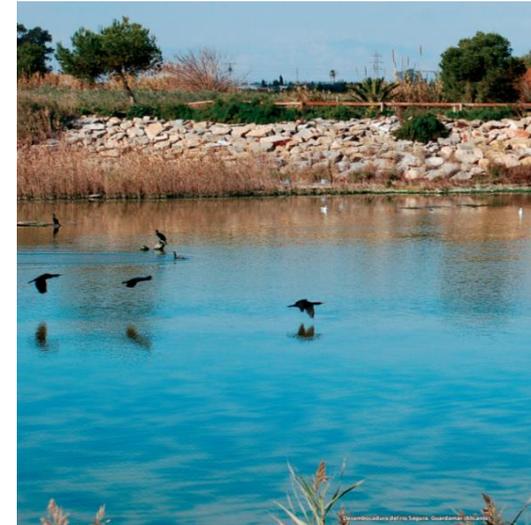
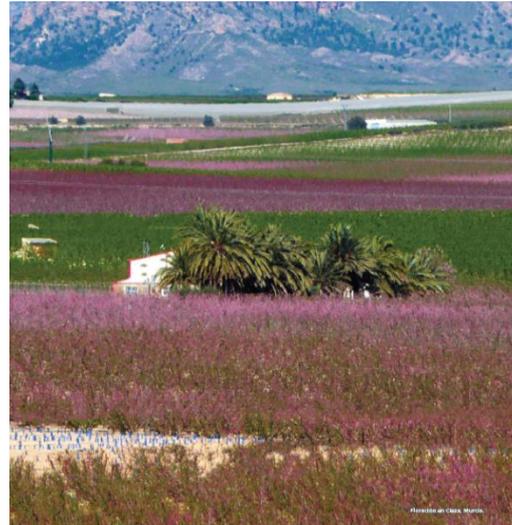
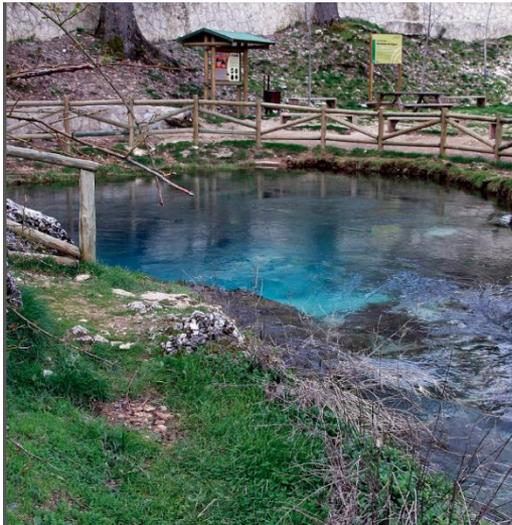


# Prescripciones técnicas del pliego

## *Desarrollo de soluciones en el ámbito de los sistemas informáticos de apoyo a la toma de decisiones en la gestión del agua*



## **ANEXO I. REQUISITOS FUNCIONALES Y CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN**

### ÍNDICE:

1. REQUISITOS FUNCIONALES
2. CALENDARIO DE EJECUCIÓN
3. **REQUISITOS DE EJECUCIÓN Y ENTREGABLES**
4. ESCENARIO DE VERIFICACIÓN PRE-OPERACIONAL





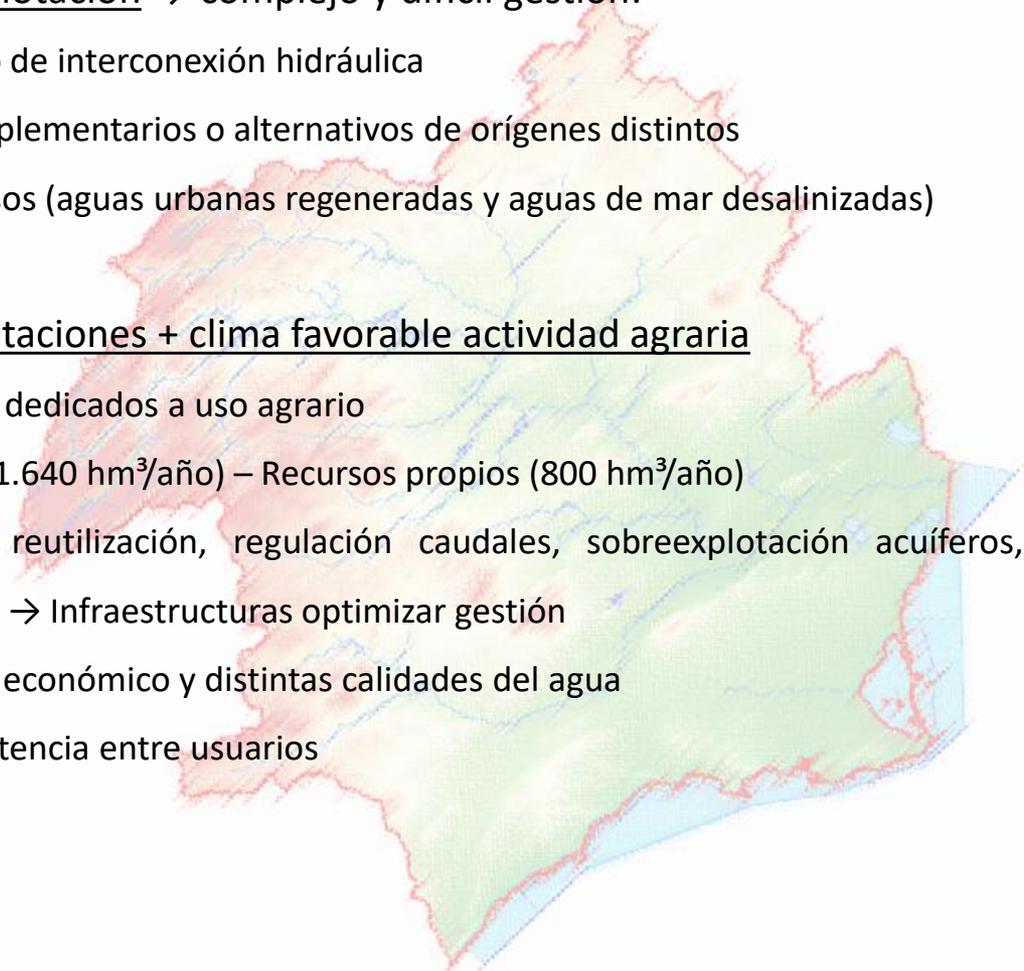
## 1.1. Introducción

- Directiva Marco del Agua: Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (23 octubre 2000)
    - Objetivos medioambientales de las masas de agua
    - Principio de recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua
    - Fomento de la participación pública
  - Planes Hidrológicos: Directrices de la DMA → Proceso adaptativo continuo de ciclo sexenal
    - Finalizado primer ciclo de planificación (2009-2015)
    - Vigente segundo ciclo de planificación (2015-2021)
    - Fase de preparación tercer ciclo de planificación (2021-2027)
  - Trabajos de planificación: Caracterización de la cuenca hidrográfica, mediante:
    - Modelos numéricos: Simulación del sistema de explotación, Optimización del recurso y Calidad de las aguas → mensual
    - Modelos de precipitación-aportación SIMPA (CEDEX) → mensual
    - Otros modelos hidrológicos de tipo distribuido existentes → paso temporal inferior al mensual, diario
- 

