

<b>GUÍA: PRUEBAS DE BOMBEO</b>				
FECHA DE APLICACIÓN: 2019/10/07	CÓDIGO: GU.0130.11	VERSIÓN: 02	Página 1 de 6	
ELABORADO POR: Grupo Recursos Hídricos	REVISADO POR: Coordinador Grupo Recursos Hídricos	APROBÓ: Director Técnico Ambiental		

## 1. OBJETIVO

Definir una guía para la realización de pruebas de bombeo en pozos profundos y aljibes, como insumo del levantamiento de información hidrogeológica necesaria para la gestión del recurso subterráneo en el Valle del Cauca.

**NOTA:** Una prueba de bombeo tiene dos objetivos principales:

El primero es determinar las características hidráulicas de los acuíferos como son permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Este tipo de pruebas estudian al acuífero mismo y al pozo, más no a la bomba, son llamadas también pruebas de acuífero. Cuando se planifican y llevan a cabo correctamente estas pueden proporcionar información básica para la solución de problemas locales y aún regionales sobre el flujo del agua subterránea.

El segundo objetivo es proporcionar los datos necesarios para determinar la capacidad específica, la relación caudal-abatimiento, observar los niveles de recuperación del pozo después del cese de bombeo, con el objetivo de seleccionar el equipo de bombeo adecuado.

## 2. DEFINICIONES

No aplica.

## 3. CONTENIDO

La aplicación de esta guía es responsabilidad del Profesional Especializado del Grupo del Recurso Hídrico, y se requiere del acompañamiento de dos Técnicos Operativos. Para el desarrollo normal de la prueba, se debe contar con los siguientes elementos y herramientas para la toma de niveles y aforo de su caudal.

- Sistema de bombeo instalado.
- Cartera de campo para anotar los niveles de bombeo, abatimientos y caudales.
- Sonda eléctrica o Diver para registrar los niveles.
- Cronometro.

Para dar inicio a la prueba de bombeo, se requiere que el pozo haya estado entre 12 y 24 horas de reposo o sin bombeo. El sistema o equipo de bombeo debe ser seleccionado lo más próximo posible al caudal requerido a extraer del pozo o aljibe. Sin embargo, en muchas ocasiones, se cuenta solo con el equipo de bombeo que se encuentra instalado dentro del pozo. En caso de que se requiera estimar el nivel de bombeo para caudales mayores al registrado en la prueba, este se puede determinar por medio de la capacidad específica disminuida en un porcentaje apreciable, que se calcula de acuerdo a las características de la zona acuífera.

Posteriormente se deben tomar datos de (Tiempo Vs Niveles de bombeo), donde inicialmente se debe registrar el nivel estático y a continuación se registran los niveles medidos en los periodos de tiempo definidos en el formato Prueba de bombeo (FT 0130.21), donde se podrá observar que al inicio de la prueba los niveles de agua en el pozo bajan rápidamente, luego su descenso se va haciendo lento y por ultimo trata de estabilizarse, por este motivo, al iniciar el bombeo, las medidas se deben hacer en cortos intervalos de tiempo, luego se van espaciando en la medida en que avance la prueba. El tiempo de bombeo está condicionado a los niveles dentro del pozo, una vez se establecen con el sistema acuífero de la zona captada y paralelamente se deben registrar datos de caudal.

<b>GUÍA: PRUEBAS DE BOMBEO</b>				
FECHA DE APLICACIÓN: 2019/10/07	CÓDIGO: GU.0130.11	VERSIÓN: 02	Página 2 de 6	
ELABORADO POR: Grupo Recursos Hídricos	REVISADO POR: Coordinador Grupo Recursos Hídricos	APROBÓ: Director Técnico Ambiental		

Una vez terminada la fase de bombeo del pozo con los niveles estables, se debe apagar el sistema e inmediatamente se deben registrar los niveles de recuperación (Tiempo Vs Niveles de recuperación), hasta que estos niveles alcancen por lo menos el 90% del valor inicial del nivel estático con el cual se inició la prueba de bombeo.

