



Canal de Isabel II

17 - 02 - 17

**ESTUDIO PILOTO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN
OPERACIONAL DE UN ESTIMADOR DE ESTADO
HIDRÁULICO EN LA RED ESTRATÉGICA DE
CANAL DE ISABEL II**

**PROCEDIMIENTO ABIERTO NO ARMONIZADO
CON PLURALIDAD DE CRITERIOS**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Área: Subdirección de Investigación, Desarrollo e Innovación
Fecha: 31 de marzo de 2017

Contenido

1. OBJETO.....	3
2. ANTECEDENTES.....	3
3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.....	5
Información de partida.....	5
Tareas principales	6
4. PRODUCTOS ENTREGABLES.	9
5. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS.	10
6. MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS.	10
7. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS	11

1. OBJETO.

En el presente Pliego de Prescripciones Técnicas se describen las condiciones técnicas que regirán el *"Estudio piloto para la implementación operacional de un estimador de estado hidráulico en la red estratégica de Canal de Isabel II"* dentro de la red de abastecimiento de agua potable en la Comunidad de Madrid gestionada por Canal de Isabel II.

Este estudio tiene como objetivo principal realizar una primera aproximación al desarrollo de una herramienta de estimación de estado hidráulico operativa en la red estratégica de Canal de Isabel II, que permita definir con suficiente detalle el diseño de la herramienta definitiva que operará en Canal de Isabel II, y los medios necesarios para su desarrollo. La finalidad de la herramienta de estimación de estado hidráulico es permitir el conocimiento del estado hidráulico más probable de la red estratégica a partir de los registros instrumentales recogidos por el sistema SCADA en cualquier instante de tiempo.

En el ámbito de este contrato se desarrollarán los procedimientos numéricos de estimación de estado, y su implantación en una zona piloto de la red de abastecimiento gestionada por Canal de Isabel II, para evaluar los requisitos computacionales del procedimiento de estimación de estado cuando se implementa para su uso operacional. Se realizará una caracterización de la red para adecuar su modelado a las necesidades y objetivos de la estimación de estado, y una identificación y validación inicial del conjunto de señales vinculadas al estado hidráulico que son recibidas por el sistema de telecontrol de Canal de Isabel II en la zona piloto seleccionada. Con ello se definirán las rutinas de procesamiento, se valorarán los rendimientos para su implementación conforme al estado actual del sistema de telecontrol y el modelo hidráulico de la red existente, y se desarrollarán simulaciones piloto del comportamiento del sistema en tiempo real para evaluar los requisitos computacionales.

El estudio también debe determinar los requisitos necesarios para la integración final con el sistema SCADA que gestiona las telemedidas en Canal de Isabel II y el conjunto de sistemas vinculados de manera directa a la explotación y control de la red. Así mismo, requiere la definición de los requisitos para la integración de algoritmos y programas actualmente empleados *off-line* para análisis de la red, para pasar a su implementación *on-line* vinculado a los resultados de la estimación de estado. El estudio debe dar lugar a la definición completa del diseño del sistema de estimación de estado hidráulico para la red de Canal de Isabel II, tanto desde el punto de vista de caracterización previa de la red y de los equipos de medida, el software a desarrollar y elementos de integración necesarios y el hardware sobre el que se ejecutará.

El presente trabajo es fundamental para poder definir y cuantificar de forma más precisa las limitaciones y dificultades prácticas que conlleva la implementación operacional de un estimador de estado, para poder así afrontar con garantías la modernización e inclusión de las Tecnologías de la Información (TI) para la operación y mantenimiento de la red de abastecimiento.

2. ANTECEDENTES.

La red de abastecimiento de agua potable a la Comunidad de Madrid, gestionada por Canal de Isabel II tiene una longitud de 17.400 km, de los cuales unos 3.300 km tienen la consideración de red estratégica.

Canal de Isabel II ha llevado a cabo en los últimos años un Plan de Sectorización de la red de abastecimiento, cuyo desarrollo se encuentra prácticamente finalizado. En la ejecución de este plan se han identificado un total de 613 sectores en la red de distribución, de los cuales encuentran implantados y controlados 581.