- Confederación Hidrográfica del Segura (año 1926): Ámbito territorial Demarcación Hidrográfica del Segura (RD 125/2007)



Extensión total de la demarcación		20.234 km <sup>2</sup>
Extensión de la parte continental		19.025 km <sup>2</sup>
Población		2.500.000 hab.
Superficie regada media		250.000 ha/año
Territorio de CCAA	Región de Murcia (58,8 %)	
	Castilla-La Mancha (25,0 %)	
	Andalucía (9,4 %)	
	Comunidad Valenciana (6,8 %)	
Nº Municipios	132 municipios con superficie en la demarcación (103 municipios con núcleo de población principal dentro de la demarcación)	

- Sistema único explotación → complejo y difícil gestión:
    - Elevado grado de interconexión hidráulica
    - Recursos complementarios o alternativos de orígenes distintos
    - Nuevos recursos (aguas urbanas regeneradas y aguas de mar desalinizadas)
  - Escasez de precipitaciones + clima favorable actividad agraria
    - 85 % recursos dedicados a uso agrario
    - Usos totales (1.640 hm<sup>3</sup>/año) – Recursos propios (800 hm<sup>3</sup>/año)
    - Fomento de reutilización, regulación caudales, sobreexplotación acuíferos, transferencias externas, desalinización → Infraestructuras optimizar gestión
    - Elevado coste económico y distintas calidades del agua
    - Fuerte competencia entre usuarios
- 
- A map of the Segura River basin, showing the river network and the distribution of water resources. The map is color-coded, with red indicating areas of high water stress or low precipitation, and green indicating areas of lower stress or higher precipitation. The river network is shown in blue, and the surrounding land is shaded in various colors to represent different water management zones or resource availability.

- **RETO:** Desarrollar una plataforma de apoyo a la gestión del agua en el sistema único de explotación de la Demarcación Hidrográfica del Segura de ayuda en la toma de decisiones.
- **NECESIDADES:**
  - Gestión eficiente y sostenible de recursos hídricos
  - Toma de decisiones **en tiempo real**, incluso la predicción a varios meses vista
  - Optimización uso del agua y costes asociados
  - **Gestión integral del recurso agua:** Herramientas avanzadas de **simulación y optimización** → **Inteligencia Artificial** (Machine Learning, Federated Learning y Deep Learning) y **Big Data**
- **PRINCIPAL NOVEDAD TECNOLÓGICA:** *Optimización de la operación de sistemas complejos de recursos hídricos a **escala diaria y con capacidad de predicción a varios meses**, facilidad de gestión e integración con el resto de sistemas, y ser compatible con las bases de datos de la CHS.*
  - Integrar **5 módulos** a desarrollar (predicción **meteorológica**, simulación y predicción **hidrológica**, modulo **agronómico**, **gestión** recursos hídricos **cantidad y calidad**, análisis y predicción **económica**)
  - Combinación información **plataformas existentes** (SAIH, SICA, SAICA...) y criterio de experto → Ayuda a la toma de decisiones

## 1.2. Situación Actual

### Sistemas de Información en *tiempo real*

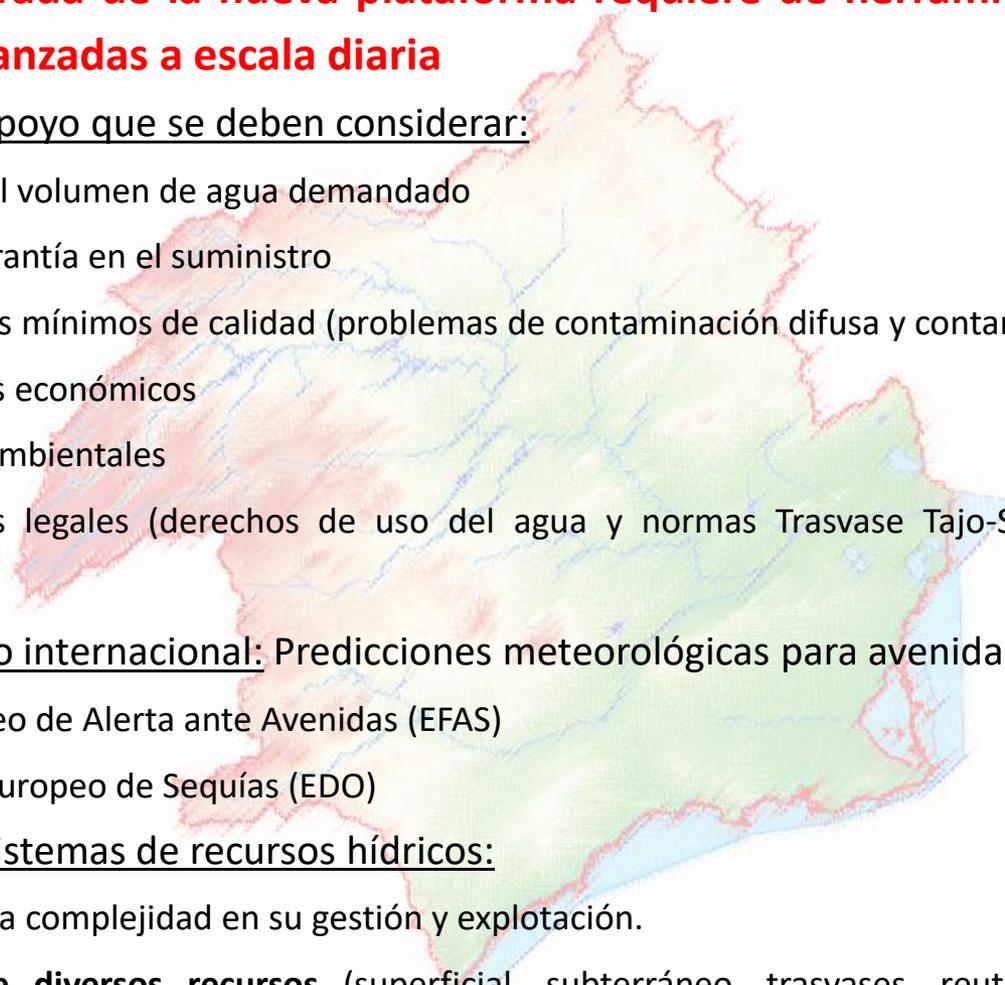
- **SAIH:** Sistema Automático de Información Hidrológica en **tiempo real** (caudales)
- **SAICA:** Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas en **tiempo real** (calidad)
- **SICA:** Sistemas Integrados de Control de Aprovechamientos para el control de recursos hídricos → Optimización del uso de los recursos

