

## **Especificaciones Técnicas Especiales**

**PARA LA PROVISION E INSTALACION DEL EQUIPO DE BOMBEO**

**CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE CHARAÑA**

<b>Localidad</b>	<b>CHARAÑA</b>
<b>Gobierno Autónomo Municipal de</b>	<b>CHARAÑA</b>
<b>Departamento</b>	<b>La Paz</b>

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

## ITEM 1.1

### (BOMBA SUMERGIBLE MULTICELULAR) SP 17-13 EQUIPO DE BOMBEO

#### ITEM 1.10

### ACCESORIOS DE INSTALACION BOMBA

#### **Definición de la actividad**

Este ítem se refiere a la provisión e instalación de equipos de bombeo FOTOVOLTAICO que serán utilizados para la explotación de las aguas subterráneas de pozos profundos, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o indicaciones del Supervisor.

#### **Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo**

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos de bombeo.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

#### **Procedimiento para la ejecución**

- [1] El CONTRATISTA debe verificar que la bomba cumpla con las condiciones de operación como altura dinámica total de bombeo, caudal requerido, tensión de servicio, longitud de columna de bomba, estas características deben ser las mismas que las especificadas en el formulario de propuestas.
- [2] El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

Curvas características certificadas de la electrobomba a suministrar: Caudal vs. Presión, eficiencia, potencia y NPSH.

Características como marca, modelo, potencia, velocidad, ciclaje, dimensiones, altura dinámica total, velocidad de giro, aislamiento, según las siguientes características:  
Bomba sumergible multicelular para suministro de agua sin tratar, descenso del nivel freático y aumento de presión.

Motor trifásico del tipo encapsulado con protección contra arena, cojinetes lubricados por el líquido y diafragma compensador de presión.

Líquido:

Líquido Bombeado	Agua
Densidad	998.2 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática	1 mm <sup>2</sup> /s

Técnico:

Velocidad para datos de Bomba	2900 rpm
Caudal nominal	17 m <sup>3</sup> /h
Cierre mecánico del motor	CER/CARBON
Tolerancia de Curva	ISO 9906:2012 Grade 3B

- [3] El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de tres años, para los motores de las bombas.
- [4] Para el pozo profundo, la longitud de la columna de la bomba se considerará desde el borde del tazón superior de descarga, hasta la brida superior del tubo de la columna más próxima al codo de descarga.
- [5] El SUPERVISOR, debe verificar que la variación máxima en el comportamiento operativo de la bomba, no debe ser mayor al 5 % de las condiciones solicitadas.
- [6] El CONTRATISTA, debe verificar que la caída de tensión en el cable de alimentación del equipo no será mayor del 3 %.
- [7] La electrobomba debe suministrarse con camiseta de refrigeración, en previsión a su instalación frente a filtros y asegurar la refrigeración del motor. Debe ser ubicado en posición superior a los filtros del pozo.
- [8] El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo, que como referencia se cita los siguientes componentes: Cuerpo de impulsores, motor eléctrico, cables eléctricos, columna de descarga, curva de descarga.

### **Medición**

Los equipos de bombeo FOTOVOLTAICO serán medidos por pieza debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

## **ITEM 1.2**

### **INVERSOR SOLAR RSI 9200**

#### **Definición de la actividad**

Este ítem se refiere a la provisión e instalación del equipo INVERSOR para el sistema de bombeo FOTOVOLTAICO que serán utilizados para la explotación de las aguas subterráneas de pozos profundos, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o indicaciones del Supervisor.

De Acuerdo a las siguientes características:

Líquido:

Líquido bombeado: Agua

Temp. Líquido: 20 °C

Densidad: 998.2 kg/m<sup>3</sup>

Instalación:

Rango de temperaturas ambientes: -10 15 °C

Humedad relativa: 95 %

Datos eléctricos:

Potencia de entrada - P1: 5.5 kW

Fase: 3

Grado de protección (IEC 34-5): IP41

Vol. output AC: 380 V

Vol. input DC: 750 V

Curr. Output AC: 18 I

Otros:

Peso neto: 7.7 kg

Peso bruto: 10 kg

#### **Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo**

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos de bombeo.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

#### **Procedimiento para la ejecución**

[9] El CONTRATISTA debe verificar que el equipo inversor cumpla con las condiciones de operación total de bombeo, caudal requerido, tensión de servicio, longitud de columna de bomba, estas características deben ser las mismas que las especificadas en el

formulario de propuestas.

- [10] El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

- [11] El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de tres años.

- [12] El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo, que como referencia se cita los siguientes componentes: Cuerpo de impulsores, motor fotovoltaico, cables eléctricos, columna de descarga, curva de descarga.

### **Medición**

Los equipos de bombeo FOTOVOLTAICO serán medidos por pieza debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

### **ITEM 1.3**

### **SENSOR DE PARADA EN SECO**

### **ITEM 1.4**

### **PRESOSTATO**

### **ITEM 1.5**

### **KID DE EMPALME**

#### **Definición de la actividad**

Este ítem se refiere a la provisión e instalación del equipo SENSOR DE PARA EN SECO, PRESOSTATO y KID DE EMPALME para el sistema de bombeo FOTOVOLTAICO que serán utilizados para la explotación de las aguas subterráneas de pozos profundos, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o indicaciones del Supervisor.

De Acuerdo a las siguientes características:

Potencia de entrada - P1: 5.5 kW

Fase: 3

Grado de protección (IEC 34-5): IP41

Vol. output AC: 380 V

Vol. input DC: 750 V

Curr. Output AC: 18 I

#### **Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo**

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos de bombeo.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

#### **Procedimiento para la ejecución**

[13] El CONTRATISTA debe verificar que el equipo inversor cumpla con las condiciones de operación total de bombeo, caudal requerido, tensión de servicio, longitud de columna de bomba, estas características deben ser las mismas que las especificadas en el formulario de propuestas.

[14] El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

[15] El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de

tres años, para los motores de las bombas.

[16] El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo, que como referencia se cita los siguientes componentes: Cuerpo de impulsores, motor fotovoltaico, cables eléctricos, columna de descarga, curva de descarga.

### **Medición**

Los equipos de bombeo FOTOVOLTAICO serán medidos por **pieza** debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

<b>SENSOR DE PARADA EN SECO</b>	<b>pza</b>
<b>PRESOSTATO</b>	<b>pza</b>
<b>KIT DE EMPALME 3M</b>	<b>pza</b>

### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

## **ITEM 1.6**

### **PANEL SOLAR 280 W**

#### **Definición de la actividad**

Este ítem se refiere a la provisión e instalación del PANEL SOLAR de 280W para el sistema de bombeo FOTOVOLTAICO que serán utilizados para la explotación de las aguas subterráneas de pozos profundos, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o indicaciones del Supervisor.

De Acuerdo a las siguientes características:

Tipo de Celda	Polycrystalline Silicón
Cell Size (mm)	156x156 mm
Módulo de Eficiencia	14.4%
Configuración de la Celda	72 ( 6x12)
Medidas del Módulo	1957x992x50mm
Peso por Pieza	28.0 kg
Poder Máximo	280w

#### **Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo**

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos de bombeo.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

#### **Procedimiento para la ejecución**

[17] El CONTRATISTA debe verificar que el paquete de paneles cumpla con las condiciones de operación total de bombeo, caudal requerido, tensión de servicio, longitud de columna de bomba, estas características deben ser las mismas que las especificadas en el formulario de propuestas.

