

ANEXO C: HIDROGEOLOGÍA

ANEXO C: HIDROGEOLOGIA

1. General

La República de Nicaragua posee abundante recursos de agua subterránea. En el Area de Estudio que abarca las regiones II y IV, el sistema de riego depende en su mayoría de los recursos de agua subterránea.

La estructura geológica es de formación cuaternaria, con estrato de alta permeabilidad superpuesto a un estrato de baja permeabilidad, por lo que el nivel freático se recupera fácilmente por las lluvias. En Nicaragua, el agua subterránea se utiliza para uso doméstico, riego y propósito industrial como recurso principal. El potencial de agua subterránea en el Area de Estudio se estima en más de 0.011 m³/s/km², y por lo menos el volumen de 0.01 a 0.1 m³/s ha sido verificado en los pozos existentes. Actualmente los pozos han sido provistos principalmente a la relación de un pozo/km² aproximadamente. Además, para llevar a cabo el plan de desarrollo, las características del pozo, tales como su capacidad e influencia deberán ser verificados por las pruebas, así como las variaciones de las condiciones geológicas existentes.

2. Necesidad de Agua Subterránea

En el área de Telica, los recursos de agua superficial son insuficientes para el proyecto de riego en relación con el tamaño de la tierra de cultivo mencionada en el Anexo D. Para el establecimiento del proyecto en el área de Telica, es necesario utilizar los recursos de agua subterránea como suplemento en períodos pico.

En el área de El Espino, los granos básicos como el maíz, se cultivan usando el agua subterránea desde el 1971, y la tierra de cultivo de aproximadamente 100 Mz son cubiertas por tres pozos existentes. Estos pozos no están siendo utilizados en la actualidad debido al costo de operación que conlleva su utilización y por los cambios de la política actual. Como no hay ríos en el área de El Espino, la utilización de agua subterránea es inevitable para el desarrollo agrícola.

Considerando los factores mencionados arriba, es necesario determinar el volumen disponible de agua subterránea en el presente para su utilización en el Area de Estudio y formular el plan de desarrollo de agua subterránea balanceada. Sin embargo, debido a la falta de datos meteo-hidrológico/geológico a largo plazo en ambas Areas de Estudio, era imposible obtener el volumen de agua en ambas áreas. Por consiguiente, la capacidad del pozo deberá ser estimada a través de pruebas de bombeo, y el potencial será estimado por medio de un posible plan de distribución de pozos en el Area de Estudio, sin perturbar los demás pozos.

3. Pruebas de Bombeo

3.1 Selección del Pozo de Prueba

Además del Estudio de Factibilidad realizado en ambas áreas, el Estudio también abarca el monitoreo. El estudio por monitoreo cubrirá las actividades agrícolas, tales como la administración de fincas y trabajos de riego, tanto de las organizaciones

existentes como de las nuevas, cuyos resultados servirán para el fortalecimiento del plan de desarrollo y de las contramedidas a tomar.

El agua subterránea se utilizará como recurso adicional en el plan de desarrollo del área de Telica, utilizando los pozos existentes bajo las organizaciones de agricultores de la Comarca Nicolás López Roque, como se muestra en la Fig. C.3.1. A diferencia del área de Telica, el plan de desarrollo del área de El Espino requiere la utilización de agua subterránea como recurso principal. Basándose en el plan de distribución y considerando el círculo de influencia del pozo de 500m, los dos pozos, que son el pozo existente No. 3 y el pozo nuevo construido, fueron seleccionados como se muestran en la Fig. C.3.2. Las dimensiones de ambas facilidades se presentan en las Fig. C.3.3 a 3.5.

Además, el criterio para la selección del pozo se describe en el capítulo 6, Estudio Piloto, del Informe Principal.

3.2 Metodología de las Pruebas

Las pruebas de bombeo consisten en tres ensayos, del acuífero, prueba continua de extracción de caudal y la prueba de recuperación en el tiempo. Las características de estos ensayos son descritas a continuación:

(1) Prueba del Acuífero (ensayo de tasa constante)

a) Propósito

El ensayo no solamente se realiza para obtener las constantes del acuífero, como son la transmisibilidad, almacenamiento y permeabilidad, sino también para obtener condiciones y límites de los estratos del acuífero. Generalmente, estas constantes se estiman con la prueba de recuperación en el tiempo.

b) Método de la prueba

La descarga será fijada en el tiempo para el agua de bombeo, el nivel de agua estático y el tiempo se medirán en 24 horas en intervalos regulares. Después de la terminación del bombeo de 24 horas, los mismos detalles se medirán para descargas en 24 horas como se mencionó arriba.

c) Método de Análisis

Basado en el resultado de tasa constante, las constantes del acuífero como son la transmisibilidad y la permeabilidad, se estiman usando la siguiente fórmula. Además, la transmisibilidad (T) se determina comparando las fórmulas (1), (2) y (7), en la prueba de recuperación en el tiempo.

i) Método de Thies

$$\text{Transmisibilidad (T)} = Q/4\pi\Delta s \times W_u \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

Q: Tasa de bombeo (m³/día)

Δs : Extracción en un ciclo registrado
 $Wu: u=r^2S/(4Tt)$

ii) Fórmula de Jacob

$$\text{Transmisibilidad (T)} = 2.3 \times Q/4\pi\Delta s \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

Q: Tasa de bombeo (m³/día)

Δs : Extracción en un ciclo registrado

$$\text{Permeabilidad (K)} = T/L \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

T: Transmisibilidad (m³/día/m)

L: Espesor del acuífero (longitud total de la rejilla)

(2) Prueba Continua de Extracción de Caudal

a) Propósito de la Prueba

El propósito de esta prueba es obtener el valor de la descarga crítica, la capacidad específica, el factor de rendimiento y pérdida de pozo. En general, esta prueba es un ensayo de evaluación del pozo.

b) Método de la Prueba

El volumen de caudal de la prueba se especifica en cada paso. El ensayo se lleva a cabo para elevar el agua de una descarga natural en un primer paso, el ensayo continúa usando la siguiente descarga natural hasta conseguir la estabilidad del nivel dinámico del agua del primer paso. Los datos medidos por etapas se registran en una tabla logarítmica y la descarga crítica se estima de la pendiente lineal resultante.

c) Método de Análisis

En general, la descarga crítica se determina de la línea resultante de 45° entre la descarga y su extracción. Además, si no hay un punto de cambio en la tabla logarítmica la fórmula siguiente debe de aplicarse:

La eficiencia del pozo es estima usando el método de Jacob.

i) Descarga Máxima

$$\text{Rendimiento máximo (l/s)} = Q_{\max} = S_w.\max \times Q/S_w \text{ promedio} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

S_w : Extracción (m)

ii) Descarga Crítica (por la Fórmula de Sichardt)

$$\text{Descarga Crítica (l/s)} = Q_{\max} = 2.\pi.r.h.(K/15)^{0.5} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

r: Radio del encamizado

h: Longitud del encamizado

K: Permeabilidad del acuífero

iii) Método de Jacob

$$\text{Eficiencia del pozo (S)} = BQ/(BQ + CQ_2) \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

- B: Pérdida del acuífero
- C: Pérdida del pozo
- Q: Tasa de descarga (l/s)

(3) Prueba de Recuperación en el Tiempo

a) Propósito

Con esta prueba se estima las constantes del acuífero basado en el nivel de agua estático por recarga del caudal del pozo. Como se mencionó anteriormente, este ensayo es realizado junto con la prueba del acuífero.

b) Método de la Prueba

Esta prueba se comienza inmediatamente después de finalizar la prueba de tasa constante, y se lleva a cabo continuamente hasta el nivel de agua estático inicial a través de la recarga del agua.

c) Método de Análisis

Basándose en los resultados, la transmisibilidad (T) es estimada usando la siguiente fórmula. Al igual que el ensayo de tasa constante, los valores calculados se determinan comparándola con el valor de la prueba de tasa constante.

$$\text{Transmisibilidad (T)} = 0.183 \times Q/\Delta s \times \log t/t' \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

- Q: Tasa de bombeo (m³/día)
- Δs : Extracción en un ciclo registrado
- t: (min)
- t': (min)

Considerando las condiciones del pozo, la prueba de extracción debe llevarse a cabo en el pozo existente, y las demás pruebas de extracción y de tasa constante incluyendo la prueba de recuperación en el tiempo, deberán realizarse en el pozo nuevo construido.

La prueba de extracción debe realizarse durante ocho horas en total, clasificados en cuatro pasos de dos horas. La prueba de tasa constante debe llevarse a cabo con intervalos regulares de 24 horas bajo una descarga de 500gpm (1.89 m³/min), y la prueba de recuperación en el tiempo debe realizarse al igual que la prueba de tasa constante.

