

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE HA DE REGIR
EN LA CONTRATO DE SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA
PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA EN 13 EMBALSES DE CANAL DE ISABEL II
BASADO EN MODELOS HIDRODINÁMICOS Y DE CALIDAD
PARA LA TOMA DE DECISIONES OPERACIONALES EN
TIEMPO REAL**

EXPEDIENTE N.º: 192/2024

Área: Desarrollo de la Innovación

Fecha: 11 de junio de 2025

1. OBJETO

El objeto del Contrato es la prestación de los Servicios de Asistencia Técnica para el desarrollo de un sistema de alerta temprana en 13 embalses de Canal de Isabel II basado en modelos hidrodinámicos y de calidad para la toma de decisiones operacionales en tiempo real.

El producto del proyecto se integrará en una plataforma única con alojamiento web para monitorizar la alerta temprana ante eventos relevantes, así como para la toma de decisiones en cuanto a posibles escenarios correctivos futuros o preventivos.

2. ANTECEDENTES

La calidad del agua almacenada en los embalses es modificada por las cargas contaminantes presentes en la propia cuenca y que llegan al embalse a través de los ríos o arroyos. Este contrato busca desarrollar un sistema que, en tiempo real y mediante el uso de modelos matemáticos, ayude a la toma de decisiones de operación de los embalses y a su vez permita evaluar escenarios correctivos futuros para tomar medidas o actuaciones preventivas.

La gestión adecuada de los recursos hídricos es crítica para garantizar un suministro de agua en condiciones óptimas. En la Comunidad de Madrid, los recursos principales son los embalses. La escorrentía superficial que se genera en las cuencas llegará a un río y eventualmente se almacenará en un embalse como agua bruta hasta su demanda aguas abajo ya sea para consumo, como caudal ecológico, como energía hidroeléctrica, como trasvase o por necesidades operativas.

Los embalses son infraestructuras donde el agua permanecerá almacenada largos periodos de tiempo y, según la composición de la cuenca y el régimen hidrológico, es posible que ocurran fenómenos indeseables como la eutrofización, contaminación por bacterias fecales, malos olores o alto contenido de sedimentos.

Los principales aportes a embalses son los ríos y arroyos, algunos con persistencia estacional y otros permanentes, pero no son los únicos. Puede ocurrir que un embalse reciba algún vertido intermitente proveniente de la red de drenaje durante la época de lluvia o vertidos de agua residual tratada de manera continua.

Por otro lado, las prácticas agrícolas, así como el comportamiento antropogénico en las cuencas vertientes pueden ser, potencialmente, fuentes de contaminación puntual o difusa. El agua, a su paso por la cuenca, arrastrará estos contaminantes hasta el embalse. A esto hay que añadir que en los embalses de la Comunidad de Madrid también se pueden producir fenómenos locales que son fuentes de contaminación, algunos como resultado de la presencia de aves durante su proceso migratorio u otros debidos a la historia del uso del suelo.

Dentro de las tareas de Canal de Isabel II, S.A., M.P. (en adelante “Canal de Isabel II o “Canal”) para la gestión de los embalses, la empresa realiza la medición de caudales y niveles de agua en embalse y aportes, así como de la precipitación en las proximidades a fin de cuantificar la disponibilidad real de los recursos hídricos. Además, se encarga de monitorizar la evolución y presencia de sustancias químicas y biológicas en la masa de agua para posteriormente determinar la evolución de la calidad del agua en general y el estado trófico de los embalses en particular. Las campañas de monitoreo de caudales se realizan de manera continua mientras que las de calidad de manera puntual. Además, se realizan estudios específicos para caracterizar las fuentes de contaminación que afectan a la dinámica de los embalses.

Todas estas tareas, fundamentales para garantizar el recurso y capacidad de suministro y consignas de operación de ETAP y presas, se ejecutan a nivel de embalse y la zona o dominio de estudio abarca sus proximidades y el comportamiento del agua embalsada. Los parámetros de calidad en embalses se muestrean únicamente a nivel puntual y con una frecuencia de calidad bimensual mientras que los caudales y niveles se monitorizan de manera continua. En este escenario, la precipitación únicamente es considerada indirectamente, una vez la escorrentía generada llega al punto de medida. Además, si el muestreo no es continuo, puede ocurrir que un evento de precipitación no se capture y por lo tanto se subestime o sobreestime su impacto.

3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El objeto del contrato es la prestación de Servicios de Asistencia Técnica para el desarrollo de un sistema de alerta temprana para la ayuda a la toma de decisiones en la gestión de 13 embalses. El sistema funcionará tanto para parámetros de calidad como de hidrodinámica y funcionará en tiempo real. El sistema incluirá toda la cuenca vertiente y se basará en tres pilares: datos observados y pronosticados, modelos operacionales y ayuda a la toma de decisiones.

El producto del proyecto se integrará en una plataforma única con alojamiento web para monitorizar la alerta temprana ante eventos relevantes, así como para la toma de decisiones en cuanto a posibles escenarios correctivos futuros o preventivos.

El sistema de alerta temprana es un sistema de ayuda a la toma de decisiones operacionales en embalses en tiempo real, en adelante ODSS, ha de ser capaz de pronosticar tanto las causas de los impactos que se detectan en el embalse como los efectos que pueden producir. Para ello, el ODSS se ha de basar en múltiples fuentes de datos como son:

- Sensores de medida
- Toma de muestras en campo
- Modelos matemáticos

Los modelos operacionales de los embalses serán el resultado de combinar los modelos matemáticos basados en los procesos hidrológicos, hidrodinámicos y biogeoquímicos que ocurren en la cuenca y en los embalses. El proceso de modelización del entorno y simulación numérica del proyecto abarca desde el pronóstico de la evolución lluvia - escorrentía e infiltración de la cuenca vertiente a embalse, pasando por la obtención de los caudales en la entrada a embalse y algunos puntos adicionales de la cuenca, estudio del comportamiento de los embalses y la integración de un modelo operacional para gestionar los recursos hídricos. Paralelamente a estos modelos relacionados con el flujo del agua, también se desarrollarán modelos de calidad para diagnosticar los problemas en base a la Tabla 1 del apartado 3.2 del presente pliego. El sistema de gestión de embalses ha de permitir, como mínimo, planificar lo siguiente:

- Actuaciones frente a posibles escenarios de contaminación de las aguas.
- Actuaciones u operaciones hipotéticas en infraestructuras de saneamiento gestionadas por Canal y que puedan mejorar el comportamiento hidrodinámico o la calidad de agua embalsada.
- Actuaciones operacionales en presas, principalmente del tipo apertura o cierre de compuertas, vertidos, desagües, tomas de agua o sistemas de turbinas.
- Actuaciones frente a posibles escenarios de inundaciones.
- Actuaciones operacionales de tomas a canales o azudes.