[18] El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

Curvas características certificadas de la electrobomba a suministrar: Caudal vs. Presión, eficiencia, potencia y NPSH.

[19] El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de

tres años.

[20] El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo, que como referencia se cita los siguientes componentes: Cuerpo de impulsores, motor fotovoltaico, cables eléctricos, columna de descarga, curva de descarga.

### **Medición**

Los equipos de bombeo FOTOVOLTAICO serán medidos por pieza debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

# ITEM 1.7

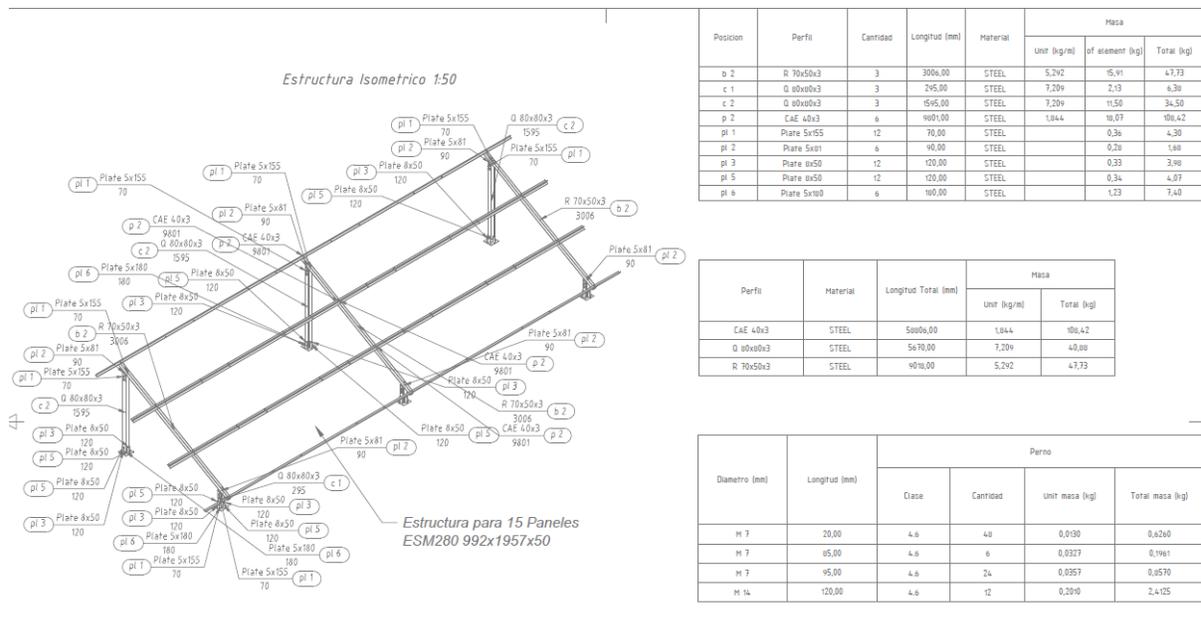
## ESTRUCTURAS PARA 15 PANELES SOLARES TIPO

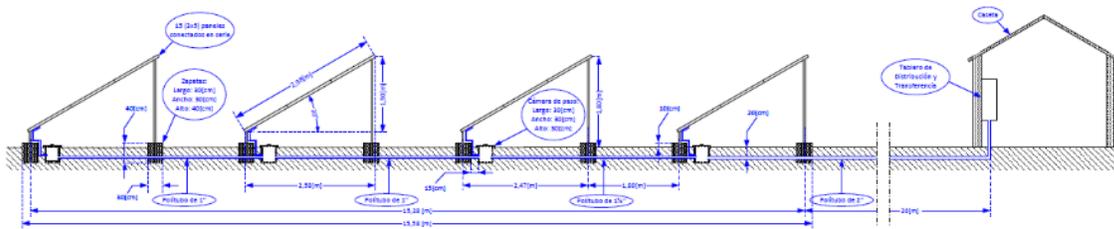
# ITEM 1.9

## ACCESORIOS DE MONTAJE PANELES

### Definición de la actividad

Este ítem se refiere a la provisión e instalación del ESTRUCTURAS para la instalación de los paneles FOTOVOLTAICOS, complementados por las estructuras de H°C° para apoyo y anclaje, más los accesorios de montaje que serán utilizados para la explotación de las aguas subterráneas de pozos profundos, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o indicaciones del Supervisor. De acuerdo a las siguientes características:





## Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

## Procedimiento para la ejecución

[21] El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

[22] El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de tres años.

## Medición

Los equipos de bombeo FOTOVOLTAICO serán medidos por pieza y glb debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

**ESTRUCTURA PARA 15 PANELES**

**PZA**

**ACCESORIOS DE MONTAJE PANELES**

**GLB**

## Forma de pago

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

## **ITEM 1.8** **ZAPATAS DE 0.30X0.30X0.40 ANCLAJE DE ESTRUCTURAS** **PANELES**

### **HORMIGON CICLOPEO (H 17.5 - 50 P.D)**

#### **Definición**

Este ítem se refiere a la construcción de elementos de una obra en hormigón ciclópeo H17.5 c/50 PD. Los porcentajes a utilizarse de piedra desplazadora y hormigón simple como también la dosificación del hormigón serán aquellos que se encuentren establecidos en los planos de diseño, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del SUPERVISOR de Obra.

Para la ejecución del ítem, el contratista deberá disponer de personal calificado para la correcta ejecución de los trabajos.

#### **Materiales, Equipo y Herramientas**

Las piedras serán de buena calidad, pertenecer al grupo de las graníticas, estar libre de arcillas y presentar una estructura homogénea y durable. Estarán libres de defectos que alteren su estructura, sin grietas y sin planos de fractura o desintegración y sus dimensiones serán tales que las de mayor dimensión queden en la base y las menores en la parte superior.

#### **Materiales, Herramientas y Equipo**

##### **Piedra**

La piedra a utilizarse deberá reunir las siguientes características:

Ser de buena calidad, estructura homogénea, durable y de buen aspecto.

Debe ser libre de defectos que afecten sus propiedades mecánicas, sin grietas ni planos de fractura.

Libre de arcillas, aceites y substancias adheridas o incrustadas

No debe tener compuestos orgánicos

El tamaño mínimo de la unidad pétreo será de 15 cm por lado,

##### **Cemento**

EL Cemento utilizado será Cemento Portland de tipo Normal de calidad y condición aprobadas, cuyas características satisfagan las especificaciones de las NORMAS BOLIVIANAS (NB 2.1 – 001 hasta N.B. 2.1 – 014 Y NB 001)

Se deberá utilizar un solo tipo de cemento, excepto, cuando se justifique la necesidad de empleo de otros tipos, siempre que cumplan con las características y calidad requeridas para el uso destinado, o cuando el Supervisor de Obra lo autorice en forma escrita.

El Cemento se debe almacenar en condiciones que lo mantengan fuera de la intemperie y de la humedad, es decir, se debe guardar en un lugar seco, abrigado y cerrado, quedando constantemente sometido a examen por parte del Supervisor de Obra.

Las bolsas de cemento almacenadas, no deben ser apiladas en pilas mayores a 10 unidades.