**Nota:** Si a través del tiempo no se logran estabilizar los niveles de bombeo en la prueba, se debe realizar ajustes a los niveles de bombeo, por medio de una correlación logarítmica que se generan entre los datos de (Tiempo Vs Abatimiento), que muestre un coeficiente de correlación entre sus datos mayor al 90%. También el ajuste de estos niveles de bombeo se puede realizar por medio del método gráfico, graficando dichos datos (Tiempo Vs Niveles de Bombeo) y observando la tendencia de dichos niveles, simulando largos periodos de bombeo.

### 3.1 METODOLOGIAS PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL

#### Método Volumétrico

Consiste en medir el tiempo necesario para llenar un recipiente de volumen conocido.

Si un recipiente de 200 litros se llena en 50 segundos, quiere decir que el caudal del pozo es de 4 litros por segundo. Este método es preciso para medir caudales pequeños menores de 5 litros por segundo

## CALCULO DEL CAUDAL -AFORO METODO VOLUMETRICO

EJEMPLO: EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRAN TRES MEDICIONES DE CAUDAL CADA UNA SE MIDIO EL TIEMPO OBTENIDO EN UN VOLUMEN DETERMINADO.

MEDIDA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)
1	2	5	0,4
2	2	6	0,33
3	2	5	0,4
CAUDAL PROMEDIO			0,38



En el caso de realizar esta medición por el método volumétrico se deben tomar datos de tiempo de llenado a lo largo de la prueba y se debe registrar o calcular el volumen exacto con el cual se están tomando los tiempos de llenado.

#### Método del orificio circular y piezómetro

Una condición especial indispensable para este método es que la descarga del flujo del agua debe ser libre o a presión atmosférica. Un medidor o descarga piezométrica es de fácil instalación y económico, se recomienda instalarlos en todos los pozos de abastecimiento público ya que además permiten observar cómo sale el agua y tomar muestras para análisis de calidad de forma fácil.

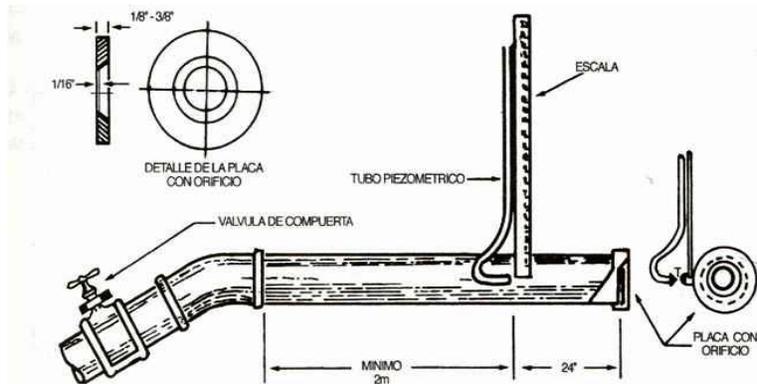
El caudal por el método del piezómetro se determina con los siguientes datos:

- Diámetro de la tubería de descarga

<b>GUÍA: PRUEBAS DE BOMBEO</b>			
FECHA DE APLICACIÓN: 2019/10/07	CÓDIGO: GU.0130.11	VERSIÓN: 02	Página 3 de 6
ELABORADO POR: Grupo Recursos Hídricos	REVISADO POR: Coordinador Grupo Recursos Hídricos	APROBÓ: Director Técnico Ambiental	

- Diámetro del orificio circular o reductor
- Altura del agua en el piezómetro

Con estos datos se va a una tabla previamente calculada para diferentes relaciones de diámetro de tubería de descarga y orificios. De acuerdo a la altura del agua en el piezómetro se lee el caudal directamente. Este método es muy preciso y fácil de controlar durante la prueba y sirve para medir grandes caudales mayores a 10 lps. En el anexo 1 de esta guía se encuentra las tablas de aforo para el cálculo del caudal por medio del método piezométrico.



