

## **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**Antonio MUÑOZ GARCÍA\***

(\*) Jefe de la División de Mantenimiento y Obras. Canal de Isabel II.

### **RESUMEN**

El Canal de Isabel II ha obtenido, de AENOR (abril 1998), el Certificado de Calidad según la norma ISO 9002. Por lo que se refiere a las aguas subterráneas, el Sistema de Aseguramiento de la Calidad implantado se basa en cinco Instrucciones Técnicas relativas a: 1) explotación; 2) mantenimiento de las instalaciones; 3) informes y análisis estadísticos, 4) prevención y actuaciones de emergencia; 5) seguimiento y mantenimiento de pozos.

Por el grado de novedad que puede representar dicho sistema, aplicado a la gestión real de las aguas subterráneas, se exponen a continuación las principales líneas del mismo, precedidas de una descripción de los equipamientos-tipo de los pozos del Canal de Isabel II, que pone de manifiesto la complejidad que pueden alcanzar dichos equipos, así como el copioso volumen de datos que proporcionan los dispositivos de control, que requieren organizar procesos de registro, tratamiento y trazabilidad, y justifican la implantación de sistema de aseguramiento de la calidad.

### **INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN EXISTENTES**

Los pozos existentes en el territorio de la Comunidad de Madrid, que gestiona el Canal de Isabel II, integran dos grandes grupos: Sistema General y Sistema Local.

#### **Sistema general de pozos**

Lo integran aquellos pozos que entregan su agua a depósitos, canales y estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAP), de la infraestructura del Sistema de Abastecimiento General del Canal de Isabel II.

Actualmente existen 53 unidades, en nueve campos, capaces de introducir en las redes en época de sequía un caudal de 3 m<sup>3</sup>/s (su capacidad nominal de bombeo es superior a dicha cifra).

### **Sistema local de pozos**

Lo integran aquellos pozos que entregan sus aguas directamente a los depósitos del municipio y que, por tanto, sólo abastecen a una determinada localidad.

Actualmente existen 61 unidades, en veintiocho campos, con capacidad nominal de bombeo superior a 1 m<sup>3</sup>/s. Su aportación en época de sequía es variable, limitada por las demandas de las poblaciones a las que pueden atender y otras circunstancias. También juegan papel importante en asegurar garantías de suministro, ante contingencias de las aducciones.

## **PRODUCCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Los principales campos de pozos del Canal estuvieron en funcionamiento durante gran parte de 1992 y 1993, y prácticamente durante todo 1995, últimos periodos de sequía que atravesó la región. Desde entonces han estado parados. La recuperación de niveles es prácticamente total en estas fechas (abril de 1998); por tanto, se encuentran en disposición de atender un nuevo periodo de sequía, dentro de la estrategia de una utilización sostenible. No es el caso en estos momentos, en que los embalses superficiales se encuentran a más del 80% de su capacidad de almacenamiento, no previéndose la necesidad de aportación de aguas subterráneas en los próximos meses. Cuando sea necesario, se podrá contar con una aportación de agua subterránea superior a 90 hm<sup>3</sup>/año. Los trabajos en marcha tienen por objetivo asegurar (cuando las infraestructuras de captación y conexión estén concluidas) una aportación de 100-120 hm<sup>3</sup>/año, equivalente al 20-25% de agua que suministra el Canal a la Comunidad de Madrid.

## **DISEÑO, EQUIPAMIENTO Y ELECTRIFICACIÓN DE LOS POZOS**

Desde que se crea el Departamento de Aguas Subterráneas, a finales de 1989, y se le encarga la gestión de este recurso, se comienza por realizar un inventario de las captaciones y un diagnóstico del estado de las mismas, procediéndose a la rehabilitación de algunos campos, y a la conservación y puesta a punto de los campos de pozos adquiridos a las empresas concesionarias.

A partir de 1992, el Canal contrata directamente tanto la perforación como el equipamiento y conexión de sus pozos, elaborando proyectos independientes en

las dos fases. En la fase de equipamiento, ha desarrollado un diseño de características propias. Un Proyecto de equipamiento tipo del Canal, está integrado por:

- obra civil,
- equipamiento del pozo, y
- electrificación.

### **Obra civil**

La instalación de un pozo tipo consta de los siguientes elementos:

- arqueta de bombeo,
- centro de media tensión,
- centro de baja tensión,
- arqueta de conexión de entrega del agua, y
- urbanización, cerramiento de la parcela de protección e identificación del pozo.

La arqueta de bombeo se diseña, en general, de dimensiones interiores de 7 m de largo, 2,50 m de ancho y 3 m de altura, lo suficientemente amplia para albergar los dispositivos en ella alojados. Se prevé un acceso lateral mediante escalera de bajada, y el tapado de la arqueta se realiza con cobijas de hormigón practicables, de forma que en caso de extracción de la columna se pueda trabajar a cielo abierto; lleva ventilación en sus cuatro costados y una puerta de cierre de seguridad; asimismo, va provista de desagüe directo a algún arroyo próximo.

