.2 GEOLOGÍA LOCAL BAJOS DE PAN DE AZÚCAR**

La litología encontrada en profundidad corresponde a un cuerpo ígneo donde el grado de meteorización y fracturamiento varían en profundidad donde se evidencian algunos cambios composicionales de cuarzo, granito a cuarzomonzonita y materiales feldespáticos, las divisiones que se realizan en la columna litológica no obedecen a cambios litológicos marcados sino al fracturamiento y meteorización en que se encuentra la roca, además de diques intrusivos. (Gómez, Colegial, 2003). En el siguiente cuadro se presenta en profundidad la descripción litológica.

**Tabla 3. Descripción Litológica Piezometro Bajos de Pan de Azúcar**

<b>1.1 PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</b>
12	Granito rosado meteorizado. Nivel freático a los 6.6 metros.
42.04	Roca meteorizada.
48	Granodiorita gris verdosa, fracturada y presencia de arcillas.
55.4	Granito a cuarzomonzonita anfibolica rosada, poco fracturada.
64.5	Granodiorita gris verdosa con buen fracturamiento .
69.15	Granito a cuarzomonzonita rosada, meteorizada.
72.5	Diorita gris verdosa, bajo grado de fracturamiento.

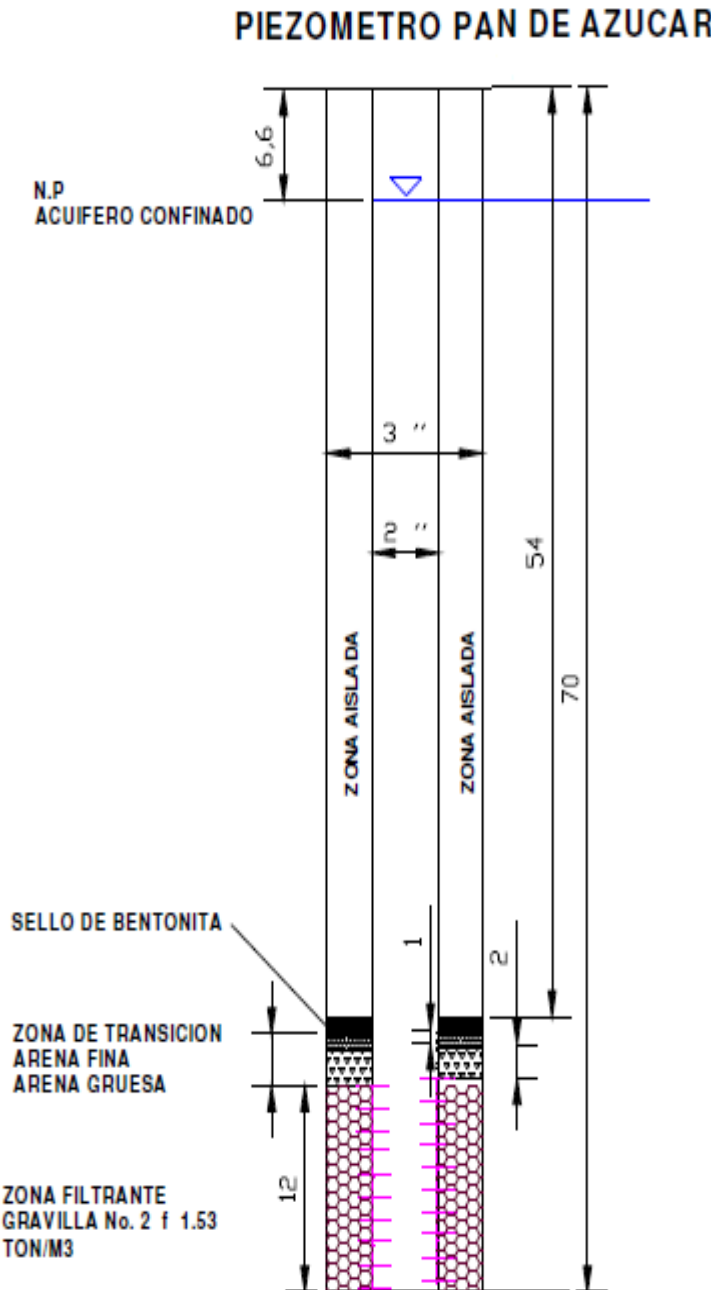
Fuente: (Gómez, Colegial 2003)

### **3.3 DISEÑO DE PIEZÓMETRO BAJOS DE PAN DE AZÚCAR**

El piezómetro se diseño teniendo en cuenta la columna litológica encontrada en cada perforación y la aparición de niveles de agua que fueron adecuadamente diferenciados.

Para el Piezómetro N°2 que es el que actualmente estamos estudiando, ubicado a una distancia de 2.5 metros del piezómetro N°1 hacia el oriente se perforo un segundo piezómetro. Al igual que el piezómetro N°1 la perforación se realizo con un tamaño de 3" y una profundidad total de 70 metros con un nivel freático a los 6.6 metros. Se revistió el piezómetro en tubería PVC de 2"; los filtros tienen una longitud de 12 metros los cuales van desde los 58 a los 70 metros. Como material de filtro se instalo gravilla N°2, con un peso especifico de 1.63 Ton/m<sup>3</sup> sobre esta una transición de arena gruesa y arena fina y sobre esta un sello de bentonita. A los 50 cm se instalo un sello sanitario en concreto y tapa en hierro. (Gómez, Colegial, 2003.), a continuación se observa un esquema del diseño del piezómetro perforado en el barrio Bajos de Pan de Azúcar.

Figura 16. Diseño Piezómetro Bajos de Pan De Azúcar



Fuente: (Gómez, Colegial  
2003)

### 3.4 GEOLOGÍA LOCAL POZO PADRES SOMASCOS

El pozo se encuentra localizado en un coluvión conformado por movimientos de masa en la escarpa norte de la meseta de Bucaramanga, asociado al sistema de acuíferos profundos correspondiente a la formación Bucaramanga, esta contenida el miembro Órganos (Qbo), Definido por Hubach, E., (1952) corresponde a la base de la formación Bucaramanga; compuesta por fragmentos gruesos de aspecto conglomeráticos, en alternancia con capas y lentes limoarenosos.

El miembro Órganos presenta el mayor espesor dentro de la Formación Bucaramanga pudiéndose establecer valores entre los 220 y 300 m. La parte superior de este miembro corresponde a los niveles más gruesos y posiblemente saturados. Su espesor varía de 120 a 170 m aproximadamente. La parte inferior del miembro Órganos corresponden al material fino poco permeable, con espesor variable entre los 40 y 140 m. (INGEOMINAS 2001).

La formación Bucaramanga también esta constituida por el miembro gravoso, que se encuentra suprayaciendo el miembro finos e infrayaciendo al miembro limos rojos de esta misma formación. Esta constituido por niveles gravosos y gravoarenosos de color amarillo, en una matriz areno-archillo-limosa, donde los cantos son de tamaño grava con un diámetro promedio a 10cm.

A continuación mostramos los valores típicos de sondeos geoelectricos (SEV'S) realizados en esta zona.

**Tabla 4. Descripción Litológica Pozo Padres Somascos.**

<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>DESCRIPCION LITOLOGICA</b>
0	Depósitos coluviales, húmedos
2.8	Depósitos sin diferenciar, secos
10.4	Depósitos sueltos, parcialmente saturados a saturados
69.5	Conglomerados en matriz areno-limosa, saturada

(INGEOMINAS 2001)

### 3.5 DISEÑO POZO PADRES SOMASCOS

El diseño del pozo se realizó siguiendo el informe de los sondeos geoelectricos hecho por la firma TERRA LTDA. La perforación se realizo con una broca de 11", la cual se realizo durante dos meses, esta perforación se hizo hasta una profundidad de 65 metros con un nivel freático de 0 metros a nivel del piso. Este pozo se revistió con tubería PVC de 6";

Los filtros se realizaron según el siguiente esquema:

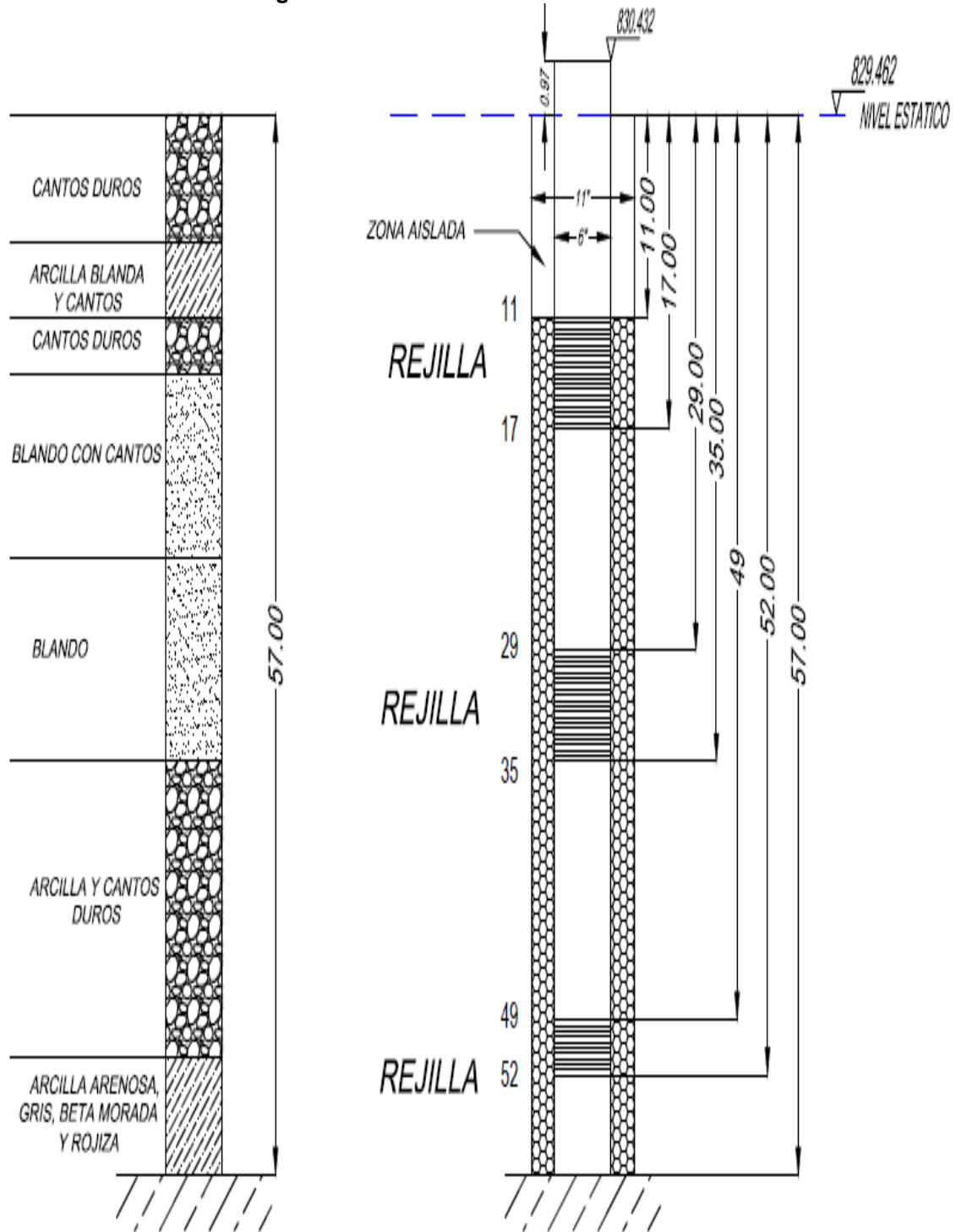
Tabla 5. Diseño del pozo Padres Somascos

PROFUNDIDAD (m)	(m) A	LONG. TUBERIA (m)	LONGITUD FILTROS (m)
+0.5	11.0	11,5	
11	17.0	-	6
17	29.0	12	
29	35.0	-	6
35	49.0	14	
49	52.0	-	3
52	57.0	5	
		42,5	15

Fuente: (Informe Contrato LC – 1382 CDMB)

Los filtros utilizados fueron de ranura continua de diámetro 6" abertura N. 10, para la unión entre los filtros y la tubería se utilizaron uniones acampanadas, luego de esto se coloco el material filtrante, para este caso se utilizo gravilla No. 2 con un peso especifico de 1.63 Ton/m<sup>3</sup>.

Figura 17. Diseño Pozo Padres Somasco



Fuente: (Informe contrato LC-1382 CDMB)

## **4. REALIZACION DE PRUEBAS DE BOMBEO**

Una prueba de bombeo, es en esencia, un método de análisis de los pozos de captación de aguas subterráneas y del acuífero en que se encuentran.

Las pruebas de bombeo requieren una considerable inversión de tiempo y dinero, por lo que deben planearse cuidadosamente de tal manera que pueda obtenerse de ellos la máxima cantidad de información posible.

La duración de la prueba depende del uso y de la confiabilidad de los datos que se obtendrán. Generalmente las pruebas para estimar T y S duran mas de 24 horas, aunque algunas pruebas pueden durar 72 horas o mas. También es buena practica medir niveles después de que el bombeo ha sido interrumpido, debido a que la medición de la curva de recuperación de niveles puede aportar información acerca de las características del acuífero.

### **4.1 PLANIFICACION DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO**

Para realizar una prueba de bombeo se deben tomar las disposiciones necesarias para medir y controlar el caudal de bombeo, para esto se deben que tener sensores de profundidad, para medir los abatimientos y medidas volumétricas de caudal. Cuando el abatimiento se incrementa en el pozo de bombeo, la cabeza dinámica total a vencer por la bomba también, lo que hace que el caudal pueda disminuir si no se controla. El control del caudal por una válvula, requiere que el caudal de bombeo sea menor que el caudal que se tendría con toda la válvula abierta. La prueba debe empezarse con la válvula parcialmente cerrada, para poder abrirse paulatinamente con el incremento del abatimiento.

El caudal bombeado debe evacuarse, de tal manera que no afecte los resultados. Lo mejor sería conducir el agua por tubería hasta una distancia que exceda el

radio de influencia esperado durante la prueba, lo que garantiza que no habrá recarga en las vecindades del bombeo.

Para el análisis de las propiedades hidráulicas de los acuíferos, se tuvieron que hacer diversas visitas a los sitios de ubicación de cada uno de ellos, estas visitas se realizaron con el fin de conocer los tiempos y mecanismos a utilizar.

El análisis de datos se realizó con ayuda de los métodos existentes para la obtención de parámetros hidráulicos, los cuales se conocieron después de una revisión bibliográfica.

## **4.2 PRUEBAS REALIZADAS EN EL POZO PADRES SOMASCOS**

Como antesala a una prueba de larga duración, que permitiera obtener los parámetros hidráulicos en el pozo Padres Somascos, se hicieron una serie de pruebas preliminares. Esto con diferentes fines, como la familiarización con los equipos a utilizar en una prueba de bombeo, observar los tipos de relación entre los pozos de observación y el pozo profundo, realizarle una limpieza tanto a los pozos de observación como al pozo de bombeo; esta limpieza fue hecha con el objetivo de evitar algún tipo de imprevisto durante la prueba como por ejemplo alguna especie de taponamiento o acumulación de sedimentos. Después de realizada esta limpieza, las pruebas preliminares finales se ejecutaron con el propósito de definir caudales para la prueba de larga duración anteriormente mencionada.

**4.2.1 Prueba 1: Proceso de Limpieza y Verificación de Funcionamiento de Piezómetros.** Se realizó el 22 de Septiembre de 2010 en el pozo de bombeo de Padres Somascos y en los 3 piezómetros vecinos a él. Ver esquema de localización en la figura 8 del capítulo 2.

- **PIEZÓMETRO 1**

Este piezómetro esta ubicado a 28.87m al oriente del Pozo Padres Somascos y presenta un nivel freático a 1.97m de la superficie del suelo y una profundidad total de 20.5m.

Para la limpieza de este piezómetro se bombeo agua por 10 minutos y se dejaron 10 minutos para ventilación de la bomba, este proceso se repitió tres veces, verificando que los niveles se abatían y luego se recuperaban.

**Tabla 6. Purga Piezómetro 1 Padres Somascos, Prueba 1.**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Nivel (m)</b>
10	6.02
20	7.97
30	9.20

Se concluyo que este piezómetro no estaba tapado por lo que se termino la limpieza del mismo.

- **PIEZÓMETRO 2**

Este piezómetro esta ubicado a 16.70m al occidente del Pozo Padres Somascos y presenta un nivel freático a 1.44m de la superficie del suelo y una profundidad total de 7.07m.

Para la limpieza de este piezómetro se bombeo agua por 5 minutos y se dejaron 5 minutos para la ventilacion de la bomba, este proceso se repitió dos veces, verificando que los niveles se abatían y luego se recuperaban.