Todo cemento que presente grumos o cuyo color esté alterado será rechazado y deberá retirarse de la obra, así mismo el cemento que haya sido almacenado por el Contratista por un período de más de 60 días, necesitará la aprobación del Supervisor, antes de ser utilizado en la obra.

El cemento a ser empleado deberá cumplir con la calidad requerida según los ensayos de finura de molido, peso específico, fraguado, expansión y resistencia, pudiendo ser exigida su comprobación por el Supervisor de Obra.

## **Arena**

Los Áridos finos para el hormigón se compondrán de arenas naturales y deberán estar compuestas por partículas duras, resistentes y durables, exentas de sustancias perjudiciales tales como escorias, arcillas, material orgánico u otros:

Tampoco contendrán porcentajes mayores a:

Substancias Nocivas	% de peso
Terrones de Arcilla	1
Carbón y Lignito	1
Material que pasa al tamiz N° 200	5
Otras substancias nocivas: mica, álcalis, pizarra, partículas blancas	1

La arena sometida al ensayo de durabilidad en una solución de sulfato de sodio-según el método AASHTO T-104, después de 5 ciclos de ensayo, no debe sufrir una pérdida de peso superior al 10%.

Las probetas de mortero preparadas con la arena a utilizarse deberán tener más resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de lo especificado por la norma.

Con el objeto de controlar el grado de uniformidad se determinará el módulo de fineza en muestras representativas de los yacimientos de arena.

Los yacimientos de arena a ser utilizados por el Contratista, deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra, en base a los resultados que arrojen los ensayos realizados en muestras representativas de cada yacimiento.

Se rechazarán de forma absoluta las arenas de naturaleza granítica alterada (caolinización de los feldespatos).

## **Agua**

El agua a emplearse en la preparación del mortero, deberá ser limpia y libre de sustancias perjudiciales, tales como aceites, sales ácidos, álcalis o materiales orgánicos. No se permitirá el empleo de aguas estancadas procedentes de pequeñas lagunas o aquellas que provengan de pantanos o ciénagas. Tampoco podrán utilizarse aguas servidas o aguas contaminadas provenientes de descargas de alcantarillado sanitario.

Los encofrados serán de madera y serán construidos con la rigidez suficiente para prevenir deformaciones debidas a la presión del hormigón ciclópeo y otras cargas accidentales

durante la construcción. Deberán ser igualmente impermeables y acorde con las líneas y pendientes señaladas en los planos.

Para la elaboración del hormigón deberá cumplirse con las exigencias establecidas en la Norma Boliviana del Hormigón CBH-87.

### **Procedimientos de Ejecución**

No se colocará ninguna mampostería sin que previamente se hayan inspeccionado las zanjadas destinadas a recibirla para cerciorarse de que el fondo está bien nivelado y compactado.

Las piedras serán previamente lavadas y humedecidas al momento de ser colocadas en la obra y deberán descansar en todas sus superficies planas de asiento hacia abajo sobre la base de mortero, las mismas que se colocarán por capas, y siguiendo el mismo procedimiento indicado antes para lograr una efectiva trabazón vertical y horizontal.

Se deberá tener cuidado que el mortero penetre en forma completa en los espacios entre piedra y piedra, valiéndose para ello de golpes con varillas de fierro.

El CONTRATISTA deberá prever la disposición de piedras para la trabazón separadas a 50 cm. como máximo.

Las dimensiones de los cimientos deberán ser de acuerdo a los planos de diseño.

El hormigón se compactará mediante barretas o varillas de fierro.

El Contratista mantendrá el hormigón húmedo y protegido contra los agentes atmosféricos que pudieran perjudicarlo.

El vaciado se realizará por capas de 20 cm. de espesor, dentro de las cuales se colocarán las piedras desplazadoras, cuidando que entre piedra y piedra exista suficiente espacio para que sean completamente cubiertas por el hormigón.

### **Colocación del Hormigón en Tiempo Frío**

Excepto cuando medie una autorización escrita específica del Supervisor de Obra, las operaciones de colocación del hormigón se deberán suspender cuando la temperatura del aire en descenso a la sombra y lejos de fuentes artificiales de calor, baje a menos de 5°C y no podrán reanudarse hasta que dicha temperatura del aire en ascenso a la sombra y alejada de fuentes de calor artificial, alcance a los 5°C.

Cuando se tenga una autorización escrita específica para permitir la colocación del hormigón cuando la temperatura esté por debajo de la citada, el Contratista deberá proveer un equipo para calentar los agregados y el agua y podrá utilizar cloruro de calcio como acelerador, cuando la autorización así lo establezca.

El Contratista proveerá un equipo de calentamiento capaz de producir un hormigón que tenga una temperatura de por lo menos 10° C y no mayor de 32°C en el momento de su colocación en o entre los moldes. El uso de cualquier equipo de calentamiento o de cualquier método en tal sentido, depende de la capacidad de dicho sistema de

calentamiento para permitir que la cantidad requerida de aire puede ser incluida en el hormigón para el cual se haya fijado tales condiciones. Los métodos de calentamiento que alteren o impidan la entrada de la cantidad requerida de aire en el hormigón no deberán utilizarse. El equipo calentará los materiales uniformemente y excluirá la posibilidad de que se produzcan zonas sobrecalentadas que puedan perjudicar a los materiales. Los agregados y el agua utilizada para la mezcla no deberán calentarse más allá de los 66°C. No se utilizarán materiales helados o que tengan terrones de material endurecido.

Los agregados acopiados en caballetes podrán ser calentados por medio de calor seco o vapor cuando se deje pasar tiempo suficiente para el drenaje del agua, antes de llevar los agregados a las tolvas de dosificación. Los agregados no deberán ser calentados en forma directa con llamas de gas o aceite o gas ni colocarlos sobre chapas calentadas con carbón o leña. Cuando se calienten los agregados en tolvas solo se permitirá el calentamiento con vapor o agua por serpentines, excepto cuando el Supervisor juzgue que se puedan usar otros métodos no perjudiciales para los agregados. El uso de vapor pesado duramente o a través de los agregados en las tolvas, no será autorizado.

Cuando se permita el empleo de cloruro de calcio dicho elemento se empleará en forma de solución, la misma no deberá exceder de dos litros por cada bolsa de cemento y la solución será considerada parte del agua empleada para la mezcla. Se preparará la solución disolviendo una bolsa de 45 kilos de cloruro de calcio regular tipo I, o una bolsa de 36 kilos del tipo II de cloruro de calcio concretado en aproximadamente 57 litros de agua, agregando luego más agua hasta formar 95 litros de solución. Cuando el hormigón es colocado en tiempo frío y se espera que la temperatura baje a menos de 5°C, la temperatura del aire alrededor del hormigón deberá mantenerse a 10°C o más por un periodo de 5 días después del vaciado del hormigón.

Bajo ninguna circunstancia las operaciones de colocación del concreto podrán continuar cuando la temperatura de aire sea inferior a 5°C.

### **Medición**

Los cimientos de hormigón ciclópeo de piedra desplazadora con mortero de cemento serán medidos en metros cúbicos, tomando en cuenta los volúmenes netos ejecutados y para lo cual deberá estar a conformidad del Supervisor de Obra.