Los centros de media y baja tensión son casetas prefabricadas, de dimensiones suficientes para alojar transformador y celdas en el de M.T., y cuadro de maniobra y condensadores en el módulo de B.T. Estos centros están homologados por el Ministerio de Industria y compañías eléctricas.

La arqueta de conexión de entrega del agua, se diseña de forma que siempre se visualice el agua al incorporarse a un Canal, Depósito o ETAP, con objeto de comprobar en primera instancia los caracteres organolépticos del agua.

Por último tiene lugar el cerramiento, urbanización y cartel identificativo del pozo. En general la superficie necesaria, que se está utilizando, si se trata de pozos a lo largo de un Canal, oscila entre los 150 y 200 m<sup>2</sup>.

### **Equipamiento del pozo: arqueta de bombeo**

Una vez realizado el aforo del pozo, conocida su columna de entubado, y disposición de filtros y diámetro de entubado en la primera fase, en la de equipamiento,

se diseña y calcula el grupo motor-bomba, la columna de impulsión y la conducción hasta la arqueta de conexión de entrega del agua.

En el cabezal del pozo se coloca un abarcón con charnela abatible, procediéndose a introducir la columna mediante una grúa.

La tubería de impulsión se fabrica de acuerdo con la norma DIN-2448/81, para PN-40 y brida reducida, llevando sus correspondientes muescas para el paso de los cables y tuberías piezométricas, así como cartabones de refuerzo, de las dimensiones adecuadas al máximo esfuerzo de tracción que se les pueda transmitir.

La longitud de los tubos es de 6 m, con diámetro variable de acuerdo con el caudal que se prevea extraer, atando los cables y tuberías piezométricas con cuerdas de nylon (al menos tres, una a cada lado de la brida y otra en el centro del tubo).

La tubería se fabrica en acero y se galvaniza en caliente; la unión de la misma se efectúa con tornillería zincada y junta de goma armada con tejido metálico de 3 mm de espesor, protegiendo la cabeza y tuerca del tornillo con caperuzas, a fin de evitar la corrosión.

Dentro de la arqueta de ubicación del pozo se disponen, en general, los siguientes elementos mecánicos (relación no exhaustiva): pieza especial abarcón de charnela, codo con hijuela terminación roscada, ventosa, manómetro, grifo para toma de muestra, válvula de bola, T de derivación, válvula de compuerta a desagüe, tramo recto de tranquilización, caudalímetro magnético, válvula de retención, carrete telescópico, válvula de mariposa y pasamuros de anclaje.

A partir del exterior de la arqueta, se continúa con tubería de fundición dúctil hasta el punto de entrega.

## **Electrificación**

### Alimentación de energía

Para llevar a cabo la electrificación de un pozo se precisa una fuente de alimentación en alta tensión; esta fuente se consigue a través de la compañía eléctrica que gestiona la línea más próxima o, si resulta factible, se utiliza la energía eléctrica producida en los saltos del propio Canal.

Desde el punto de enganche, y mediante la colocación de seccionadores y auto-válvulas, se dispone de una línea enterrada, perfectamente señalizada interior y exteriormente, hasta el Centro de Transformación, dispuesto en el interior de la parcela en donde se ubica el pozo; esta línea a 20.000 voltios se transforma a 1.000 voltios en aquellos pozos del Sistema General en los que se realiza arranque directo; a 660 voltios en aquellos pozos del Sistema General en los que se realiza arranque a través de un variador de frecuencia; o a 220/380 voltios en todos los pozos

del Sistema Local.

Todas las instalaciones disponen de transformador auxiliar para alumbrado y alimentación de caudalímetros y transductores.

Asimismo, en el Centro de baja tensión se dispone de una batería de condensadores, para la corrección de la energía reactiva (coseno de  $\phi$ ).

El cable de alimentación del motor de la bomba depende de la tensión de alimentación; en todo caso será unipolar, de cobre flexible, con aislamiento de etileno-propileno, tratamiento obturador de agua, apantallado, y recubrimiento de caucho policloropreno de 1,8/3 kV desde el cuadro de protección del motor de baja tensión hasta la bomba.

### Cuadro de maniobra, mando, control y señalización

El cuadro tipo de maniobra es metálico, de dimensiones 2,150 x 1000 x 600 mm, integrado por:

- Un sinóptico, donde se aprecia un plano de situación general del Campo de pozos y un esquema de montaje, incluyendo redes de señalización, fuente de alimentación y pulsadores de pruebas y borrado.
- Autómata CS-31 programado.
- CT-4 indicador de tensión, intensidad en cada una de sus fases y factor de potencia.
- Cuenta horas digital.
- Número de maniobras.
- Indicador de nivel.
- Indicador de caudal instantáneo y acumulado.
- PT-100 para medir temperatura del motor (protección térmica del devanado).
- Conmutador de posición y parada, manual y automático.

Todos los cuadros se reciben en taller y se prueban en obra, obligándose al fabricante a entregar la documentación, que integran los circuitos y los esquemas de conexionado.