**Tabla 7. Purga Piezómetro 2 Padres Somascos, Prueba 1.**

<b>Tiempo(min)</b>	<b>Nivel freático (m)</b>
5	3.66
10	5.78

La limpieza de este piezómetro concluyo satisfactoriamente, y se concluyo que el piezómetro no se encontraba obstruido por algun tipo de material, y no esta en contacto con los acuíferos que atraviesa el pozo.

### • **PIEZÓMETRO 3**

Este piezómetro está ubicado a 18.20m al occidente del Pozo Padres Somascos y presenta un nivel freático a 1.33m de la superficie del suelo y una profundidad total de 3.97m.

Después de aproximadamente tres minutos de bombeo se concluyo la limpieza del piezómetro, el cual estaba obstruido por algún tipo de material, y no esta en contacto con los acuíferos que atraviesa el pozo.

### **CONCLUSION DE LA PRUEBA 1**

Se pudo verificar que el pozo de bombeo y uno de los piezómetros funciona adecuadamente. Los resultados obtenidos se resumen a continuación.

**Tabla 8. Resumen de Resultados, Prueba 1.**

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
<b>NF (m)</b>	1,97	1,44	1,33
<b>Prof. Total (m)</b>	20,5	7	4
<b>Observación</b>	OK	OK	Obstruido

**4.2.2 Prueba 2: Observación del Caudal de Bombeo.** Se realizo el 20 de Enero de 2011 con el fin de observar el caudal de bombeo. Se hizo con la máxima

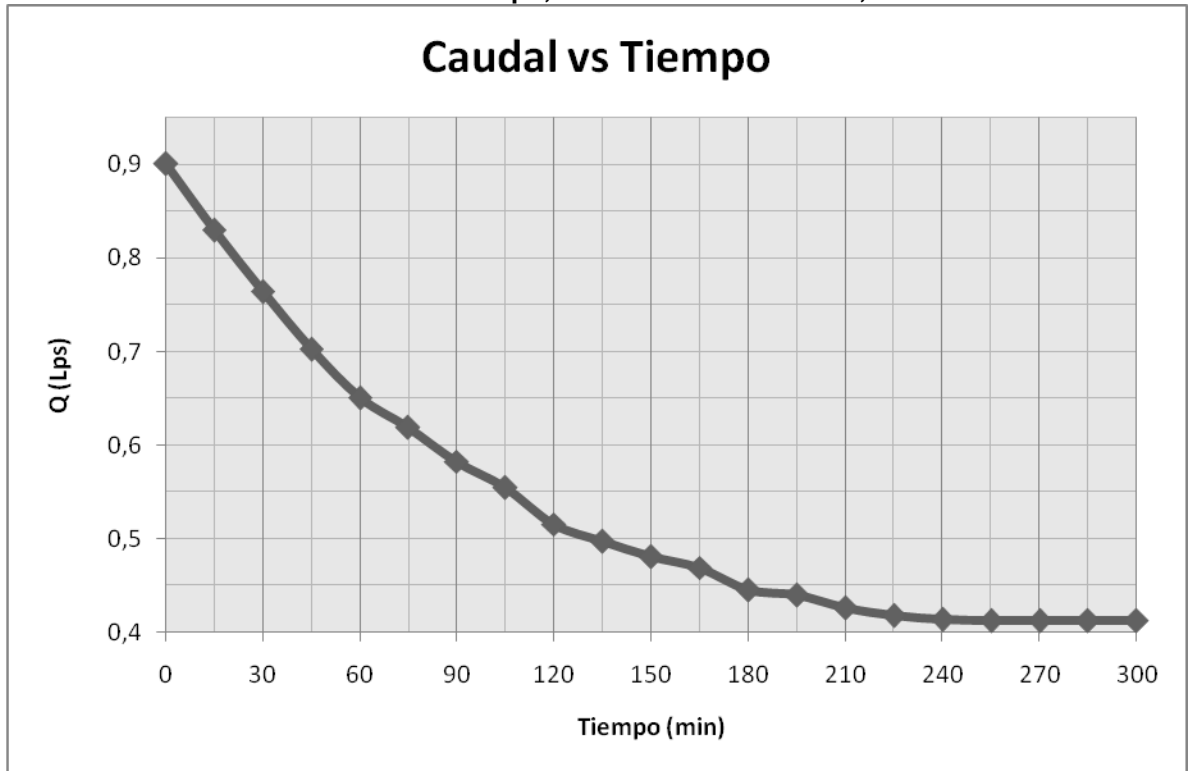
abertura de la válvula, es decir el máximo caudal que despidе la bomba. A continuación se consignan los datos del caudal en la tabla # y el comportamiento del caudal en la grafica #.

**Tabla 9. Aforo Pozo Padres Somascos, Prueba 2.**

Volumen (L)	8
-------------	---

Tiempo (min)	Aforos (s)					Q (Lps)
0	8,62	8,81	9,01	8,95	9	0,90110385
15	9,76	9,57	9,61	9,65	9,6	0,83004773
30	10,39	10,55	10,43	10,45	10,5	0,76452599
45	11,13	11,28	11,6	11,4	11,5	0,70286417
60	12,1	12,24	12,34	12,4	12,38	0,65082981
75	12,97	12,84	13,09	12,9	12,85	0,61871616
90	13,65	13,62	13,97	13,7	13,7	0,58275058
105	14,39	14,09	14,61	14,5	14,45	0,55524708
120	15,5	15,44	15,6	15,55	15,45	0,51586278
135	15,59	15,83	16,12	16	16,9	0,49726504
150	16,75	16,55	16,43	16,7	16,65	0,48146365
165	17,04	17	17,08	17,05	17,06	0,46931832
180	17,92	17,99	18,12	17,85	17,96	0,44523598
195	18,12	18,19	18,34	18,25	18,06	0,43975374
210	18,69	18,95	18,69	18,73	18,88	0,4258037
225	19,2	19,05	19,08	19,22	19,18	0,41784185
240	19,46	19,26	19,35	19,23	19,3	0,41407867
255	19,4	19,37	19,42	19,32	19,38	0,4128393
270	19,42	19,27	19,35	19,45	19,38	0,41292454
285	19,38	19,47	19,35	19,47	19,28	0,41258381
300	19,46	19,46	19,44	19,28	19,26	0,4127967

**Grafica 3. Caudal vs Tiempo, Pozo Padres Somascos, Prueba 2.**



### **CONCLUSION DE LA PRUEBA 2**

En esta prueba se observó que el caudal disminuía considerablemente en cierto lapso de tiempo, dicho lapso fue alrededor de 4 horas. Una vez transcurrido ese tiempo, el caudal se estabilizó en aproximadamente 0.41 Lps, este caudal se mantuvo alrededor de 1 hora y 15 minutos, que fue el momento donde finalizó la prueba.

Estudiando este comportamiento, se concluyó que el caudal debería ser controlado por medio de un mecanismo diferente al instalado hasta ese momento, debido a que con dicho mecanismo no se puede controlar el caudal satisfactoriamente.

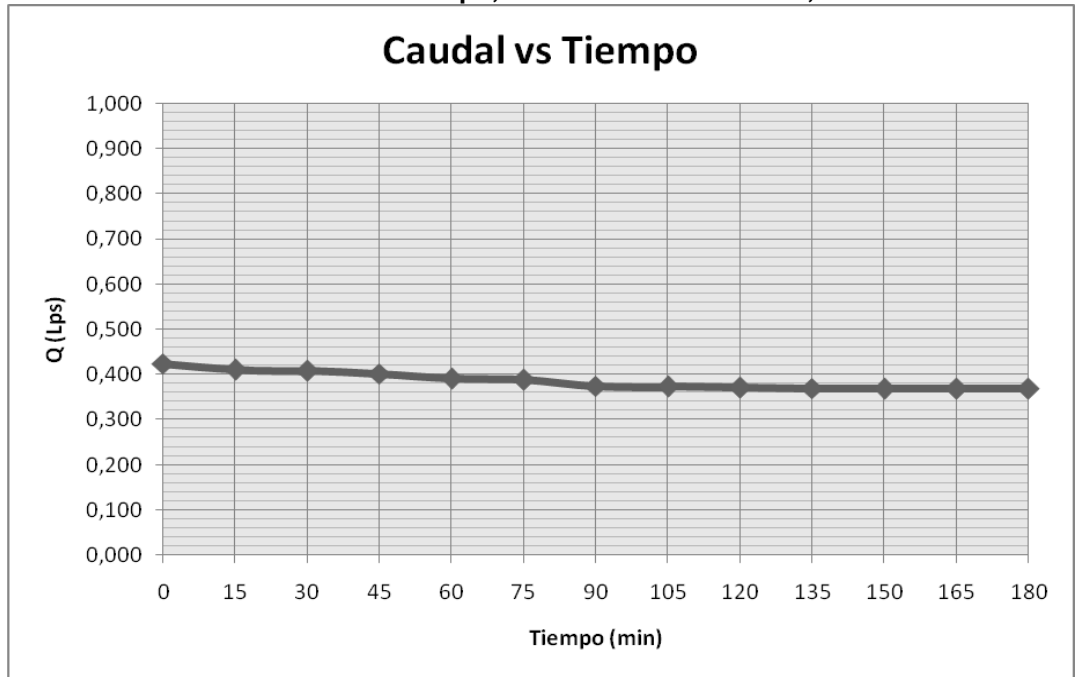
**4.2.3 Prueba 3: Regulación del Caudal con Llave de Bola.** Se realizó una prueba el 27 de Enero de 2011 con el fin de observar el caudal de bombeo, regulándolo con una llave de bola previamente instalada con la colaboración del personal de la CDMB. A continuación se consignan los datos del caudal en la tabla # y el comportamiento del caudal en la grafica #.

**Tabla 10. Aforo Pozo Padres Somascos, Prueba 3.**

<b>Volumen (L)</b>	8
--------------------	---

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Aforos (s)</b>					<b>Q (Lps)</b>
0	18,53	19,05	18,7	19,1	18,9	0,42427
15	19,43	19,55	19,4	19,55	19,62	0,41005
30	19,57	19,52	19,56	19,7	19,75	0,40775
45	20,15	19,76	20,04	19,85	19,72	0,40193
60	20,13	20,54	20,75	20,37	20,49	0,39108
75	20,32	20,65	20,82	20,64	20,58	0,38831
90	21,21	21,44	21,39	21,45	21,19	0,37495
105	21,46	21,22	21,73	21,52	21,39	0,37272
120	21,5	21,49	21,77	21,62	21,45	0,37095
135	21,72	21,51	21,78	21,65	21,5	0,36982
150	21,75	21,6	21,79	21,7	21,53	0,36911
165	21,77	21,62	21,81	21,73	21,55	0,36873
180	21,79	21,66	21,79	21,77	21,67	0,36805
					<b>Q<sub>prom</sub></b>	<b>0,38598</b>

**Grafica 4. Caudal vs Tiempo, Pozo Padres Somascos, Prueba 3.**



### **CONCLUSION DE LA PRUEBA 3**

Se volvió a observar un descenso en el caudal pero esta vez no de forma tan considerable como en la prueba anterior, sino que nos permitió la deducción del caudal idóneo a utilizar en la ejecución de la prueba de bombeo de larga duración.

**4.2.3 Prueba 4: Prueba Definitiva de Bombeo.** Los días 9 y 10 de Febrero del 2011 se realizaron unas estimaciones sobre la capacidad de producción del pozo con base en las previas pruebas de bombeo, definiendo que la prueba debería ser de 35 horas y esta debería hacerse con un caudal del orden de 0.3Lps. Teniendo estas indicaciones se inicio la Prueba de Bombeo a caudal constante a las 7:15AM del día 11 de Febrero de 2011 finalizando el 12 de Febrero de 2011 a las 6:15PM. Como también es parte vital del análisis de la prueba, se midieron los niveles en la recuperación del pozo al finalizar el bombeo, esta medición de niveles se inicio el 12 de Febrero a las 6:15PM y finalizo el 14 de Febrero a las 3:15PM.

Por consiguiente se consignan los siguientes datos:

**Nivel Freático Inicial:** 0.76m.

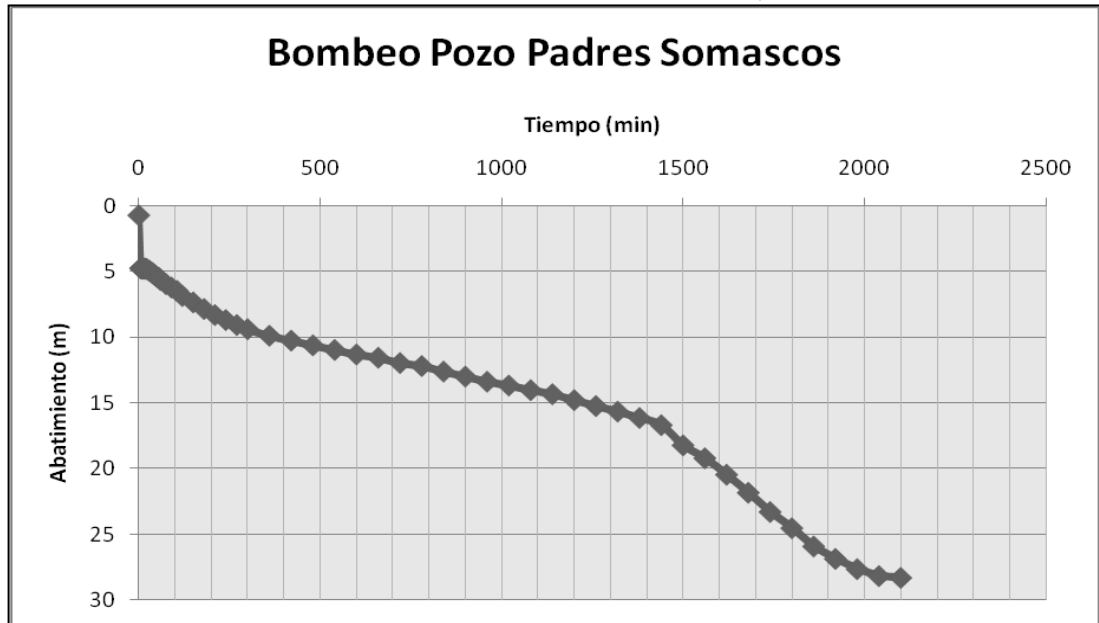
**Nivel Dinámico:** 28.28m a las 35 horas.

**Caudal Promedio:** 0.293 Lps.

Los abatimientos medidos se encuentran tabulados en el anexo C.

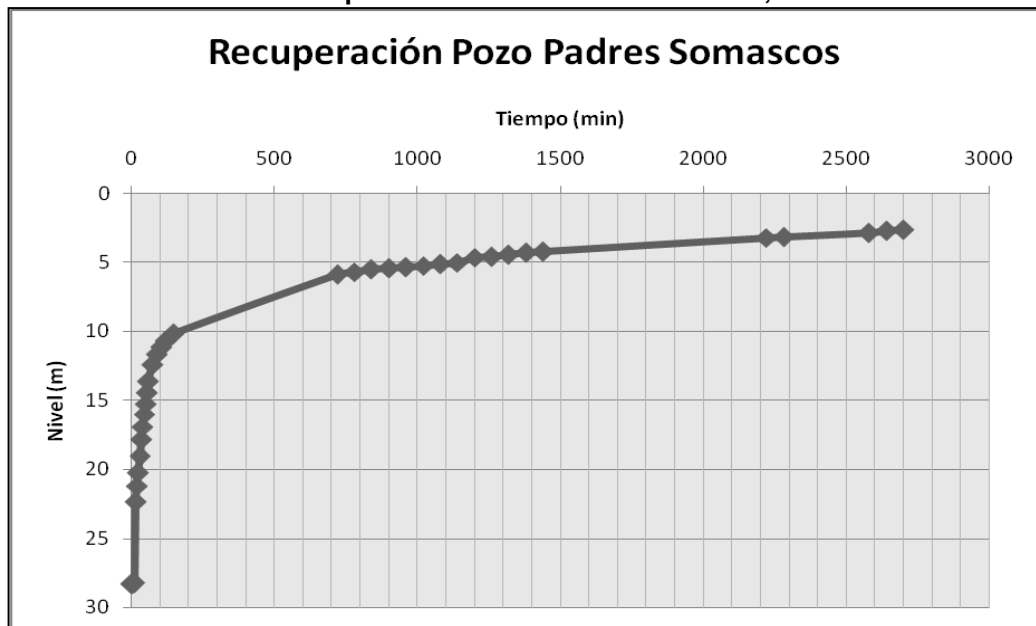
A continuación se grafican los datos de la prueba bombeo y la recuperación para el Pozo Profundo.

Grafica 5. Bombeo Pozo Padres Somascos, Prueba 4.