### **Forma de Pago**

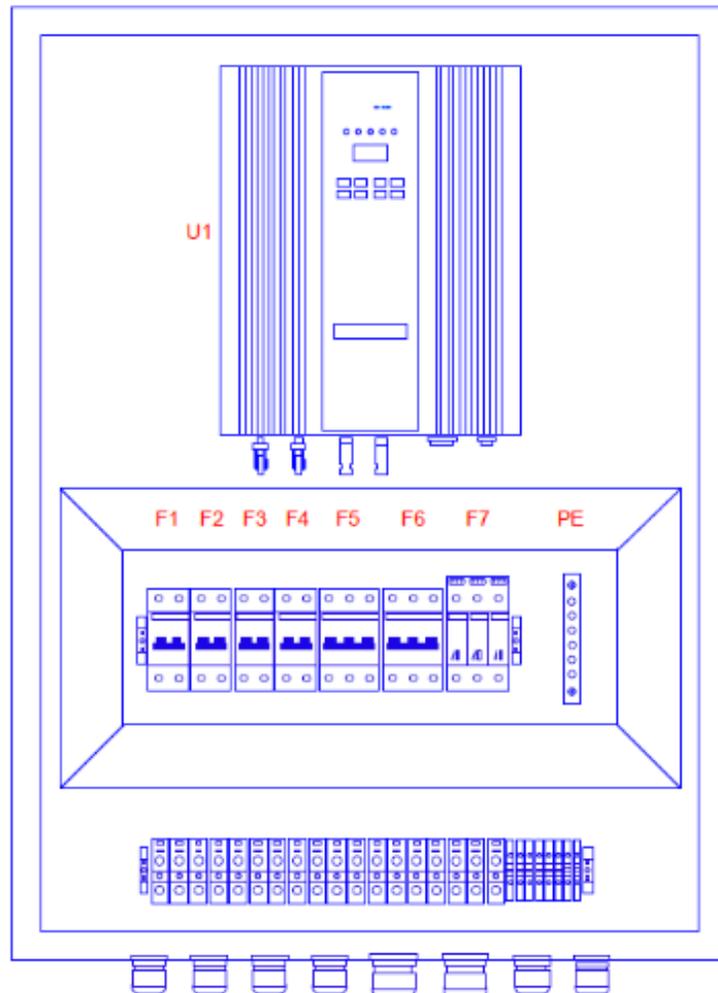
El trabajo ejecutado con materiales aprobados, en un todo de acuerdo con estas especificaciones, medido según lo previsto en el punto anterior y que cuente con la aprobación del Supervisor de Obra, será pagado al precio de la propuesta aceptada.

Dicho precio será la compensación total por todos los trabajos, materiales, herramientas, equipo, mano de obra, otros gastos directos e indirectos que incidan en su correcta ejecución.

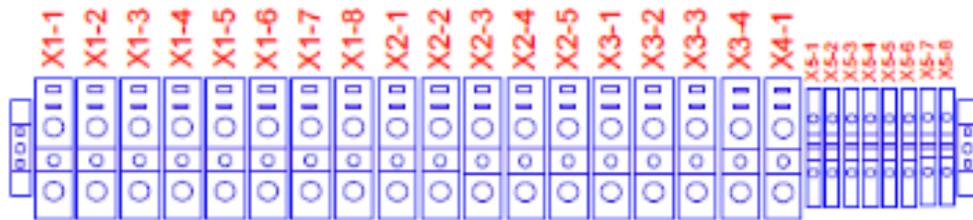
**ITEM 1.11**  
**TABLERO PROTECCION DISTRIBUCION Y TRANSFERENCIA**  
**ITEM 1.12**  
**PUESTA A TIERRA**

**Definición de la actividad**

Este ítem se refiere a la provisión e instalación del TABLERO y PUESTA A TIERRA para el sistema de bombeo FOTOVOLTAICO que serán utilizados para la explotación de las aguas subterráneas de pozos profundos, de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o indicaciones del Supervisor.  
De Acuerdo a las siguientes características:



**TABLERO DE PROTECCION, DISTRIBUCION Y TRANSFERENCIA**



#### CONEXIONES DEL ARREGLO SOLAR

X1-1: + ARREGLO SOLAR 1  
 X1-2: - ARREGLO SOLAR 1  
 X1-3: + ARREGLO SOLAR 2  
 X1-4: - ARREGLO SOLAR 2  
 X1-5: + ARREGLO SOLAR 3  
 X1-6: - ARREGLO SOLAR 3  
 X1-7: + ARREGLO SOLAR 4  
 X1-8: - ARREGLO SOLAR 4

#### CONEXIONES DE LA BOMBA

X3-1: LÍNEA U  
 X3-2: LÍNEA V  
 X3-3: LÍNEA W  
 X3-4: TIERRA

#### CONEXIÓN DEL TABLERO

X4-1: TIERRA

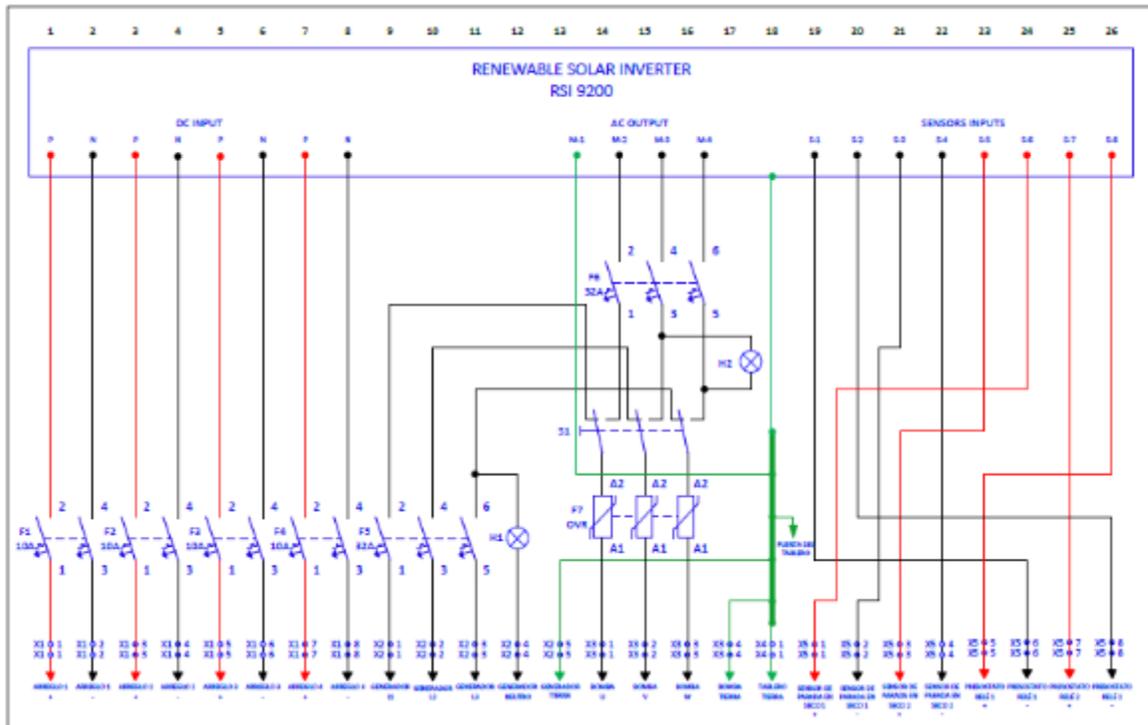
#### CONEXIONES DEL GENERADOR

X2-1: LÍNEA 1  
 X2-2: LÍNEA 2  
 X2-3: LÍNEA 3  
 X2-4: NEUTRO  
 X2-5: TIERRA

#### CONEXIONES DE SENSORES Y ALARMAS

X5-1: + SENSOR DE PARADA EN SECO 1  
 X5-2: - SENSOR DE PARADA EN SECO 1  
 X5-3: + SENSOR DE PARADA EN SECO 2  
 X5-4: - SENSOR DE PARADA EN SECO 2  
 X5-5: + RELÉ DEL PRESOSTATO 1  
 X5-6: - RELÉ DEL PRESOSTATO 1  
 X5-7: + RELÉ DEL PRESOSTATO 2  
 X5-8: - RELÉ DEL PRESOSTATO 2