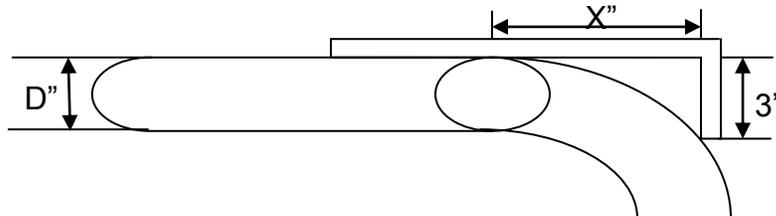
**Imagen No 1. Descarga con orificio y piezómetro**

En el caso de medir su caudal por el método piezométrico, se debe asegurar mantener el piezómetro a la misma altura a lo largo de la prueba aumentando revoluciones del motor para mantener esta condición y se debe registrar el tipo de descarga utilizada para dicha prueba. Por ejemplo, descarga de 10" x 8" se debe anexar tabla de caudales de calibración de dicha descarga.

### **Método de la escuadra**

Para medir el caudal por el método de la escuadra se requiere de un instrumento en forma de L similar al presentado en la figura, en donde el lado corto mide 4" de longitud, y el lado largo una longitud "X" marcada en pulgadas. Con la salida del flujo de agua desde una descarga horizontal, se pone el lado largo de la "L" en la parte superior de la descarga de la tubería, permitiendo que el lado corto cuelgue hacia abajo como se muestra en la figura. Deslice el lado largo L hasta que la longitud de 4" apenas toque el flujo del agua.

Por ejemplo al hacer el procedimiento anterior la distancia en el lado largo es 15" y el diámetro interno de la tubería (D) es 3", se consulta la tabla buscando 15" en la columna del extremo izquierdo (Dist. Horizontal X en pulgadas), y se mueve horizontalmente hacia las columnas de la derecha buscando el diámetro 3", encontrando que el caudal de descarga es de 183 galones por minuto. La tabla se muestra a continuación.



**Imagen No 2. Esquema registro variable X por el método de la escuadra.**

<b>GUÍA: PRUEBAS DE BOMBEO</b>				
FECHA DE APLICACIÓN: 2019/10/07	CÓDIGO: GU.0130.11	VERSIÓN: 02	Página 4 de 6	 Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
ELABORADO POR: Grupo Recursos Hídricos	REVISADO POR: Coordinador Grupo Recursos Hídricos	APROBÓ: Director Técnico Ambiental		

Distancia Horz. X (Pulg.)	Caudal de descarga (GPM)												Velocidad Promedio
	Diámetro Nominal del Tubo												
	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	
4	5.7	9.8	13.3	22.0	31.3	48.5	83.5						2.1
5	7.1	12.2	16.6	27.5	39.0	61.0	104	163					2.6
6	8.5	14.7	20.0	33.0	47.0	73.0	125	195	285				3.1
7	10.0	17.1	23.2	38.5	55.0	85.0	146	228	334	580			3.7
8	11.3	19.6	26.5	44.0	62.5	97.5	166	260	380	665	1060		4.2
9	12.8	22.0	29.8	49.5	70.0	110	187	293	430	750	1190	1660	4.7
10	14.2	24.5	33.2	55.5	78.2	122	208	326	476	830	1330	1850	5.3
11	15.6	27.0	36.5	60.5	86.0	134	229	360	525	915	1460	2200	5.8
12	17.0	29.0	40.0	66.0	94.0	146	250	390	570	1000	1600	2220	6.2
13	18.5	31.5	43.0	71.5	102	158	270	425	620	1080	1730	2400	6.9
14	20.0	34.0	46.5	77.0	109	170	292	456	670	1160	1860	2590	7.4
15	21.3	36.3	50.0	82.5	117	183	312	490	710	1250	2000	2780	7.9
16	22.7	39.0	53.0	88.0	125	196	334	520	760	1330	2120	2960	8.4
17		41.5	56.5	93.0	133	207	355	550	810	1410	2260	3140	9.1
18			60.0	99.0	144	220	375	590	860	1500	2390	3330	9.7
19				110	148	232	395	620	910	1580	2520	3500	10.4
20					156	244	415	650	950	1660	2660	3700	10.6
21						256	435	685	1000	1750	2800		11.4
22							460	720	1050	1830	2920		11.8
23								750	1100	1910	3060		12.4
24									1140	2000	3200		13.0