Estos datos de campo se muestran en las Tablas C.3.1 a 3.3.

3.3 Resultado de las Pruebas

Los resultados de la prueba de tasa constante y recuperación en el tiempo son presentados en las Fig. C.3.6 a 3.8. La transmisibilidad (T) fue obtenida por los métodos siguientes:

Método	Transmisibilidad (T)	Observación
Thies	$1.76 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Fórmula (1)
Jacob	$1.50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Fórmula (2)
Prueba de recuperación en el tiempo	$8.48 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Fórmula (7)

El agua fue bombeada por 24 horas en la prueba de tasa constante y se verificó que el nivel de agua estático fue recuperado en 1.5 horas. Este estrato del acuífero ha excedido el potencial y es inferido que el límite de altura constante o límite de recarga, existe. Por consiguiente, la transmisibilidad en esta prueba se determina como $8.48 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ de la prueba de recuperación en el tiempo.

(2) Descarga Económica Propia

Generalmente, la descarga crítica se determina como punto de cambio de la relación lineal entre la extracción y la descarga por pasos. La descarga económica propia es el 80% de la descarga crítica. El grado de inclinación varía de acuerdo con las condiciones del pozo, si el flujo es laminar o turbulento. Los resultados por pozos se presentan en las Fig. C.3.9 a 3.11.

En los pozos de El Espino, la inclinación es menor que 45° en ambos pozos, así que se deduce que la capacidad del pozo tiene un alto potencial para el bombeo. Por otro lado, la inclinación es mayor que 45° en el pozo existente en el área de Telica. No hay punto crítico en la relación. Sin embargo, como el ensayo de pozo se llevó a cabo por recarga del agua en una hora, tanto en las pruebas en Telica como en El Espino, se puede decir que el acuífero tiene un alto potencial para desarrollo más amplio.

Basado en las condiciones básicas, la descarga crítica por pozos se presentan en la siguiente tabla.

	El Espino		Telica	Observación
	Existente	Nuevo	Existente	
1) Nivel de agua estático (m)	61.282	62.456	38.300	
2) Altura de instalación (m)	25.514	16.122	-6.716	
3) Extracción (m)	35.768	46.334	45.016	Sw.max = 1)-2)
4) Diámetro del pozo (m)	0.30	0.30	0.30	
5) Longitud de la rejilla (m)	64.008	36.576	24.384	
6) Transmisibilidad (T) (m ³ /día)	732.672	732.672	-	
7) Permeabilidad (K)	11.45	20.03	-	
8) Radio (Q/S)	3.43	1.39	7.33	
Descarga Máxima (l/s)	122.68	64.4	329.97	Fórmula (4)
Descarga Crítica (l/s)	58.91	100.92	-	Fórmula (5)

Como se deduce de las pruebas de bombeo, el acuífero tiene un alto potencial, la descarga crítica debe ser estimada en el punto de la altura de instalación de la bomba con inclinación continua.

La descarga económica propia se considera como el 80% de la descarga crítica; tanto la descarga crítica como la descarga económica propia son resumidas en la siguiente tabla y los detalles son presentados en las Fig. C.3.9 a 3.11.

	Area El Espino		Area de Telica	Observación
	Existente	Nuevo	Existente	
Descarga crítica	66.35 l/s	52.28l/s	149.54l/s	
Descarga económica propia	53.08l/s	41.82l/s	119.63l/s	

Además, en el área de Telica, aunque la rejilla llega a ser el límite superior del nivel de agua en el caso de bombeo como nivel máximo, no se considera como limitación, ya que el plan de desarrollo de los nuevos pozos es contemplado.

(3) Rendimiento Específico

El rendimiento específico es la descarga por unidad de extracción, y expresa la relativa transmisibilidad del acuífero. El rendimiento específico en el área de Telica es mayor que 500m³/día/m en promedio, y se puede deducir que el área de Telica tiene una transmisibilidad superior a la de El Espino. Los resultados de las pruebas del pozo son presentados en la siguiente tabla y los detalles se muestran en las Fig. C.3.9 a 3.11.

	Area El Espino		Area de Telica
	Pozo existente	Pozo nuevo	Pozo existente
Capacidad específica (promedio)	296.20 m ³ /día/m	119.85 m ³ /día/m	663.15 m ³ /día/m

(4) Pérdida del Pozo

La pérdidas que se generan en un pozo son de dos tipos, pérdida del acuífero y pérdida del pozo. La eficiencia del pozo se estima usando la siguiente fórmula.

La relación entre la extracción y la descarga y la eficiencia del pozo son mostradas en las Fig. C.3.12 a 3.14. En el área de El Espino, la eficiencia del pozo es más alta en el pozo nuevo en comparación con el pozo existente. Además, la eficiencia del pozo del área de Telica es menor que el 20%, siendo el nivel del agua interior y exterior balanceados gradualmente. El hecho de que la pérdida del pozo es superior a la pérdida del acuífero, implica que el espaciamiento de la rejilla es muy pequeño o se encuentra obstruido por arena.

(5) Círculo de Influencia del Pozo

Para verificar el círculo de influencia del pozo, el nivel del agua en el pozo doméstico y pozos de prueba relacionados fueron medidos. Los pozos existentes están localizados a 500m desde el pozo de prueba y variaciones en el nivel de agua no fue confirmado durante las pruebas de bombeo. Por consiguiente, el círculo de influencia del pozo es estimado en 500m.

4. Recomendaciones

En este estudio, las pruebas de bombeo realizadas en tres pozos para estimar la capacidad de los pozos en las dos áreas del proyecto piloto, varios detalles como la descarga económica propia, el rendimiento específico y la pérdida del pozo fueron

clarificados. Sin embargo, como fue mencionado anteriormente, la descarga crítica fue determinada usando la relación lineal entre la extracción y la descarga, pero los valores específicos no pudieron confirmar una capa acuífera de potencial abundante.

Mientras se ejecuten los proyectos, es necesario reconfirmar la capacidad del pozo a través de las pruebas de bombeo en varios pozos en cada área. Los siguientes detalles deben ser confirmados:

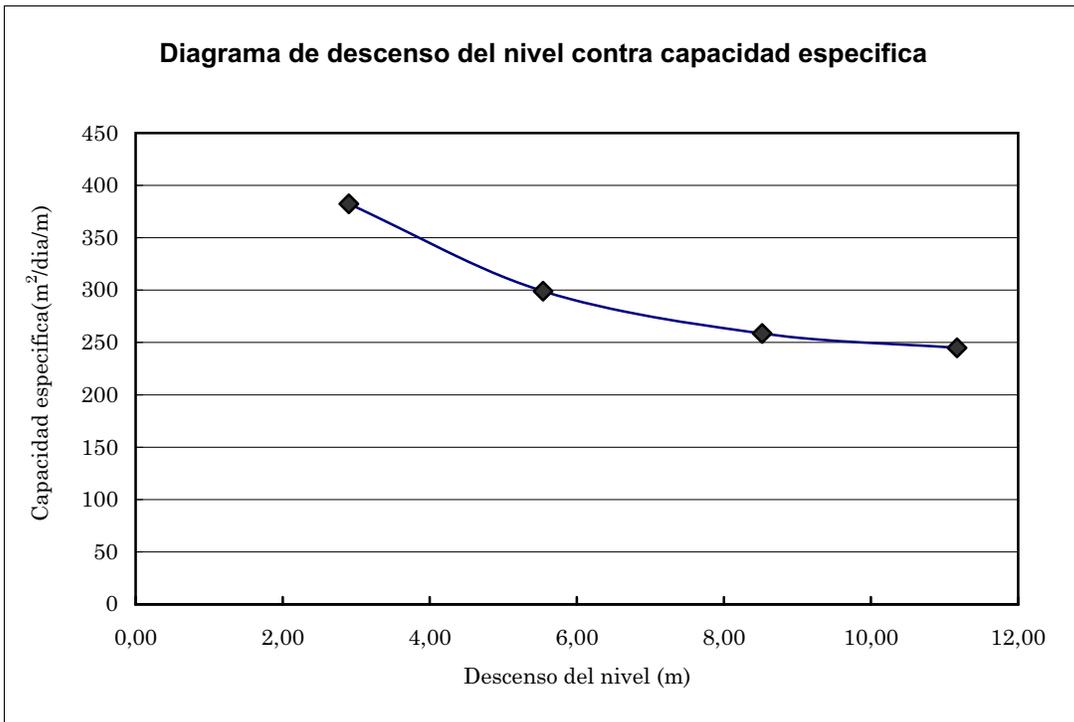
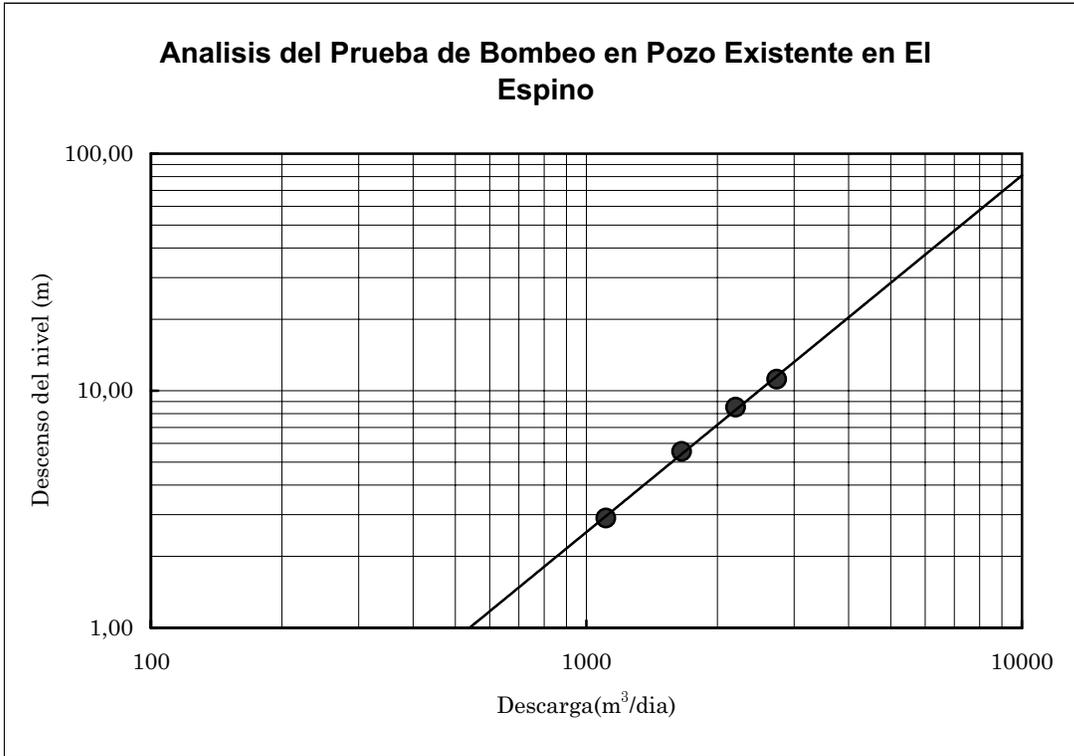
- El pozo nuevo construido para el desarrollo es operado para 20 a 24 horas en los períodos pico de riego.
- Uso simultáneo de varios pozos en un mismo tiempo.
- Características de pozos por variación de lugar.
- Falta de datos pertinentes como datos meteo-hidrológicos y geológicos.

TABLA Nivel de agua subterranea medido en un pozo domestico en El Espino

No. de POZO	Ubicacion	Dueño	Altura de instalacion	Nivel de Agua		Nivel de Agua con concreto		Profundidad (m)	Concreto (m)	hondura del Agua (m)	Notas
			El (m)	El (m)	GL (m)	GL (m)					
1	El Espino	Constantino Hdez	88.70	63.77	-24.93	-24.93	-29.83	0.00	4.90		
2	El Espino	Henry Ruiz	86.40	64.38	-22.02	-22.86	-25.40	0.84	3.38		
3	El Espino	Salomón Caballero	85.90	63.83	-22.07	-23.17	-26.72	1.10	4.65		
4	El Espino	Raquel Salgado	88.80	63.93	-24.87	-25.62	-29.49	0.75	4.62		
5	El Espino	Jucas Salgado	92.30	65.45	-26.85	-27.60	-29.67	0.75	2.82		
6	El Espino	Cruz Caballero	78.80	64.06	-14.74	-15.49	-19.40	0.75	4.66		
7	Sta. Maná	Patricia Caballero J.	78.00	64.83	-13.17	-14.10	-16.35	0.93	3.18		
8	Sta. Maná	Lorenzo Treminio	76.30	62.73	-13.57	-14.50	-16.71	0.93	3.14		
9	Sta. Maná	Fabian Cardena	74.60	64.62	-9.98	-10.80	-13.64	0.82	3.66		
10	Sta. Maná	Casmiro Arauz	82.00	64.95	-17.05	-17.31	-19.91	0.26	2.86		
11	Sta. Maná	Salvador Paiz	75.40	63.00	-12.40	-12.40	-15.36	0.00	2.96		
12	Sta. Maná	Corina Sotelo	79.79	66.79	-13.00	-13.00	-15.36	0.00	2.36		
13	Sta. Maná	Alí Pariagerh	80.00	64.00	-16.00	-16.00	-18.64	0.00	2.64		
14	Sta. Isabel	Amanda Matamosas	76.00	64.80	-11.20	-12.30	-15.32	1.10	4.12		
15	Sta. Isabel	Ísabel Castillo	79.20	64.30	-14.90	-16.50	-19.20	1.60	4.30		
16	Sta. Isabel	Rolando Brileno	86.90	67.12	-19.78	-20.03	-22.40	0.25	2.62		
17	El Espino	Coop. Pedro Altamirano (Lorenzo Relpes)	91.00	61.67	-29.33	-30.00	-36.00	0.67	6.67		
18	El Espino	Coop. Pedro Altamirano (Roman Salgado)	86.80	58.00	-28.80	-29.30	-29.30	0.50	0.50		
19	El Espino	Coop. Pedro Altamirano (Jori Hdez)	88.82	72.76	-16.06	-17.10	-20.62	1.04	4.56		
20	El Espino	Candida Casco	80.60	64.70	-15.90	-16.90	-21.41	1.00	5.51		
21	El Espino	Hermita	74.57	61.76	-12.81	-13.73	-17.06	0.92	4.25		
22	Las Lomas	Felix Martínez	74.50	63.43	-11.07	-11.80	-14.58	0.73	3.51		
23	Las Lomas	Dolman Torrez	72.00	62.45	-9.55	-10.55	-12.96	1.00	3.41		
24	Las Lomas	Elmer Salgado	72.15	62.63	-9.52	-10.55	-13.47	1.03	3.95		
25	Las Lomas	Celso Niño	72.10	64.10	-8.00	-8.55	-10.98	0.55	2.98		
26	Las Lomas	Marcelino Sotelo	71.00	64.20	-6.80	-8.00	-11.94	1.20	5.14		
27	Las Lomas	Iglesia Evangélica	72.00	62.75	-9.25	-10.20	-12.86	0.95	3.61		
28	El Espino	Simeon Paniagua	79.10	62.75	-16.35	-17.10	-17.89	0.75	1.54		
29	El Espino	Carmelo Tremino	83.20	71.27	-11.93	-12.70	-24.97	0.77	13.04		
30	El Espino	Fabian Salgado	71.30	62.80	-8.50	-9.50	-12.57	1.00	4.07		
31	La Union	Pablo Reyes	70.50	63.10	-7.40	-7.70	-10.72	0.30	3.32		
32	La Union	Tomas Carrero	71.70	62.15	-9.55	-10.70	-13.13	1.15	3.58		
33	La Union	Fidelia Carrero	63.00	57.70	-5.30	-5.90	-9.19	0.60	3.89		
34	La Union	Julio Carrero	65.50	56.46	-9.04	-9.80	-15.02	0.76	5.98		
35	La Union	Anastasia Sotelo	74.40	64.50	-9.90	-10.40	-12.65	0.50	2.75		
36	La Union	Celso Reyes	72.20	63.10	-9.10	-9.60	-12.30	0.50	3.20		
37	La Union	Alí Anbizú	75.00	63.10	-11.90	-12.60	-16.89	0.70	4.99		
38	La Union	Antonio García	73.90	65.05	-8.85	-9.55	-11.81	0.70	2.96		
39	La Union	Coop. Pedro Altamirano	No se dispone	No se dispone	No se dispone	No se dispone	No se dispone	No se dispone	No se dispone		
40	La Union	Coop. Pedro Altamirano (Manuel Ramirez)	78.00	65.90	-12.10	-12.20	-54.86	0.10	42.77		
41	La Union	Coop. Pedro Altamirano (Julio Niño)	84.00	71.95	-12.05	-12.15	-54.86	0.10	42.82		
42	La Union	Caudido Torrez	78.24	62.64	-15.60	-16.80	-19.05	1.20	3.45		
43	La Union	Luisa Breus	77.10	64.85	-12.25	-13.45	-17.04	1.20	4.79		