### DISPOSICION DE BORNERAS



## ESQUEMA DE CONEXION

### Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos de bombeo.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

### Procedimiento para la ejecución

[23] El CONTRATISTA debe verificar que el TABLERO cumpla con lo requerido por el paquete de paneles, cumpla con las condiciones de operación total de bombeo, caudal requerido, tensión de servicio, longitud de columna de bomba, estas características deben ser las mismas que las especificadas en el formulario de propuestas.

[24] El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo

del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

[25] El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de tres años.

[26] El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo, que como referencia se cita los siguientes componentes: Cuerpo de impulsores, motor fotovoltaico, cables eléctricos, columna de descarga, curva de descarga.

### **Medición**

Los equipos de bombeo FOTOVOLTAICO (TABLERO) serán medidos por **pieza** debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

## **ITEM 1.13**

### **OTROS ACCESORIOS**

#### **Definición de la Actividad**

Este Ítem se refiere a la provisión de accesorios complementarios, como ser pernos de ajuste, cables de mayor diámetro que no se consideran en detalles específicos

#### **Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo**

Todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la provisión e instalación de los equipos de bombeo, serán proporcionados por el CONTRATISTA, de acuerdo a lo especificado y recomendado por los fabricantes o proveedores de los equipos de bombeo.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

#### **Procedimiento para la ejecución**

El CONTRATISTA debe verificar que el paquete de paneles cumpla con las condiciones de operación total de bombeo, caudal requerido, tensión de servicio, longitud de columna de bomba, estas características deben ser las mismas que las especificadas en el formulario de propuestas.

El CONTRATISTA está obligado a entregar a la SUPERVISIÓN el material descriptivo del equipo instalado, redactado en castellano consignando lo siguiente:

Especificaciones Técnicas de diseño, construcción y material de todos los componentes del equipo.

El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de tres años.

El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo, que como referencia se cita los siguientes componentes: Cuerpo de impulsores, motor fotovoltaico, cables eléctricos, columna de descarga, curva de descarga.

#### **Medición**

Los otros accesorios del sistema FOTOVOLTAICO serán medidos **gIb** debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

#### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

**ITEM 1.14**  
**MANO DE OBRA**  
**ITEM 1.15**  
**VIATICOS**

**Definición de la Actividad**

Este Ítem se refiere a la provisión de Mano de Obra calificada para este tipo de instalaciones.

**Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo**

Los técnicos serán proporcionados por el contratista, estos deberán ser calificados y con mucha experiencia en el rubro, estos deberán estar soportados por materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

**Procedimiento para la ejecución**

El CONTRATISTA debe presentar la garantía por parte del proveedor, por el lapso de tres años.

El SUPERVISOR conjuntamente el CONTRATISTA, deben verificar la composición del equipo.

La misma exigencia es aplicable a la mano de obra, con la aclaración que además se extiende al personal técnico y superior, a ingenieros y otros que figuren en la propuesta aceptada.

El Contratista deberá emplear necesariamente personal de experiencia en obras similares para la ejecución de todos los trabajos relacionados con esta Licitación.

El contratista podrá contar con personal de apoyo no calificado de las comunidades participantes del proyecto, previa concertación y disposición de estas.

**INSTALACION DE FAENAS**

Posterior a la firma del contrato y luego de realizado el anticipo de ley previsto en el mismo y conforme al cronograma propuesto y aprobado, el Contratista realizará la Instalación de Faenas, comprendiendo esta la toma de posesión del área de trabajo, un reconocimiento del terreno, instalación de un campamento de trabajo, traslado del material eléctrico destinado a la ejecución de la obras.

El contratista deberá entregar a la Supervisión el cronograma de trabajo de todas las actividades constructivas, listado de todo el equipo, maquinaria y vehículos que están siendo incorporados al proyecto, incluyendo marca, número de placas, modelo y otras características que permitan identificarlas.

El contratista deberá entregar a la Supervisión, el listado completo de todo el personal que se incorporará a la obra en forma inicial, además del plan de incorporación del resto del personal de acuerdo con el plan de trabajo que proponga el contratista.

Asimismo, procederá con la construcción de un (1) mural de identificación en muro de ladrillo con revoque de cemento, pintado y biñeteado y (1) banner de acuerdo a diseño proporcionado por la entidad Contratante, en forma obligatoria antes del inicio de obra, en

lugares fijados por la Supervisión y entregado antes de la emisión de la **ORDEN DE PROCEDER.**

### **Medición**

La mano de obra será medida en **gib** debidamente instalada, y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR.

**Los viáticos serán cancelados por el Contratista cada día que se considere en la obra y será verificado por la supervisión.**

### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

## **ITEM 1.16**

### **TRANSPORTE Y LOGISTICA DE TRASLADO**

El equipo fotovoltaico deberá ser necesariamente embalado en java de madera de resistencia adecuada para soportar al peso, esta java deben tener un diseño de base de tal manera que permita un fácil manipuleo con montacargas.

El manejo en el lugar y en el transporte deberá ser realizado por personal calificado y con equipo y métodos aceptables.

Si no se especifica otra cosa, el envío deberá ser llevado a la dirección exacta de los almacene de obra desde donde se dispondrán las cantidades necesarias para cada tramo.

Las cantidades de transformadores a ser suministrados, por cada tipo, se encuentran indicadas en el cuadro respectivo.

#### **Medición**

El transporte será medido en **glb** una vez verificado todo el componente completo del equipo de bombeo y accesorios para su respectiva instalación

#### **Forma de pago**

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

# ESPECIFICACIONES TECNICAS ENSAYO DE BOMBEO

## PRUEBAS DE AFORO

### CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE CHARAÑA

#### Ítem 1.17

## PRUEBAS DE AFORO

Las pruebas experimentales y prácticas que se realizan a los pozos como aprovechamientos hidráulicos son dos:

### Pruebas de aforo

#### Pruebas de bombeo

Las pruebas anteriores se llevan a cabo en el orden mencionado, aun cuando no necesariamente de manera consecutiva, ya que en algunos casos se realiza solo la primera, esto es sin duda a que la prueba de aforo es una operación que se debe realizar para determinar el caudal óptimo y niveles de operación de los pozos.

La segunda prueba se realiza solo con fines de investigación, cuando se requiere determinar las propiedades hidráulicas de los acuíferos.

Cada una de las pruebas tiene una finalidad y de ellas pueden obtenerse datos acerca de las características hidráulicas de funcionamiento de los pozos y del acuífero que explotan.