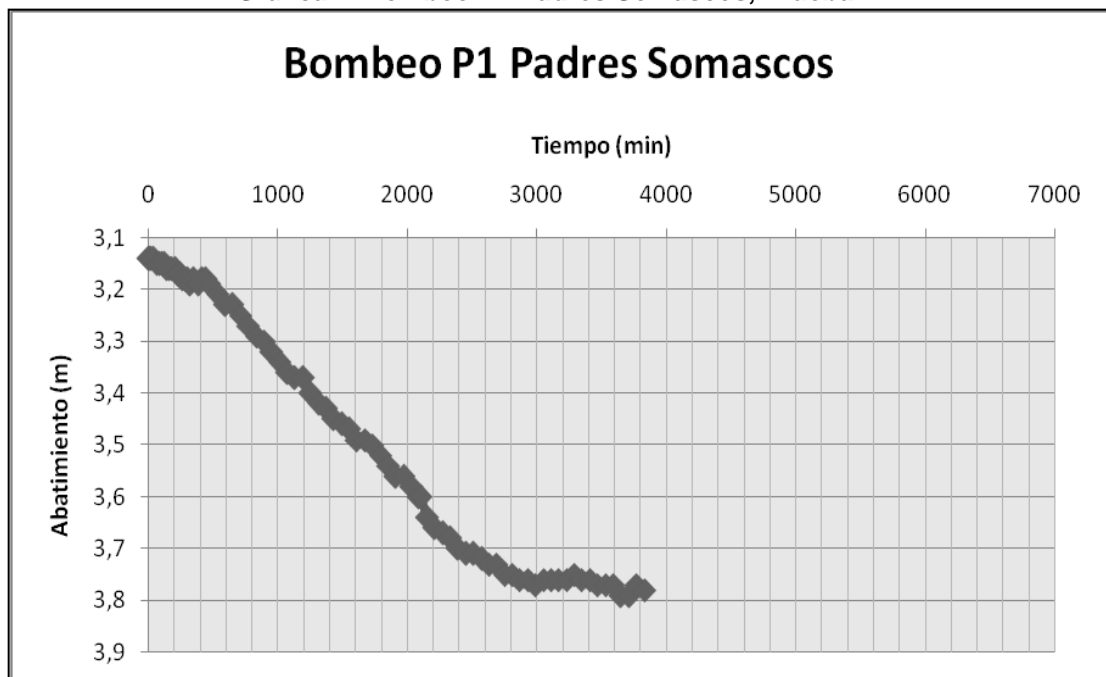
**RECUPERACIÓN EN EL POZO:**

Grafica 6. Recuperación Pozo Padres Somascos, Prueba 4.



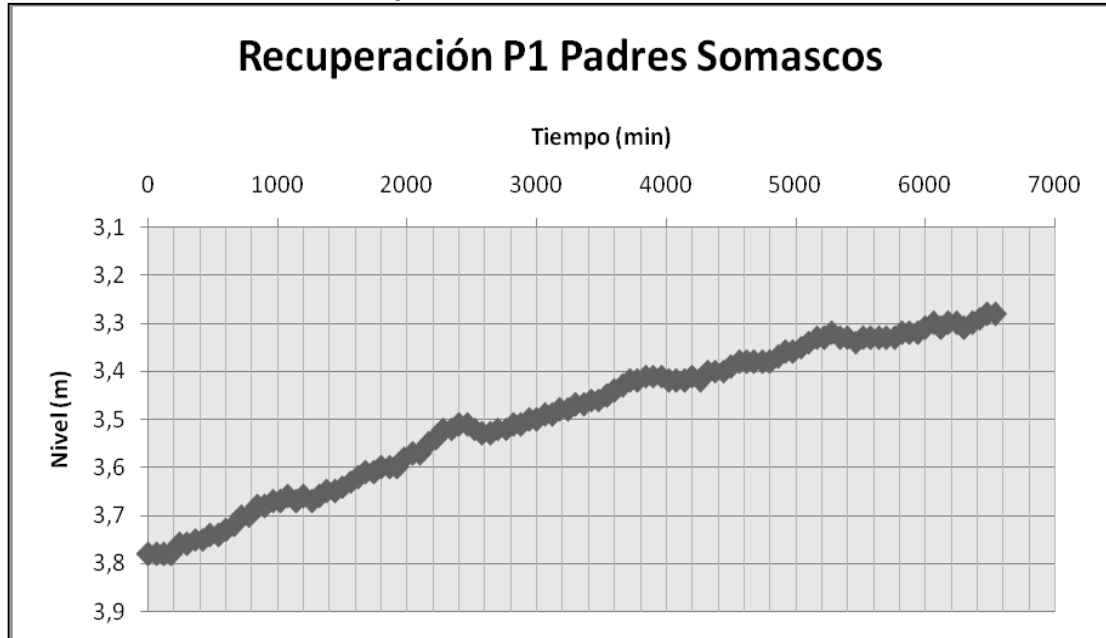
Durante el transcurso de la prueba se midieron los abatimientos y la recuperación en el pozo de observación por medio de un Diver y un Barodiver, los cuales fueron instalados una vez iniciada la prueba. El funcionamiento de estos equipos los consignamos en el capítulo 2 del presente libro. Los datos obtenidos se encuentran tabulados en el anexo C del presente proyecto.

**Grafica 7. Bombeo P1 Padres Somascos, Prueba 4.**



## RECUPERACION EN EL PIEZOMETRO:

Grafica 8. Recuperación P1 Padres Somascos, Prueba 4.



### 4.3 PRUEBAS REALIZADAS EN EL PIEZOMETRO BAJOS DE PAN DE AZUCAR

Con el fin de realizar una prueba de bombeo que permitiera obtener los parámetros hidráulicos en el piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, se decidió efectuar una serie de pruebas preliminares. Esto con diferentes propósitos, como la familiarización con los equipos a utilizar en una prueba de bombeo, realizarle una limpieza al piezómetro; la cual fue hecha con el objetivo de evitar algún tipo de inconveniente durante la prueba como por ejemplo alguna especie de taponamiento o acumulación de sedimentos en las bombas peristálticas utilizadas.

**4.3.1 Prueba 1: Bombeo con Dispositivo de Bombas.** El día 25 de Febrero de 2011 se realizo una prueba de bombeo en el piezómetro Bajos de Pan de Azucar, con el fin de lograr un abatimiento considerable debido a que en las pruebas anteriores en este piezómetro no se presentaba dicho comportamiento, por lo tanto optamos por trabajar con 2 bombas, las cuales bombearían a caudal constante sin necesidad de que requieran tiempo de descanso, ya que su funcionamiento es intercalado.

Para mayor claridad del procedimiento se incorpora una imagen del dispositivo empleado y se hace un esquema el cual se encuentra en el anexo B2.

**Figura 18. Sistema Dispositivo de Bombas.**



Seguidamente anexamos los datos obtenidos durante la prueba.

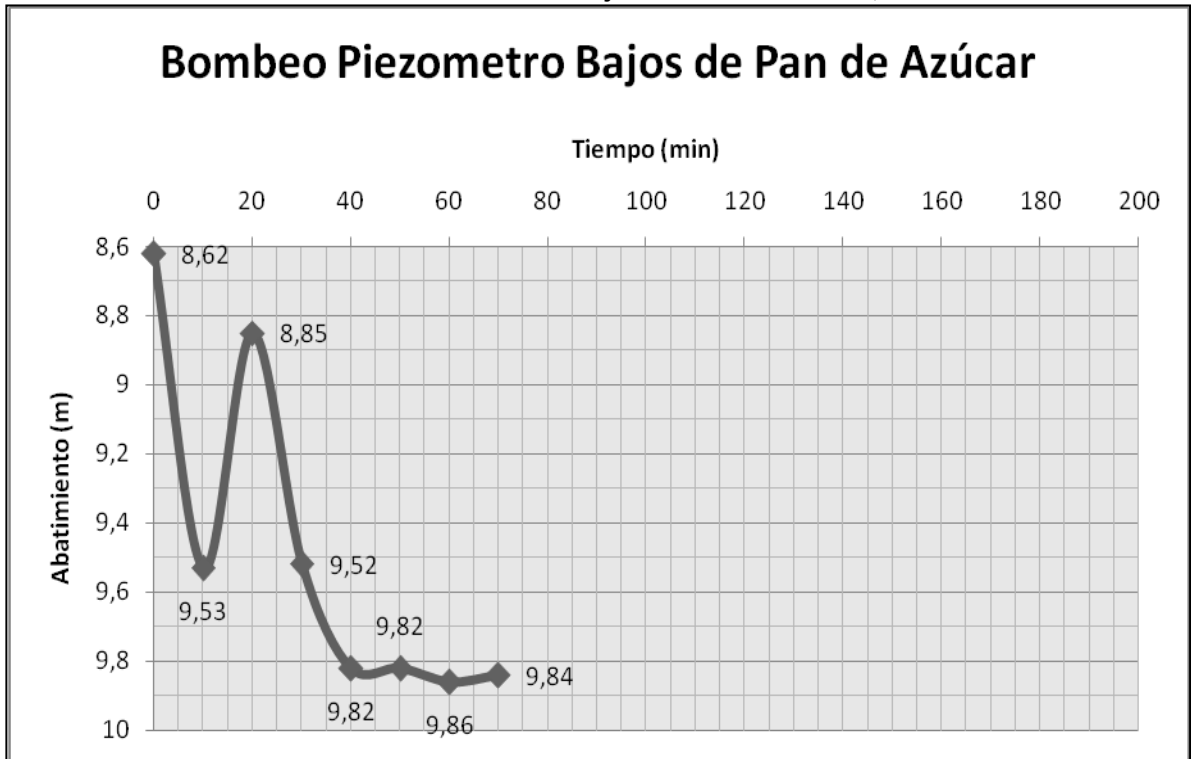
**Tabla 11. Abatimiento Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 1.**

<b>Vol (L)</b>	0,6
<b>Baterías de Inicio</b>	2-1; 2-2
<b>Hora de Inicio</b>	8:47 AM
<b>Hora Final</b>	10:07 AM
<b>NF (P1)</b>	8,62 m
<b>NF (P2)</b>	10,29 m
<b>B1</b>	Bomba Antigua
<b>B2</b>	Bomba Nueva

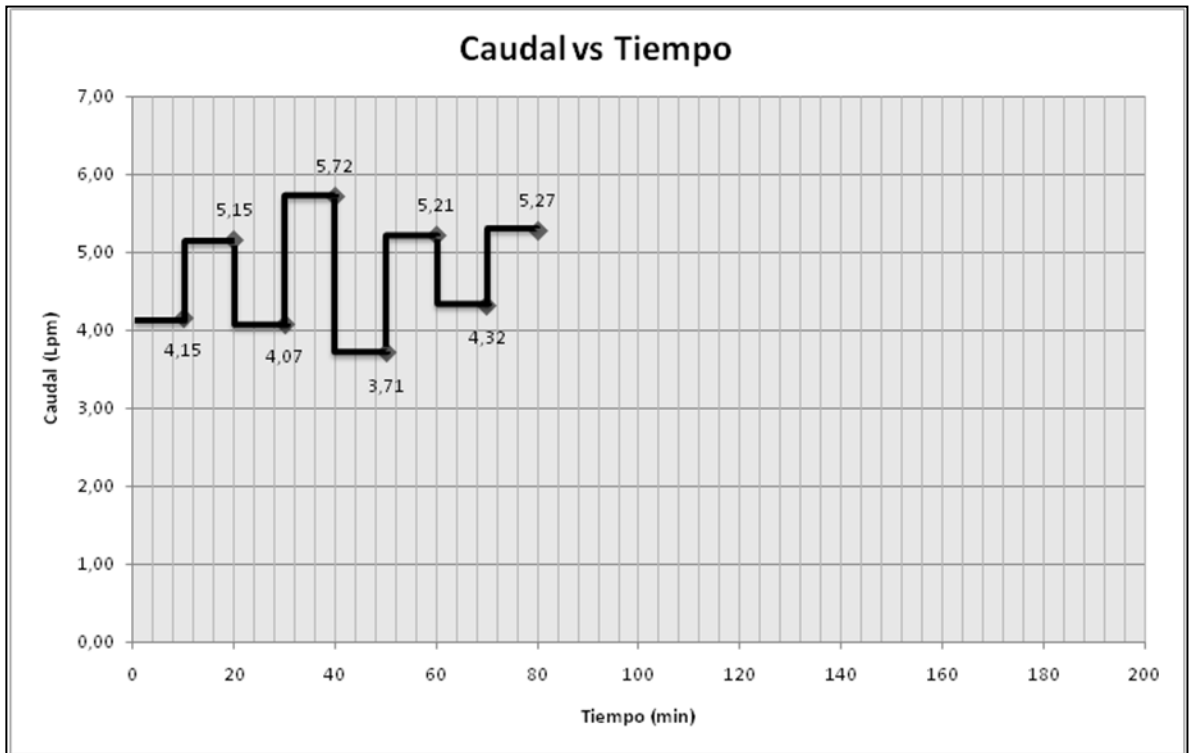
<b>Bombeo</b>						
<b>Bomba en Uso</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Nivel de agua (m)</b>	<b>Aforo (s)</b>			<b>Q (Lpm)</b>
			<b>t1</b>	<b>t2</b>	<b>t3</b>	
B1	10	9,53	8,72	8,59	8,69	4,15384615
B2	20	8,85	6,88	6,91	7,18	5,15021459
B1	30	9,52	8,9	8,86	8,75	4,07393436
B2	40	9,82	6,18	6,26	6,45	5,71731075
B1	50	9,82	9,83	9,63	9,65	3,71006527
B2	60	9,86	6,88	6,86	6,98	5,21235521
B1	70	9,84	8,31	8,41	8,28	4,32
B2	80		6,86	6,73	6,91	5,26829268

A continuación se muestran las graficas de los abatimientos y los caudales medidos durante la realización de la prueba de bombeo.

Grafica 9. Bombeo Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 1.



Grafica 10. Caudal vs Tiempo, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 1.



## **CONCLUSION DE LA PRUEBA 1**

La prueba tuvo una duración de 80min, debido a que las baterías trabajaron continuamente. Se observó que después de transcurrido cierto tiempo se presentó un abatimiento nulo, comportamiento también visto en las pruebas anteriores. Al ser esta la primera prueba empleando el mecanismo montado con 2 bombas peristálticas, fue una prueba en donde también se observarían cualquier tipo de eventualidades, las cuales permitieran evaluar la viabilidad del uso de dicho mecanismo. Una eventualidad para resaltar fue la diferencia de caudal bombeado entre las dos bombas, ya que una tiene más tiempo de uso que la otra.

### **4.3.2 Prueba 2: Bombeo con Dispositivo de Bombas Contemporáneas.**

Analizando la prueba anterior y el desarrollo de la misma, se decidió hacer una siguiente prueba el día 10 de Marzo de 2011, de más duración, para esto se efectuaron cambios en el mecanismo, dichos cambios fueron, reemplazar la bomba antigua por una contemporánea a la bomba nueva debido a la diferencia de caudal bombeado nombrada previamente, y la otra modificación fue, el anexo de un nuevo juego de baterías con el fin de prolongar el tiempo de bombeo durante la prueba. Esto se realizó con el propósito de obtener un caudal más estable entre los lapsos de extracción de agua de cada bomba. El nivel freático inicial fue de 8.75m.