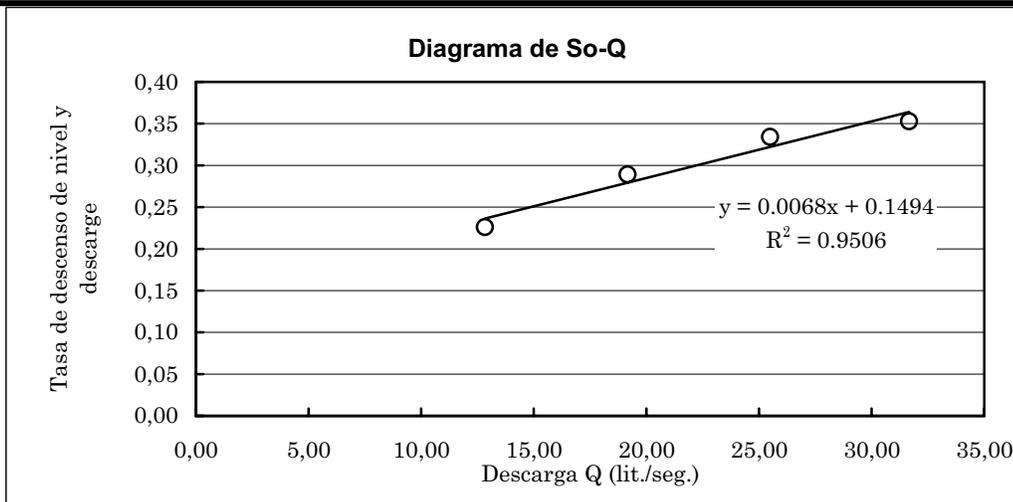
Resultados de la Prueba de Bombeo en Pozo Existente en El Espino

Etapa	Caudal			Descenso del nivel (m)	Descarga limitada		Capac. específica (m ³ /dia/m)	Factor de rendimiento (m ² /d/m/m)
	(gpm)	(m ³ /min)	(m ³ /dia)		(gpm)	(m ³ /min)		
I	203	0,77	1108,80	2,90			382,34	5,23
II	304	1,15	1656,00	5,54			298,92	4,09
III	405	1,53	2203,20	8,52			258,59	3,54
IV	502	1,90	2736,00	11,17			244,94	3,35

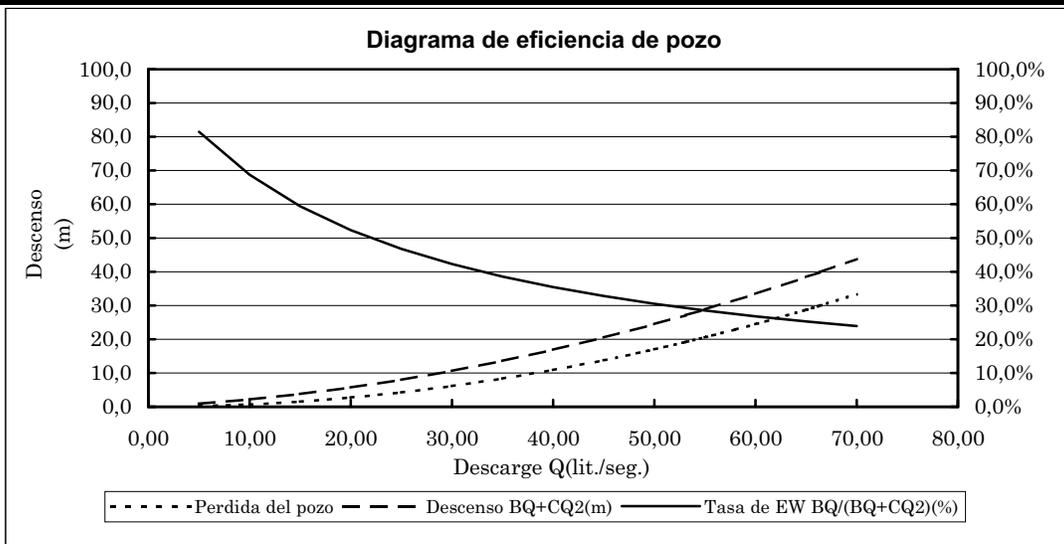


Resultados de la Prueba de Bombeo en Pozo Existente en El Espino

Etapa	Caudal			Descenso del nivel S (m)	Capac., especifica (m ³ /dia/m)	Tasa de descenso de nivel y descarga So(S/Q)
	(gpm)	(m ³ /min)	(lit./seg.)			
I	203	0,77	12,833	2,90	4,43	0,2260
II	304	1,15	19,167	5,54	3,46	0,2890
III	405	1,53	25,500	8,52	2,99	0,3341
IV	502	1,90	31,667	11,17	2,83	0,3527

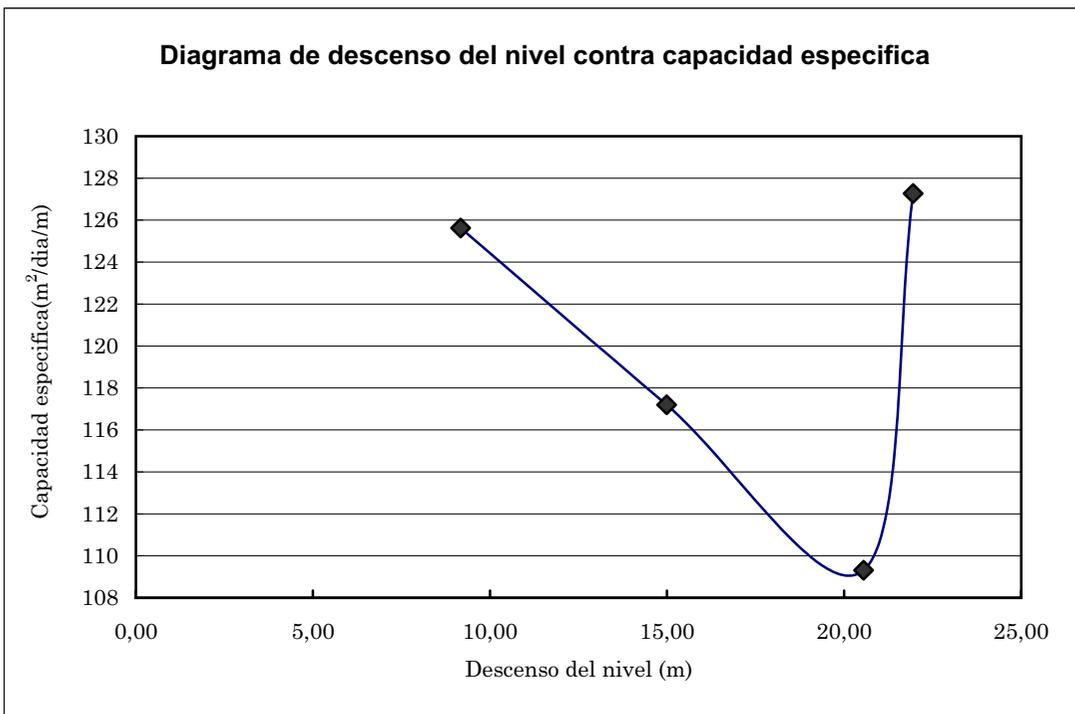
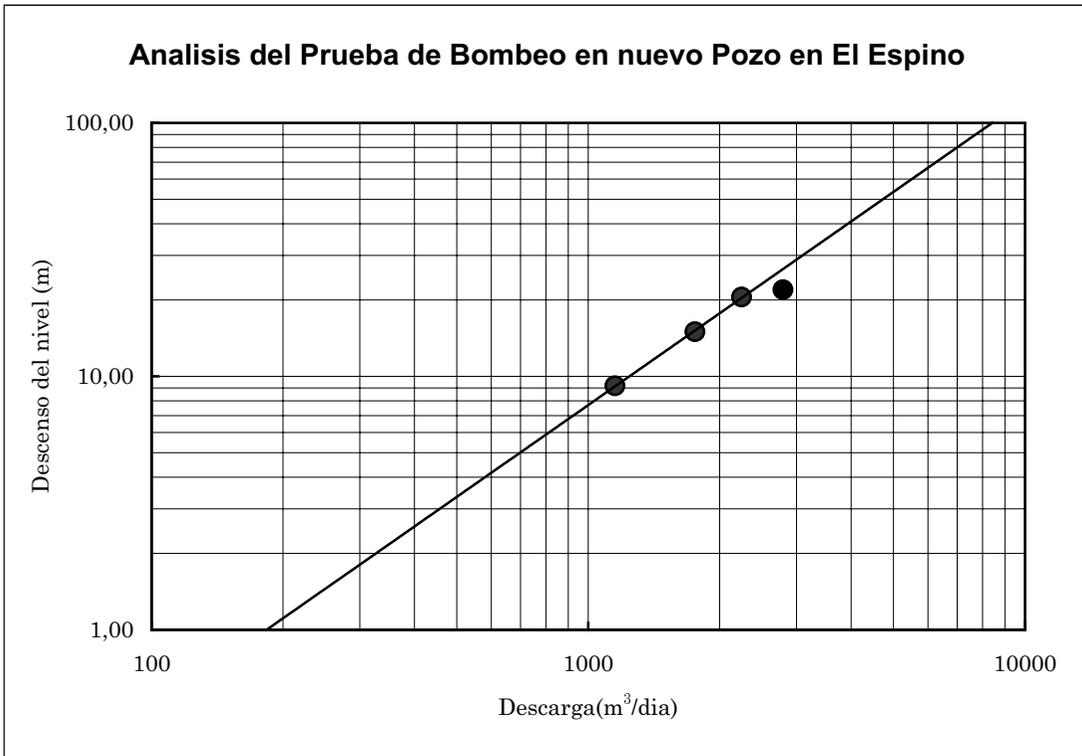