Con una prueba de aforo, también denominada prueba de pozo, se pueden obtener la siguiente información:

Determinación de la transmisividad puntual en el entorno del pozo y su gasto crítico.

Perdida de carga, tanto en el pozo como en el acuífero.

Abatimiento del nivel estático en función del gasto.

Eficiencia del pozo.

Gasto óptimo de explotación de pozos.

El objetivo de realizar estas pruebas es llegar a conocer adecuadamente el funcionamiento de los pozos y del acuífero, con el fin de explotar a este último adecuadamente. Dicha explotación puede examinarse a partir de dos puntos de vista uno general y otro particular

#### **GENERAL**

Punto de vista a nivel regional, interesa saber dónde y cuánta agua es posible extraer de un acuífero y cuáles son las consecuencias de esta explotación; para saber lo anterior se emplean las pruebas de bombeo.

#### **PARTICULAR**

Interesa saber cuáles son las mejores condiciones de explotación de pozos para saberlo, es necesaria información específica concerniente a su aprovechamiento, la cual solo puede obtenerse a través de una prueba de aforo.

La prueba de aforo es la principal herramienta disponible para el comportamiento de los pozos, así como la predicción de caudales, tanto el crítico como el inmediata al pozo, estas pruebas representan un complemento a las pruebas de bombeo recomendable, y la

obtención de valores preliminares representativos de las características de los acuíferos, de esta forma las pruebas de aforo permiten conocer las características de un pozo y parcialmente, el comportamiento hidráulico del acuífero, en la zona inmediata al pozo. Estas pruebas son un complemento a las pruebas de bombeo.

El objetivo esencial consiste en construir experimentalmente, mediante métodos gráficos, las curvas características del aprovechamiento. Aun cuando las pruebas de aforo no son costosas, requieren una correcta planificación para no cometer errores lamentables que después impidan una adecuada interpretación.

**Para realizar un aforo se requiere una bomba tipo turbina, accionada por un motor de combustión capaz de variar las revoluciones (r.p.m.), una columna de longitud tal, que la bomba no succione aire al abatirse el nivel de agua, un dispositivo de medición de caudal y una sonda, preferentemente eléctrica.**

Las pruebas de bombeo son las más complicadas de ejecutar, principalmente por los requerimientos técnicos y materiales necesarios para realizarlas. Con una prueba de bombeo, también llamada prueba de acuífero, puede obtenerse información que permite determinar los siguientes aspectos:

#### **Transmisividad del acuífero,**

Coeficiente de almacenamiento,

Características del acuífero (semiconfinamiento, recarga, drenaje diferido),

Presencia y situación de límites (barreras impermeables, fallas, líneas de carga, etc.

Geometría y características hidrodinámicas del sistema acuífero.

#### **Objetivos y tipos de pruebas de bombeo**

- La ejecución de las pruebas de bombeo responde en general a uno de los dos objetivos siguientes:

a) Estimar la cantidad de agua que puede extraerse de un pozo bajo condiciones previamente establecidas, o sea, con propósitos de aforo. En este tipo de pruebas, basta generalmente obtener información del pozo de bombeo y de dos pozos de observación o satélites.

b) Determinar las propiedades hidráulicas de un acuífero, para poder predecir posteriormente su comportamiento bajo situaciones diversas, evaluar la disponibilidad de recursos de agua subterránea, etcétera. En general, en este caso, es necesario obtener información de varios puntos seleccionados del acuífero, para lo cual se utilizarán varios pozos de bombeo con dos o más pozos satélites cada uno.

Por otra parte, desde el punto de vista del caudal extraído, las pruebas de pozo pueden realizarse a caudal constante o con abatimiento escalonado.

En las pruebas a caudal constante, éste debe mantenerse fijo durante toda la realización de la prueba, por lo que habrá necesidad de ir ajustándolo según pase el tiempo.

Se denominan pruebas de pozo con abatimiento escalonado a aquellas en que el caudal extraído del pozo se mantiene constante durante un tiempo, para cambiar súbitamente a otro caudal que se mantendrá constante durante otro tiempo, para

volver a cambiar a un tercer caudal durante un tercer espacio de tiempo, y así sucesivamente.

El número de escalones (de caudales diferentes) deberá ser como mínimo tres, y los espacios de tiempo entre los cambios de caudal no tienen que ser iguales, aunque sí es recomendable que duren lo suficiente para que pueda utilizarse la aproximación de Jacob de la ecuación de Theis para flujo impermanente.

Las pruebas con abatimiento escalonado tienen la ventaja de poder determinar con ellas todas las propiedades hidrogeológicas de un mismo punto del acuífero sin necesidad de utilizar otra información que no sea la de ese punto, por lo que los resultados no quedarán afectados por las variaciones espaciales de las propiedades, sobre todo en el caso de los acuíferos con fracturas, fisuras o canales de disolución, que presentan gran heterogeneidad.

#### Diseño de la prueba de un acuífero

- Este es probablemente la más importante y más descuidada de los aspectos fundamentales de una prueba de bombeo.
- 
- El costo de una prueba de bombeo puede ser muy variable en dependencia de los objetivos que con ella se persiguen, pero en cualquier caso, resulta imprescindible diseñar adecuadamente el experimento para mejorar la probabilidad de que se obtengan los resultados esperados y evitar un malgasto de recursos.
- El diseño previo de las pruebas, que vayan a ejecutarse en un acuífero tiene el propósito fundamental de obtener con una precisión aceptable, los valores de las características hidráulicas del medio. Para ello deberá evaluarse el lugar de la prueba, conocer previamente determinadas características del acuífero y tomar determinadas precauciones en relación con los pozos de bombeo, principales o de control y con los pozos de observación o satélites.

#### Evaluación del lugar de la prueba

- La evaluación de las distintas facilidades existentes en el área donde nos proponemos realizar las pruebas es el primer paso a dar para preparar el diseño.
- Debe hacerse un inventario de los pozos existentes tanto abandonados como bajo explotación, ya que la utilización de algunos de ellos puede significar una disminución del costo de la prueba, aunque pocas veces ocurre que la configuración, estado y distribución de los pozos existentes resulte adecuada para la ejecución de una prueba. El análisis de las facilidades existentes debe realizarse teniendo en cuenta las características que deben reunir los pozos de control y los de observación según aparece a continuación:

### **El pozo de control, de bombeo o principal**

1. El pozo principal debe tener instalado un equipo de bombeo confiable, de capacidad adecuada para la prueba y con su equipo de control de caudal correspondiente.

2. Debe evitarse que el agua extraída pueda retornar al acuífero durante la prueba, por lo que debe ser conducida lejos del pozo de bombeo. Este aspecto es de importancia capital cuando se trata de un acuífero libre cuya superficie freática esté cercana a la del terreno.

3. Los dispositivos de descarga de la bomba deben permitir la instalación fácil de equipos para control remoto y regulación del caudal.

4. Debe ser posible medir adecuadamente el nivel del agua en el pozo de control, antes, durante y después de la prueba.
- 5. El diámetro, la profundidad total y la posición relativa de todas las aberturas de la camisa en el pozo de control deben conocerse detalladamente, es decir, todas las características del pozo.