Seguidamente se consignan los datos obtenidos tanto en el bombeo como en la recuperación:

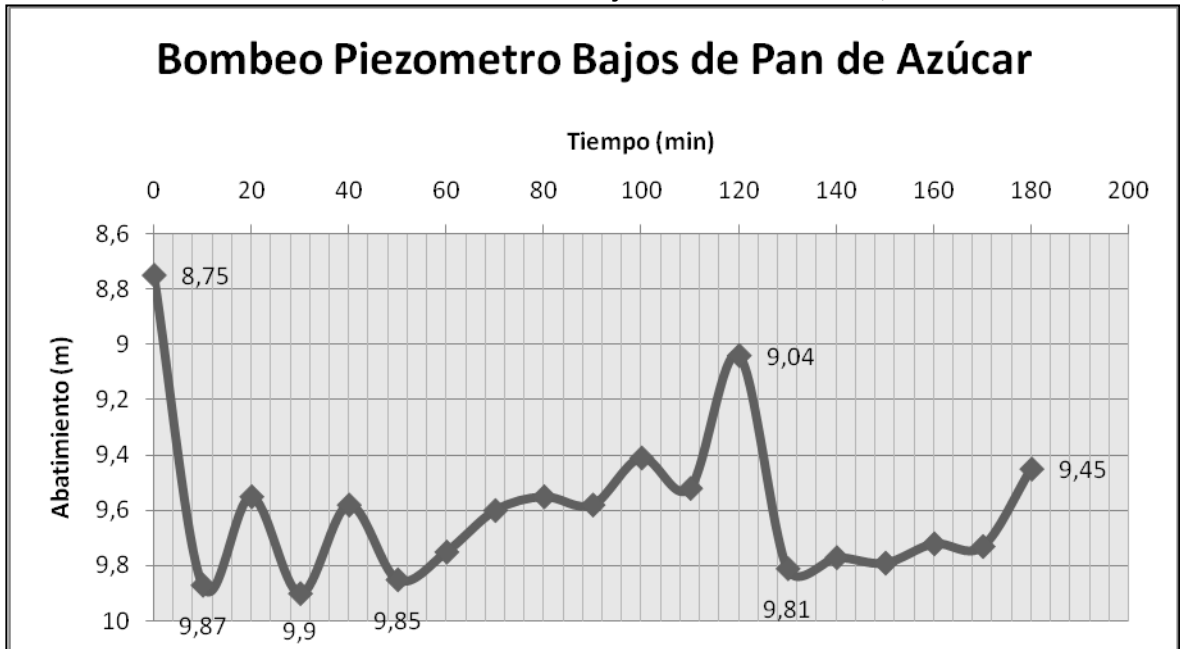
**Tabla 12. Abatimiento y Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.**

Tiempo (min)	Nivel (m)	Aforo (s)			Q (Lpm)	
		t1	t2	t3		
0	8,75					
10	9,87	4,13	4,13	4,18	5,79	
20	9,55	5,9	5,84	5,75	4,12	
30	9,9	4,35	4,4	4,28	5,53	
40	9,58	6,26	6,12	6,28	3,86	
50	9,85	4,38	4,5	4,5	5,38	
60	9,75	4,75	4,72	4,81	5,04	
70	9,6	6,16	6,19	6,07	3,91	
80	9,55	5,69	5,78	5,69	4,20	
90	9,58	6,19	6,12	6,19	3,89	
100	9,41	6,43	6,81	6,47	3,65	
110	9,52	6,72	6,75	6,84	3,55	
120	9,04	10,88	12,15	12,81	2,01	
130	9,81	4,88	4,9	4,94	4,89	
140	9,77	5,14	5,16	5,4	4,59	
150	9,79	5	5,25	4,78	4,79	
160	9,72	5	5,26	4,78	4,79	
170	9,73	5,29	5,22	5,25	4,57	
180	9,45	5,88	5,87	6	4,06	
<b>Recuperación</b>					<b>Qprom</b>	4,37
Tiempo (min)	Nivel (m)					
185	8,92					
186	8,89					
187	8,87					
188	8,86					
189	8,86					
190	8,85					
195	8,84					

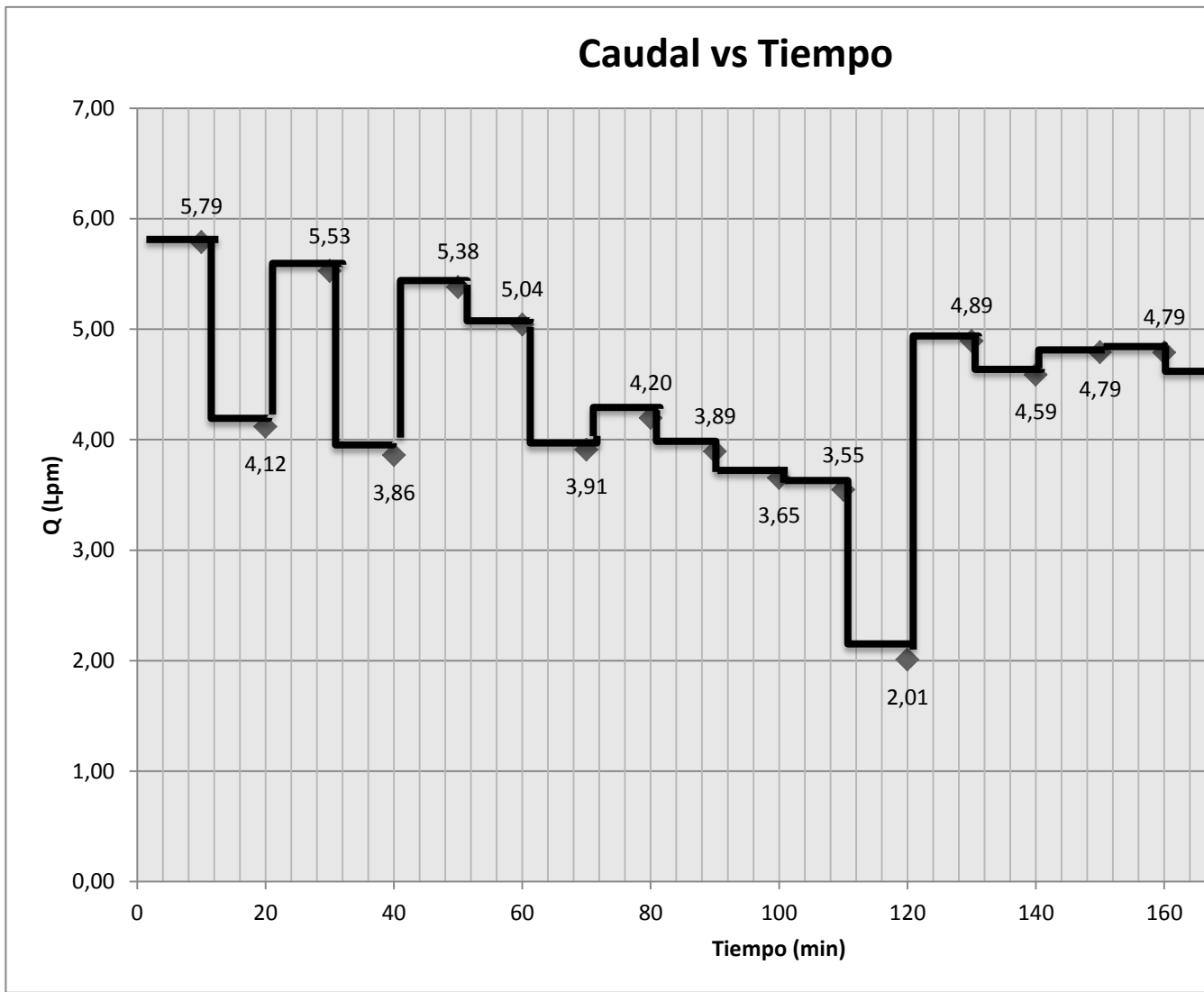
200	8,83
205	8,83
210	8,83
215	8,82
220	8,82
225	8,81
230	8,81
235	8,81
240	8,81
250	8,81
260	8,8
270	8,8
280	8,8
290	8,8
300	8,79
310	8,79
320	8,79
330	8,79
340	8,79
350	8,78
360	8,78
370	8,78
380	8,78

A continuación se muestran las graficas de los abatimientos y los caudales medidos durante la realización de la prueba de bombeo.

**Grafica 11. Bombeo Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.**



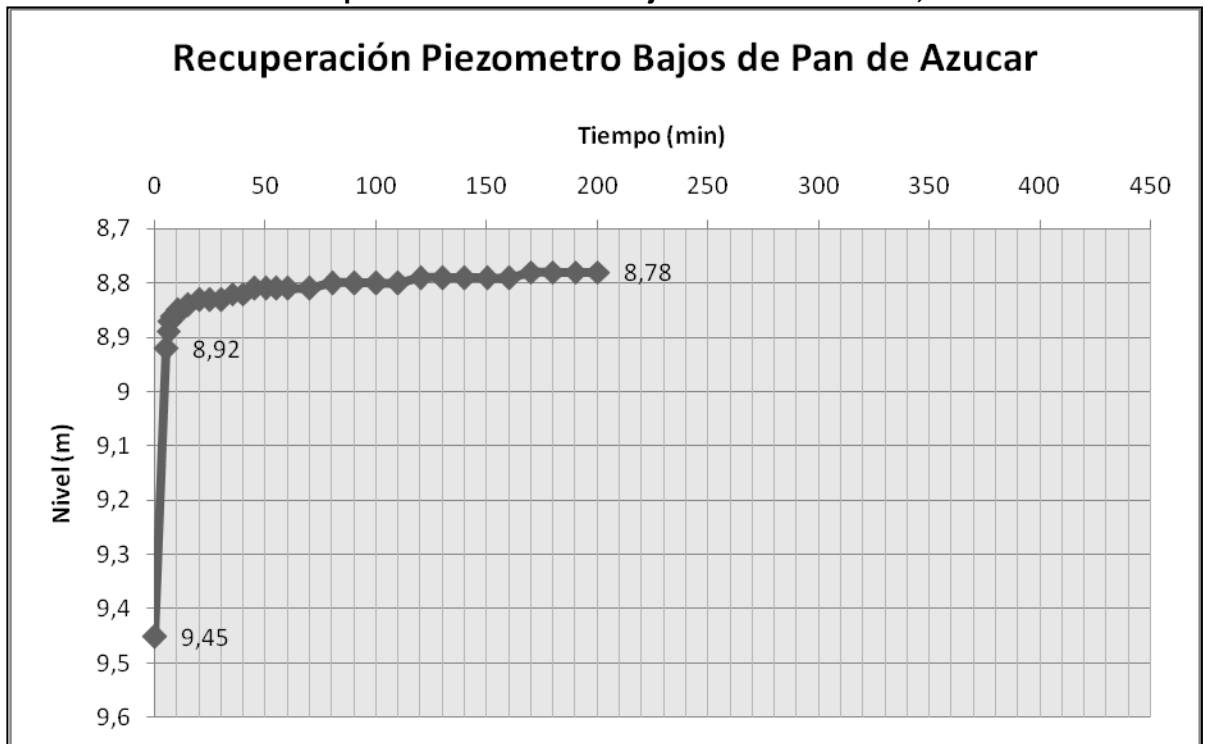
**Grafica 12. Caudal vs Tiempo, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.**



**RECUPERACION:**

La prueba de recuperación tuvo una duración de poco mas de 3 horas, en donde se iban tomando niveles cada cierto lapso de tiempo. Con los datos obtenidos se hizo el análisis mediante el método de recuperación de niveles, expuesto en el capítulo 2 del presente libro, esto con el fin de hallar la transmisividad del acuífero.

**Grafica 13. Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.**



### **CONCLUSION DE LA PRUEBA 2**

La prueba tuvo una duración de 180min, debido a que las baterías trabajaron continuamente. Se observó que durante el desarrollo de la prueba se presentó una fluctuación en el nivel de agua, comportamiento también visto en las pruebas anteriores. En consecuencia de no haber logrado el objetivo de tener un abatimiento considerable se optó por tomar la recuperación de niveles en el piezómetro, con el fin de hallar a través del método de recuperación de niveles las características hidrogeológicas del acuífero, porque con el abatimiento obtenido en esa prueba no se puede hacer un análisis de los datos alcanzados. De manera gráfica se presentan los datos del bombeo a continuación.

### 4.3.3 Prueba 3: Última Prueba con Dispositivo de Bombas

**FECHA:** 17 de Marzo de 2011.

**SITIO:** Bajos de Pan de Azúcar.

Se realizó una última prueba el 17 de Marzo de 2011 en el piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, para esto se efectuaron nuevamente cambios en el mecanismo, buscando un comportamiento similar al de la prueba 1. El nivel freático inicial fue de 8.75m.

Seguidamente se consignan los datos obtenidos tanto en el bombeo como en la recuperación:

**Tabla 13. Abatimiento y Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.**

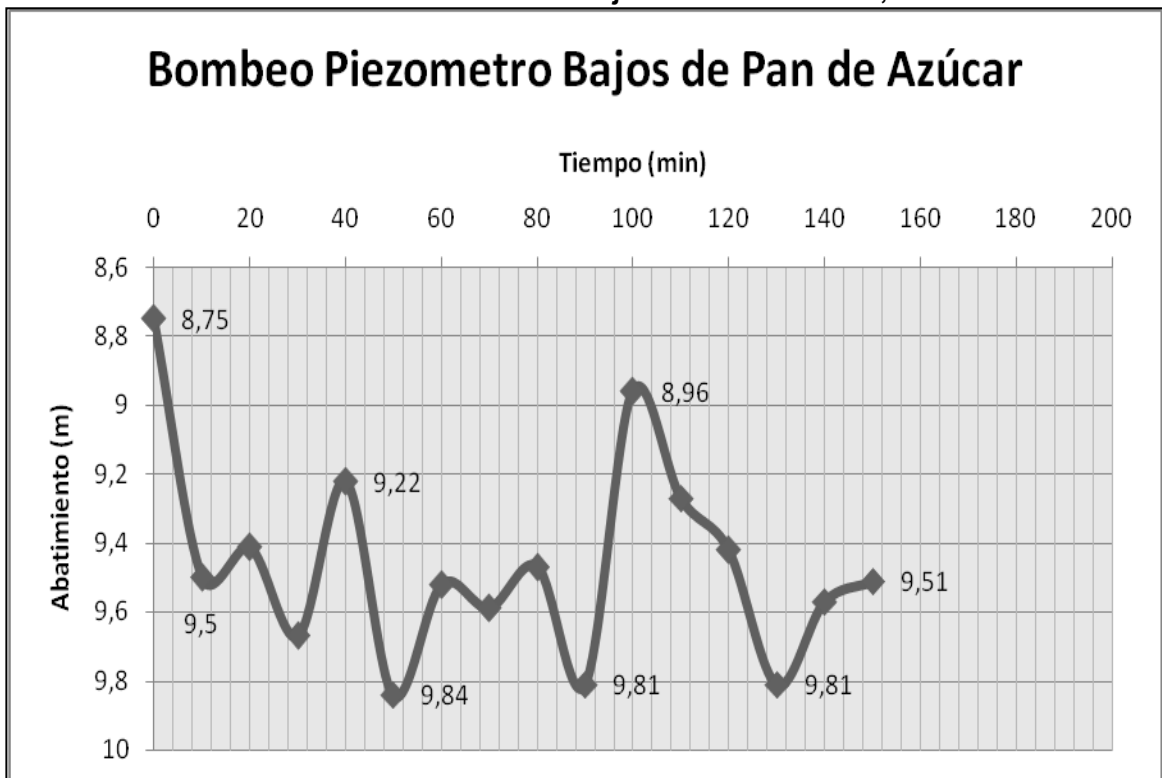
Tiempo (min)	Nivel (m)	Aforo (s)			Q (Lpm)
		t1	t2	t3	
0	8,75				
10	9,5	4,93	4,95	4,86	4,88
20	9,41	6,29	6,31	6,36	3,80
30	9,67	5,06	5,16	5,21	4,67
40	9,22	6,66	6,38	6,43	3,70
50	9,84	4,53	4,51	4,67	5,25
60	9,52	6,15	6,15	6,32	3,87
70	9,59	4,71	4,78	4,82	5,03
80	9,47	6,32	6,48	6,29	3,77
90	9,81	4,77	4,86	4,96	4,93
100	8,96	10,26	16,01	10,06	1,98
110	9,27	4,96	4,81	4,99	4,88

120	9,42	6,15	6,22	6,31	3,85
130	9,81	5,06	4,98	5,16	4,74
140	9,57	6,15	6,17	6,23	3,88
150	9,51	9,6	9,72	9,45	2,50
<b>Recuperación</b>				<b>Qprom</b>	4,12
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Nivel (m)</b>				
151	8,86				
152	8,86				
153	8,85				
154	8,85				
155	8,84				
160	8,84				
165	8,83				
170	8,82				
175	8,82				
180	8,82				
190	8,81				
200	8,81				
210	8,81				
220	8,8				
235	8,8				
250	8,8				
265	8,79				
280	8,78				
300	8,78				
320	8,78				
350	8,78				
380	8,77				

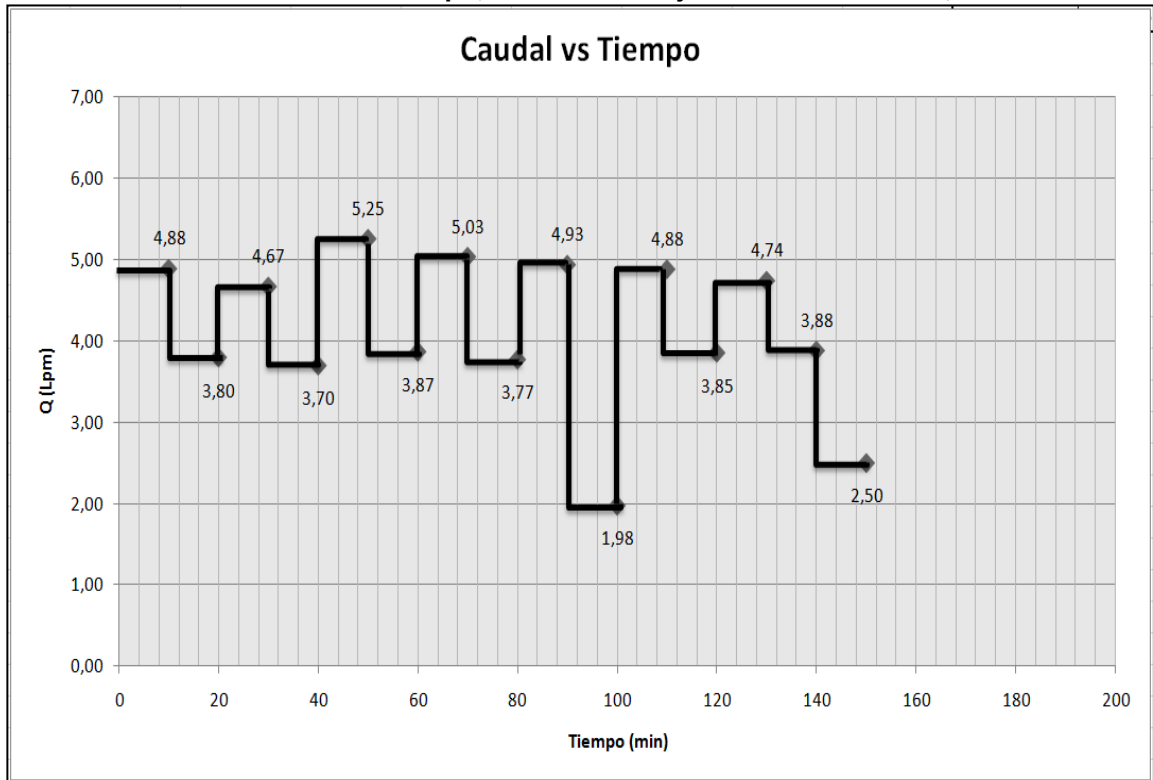
410	8,77
570	8,76

A continuación se muestran las graficas de los abatimientos y los caudales medidos durante la realización de la prueba de bombeo.