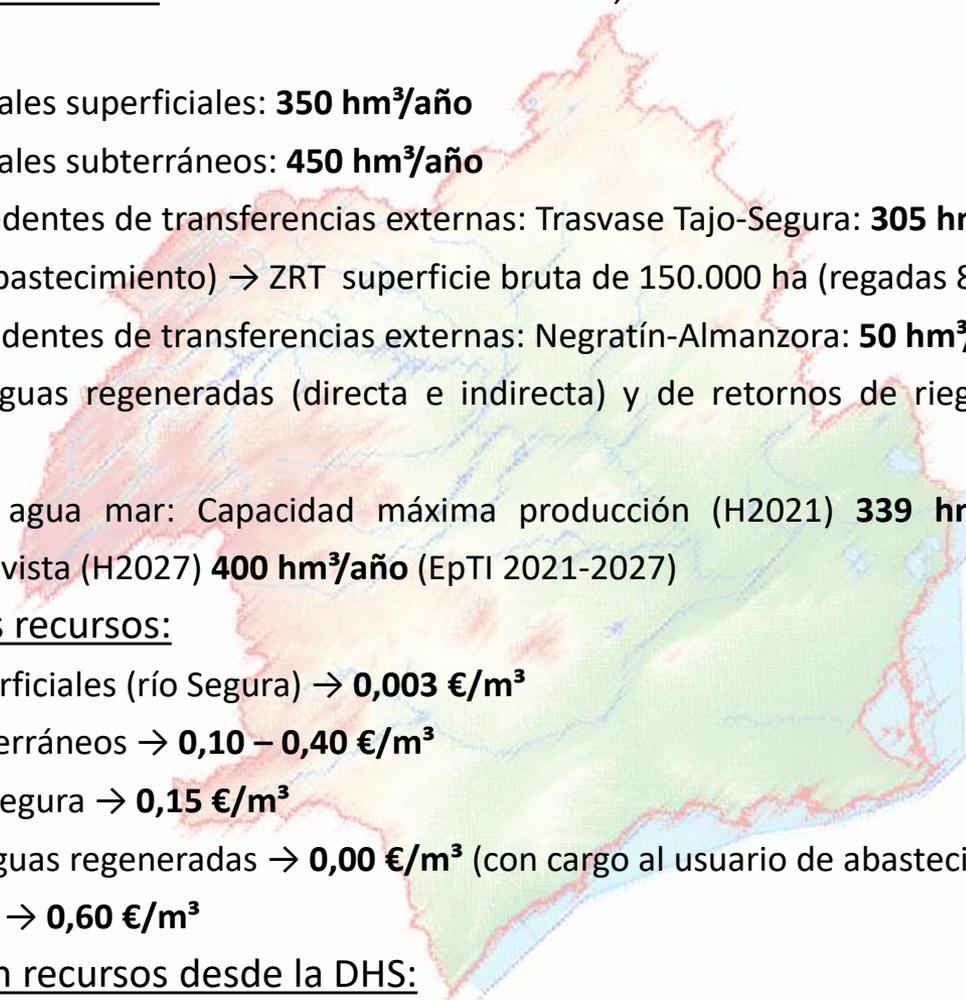
### Modelos de Planificación de simulación/optimización de cantidad y calidad (*escala mensual*)

- **SIMGES-OPTIGES:**
  - SIMGES → Simulación de la Gestión de Cuencas, mensual.
  - OPTIGES → Optimización de reparto de recursos, uno o varios años.
- **GESCAL:** Simulación calidad fisicoquímica → Previsión eficacia de las medidas del PHDS.
- **PATRICAL:** Simulación de Precipitación Aportación en Tramos de Red Integrados con Calidad del Agua → contaminación difusa, mensual.

### Programas de soporte a aspectos técnicos, administrativos y jurídicos

- **REGISTRO DE AGUAS:** Registro público de los aprovechamientos de aguas.
- **ALBERCA:** Herramientas informáticas.

- **La gestión integrada de la nueva plataforma requiere de herramientas de simulación y optimización avanzadas a escala diaria**
  - Herramientas de apoyo que se deben considerar:
    - Modulación del volumen de agua demandado
    - Criterios de garantía en el suministro
    - Requerimientos mínimos de calidad (problemas de contaminación difusa y contaminación puntual)
    - Condicionantes económicos
    - Restricciones ambientales
    - Condicionantes legales (derechos de uso del agua y normas Trasvase Tajo-Segura y Trasvase Negratín-Almanzora).
  - Sistemas de ámbito internacional: Predicciones meteorológicas para avenidas y sequías:
    - Servicio Europeo de Alerta ante Avenidas (EFAS)
    - Observatorio Europeo de Sequías (EDO)
  - Operación de los sistemas de recursos hídricos:
    - Sistemas de alta complejidad en su gestión y explotación.
    - **Integración de diversos recursos** (superficial, subterráneo, trasvases, reutilización y desalación) con características muy dispares de cantidad, calidad y coste.
    - Gobernanza muy compleja.
- 

- Desarrollo de la plataforma: Datos relativos a recursos, coste medio del recurso y usos atendidos:
  - Recursos hídricos:
    - Recursos naturales superficiales: **350 hm<sup>3</sup>/año**
    - Recursos naturales subterráneos: **450 hm<sup>3</sup>/año**
    - Recursos procedentes de transferencias externas: Trasvase Tajo-Segura: **305 hm<sup>3</sup>/año** (205 hm<sup>3</sup>/año regadío y 100 hm<sup>3</sup>/año abastecimiento) → ZRT superficie bruta de 150.000 ha (regadas 80.000 ha/año)
    - Recursos procedentes de transferencias externas: Negratín-Almanzora: **50 hm<sup>3</sup>/año**
    - Reutilización aguas regeneradas (directa e indirecta) y de retornos de riego (a través de azarbes): **200 hm<sup>3</sup>/año**
    - Desalinización agua mar: Capacidad máxima producción (H2021) **339 hm<sup>3</sup>/año**, y capacidad máxima producción prevista (H2027) **400 hm<sup>3</sup>/año** (EpTI 2021-2027)
  - Coste medio de los recursos:
    - Naturales superficiales (río Segura) → **0,003 €/m<sup>3</sup>**
    - Naturales subterráneos → **0,10 – 0,40 €/m<sup>3</sup>**
    - Trasvase Tajo-Segura → **0,15 €/m<sup>3</sup>**
    - Reutilización aguas regeneradas → **0,00 €/m<sup>3</sup>** (con cargo al usuario de abastecimiento)
    - Desalinización → **0,60 €/m<sup>3</sup>**
  - Usos atendidos con recursos desde la DHS:
    - Agrario: **1.350 hm<sup>3</sup>/año**
    - Urbano y otros (industrial, ambiental, y otros usos): **290 hm<sup>3</sup>/año**
    - Caudal ecológico, como restricción ambiental al sistema de explotación
- 
- A map of the Segura river basin, showing the river network and surrounding land. The map is color-coded, with green areas representing agricultural land and blue areas representing water bodies. The river Segura is highlighted in red. The map shows the basin's extent from the mountains in the north to the coast in the south.

