

III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

10808 *Resolución de 23 de junio de 2021, de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A, por la que se publica el Convenio con la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, para el proyecto «Doñana 4.0: monitorización de cuenca y de concesiones de dominio público hidráulico mediante IoT».*

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, procede la publicación en el «Boletín Oficial del Estado», del Convenio entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir O.A. y la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla para el Proyecto Doñana 4.0: monitorización de cuenca y de concesiones de dominio público hidráulico mediante IoT, otorgado el 17 de junio de 2021, que se anexa a esta resolución.

Sevilla, 23 de junio de 2021.–El Presidente de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir O.A., Joaquín Páez Landa.

ANEXO

Convenio entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir O.A. y la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla para el Proyecto Doñana 4.0: monitorización de cuenca y de concesiones de dominio público hidráulico mediante IoT

En la ciudad de Sevilla, el día 17 de junio de 2021.

INTERVIENEN

De una parte, D. Joaquín Páez Landa, con NIF ***3171**, en su condición de Presidente de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Organismo Autónomo adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en virtud de nombramiento del Secretario de Estado del citado Ministerio de fecha 31 de julio de 2018; en ejercicio de las competencias asignadas al Organismo de Cuenca por los artículos 23 y 24 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, en desarrollo de las funciones que el artículo 30 del mismo texto normativo atribuye al Presidente del Organismo de cuenca; y con competencia para la suscripción del presente Convenio a tenor de lo dispuesto en el artículo 48.2 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

De otra parte, la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, en lo sucesivo FIUS, constituida en Sevilla, el 8 de enero de 2002, con CIF número G-91.402.941, domicilio social en Sevilla, avenida de Reina Mercedes, 4C, planta 1, CP 41012, e inscrita en el Registro de Fundaciones de Andalucía, Sección Primera, número SE-1059 y, en su nombre y representación, D. Manuel Felipe Rosa Iglesias, en calidad de Director General de la misma, en virtud de poder otorgado ante el notario de Sevilla, don José Luis Lledó González, en fecha 30 de marzo de 2021, con número 501 de su protocolo.

Ambas partes se reconocen mutuamente, en la calidad en que cada uno interviene, con la capacidad legal necesaria para suscribir el presente convenio y a tal efecto:

EXPONEN

I. Que la Constitución Española, en su artículo 45.2 hace una llamada a las distintas Administraciones Públicas para que, mediante una cooperación solidaria, incardinan sus actuaciones a proteger y mejorar la calidad de vida y a defender y restaurar el medio ambiente.

II. Que la Universidad de Sevilla es un Centro Público de Investigación de carácter multisectorial y pluridisciplinario que desarrolla actividades de investigación y desarrollo científico y tecnológico. La Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla tiene encomendada por la Universidad de Sevilla el desarrollo de las competencias en materia de colaboración con entidades públicas y privadas con el personal docente e investigador de la Universidad de Sevilla, en virtud de los Convenios Marco y Específico de colaboración suscritos por ambas entidades el 29 de mayo de 2007 y su posterior adenda de fecha 12 de marzo de 2021, con la finalidad de atender los programas de asesoramiento, apoyo tecnológico, formación del personal, y proyectos de investigación, para la consecución de los objetivos de ambas instituciones.

III. La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir tiene, entre sus cometidos:

– El otorgamiento de autorizaciones y concesiones referentes al dominio público hidráulico, salvo las relativas a las obras y actuaciones de interés general del Estado, que corresponderán al Ministerio de Medio Ambiente (actualmente, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

– La inspección y vigilancia del cumplimiento de las condiciones de concesiones y autorizaciones relativas al dominio público hidráulico.

– La realización de aforos, estudios de hidrología, información sobre crecidas y control de la calidad de las aguas.

– La realización, en el ámbito de sus competencias, de planes, programas y acciones que tengan como objetivo una adecuada gestión de las demandas, a fin de promover el ahorro y la eficiencia económica y ambiental de los diferentes usos del agua mediante el aprovechamiento global e integrado de las aguas superficiales y subterráneas, de acuerdo, en su caso, con las previsiones de la correspondiente planificación sectorial.