**Grafica 14. Bombeo Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.**



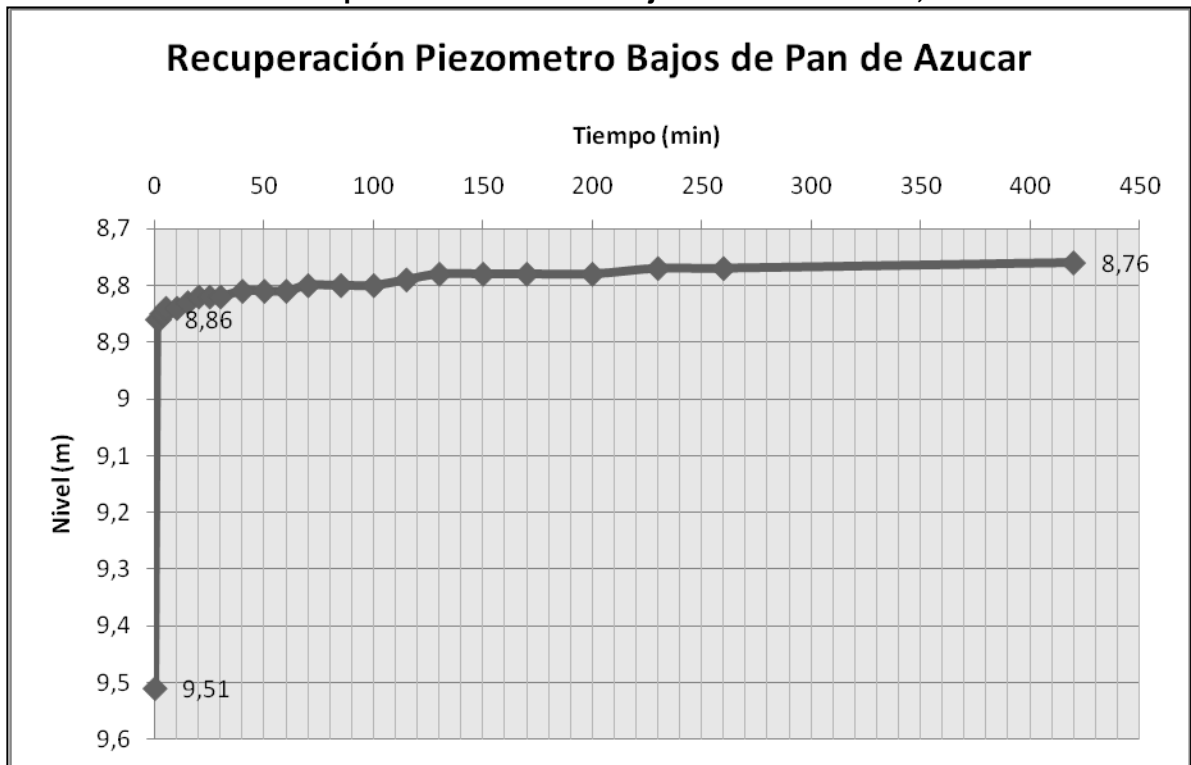
**Grafica 15. Caudal vs Tiempo, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.**



### **RECUPERACION:**

La prueba de recuperación tuvo una duración de poco mas de 3 horas, en donde se iban tomando niveles cada cierto lapso de tiempo. Con los datos obtenidos se hizo el análisis mediante el método de recuperación de niveles, expuesto en el capítulo 2 del presente libro, esto con el fin de hallar la transmisividad del acuífero. Seguidamente de manera grafica se presenta el análisis de los datos, así como el valor hallado de transmisividad.

**Grafica 16. Recuperación Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.**



### **CONCLUSION DE LA PRUEBA 3**

La prueba tuvo una duración de 150min, debido a que las baterías trabajaron continuamente. Se observó que durante el desarrollo de la prueba se presentó una fluctuación en el nivel de agua, comportamiento también visto en las pruebas anteriores. En consecuencia de no haber logrado el objetivo de tener un abatimiento considerable se optó por tomar la recuperación de niveles en el piezómetro, con el fin de hallar a través del método de recuperación de niveles las características hidrogeológicas del acuífero, porque con el abatimiento obtenido en esa prueba no se puede hacer un análisis de los datos alcanzados. De manera gráfica se presentan los datos del bombeo a continuación.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de las pruebas de bombeo se tienen en cuenta los métodos teóricos expuestos en el capítulo 2, enfocados desde un punto de vista lo más práctico posible. Para este análisis se tuvo en cuenta la geología del acuífero, la disposición de las rejillas y los diseños del pozo y piezómetros en estudio. Vale resaltar que para el análisis de estos datos se utilizaron herramientas computacionales las cuales van de la mano con la teoría encontrada en la revisión bibliográfica.

En los 2 sitios donde se realizaron las pruebas de bombeo existen acuíferos en los cuales se tomaron lecturas de nivel durante el tiempo de ejecución de este proyecto.

Seguidamente ilustramos los niveles tomados durante la ejecución del proyecto y algunos niveles tomados en años anteriores.

**Tabla 14. Niveles tomados durante la ejecución del proyecto.**

<b>Pozo Padres Somascos</b>		<b>Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar</b>	
Fecha	Nivel (m)	Fecha	Nivel (m)
17/09/2010	0.94	14/10/2010	8.56
22/09/2010	0.96	10/12/2010	8.52
15/10/2010	0.97	25/02/2011	8.62
20/01/2011	0.95	10/03/2011	8.75
11/02/2011	0.76	17/03/2011	8.75

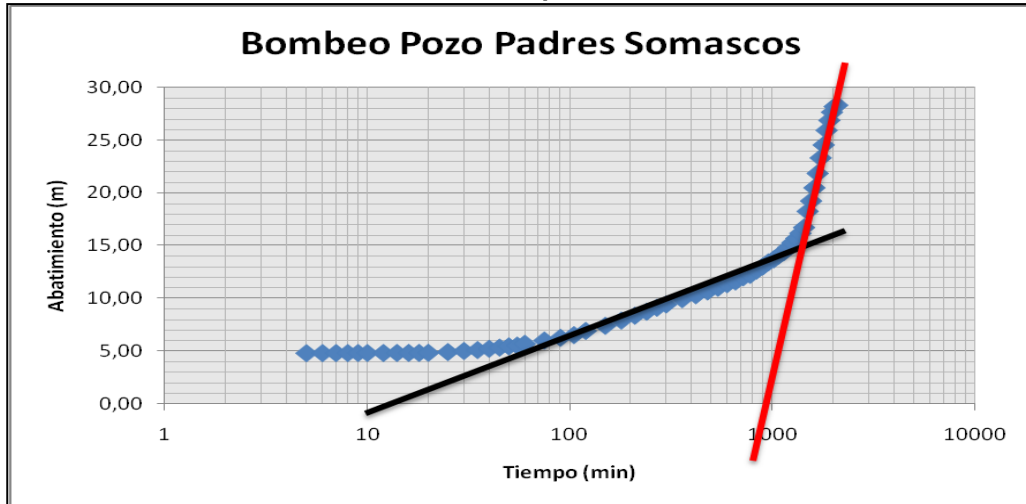
**Tabla 15. Niveles tomados en tiempos anteriores.**

<b>Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar</b>	
Fecha	Nivel (m)
2003	6.6
13/08/2008	6.47

## 5.1 ANALISIS DE RESULTADOS EN POZO PADRES SOMASCOS.

A continuación se muestran las graficas obtenidas del análisis por el método de Jacob junto con los datos obtenidos a través de dicho método, tanto para el pozo profundo como para el pozo de observación.

Grafica 17. Curva de Abatimiento vs Tiempo, Pozo Padres Somascos, Prueba 4.



<b>Q (Lps)</b>	0,3
<b>t<sub>0</sub> (min)</b>	14

<b>t1 (min)</b>	100
<b>t2 (min)</b>	1000

<b>s1 (m)</b>	6,3
<b>s2 (m)</b>	13,5

<b>T (m<sup>2</sup>/dia)</b>	0,6588
<b>S</b>	0,160125

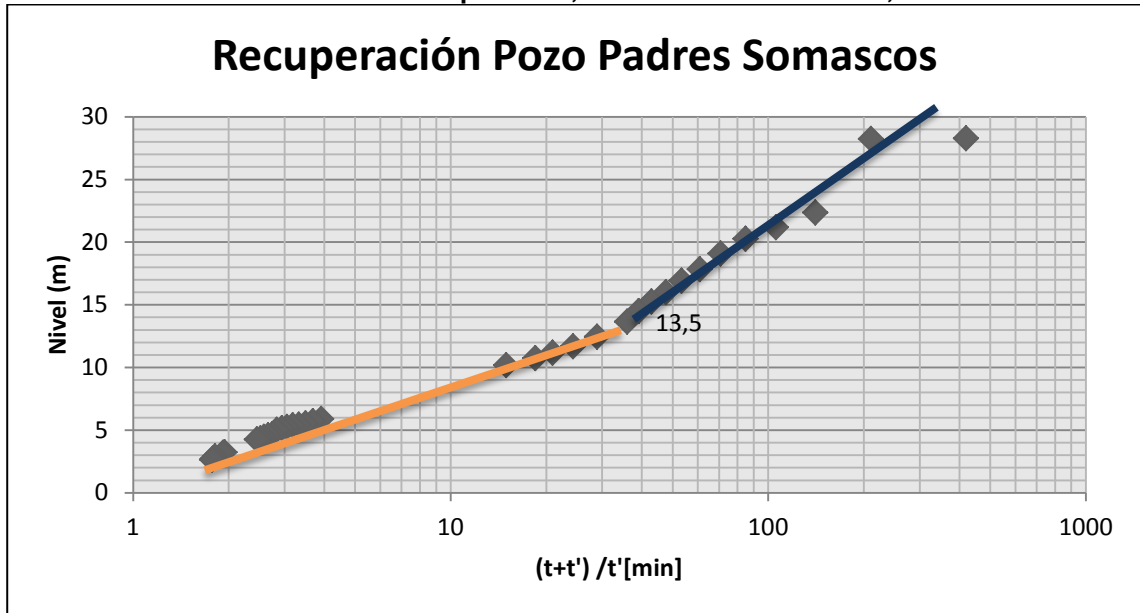
<b>Q (Lps)</b>	0,3
<b>t<sub>0</sub> (min)</b>	800

<b>t1 (min)</b>	1500
<b>t2 (min)</b>	2000

<b>s1 (m)</b>	16
<b>s2 (m)</b>	28

<b>T (m<sup>2</sup>/dia)</b>	0,39528
<b>S</b>	5,49

Grafica 18. Curva de Recuperación, Pozo Padres Somascos, Prueba 4.



<b>Q (Lps)</b>	0.3
----------------	-----

<b>t1 (min)</b>	2
<b>t2 (min)</b>	20

<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>	0.632448
------------------------------	----------

<b>s1 (m)</b>	3.5
<b>s2 (m)</b>	11

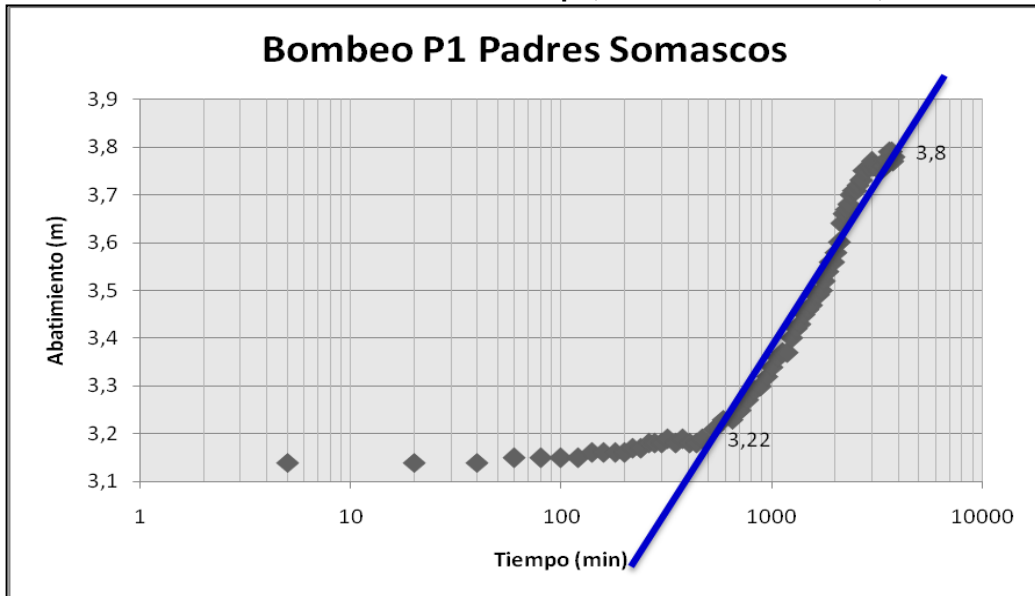
<b>Q (Lps)</b>	0.3
----------------	-----

<b>t1 (min)</b>	35
<b>t2 (min)</b>	350

<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>	0.316224
------------------------------	----------

<b>s1 (m)</b>	13.5
<b>s2 (m)</b>	28.5

Grafica 19. Curva de Abatimiento vs Tiempo, P1 Padres Somascos, Prueba 4.



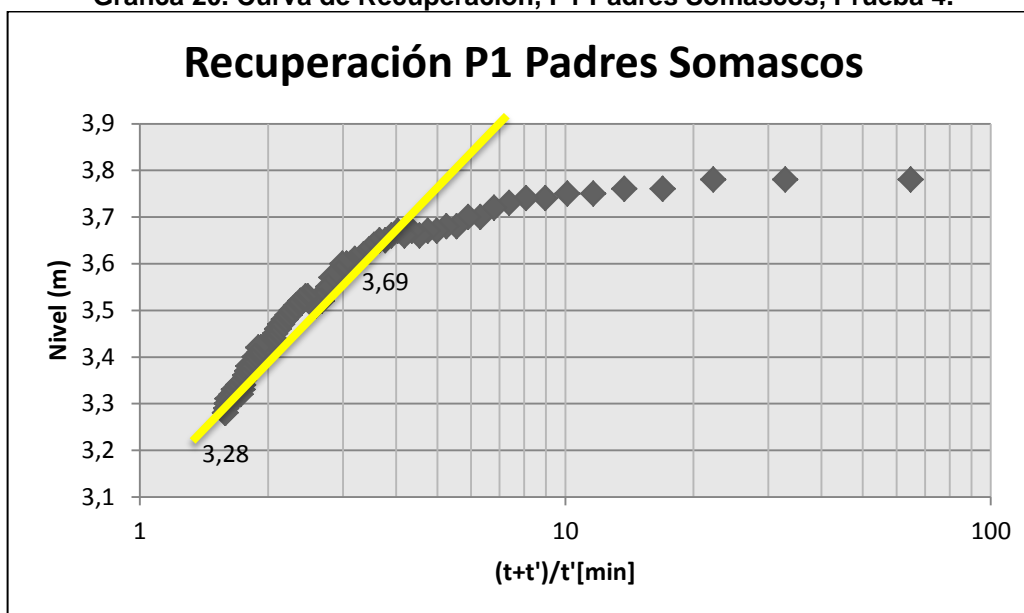
<b>Q (Lps)</b>	0,3
<b>t<sub>0</sub> (min)</b>	400

<b>t1 (min)</b>	500
<b>t2 (min)</b>	4000

<b>T (m<sup>2</sup>/dia)</b>	8,1782069
<b>S</b>	0,00701149

<b>s1 (m)</b>	3,22
<b>s2 (m)</b>	3,8

Grafica 20. Curva de Recuperación, P1 Padres Somascos, Prueba 4.