## 1.3. Áreas de Actuación

- **Modelo Predicción Meteorológica:** corto plazo (diaria, hasta 15 días) y estacional (hasta 6-7 meses)
- **Modelo Predicción Hidrológica:** escala diaria → integrando predicciones meteorológicas, información hidrológica en tiempo real e incertidumbres.
- **Modelo Predicción Agronómica:** modelos agronómicos y mecanismos de teledetección satelital o tecnologías similares → estimar las necesidades de riego y cuantificar la producción agrícola esperable. Calidad del agua (salinidad, boro y nitratos).
- **Modelo Predicción probabilística de Gestión del sistema,** tanto de simulación (con las reglas actuales) como de optimización (cantidad y calidad).
- **Modelo Hidroeconómico** → Gestión de recursos hídricos para evaluar las decisiones de gestión (cantidad y calidad) y sus consecuencias económicas → Integración real de parámetros económicos (costes, beneficios, valor económico del agua).
- **PLATAFORMA INTEGRADA PARA LA GESTIÓN DEL AGUA:** Apoyo a la toma de decisiones → Mejorar la gestión del agua en la DHS a **escala diaria.**
- Compatibilidad con los sistemas actuales implantados (SAIH, SICA y SAICA), combinación de técnicas de teledetección satelital o tecnologías similares y de inteligencia artificial para mejorar la fiabilidad.

## 1.4. Bloques funcionales (6 líneas)

Teniendo en consideración las áreas de actuación identificadas anteriormente, se han definido 6 bloques funcionales o líneas de actuación:

- **Línea 1. Sistema automático e inteligente de predicción meteorológica corregida y regionalizada para la zona de estudio**
- **Línea 2. Sistema de adquisición y asimilación de datos y para la simulación y predicción hidrológica distribuida**
- **Línea 3. Sistema automático de monitorización de cultivos y predicción de necesidades de riego y producción agrícola**
- **Línea 4. Sistema de predicción probabilística para la gestión en cantidad y calidad del recurso hídrico**
- **Línea 5. Sistema para análisis y predicción económica y ambiental de la gestión del recurso hídrico**
- **Línea 6. Plataforma para la gestión eficiente y sostenible del sistema de recursos hídricos del Segura**



- Se establece el siguiente calendario de ejecución de los trabajos a realizar:

Plazo para el desarrollo del Prototipo: **21 MESES**

- FASE I. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN (3,5 meses)
- FASE II. DESARROLLO PROTOTIPO/PRUEBAS SOLUCIÓN (13 meses)
- FASE III. VERIFICACIÓN PRE-OPERACIONAL (4,5 meses)





**3. REQUISITOS DE EJECUCIÓN Y ENTREGABLES**

- Los 6 bloques funcionales (líneas) se desarrollan en **3 FASES**
    - **Fase I. Diseño**
    - **Fase II. Desarrollo**
    - **Fase III. Verificación**
  - Cada fase recoge:
    - **TAREAS A REALIZAR**
    - **ENTREGABLES**
    - **CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN**
  - En principio, el prototipo sólo deberá incluir elementos de software. No es necesario dotar a la CHS de ningún equipo de hardware ni de espacio de almacenamiento en servidores.
- 

## Línea 1. Sistema automático e inteligente de predicción meteorológica corregida y regionalizada para la zona de estudio

**Objeto:** Proveer de sistemas automatizados, inteligentes y dinámicos para la adquisición, procesado, corrección y regionalización de predicciones meteorológicas. La predicción a corto plazo permitirá una adecuada vigilancia del estado del sistema y las demandas, detectando la necesidad de acciones correctoras en tiempo real. La predicción estacional permitirá adoptar decisiones estratégicas de operación (qué recurso asignar a cada usuario, de dónde y a qué precio).

### **Descripción del alcance:**

- Información automática (COPERNICUS y/o AEMET o similares)
- Corrección matemática de los modelos → Adecuación a la DHS y dotarlo de mayor precisión
- Predicción a corto plazo (diaria, hasta 15 días) y estacional (hasta 6-7 meses) a escala diaria (automática y periódica)
- Validación algoritmos de corrección de predicciones → Sistema aprende a medida que evoluciona
- Información sobre la calidad (skill) de las predicciones meteorológicas.
- Fiabilidad



### 3. REQUISITOS DE EJECUCIÓN Y ENTREGABLES

LÍNEA 1: SISTEMA AUTOMÁTICO E INTELIGENTE DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA CORREGIDA Y REGIONALIZADA PARA LA ZONA DE ESTUDIO		
TAREAS	ENTREGABLES	CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN
<b>FASE 1. DISEÑO</b>		
T.1.1.1 Identificación y especificación de los requisitos que debe cumplir el sistema. T.1.1.2 Análisis de servicios de predicción meteorológica y adecuación a los objetivos de la plataforma. T.1.1.3 Elección de predicciones y de potenciales métodos de corrección para corto plazo y predicciones estacionales. T.1.1.4 Diseño de los servicios y procesos del sistema de predicción.	E.1.1 Memoria técnica. Metodología: E.1.1.1 Especificación de requisitos. E.1.1.2 Análisis funcional del sistema. E.1.1.3 Alternativas de diseño. E.1.1.4 Plan de desarrollo e implantación. Valoración de la fiabilidad, escenarios previstos y resultados esperados. E.1.1.5 Plan de pruebas.	C1.1.1 Adecuación de requisitos a necesidades. (30/100) (*) C1.1.2 Valoración análisis funcional. (20/100) C1.1.3 Valoración alternativas de diseño. (25/100) C1.1.4 Valoración de fiabilidad y resultados esperados, plan de pruebas y escenarios previstos. (25/100)
<b>FASE 2. DESARROLLO</b>		
T.2.1.1 Desarrollo de procedimientos para la descarga automatizada de predicciones. T.2.1.2 Definición de algoritmos de corrección de predicciones. T.2.1.3 Algoritmos de preparación de datos para su uso en modelos posteriores. T.2.1.4 Metodología y algoritmos para evaluación de la calidad de las predicciones.	E.2.1.1 Memoria descriptiva y operativa del sistema: E.2.1.1.1 Procedimientos para descarga de predicciones. E.2.1.1.2 Algoritmos de corrección de predicciones. E.2.1.1.3 Mecanismos para evaluación de la calidad de las predicciones. E.2.1.2 Versión beta operativa del sistema automático.	C.2.1.1 Valoración del modelo de predicciones (20/100) C.2.1.2 Valoración del diseño y operación de los algoritmos (20/100) C.2.1.3 Valoración de la adecuación del sistema a las necesidades particulares del usuario final. (60/100) (*)
<b>FASE 3. VERIFICACIÓN</b>		
T.3.1.1 Verificación de los algoritmos de descarga y corrección de predicciones. T.3.1.2 Verificación de la calidad de las predicciones meteorológicas. T.3.1.3 Presentación de predicciones meteorológicas a los usuarios, contraste de funcionalidades y actualización. T.3.1.4. Plan de formación a los técnicos de la CHS.	E.3.1.1 Informe de verificación de la predicción meteorológica: E.3.1.1.1 Informe de verificación de los algoritmos de descarga y corrección de predicciones. E.3.1.1.2 Informe de calidad/fiabilidad de las predicciones meteorológicas. E.3.1.1.3 Manual de usuario. E.3.1.1.4 Manual de formación y sesiones de formación. E.3.1.2 Prototipo individual E.3.1.3 Prototipo integrado del modelo de predicciones meteorológicas.	C.3.1.1. Análisis de la compatibilidad con el software, hardware y servidores usados en la Confederación Hidrográfica del Segura. Valoración de los resultados de verificación (40/100) (*) C.3.1.2 Valoración del sistema final siguiendo los criterios de Jakob-Nielsen (amigabilidad, usabilidad, fiabilidad) (35/100) C.3.1.3 Valoración de los manuales. Grado de detalle y claridad en las explicaciones. Valoración de la efectividad del plan de formación (25/100)