Durante el proceso de análisis de la sectorización de la red de distribución se han realizado y calibrado modelos hidráulicos detallados de toda la red de abastecimiento, cubriendo un total de aproximadamente 14.100 km de conducciones que, junto con el modelo de la red de transporte estratégica de 3.300 km, hacen un total de 17.400 km de red modelizada.

Estos modelos hidráulicos están en formato Synergee® v. 4.7 (o posterior) de Advantica Stoner, herramienta de cálculo utilizada por Canal de Isabel II, enlazado con el SIG corporativo GAMBA (ArcGis® 10.3 de ESRI). Los modelos hidráulicos están siendo mantenidos a través de continuas actualizaciones y calibraciones.

En el Sistema de Información Geográfico corporativo (GAUDY), las conducciones y elementos de la red de abastecimiento están caracterizados con su ubicación geográfica, topología y principales características físicas: longitud, diámetro, material, año de instalación, fabricante, rugosidad hidráulica; si bien no todos los datos están completos al 100%.

Canal de Isabel II cuenta con multitud de medidas de presión y caudal en tiempo real procedentes de equipos existentes en sus instalaciones. A día de hoy se recibe señal de aproximadamente 3.350 caudalímetros, 300 contadores y 1380 registradores de presión.

La señal de estos equipos es recogida en el Centro Principal de Control y sus lecturas pueden ser consultadas a través de la aplicación corporativa Web21.

Por otro lado, los resultados de un reciente estudio realizado por Canal Isabel II Gestión S.A. denominado *"Estudio de observabilidad para la estimación del estado hidráulico de la red sectorizada de abastecimiento"*, pusieron de manifiesto el potencial que el sistema de telecontrol implantado en su red ofrece para la realización de estimaciones de estado hidráulico, que permita conocer a partir de las medidas obtenidas automáticamente el estado en el que se encuentra la red en cada momento. En este estudio se analizó qué variables del sistema se pueden estimar de forma directa, a través de medidas, o indirecta a través de las ecuaciones del flujo que relacionan unas variables con otras, mediante un procedimiento de estimación de estado teniendo en cuenta además la topología de la red, y qué otras variables no son observables, es decir, en qué ubicaciones y sobre qué magnitudes el procedimiento de estimación de estado no aporta información alguna.

El estudio en su totalidad está publicado en el Cuaderno N° 23 de la colección de Cuadernos de I+D+i *"Estudio de observabilidad para la estimación del estado hidráulico de la red sectorizada de abastecimiento"*, y a continuación se extraen las conclusiones más importantes que han motivado la redacción de este nuevo proyecto:

El trabajo *"Estudio de observabilidad para la estimación de estado hidráulico de la red sectorizada de abastecimiento"* ha puesto de manifiesto las características que presenta la red estratégica gestionada por Canal de Isabel II para la implementación de técnicas numéricas que contribuyan al control y la monitorización de esta gran red. Concretamente, en este estudio se ha analizado la observabilidad del sistema y se ha cuantificado la incertidumbre de la estimación de estado asociada al mismo, análisis en base a los cuales se ha implementado una estrategia de ubicación de nuevos dispositivos.

El análisis de observabilidad llevado a cabo refleja que la observabilidad general de la red es buena, si bien es cierto que ésta se alcanza gracias a la asunción del estado de bombas y válvulas conforme a la operación habitual de la red y a la inclusión de las pseudomedidas de consumo en los sectores. Además, y como resultado de los análisis 1 a 1 realizados para evaluar la respuesta de la red ante la duda o desconocimiento individual de ciertas variables del sistema, la red estratégica se presenta como una red relativamente resiliente, es decir, con capacidad para adaptarse a la pérdida temporal de equipos de medida sin una excesiva pérdida de información en términos de observabilidad.

Con la idea de mejorar la caracterización del sistema con vistas a una estimación de estado, también se ha cuantificado su incertidumbre en ese trabajo. Concretamente, se han estimado las incertidumbres correspondientes a escenarios de caudal máximo, medio y mínimo, lo cual ha

permitido detectar que las desviaciones obtenidas en términos de presión, caudal y consumos son razonables, si bien es cierto que ésta se ve algo mermada en la zona de la red correspondiente a la distribución del flujo entre sectores. En cualquier caso, las incertidumbres siempre son mejorables, por lo que se recomienda la incorporación de equipos de medida adicionales.