<b>Q (Lps)</b>	0,3
----------------	-----

<b>t1 (min)</b>	1,3
<b>t2 (min)</b>	2

<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>	11,5691707
------------------------------	------------

<b>s1 (m)</b>	3,28
<b>s2 (m)</b>	3,69

Posteriormente se adjunta una tabla resumen con los parámetros hidráulicos obtenidos a través del método de Jacob, aplicado a los datos obtenidos en la prueba de 35 horas, mencionada en el capítulo 3 del presente libro.

**Tabla 16. Resumen de Parámetros hidráulicos hallados en Pozo Padres Somascos.**

Pozo Padres Somascos			
Bombeo			
Gráfica N°	Recta	T (m <sup>2</sup> /día)	S
17		0,6588	0,16013
17		0,39528	5,49
Recuperación			
Gráfica N°	Recta	T (m <sup>2</sup> /día)	S
18		0,632448	
18		0,316224	

Piezómetro 1 Padres Somascos			
Bombeo			
Gráfica N°	Recta	T (m <sup>2</sup> /día)	S
19		8,1782	0,007011
Recuperación			
Gráfica N°	Recta	T (m <sup>2</sup> /día)	S
20		11,5692	

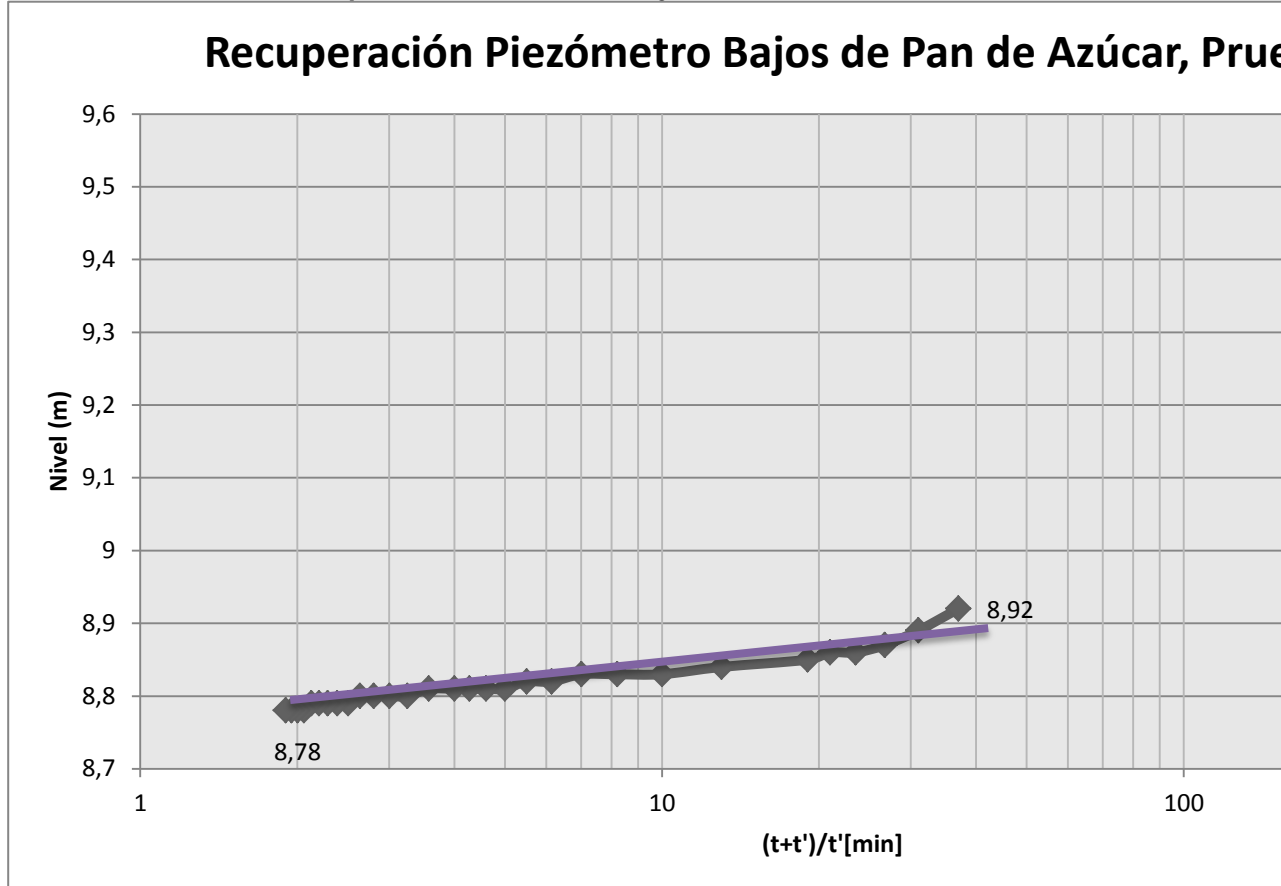
- El análisis de la prueba de 35 horas, nos da a entender que el pozo Padres Somascos presenta 3 tipos de comportamiento, esto se ve reflejado también en la grafica semilogaritmica del bombeo de dicho pozo ilustrada anteriormente. Al comenzar este análisis, se hallo una transmisividad y coeficiente de almacenamiento para cada tipo de tendencia, pero se decidió obviar una de ellas debido a que se presenta un valor de transmisividad atípico, dicha tendencia en la grafica semilogaritmica, se encuentra en el intervalo de los primeros 500min de bombeo.
- El descenso de niveles en los primeros 500min de bombeo alcanza un descenso de 10.62m, lo que quiere decir que no alcanza la primera rejilla, en este lapso de tiempo es donde se presentan las anomalías en la transmisividad, lo que nos lleva a concluir que estamos en presencia de un acuitardo, esto nos da como pauta que en este tramo del pozo las líneas de flujo presentan comportamientos erráticos que son los causantes de que se presente este bajo abatimiento en el lapso de tiempo, los acuitardos se encuentran fuera de nuestro campo interpretativo debido a que no están dentro de la teoría investigada, por lo tanto esta fue la razón de obviarlos.
- En la segunda tendencia observada de la grafica semilogaritmica, vemos que el nivel desciende hasta donde se encuentra ubicada la primera rejilla, debido

a la disposición de dicha rejilla la filtración del agua comienza a presentar una predisposición a líneas de flujo horizontal, que es lo óptimo en un acuífero confinado, dicha predisposición se ve fácilmente al comparar el descenso en el nivel entre el primer comportamiento que es donde se presenta el acuitado y el segundo comportamiento que es donde se encuentra la primera rejilla.

- Durante el resto de prueba se siguen presentando progresos en cuanto al descenso de niveles, esto se observa en que se llega a alcanzar la segunda rejilla, con lo cual el flujo continúa con la tendencia de un acuífero confinado. Como hipótesis podríamos inferir que de continuar más tiempo la prueba de bombeo podríamos tener una mayor efectividad a la hora de evaluar este acuífero.
- Al hacer el análisis de la recuperación, observamos que para también 2 tipos de tramos, encontramos valores similares de transmisividad a los obtenidos al evaluar la prueba de bombeo, lo que es satisfactorio, ya que se presentan similares parámetros tanto en el bombeo como en la recuperación.
- Al tratar de analizar el perfil litológico del pozo, no se encuentra una información sofisticada de los tipos de material presentes en los estratos de la geología circundante al acuífero, con esto nos referimos al informe de perforación de la CDMB a cargo de P&P Ltda. el cual no es muy específico.

## 5.2 ANALISIS DE RESULTADOS EN PIEZOMETRO BAJOS DE PAN DE AZUCAR

Grafica 21. Curva de Recuperación, Piezometro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 2.



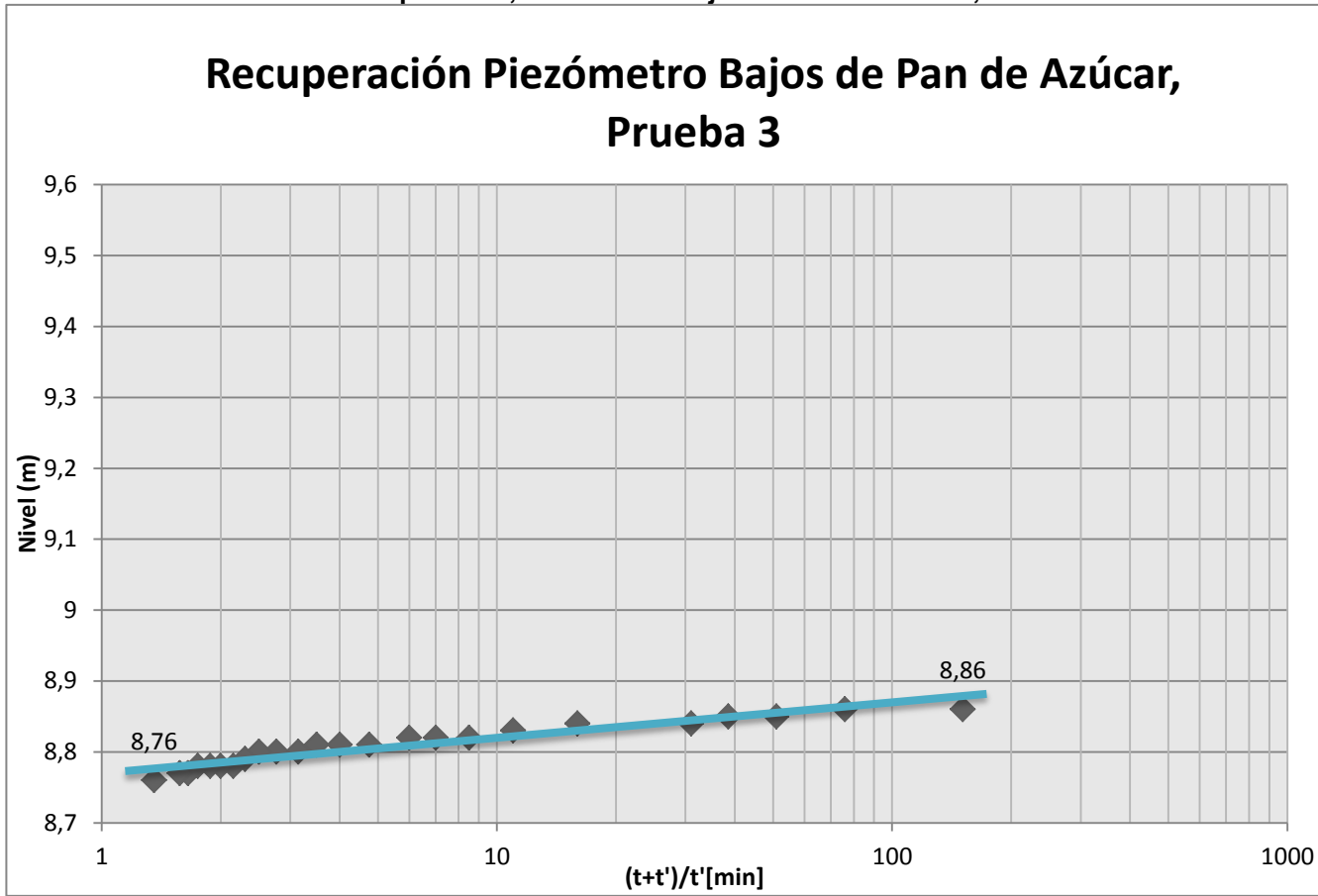
<b>Q (Lps)</b>	0,073
----------------	-------

<b>t1 (min)</b>	2
<b>t2 (min)</b>	20

<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>	23,01
------------------------------	-------

<b>s1 (m)</b>	8,79
<b>s2 (m)</b>	8,84

Grafica 22. Curva de Recuperación, Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar, Prueba 3.



<b>Q (Lps)</b>	0,069
----------------	-------

<b>t1 (min)</b>	2
<b>t2 (min)</b>	20

<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>	21,69
------------------------------	-------

<b>s1 (m)</b>	8,79
<b>s2 (m)</b>	8,84

Posteriormente se adjunta una tabla resumen con los parámetros hidráulicos obtenidos a través del método de Jacob, aplicado a los datos obtenidos en la prueba 2 y 3, mencionadas en el capítulo 3 del presente libro.

**Tabla 17. Resumen de Parámetros hidráulicos hallados en Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar**

<b>Piezómetro Bajos de Pan de Azúcar</b>		
<b>Prueba 2 (T=180min)</b>		
<b>Gráfica N°</b>	<b>Recta</b>	<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>
21		23,01
<b>Prueba 3 (T=150min)</b>		
<b>Gráfica N°</b>	<b>Recta</b>	<b>T (m<sup>2</sup>/día)</b>
22		21,69

- Una vez montado el dispositivos de bombas en serie, el cual se hizo con el fin de tener un abatimiento considerable, a través de un caudal relativamente constante, se observo que dicho caudal presentaba fluctuación, lo cual se vio reflejado también en el abatimiento, puesto que no se presento un comportamiento aceptable para la consecución de parámetros hidráulicos a través del bombeo, esto debido a que las bombas no extraían el mismo caudal y otra causa pudo ser, el uso de baterías.
- Posteriormente se evaluó exclusivamente la recuperación, obteniendo en ambas pruebas resultados semejantes, lo cual es algo satisfactorio y genera confianza en los datos obtenidos.
- Debido a la limitación de las pruebas que se realizaron, no se pudo llegar a niveles cercanos a la disposición de las rejillas, lo que hubiera sido interesante puesto que nos podría otorgar datos con información mas relevante.

## 6. CONCLUSIONES

1. En una formación aluvial localizada en la zona norte de Bucaramanga (Lote Padres Somascos) se realizó una prueba de bombeo de 35 horas con un abatimiento total de 28.3m y se midieron abatimientos tanto en el pozo de bombeo como en el pozo de observación vecino, los cuales fueron construidos por la CDMB en 1992.

Los resultados de la prueba de bombeo y recuperación en el pozo muestran que la curva de abatimiento presenta tres comportamientos asociados a 3 tramos de acuíferos diferentes. En cada uno de estos tramos se analizó la transmisividad y se obtuvieron con los abatimientos medidos en el pozo valores entre  $0.3\text{m}^2/\text{día}$  y  $0.7\text{m}^2/\text{día}$ . Se obtuvieron valores del orden de  $8\text{m}^2/\text{día}$  con los abatimientos medidos en el piezómetro.

2. El sistema de acuíferos estudiados en el pozo Padres Somascos es confinado de acuerdo a los valores hallados de coeficiente de almacenamiento el cual es del orden de 0.007, dicho coeficiente fue obtenido con los abatimientos encontrados en el piezómetro. Con los abatimientos medidos en el Pozo de bombeo no es posible estimar un coeficiente de almacenamiento.

3. El análisis de las pruebas permitió identificar un acuitardo en la parte superior, que dejó de funcionar a los 500min de bombeo, cuando la curva de abatimiento cambia de pendiente tanto en el Pozo de bombeo, como en el piezómetro, que coincide con la profundidad de 11m y la localización de la primera rejilla. El acuitardo se encuentra en contacto con el primer acuífero. Los parámetros hidráulicos obtenidos en esta zona muestran valores erróneos, debido a que en un acuitardo las líneas de flujo no son horizontales, como lo interpreta la teoría. El acuitardo es reflejado directamente en los abatimientos del piezómetro.

**4.** El pozo de observación de Pan de Azúcar estudiado de profundidad de 70m, se encuentra localizado en roca ígnea meteorizada y fue construido por el grupo GPH y la CDMB en el año 2003. El diámetro de tubería es de 2" y no permite la instalación de una bomba convencional. La prueba de bombeo se realizo con un sistema de bombas peristálticas y alimentadas por baterías de 12 voltios. Este sistema trabaja con un caudal variable. Se logro realizar un abatimiento de 90cm y se midió la recuperación de niveles durante poco mas de 3 horas. El análisis de la curva de recuperación permitió obtener transmisividades entre 21.7 y 23m<sup>2</sup>/día.

**5.** A partir de la construcción y diseño del piezómetro se puede observar que, el acuífero es confinado y los niveles piezometricos medidos durante este trabajo varían entre 8.52 y 8.75m. (Ver Tabla 14).

## 7. RECOMENDACIONES

- Los piezómetros 2 y 3 cercanos al Pozo Padres Somascos no están en contacto con el acuífero perteneciente al pozo de bombeo, por lo tanto se recomienda trabajar con el piezómetro numero 1 a la hora de estudiar dicho acuífero.
- Se aconseja la construcción y monitoreo de mas piezómetros en la zona adyacente al Pozo Padres Somascos, para la aplicación y mejoramiento de la técnica y conocimientos generados en este proyecto de grado.
- Para próximas pruebas de bombeo en el Piezómetro Bajos de Pan de Azucar, lo más conveniente es la construcción de un pozo de bombeo y la implementación de una bomba de efectiva capacidad, con el fin de obtener resultados de interpretación mas provechosa.