## Línea 2. Sistema de adquisición y asimilación de datos y para la simulación y predicción hidrológica distribuida

**Objeto:** Predecir a escala diaria variables hidrológicas a partir de las predicciones meteorológicas (bloque 1) y los datos asimilados del estado de la cuenca, obtenidos de las redes de la CHS con la capacidad de reajuste automático. Se hará una calibración multiobjetivo del modelo, incorporando caudales y otras variables (superficie de riego, tipo de cultivo, necesidades de riego, evapotranspiración y humedad del suelo), como las obtenidas por teledetección o similares.

### **Descripción del alcance:**

- Modelos hidrológicos distribuidos de balance continuo → Interacción río-acuífero
- Predicción hidrológica a corto plazo (diaria, hasta 15 días) y estacional (hasta 6-7 meses) a escala diaria
- Calibración con caudales de las estaciones de la red SAIH y SICA.
- Efecto de los usos del suelo y la vegetación en los caudales
- Corrección automática de los caudales (asimilación de datos)
- Información sobre la calidad (skill) de las predicciones hidrológicas
- Fiabilidad



LÍNEA 2: SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y ASIMILACIÓN DE DATOS Y SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DISTRIBUIDA		
TAREAS	ENTREGABLES	CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN
<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>
<p>T.1.2.1 Identificación de los requisitos que debe cumplir el sistema.</p> <p>T.1.2.2 Elección de modelos hidrológicos a utilizar y discretización espacio-temporal.</p> <p>T.1.2.3 Diseño funcional del mecanismo de integración de predicciones meteorológicas.</p> <p>T.1.2.4 Diseño de mecanismos de calibración y validación.</p> <p>T.1.2.5 Diseño de mecanismos de asimilación de datos.</p> <p>T.1.2.6 Diseño de mecanismos de análisis de incertidumbre.</p>	<p>E.1.2 Memoria técnica. Metodología:</p> <p>E.1.2.1 Especificación de requisitos.</p> <p>E.1.2.2 Análisis funcional del sistema.</p> <p>E.1.2.3 Alternativas de diseño.</p> <p>E.1.2.4 Plan de desarrollo e implantación. Valoración de la fiabilidad, escenarios previstos y resultados esperados.</p> <p>E.1.2.5 Plan de pruebas.</p>	<p>C.1.2.1 Adecuación de requisitos a necesidades. (30/100) (*)</p> <p>C.1.2.2 Valoración análisis funcional. (20/100)</p> <p>C.1.2.3 Valoración alternativas de diseño. (25/100)</p> <p>C.1.2.4 Valoración de fiabilidad y resultados esperados, plan de pruebas y escenarios previstos. (25/100)</p>
<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>
<p>T.2.2.1 Desarrollo del modelo hidrológico:</p> <p>T.2.2.2 Calibración y validación automática.</p> <p>T.2.2.3 Integración de predicciones meteorológicas para obtener predicciones hidrológicas.</p> <p>T.2.2.4 Integración de mecanismos de asimilación de datos.</p> <p>T.2.2.5 Desarrollo de modelos de error.</p>	<p>E.2.2.1 Memoria descriptiva y operativa del sistema:</p> <p>E.2.2.1.1 Modelo hidrológico.</p> <p>E.2.2.1.2 Proceso de calibración y validación automática.</p> <p>E.2.2.1.3 Integración de predicciones meteorológicas para obtener predicciones hidrológicas.</p> <p>E.2.2.1.4 Mecanismos de integración de datos.</p>	<p>C.2.2.1 Valoración del modelo de simulación hidrológica (20/100)</p> <p>C.2.2.2 Valoración del diseño y operación del modelo (20/100)</p> <p>C.2.2.3 Valoración de la adecuación del sistema a las necesidades particulares del usuario final y. Usabilidad del sistema. (60/100) (*)</p>

## Línea 3. Sistema automático de monitorización de cultivos y predicción de necesidades de riego y producción agrícola

**Objeto:** Estimar las necesidades de riego y la producción agrícola esperable en función de las previsiones meteorológicas (bloque 1) y de gestión (cantidad y calidad del agua suministrada para riego, salinidad, boro y nitratos), y monitorización del estrés hídrico de los cultivos, detectando acciones correctoras.

### **Descripción del alcance:**

- Reconocimiento automático de cultivos y estrés hídrico → Estimación de necesidades de riego
- Información de teledetección satelital o tecnologías similares sobre los cultivos y variables clave
- Frecuencia al menos quincenal (tecnologías de teledetección satelital o similares)
- Predicción de necesidades de riego y producción a corto plazo (días/semanas) y estacional (varios meses) a escala diaria
- Validación con datos reales de recintos, parcelas o subparcelas del catastro → Corrección de los modelos de extracción adaptados al cultivo y estación anual
- Información sobre la calidad (skill) de las predicciones de necesidades de riego
- Fiabilidad.



<b>LÍNEA 3: SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITORIZACIÓN DE CULTIVOS Y PREDICCIÓN DE NECESIDADES DE RIEGO Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA</b>		
<b>TAREAS</b>	<b>ENTREGABLES</b>	<b>CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN</b>
<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>
T.1.3.1 Identificación y selección de modelos agronómicos más apropiados. T.1.3.2 Identificación y selección de los servicios de teledetección u otras tecnologías similares a incorporar. T.1.3.3 Diseño funcional del mecanismo de integración de predicciones. T.1.3.4 Evaluación de alternativas de diseño.	E.1.3 Memoria técnica. Metodología: E.1.3.1 Descripción de requisitos. E.1.3.2 Análisis funcional del sistema. E.1.3.3 Alternativas de diseño. E.1.3.4 Plan de desarrollo e implantación. Valoración de la fiabilidad, escenarios previstos y resultados esperados. E.1.3.5 Plan de pruebas.	C.1.3.1 Adecuación de requisitos a necesidades. (30/100) (*) C.1.3.2 Valoración análisis funcional. (20/100) C.1.3.3 Valoración alternativas de diseño. (25/100) C.1.3.4 Valoración de fiabilidad y resultados esperados, plan de pruebas y escenarios previstos. (25/100)
<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>
T.2.3.1 Desarrollo de modelos agronómicos para cultivos representativos en función de la cantidad y calidad del agua suministrada. T.2.3.2 Algoritmos para medición de superficies de riego por teledetección u otras tecnologías similares. T.2.3.3 Selección e implementación de algoritmos para identificar cultivos. T.2.3.4 Predicciones de demandas de riego y producción. T.2.3.5 Mecanismo de control en tiempo real de las necesidades de riego y estrés hídrico de los cultivos.	E.2.3.1 Memoria descriptiva y operativa del sistema: E.2.3.1.1 Modelos agronómicos para cultivos representativos. E.2.3.1.2 Algoritmos para medición de superficies de riego por teledetección. E.2.3.1.3 Algoritmos para identificar cultivos. E.2.3.1.4 Predicciones de demandas de riego y producción. E.2.3.1.5 Mecanismo de control en tiempo real de las necesidades de riego y estrés hídrico de los cultivos.	C.2.3.1 Valoración del modelo de predicción agronómica (20/100) C.2.3.2 Valoración del diseño y operación de los algoritmos (20/100) C.2.3.3 Valoración de la adecuación del sistema a las necesidades particulares del usuario final y usabilidad del sistema. (60/100) ( *)