En este sentido, los resultados de la ubicación de nuevos dispositivos han permitido detectar las posiciones recomendables para mejorar la incertidumbre del sistema considerando diferentes paquetes de inversión. Los equipos adicionales propuestos reducen la incertidumbre del sistema y proporcionan una cierta redundancia a los ya existentes en la red, contribuyendo en definitiva a la mejora del resultado de la estimación de estado.

3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.

El ámbito de este proyecto será una zona piloto de la red estratégica de abastecimiento que cubre los más de 170 municipios de la Comunidad de Madrid, en los que Canal de Isabel II Gestión tiene responsabilidades de gestión y mantenimiento de la red de distribución. La zona piloto será lo suficientemente grande como para que los resultados computacionales sean extrapolables a la totalidad de la red y que recoja un conjunto de arterias principales de la misma, depósitos, sistemas de bombeo, y puntos alternativos de suministro, y será definida por la dirección del proyecto por parte de Canal de Isabel II. La zona piloto tendrá una longitud de tubería de entre 500 y 1000 km, aproximadamente, y tendrá su frontera con el resto de la red en puntos con equipos de medida de caudal y presión.

Como se ha indicado ya en los objetivos, este pliego describe los trabajos iniciales necesarios para la implantación operacional de un sistema de estimación de estado para aprovechar de forma sistemática tanto la información proporcionada por los equipos de medida, recogida en el Centro Principal de Control (CPC), como la información estadística sobre predicciones de consumos en sectores y la incertidumbre de estas estimaciones. La estimación del estado no trata más que reproducir, en cualquier instante de tiempo, cuál es el caudal y la presión de cualquier punto de la red sectorizada.

Este trabajo debe servir como base fundamental para el desarrollo e implementación de manera operacional de una metodología integrada de estimación de estado, que permita en un futuro próximo maximizar el aprovechamiento de la información recogida por el CPC, así como su manipulación tanto a nivel de ejecución como de análisis de resultados, para que la herramienta sea efectiva en la toma de decisiones sobre la gestión y el mantenimiento.

Información de partida

Para el desarrollo de los trabajos se dispone de las siguientes fuentes de información:

1. Características físicas, hidráulicas y topológicas de la red de abastecimiento estratégica y de distribución, sobre el Sistema de Información Geográfico de las infraestructuras (GAUDY) en soporte ArcGis 10.3.
2. Series históricas y distribución de las demandas.
3. Modelo de estimación y predicción de consumos horarios por sectores (CHYPRE).
4. Caracterización hidráulica, física y topológica de los equipos de medida.
5. Series de datos, características y localización de los equipos de medida.
6. Modelos hidráulicos de la red de transporte y de la red de distribución.
7. Resultados del estudio de observabilidad desarrollado por Canal de Isabel II.
8. Acceso a las bases de datos de medidas registradas en el Centro Principal de Control (CPC) y toda la información necesaria sobre el modelo de datos del sistema SCADA.
9. Acceso a datos del sistema de registro de avisos, incidencias y trabajos en la red (GAYTA).

10. Modelos actualmente ejecutados *off-line* para caracterizar en escenarios de planificación los riesgos vinculados a la explotación de la red.

Tareas principales

Las tareas principales a desarrollar en el estudio sobre la red piloto objeto de estudio son las siguientes:

1. Análisis de la red piloto propuesta, realizando una jerarquización y una simplificación válida a nivel topológico para que la estimación de estado a nivel operacional sea factible.
2. Validación de señales del sistema SCADA, identificando los instrumentos de medida y su ubicación en la red piloto seleccionada.
3. Implementación de un estimador de estado que sea capaz de proporcionar el estado más probable del sistema en un instante determinado a partir de los registros instrumentales del SCADA. El estimador de estado, ha de disponer de las siguientes capacidades adicionales:
 - a. Prefiltrado de medidas: Una vez disponibles las medidas procedentes del SCADA, este proceso realizaría un primer filtrado sencillo para detectar y eliminar datos claramente erróneos, fuera de rango, datos no disponibles por errores de comunicación, etc. Una vez realizado el proceso, proporciona los datos instrumentales disponibles en cada momento para la estimación de estado.
 - b. En aquellos casos en los que no se dispongan de medidas instrumentales asociadas a los sectores estratégicos de la red piloto, se emplearán estimaciones proporcionadas por el sistema CHYPRE (Desarrollo de un sistema de validación, estimación y predicción de consumos horarios por sectores para la red de distribución de Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+i nº13), junto con su incertidumbre para la estimación de estado.
 - c. Procesado topológico: Este proceso integra las declaraciones de maniobras en la red, para tener un conocimiento lo más preciso posible sobre el estado de bombas y válvulas antes de la realización de la estimación de estado.
 - d. Análisis de observabilidad: Si bien ya se realizó un estudio previo de observabilidad sobre la red de Canal, éste se realizó con unas hipótesis concretas con respecto al conocimiento de los elementos de la red asumiendo unas condiciones ideales. La implementación operacional exige la realización de un análisis de observabilidad previo a cualquier estimación de estado posterior. Hay que tener en cuenta que la pérdida de medidas, o la duda sobre el estado de determinadas bombas y/o válvulas, afectan a la observabilidad del sistema, y es necesario saber qué información proporcionada por la estimación de estado es fiable, y cuál no lo es, y este proceso ha de ser ágil y rápido.
 - e. Estimación de estado: Una vez definidas las medidas disponibles y los elementos observables, se ha de proceder a la estimación del estado más probable del sistema. Para ello se estudiarán a nivel de prototipo distintas alternativas hasta seleccionar la que realmente se aplicará a la red piloto. Esta estimación ha de tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - i. Han de tenerse en consideración los errores en los dispositivos de medida. En el caso de caudalímetros, estos errores dependen en gran medida de la velocidad del agua a través del aparato.
 - ii. Han de tenerse en cuenta las curvas características de las bombas, y el funcionamiento de elementos de regulación, tales como válvulas reductoras de presión, válvulas de control de flujo, válvulas antiretorno, etc.
 - iii. Han de tenerse en cuenta las pérdidas de energía por rozamiento en tuberías.

- iv. En algunos casos, se podrá dudar incluso del estado de un número limitado de elementos de regulación, siempre y cuando la configuración de medidas en cada instante lo permita, es decir, se efectuará una estimación de estado topológica.
- f. Cálculo de la incertidumbre de la estimación de estado: El sistema será capaz de proporcionar, además del valor esperado del estado hidráulico, su incertidumbre.
- g. Detección y procesamiento de datos anómalos: El sistema ha de tener la capacidad de detectar y filtrar posibles datos anómalos procedentes de fallos en los procedimientos de lectura o transmisión de la información, que no fueron inicialmente detectados en el pre-filtrado inicial. En este sentido, el cálculo de la incertidumbre es crucial para una correcta detección de datos anómalos. Y será necesaria la comprobación del comportamiento de la metodología computacional seleccionada en la detección de uno o varios datos anómalos.
- h. Detección de roturas: El sistema ha de tener la capacidad de detectar posibles roturas en el sistema, y por lo tanto es imprescindible desarrollar una metodología para la detección de tales eventos, y evaluar la capacidad real del sistema para su detección para responder a la cuestión ¿qué magnitud de fugas serían observables en función de la incertidumbre de la estimación de estado?
- i. Detección de maniobras: el sistema ha de tener capacidad para detectar maniobras realizadas sobre la red que aún no han sido declaradas y que afectan a la topología de la misma. Al igual que en el caso de las roturas, no es esperable que todas las maniobras puedan ser detectables en la red de modo automático, especialmente si su incidencia en el comportamiento de la misma es pequeña. En la detección de maniobras se considerará la posibilidad de emplear estimaciones de estado concatenadas.
- j. Calibración de parámetros de rugosidad: el sistema ha de ser capaz de utilizar la información de estimaciones de estado en diferentes instantes de tiempo con el propósito calibrar y/o corregir los parámetros de rugosidad del modelo de forma que el sistema contribuya a mejorar la capacidad del modelo numérico para reproducir el comportamiento real del sistema. Esta tarea no es preciso que se realice *on-line*, y puede realizarse de forma *off-line* con una periodicidad mucho más baja que la estimación de estado.