Descarga Q(l/seg)	Perdida del Acuífero BQ	Perdida CQ ² (m)	Descenso BQ+CQ ² (m)	Tasa Ew BQ/(BQ+CQ ²) (%)	Notas
5,00	0,747	0,170	0,917	81,5%	B=0.1494
10,00	1,494	0,680	2,174	68,7%	C=0.0068
15,00	2,241	1,530	3,771	59,4%	
20,00	2,988	2,720	5,708	52,3%	
25,00	3,735	4,250	7,985	46,8%	
30,00	4,482	6,120	10,602	42,3%	
35,00	5,229	8,330	13,559	38,6%	
40,00	5,976	10,880	16,856	35,5%	
45,00	6,723	13,770	20,493	32,8%	
50,00	7,470	17,000	24,470	30,5%	
53,10	7,933	19,173	27,106	29,3%	Descaega economicamente mas propia
55,00	8,217	20,570	28,787	28,5%	
60,00	8,964	24,480	33,444	26,8%	
65,00	9,711	28,730	38,441	25,3%	
66,35	9,913	29,936	39,849	24,9%	Rendimiento critico
70,00	10,458	33,320	43,778	23,9%	



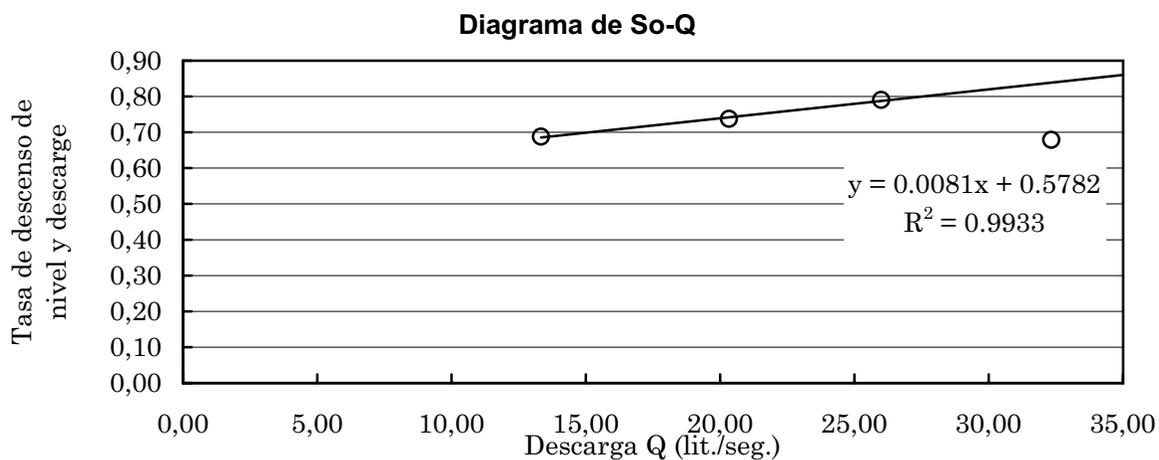
Resultados de la Prueba de Bombeo en Pozo Nuevo en El Espino

Etapa	Caudal			Descenso del nivel (m)	Descarga limitada		Capac., específica (m ³ /dia/m)	Factor de rendimiento (m ² /d/m/m)
	(gpm)	(m ³ /min)	(m ³ /dia)		(gpm)	(m ³ /min)		
I	211	0,80	1152,00	9,17			125,63	3,44
II	323	1,22	1756,80	14,99			117,20	3,2
III	412	1,56	2246,40	20,55			109,31	2,99
IV	512	1,94	2793,60	21,95			127,27	3,48

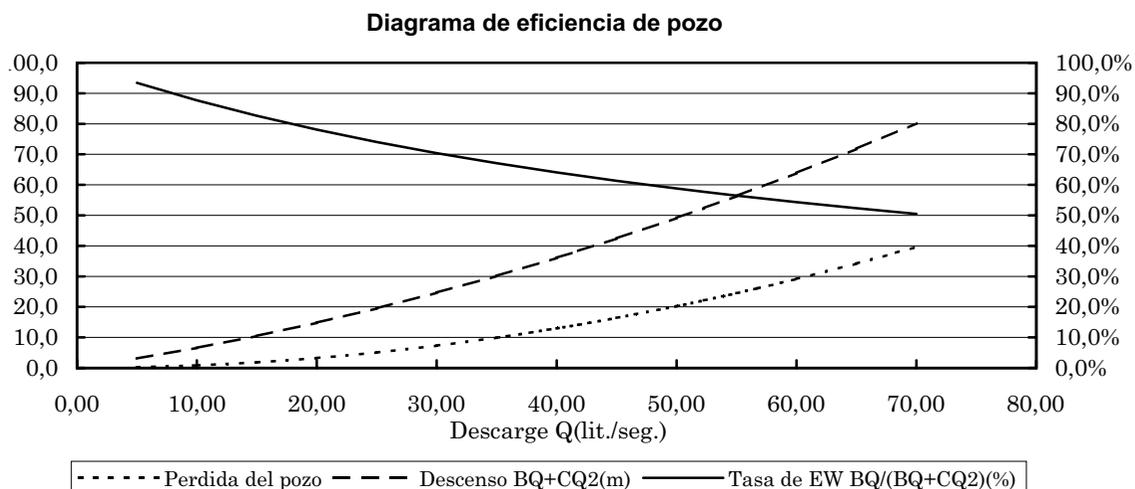


Resultados de la Prueba de Bombeo en Pozo Nuevo en El Espino

(gpm)	Caudal		Descenso del nivel S (m)	Capac., especifica (m ³ /dia/m)	Tasa de descenso de nivel y descarga So(S/Q)
	(m ³ /min)	(lit./seg.)			
211	0,80	13,333	9,17	1,45	0,6878
323	1,22	20,333	14,99	1,36	0,7372
412	1,56	26,000	20,55	1,27	0,7904
512	1,94	32,333	21,95	1,47	0,6789



Perdida del Acuífero BQ	Perdida CQ ² (m)	Descenso BQ+CQ ² (m)	Tasa Ew BQ/(BQ+CQ ²) (%)	Notas
2,891	0,203	3,094	93,4%	B=0.5.782 C=0.0081
5,782	0,810	6,592	87,7%	
8,673	1,823	10,496	82,6%	
11,564	3,240	14,804	78,1%	
14,455	5,063	19,518	74,1%	
17,346	7,290	24,636	70,4%	
20,237	9,923	30,160	67,1%	
23,128	12,960	36,088	64,1%	
24,169	14,153	38,322	63,1%	Descaega economicamente mas propia
26,019	16,403	42,422	61,3%	
28,910	20,250	49,160	58,8%	
30,228	22,139	52,367	57,7%	Rendimiento critico
31,801	24,503	56,304	56,5%	
34,692	29,160	63,852	54,3%	
37,583	34,223	71,806	52,3%	
40,474	39,690	80,164	50,5%	



Prueba de Bombeo en Pozo Existente en El Espino, Cooperativa

Fecha: 13.May.98

1) Condiciones

Localizacion: <u>Leon Finca Santa Izabel El Espino</u>	Diametro de Descarga: 6 inch
Profundidad del Pozo 89,4 m	Salida de Descarga: 5 inch
Diametro de tuberia: 12 inch	Caudal Maximo: 532 gpm
Nivel Estatico: 13 m	Hora de Inicio: 8:00AM
Columna: 160'×8"×6"	Hora Final: 5:00PM
Impulsor: 4 Modelo 10	Recuperacion: 50min