Además de las operaciones habituales mencionadas en el párrafo anterior, también se podrá hacer estudios, mediante simulaciones, de patrones de comportamiento de largo plazo para la búsqueda de mejoras ante fenómenos más complejos y de larga duración que puedan suponer la implantación de nuevas y quizás complejas actuaciones operacionales en la misma presa u otros. Los datos de salida del ODSS serán el resultado de combinar procesos automáticos, procesos de control de calidad integrados y la evaluación de incertidumbres mediante el uso de modelos matemáticos y se presentarán en una interfaz gráfica customizada para resolver los siguientes retos:

- Monitorizar el balance hídrico y de contaminación temporal tanto para un embalse como por sistemas de subcuencas hidrológicas. Análisis estadísticos de los datos
- Consultar datos físicos y topográficos de embalses y cuencas
- Consultar datos de cuenca en secciones de interés a lo largo del tiempo
- Visualizar datos y resultados según las necesidades del plan estratégico de Canal
- Cuantificar los parámetros relacionados con el medioambiente y de gestión de Canal en base a la legislación vigente y normativa interna de la empresa
- Extracción de datos históricos, en situación actual y pronosticados.
- Integrar la visualización de factores que afecten al tratamiento del agua potable
- Identificar las actuaciones necesarias en cuenca para reducir problemas de calidad y problemas en la masa de agua
- Evaluar escenarios hipotéticos enfocados a la mejora de operativa hidrodinámica y de calidad
- Integrar variaciones o cambios en los modelos a fin de representar la actualización del funcionamiento del embalse
- Sugerir órdenes de actuaciones operativas en el modelo

3.1. LOS EMBALSES DE CANAL DE ISABEL II

En Canal de Isabel II se gestionan directamente 13 embalses ubicados en la cabecera de la cuenca hidrográfica del Tajo y se aprovechan o reciben aguas de al menos dos embalses más. Están ubicados en las zonas de alta montaña y en las cuencas hidrológicas del Lozoya, Manzanares, Guadarrama, Alberche y Guadalix. Se abastece a un total de 6,7 millones de habitantes.

Hay cinco sistemas de embalses en cascada, cinco en la cuenca del río Lozoya, dos en la cuenca del río Manzanares, dos en la cuenca del río Guadarrama y dos en la cuenca del río Alberche. Además, hay embalses individuales en dos cuencas: uno en el río Guadalix y uno en el río Jarama.

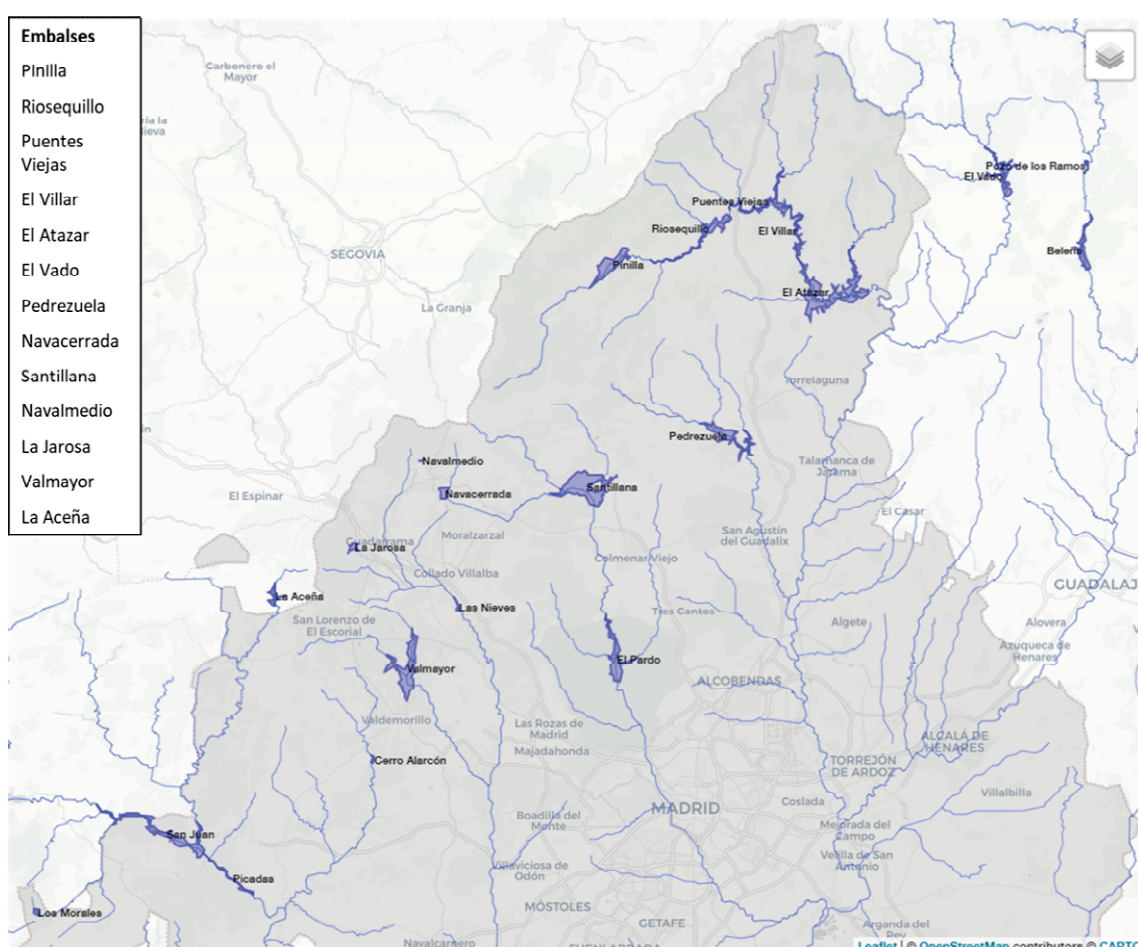


Imagen 1. Esquema de embalses en la Comunidad de Madrid y lista de embalses de gestión directa

Hay situaciones más o menos regulares en que la captación del agua también se hace desde embalses no gestionados directamente por Canal. Además, hay al menos tres trasvases entre embalses de gestión directa. Por otro lado, existen un total de 78 pozos de aguas subterráneas como fuente adicional de recurso hídrico para la Comunidad de Madrid (en adelante CAM).