Tabla No 1. Valores de caudal por el método de la escuadra

**Método por medio de Medidor de caudal.**

Se debe tener instalado en la tubería de descarga del pozo un medidor de flujo ya sea mecánico o ultrasónico que reporte el caudal que extrae el pozo o en su defecto un flujómetro que registre el volumen acumulado de bombeo.

En el caso de medir su caudal por medio de flujómetro o medidor de flujo, se debe registrar y medir a través del tiempo los valores que registre el medidor de volumen acumulado para cada tiempo



Imagen No 2. Tipos de medidores de flujo

<b>GUÍA: PRUEBAS DE BOMBEO</b>				
FECHA DE APLICACIÓN: 2019/10/07	CÓDIGO: GU.0130.11	VERSIÓN: 02	Página 5 de 6	
ELABORADO POR: Grupo Recursos Hídricos	REVISADO POR: Coordinador Grupo Recursos Hídricos	APROBÓ: Director Técnico Ambiental		

### 3.2 REGISTRO DE DATOS

Los datos se deben anotar en una hoja de reporte llamada formato Prueba de bombeo (FT 0130.21).

Las pruebas de bombeo se pueden programar a caudal constante, a RPM constante, constante o a caudal variable en varios ciclos de bombeo. Para calcular los parámetros del acuífero se hace a caudal constante y tiempos de bombeo largos (5 días), teniendo pozos de observación y para calcular los parámetros del pozo se puede hacer a RPM constante a caudal variable con tiempos relativamente cortos.

### 3.3 DURACIÓN DE LA PRUEBA.

La duración de la prueba de bombeo depende de que los niveles dinámicos se estabilicen o tiendan a estabilizar. Se recomienda, para el caso de pozos profundos recién construidos bombearlos con una duración mínima entre 48 y 72 horas de bombeo continuo y para pozos profundos existentes la duración de la prueba debe ser mínima de 24 horas continuas, registrando los niveles de recuperación de estos pozos mínimo por 4 horas continuas después del cese de bombeo. Para el caso de aljibes estos pueden tener una duración mínima de 8 horas de bombeo continua o hasta que se estabilicen los niveles dinámicos de bombeo registrando los niveles de recuperación por un periodo mínimo de 2 horas continuas.

### 3.4 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA ENTREGA DE INFORMES DE PRUEBAS DE BOMBEO ANTE CVC.

Para la entrega de informes de pruebas de bombeo ante CVC, se requiere por parte del usuario, entregar como mínimo la siguiente información básica que se relaciona a continuación.

- Suministrar información del tipo de motor, bomba, marca, potencia, profundidad de succión o profundidad donde se encuentra instalada la bomba sumergible o turbina, diámetros de descarga y anexar su respectiva curva característica de la bomba instalada.
- Presentar tabla de datos de (Tiempos Vs niveles de bombeo) con sus respectivos abatimientos, con datos del cálculo de caudal de prueba, de acuerdo al método empleado de aforo, hasta que dichos niveles de bombeo se estabilicen con el sistema acuífero de la zona.
- Presentar tabla de datos de (Tiempos Vs niveles de recuperación) hasta que dichos niveles alcancen por lo menos el 90% del valor inicial o nivel estático con el cual se inició la prueba de bombeo.
- Se debe calcular, abatimientos, capacidad específica, curva de bombeo (Caudal Vs Nivel de bombeo) con caudales cercanos al caudal de prueba, curva de Transmisividad (Tiempo Vs Abatimientos) mostrado en un gráfico semilogarítmico, aplicando las ecuaciones de flujo subterráneo para los diferentes tipos de acuíferos captados y si se conoce el número de permeables captados por el pozo, se podrá estimar la conductividad hidráulica del acuífero.