2) Resultados de la prueba de recuperacion en el tiempo

Fase	Caudal		Hora de inicio	Hora Final	Total de Horas		Nivel de Bombeo(m)	Abatimiento (m)	Notas
	(gpm)	(m3/min)			(hrs)	(min)			
I	203	0,77	8:00AM	10:00AM	2	120	15,9	2,9	
II	304	1,15	10:00AM	12:00PM	2	120	18,54	5,54	
III	405	1,53	12:00PM	2:00PM	2	120	21,52	8,52	
IV	502	1,9	2:00PM	4:00PM	2	120	24,17	11,17	
IV	532	2,01	4:00PM	4:10PM	0,17	10	24,97	11,97	
Recuperacion	-	-		4:10PM	0	0	24,97	11,97	
	-	-		4:10PM	0,08	5	13,13	0,13	
	-	-		4:15PM	0,08	5	13,02	0,02	
	-	-		4:20PM	0,17	10	13	0	
	-	-		4:30PM	0,33	20	13	0	
	-	-		4:50PM	0,17	10	13	0	
					0,83	50			

Prueba de Bombeo en Pozo Nuevo en El Espino(320'de Profundidad)

Fecha: 16.Jun.98

1) Condiciones

Localizacion: <u>Leon Finca Santa Elena. Propiedad del señor Benjamin Ruiz S.</u>	Diametro de Descarga: 6 inch
Profundidad del Pozo 97,54 m	Salida de Descarga: 5 inch
Diametro de tuberia: 12 inch	Caudal Maximo: 512 gpm
Nivel Estatico: 16,15 m	Hora de Inicio: 11:00AM
Columna: 205'×8"×6"	Hora Final: 8:00PM
Impulsor: 4 Modelo 10	Recuperacion: 60min

2) Resultados de la prueba de recuperacion en el tiempo

Fase	Caudal		Hora de inicio	Hora Final	Total de Horas		Nivel de Bombeo(m)	Abatimiento (m)	Notas
	(gpm)	(m3/min)			(hrs)	(min)			
I	211	0,80	11:00AM	1:00PM	2	120	25,32	9,17	
II	323	1,22	1:00PM	3:00PM	2	120	31,14	14,99	
III	412	1,56	3:00PM	5:00PM	2	120	36,7	20,55	
IV	512	1,94	5:00PM	7:00PM	2	120	38,1	21,95	
IV	532	2,01	7:00PM	7:00PM	0	10	38,1	21,95	
Recuperacion	-	-		7:00PM	0	0	38,1	21,95	
	-	-		7:00PM	0,08	5	17,68	1,53	
	-	-		7:05PM	0,08	5	16,99	0,84	
	-	-		7:10PM	0,17	10	16,54	0,39	
	-	-		7:20PM	0,17	10	16,33	0,18	
	-	-		7:30PM	0,5	30	15,88	-0,27	
					1	60			

Prueba de bombeo continuo

Localización **El Espino "Finca sta Elena Propiedad Benjamín Ruíz**

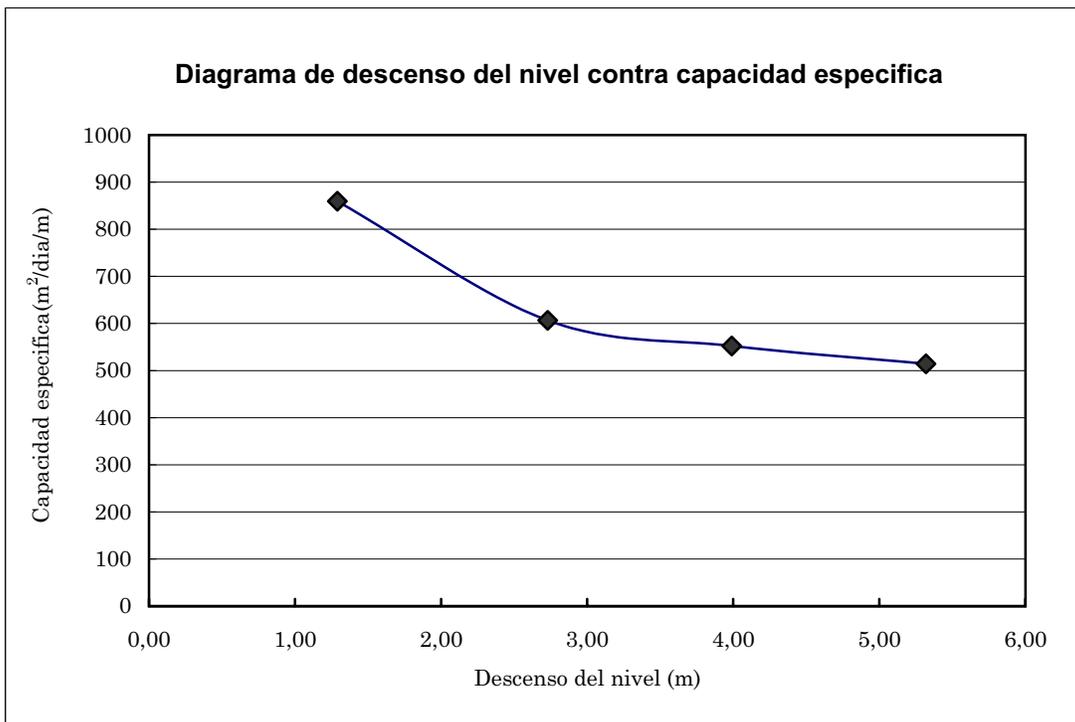
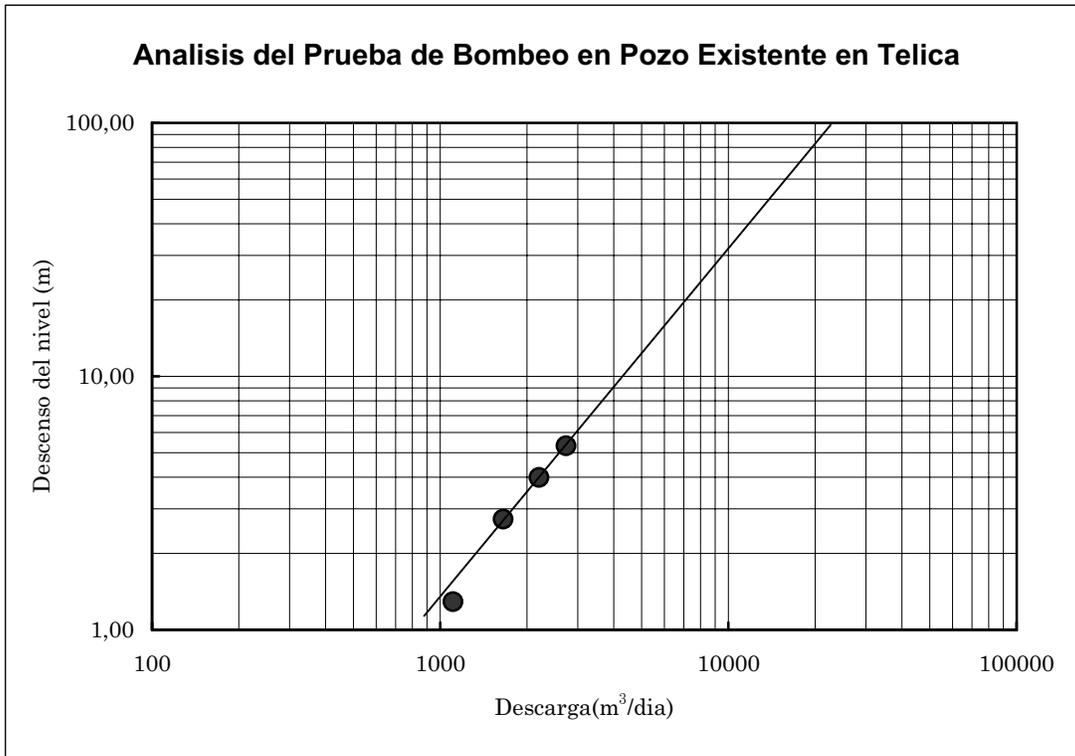
18-Jun-98