Los resultados de este análisis tienen como objetivo sentar las bases de un posible estimador de estado operacional, y acotar de una manera mucho más precisa las dificultades y trabajos adicionales necesarios para realizar las tareas que se requieren para la implementación operacional del estimador de estado y su integración y conexión con los sistemas actualmente en uso en Canal de Isabel II. Con este fin, en el ámbito de este contrato se deberán diseñar los trabajos necesarios para alcanzar el objetivo de disponer de un sistema integrado y operativo en tiempo real, para lo que será necesario el diseño de las siguientes componentes:

1. Integración del sistema con el Centro Principal de Control (CPC). Es imprescindible definir la integración con el sistema SCADA para la toma de datos, definiendo un protocolo de captura de los mismos. Inicialmente la arquitectura de operación será unidireccional y en paralelo, es decir, sólo se captarán datos del SCADA para la estimación de estado pero no se proporciona información al SCADA, de forma que una vez capturados los datos necesarios, el sistema SCADA y el sistema de estimación de estado han de ser independientes.
2. Definición de los recursos computacionales. Una vez implementadas todas las funcionalidades del módulo de estimación de estado, será necesario definir los recursos computacionales para que se pueda realizar un ciclo completo del módulo de estimación de estado para toda la red estratégica en menos de 5 minutos. A todos los efectos, se entiende por ciclo completo del módulo de estimación de estado a la ejecución de los pasos 3.a-3.i definidos anteriormente. Si se considera necesario, se propondrá un modelo de datos en el SCADA alternativo al

actual, con el objeto de optimizar los tiempos de acceso a la información relevante para la estimación de estado.

3. Definición de estimación de estado automático: independientemente de que la estimación de estado pueda ejecutarse de forma dirigida por los operadores del Centro Principal de Control, se realizará un proceso automático de estimación de estado que vaya calculando estados más probables sucesivos en un intervalo de tiempo predefinido. De forma que se vayan almacenando en una base de datos los resultados. El objetivo principal es aprovechar al máximo las distintas estimaciones para que el procedimiento de determinación del estado actual sea más robusto. Para ello se compararán de forma automática situaciones en distintos instantes de tiempo de cara a determinar el estado más probable de bombas y válvulas, cambios súbitos de las condiciones que corroboren la detección de roturas, etc.
 - a. En este respecto sería necesario definir la periodicidad con la que se realiza el proceso de estimación de estado, y los criterios de cambio que permitan la detección de los posibles eventos que condicionen el comportamiento de la red.
 - b. También se definirá que información se almacenará, ya que el procedimiento genera una cantidad ingente de datos. En caso de que sea necesario se definirá un *buffer* de estimaciones de estado que permitan utilizar la información de la estimación de estado del último día, semana, mes, trimestre, semestre, año, etc. Este es uno de los aspectos a definir que dependen de los resultados del trabajo a desarrollar en el presente proyecto.
4. Diseño del interfaz de usuario: el futuro sistema deberá contar con una interfaz de usuario que, de forma amigable, permita a los operadores del centro de control:
 - a. Analizar la información, adaptando los formatos de salida del procedimiento computacional diseñado ad hoc para que se puedan interpretar de forma sencilla sobre un visor SIG, identificando claramente aquellas variables del sistema que son observables, aquellas que no lo son, su valor estimado, incertidumbre y otros parámetros de interés.
 - b. Poder actuar sobre los parámetros que permiten la identificación de datos anómalos, roturas, etc.
 - c. Disponer de un gestor de eventos de datos anómalos, y/o incoherencias en el estado de elementos de regulación, y/o comportamientos sospechosos asociados a fugas o roturas, utilizando para ello las estimaciones de estado en distintos instantes de tiempo. Este módulo permitirá gestionar las actuaciones encaminadas a su resolución.
 - d. En este respecto, se deberán integrar en el gestor de eventos, las posibles quejas y llamadas de usuarios que permitan o faciliten la localización exacta de roturas o fugas.
5. Integración con el resto de algoritmos y programas que emplea actualmente Canal de Isabel II en modo *off-line*, y que deberían poder ser ejecutados *on-line* a partir de los resultados de la estimación de estado y gestionados dentro del mismo interfaz.