### Convertidor de frecuencia

En aquellos pozos que, por sus circunstancias hidrológicas, sea aconsejable una explotación singular, el arranque y parada se realizará mediante un convertidor de frecuencia, que presenta las siguientes ventajas:

- Arranque y parada de los pozos mediante el sistema de rampa, pudiendo pasar de la frecuencia 0 a 50 Hz en el tiempo que se desee. Este sistema tiene la ventaja, en la parada, de eliminar el golpe de ariete, y en el arranque, de ir

- aumentando la extracción de agua paulatinamente.
- Explotar el pozo a caudal o nivel constante.
- Optimizar el consumo de energía eléctrica de la bomba.

Presenta dos inconvenientes: una primera inversión fuerte (se trata de un equipo de importación que, si es del tipo SAMI 1000 F690, cuesta en torno a los 12 millones de pesetas); sin embargo, se ha comprobado que, si se trata de una explotación continuada, se amortiza en periodos del orden de un año. Por otro lado, es un equipo que disipa mucha energía, siendo necesario dotar a la caseta, en que va alojado, de un sistema de aire acondicionado, lo que supone un coste adicional de 1,5 millones de pesetas.

#### Instalaciones de alumbrado y fuerza

Tanto el edificio que aloja la baja tensión (B.T.) como la caseta del pozo, van dotadas de instalación de alumbrado y fuerza. Para ello, se colocarán armarios internos de fibra de vidrio, para interconexión de cables de fuerza del equipo electrobomba, conteniendo en su interior borneros debidamente señalizados y prensas para lograr la estanqueidad.

Asimismo, se colocan pantallas fluorescentes para iluminación de las estancias y puntos de luz de emergencia.

#### Circuitos de tierra

Con objeto de poner a tierra todas las partes metálicas de la instalación, se disponen los siguientes circuitos:

- puesta a tierra de herrajes de AT,
- puesta a tierra de cuadro de BT,
- puesta a tierra del grupo motor-bomba,
- puesta a tierra de la tubería de impulsión y cabezal del pozo, y
- puesta a tierra a autoválvulas.

Las puestas a tierra se realizan con conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, con picas de acero cobrizado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, para cada uno de los circuitos según norma UNERSA, con sus correspondientes arquetas de registro, señalizadas como toma de tierra y elemento de corte para medida.

### **VIGILANCIA Y CONTROL EN LOS EQUIPOS DE POZOS**

Como queda dicho, los proyectos de equipamiento se componen de tres capítulos: obra civil, equipamiento pozo y electrificación; de ahí que la vigilancia y control se lleven sobre estas unidades de obra.

## **Vigilancia obra civil**

La obra civil se hace de acuerdo con:

- Planos que figuran en Proyecto.
- Pliego de bases generales para obras de Abastecimiento y Saneamiento del Canal de Isabel II.
- Pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto.
- Ordenes cursadas por la Dirección de la obra.
- Ley de Prevención de Riegos Laborales 31/1995, de 8 de noviembre.

Los materiales de construcción son recepcionados en obra por la Dirección o personal autorizado por la misma.

## **Vigilancia y control equipamiento pozo**

Las tuberías, válvulas y piezas especiales precisan la aprobación del Director de las obras, y ser fabricadas por casas homologadas por la Comisión Técnica del Canal de Isabel II.

El vigilante en obra comprueba que no han sufrido desperfectos en el transporte, estado de las soldaduras, tolerancias en longitudes de tubos, diámetros, galvanizado, etc.

## **Vigilancia y control equipos eléctricos**

Los equipos eléctricos, que se especifican en el Proyecto y son objeto de pruebas en fábrica, están compuestos por: transformador, cuadro de maniobra y variador de frecuencia.

### Transformador

En el punto de electrificación la tensión que suministra la compañía eléctrica suele ser de 20.000 voltios, por lo que es preciso su transformación a baja tensión.

En fábrica se prueban los transformadores de acuerdo con las normas UNE-20101 y RU-5201-D, realizándose un protocolo de ensayo, en el que tienen lugar los siguientes ensayos específicos:

- ensayo dieléctrico,
- resistencia de aislamiento,

- ensayo de vacío,
- ensayo en cortocircuito, y
- relación de transformación.

Se reflejan los resultados obtenidos, y se comprueban las desviaciones respecto a las normas de las que se ha hecho referencia; si están dentro de las tolerancias admitidas, se recepciona el transformador.

### Cuadro de maniobra

En los proyectos de equipamiento de pozos, se incluye la ficha técnica del cuadro de maniobra, mando, control y señalización.

Las pruebas, antes de su traslado a obra, tienen lugar en la fábrica en que ha tenido lugar su montaje. De acuerdo con las especificaciones indicadas en el proyecto, se verifican circuitos, todos los esquemas eléctricos, se comprueban sus conexiones, funcionamiento de *leds* e indicadores de:

- tensión,
- factor de potencia,
- cuenta horas,
- número de maniobras,
- puesta en marcha, con conmutadores de parada remoto y local,
- visualizador de niveles y caudales,
- temperatura motor-bomba, y
- programación CT-4, autómata que es el verdadero corazón del cuadro de control, pudiéndose programar el funcionamiento que se desee, a las horas convenientes, con parada por elevación de temperatura del motor o por falta de nivel en el pozo.