1) Diámetro de revestimiento	12"	0.30 m	6) Número de Impulsos:	4 model	10m
2) Profundidad del Pozo:	320'	97.54 m	7) Diámetro de descarga:	6"	0.15 m
3) Nivel Estático:	53.4'	16.28 m	8) Diámetro de Orificio:	5"	0.13 m
4) Diámetro de bomba:	10"	0.25 m	9) Caudal:	500 gpm	1.89 m ³ /m
5) Columna de Bomba:	205' de 6" y 8"		10) Hora inicial de Prueba:	13:00	
			Hora final de Prueba:	13:00	

A) Prueba de bombeo continuo				B) Prueba de recuperación del nivel de Agua				
Hora	e)-1 Nivel de bombeo	e)-2 Descenso	Notas	Hora	φ-1 Nivel de recuperacion	φ-2 Nivel de	φ-3 Subida	Notas
(hr)	(min)	(altura del medidor)		del nivel	(hr)	(min)	fluetuacion	
	0	16.28 m	0		0	50.78 m		
	0.5	19.51 m	3.23 m		0.5	28.04 m	22.74 m	22.74 m
	1	31.39 m	11.88 m		1	20.73 m	7.31 m	30.05 m
	1.5	36.27 m	4.88 m		1.5	20.30 m	0.43 m	30.48 m
	2	39.62 m	3.35 m		2	19.90 m	0.40 m	30.88 m
	2.5	40.90 m	1.28 m		2.5	19.39 m	0.51 m	31.39 m
	3	41.82 m	0.92 m		3	18.75 m	0.64 m	32.03 m
	3.5	43.16 m	1.34 m		3.5	18.56 m	0.19 m	32.22 m
	4	43.53 m	0.37 m		4	18.38 m	0.18 m	32.40 m
	4.5	43.46 m	-0.07 m		4.5	18.26 m	0.12 m	32.52 m
	5	43.31 m	-0.15 m		5	18.14 m	0.12 m	32.64 m
	6	43.59 m	0.28 m		6	17.71 m	0.43 m	33.07 m
	7	43.65 m	0.06 m		7	17.83 m	-0.12 m	32.95 m
	8	43.71 m	0.06 m		8	17.71 m	0.12 m	33.07 m
	9	43.65 m	-0.06 m		9	17.56 m	0.15 m	33.22 m
	10	44.17 m	0.52 m		10	17.47 m	0.09 m	33.31 m
	12	43.22 m	-0.95 m		12	17.10 m	0.37 m	33.68 m
	14	43.46 m	0.24 m		14	17.19 m	-0.09 m	33.59 m
	16	43.01 m	-0.45 m		16	16.80 m	0.39 m	33.98 m
	18	45.75 m	2.74 m		18	16.79 m	0.01 m	33.99 m
	20	46.06 m	0.31 m		20	16.98 m	-0.19 m	33.80 m
	23	47.88 m	1.82 m		23	16.79 m	0.19 m	33.99 m
	26	48.52 m	0.64 m		26	16.76 m	0.03 m	34.02 m
	29	45.75 m	-2.77 m		29	16.70 m	0.06 m	34.08 m
	30	46.15 m	0.40 m		30	16.70 m	0.00 m	34.08 m
	35	46.06 m	-0.09 m		35	16.55 m	0.15 m	34.23 m
	40	48.40 m	2.34 m		40	16.46 m	0.09 m	34.32 m
	45	47.37 m	-1.03 m		45	16.46 m	0.00 m	34.32 m
	50	46.97 m	-0.40 m		50	16.40 m	0.06 m	34.38 m
	55	48.04 m	1.07 m		55	16.37 m	0.03 m	34.41 m
	60	47.46 m	-0.58 m		1 60	16.34 m	0.03 m	34.44 m
	70	46.06 m	-1.40 m		70	16.31 m	0.03 m	34.47 m
	80	46.39 m	0.33 m		80	16.25 m	0.06 m	34.53 m
	90	46.60 m	0.21 m		90	16.22 m	0.03 m	34.56 m
	100	46.63 m	0.03 m		100			
	110	46.27 m	-0.36 m		110			
2	120	46.18 m	-0.09 m		2 120			
	140	46.21 m	0.03 m		140			
	160	46.39 m	0.18 m		160			
3	180	48.16 m	1.77 m		3 180			
	210	48.28 m	0.12 m		210			
4	240	47.98 m	-0.30 m		4 240			
5	300	48.40 m	0.42 m		5 300			
6	360	50.75 m	2.35 m		6 360			
7	420	50.38 m	-0.37 m		7 420			
8	480	50.41 m	0.03 m		8 480			
9	540	50.78 m	0.37 m		9 540			
10	600	51.30 m	0.52 m		10 600			
11	660	50.63 m	-0.67 m		11 660			
12	720	50.32 m	-0.31 m		12 720			
13	780	50.29 m	-0.03 m		13 780			
14	840	50.72 m	0.43 m		14 840			
15	900	50.32 m	-0.40 m		15 900			
16	960	50.54 m	0.22 m		16 960			
17	1020	50.81 m	0.27 m		17 1020			
18	1080	50.69 m	-0.12 m		18 1080			
19	1140	50.63 m	-0.06 m		19 1140			
20	1200	50.78 m	0.15 m		20 1200			
21	1260	50.69 m	-0.09 m		21 1260			
22	1320	50.99 m	0.30 m		22 1320			
23	1380	50.72 m	-0.27 m		23 1380			
24	1440	50.78 m	0.06 m		24 1440			

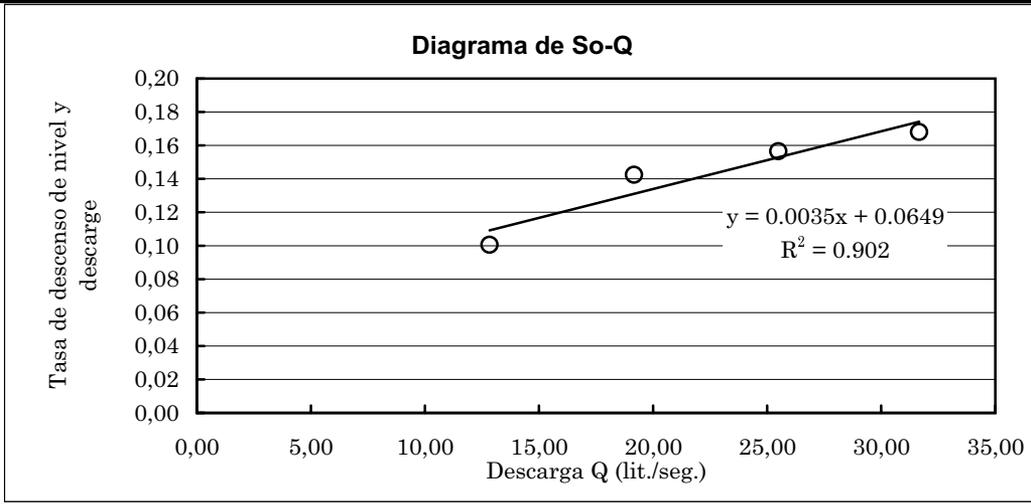
Resultados de la Prueba de Bombeo en Pozo Existente en Telica

Etapa	Caudal			Descenso del nivel (m)	Descarga limitada		Capac., específica (m ³ /dia/m)
	(gpm)	(m ³ /min)	(m ³ /dia)		(gpm)	(m ³ /min)	
I	203	0,77	1108,80	1,29			859,53
II	304	1,15	1656,00	2,73			606,59
III	405	1,53	2203,20	3,99			552,18
IV	502	1,90	2736,00	5,32			514,29