Todas estas situaciones deben ser consideradas cuando se trata de evaluar la disponibilidad y balance del recurso hídrico de la CAM.

3.2. FENÓMENOS INDESEABLES COMUNES

Los principales fenómenos que afectan a los embalses son:

- Eutrofización y crecimiento excesivo de fitoplancton
- Contaminación por bacterias fecales
- Contaminación por metales y compuestos reducidos
- Alto índice de transporte de sedimentos
- Presencia compuestos productores de olores

A continuación, se indican los fenómenos de ocurrencia o deficiencias detectados en los embalses gestionados por Canal de Isabel II (Tabla 1) y que causan los fenómenos indeseables en base a los estudios y muestreos realizados desde la Subdirección de Calidad de las Aguas de Canal de Isabel II, S.A., M.P. Se ha observado que el comportamiento suele ser cíclico anualmente mientras que la distribución espacial es heterogénea tanto en los ejes vertical como horizontal.

Deficiencias detectadas	Descripción
Presencia de algas/fitoplancton	Problemas de floculación y decantación en la ETAP
	Toxicidad de algunos metabolitos de origen bacteriano. Estos metabolitos están asociados a determinados tipos de cianobacterias
Presencia de metales y compuestos reducidos	Los más destacados son: hierro, manganeso, sulfhídrico y amonio
	Originados por su resolubilización en condiciones de bajo potencial de oxidoreducción a causa del consumo de oxígeno en los niveles tróficos, alta producción de materia orgánica e importante sedimentación
Presencia de compuestos productores de olores	Geosmina, metilisoborneol (MIB), Tricloroanisol (TCA), otros
Presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal	Coliformes, enterococos, E. coli, Clostridium perfringens
Presencia de ácidos haloacéticos	Detección de ácidos haloacéticos (HAAs) en las masas de agua bruta y previas al tratamiento

Tabla 1. Deficiencias en la calidad de agua de los embalses gestionados por Canal de Isabel II

3.3. EL ENFOQUE DE CANAL DE ISABEL II

Desde Canal se promueve el estudio de detalle de los patrones de comportamiento de la hidrodinámica, así como de los parámetros de calidad tanto en tiempo como espacio con el propósito de mejorar la gestión de la masa de agua. Estos estudios han sido enfocados a entender los fenómenos descritos en la Tabla 1. Este aumento de conocimiento será útil para optimizar los procesos de tratamiento del agua destinada a consumo humano.

Se ha desarrollado una prueba piloto de la metodología en un primer embalse donde se estudió mediante modelos matemáticos tridimensionales el comportamiento hidrodinámico y de calidad (modelo de eutrofización, patógenos, olores y metales). Se realizó para un año completo. El estudio validó la metodología ya que permite determinar el impacto de los fenómenos que ocurren en la cuenca y su efecto en el embalse. Este modelo ha de ser actualizado ante un cambio en el comportamiento de la cuenca o de las operaciones que en él ocurran.

Una de las tareas principales del presente contrato es replicar esta tipología de estudio para los embalses restantes teniendo en cuenta los fenómenos específicos y posteriormente implementar para los 13 embalses, el sistema de alerta temprana para la operación de los embalses en tiempo real. Este proyecto se desarrollará a nivel de cuenca, es decir, los datos de entrada al embalse se obtendrán de un estudio hidrológico de la cuenca tanto en términos hidrológicos-hidráulicos como de contaminación.

3.4. LA SOLUCIÓN BUSCADA

Aunque sea una solución integral para todos los embalses gestionados por Canal, el desarrollo del estudio se realizará por embalses. A continuación, se incluye un esquema del flujo de trabajo (Imagen 2) y después se enuncian brevemente las tareas mínimas que deben incluirse en el desarrollo del sistema.