Si el resultado de las pruebas se considera satisfactorio, se recepciona el cuadro en taller, recogiendo al mismo tiempo todos los planos de conexiones y circuitos, que pasarán a la propiedad para incluirlos en la documentación de referencia del pozo.

### Variador de frecuencia

Dado el tipo de bomba sumergible que se coloca en las instalaciones del Canal, la gama de variadores son de tipo SAMI-STAR. La tensión de alimentación del motor se hace a 660 voltios. Los indicadores de puesta en marcha, que se pueden visualizar en la puerta del armario, son:

- START            - Arranque



- |           |  |
|-----------|--|
| - STOP    | - Parada   |
| - +       | - Aumentar valor indicado en pantalla                |
| - -       | - Disminuir valor indicado en pantalla               |
| - PAR     | - Ajuste de parámetros                               |
| - LOC/REM | - Selección control local o remoto                   |
| - RESET   | - Despeje de falta o almacenamiento de parámetros    |
| - DISPLAY | - Mando de funcionamiento y selección de parámetros. |

El fabricante, con las pruebas de verificación realizadas en fábrica, entrega un manual conteniendo las instrucciones para su instalación en obra, puesta en servicio y mantenimiento básico. Este manual se compone de ocho separatas, que incluyen instrucciones generales, de seguridad, descripciones, componentes, instrucciones de instalación, necesidades de acondicionamiento de aire, puesta a tierra, protección contra interferencias, instrucciones de operación, de programación, piezas de repuesto, informes de las pruebas en fábrica, etc.

Una vez en obra, la puesta en marcha se realiza por un técnico de la casa comercial, en presencia de la Dirección de obra y el Contratista.

#### Grupo motor-bomba

El grupo motor-bomba, que constituye obviamente uno de los elementos claves de la instalación, se recepciona en fábrica de acuerdo con un protocolo específico, que se incluye como Anexo 1.

### **GARANTIA DE LA OBRA**

Al margen del control que se lleva a cabo, en los proyectos de equipamiento y electrificación de los pozos construidos por el Canal, todos los equipos instalados tienen garantía de un año, a partir de la firma del Acta de Recepción Provisional de la obra, periodo en el que el Contratista subsanará a su cargo cualquier anomalía observada.

### **SISTEMA AUTOMÁTICO DE CAPTURA DE DATOS HIDROGEOLÓGICOS EN LOS POZOS DEL CANAL DE ISABEL II**

Los pozos que integran los campos de pozos de los Sistemas Generales, están dotados de una serie de equipos de captación automática de datos hidrogeológicos. Como complemento de dicha red, se dispone de un *software* de gestión de la información recopilada, para realizar el análisis de la misma. La construcción de esta red de información está determinada por la necesidad de:

- a) conocer la evolución de los niveles piezométricos en los pozos y piezómetros

del Sistema,

- b) controlar los descensos de los niveles de los piezómetros en los ciclos de explotación, y detectar las afecciones producidas entre pozos próximos, a partir de los cuales ir ajustando las estrategias de explotación del conjunto de campos de pozos, y
- c) registrar los caudales y volúmenes producidos.

Además de los registros generales de niveles y caudales, en el campo de pozos de Fuencarral se dispone de:

- Pluviómetro (con registro automático).
- Calidad del agua conjunto de los nueve pozos del campo: conductividad, temperatura y pH.
- Impulsión al depósito de El Goloso: presión y caudal.
- Depósito de El Calverón: nivel del agua en el depósito.
- Protección catódica, en los pozos que disponen de ella.
- De cada uno de los piezómetros de control de distintas profundidades: nivel piezométrico.

Cada uno de los parámetros anteriores se registra junto con la hora y la fecha en que se han producido.

En abril de 1998, la red del control de los pozos estaba formada por 42 Estaciones Automática de Medida (EAM) o captadores. Existe generalmente una EAM en cada pozo, si bien hay casos en que una misma EAM se registra los datos de dos pozos próximos, o los datos de calidad-pluviómetro-depósito de impulsión. Los sistemas registradores cuentan con 10 canales distintos para almacenar datos. El total de señales que se registran en las 42 EAM es de 82.

Una EAM consta de dos partes: a) sistemas físicos sensores de parámetros hidrogeológicos, y b) sistemas físicos registradores de parámetros hidrogeológicos.

- a) Los sistemas físicos sensores de parámetros hidrogeológicos, sondas piezoresistivas, caudalímetros magnéticos, sondas de pH, conductividad y temperatura, generan una señal eléctrica de 0-4 mA, que transmiten al sistema registrador, el cual la transforma en el valor correspondiente del parámetro, en base a una graduación, que se le indica en función del rango de valores que toma el parámetro, en cada punto de medida correcto, y de las características del equipo de medida.
- b) Los sistemas físicos registradores almacenan la información que envían los sensores, para lo cual cuentan con 10 canales distintos de tipo analógico o digital y una capacidad de almacenamiento entre 128 Kb y 1 MB, lo que les da una capacidad mínima de 60.000 datos. Cuentan con un *software* de con-

figuración del funcionamiento del sistema, por medio del cual se realiza:

- El ajuste de la medida de cada uno de los parámetros que registra.
- La fijación del sistema de medida a usar en cada uno de los canales activos. La medida se puede hacer a intervalos de tiempo fijo, mínimo de una cada segundo y máximo de una al día; o manteniendo un intervalo fijo de tiempo de medida, el valor medido comparado con unos umbrales mínimo y máximo de la misma, almacenándolo siempre en caso de sobrepasar esos umbrales y si no, almacenar un dato en otro intervalo de tiempo fijado, con lo que se consiguen grandes ahorros de recuperación de memoria.
- La extracción de los datos almacenados se puede realizar por medio de tarjetas IC o con un PC portátil, generándose un fichero por cada uno de los parámetros que se están registrando en el equipo, en un formato propio del sistema instalado, únicamente entendible por el *software* de gestión, si bien, desde éste se pueden hacer extracciones de datos en formato ASCII para su exportación a otros programas.

El *software* de gestión es una base de datos, integrada por todos los puestos de control y parámetros de cada uno de que consta la red. La consulta a la misma se pueden obtener de forma gráfica o como listados de valores. En una misma consulta gráfica se pueden representar sensores físicos distintos, cada uno con su escala propia, en función del tiempo. Al registro de cada sensor, se le pueden aplicar diferentes operaciones numéricas, a introducir por el usuario, con las que realizar distintos cálculos para obtener series modificadas. Igualmente, pero con opciones definidas en el programa, se pueden obtener medias diarias, semanales, mensuales, anuales, a partir de las series existentes.

Asimismo, este *software* cuenta con programas auxiliares, que permiten el tratamiento de los ficheros brutos, que se han extraído de los EAM, para depurarlos antes de introducirlos en la base de datos. Este tratamiento previo permite introducir valores de control de la serie, a partir de los cuales recalcularla, si se sospecha que hay errores en los registros, completando huecos si se poseen datos de referencia, etc. En general, a partir del parte de incidencias del Sistema, se interpreta el registro obtenido y se corrige, para que la serie de datos que se introduce en la base de datos sea lo más representativa posible.

## **SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

En el año 1997, el Canal de Isabel II puso en marcha, como objetivo prioritario,

la implantación de un Sistema de Aseguramiento de Calidad, según la Norma ISO 9002. Dentro del Sistema General de la Calidad, se incluyó la explotación de las aguas subterráneas. A tal fin se han realizado las correspondientes Instrucciones Técnicas (siguiendo los procedimientos y terminología establecida en la citada ISO 9002), referidas a la gestión, mantenimiento y explotación de los campos de pozos.

Ante todo, conviene señalar que no se ha dispuesto de documentación o procedimientos anteriores análogos, referidos a las aguas subterráneas, en relación con la implantación de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad. Los manuales que conocemos se refieren a la fase de la construcción de pozos, pero no a las de explotación y mantenimiento de captaciones.

Después de un amplio periodo de reflexión, el procedimiento de aseguramiento de calidad se ha resumido en las siguientes Instrucciones Técnicas:

- SUB-001: Explotación de instalaciones de aguas subterráneas.
- SUB-002: Mantenimiento de instalaciones de aguas subterráneas.
- SUB-003: Informes y análisis estadísticos de aguas subterráneas.
- SUB-004: Prevención y actuaciones de emergencia de aguas subterráneas.
- SUB-005: Seguimiento y mantenimiento de pozos.

Además de estas Instrucciones Técnicas, se han elaborado los correspondientes Procedimientos Normalizados de Trabajo, en relación con el análisis y seguimiento de la calidad y potabilidad de las aguas producidas por las captaciones subterráneas.

En general, las cinco Instrucciones Técnicas constan del siguiente índice:

- 1.- Objeto
  - 2.- Ámbito de aplicación
  - 3.- Definiciones
  - 4.- Documentación de referencia
  - 5.- Responsabilidades
  - 6.- Desarrollo
  - 7.- Control del documento
  - 8.- Control de cambios
  - 9.- Impresos
- Anexo. Diagrama de flujo

En el objeto se establecen los criterios y procedimientos a seguir en el título de la Instrucción. Se definen los pozos a los que se aplican la instrucción correspondiente. En general, en todas las instrucciones, el ámbito recoge todos los pozos explotados por el Canal de Isabel II. Se establecen una serie de definiciones para poder obtener un conocimiento mejor del punto 6 (Desarrollo). En la documentación de referencia se recogen todos aquellos documentos que constituyen la base de

datos de pozos, que gestiona el Canal, así como la legislación vigente en materia de calidad del agua, Reglamentos, Ley de Prevención Laboral, etc. Como ejemplo de documentación de referencia señalamos:

- IT-SUB-001: - Ficha técnica de los pozos.  
- Características urbanísticas, situación, parcelas y memoria fotográfica.
  
- IT-SUB-002: - Reglamento técnico AT.  
- Reglamento Electrotécnico BT.  
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales.  
- Manuales de puesta en marcha de equipos.  
- Planos eléctricos.
  