De esta manera será posible determinar y caracterizar de forma continua el estado más probable de funcionamiento de la red y una medida de la incertidumbre de las estimaciones, filtrando posibles datos anómalos, definiendo el estado más probable de determinados elementos sobre los que se dude y detectando posibles roturas con una estimación inicial de su ubicación. Adicionalmente, se permitirá la gestión de posibles eventos asociados a situaciones que puedan condicionar el funcionamiento correcto de la red y su gestión.

Los licitadores deberán presentar en sus ofertas el cronograma o diagrama de Gantt previsto para la ejecución de las todas estas tareas, junto con los hitos e indicadores de seguimiento que permitan el cumplimiento en plazo y forma de todas las fases del proyecto.

4. PRODUCTOS ENTREGABLES.

Los trabajos desarrollados durante este contrato deben dar lugar a los siguientes entregables:

1. Modelo simplificado de la zona de la red piloto, sobre soporte SIG, en términos de relaciones topológicas y características hidráulicas.
2. Informe de identificación y validación de señales del sistema SCADA en la zona piloto seleccionada.
3. Informes de diseño e implementación de los distintos algoritmos del sistema:
 - a. Algoritmo de observabilidad y estimación de estado hidráulico.
 - b. Algoritmo para el cálculo de la incertidumbre de la estimación de estado
 - c. Algoritmo para la detección y procesado de datos anómalos
 - d. Algoritmo para la detección automática de roturas
 - e. Algoritmo para la detección automática de maniobras
 - f. Algoritmo para la calibración de los parámetros de rugosidad de la red
4. Informes de evaluación de capacidades y rendimientos computacionales, obtenidos con la simulación de los registros de las señales históricas, de los algoritmos señalados en el apartado anterior.
5. Informe sobre el diseño y definición de los requisitos de la aplicación global de estimación de estado operacional que sería desarrollada en el futuro, completamente integrada en los sistemas actualmente operativos de Canal de Isabel II. Incluirá los siguientes documentos:
 - a. Especificación de requisitos del futuro sistema.
 - b. Diseño funcional, incluyendo un modelo de datos preliminar.
 - c. Propuesta de solución tecnológica del sistema.
 - d. Valoración de los costes de desarrollo e implantación
6. Estimador del estado hidráulico, operativo para la zona piloto seleccionada. Se entregará un producto operativo y funcional para demostración y experimentación de todas las capacidades del estimador de estado.

El diseño de este producto se realizará con vistas al desarrollo posterior de la aplicación global. Se adoptará un esquema modular de manera que los distintos componentes desarrollados puedan ser reutilizados posteriormente.

El entorno de desarrollo preferido para este producto será .NET, con MS Visual Studio 2012 o posterior. Los licitadores incluirán en sus ofertas la propuesta de herramientas de programación y paquetes de software a utilizar, justificándola debidamente. En caso de utilizarse productos de terceros distintos del entorno mencionado, los licitadores deberán indicarlo expresamente en su oferta señalando las condiciones de uso, tipo de licencia requerido, etc. Todos los productos relativos a sistemas de información que se vayan a utilizar deberán ser previamente aprobados por la dirección del proyecto de Canal de Isabel II. En caso de precisarse licencia de ejecución de productos de terceros en el desarrollo y explotación de los modelos, se entregará como parte del contrato, una licencia de uso por tiempo ilimitado a nombre de Canal de Isabel II.

Como parte de este producto, se entregarán los siguientes artículos:

- a. Códigos fuente debidamente documentados de todas las funciones y módulos del sistema.
- b. Procedimiento automatizado para la creación de los módulos ejecutables a partir del código fuente.
- c. Procedimiento automatizado para la instalación de la aplicación en los equipos de escritorio de Canal de Isabel II.

- d. Documentación técnica de la aplicación.
- e. Manual de usuario de la aplicación.

5. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS.