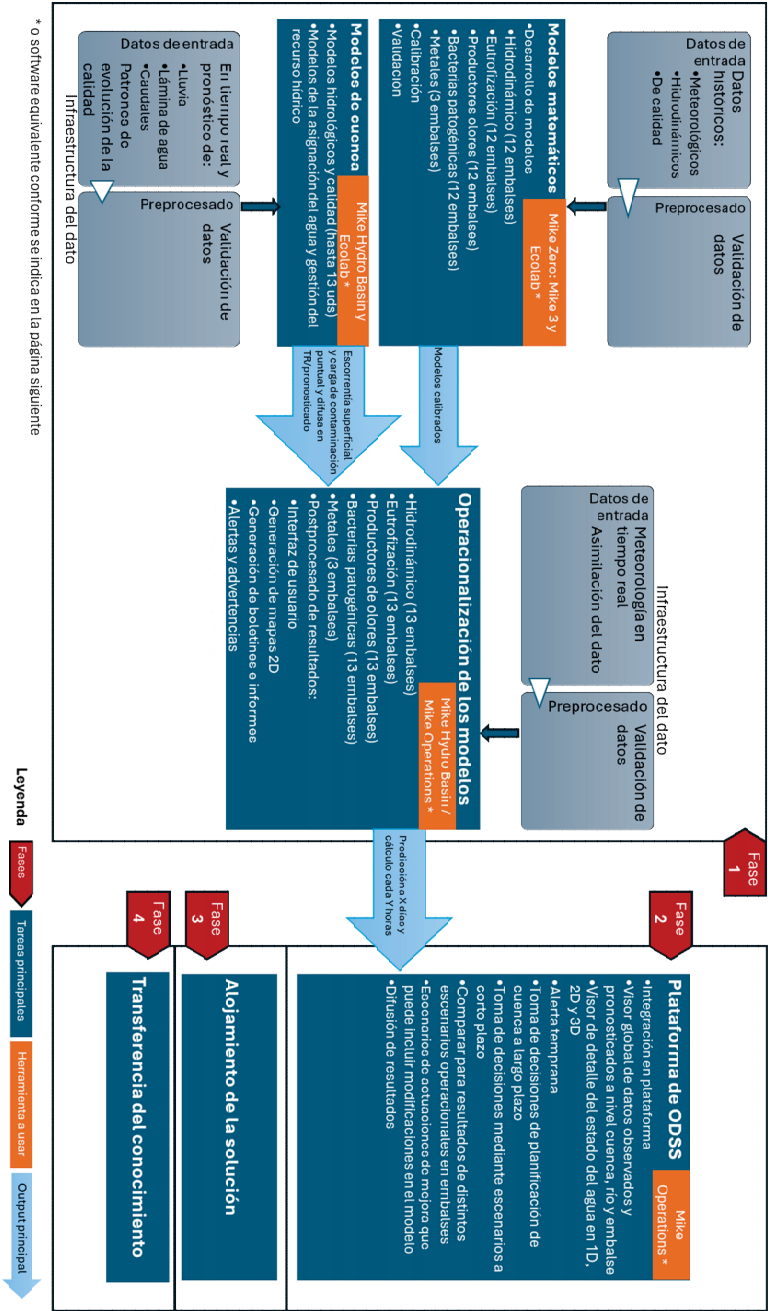


Imagen 2. Flujo de trabajo para el desarrollo del sistema de alerta temprana

Fase 0. Fase de tareas globales previas

- Adquisición de herramientas para Canal de Isabel II, S.A., M.P.

En Canal de Isabel II ya se dispone de las herramientas del paquete Mike Zero, concretamente se dispone de Mike 3 y Ecolab para realizar modelos matemáticos tridimensionales de los embalses. Las mismas herramientas de simulación deben ser empleadas en el desarrollo del presente proyecto. Las tareas de modelización de la cuenca y operacionalización de los modelos de embalses requerirán el uso de nuevas herramientas como es el caso de Mike Hydro Basin y Mike Operations o softwares equivalentes que sean compatibles e integrables con las herramientas del paquete Mike Zero. En este sentido, será necesario que la empresa adjudicataria adquiera para Canal, una licencia de Mike Basin y una licencia de Mike Operations o equivalentes para el uso durante el seguimiento del proyecto por parte de Canal de Isabel II. Deberá ser la misma herramienta que se vaya a usar en el desarrollo del modelo de cuencas y operacionalización del sistema. Esta herramienta será propiedad de Canal de manera perpetua.

- Alojamiento de la solución

Se deberá desarrollar tareas de alojamiento del sistema de alerta resultante donde se incluirá mantenimiento de la solución para cada embalse y del sistema completo para la duración completa del proyecto.

- Desarrollo de la interfaz de usuario y nuevas herramientas

Se iniciarán los trabajos de montaje de la plataforma de acuerdo con los requerimientos de uso esperados por parte de Canal de Isabel II, principalmente se iniciarán los desarrollos de la interfaz de usuario y montaje del sistema de monitorización.

- Transferencia del conocimiento

Se iniciará el desarrollo del sistema de formación y transferencia del conocimiento a diversos niveles de usuario tanto de los modelos matemáticos como del sistema de toma de decisiones y alerta temprana de los embalses.

- Infraestructura del dato

Será necesario montar un sistema que integre datos en tiempo real y pronosticados de la hidrodinámica y calidad en los embalses tanto para los modelos de cuenca como para la operacionalización.

Fase 1. Fase de trabajos desglosados para cada embalse

- Modelos matemáticos de los embalses

Será necesario realizar modelos matemáticos tridimensionales de cada uno de los embalses tanto para la hidrodinámica como para la calidad. En base a la referencia de un modelo previo recientemente finalizado, se determinan las siguientes premisas que estos desarrollos deben cumplir:

- Herramientas que emplear: Paquete Mike Zero (Mike 3 y Ecolab)
- Modelos que desarrollar:
 - Hidrodinámico

- Modelos ecológicos o de calidad:
 - De eutrofización
 - De bacterias patogénicas fecales (E.coli y enterococo)
 - De olores (compuestos productores de olores)
 - De metales
- Esquema del método numérico
 - Dimensionalidad: tridimensional
 - Método numérico: Volúmenes finitos
 - Discretización espacial:
 - Horizontal: mallado desestructurado
 - Vertical: mallado estructurado del tipo $\sigma - z$
 - Método de integración temporal:
 - Semi-implícito. Términos horizontales tratados explícitamente y términos verticales tratados implícitamente.
 - Acoplamiento entre hidrodinámica y calidad: desacoplado
 - Datos exportables
 - Periodo de estudio en esta tarea: un año hidrológico

La resolución de modelos matemáticos hidrodinámicos será mediante las ecuaciones de Navier-Stokes y la resolución de los modelos de calidad será mediante los procesos biogeoquímicos para cada modelo.

Estos modelos se desarrollarán para 12 de los 13 embalses puesto que uno ya tiene un modelo realizado.

En adelante cualquier referencia a modelos de calidad incluye los siguientes: eutrofización, patógenos, compuestos productores de olores y metales. El estudio de la formación y evolución de ácidos haloacéticos (HAAs) ha de incluirse dentro del modelo de eutrofización. El estudio de metales mediante modelos únicamente será desarrollado en tres embalses mientras que el resto de los modelos de calidad se desarrollará en todos los embalses. Estos modelos se realizarán y validará con los datos históricos del año de estudio elegido.

Distribución del desarrollo de los modelos

Ocurrirá que, para algunos embalses, la empresa adjudicataria desarrollará estos modelos de manera íntegra (Caso 1 de la Tabla) y otros modelos de embalse se desarrollarán parcialmente entre Canal y la empresa adjudicataria. Cuando el desarrollo sea conjunto entre Canal y la empresa adjudicataria (Casos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 de la Tabla) o únicamente por parte de Canal (Caso 2.5 de la Tabla), se requerirá un mínimo de horas de soporte técnico por parte de la empresa adjudicataria para control de calidad y seguimiento de desarrollo que se indican en la tabla posterior.