- IT-SUB-003: - Listado de Campos de pozos.  
- Reglamentación Técnica Sanitaria para el Control de la Calidad de las Aguas potables de consumo público.  
- Informes de ejecución de los pozos (incluso registros TV).
  
- IT-SUB-004: - Calendario retén.  
- Listado teléfonos buscapersonas.  
- Listado de empresas colaboradoras.
  
- IT-SUB-005: - Ficha técnica de los pozos.  
- Informe de construcción, ensayo de bombeo y caudal específico de los pozos.  
- Informes y análisis estadísticos.

En el apartado de responsabilidades se fijan las personas responsables de cumplir con los objetivos marcados, en la instrucción técnica correspondiente, hasta nivel de oficial.

En el capítulo de desarrollo se definen las tareas, y la secuencia de las mismas, para llevar a cabo la instrucción correspondiente. Los puntos más importantes, recogidos en las Instrucciones Técnicas de Aguas Subterráneas del Canal, son:

- IT-SUB-001 - Explotación de instalaciones de aguas subterráneas.  
- Arranque del pozo.  
- Operaciones en funcionamiento continuado.  
- Parada del pozo.  
- Seguimiento de explotación durante parada prolongada.  
- Control de los partes de explotación.
  
- IT-SUB-002 - Mantenimiento de instalaciones de aguas subterráneas.  
- Parte de mantenimiento. En ese parte se visualizan y se rellenan

los tres grandes conceptos que lo integran: obra civil, equipos mecánicos, equipos eléctricos.

- El compromiso es poner en marcha periódicamente todas las instalaciones, a efectos de verificar su correcto funcionamiento.
- Las incidencias detectadas según su índole se reparan por medios propios o por empresas especializadas en el tipo de trabajo que se requiera.

- IT-SUB-003
- Informes y análisis estadísticos de aguas subterráneas.
  - Producción de pozos.
  - Evolución piezométrica.
  - Calidad del agua.
  - Tratamiento de la información.
  - Control de partes de producción.

- IT-SUB-004
- Prevención y actuaciones de emergencia de aguas subterráneas.
  - Fuentes de información.
  - Actuación de emergencia:
    - en jornada laboral,
    - fuera de la jornada laboral.
  - Identificación y control del parte de emergencia, señalando las causas y la actuación realizada, dando conocimiento a la fuente de información.

- IT-SUB-005
- Seguimiento y mantenimiento de pozos.
  - Variables de control (desarrollo, aforo del pozo y caudal específico durante su construcción).
  - Control de seguimiento durante la explotación y en las operaciones de mantenimiento.
  - Informes del control y seguimiento sobre el rendimiento de los pozos.
  - Criterios de actuación.

Es evidente que en la implantación de un Sistema de Aseguramiento de Calidad, surgen tareas, correlación de trabajos, control de partes, calibración de equipos, incorporación de nuevos pozos, etc., que hacen, que el Sistema esté siempre en evolución, obligándonos a revisar las instrucciones.

Se ha aprovechado la implantación del Sistema de Aseguramiento de Calidad para realizar nuevos impresos en cada una de las instrucciones, adecuándolos al desarrollo que contienen las mismas. Se adjuntan los impresos correspondientes a:

- Parte de explotación (*figura 1*).
- Parte de mantenimiento (*figura 2*).