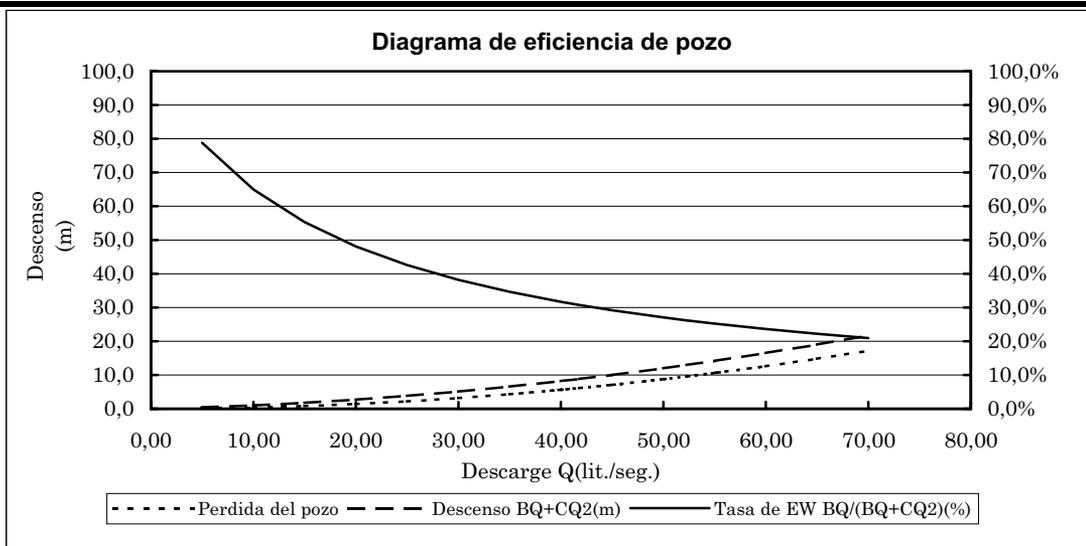


Resultados de la Prueba de Bombeo en Pozo Existente en Telica

Etapa	Caudal			Descenso del nivel S (m)	Capac., especifica (m ³ /dia/m)	Tasa de descenso de nivel y descarga So(S/Q)
	(gpm)	(m ³ /min)	(lit./seg.)			
I	203	0,77	12,833	1,29	9,95	0,1005
II	304	1,15	19,167	2,73	7,02	0,1424
III	405	1,53	25,500	3,99	6,39	0,1565
IV	502	1,90	31,667	5,32	5,95	0,1680



Descarga Q(l/seg)	Perdida del Acuífero BQ	Perdida CQ ² (m)	Descenso BQ+CQ ² (m)	Tasa Ew BQ/(BQ+CQ ²)(%)	Notas
5,00	0,325	0,088	0,412	78,8%	B=0.0649 C=0.0035
10,00	0,649	0,350	0,999	65,0%	
15,00	0,974	0,788	1,761	55,3%	
20,00	1,298	1,400	2,698	48,1%	
25,00	1,623	2,188	3,810	42,6%	
30,00	1,947	3,150	5,097	38,2%	
35,00	2,272	4,288	6,559	34,6%	
40,00	2,596	5,600	8,196	31,7%	
41,80	2,713	6,115	8,828	30,7%	Descaega economicamente mas propia
45,00	2,921	7,088	10,008	29,2%	
50,00	3,245	8,750	11,995	27,1%	Rendimiento critico
52,28	3,393	9,566	12,959	26,2%	
55,00	3,570	10,588	14,157	25,2%	
60,00	3,894	12,600	16,494	23,6%	
65,00	4,219	14,788	19,006	22,2%	
70,00	4,543	17,150	21,693	20,9%	



Prueba de Bombeo en Pozo Existente en Telica, Cooperativa "Nicolas Lopez"

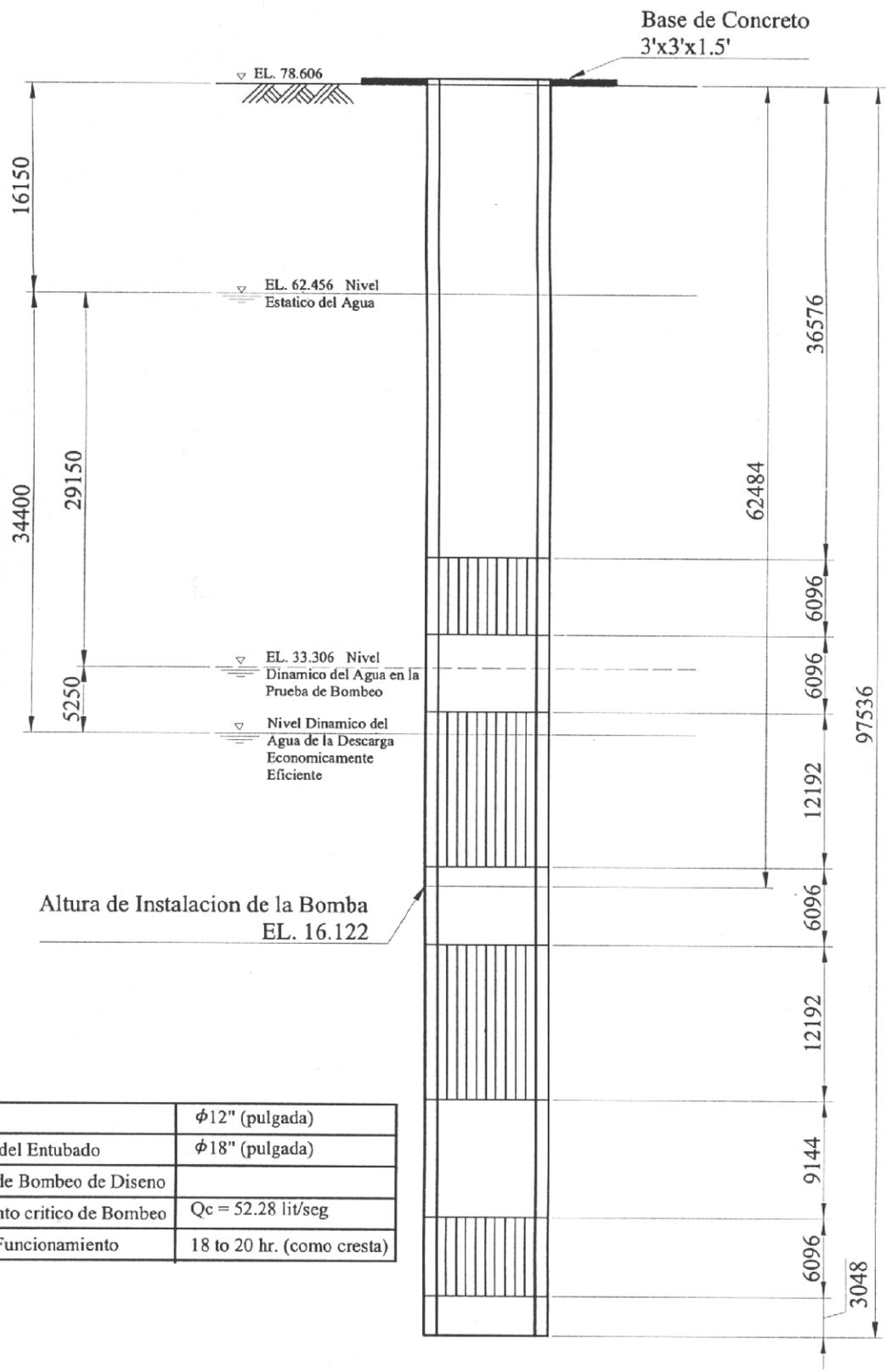
Fecha: 15.May.98

1) Condiciones

Localizacion: <u>Telica Cooperativa "Nicolas Lopez"</u>	Diametro de Descarga: 6 inch
Profundidad del Pozo: 56,3 m	Salida de Descarga: 5 inch
Diametro de tuberia: 12 inch	Caudal Maximo: 564 gpm
Nivel Estatico: 6,8 m	Hora de Inicio: 6:00AM
Columna: 120'×8"×6"	Hora Final: 3:10PM
Impulsor: 4 Modelo 10	Recuperacion: 60 min

2) Resultados de la prueba de recuperacion en el tiempo

Fase	Caudal		Hora de inicio	Hora Final	Total de Horas		Nivel de Bombeo(m)	Abatimiento (m)	Notas
	(gpm)	(m3/min)			(hrs)	(min)			
I	203	0,77	6:00AM	8:00AM	2	120	8,09	1,29	
II	304	1,15	8:00AM	10:00AM	2	120	9,53	2,73	
III	405	1,53	10:00AM	12:00PM	2	120	10,79	3,99	
IV	502	1,9	12:00PM	2:00PM	2	120	12,12	5,32	
IV	532	2,13	2:00PM	2:00PM	0	0	13,4	6,6	
	-			2:10PM		0	13,4	6,6	
Recuperacion	-		2:10PM	2:15PM	0,08	5	7,26	0,46	
	-		2:15PM	2:20PM	0,08	5	7,08	0,28	
	-		2:20PM	2:24PM	0,07	4	7,01	0,21	
	-		2:24PM	2:30PM	0,1	6	6,92	0,12	
	-		2:30PM	3:10PM	0,67	40	6,8	0	
					1	60			



Altura de Instalacion de la Bomba
EL. 16.122

Rejilla	φ12" (pulgada)
Diametro del Entubado	φ18" (pulgada)
Cantidad de Bombeo de Diseno	
Rendimiento critico de Bombeo	Qc = 52.28 lit/seg
Horas de Funcionamiento	18 to 20 hr. (como cresta)

Dimensiones del Nuevo Pozo en El Espino
Escala: V=1/500, H=Free