El Caso 3 se trata del embalse que ya ha sido modelizado y cuyo desarrollo de sistema de toma de decisiones y alerta temprana debe ser ejecutado en este proyecto. Además, el modelo de eutrofización deberá ser actualizado para integrar datos de la evolución del manganeso (Mn), hierro (Fe) y ácidos haloacéticos (HAAs).

Definición	Caso	%adjudicataria	%Canal	Soporte h
Desarrollo de modelo completo por adjudicataria	1	100%	0%	0
Desarrollo de modelo conjunto entre Canal y empresa adjudicataria	2.1	75%	25%	80
	2.2	50%	50%	120
	2.3	25%	75%	160
	2.4	10%	90%	160
	2.5	0%	100%	160
Ya realizado	3	0%	0%	0

Tabla 2. Distribución del desarrollo de los modelos

El número de embalses para cada caso se indica en la sección posterior de Fase de los Trabajos. A continuación, se indican las tareas principales a realizar para cada embalse:

Tareas principales		Casos 1 y 2.1 a 2.5	Caso 3
Modelos matemáticos	Hidrodinámico	x	
	Eutrofización	x	x ²
	Productores de olores	x	
	Bacterias patógenas	x	
	Metales ¹	x	
Modelo de cuenca		x	x
Operacionalización de los modelos		x	x
Plataforma de ODSS		x	x
Alojamiento de la solución		x	x

Tabla 3. Tipo de tareas para cada embalse

¹Únicamente para 3 embalses en los casos 1 y 2.1, no aplica al caso 2.5

²Se actualizará para incluir la evolución de Mn, Fe y HAAs

- Modelos matemáticos de la cuenca hidrológica

Los datos de entrada de esta tarea son datos en tiempo real y de pronóstico de la lluvia, lámina de agua y caudales en la cuenca. Además, se incluirá la evolución de los contaminantes según el uso del suelo que son arrastrados a los cauces tanto de manera difusa como puntual y que son de relevancia para el estudio de la calidad de agua en embalses. El grado de importancia del aporte de contaminantes dependerá del tipo de cuenca y de los fenómenos indeseables que se produzcan en el embalse.

Estos modelos deben tener la capacidad de implementar diversas escalas temporales y deben permitir datos con distribución espacial. Los datos meteorológicos medidos y pronosticados se emplearán para generar un pronóstico hidrológico de escorrentía superficial e infiltración que se produce en la cuenca y llega a los ríos hasta desembocar en los embalses. Estos cálculos serán realizados con Mike Hydro Basin o equivalente y se deberá tener en cuenta las masas de agua subterránea. De manera paralela se obtendrá la evolución de los parámetros de calidad de las cuencas hasta los embalses y serán tomados como datos de entrada en los embalses. La evolución de la calidad en cuenca se calculará con Ecolab de Mike Zero o equivalente.

Esta tarea también incluirá las subtareas de reasignación del agua y gestión del recurso hídrico a nivel de embalse y a nivel global cuando se trate de la plataforma integral.

El producto principal de estos modelos de cuenca es el pronóstico de hidrogramas y polutogramas de entrada al embalse. Sin embargo, no serán los únicos puntos donde se obtengan estos hidrogramas y polutogramas. Se definirá una cantidad de puntos de interés que pueden ser tanto aguas arriba como aguas abajo del embalse.

Esta tarea se desarrollará para la totalidad de embalses, ya sea de manera individual o por agrupaciones de embalses. Este procedimiento se acordará entre Canal y la empresa adjudicataria.

- Diseño de la infraestructura del dato

Será necesario actualizar el sistema que integre datos en tiempo real y pronosticados de la hidrodinámica y calidad de cada embalse tanto para los modelos de cuenca como para la operacionalización. Ha de integrar los datos en tiempo real y pronosticados tanto meteorológicos como hidrodinámicos y de calidad.

Se realizará para los 13 embalses.

- Operacionalización del modelo hidrodinámico y de calidad

Esta tarea permitirá construir el modelo en una herramienta funcional para simular, analizar y pronosticar el comportamiento del embalse para dar soporte a la gestión de recursos hídricos (superficiales y subterráneos) y la toma de decisiones en términos de hidrodinámica y calidad. La gestión de recursos hídricos tendrá en cuenta todas las fuentes de agua: embalses, trasvases, pozos subterráneos y otros.

Esta tarea integrará los modelos de las tareas de Modelos matemáticos en cuencas y embalses y sus pronósticos o predicciones resultantes. Además, se alimentará de los datos medidos en tiempo real del mismo embalse para validar los resultados y asimilar los cálculos.

En esta tarea se incluirá el desarrollo de un análisis de los resultados que se adapte a las necesidades de los interesados en el embalse concreto. Se realizará una interfaz customizada, se generarán mapas 2D, así como boletines e informes y por último se integrará un sistema de alertas y advertencias adecuadas a las necesidades de los usuarios, fenómenos de ocurrencias y fenómenos indeseables de calidad habituales en el embalse. Así mismo, se adaptará a las necesidades de la línea estratégica LE2 de Calidad de suministro de Canal de Isabel II, S.A., M.P., concretamente en el plan operativo P2.1 de actuaciones en la captación.

A continuación, se indican las acciones mínimas que se desarrollarán durante esta tarea. Algunas acciones podrán ser desarrolladas en la tarea posterior, es decir, cuando el embalse se integre en la plataforma.

- Postprocesado de datos mediante mapas 2D, 3D o perfilado del embalse en secciones de interés
- Boletines e informes de predicción y diagnosis para un periodo determinado de:
 - Meteorológica (lluvia, sequía, nieve, evaporación, temperatura, otros)
 - Hidrológica
 - Carga contaminante en cuenca y embalse en puntos singulares (boyas, tomas de agua, puntos varios del embalse, otros)
 - Evolución de las variables hidrodinámicas en embalse en puntos singulares (boyas, tomas de agua, puntos varios del embalse, otros)
- Los boletines e informes serán adaptados en contenido y frecuencia según el cliente al que esté destinado:

- Áreas de análisis medioambiental
- Áreas involucradas en la gestión de ETAP
- Áreas involucradas con la gestión de presas
- Áreas involucradas en la gestión de EDAR
- Áreas involucradas en la gestión de las redes de drenaje
- Áreas involucradas con la gestión del recurso hídrico de Canal
- Otros interesados internamente
- Agentes externos, si fuera el caso
- Sistema de alerta y advertencias
 - Estarán relacionados con cualquiera de los campos mencionados previamente
 - Se diseñarán de acuerdo con las necesidades de los agentes implicados en el entorno de cada embalse
 - Además, habrá indicaciones globales de gestión del recurso hídrico y de operación de las infraestructuras

Se realizará para los 13 embalses.