## BIBLIOGRAFIA

AGUILAR ARDILA, JOHN JAIRO & CABALLERO RAMIREZ, CRISTIAN RICARDO. (2010), CALIBRACION E INSTALACIÓN DE UN CTD DIVER EN LA ESTACION HIDROMÉTRICA AUTOMÁTICA DEL RÍO DE ORO: Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero civil, Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela de ingeniería civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

CORPORACION DE DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, (CDBM). (1992), Informe construcción pozo zona norte, contrato LC-1382, Bucaramanga, Colombia.

GÓMEZ ISIDRO, SULLY & COLEGIAL, JUAN DIEGO. (2003), INTERACCION ENTRE SISTEMAS HIDROGEOLOGICOS PARA EL ESTUDIO DEL FENOMENO DE RECARGA EN EL MACIZO DE SANTANDER E IDENTIFICACION DE ACUIFEROS: Instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS, OBSERVATORIO COLOMBIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA OCyT, Bucaramanga, Colombia.

GONZALES GALLEGO, JORGE ELIECER & CAMARGO BARRERA, LEONARDO ADRIAN. (2010), VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA ZONA ALUVIAL DE BUCARAMANGA: Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero civil, Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela de ingeniería civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

PULIDO RAMOS, MIGUEL ANGEL & NIETO CARDENAS, MANUEL ALEJANDRO. (2010), OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE PERFILES Y PARAMETROS

FISICOQUIMICOS EN PIEZOMETROS DE LA ZONA ORIENTAL DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA: Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero civil, Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela de ingeniería civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

VELEZ OTALVARO, MARIA VICTORIA. (1999), hidráulica de aguas subterráneas: Posgrado en aprovechamiento de recursos hidráulicos, Facultad de minas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, Colombia.

VILLANUEVA MARTINEZ, MANUEL & IGLESIAS LOPEZ, ALFREDO. (1984), pozos y acuíferos: Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo, Técnicos de la división de aguas subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España, España.

## ANEXOS

### Anexo A. Formato para la Toma de Datos en Campo



<b>Responsable(s)</b>							
<b>Nivel Estático</b>							
<b>Localidad</b>							
<b>Hora y Fecha de Inicio</b>							
<b>Hoja N°</b>							
<b>Observaciones</b>							
<b>BOMBEO</b>			<b>AFORO (s)</b>				
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Nivel de Agua (m)</b>	<b>Abatimiento (m)</b>	<b>t1</b>	<b>t2</b>	<b>t3</b>	<b>t4</b>	<b>t5</b>

**Formato para toma de datos de prueba de bombeo en campo.**

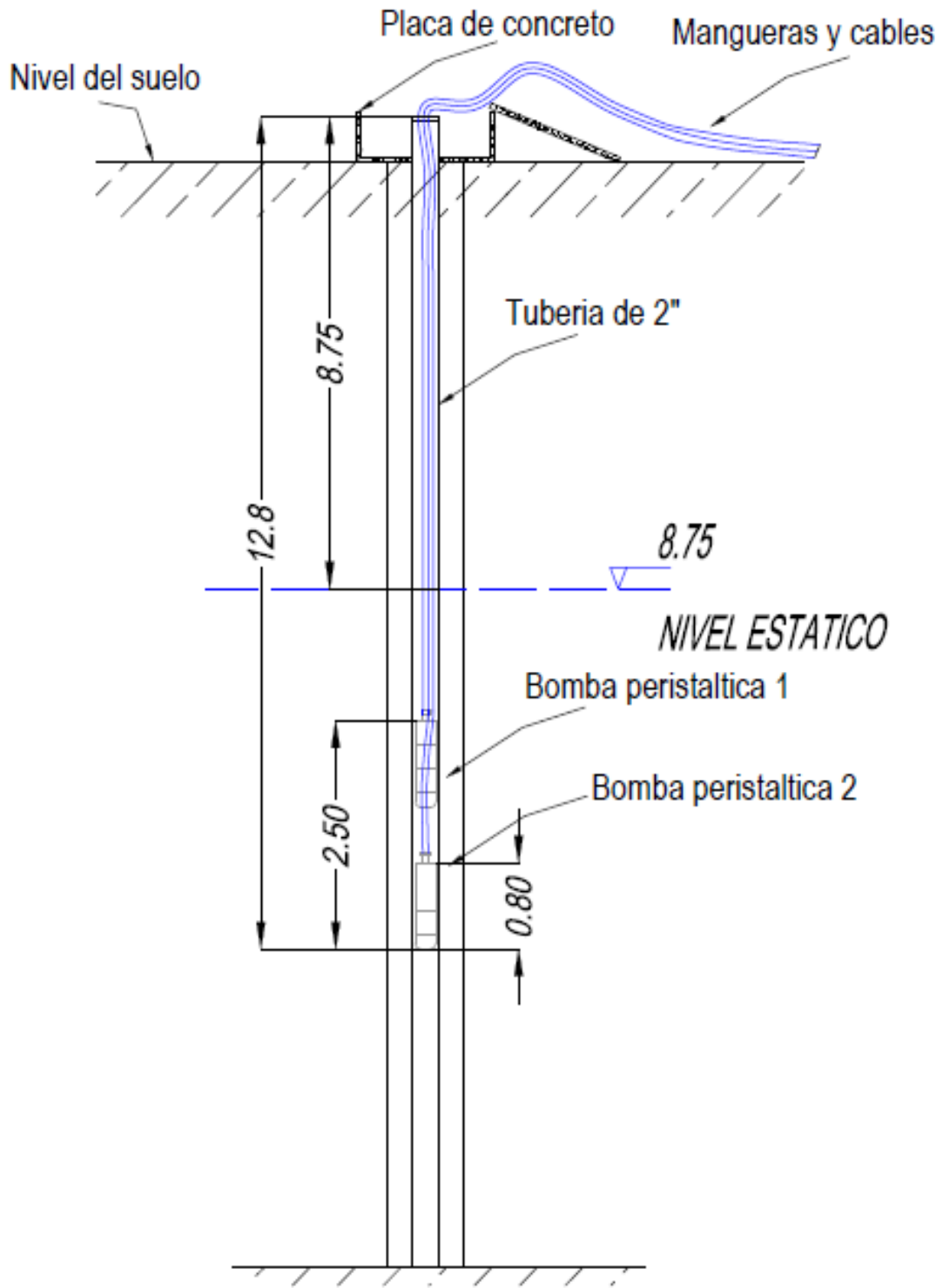


<b>Responsable(s)</b>	
<b>Localidad</b>	
<b>Hora y Fecha de Inicio</b>	
<b>Hoja N°</b>	
<b>Observaciones</b>	

<b>RECUPERACION</b>	
<b>T' (min)</b>	<b>Nivel de Agua (m)</b>

Formato para toma de datos de recuperación de niveles en campo.

## Anexo B. Esquema Dispositivo de Bombas.



**Anexo C. Datos Obtenidos en la Prueba de Bombeo de Larga Duración  
Padres Somascos.**

Bombeo en el Pozo Padres Somascos										
Fecha	Hora	Tiempo (min)	Nivel de agua (m)	Abatimiento (m)	Caudales (s)					Q <sub>PRO</sub> M
					Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
11/02/2011	07:15:00 a.m.	5	4.78	4.78						
11/02/2011	07:16:00 a.m.	6	4.79	4.79						
11/02/2011	07:17:00 a.m.	7	4.79	4.79						
11/02/2011	07:18:00 a.m.	8	4.79	4.79						
11/02/2011	07:19:00 a.m.	9	4.80	4.80						
11/02/2011	07:20:00 a.m.	10	4.80	4.80						
11/02/2011	07:22:00 a.m.	12	4.80	4.80						
11/02/2011	07:24:00 a.m.	14	4.805	4.805						
11/02/2011	07:26:00 a.m.	16	4.81	4.81						
11/02/2011	07:28:00 a.m.	18	4.81	4.81						
11/02/2011	07:30:00 a.m.	20	4.82	4.82	0.287	0.291	0.278	0.288	0.279	0.284
11/02/2011	07:35:00 a.m.	25	4.885	4.885	0.285	0.281	0.278	0.281	0.280	0.281
11/02/2011	07:40:00 a.m.	30	4.99	4.99	0.280	0.276	0.277	0.278	0.279	0.278
11/02/2011	07:45:00 a.m.	35	5.08	5.08	0.278	0.277	0.277	0.279	0.279	0.278
11/02/2011	07:50:00 a.m.	40	5.20	5.20	0.308	0.303	0.294	0.302	0.301	0.302
11/02/2011	07:55:00 a.m.	45	5.31	5.31	0.301	0.299	0.289	0.296	0.298	0.296
11/02/2011	08:00:00 a.m.	50	5.43	5.43	0.292	0.293	0.291	0.293	0.291	0.292
11/02/2011	08:05:00 a.m.	55	5.50	5.50	0.289	0.287	0.291	0.293	0.291	0.290
11/02/2011	08:10:00 a.m.	60	5.67	5.67	0.296	0.290	0.294	0.293	0.292	0.293

Bombeo en el Pozo Padres Somascos										
Fecha	Hora	Tiempo (min)	Nivel de agua (m)	Abatimiento (m)	Caudales (s)					Q <sub>PROM</sub>
					Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
11/02/2011	08:25:00 a.m.	75	5.98	5.98	0.295	0.291	0.290	0.289	0.289	0.291
11/02/2011	08:40:00 a.m.	90	6.24	6.24	0.281	0.282	0.286	0.280	0.282	0.282
11/02/2011	08:55:00 a.m.	105	6.49	6.49	0.306	0.309	0.305	0.299	0.303	0.305
11/02/2011	09:10:00 a.m.	120	6.89	6.89	0.295	0.297	0.299	0.298	0.297	0.297
11/02/2011	09:40:00 a.m.	150	7.37	7.37	0.297	0.294	0.292	0.290	0.290	0.292
11/02/2011	10:10:00 a.m.	180	7.87	7.87	0.308	0.302	0.299	0.300	0.301	0.302
11/02/2011	10:40:00 a.m.	210	8.33	8.33	0.293	0.298	0.298	0.298	0.295	0.297
11/02/2011	11:10:00 a.m.	240	8.71	8.71	0.297	0.298	0.299	0.296	0.298	0.298
11/02/2011	11:40:00 a.m.	270	9.09	9.09	0.293	0.294	0.291	0.293	0.294	0.293
11/02/2011	12:10:00 p.m.	300	9.40	9.40	0.296	0.301	0.293	0.297	0.294	0.296
11/02/2011	01:10:00 p.m.	360	9.90	9.90	0.290	0.290	0.292	0.291	0.291	0.291
11/02/2011	02:10:00 p.m.	420	10.27	10.27	0.293	0.289	0.290	0.291	0.292	0.291
11/02/2011	03:10:00 p.m.	480	10.63	10.63	0.308	0.306	0.309	0.308	0.306	0.307
11/02/2011	04:10:00 p.m.	540	10.98	10.98	0.295	0.294	0.295	0.294	0.294	0.294
11/02/2011	05:10:00 p.m.	600	11.32	11.32	0.296	0.296	0.297	0.295	0.296	0.296
11/02/2011	06:10:00 p.m.	660	11.57	11.57	0.307	0.308	0.308	0.308	0.308	0.308
11/02/2011	07:10:00 p.m.	720	11.97	11.97	0.307	0.307	0.307	0.308	0.307	0.307
11/02/2011	08:10:00 p.m.	780	12.20	12.20	0.311	0.308	0.308	0.307	0.309	0.309
11/02/2011	09:10:00 p.m.	840	12.62	12.62	0.304	0.305	0.305	0.304	0.305	0.305
11/02/2011	10:10:00 p.m.	900	13.00	13.00	0.294	0.295	0.296	0.295	0.294	0.295
11/02/2011	11:10:00 p.m.	960	13.39	13.39	0.292	0.294	0.293	0.294	0.293	0.293

Bombeo en el Pozo Padres Somascos										
Fecha	Hora	Tiempo (min)	Nivel de agua (m)	Abatimiento (m)	Caudales (s)					Q <sub>PROM</sub>
					Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
12/02/2011	12:10:00 a.m.	1020	13.68	13.68	0.292	0.292	0.293	0.293	0.292	0.292
12/02/2011	01:10:00 a.m.	1080	14.03	14.03	0.290	0.291	0.290	0.290	0.290	0.290
12/02/2011	02:10:00 a.m.	1140	14.34	14.34	0.312	0.311	0.311	0.311	0.312	0.311
12/02/2011	03:10:00 a.m.	1200	14.79	14.79	0.297	0.299	0.298	0.297	0.298	0.298
12/02/2011	04:10:00 a.m.	1260	15.24	15.24	0.310	0.308	0.308	0.308	0.307	0.308
12/02/2011	05:10:00 a.m.	1320	15.66	15.66	0.293	0.294	0.295	0.295	0.293	0.294
12/02/2011	06:10:00 a.m.	1380	16.14	16.14	0.309	0.307	0.308	0.308	0.307	0.308
12/02/2011	07:10:00 a.m.	1440	16.69	16.69	0.312	0.311	0.311	0.310	0.310	0.311
12/02/2011	08:10:00 a.m.	1500	18.22	18.22	0.308	0.301	0.306	0.305	0.305	0.305
12/02/2011	09:10:00 a.m.	1560	19.20	19.20	0.298	0.297	0.301	0.302	0.300	0.299
12/02/2011	10:10:00 a.m.	1620	20.45	20.45	0.309	0.305	0.305	0.308	0.306	0.307
12/02/2011	11:10:00 a.m.	1680	21.82	21.82	0.307	0.306	0.307	0.307	0.308	0.307
12/02/2011	12:10:00 p.m.	1740	23.28	23.28	0.309	0.308	0.308	0.308	0.309	0.308
12/02/2011	01:10:00 p.m.	1800	24.51	24.51	0.297	0.293	0.296	0.296	0.295	0.295
12/02/2011	02:10:00 p.m.	1860	25.90	25.90	0.258	0.259	0.258	0.258	0.258	0.258
12/02/2011	03:10:00 p.m.	1920	26.84	26.84	0.258	0.256	0.258	0.257	0.257	0.257
12/02/2011	04:10:00 p.m.	1980	27.62	27.62	0.254	0.256	0.256	0.256	0.255	0.255
12/02/2011	05:10:00 p.m.	2040	28.15	28.15	0.253	0.253	0.253	0.254	0.253	0.253
12/02/2011	06:10:00 p.m.	2100	28.28	28.28	0.246	0.243	0.245	0.245	0.244	0.244
Recuperación en el Pozo Padres Somascos										
Fecha	Hora	Tiempo (min)	Nivel de agua	Abatimiento (m)						

Bombeo en el Pozo Padres Somascos						Q <sub>PRO</sub> M				
Fecha	Hora	Tiempo (min)	Nivel de agua (m)	Abatimiento (m)	Caudales (s)					
					Q1		Q2	Q3	Q4	Q5
12/02/20 11	06:15:00 p.m.	2105	28.2 8	28.28						
12/02/20 11	06:20:00 p.m.	2110	28.2 2	28.22						
12/02/20 11	06:25:00 p.m.	2115	22.3 5	22.35						
12/02/20 11	06:30:00 p.m.	2120	21.1 8	21.18						
12/02/20 11	06:35:00 p.m.	2125	20.2 6	20.26						
12/02/20 11	06:40:00 p.m.	2130	19.0 7	19.07						
12/02/20 11	06:45:00 p.m.	2135	17.8 2	17.82						
12/02/20 11	06:50:00 p.m.	2140	16.9 0	16.90						
12/02/20 11	06:55:00 p.m.	2145	16.0 0	16.00						
12/02/20 11	07:00:00 p.m.	2150	15.2 5	15.25						
12/02/20 11	07:05:00 p.m.	2155	14.4 8	14.48						
12/02/20 11	07:10:00 p.m.	2160	13.6 5	13.65						
12/02/20 11	07:25:00 p.m.	2175	12.4 4	12.44						
12/02/20 11	07:40:00 p.m.	2190	11.6 8	11.68						
12/02/20 11	07:55:00 p.m.	2205	11.1 6	11.16						
12/02/20 11	08:10:00 p.m.	2220	10.7 2	10.72						
12/02/20 11	08:40:00 p.m.	2250	10.1 7	10.17						
13/02/20 11	07:15:00 a.m.	2820	5.89	5.89						
13/02/20 11	08:15:00 a.m.	2880	5.70	5.70						
13/02/20 11	09:15:00 a.m.	2940	5.52	5.52						