### **Los pozos de observación o satélites**

1. Se recomienda normalmente que los pozos satélites se dispongan en líneas que forman una cruz cuyo centro es el pozo principal. Cuando exista flujo natural en un acuífero, uno de los brazos de la cruz deberá estar orientado según la dirección del flujo y el otro normal a dicha dirección. Cuando no sea posible económicamente perforar las 2 líneas de pozos, es conveniente que los pozos de observación se dispongan en la línea normal al flujo en la cual el nivel estático de todos los satélites va a ser el mismo.
2. Los pozos de observación deben ser por lo menos 2 y estarán situados a distancias radiales del centro del pozo principal de 5 m y de 20 m. Cuando se puedan perforar mayor número de pozos estos deben situarse a 40 m, 80m y 100m del centro del pozo principal. Cuando por causas económicas en una prueba de aforo sólo se pueda perforar un pozo de observación, éste deberá situarse a 4 o 5m del pozo de control. Desde luego, que de esta forma habrá que utilizar el pozo principal para los cálculos de las propiedades hidráulicas, con los inconvenientes que de ello se deriven.
3. La respuesta de todos los pozos de observación a los cambios de nivel del agua debe probarse inyectando un volumen conocido de agua en cada pozo y medir inmediatamente la declinación del nivel del agua. El aumento inicial del nivel del agua debe desaparecer en no más de 3h, aunque resulta preferible una respuesta más rápida.
4. Deben conocerse la profundidad, el diámetro y los intervalos con rejilla de cada pozo de observación.
5. La distancia radial desde cada pozo de observación al centro del pozo de bombeo debe determinarse con la precisión necesaria, así como la posición de todos ellos en el plano.

### **REALIZACIÓN DE LA PRUEBA**

- En general, las pruebas de pozo se ejecutan a caudal constante o con abatimiento escalonado.
- Las pruebas a caudal constante deben hacerse con 2 caudales diferentes por lo menos, que estén entre sí en una relación mínima de 2 a 3. Las pruebas con abatimiento escalonado deben hacerse con 3 caudales diferentes por lo menos, con relaciones entre 2 caudales sucesivos de 2 a 3 ó 1 a 2. En todos los casos, el caudal mayor utilizado, será ligeramente superior al que se propone para la explotación.
- En cualquier caso resulta necesario en toda prueba tener determinada información sobre las características de los pozos y los records de la variación de los niveles y del caudal extraído. Todo esto constituye lo que se conoce como observaciones del campo.
- Los records que se necesitan para el análisis y las tolerancias que se consideran generalmente aceptables en las mediciones , son las siguientes:

1. Caudal del pozo de control: 10%
2. Profundidad hasta el agua en los pozos, por debajo del punto de referencia: 3mm
3. Distancia del pozo de control a cada pozo de observación: 0,5%
4. Descripción de los puntos de referencia
5. Elevación de los puntos de referencia: 3mm
6. Distancia vertical entre los puntos de referencia y la superficie del terreno: 30mm
7. Profundidad total de los pozos: 1%
8. Profundidad y longitud de los intervalos con rejillas en todos los pozos: 1%
9. Diámetro, tipo de camisa, tipo de rejilla, método de construcción de todos los pozos.
10. Localización de todos los pozos en planta en relación con algún levantamiento topográfico o por coordenadas de latitud y longitud (la precisión dependerá de lo que necesitemos en cada caso), pero sobre todo debe estar bien clara la posición de los pozos de observación respecto a los de control.

#### **Observación de los niveles de agua**

Las fórmulas de flujo hacia los pozos se basan, generalmente, en el cambio de la carga,  $h$ , o en el cambio de abatimiento  $S$ . Es muy importante recordar que los cambios de profundidad hasta el agua, observados durante la prueba pueden incluir componentes debidas a otras variables, como son, por ejemplo, las variaciones de la presión atmosférica, el efecto de las mareas y una posible recarga del acuífero. Por otra parte, el flujo natural en la mayoría de los acuíferos es generalmente diferente de día a día, por consiguiente se hace necesario observar las profundidades hasta el agua durante un tiempo anterior a la prueba, para determinar la tendencia del nivel del agua y usarla al calcular los abatimientos (Fig. 1).

**Fig.1**

**Hidrograma de un pozo de observación indicando el abatimiento sobre la base de la tendencia del nivel del agua subterránea cuando no existe extracción.**



#### Medición del caudal

El caudal obtenido en el pozo principal se mide normalmente haciendo pasar el flujo por una restricción, para la cual se conoce la curva de calibración. En los manuales de hidráulica hay abundancia de descripciones y calibraciones de este tipo de dispositivos. En caso de no poder contarse con dispositivos semejantes, puede utilizarse un recipiente previamente tarado en el que se medirá el tiempo de llenado del mismo.

En las pruebas a caudal constante es importante medirlo periódicamente y ajustarlo en caso necesario. La frecuencia de medición y ajuste del caudal durante una prueba depende de la bomba, el pozo, el acuífero y las características de la energía disponible. No obstante, es recomendable que durante la primera hora de bombeo el caudal se mida por lo menos 3 veces, y se ajuste en caso necesario, ya que en ese espacio de tiempo es cuando más rápidamente crece el abatimiento y por consiguiente la carga de bombeo.

A partir de la primera hora de bombeo, deberá medirse y ajustarse con intervalos de 100 minutos a 200 minutos coincidiendo con alguno de los momentos en que se realicen observaciones del nivel. En todos los casos se tendrán los cuidados necesarios para mantener el caudal dentro del rango deseado, y no debe permitirse que varíe por encima de -- 10%, ya que mayores variaciones producirían aberraciones en los abatimientos que son muy difíciles de tratar en el momento en que vayan a analizarse los datos tomados durante la prueba.

Debe tomarse nota de cualquier cosa que pueda resultar de interés posteriormente, cuando los datos de la prueba vayan a ser analizados. Cuando la prueba requiera cambios en el caudal, como en las pruebas con abatimiento escalonado, la descarga de la bomba debe poder regularse por programados. Una válvula de cuña para ajustarse rápida y fácilmente a los distintos caudales

## MARCO TEÓRICO

El objetivo esencial de las pruebas de aforo es la construcción experimental de las curvas características de los pozos, estas adoptan formas rectilíneas y parabólicas y son soluciones de la fórmula de Dupuit para diferentes casos.

Esta ecuación se basa en las siguientes hipótesis, las cuales se deben cumplir para el establecimiento teórico de flujo hacia los pozos.

Establecimiento de un régimen del equilibrio del cono de abatimiento.

El agua y la roca son incompresibles.

Las superficies equipotenciales del flujo son planas, lo que significa que la velocidad horizontal de agua contante sobre la misma vertical.

La ecuación de Darcy es válida, lo que significa que la velocidad es proporcional al gradiente hidráulico.

La componente vertical de la velocidad es despreciable en comparación con la componente horizontal.

El medio es homogéneo e isotrópico.

El radio de influencia del pozo es constante en el tiempo.

A continuación se describen los desarrollos teóricos de la ecuación para obtener las curvas características.