En el plazo de tres semanas a partir de la firma del contrato, el adjudicatario deberá presentar la siguiente documentación:

1. Metodología detallada a seguir en el tratamiento de la información y desarrollo de las distintas fases del proyecto.
2. Propuesta de herramientas software, de análisis, desarrollo e implementación de los modelos. Requisitos de acceso a las fuentes de información corporativas de Canal de Isabel II.
3. Análisis funcional y modelo de datos preliminar.
4. Plan de trabajo y cronograma donde se señalen plazos y fechas para la realización de las distintas fases del proyecto.
5. Relación de personas implicadas en el trabajo y misión asignada a cada una de ellas.

En el plazo de dos semanas, el director del proyecto por parte de Canal de Isabel II, aprobará este informe o indicará los cambios necesarios antes de iniciar el trabajo.

Durante la ejecución del proyecto y con periodicidad bimestral, se presentarán informes parciales de seguimiento de las tareas realizadas.

A la finalización de los trabajos, se presentará un informe final con la descripción del proceso metodológico en que el consten todas las hipótesis consideradas en los modelos implementados, resultados conseguidos, conclusiones del trabajo y recomendaciones.

Los documentos de texto se presentarán en formato MS-Word, junto con una copia impresa. Los gráficos y tablas de datos o resultados que se incluyen en los informes se entregarán además en formato MS-Excel o MS-Access.

6. MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS.

El abono de los trabajos se realizará para cada una de las fases del proyecto, de acuerdo a los precios ofertados por el adjudicatario. Se emitirá una factura para cada una de estas tareas una vez hayan sido completadas, entregadas y haya sido aprobado el informe correspondiente por la dirección del proyecto (Canal de Isabel II):

1. Análisis de la red estratégica de abastecimiento.
2. Validación de señales del sistema SCADA.
3. Desarrollo e implementación del estimador de estado para la zona piloto:
 - a. Análisis de observabilidad.
 - b. Estimación de estado.
 - c. Cálculo de la incertidumbre de la estimación de estado.
 - d. Detección y procesamiento de datos anómalos.
 - e. Detección de fugas.
 - f. Detección de maniobras.
 - g. Calibración.
4. Evaluación de capacidades y rendimientos computacionales.

5. Diseño y definición de los requisitos de la aplicación global de estimación de estado operacional que sería desarrollada en el futuro.

7. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS

El adjudicatario nombrará un representante responsable del proyecto, que deberá contar con experiencia en trabajos similares.

El adjudicatario dedicará a la realización del proyecto contratado una plantilla de acreditada solvencia técnica, para que la labor comprometida pueda ser realizada de modo satisfactorio y en el plazo establecido. En sus ofertas, los licitadores presentarán una relación de personal que se asignaría al trabajo encomendado, con indicación de su titulación, experiencia (*curriculum vitae*) y dedicación al proyecto.

El adjudicatario se comprometerá a aportar los recursos humanos recogidos en su oferta. En el caso de que alguna de las personas propuestas no pudiera incorporarse al proyecto el adjudicatario propondrá a Canal Gestión recursos alternativos con categoría profesional y experiencia igual o superior a los propuestos inicialmente, propuesta que deberá ser aceptada por la dirección del proyecto por parte de Canal Gestión.

El adjudicatario velará por que el equipo designado para la ejecución de los trabajos tenga la suficiente estabilidad que no ponga en riesgo la consecución de los mismos en calidad y tiempos. Cualquier cambio que aun así se produjera deberá ser puesto en conocimiento de Canal Gestión con la suficiente antelación y se reemplazará el recurso por otro de igual o superior categoría.

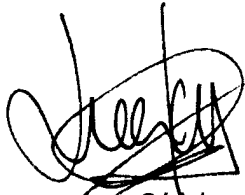
Los licitadores deberán incluir en sus ofertas una propuesta metodológica detallada de las técnicas, métodos, fuentes de información y herramientas que vayan a ser utilizadas en la realización del proyecto.

Para un correcto seguimiento de la ejecución del proyecto, resolución de posibles incidencias y aseguramiento del cumplimiento de objetivos y plazos, se programarán reuniones mensuales, con asistencia de miembros de la Comisión de seguimiento del proyecto de Canal de Isabel II y del director del proyecto por la empresa adjudicataria.

Madrid, 31 de marzo de 2017



Firma: Francisco Cubillo González
Subdirector de Investigación, Desarrollo e Innovación



Firma: Juan Sánchez García
Director de Innovación e Ingeniería

4
11