IV. Que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir está interesada en colaborar con FIUS para el desarrollo del proyecto «Doñana 4.0: monitorización de cuenca y de concesiones de dominio público hidráulico mediante IoT». Dicho proyecto persigue desarrollar tecnología y conocimiento que permitan a la Confederación y a los titulares de derechos al uso privativo de las aguas la vigilancia del cumplimiento de las condiciones de concesiones relativas al dominio público hidráulico. Concretamente se busca que las concesiones de dominio público hidráulico dispongan de tecnología que permita comunicar en tiempo real el consumo de las mismas, para un mejor control de la cuenca y de los recursos hídricos. El proyecto abarcará tanto el lado de los usuarios (telelectura de contadores electrónicos y mecánicos) como el de la Confederación (APIs para integrar los datos en los sistemas de confederación). El fin último es generar un conjunto de especificaciones, validadas en campo, que permita a cualquier fabricante del mercado adaptar las soluciones existentes de tele-lectura a este ámbito tan específico de aplicación. Estas especificaciones irán acompañadas de una API que permita recibir a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir las lecturas desde cualquier contador y fabricante de dispositivos de telelectura. Además, se investigarán formas de procesar la información tanto en origen como en destino, que permitan entender cómo se consume el agua de las concesiones. Por último, se explorará la utilización de la tecnología desarrollada para otros usos relacionados con la monitorización de la cuenca como es el caso de los piezómetros para la monitorización de las masas de aguas subterráneas y

de las sondas multiparamétricas para la monitorización de la calidad de las aguas (superficiales o no).

V. Que para la consecución de objetivos de interés general con base en lo expuesto, y al amparo de lo establecido al efecto en el artículo 25.2 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, acuerdan rubricar el presente Convenio, que se regirá por las siguientes:

CLÁUSULAS

Primera. *Objeto.*

El presente Convenio tiene por objeto la colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, a través del Grupo de Investigación «Ingeniería Electrónica TIC-192» de la Universidad de Sevilla, para la realización del proyecto descrito en el Anexo 1. Los trabajos a desarrollar por el Grupo de Investigación de Ingeniería Electrónica, se enmarcan en el proyecto «Doñana 4.0: monitorización de cuenca y de concesiones de dominio público hidráulico mediante IoT», cuyo objetivo principal es el desarrollo de conocimiento y tecnología HW y SW relacionadas con la monitorización de las concesiones de recurso hídrico.

Segunda. *Equipo de trabajo y acciones.*

La actividad objeto del presente convenio se realizará por la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, a través del Grupo de Investigación «Ingeniería Electrónica TIC-192» perteneciente a la Universidad de Sevilla, –en virtud de los Convenio Marco y Específico de colaboración de fecha 29 de mayo de 2007, suscritos entre la citada Fundación y la Universidad de Sevilla, que será coordinado por don Ramón González Carvajal, en calidad de Investigador Responsable del proyecto y Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Además, participarán distintos investigadores del Grupo de Investigación, entre los que destacamos a:

- Antonio Jesús Torralba Silgado, Catedrático de Universidad.
- Fernando Muñoz Chavero, Catedrático de Universidad.
- Isabel Lujan Martínez, Contratado Doctor.
- Enrique López Morillo, Contratado Doctor.

También podrá participar personal contratado en función de las necesidades del proyecto acordadas con la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. El Investigador Principal tendrá como interlocutor válido por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir al Comisario de Aguas.

Tercera. *Ámbito territorial.*

Las actividades del proyecto piloto se realizarán en concesiones de dominio público hidráulico cuya zona de influencia esté cercana al Parque Natural de Doñana.