<b>A</b>	<b>CAMPO DE POZOS</b>	<b>DEP. AGUAS SUBTERRANEAS DIV. MANTENIMIENTO Y OBRAS PARTE DE MANTENIMIENTO SUB-002-101</b>		
<b>B</b>				
<b>MANTENIMIENTO OBRA CIVIL</b>				
<b>C</b>	<b>MANTENIMIENTO EQUIPOS MECANICOS</b>			
<b>D</b>	<b>MANTENIMIENTO EQUIPOS ELECTRICOS</b>			
<b>MANTENIMIENTO OBRA CIVIL</b>				
CODIGO	x	OPERACIONES A REALIZAR	CONCEPTO	CONCEPTO
101	<input type="checkbox"/>	ELEMENTOS DE CIERRE Y SEGURIDAD	201 <input type="checkbox"/> ARQUETA DE BOMBO	301 <input type="checkbox"/> ENGRASAR
102	<input type="checkbox"/>	LUBRICACIONES	202 <input type="checkbox"/> LUBRIFICACION	302 <input type="checkbox"/> CAMBIAR ACEITE
103	<input type="checkbox"/>	ENFOCADOS	303 <input type="checkbox"/> EDIFICIO BAJA TENSION	402 <input type="checkbox"/> MANAMETRO
104	<input type="checkbox"/>	CUBIERTA	204 <input type="checkbox"/> OBRA CONEXION ENTREGA AGUA	403 <input type="checkbox"/> PRESOSTATO
105	<input type="checkbox"/>	PAVIMENTOS	205 <input type="checkbox"/> CERRAMIENTO PARCELA	404 <input type="checkbox"/> TOMAMUESTRA
106	<input type="checkbox"/>	HUMEDADES	206 <input type="checkbox"/> ESTADO PARCELA	405 <input type="checkbox"/> VALVULAS
107	<input type="checkbox"/>	PINTURA EXTERIOR	207 <input type="checkbox"/> ROTURA CONDUCCIONES	406 <input type="checkbox"/> VALVULAS REGULADORAS
108	<input type="checkbox"/>	PINTURA ELEMENTOS METALICOS	208 <input type="checkbox"/> ARQUETAS DESAGUES, VENTOSAS	407 <input type="checkbox"/> VENTOSAS
109	<input type="checkbox"/>	LIMPIEZA INTERIOR	209 <input type="checkbox"/> ELEVADORAS	408 <input type="checkbox"/> DESAGÜES
110	<input type="checkbox"/>	LIMPIEZA EXTERIOR	210 <input type="checkbox"/> DEPOSITOS	409 <input type="checkbox"/> CALDERINES
			310 <input type="checkbox"/> LOCALIZAR Y REPARAR	410 <input type="checkbox"/> CONDUCCIONES
<b>MANTENIMIENTO EQUIPOS ELECTRICOS</b>				
<b>MEDIA TENSION</b>				
CODIGO	x	OPERACIONES A REALIZAR	CONCEPTO	CONCEPTO
501	<input type="checkbox"/>	LOCALIZAR Y REPARAR AVERIAS	601 <input type="checkbox"/> LINEA AREA	701 <input type="checkbox"/> CUADRO
502	<input type="checkbox"/>	REVISAR VERIFICAR	602 <input type="checkbox"/> LINEA SUBTERRANEA	702 <input type="checkbox"/> INTERRUPTOR
503	<input type="checkbox"/>	MEDIR	603 <input type="checkbox"/> ENTORQUE COLUMNA	703 <input type="checkbox"/> DIFERENCIAL
504	<input type="checkbox"/>	PROGRAMAR	604 <input type="checkbox"/> AUTOVALVULAS	704 <input type="checkbox"/> BARRAJE
505	<input type="checkbox"/>	REAPRETAR	605 <input type="checkbox"/> FUSIBLES	705 <input type="checkbox"/> SECCIONADOR
506	<input type="checkbox"/>	VERIFICAR Y AJUSTAR	606 <input type="checkbox"/> CELDA LINEA	706 <input type="checkbox"/> FUSIBLE
507	<input type="checkbox"/>	RELLENAR	607 <input type="checkbox"/> CELDA PROTECCION	707 <input type="checkbox"/> CONTACTOR Y CONTACTOS
508	<input type="checkbox"/>	ENSAYAR RIGIDEZ DIELECTRICA	608 <input type="checkbox"/> CELDA MEDIDA	708 <input type="checkbox"/> PROTECCION TERMICA
509	<input type="checkbox"/>	CORREGIR FUGAS	609 <input type="checkbox"/> CONTADOR Y CUADRO MEDIDA	709 <input type="checkbox"/> BORNAS
510	<input type="checkbox"/>	MODIFICAR CONMUTADOR TENSION	610 <input type="checkbox"/> TRANSFORMADOR POTENCIA	710 <input type="checkbox"/> BATERIA CONDENSADORES
511	<input type="checkbox"/>	MEDIR AISLAMIENTO	611 <input type="checkbox"/> JUNTAS HORNAS AT Y BT Y TAPA	711 <input type="checkbox"/> ALUMBRADO Y TOMAS CORRIENTE
512	<input type="checkbox"/>	REVISION VISUAL	612 <input type="checkbox"/> AISLADORES	712 <input type="checkbox"/> INDICADORES
513	<input type="checkbox"/>	INSTALAR	613 <input type="checkbox"/> BOTELLAS TERMINALES	713 <input type="checkbox"/> SEÑALIZACION
514	<input type="checkbox"/>	DESMMONTAR	614 <input type="checkbox"/> NIVEL ACEITE	714 <input type="checkbox"/> SONDA NIVEL Y TRANSDUCTORES PRESION
515	<input type="checkbox"/>	SUSTITUIR	615 <input type="checkbox"/> ESQUEMA UNIFILAR	715 <input type="checkbox"/> CAUDALIMETRO MAGNETICO
516	<input type="checkbox"/>	LIMPIAR	616 <input type="checkbox"/> ELEMENTOS SEGURIDAD	716 <input type="checkbox"/> EMISORAS
<b>INCIDENCIAS</b>				
<b>F</b>		<b>CONTROL REPARACION</b>		<b>G</b>
PERSONAL PROPIO		NOMBRE EMPRESA		NOMBRE OFICIAL:
				FIRMA:
		FECHA FIN REPARACION		FECHA:
				FIRMA:
				FECHA:
				FIRMA:
				FECHA:

Figura 2. Parte de mantenimiento.