Fase 2. Fase de desarrollo de la plataforma de ODSS integral

El producto del estudio de cada embalse se integrará en una única plataforma de ayuda a la toma de decisiones operacionales y de alerta temprana. Esta plataforma será accesible con distintos niveles y contará con una interfaz de usuario acorde al nivel de acceso.

Las acciones desarrolladas en la tarea anterior de operacionalización podrán ser ejecutada en esta tarea. Las acciones que se incluyen en esta tarea son al menos las siguientes:

- Visor global de cuenca
- Visor de detalle del estado del agua a nivel cuenca (2D), río (1D) y embalse (1D, 2D y 3D) de los datos históricos, actuales y pronosticados. Visor de datos de Canal de Isabel II que se consideren relevantes.
- Sistema de alerta temprana a nivel sistema de embalse, cuenca con varios embalses y de toda la Comunidad de Madrid. Será tanto ante eventos relevantes de hidrodinámica como de calidad.
- Ayuda a la toma de decisiones de planificación de la cuenca a largo plazo
 - Cambios o actuaciones en ríos y su efecto sobre el embalse
 - Cambios en la cuenca que produzcan efectos a largo plazo en embalses
 - Evaluación de impacto de agentes externos
 - Efecto de posibles acciones sobre las presas
 - Evolución del sedimento en el fondo y cambios o actuaciones sobre él
 - Evolución de indicadores de manera agregada o desagregada
 - Actuaciones que impliquen cambios en las condiciones de contorno o geométricas del entorno.
- Ayuda a la toma de decisiones mediante escenarios de embalse a corto plazo
 - Efecto de operaciones de infraestructuras gestionadas por Canal (depuradora, ETAP, presas, red de drenaje, manipulación de tomas, otros).
 - Evaluación con operaciones con modificaciones en la estacionalidad.
 - Comparación para resultados de diferentes escenarios operaciones en embalses.

- Por último, será posible testear o ejecutar actuaciones de mejora que pueden incluir implicar modificaciones en el modelo de tal manera que siempre se represente la realidad.

La plataforma incluirá un selector de la escala temporal y espacial de los resultados y el tipo de análisis a realizar. También se podrá seleccionar la escala espacial de análisis. El diseño y uso definitivo será customizado para las necesidades de Canal, deberá ser ágil en la computación y permitirá obtener respuestas suficientemente rápidas que permitan una actuación inmediata o cambio operacional. Será posible difundir los datos brutos, informes sobre operaciones particulares o informes de diagnosis para un periodo determinado e incluso las tareas de gestión de recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos a nivel de embalse y a nivel integral.

Las actualizaciones de mejora que se implementen en campo o todas aquellas variaciones que se actualicen durante la ejecución del proyecto en cualquier embalse estudiado, deberán ser actualizadas.

El licenciamiento de las herramientas necesarias para el estudio recaerá plenamente en la empresa adjudicataria. El presupuesto debe contemplar todos los supuestos hasta la puesta en servicio de la plataforma para todos los embalses estudiados de manera conjunta. Además, Canal de Isabel II dispondrá, en propiedad, de una licencia para cada herramienta (una licencia para Mike Basin y una licencia para Mike Operations o equivalentes), pero únicamente será empleada para el seguimiento de los trabajos y proyectos puntales, no deberá estar usada de manera continuada en el desarrollo de la alerta temprana. En este sentido, Canal ya dispone de una licencia perpetua de Mike 3 y Ecolab para el seguimiento de los modelos matemáticos. Canal no dispone ni de Mike Basin ni Mike Operations o equivalentes por lo que, según se indica en la fase 0, estas herramientas deberán ser adquiridas de manera perpetua en propiedad de Canal para su uso durante el seguimiento de los trabajos. Estas nuevas licencias permanecerán en propiedad de Canal de manera perpetua.

Se realizará para los 13 embalses.

Fase 3. Alojamiento de la solución

Se deberá desarrollar tareas de alojamiento del sistema de alerta resultante donde se incluirá mantenimiento de la solución para cada embalse y del sistema completo para la duración completa del proyecto. Se incluye el alojamiento de los datos brutos de partida, los datos de partida tratados, el desarrollo de los modelos y los resultados obtenidos tanto en la fase de desarrollo de los modelos como de operacionalización de los modelos tanto numéricos como gráficos y los modelos ejecutados. Tanto el alojamiento como la garantía deben estar asegurados para todo el contrato y será aplicable a todos los embalses. En esta fase se añadirán los trabajos desarrollados durante la Fase 2.

Se realizará para los 13 embalses.

Fase 4. Transferencia del conocimiento

Será necesario realizar tareas de transferencia del conocimiento entre empresa adjudicataria y Canal de Isabel II de todo el sistema mediante formación a usuarios de la plataforma y especialistas desarrolladores del equipo de Canal. Además, durante el desarrollo del contrato se entregarán tanto los desarrollos parciales de cada embalse.

A final del contrato toda la plataforma, desde el desarrollo hasta le alojamiento web de todo el proyecto será transferido a Canal de Isabel II en las condiciones en que Canal pueda alojar y dar continuidad a los servicios del presente contrato.

Se realizará para los 13 embalses.

4. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Canal de Isabel II dispone de la siguiente información, que se considera de utilidad para la realización del trabajo, y se pondrá a disposición del adjudicatario. El adjudicatario deberá preservar la confidencialidad de la misma conforme lo indicado en el PCAP.

- Datos hidráulicos y de calidad del agua históricos para simulaciones, calibración y validación de los resultados.
- Batimetría actualizada del embalse.
- Acceso a los datos de las campañas de muestreo específicas para el proyecto y de las que se hacen con regularidad
- Disponibilidad condicionada de toma de muestras y análisis del laboratorio de calidad de las aguas de Canal de Isabel II, S.A., M.P. En este se podrán analizar los parámetros que justificadamente, y con previa conformidad de la dirección de Canal, sean necesarios para realizar los modelos de calidad requeridos.
- Datos de entrada de la contaminación monitorizada por Canal
- Se dará acceso al modelo de embalse desarrollado y finalizado

La entrega de estos datos no exime al adjudicatario de garantizar la calidad de los datos y de completar los mismos en caso de ser necesarios.