Bombeo en el Pozo Padres Somascos										Q <sub>PRO</sub> M
Fecha	Hora	Tiempo (min)	Nivel de agua (m)	Abatimiento (m)	Caudales (s)					
					Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
13/02/2011	10:15:00 a.m.	3000	5.42	5.42						
13/02/2011	11:15:00 a.m.	3060	5.36	5.36						
13/02/2011	12:15:00 p.m.	3120	5.24	5.24						
13/02/2011	01:15:00 p.m.	3180	5.15	5.15						
13/02/2011	02:15:00 p.m.	3240	5.02	5.02						
13/02/2011	03:15:00 p.m.	3300	4.65	4.65						
13/02/2011	04:15:00 p.m.	3360	4.58	4.58						
13/02/2011	05:15:00 p.m.	3420	4.45	4.45						
13/02/2011	06:15:00 p.m.	3480	4.33	4.33						
13/02/2011	07:15:00 p.m.	3540	4.25	4.25						
14/02/2011	07:15:00 a.m.	4320	3.22	3.22						
14/02/2011	08:15:00 a.m.	4380	3.16	3.16						
14/02/2011	01:15:00 p.m.	4680	2.90	2.90						
14/02/2011	02:15:00 p.m.	4740	2.73	2.73						
14/02/2011	03:15:00 p.m.	4800	2.64	2.64						

**Datos obtenidos Prueba de bombeo y recuperación, Pozo Padres Somascos, Prueba 4.**

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
11/02/2011 07:15	937	11/02/2011 07:15	1267	3.14	5
11/02/2011 07:30	937	11/02/2011 07:30	1267	3.14	20
11/02/2011 07:50	937	11/02/2011 07:50	1267	3.14	40
11/02/2011 08:10	937	11/02/2011 08:10	1267	3.15	60
11/02/2011 08:30	937	11/02/2011 08:30	1267	3.15	80
11/02/2011 08:50	937	11/02/2011 08:50	1267	3.15	100
11/02/2011 09:10	937	11/02/2011 09:10	1267	3.15	120
11/02/2011 09:30	937	11/02/2011 09:30	1267	3.16	140
11/02/2011 09:50	937	11/02/2011 09:50	1267	3.16	160
11/02/2011 10:10	937	11/02/2011 10:10	1267	3.16	180
11/02/2011 10:30	937	11/02/2011 10:30	1267	3.16	200
11/02/2011 10:50	937	11/02/2011 10:50	1267	3.17	220
11/02/2011 11:10	937	11/02/2011 11:10	1267	3.17	240
11/02/2011 11:30	937	11/02/2011 11:30	1267	3.18	260
11/02/2011 11:50	937	11/02/2011 11:50	1267	3.18	280
11/02/2011 12:10	937	11/02/2011 12:10	1267	3.18	300
11/02/2011 12:30	937	11/02/2011 12:30	1266	3.19	320
11/02/2011 13:00	936	11/02/2011 13:00	1266	3.18	350
11/02/2011 13:30	936	11/02/2011 13:30	1265	3.19	380
11/02/2011 14:00	935	11/02/2011 14:00	1265	3.18	410
11/02/2011 14:30	934	11/02/2011 14:30	1264	3.18	440
11/02/2011 15:00	934	11/02/2011 15:00	1263	3.19	470
11/02/2011 16:00	934	11/02/2011 16:00	1261	3.21	530
11/02/2011 17:00	935	11/02/2011 17:00	1260	3.23	590
11/02/2011	935	11/02/2011	1260	3.23	650

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
18:00		18:00			
11/02/2011 19:00	936	11/02/2011 19:00	1259	3.25	710
11/02/2011 20:00	937	11/02/2011 20:00	1258	3.27	770
11/02/2011 21:00	938	11/02/2011 21:00	1257	3.29	830
11/02/2011 22:00	938	11/02/2011 22:00	1256	3.3	890
11/02/2011 23:00	938	11/02/2011 23:00	1254	3.32	950
12/02/2011 00:00	938	12/02/2011 00:00	1252	3.34	1010
12/02/2011 01:00	939	12/02/2011 01:00	1251	3.36	1070
12/02/2011 02:00	938	12/02/2011 02:00	1249	3.37	1130
12/02/2011 03:00	937	12/02/2011 03:00	1248	3.37	1190
12/02/2011 04:00	938	12/02/2011 04:00	1246	3.4	1250
12/02/2011 05:00	938	12/02/2011 05:00	1244	3.42	1310
12/02/2011 06:00	939	12/02/2011 06:00	1244	3.43	1370
12/02/2011 07:00	939	12/02/2011 07:00	1242	3.45	1430
12/02/2011 08:00	940	12/02/2011 08:00	1242	3.46	1490
12/02/2011 09:00	940	12/02/2011 09:00	1241	3.47	1550
12/02/2011 10:00	940	12/02/2011 10:00	1239	3.49	1610
12/02/2011 11:00	939	12/02/2011 11:00	1238	3.49	1670
12/02/2011 12:00	938	12/02/2011 12:00	1236	3.5	1730
12/02/2011 13:00	938	12/02/2011 13:00	1234	3.52	1790
12/02/2011 14:00	937	12/02/2011 14:00	1231	3.54	1850
12/02/2011 15:00	937	12/02/2011 15:00	1229	3.56	1910
12/02/2011 16:00	936	12/02/2011 16:00	1228	3.56	1970
12/02/2011 17:00	936	12/02/2011 17:00	1226	3.58	2030
12/02/2011 18:00	937	12/02/2011 18:00	1225	3.6	2090

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)	
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)			
12/02/2011 18:10	937	12/02/2011 18:10	1225	3.6	2100	<b>Finalizó Bombeo</b>
12/02/2011 19:00	937	12/02/2011 19:00	1223	3.64	2150	
12/02/2011 20:00	938	12/02/2011 20:00	1222	3.66	2210	
12/02/2011 21:00	939	12/02/2011 21:00	1221	3.67	2270	
12/02/2011 22:00	939	12/02/2011 22:00	1220	3.68	2330	
12/02/2011 23:00	939	12/02/2011 23:00	1219	3.7	2390	
13/02/2011 00:00	939	13/02/2011 00:00	1217	3.71	2450	
13/02/2011 01:00	939	13/02/2011 01:00	1216	3.71	2510	
13/02/2011 02:00	938	13/02/2011 02:00	1215	3.72	2570	
13/02/2011 03:00	938	13/02/2011 03:00	1214	3.73	2630	
13/02/2011 04:00	938	13/02/2011 04:00	1213	3.73	2690	
13/02/2011 05:00	938	13/02/2011 05:00	1213	3.75	2750	
13/02/2011 06:00	939	13/02/2011 06:00	1212	3.75	2810	
13/02/2011 07:00	939	13/02/2011 07:00	1212	3.76	2870	
13/02/2011 08:00	940	13/02/2011 08:00	1212	3.76	2930	
13/02/2011 09:00	940	13/02/2011 09:00	1212	3.77	2990	
13/02/2011 10:00	941	13/02/2011 10:00	1212	3.76	3050	
13/02/2011 11:00	940	13/02/2011 11:00	1212	3.76	3110	
13/02/2011 12:00	939	13/02/2011 12:00	1211	3.76	3170	
13/02/2011 13:00	938	13/02/2011 13:00	1210	3.76	3230	
13/02/2011 14:00	937	13/02/2011 14:00	1209	3.75	3290	
13/02/2011 15:00	936	13/02/2011 15:00	1209	3.76	3350	
13/02/2011 16:00	936	13/02/2011 16:00	1208	3.76	3410	
13/02/2011 17:00	936	13/02/2011 17:00	1208	3.77	3470	
13/02/2011	937	13/02/2011	1208	3.77	3530	

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
18:00		18:00			
13/02/2011 19:00	937	13/02/2011 19:00	1208	3.77	3590
13/02/2011 20:00	938	13/02/2011 20:00	1209	3.79	3650
13/02/2011 21:00	940	13/02/2011 21:00	1209	3.79	3710
13/02/2011 22:00	941	13/02/2011 22:00	1210	3.77	3770
13/02/2011 23:00	940	13/02/2011 23:00	1211	3.78	3830
14/02/2011 00:00	940	14/02/2011 00:00	1210	3.78	3890
14/02/2011 01:00	939	14/02/2011 01:00	1209	3.78	3950
14/02/2011 02:00	939	14/02/2011 02:00	1209	3.78	4010
14/02/2011 03:00	939	14/02/2011 03:00	1209	3.76	4070
14/02/2011 04:00	938	14/02/2011 04:00	1210	3.76	4130
14/02/2011 05:00	938	14/02/2011 05:00	1210	3.75	4190
14/02/2011 06:00	939	14/02/2011 06:00	1212	3.75	4250
14/02/2011 07:00	940	14/02/2011 07:00	1213	3.74	4310
14/02/2011 08:00	940	14/02/2011 08:00	1214	3.74	4370
14/02/2011 09:00	941	14/02/2011 09:00	1215	3.73	4430
14/02/2011 10:00	941	14/02/2011 10:00	1216	3.72	4490
14/02/2011 11:00	940	14/02/2011 11:00	1216	3.7	4550
14/02/2011 12:00	939	14/02/2011 12:00	1217	3.7	4610
14/02/2011 13:00	938	14/02/2011 13:00	1216	3.68	4670
14/02/2011 14:00	937	14/02/2011 14:00	1217	3.68	4730
14/02/2011 15:00	936	14/02/2011 15:00	1216	3.67	4790
14/02/2011 16:00	936	14/02/2011 16:00	1217	3.67	4850
14/02/2011 17:00	936	14/02/2011 17:00	1217	3.66	4910
14/02/2011 18:00	936	14/02/2011 18:00	1218	3.67	4970

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
14/02/2011 19:00	937	14/02/2011 19:00	1218	3.66	5030
14/02/2011 20:00	938	14/02/2011 20:00	1220	3.67	5090
14/02/2011 21:00	939	14/02/2011 21:00	1220	3.66	5150
14/02/2011 22:00	939	14/02/2011 22:00	1221	3.65	5210
14/02/2011 23:00	939	14/02/2011 23:00	1222	3.65	5270
15/02/2011 00:00	939	15/02/2011 00:00	1222	3.64	5330
15/02/2011 01:00	938	15/02/2011 01:00	1222	3.63	5390
15/02/2011 02:00	938	15/02/2011 02:00	1223	3.62	5450
15/02/2011 03:00	937	15/02/2011 03:00	1223	3.61	5510
15/02/2011 04:00	937	15/02/2011 04:00	1224	3.61	5570
15/02/2011 05:00	938	15/02/2011 05:00	1225	3.6	5630
15/02/2011 06:00	938	15/02/2011 06:00	1226	3.6	5690
15/02/2011 07:00	939	15/02/2011 07:00	1227	3.6	5750
15/02/2011 08:00	940	15/02/2011 08:00	1228	3.58	5810
15/02/2011 09:00	940	15/02/2011 09:00	1230	3.57	5870
15/02/2011 10:00	940	15/02/2011 10:00	1231	3.57	5930
15/02/2011 11:00	940	15/02/2011 11:00	1231	3.55	5990
15/02/2011 12:00	938	15/02/2011 12:00	1231	3.54	6050
15/02/2011 13:00	938	15/02/2011 13:00	1232	3.52	6110
15/02/2011 14:00	936	15/02/2011 14:00	1232	3.52	6170
15/02/2011 15:00	935	15/02/2011 15:00	1231	3.51	6230
15/02/2011 16:00	935	15/02/2011 16:00	1232	3.51	6290
15/02/2011 17:00	935	15/02/2011 17:00	1232	3.52	6350
15/02/2011 18:00	936	15/02/2011 18:00	1232	3.53	6410
15/02/2011	937	15/02/2011	1232	3.53	6470

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
19:00		19:00			
15/02/2011 20:00	938	15/02/2011 20:00	1233	3.52	6530
15/02/2011 21:00	938	15/02/2011 21:00	1234	3.52	6590
15/02/2011 22:00	939	15/02/2011 22:00	1235	3.51	6650
15/02/2011 23:00	939	15/02/2011 23:00	1236	3.51	6710
16/02/2011 00:00	939	16/02/2011 00:00	1236	3.5	6770
16/02/2011 01:00	938	16/02/2011 01:00	1236	3.5	6830
16/02/2011 02:00	938	16/02/2011 02:00	1236	3.49	6890
16/02/2011 03:00	937	16/02/2011 03:00	1236	3.49	6950
16/02/2011 04:00	938	16/02/2011 04:00	1237	3.48	7010
16/02/2011 05:00	938	16/02/2011 05:00	1238	3.48	7070
16/02/2011 06:00	938	16/02/2011 06:00	1238	3.47	7130
16/02/2011 07:00	938	16/02/2011 07:00	1239	3.47	7190
16/02/2011 08:00	940	16/02/2011 08:00	1241	3.46	7250
16/02/2011 09:00	940	16/02/2011 09:00	1242	3.46	7310
16/02/2011 10:00	941	16/02/2011 10:00	1243	3.45	7370
16/02/2011 11:00	940	16/02/2011 11:00	1243	3.44	7430
16/02/2011 12:00	939	16/02/2011 12:00	1243	3.43	7490
16/02/2011 13:00	938	16/02/2011 13:00	1243	3.42	7550
16/02/2011 14:00	936	16/02/2011 14:00	1242	3.42	7610
16/02/2011 15:00	936	16/02/2011 15:00	1242	3.41	7670
16/02/2011 16:00	935	16/02/2011 16:00	1242	3.41	7730
16/02/2011 17:00	936	16/02/2011 17:00	1243	3.41	7790
16/02/2011 18:00	936	16/02/2011 18:00	1243	3.42	7850
16/02/2011 19:00	938	16/02/2011 19:00	1244	3.42	7910

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
16/02/2011 20:00	938	16/02/2011 20:00	1244	3.42	7970
16/02/2011 21:00	939	16/02/2011 21:00	1245	3.41	8030
16/02/2011 22:00	939	16/02/2011 22:00	1246	3.42	8090
16/02/2011 23:00	940	16/02/2011 23:00	1246	3.4	8150
17/02/2011 00:00	939	17/02/2011 00:00	1247	3.4	8210
17/02/2011 01:00	938	17/02/2011 01:00	1246	3.4	8270
17/02/2011 02:00	938	17/02/2011 02:00	1246	3.39	8330
17/02/2011 03:00	938	17/02/2011 03:00	1247	3.38	8390
17/02/2011 04:00	937	17/02/2011 04:00	1247	3.38	8450
17/02/2011 05:00	937	17/02/2011 05:00	1247	3.38	8510
17/02/2011 06:00	939	17/02/2011 06:00	1249	3.38	8570
17/02/2011 07:00	939	17/02/2011 07:00	1249	3.38	8630
17/02/2011 08:00	940	17/02/2011 08:00	1250	3.37	8690
17/02/2011 09:00	940	17/02/2011 09:00	1251	3.36	8750
17/02/2011 10:00	940	17/02/2011 10:00	1252	3.36	8810
17/02/2011 11:00	940	17/02/2011 11:00	1252	3.35	8870
17/02/2011 12:00	939	17/02/2011 12:00	1252	3.34	8930
17/02/2011 13:00	938	17/02/2011 13:00	1252	3.33	8990
17/02/2011 14:00	937	17/02/2011 14:00	1252	3.33	9050
17/02/2011 15:00	936	17/02/2011 15:00	1251	3.32	9110
17/02/2011 16:00	936	17/02/2011 16:00	1252	3.33	9170
17/02/2011 17:00	937	17/02/2011 17:00	1252	3.33	9230
17/02/2011 18:00	937	17/02/2011 18:00	1252	3.34	9290
17/02/2011 19:00	938	17/02/2011 19:00	1252	3.33	9350
17/02/2011	939	17/02/2011	1254	3.33	9410

Barodiver		Diver		Nivel (m)	Tiempo (min)
Fecha/Hora	Presión (cm)	Fecha/Hora	Presión (cm)		
20:00		20:00			
17/02/2011 21:00	939	17/02/2011 21:00	1254	3.33	9470
17/02/2011 22:00	940	17/02/2011 22:00	1255	3.33	9530
17/02/2011 23:00	940	17/02/2011 23:00	1255	3.33	9590
18/02/2011 00:00	940	18/02/2011 00:00	1255	3.32	9650
18/02/2011 01:00	939	18/02/2011 01:00	1255	3.32	9710
18/02/2011 02:00	938	18/02/2011 02:00	1254	3.32	9770
18/02/2011 03:00	938	18/02/2011 03:00	1254	3.31	9830
18/02/2011 04:00	938	18/02/2011 04:00	1255	3.3	9890
18/02/2011 05:00	938	18/02/2011 05:00	1256	3.31	9950
18/02/2011 06:00	939	18/02/2011 06:00	1256	3.3	10010
18/02/2011 07:00	939	18/02/2011 07:00	1257	3.3	10070
18/02/2011 08:00	940	18/02/2011 08:00	1258	3.31	10130
18/02/2011 09:00	941	18/02/2011 09:00	1258	3.3	10190
18/02/2011 10:00	941	18/02/2011 10:00	1259	3.29	10250
18/02/2011 11:00	940	18/02/2011 11:00	1259	3.28	10310
18/02/2011 12:00	939	18/02/2011 12:00	1259	3.28	10370
18/02/2011 13:00	938	18/02/2011 13:00	1258	6.48	10430

**Datos Diver y Barodiver Prueba de bombeo y recuperación, Piezómetro 1,  
Padres Somascos, Prueba 4.**