#### Línea 4. Sistema de predicción probabilística para la gestión en cantidad y calidad del recurso hídrico

**Objeto:** Desarrollar una herramienta que realice una estimación probabilística de suministros a demandas, satisfacción de requerimientos ambientales y parámetros de calidad del agua esperables, empleando las predicciones hidrológicas (bloque 2) y agronómicas (bloque 3), aplicando reglas y prioridades definidas (simulación) o algoritmos de optimización que permitan la simulación de alternativas concretas de aportaciones hidrológicas y decisiones de explotación. Mediante procesos participativo con los gestores se integrará el conocimiento de experto (validación de la versión beta).

#### **Descripción del alcance:**

- Principales elementos del sistema de explotación y variables hidrológicas (redes de la CHS)
- Estimación probabilística:
  - Gestión actual (simulación)
  - Gestión óptima (algoritmos de optimización)
- Integración red SAIH/SICA/SAICA y predicción bloques 2 (hidrología) y 3 (demandas agrarias)
- Información sobre la calidad de las predicciones (skill) de suministro a demandas, volúmenes embalsados, requerimientos ambientales y calidad del agua
- Fiabilidad

LÍNEA 4: SISTEMA DE PREDICCIÓN PROBABILÍSTICA PARA LA GESTIÓN EN CANTIDAD Y CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO		
TAREAS	ENTREGABLES	CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN
<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>
<p>T.1.4.1 Identificación y especificación de los requisitos que debe cumplir el sistema.</p> <p>T.1.4.2 Diseño de mecanismo para la integración de datos del estado del sistema de la red SAIH/SICA/SAICA .</p> <p>T.1.4.3 Diseño de mecanismo para la integración de datos de los sistemas de predicción hidrológica (bloque 2) y de demandas (bloque 3).</p> <p>T.1.4.4 Diseño de modelos y algoritmos de simulación.</p> <p>T.1.4.5 Diseño de modelos y algoritmos de optimización.</p>	<p>E.1.4 Memoria técnica. Metodología:</p> <p>E.1.4.1 Especificación de requisitos.</p> <p>E.1.4.2 Análisis funcional del sistema.</p> <p>E.1.4.3 Alternativas de diseño.</p> <p>E.1.4.4 Plan de desarrollo e implantación. Valoración de la fiabilidad, escenarios previstos y resultados esperados.</p> <p>E.1.4.5 Plan de pruebas.</p>	<p>C.1.4.1 Adecuación de requisitos a necesidades. (30/100) (*)</p> <p>C.1.4.2 Valoración análisis funcional. (20/100)</p> <p>C.1.4.3 Valoración alternativas de diseño. (25/100)</p> <p>C.1.4.4 Valoración de fiabilidad y resultados esperados, plan de pruebas y escenarios previstos. (25/100)</p>
<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>
<p>T.2.4.1 Caracterización de las reglas de operación actuales.</p> <p>T.2.4.2 Desarrollo de mecanismo de integración de datos de los sistemas de predicción hidrológica (bloque 2) y de demandas (bloque 3).</p> <p>T.2.4.3 Desarrollo del módulo de simulación y optimización de la gestión.</p> <p>T.2.4.4 Desarrollo del módulo de simulación y optimización probabilísticas.</p>	<p>E.2.4.1 Memoria descriptiva y operativa del sistema:</p> <p>E.2.4.1.1 Módulos de simulación y optimización de la gestión.</p> <p>E.2.4.1.2 Módulos de simulación y optimización probabilísticas.</p> <p>E.2.4.1.3 Módulo de calidad probabilística.</p> <p>E.2.4.1.4 Módulo medioambiental probabilística.</p>	<p>C.2.4.1 Valoración del modelo de gestión (20/100)</p> <p>C.2.4.2 Valoración del diseño y operación de los modelos (20/100)</p> <p>C.2.4.3 Valoración de la adecuación del sistema a las necesidades particulares del usuario final. Usabilidad del sistema. (60/100) (*)</p>

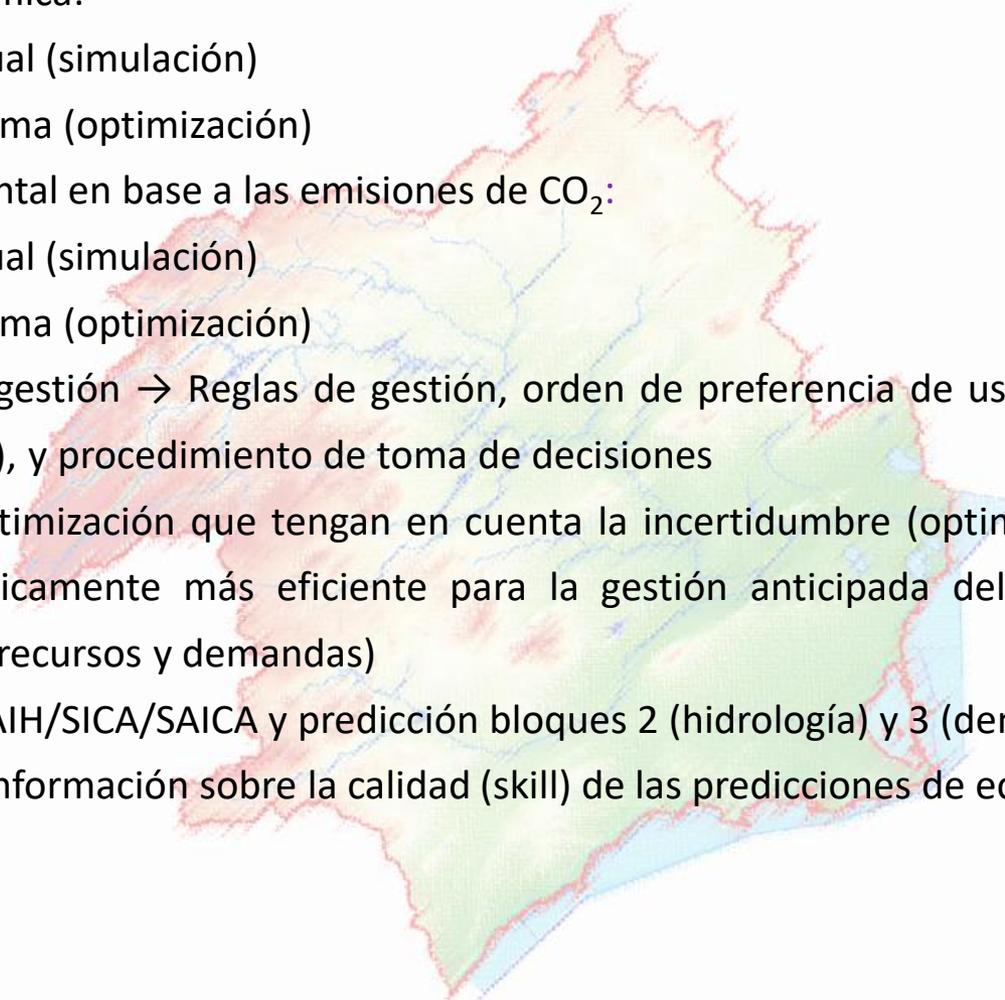
## Línea 5. Sistema para análisis y predicción económica y ambiental de la gestión del recurso hídrico