5. FASES DE TRABAJO

Desde Canal de Isabel II y de acuerdo con las necesidades actuales de empresa se determinará el orden de estudio de los embalses. Además, hará una revisión conjunta adjudicatario-Canal de los datos de partida existentes, incluyendo datos de teledetección brutos y aquellos usados y tratados por Canal, y revisión de las campañas de campo ejecutadas o en fase de muestreo y se actualizarán necesidades de instrumentación y muestreo, si fuera necesario.

La siguiente tabla indica el reparto del número de embalses a desarrollar según caso y año de desarrollo:

CASO	N.º embalses	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	1	1				
2.1	4	2	2			
2.2	6	1	2	1	1	1
2.3	-					
2.4	-					
2.5	1			1		
3	1	1				
Total	13					

Tabla 4. Número de embalses por año y casuística a realizar

Podría ocurrir el caso de reajuste de número de modelos en cada caso, sin embargo, no será posible reajustar el presupuesto del proyecto. También podría ocurrir que Canal proponga cambiar algún embalse listado en la Imagen 1 por algún embalse no gestionado directamente pero que resulta de relevancia para los intereses del objeto de estudio. En ningún caso se podrá modificar el número de embalses estudiados ni el presupuesto del proyecto.

Para la realización del trabajo objeto del contrato, la empresa adjudicataria deberá realizar las siguientes tareas, sin que necesariamente sea en ese orden (ver esquema de la Imagen 2).

Fase 0. Trabajos previos globales

Se adquirirán las herramientas adicionales necesarias para que Canal realice el seguimiento del desarrollo del proyecto. Las nuevas herramientas serán adquiridas por la empresa adjudicataria y serán propiedad de Canal. Se debe tener en cuenta que las herramientas deben ser las indicadas en el apartado anterior o equivalentes ya que ha de ser compatible con las herramientas que Canal dispone actualmente.

La empresa adjudicataria también iniciará los trabajos de diseño del sistema de infraestructura del dato, de la plataforma integral, tareas para la transferencia del conocimiento y del alojamiento de la solución.

Será necesario tener tantas reuniones de seguimiento como sean necesarias. La programación se establecerá durante el inicio de los trabajos.

Fase 1. Estudio de cada embalse

Aunque la solución final sea un sistema que integre todos los embalses y la operación pueda ser conjunta según necesidad, el desarrollo del proyecto se realizará inicialmente a nivel embalse o grupo de embalses si se considera necesaria la agrupación por subcuencas.

Cualquier estudio del caso 1 ó 2 iniciará con una reunión donde Canal indicará el nombre del embalse, los fenómenos de ocurrencia habituales y las necesidades específicas de la empresa y que deben ser afrontadas en los modelos. Todos los embalses deberán ser estudiados en términos hidrodinámicos, eutrofización, olores y patógenos. Un total de tres embalses también deberá ser estudiado en términos de metales. Dado el actual estado del arte de los modelos, la empresa adjudicataria será responsable de proveer de todos los modelos mencionados y que se requieran dentro de la lista de los indicados, independientemente de la fuente u origen del contaminante. Es decir, deberá contar con un equipo con conocimiento suficiente para implementar aquellas actualizaciones o mejoras, incluso mediante la implementación de nuevo código de programación, que se consideren oportunas. En el caso de un estudio de tipo 2 se definirá el sistema de trabajo entre Canal y la empresa adjudicataria.

Se establecerá una hoja de ruta y duración estimada de cada tarea, así como de las reuniones de seguimiento.

Todos los productos obtenidos deberán ser entregados a Canal de Isabel II tanto en formato ejecutable como de resultados.

Se definirá los tiempos de ejecución para la predicción y de cálculo de los modelos para alimentar la predicción.

La empresa adjudicataria recibirá todos los datos necesarios y disponibles para la ejecución de los trabajos por parte de Canal y será responsable de adquirir todos aquellos que sean necesarios, principalmente aquellos relacionados con la predicción meteorológica.

Se emitirá un informe por cada modelo (hidrodinámico, eutrofización, patógenos, olores y metales) requerido y un informe global del estudio del embalse. El formato será acordado durante la ejecución de los trabajos. Se mantendrán tantas reuniones de seguimiento como sean necesarias.

En el embalse del caso 3 no se desarrollará el modelo matemático puesto que ya existe uno (sí será actualizado en términos de los parámetros de manganeso y hierro. Consultar apartado anterior) y Canal lo entregará a la empresa adjudicataria al inicio de los trabajos. Sí se implementará la modelización de la cuenca y la operacionalización del modelo para integrar los datos en tiempo real y pronosticar el comportamiento de acuerdo con el apartado anterior. Este será el primer embalse que realizar.

En cuanto al modelo de cuenca, Canal indicará el número de secciones o puntos de control extras para la obtención de hidrogramas y polutogramas en tiempo real.

Fase 2. Integración en el sistema ODSS

Todos los embalses se integrarán en la plataforma o sistema ODSS de acuerdo con las necesidades que se definan para cada embalse y las necesidades globales del proyecto.

Se mantendrán tantas reuniones como sean necesarias para la ejecución de los trabajos y ajuste a las necesidades del proyecto.

Fase 3. Alojamiento de la solución

Esta fase se realizará a nivel de embalse, conjunto de embalses o cuenca. Se hará en un alojamiento externo y el mantenimiento deberá estar garantizado para la duración del proyecto, previa aprobación de Canal.

Fase 4. Transferencia del conocimiento

Durante el desarrollo del proyecto se transferirá el conocimiento acerca del estudio de todos los embalses a Canal de Isabel II a fin de conocer el funcionamiento interno del sistema ODSS a nivel de usuario y un nivel de experto, si fuera necesario.

A final del contrato toda la plataforma será desarrollada y alojada, en la versión actualizada, y la totalidad del desarrollo será transferido a Canal de Isabel II en las condiciones en que Canal pueda alojar y dar continuidad a los servicios del presente contrato.