A		Nº DE PARTE: _____ PERIODO: _____		 GOBIERNO DE CANTABRIA		DEP. AGUAS SUBTERRANEAS DIV. MANTENIMIENTO Y OBRAS RESUMEN DE PRODUCCION SUB-003-I01	
B		SISTEMA GENERAL DE POZOS		SISTEMA LOCAL DE POZOS			
CAMPO DE POZOS		VOL. APORTADO		CAMPO DE POZOS		VOL. APORTADO	
C		AGUAS PROFUNDAS 9 FUENCARRAL		E		AGUAS SUBTERRANEAS 2	
TOTAL AGUAS PROFUNDAS 9				MOSTOIRES		VILLAMANTILLA	
D		AGUAS SUBTERRANEAS 1		FUENLABRADA		CASARRUBILOS	
TORRELAGUNA				PARLA		FRESNO DEL TOROTE	
CANAL BAJO				VILLAVICIOSA DE ODON		MORALEJA DE ENMEDIO	
CANAL ALTO				VILLANUEVA DE LA CAÑADA		VILLANUEVA DE PERALES	
GOLOSO				VILLANUEVA DEL PARDILLO			
PLANTIO				BRUNETE			
MAJADAHONDA				QUIJORNA			
CANAL DEL OESTE				BOADILLA DEL MONTE			
BATRES				ALGETE			
				NAVALCARNERO			
				COBEÑA			
				RIBATEJADA			
				LOZOYA DEL VALLE			
				PINILLA DEL VALLE			
				SAN AGUSTIN DE GUADALIX			
				MECO			
				PEZUELA DE LAS TORRES			
				CADALSO DE LOS VIDRIOS			
				VALDEOLMOS-A-LALPARDO			
				FUENTE EL SAZ			
				VILLACONEJOS			
				ZARZALEJO			
TOTAL AGUAS SUBTERRANEAS 1						TOTAL AGUAS SUBTERRANEAS 2	
F				CONTROL DE FIRMAS			
EL JEFE DE LA DIVISION DE MANTENIMIENTO Y OBRAS:				FIRMA:		FECHA:	

Figura 3. Parte de producción.



- Parte de producción (*figura 3*).
- Parte de actuación de emergencia (*figura 4*).

que proporcionan una idea de los procedimientos y la complejidad necesaria para llevar un control adecuado de los campos de pozos.

FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA	EJEMPLO
- Cliente	Canal de Isabel II
- Fecha de la prueba	19-1-1996
- Lugar	Fábrica de .....
- Tipo de máquina: motor + bomba	QN 1 22 - 6 N + M I 1 6 -
- Número de serie	IM50
- Potencia nominal (kW)	86.405
- Tensión nominal (V)	670
- Intensidad nominal (A)	660
- Frecuencia (Hz)	740
- Velocidad sincronismo (r.p.m.)	50
- Número de polos	3000
- Caudal nominal (l/min)	2
- Altura nominal (m.c.a)	-8700
- Longitud de cable (m)	196
- Número de cables en paralelo	9
- Sección del cable (mm <sup>2</sup> )	2
- Resistencia 1ª fase R-S frío	95
- Resistencia 2ª fase S-T frío	0,015
- Resistencia 3ª fase R-T frío	0,015
- Resistencia 1ª fase R-S caliente	0,015
- Resistencia 2ª fase S-T caliente	0,018
- Resistencia 3ª fase R-T caliente	0,018
- Aumento de temperatura	0,018
- Tensión de prueba de aislamiento (V)	50°
- Resistencia antes de la prueba (Mohm)	2500 100.000
- Resistencia después de la prueba (Mohm)	100.000 300
- Diámetro tubería de prueba (mm)	7,99
- Pérdidas en hierro (Vfe)	17,54

## CONCLUSIONES

Ha habido un avance notable, en los últimos años, en el diseño y realizaciones del equipamiento de los pozos, que están alcanzando una elevada complejidad, tanto por los elementos necesarios (líneas eléctricas enterradas, parcelas cerradas con protección de seguridad, centros de transformación con celdas independientes de alta y baja tensión) como por los elementos de operación, optimización y control instalados cada vez más frecuentemente (cuadros de control, autómatas progra-

PUNTOS	Q l/min	Hnominal (m)	C2g (m)	Potencia bomba		Rendimiento %
				Entregada	Absorbida	
1	6680	241	0,13	263,2	340,8	77,2
2	7040	235	0,14	270,5	343,1	78,8
3	7500	225	0,16	275,9	345,9	79,8
4	<u>8680</u>	195	0,21	276,9	376,9	<u>70,9</u>
5	9300	178	0,25	263,3	339,1	77,6

mables, protectores térmicos de los motores sumergidos, correctores de energía

PUNTOS	Ured V	IR A	IS A	IT A	I A	POT kW	COS ∅	REND MOTOS %	R. P. M.
1	666	420,0	417,0	422,8	421,6	380,4	0,788	88,9	2910
2	666	421,2	420,0	460,8	424,0	385,8	0,789	89,0	2910
3	666	424,2	421,8	433,2	424,4	388,8	0,790	89,0	2910
4	666	423,0	422,4	433,2	426,2	389,4	<u>0,792</u>	<u>89,0</u>	2910
5	666	418,2	417,2	426,0	429,4	381,6	0,787	89,0	2910

reactiva, convertidores de frecuencia, protección catódica, registradores automáticos de datos con transmisión por radio a centros de control, telecontrol y telemando en algún caso, etc). A todo ello se suman los correspondientes procedimientos de gestión, registro y tratamiento informático de los datos.