**Objeto:** Evaluación y predicción económica de las decisiones de gestión del sistema teniendo en cuenta costes, beneficios y valor económico del agua en los distintos usos. La caracterización económica se realizará empleando curvas de demanda y costes energéticos, teniendo en cuenta la cantidad y calidad de los suministros resultantes de la gestión del sistema. Se dividirá en dos submódulos de acuerdo a los algoritmos empleados: simulación (utilizando las reglas previamente creadas integrando criterio de experto) y optimización (explotar de forma eficiente la incertidumbre asociada al proceso de toma de decisiones).

La evaluación y predicción ambiental de las decisiones de gestión se realizará en base a, entre otras, las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Descripción del alcance:**

- Predicción a corto plazo (diaria, hasta 15 días) y estacional (hasta 6-7 meses) a escala diaria
- Principales elementos del sistema de explotación y variables hidrológicas (redes de la CHS)

- Evaluación económica:
    - Gestión actual (simulación)
    - Gestión óptima (optimización)
  - Evaluación ambiental en base a las emisiones de CO<sub>2</sub>:
    - Gestión actual (simulación)
    - Gestión óptima (optimización)
  - Simulación de la gestión → Reglas de gestión, orden de preferencia de usos y aprovechamientos (PHDS 2015-2021), y procedimiento de toma de decisiones
  - Algoritmos de optimización que tengan en cuenta la incertidumbre (optimización estocástica) → Solución económicamente más eficiente para la gestión anticipada del sistema (predicciones disponibilidad de recursos y demandas)
  - Integración red SAIH/SICA/SAICA y predicción bloques 2 (hidrología) y 3 (demandas agrarias)
  - Deberá incluirse información sobre la calidad (skill) de las predicciones de económicas.
  - Fiabilidad
- 

LÍNEA 5: SISTEMA PARA ANÁLISIS Y PREDICCIÓN ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO		
TAREAS	ENTREGABLES	CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN
<b>FASE 1. DISEÑO</b>		
<p>T.1.5.1 Identificación y especificación de los requisitos que debe cumplir el sistema.</p> <p>T1.5.2.1 Diseño de metodologías apropiadas para la valoración económica del agua en los principales usos.</p> <p>T1.5.2.2 Diseño de metodologías apropiadas para la valoración ambiental en base a las emisiones de CO2.</p> <p>T.1.5.3 Diseño de mecanismo de integración de datos de los sistemas de predicción hidrológica (línea 2) y de demandas (línea 3) en el modelo hidroeconómico.</p> <p>T.1.5.4 Diseño de modelos y algoritmos de simulación.</p> <p>T.1.5.5 Diseño de modelos y algoritmos de optimización estocástica.</p>	<p>E.1.5.1 Memoria técnica. Metodología:</p> <p>E.1.5.1.1 Especificación de requisitos.</p> <p>E.1.5.1.2 Modelo de análisis y predicción económica.</p> <p>E.1.5.1.3 Modelo de análisis y predicción ambiental en base a las emisiones de CO2.</p> <p>E.1.5.2 Análisis funcional del sistema.</p> <p>E.1.5.3 Alternativas de diseño.</p> <p>E.1.5.4 Plan de desarrollo e implantación. Valoración de la fiabilidad, escenarios previstos y resultados esperados.</p> <p>E.1.5.5 Plan de pruebas.</p>	<p>C1.5.1 Adecuación de requisitos a necesidades. (30/100) (*)</p> <p>C1.5.2 Valoración análisis funcional. (20/100)</p> <p>C1.5.3 Valoración alternativas de diseño. (25/100)</p> <p>C1.5.4 Valoración de fiabilidad y resultados esperados, plan de pruebas y escenarios previstos. (25/100)</p>
<b>FASE 2. DESARROLLO</b>		
<p>T.2.5.1 Caracterización de las reglas de operación actuales.</p> <p>T.2.5.2.1 Caracterización económica de los usos del agua del sistema.</p> <p>T.2.5.2.1 Caracterización de las emisiones de CO2 de los usos del agua del sistema.</p>	<p>E.2.5.1 Memoria descriptiva y operativa del sistema:</p> <p>E.2.5.1.1 Descripción matemática de las reglas actuales.</p> <p>E.2.5.1.2 Caracterización de las emisiones de CO2 de los usos del agua del sistema.</p>	<p>C.2.5.1.1 Valoración del modelo hidroeconómico (10/100)</p> <p>C.2.5.1.2 Valoración del modelo ambiental en base a emisiones de CO2 (10/100)</p> <p>C.2.5.2 Valoración del diseño y operaciones de los modelos (20/100)</p>