Mención a los requisitos de obligatorios (y no puntuables)

Canal de Isabel II define los siguientes criterios o requisitos fundamentales e invariables para que una oferta sea tenida en consideración. Estos requisitos no serán puntuables, sino únicamente verificables y son de obligatorio cumplimiento. La Proposición que no cumpla los requisitos técnicos mínimos establecidos en este Pliego de Prescripciones Técnicas no será tomada en consideración en el presente procedimiento de licitación.

En cuanto a los medios personales. El equipo de trabajo debe estar integrado por un Responsable de los trabajos con titulación superior asignado a la coordinación general de los trabajos, un Ingeniero experto en modelización matemática de la hidrodinámica de las masas de agua superficiales, biólogo experto en modelos ecológicos de masas de agua superficiales con titulación de doctorado en limnología y por último un ingeniero experto en montaje de sistemas de alerta temprana en el campo del agua .

En cuanto a los medios materiales. Las herramientas de cálculo que se vayan a emplear deben ser integrables con Mike Zero o equivalentes tales como las indicadas en los apartados anteriores y que aquí se repiten:

- Mike Zero o equivalente
- Mike Hydro Basin o equivalente
- Mike Operations o equivalente

Los detalles se pueden consultar en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares de manera más detallada en el apartado 5 del Anexo I. En el apartado 8 del Anexo I, se incluyen los criterios cuantificables mediante la mera aplicación de fórmulas y los criterios sujetos a juicio de valor.

6. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los licitadores presentarán sus ofertas de conformidad con lo indicado en las cláusulas 9 y 11 del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

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

- Plan de trabajo donde se señalen plazos y fechas para la realización de las distintas tareas del proyecto, así como un índice detallado de todos los documentos que componen el estudio.
- Relación de personas implicadas en el trabajo y misión asignada a cada una de ellas.
- Por parte de Canal de Isabel II, el director del proyecto tendrá que aprobar este informe o indicar los cambios necesarios antes de iniciar el trabajo.

A partir de este punto, se realizarán al menos las siguientes entregas, de acuerdo con lo especificado en el apartado de fases del trabajo, considerando una duración total máxima del proyecto de 60 meses.

Entrega de informes y ficheros generados durante el estudio:

Fase 0. Entrega de una presentación con las tareas principales desarrolladas.

Fase 1. Para el desarrollo de cada embalse se entregará un informe de cierre de cada modelo (5 informes por embalse), un informe del modelo cuenca y un informe global con las conclusiones de diagnosis extraídas que incluya el estudio de las propuestas de escenarios relevantes y la posible implementación. Tanto el formato como los detalles del informe serán acordados al finalizar cada fase.

Fase 2. El informe de detalle técnico y manual de instrucciones para los perfiles de usuarios serán entregados al final del proyecto. Tanto el formato como los detalles del informe serán acordados al finalizar cada fase.

Fase 3. Al inicio de los trabajos se entregará una propuesta de alojamiento de la solución en un servidor externo. Añadir al final la transferencia de la plataforma.

Fase 4. Se entregará plan de formación y documentación de enseñanza generada.

7. MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS

A continuación, se indica el criterio de abono de los trabajos, así como la posible subdivisión de cada tarea a nivel de embalse o a nivel de abono único. Esto último puede ser variable de acuerdo con la metodología de trabajo ofertado. En el caso de la tarea de Alojamiento de la solución (fase 3), se abonará anualmente para cada embalse ejecutado durante el año de estudio y será acumulado para los embalses estudiados en años previos.

Abono de los trabajos según de desarrollo de tareas					Criterio de división
Fase	Tareas principales, incluye informes		Inicio	Final	
Fase 0	Trabajos previos		100%	-	Global
Fase 1	Modelos matemáticos	Hidrodinámico	5%	95%	Embalse
		Eutrofización	5%	95%	Embalse
		Productores de olores	5%	95%	Embalse
		Bacterias patogénicas	5%	95%	Embalse
		Metales	5%	95%	Embalse
	Modelo de cuenca		5%	95%	Embalse
	Operacionalización de los modelos		5%	95%	Embalse
Fase 2	Plataforma de ODSS		5%	95%	Embalse
Fase 3	Alojamiento de la solución (acumulado por embalses desarrollados)		5%	95%	Embalse
Fase 4	Transferencia del conocimiento		5%	95%	Embalse

Tabla 5. Abono de los trabajos

8. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS

El Adjudicatario nombrará un representante que será el Responsable de los trabajos, que deberá cumplir los requisitos y contar con la experiencia indicada en el apartado 5 del Anexo I del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares o la que el licitador oferte en su caso, conforme a lo indicado en los criterios de valoración referidos a este perfil en el apartado 8 del citado Anexo I.

El formato de la proposición relativa a los criterios sujetos a un juicio de valor (SOBRE 2) viene indicado en el apartado 6 del Anexo I del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

De conformidad con lo indicado en la cláusula 11 del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, los licitadores sólo deberán incluir la documentación relativa a los criterios cuantificables mediante la mera aplicación de fórmulas en el Sobre 3. **En caso de incluir dicha documentación en cualquiera de los restantes sobres de la oferta, la oferta del licitador no será tenida en cuenta en el presente procedimiento de licitación.**

Para un correcto seguimiento de la ejecución del proyecto, resolución de posibles incidencias y aseguramiento del cumplimiento de objetivos y plazos, se programarán reuniones quincenales, con asistencia del Responsable de los trabajos por parte de la empresa adjudicataria y del Director del Proyecto por parte de Canal de Isabel II.

Firma:

Firma:

Firmado electronicamente por: Antonio Lastra
de la Rubia
En la fecha y hora 17.06.2025 15:06:03 CEST

Firmado electronicamente por: Jaime Flores
Cabeza
En la fecha y hora 17.06.2025 15:06:57 CEST

Antonio Lastra de la Rubia
Jefe de Área Desarrollo de la Innovación

Jaime Flores Cabeza
Subdirector de I+D+i

VºBº

Firmado electronicamente por: JUAN
SÁNCHEZ GARCÍA
En la fecha y hora 18.06.2025 16:14:44 CEST

Juan Sánchez García
Director de Innovación e Ingeniería