En el caso de existir un POZO DE OBSERVACION cercano al pozo de bombeo y de características similares de diseño, se podrá tomar simultáneamente datos de niveles de observación, con el objetivo de calcular el coeficiente de almacenamiento de la zona acuífera.

- Suministrar un registro fotográfico del pozo, del sistema de bombeo, de la toma de niveles y del método de aforo del caudal.
- Suministrar el perfil litológico y de revestimiento del pozo. En caso de que se desconozca su perfil, este se puede generar por medio de correlaciones estratigráficas con pozos aledaños al pozo de producción o también se puede generar dicho perfil por medio de un sondeo litológico del sitio de perforación a 2 metros a la redonda del pozo y a la profundidad estimada que tiene su revestimiento.

<b>GUÍA: PRUEBAS DE BOMBEO</b>					 Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
FECHA DE APLICACIÓN: 2019/10/07	CÓDIGO: GU.0130.11	VERSIÓN: 02	Página 6 de 6		
ELABORADO POR: Grupo Recursos Hídricos	REVISADO POR: Coordinador Grupo Recursos Hídricos		APROBÓ: Director Técnico Ambiental		

### 3.5 BIBLIOGRAFÍA

-El Agua subterránea y Los Pozos de Edward E. Johnson, Saint Paul, Minnesota. Primera edición 1975. Publicada por Johnson división UOP Inc.”

-CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC. Hidrogeología del valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y Buga. – Sonso y Buga. Informe CVC. Santiago de Cali 1977.

-Comisión nacional del agua. Jose Luis Lueghe Tamargo (Director). Coyoacan. Mexico D.F. Diciembre de 2007. www.cna.gob.mx

### 4. ANEXOS

- Anexo 1. Tabla para el cálculo de caudal (Método orificio circular).