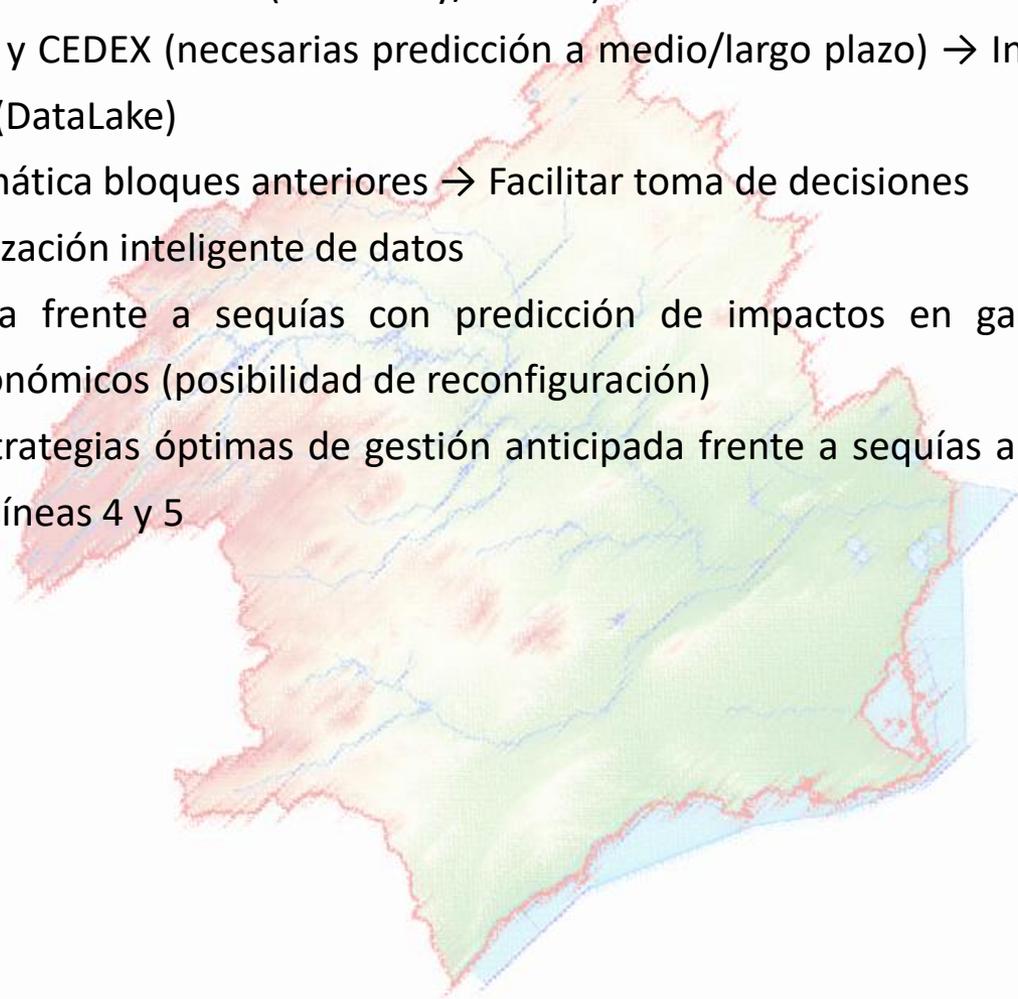
## Línea 6. Plataforma para la gestión eficiente y sostenible del sistema de recursos hídricos del Segura

**Objeto:** Desarrollar un sistema de ayuda a la decisión para la gestión integrada eficiente y sostenible del sistema de recursos hídricos del Segura. Diseño e implementación de un sistema de almacenamiento, gestión y análisis de grandes volúmenes de datos (Data Lake o similar) que integre la información existente en un único punto de suministro de datos para los diferentes módulos del sistema. Incorporará datos de bases de datos existentes e integrará los resultados del resto de líneas de actuación. Será escalable, y permitirá el acceso eficiente a los datos para su procesado con Big Data. Incluirá también la combinación de criterio de experto con los modelos hidroeconómicos de simulación y de optimización. De igual forma deberá gestionar un módulo de alertas disparadas por un motor de reglas.

### **Descripción del alcance:**

- Procesos Extract, Transform and Load (ETL) → Incorporar series temporales de datos críticos (SAIH, SAICA y SICA) → Entorno de BigData
- Capacidad de comunicación con agencias meteorológicas

- Almacenamiento de datos ráster (satélites y/o UAVs)
- Previsiones OECC y CEDEX (necesarias predicción a medio/largo plazo) → Incorporar al sistema de almacenamiento (DataLake)
- Integración automática bloques anteriores → Facilitar toma de decisiones
- Módulo de visualización inteligente de datos
- Sistema de alerta frente a sequías con predicción de impactos en garantías de suministro, ambientales y económicos (posibilidad de reconfiguración)
- Sugerencia de estrategias óptimas de gestión anticipada frente a sequías a través de los modelos de gestión de las líneas 4 y 5





<b>LÍNEA 6: PLATAFORMA PARA LA GESTIÓN EFICIENTE Y SOSTENIBLE DEL SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS DEL SEGURA</b>		
<b>TAREAS</b>	<b>ENTREGABLES</b>	<b>CRITERIOS DE VERIFICACIÓN DE EJECUCIÓN</b>
<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>	<b>FASE 1. DISEÑO</b>
<p>T.1.6.1 Identificación y especificación de los requisitos que debe cumplir la plataforma.</p> <p>T.1.6.2 Diseño de modelos de datos, protocolos e interfaces que aseguren interoperabilidad entre sistemas.</p> <p>T.1.6.3 Definición de requisitos de visualización de datos.</p> <p>T.1.6.4 Organización de tareas del desarrollo inicial (story mapping, priorización, backlog inicial).</p> <p>T.1.6.5 Especificación y diseño funcional de herramientas de apoyo a la toma de decisión en la gestión, en particular de la gestión de alertas</p> <p>T.1.6.6 Diseño funcional para la gestión anticipada de sequías</p> <p>T.1.6.7 Evaluación de alternativas de diseño.</p>	<p>E.1.6 Memoria técnica. Metodología:</p> <p>E.1.6.1 Descripción de requisitos de la plataforma.</p> <p>E.1.6.2 Análisis funcional.</p> <p>E.1.6.3 Alternativas de diseño.</p> <p>E.1.6.4 Plan de pruebas y de apoyo a la toma de decisión. Valoración de la fiabilidad, escenarios previstos y resultados esperados</p>	<p>C.1.6.1 Adecuación de requisitos a necesidades. (30/100) (*)</p> <p>C.1.6.2 Valoración análisis funcional. (20/100)</p> <p>C.1.6.3 Valoración alternativas de diseño. (25/100)</p> <p>C.1.6.4 Valoración de fiabilidad y resultados esperados, plan de pruebas y de apoyo a la toma de decisión (25/100)</p>
<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>	<b>FASE 2. DESARROLLO</b>
<p>T.2.6.1 Despliegue de procedimientos y servicios para la extracción, transformación y carga del sistema de almacenamiento, gestión y análisis de grandes volúmenes datos (Data Lake o</p>	<p>E.2.6.1 Memoria descriptiva y operativa de la plataforma:</p> <p>E.2.6.1.1 Arquitectura de integración.</p> <p>E.2.6.1.2 Modelos de datos.</p> <p>E.2.6.1.3 Escenarios de trabajo.</p>	<p>C.2.6.1 Valoración de la plataforma (20/100)</p> <p>C.2.6.2 Valoración de operación y de los diseños finales. (20/100)</p> <p>C.2.6.3 Valoración de la adecuación del sistema a las necesidades particulares del</p>



## 4. Escenario de verificación pre-operacional

### Pruebas sobre el prototipo INDIVIDUAL

- Prueba del módulo de predicción meteorológica
- Prueba del módulo de simulación hidrológica
- Prueba del módulo de predicción agronómica
- Prueba del módulo de gestión de recursos (cantidad y calidad)
- Prueba de integración de los datos del sistema SAIH/SICA/SAICA
- Prueba del módulo hidroeconómico y ambiental
- Prueba de la Plataforma de Gestión



## 4. Escenario de verificación pre-operacional

### Pruebas sobre el prototipo INTEGRADO en la CHS

- Prueba del módulo de predicción meteorológica
- Prueba del módulo de simulación hidrológica
- Prueba del módulo de predicción agronómica
- Prueba del módulo de gestión de recursos (cantidad y calidad)
- Prueba del módulo hidroeconómico
- Prueba de la Plataforma de Gestión

Una vez **finalizada la FASE III** el prototipo desarrollado permanecerá como **demostrador tecnológico** en las instalaciones de la Confederación Hidrográfica del Segura en Murcia, **durante 5 años.**