## ACUÍFERO LIBRE

Partiendo de la ecuación de Darcy se tiene lo siguiente:

$$Q = KiS$$

Donde

**K = conductividad hidráulica**

**I =  $\frac{dy}{dx}$  (gradiente hidráulico)**

**S =  $2\pi xy$  (superficie)**

Resulta

$$Q = K \left(\frac{dx}{dy}\right) 2\pi xy$$

Despejando

$$Q \left(\frac{dx}{x}\right) = K dy 2\pi y$$

Integrando

$$Q \ln x = \pi K y^2 + \text{cte.}$$

Sustituyendo x e y de la figura 1 por r, R, h y H

$$Q \ln r = \pi Kh^2 + \text{cte.}$$

$$\text{Si } \Delta = H - h$$

Y si además se tiene que

$$\pi K_1 (\ln R/r) = 1.366 K_1 (\log R/r) = C$$

Resulta

$$Q = C \Delta (2H - \Delta)$$

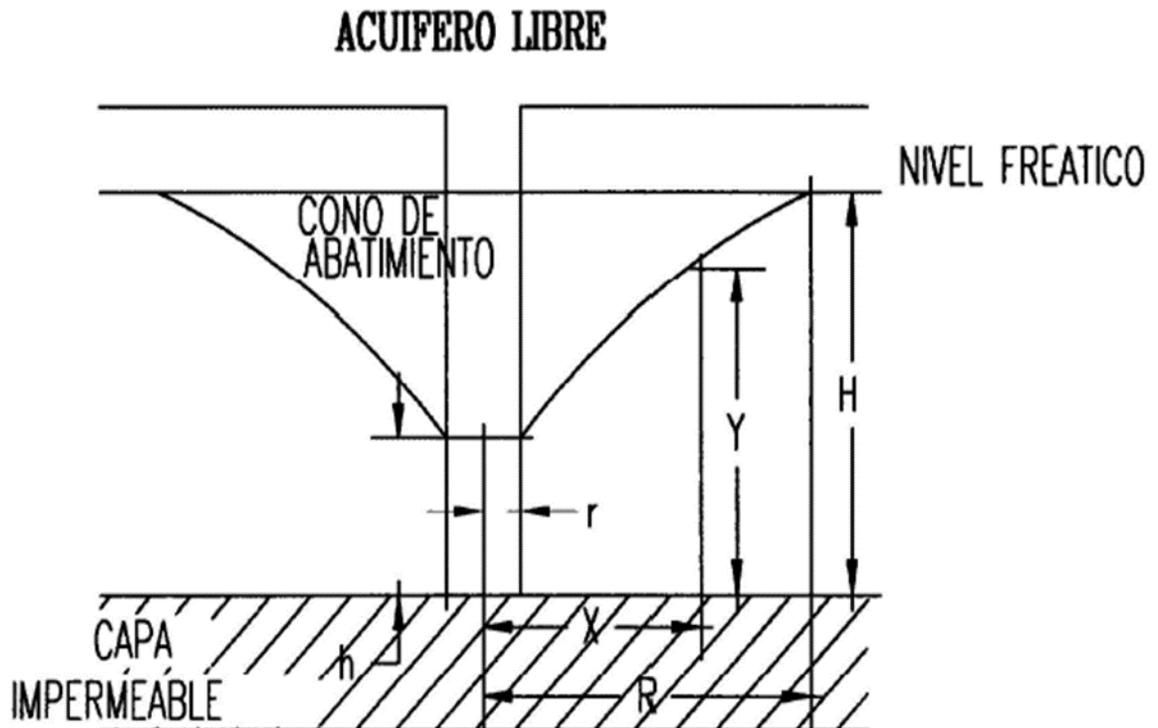
Es decir

$$Q = - C \Delta^2 + C \Delta 2H$$

Ecuación cuya fórmula general es:

$$Y = ax^2 - abx$$

La cual corresponde a una función parabólica de segundo grado, que puede ser resuelta por un método gráfico, con los datos obtenidos de las pruebas de aforo.



## ACUIFERO CONFINADO

Partiendo de la ecuación de Darcy

$$Q = KiS$$

si

$$i = \frac{dy}{dx}$$

$$S = 2\pi r x e$$

$e$  = espesor del acuífero

se tiene que

$$Q = K \left( \frac{dx}{dy} \right) 2\pi r x e$$

Despejando y realizando las integrales se obtiene:

$$Q = C \Delta$$

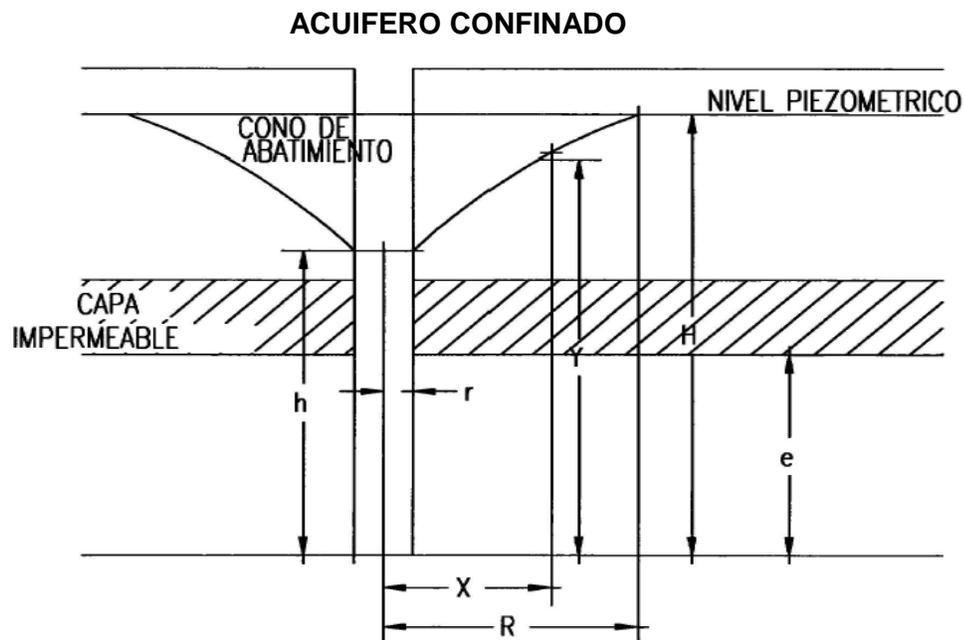
Ecuación que corresponde a una recta cuya pendiente es

$$C = 2.73Ke / (\log(R/r))$$

Para abatimientos más fuertes, el comportamiento es complejo, y la ecuación de Dupuit no es válida, dada que el abatimiento es superior al 25% de la altura piezométrica ( $H-e$ ). Para abatimientos importantes, la ecuación de la curva de depresión es del tipo:

$$H-h = \left( \frac{Q}{2\pi Ke} \right) \ln \left( \frac{R}{r} \right) + BQ^n$$

Que corresponde a la fórmula de Jacob



Se tiene:

$$\Delta = CQ + BQ^n$$

En donde:

CQ = pérdidas de carga en el acuífero

$BQ^n$  = pérdidas de carga en el pozo

Si se considera que para Jacob  $n = 2$

$$A = CQ + BQ^2$$

Formula que corresponde a una curva parabólica, cuya solución es posible obtener al graficar los datos abatimiento –caudal, obtenidos de manera experimental en la prueba de aforo para caudales o escalones importantes en acuíferos confinados.

## Medición: Global

- FORMA DE PAGO
- Evaluado el Informe por el Supervisor, este dará su conformidad para el pago del ítem.

Descripción	Unidad de Pago
PRUEBA DE BOMBEO.	GLB