Caudal en GPM														
Cabezas en Pulgadas	Orificio de 3"		Orificio de 4"		Orificio de 5"		Orificio de 6"		Orificio de 7"		Orificio de 8"		Cabezas en Pulgadas	
	Tubería de 4"	Tubería de 6"	Tubería de 6"	Tubería de 8"	Tubería de 6"	Tubería de 8"	Tubería de 8"	Tubería de 10"	Tubería de 10"	Tubería de 10"	Tubería de 12"	Tubería de 12"		
5	100	76	145	140	290	220	390	320				825	1100	5
5.5	104	79	153	145	293	230	394	333				860	1150	5.5
6	108	82	160	150	305	240	408	345				895	1200	6
6.5	111	85	167	155	316	250	421	358				930	1250	6.5
7	115	88	172	160	328	260	433	370				965	1300	7
7.5	119	91	179	165	339	270	446	383				1000	1350	7.5
8	122	94	185	170	350	280	458	395	600	935		1032	1400	8
8.5	125	96	190	175	361	289	471	408	617	963		1065	1440	8.5
9	128	99	195	180	372	298	483	420	633	992		1093	1480	9
9.5	130	102	200	185	383	307	495	433	650	1016		1120	1520	9.5
10	133	104	205	190	393	316	508	445	666	1040		1148	1560	10
10.5	137	107	210	195	402	324	521	458	682	1060		1172	1600	10.5
11	140	109	215	200	412	330	533	470	698	1080		1200	1635	11
11.5	143	111	220	204	421	338	545	480	713	1100		1225	1670	11.5
12	146	114	225	208	430	346	556	490	728	1120		1250	1705	12
12.5	149	116	230	212	439	354	567	500	743	1139		1277	1740	12.5
13	151	118	234	216	448	362	578	510	757	1158		1303	1775	13
13.5	154	121	239	219	457	369	589	520	771	1176		1328	1810	13.5
14	157	123	243	224	465	376	599	530	785	1194		1352	1845	14
14.5	159	126	247	227	473	383	609	540	799	1212		1376	1875	14.5
15	162	128	250	231	480	390	618	550	812	1230		1400	1905	15
15.5	164	130	254	234	488	396	627	559	825	1248		1421	1940	15.5
16	167	132	257	238	495	402	636	568	838	1266		1441	1970	16
16.5	170	134	261	241	503	408	645	577	851	1284		1460	2000	16.5
17	172	136	264	245	510	414	654	586	863	1302		1480	2030	17
17.5	175	138	268	249	517	420	663	595	875	1319		1500	2060	17.5
18	178	140	271	252	524	426	672	604	887	1336		1520	2089	18
18.5	180	142	275	256	530	432	681	612	899	1353		1540	2118	18.5
19	183	144	278	259	536	438	690	620	910	1370		1560	2146	19
19.5	185	146	282	263	542	444	699	628	922	1387		1580	2175	19.5
20	187	148	285	266	548	449	708	636	933	1404		1600	2204	20
20.5	190	150	289	270	554	455	717	643	945	1421		1620	2232	20.5
21	192	152	292	273	560	460	726	650	956	1438		1640	2260	21
21.5	195	154	295	275	566	465	735	657	968	1455		1659	2288	21.5
22	197	156	299	279	572	470	744	664	979	1471		1677	2316	22
22.5	199	158	302	282	578	475	752	671	990	1486		1695	2343	22.5
23	201	160	305	285	584	479	760	678	1001	1500		1714	2360	23
23.5	203	162	307	288	590	484	768	685	1012	1515		1732	2382	23.5
24	205	164	310	291	596	488	776	692	1022	1529		1750	2409	24
24.5	207	165	314	294	602	492	784	699	1033	1543		1767	2435	24.5
25	210	167	317	297	608	496	791	706	1043	1557		1783	2461	25
25.5	212	169	320	300	614	500	798	713	1059	1571		1799	2487	25.5
26	214	171	323	303	620	504	803	720	1064	1585		1815	2513	26
26.5	216	173	326	305	626	508	812	727	1074	1599		1830	2539	26.5
27	219	174	329	308	632	512	818	734	1084	1613		1845	2565	27
27.5	221	176	332	311	638	516	825	741	1094	1627		1860	2590	27.5
28	222	177	335	314	644	520	831	747	1104	1641		1875	2610	28
28.5	224	179	337	317	650	524	838	754	1114	1655		1890	2630	28.5
29	226	180	340	320	656	528	844	760	1124	1669		1905	2650	29
29.5	228	182	343	323	662	532	851	767	1134	1683		1920	2670	29.5
30	230	183	346	325	668	536	857	773	1143	1697		1935	2690	30
30.5	232	185	348	328	674	540	863	780	1153	1711		1950	2713	30.5
31	235	186	351	330	680	544	869	786	1162	1725		1965	2736	31
31.5	236	188	354	333	686	548	876	793	1172	1739		1980	2759	31.5
32	239	189	357	335	692	552	882	799	1181	1753		2005	2782	32
32.5	240	191	360	338	697	556	889	806	1191	1767		2020	2805	32.5
33	242	192	363	340	703	560	895	812	1200	1791		2040	2828	33
33.5	244	194	366	342	709	564	901	818	1209	1790		2050	2850	33.5
34	246	195	369	345	715	568	907	824	1218	1809		2069	2873	34
34.5	248	196	372	347	720	572	913	830	1227	1823		2075	2896	34.5
35	250	197	375	349	726	575	919	835	1235	1837		2090	2919	35
35.5	252	199	377	351	732	580	925	842	1243	1851		2100	2941	35.5
36	254	200	380	354	737	584	931	848	1251	1865		2112	2964	36
36.5	256	201	383	356	742	588	937	852	1259	1879		2124	2980	36.5
37	257	203	385	358	748	592	943	857	1266	1893		2138	3002	37
37.5	259	204	388	360	754	596	949	862	1274	1907		2148	3024	37.5