Cuarta. *Ámbito material.*

Ambas partes se comprometen a aportar los medios materiales, técnicos, humanos y económicos, que sean precisos para la materialización de las acciones de la cláusula segunda, que se desarrollan en el anexo técnico a este Convenio, y en concreto:

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir aportará:

Medios materiales:

- Coordinación de los trabajos por parte de un Jefe de Servicio de la Comisaría de Aguas.
- Las horas de trabajo necesarias de funcionarios de la Comisaría de Aguas y del Área de Informática de la Secretaría General.

- Contacto con los usuarios para la puesta en marcha de las pruebas.
- Los medios de locomoción para los trabajos de campo que sean necesarios.

Financiación:

– La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir aportará una cantidad económica para completar la aportación al proyecto. Dicha aportación cubrirá parte del desarrollo de los equipos (desarrollo HW y desarrollo SW) y los materiales necesarios para construir los equipos que quedarán en posesión de CHG para la demostración piloto del proyecto. Dicha financiación asciende a 60.000 euros.

– El importe total de las actividades de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se estima en 60.000 euros (impuestos no incluidos), distribuidos en partidas proporcionales a los años de vigencia del presente Convenio, con cargo a la aplicación presupuestaria 23.105.452A.227.06 y en concreto con las siguientes anualidades:

- 2021: 45.000 euros (más 9.450 euros en concepto de IVA),
- 2022: 15.000 euros (más 3.150 euros en concepto de IVA),

Con el siguiente calendario de pagos:

- 15.000 euros más IVA al inicio del proyecto (junio 2021).
- 30.000 euros más IVA a la consecución del Hito 1 (julio 2021).
- 15.000 euros más IVA a la finalización del proyecto (enero 2022).

Por tanto, el importe total incluyendo IVA asciende a la cantidad de 72.600 euros. La Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla aportará:

- Las horas de trabajo de sus investigadores.
- Equipamiento científico necesario para realizar todas las pruebas de caracterización de los sistemas diseñados. Dada la extensión del equipamiento, éste figura en el anexo II a este convenio.
- Las horas del personal de laboratorio para dicha caracterización.

El importe total de las actividades de la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, sin contar con la aportación económica de CHG se estima en

- Las horas de personal investigador ascienden a: 20.000 euros.
- Las horas de uso equipamiento científico especializado ascienden a: 4.000 euros.
- Horas de personal técnico de laboratorio ascienden a: 9.000 euros.

El abono de las cantidades aportadas por la CHG irá precedido del Acta de la Comisión de Seguimiento del Convenio previsto en la cláusula sexta, en la que se concrete el estado y avance de los trabajos y se cuantifique el grado de cumplimiento del convenio, cuantificándose los gastos asumidos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y acompañándose de la correspondiente factura. El abono de dichas cantidades se hará efectivo en la Cuenta con IBAN n.º ES86-0049-5854-3721-1608-5237 abierta en el Banco Santander a nombre de «Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla», previa factura emitida por esta y dirigida a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

No obstante lo anterior, se podrán percibir anticipos en concepto de actividades preparatorias que resulten necesarias para realizar las actividades objeto del presente Convenio, en los términos y límites que prevé el artículo 21 de la Ley 47/2003, de 26 de noviembre, General Presupuestaria.

La aportación económica del Organismo de Cuenca no podrá superar el importe de los gastos derivados de la ejecución del convenio, de conformidad con lo previsto en el artículo 48.6 de la Ley 40/2015, de Régimen Jurídico del Sector Público.

Quinta. *Derechos sobre los resultados del estudio.*

Los resultados del Programa serán propiedad de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y de la Universidad de Sevilla, debiendo informar una parte a la otra, con carácter previo, del uso que vaya hacer de esos resultados. Asimismo, en la medida en que estos resultados sean susceptibles de protección, la titularidad de los Derechos de Propiedad Industrial relativos a las invenciones que pudieran derivarse de los citados trabajos de investigación, así como, en su caso, las condiciones de explotación, deberá determinarse en un acuerdo específico entre la Confederación y la Universidad de Sevilla.

Sexta. *Comisión de seguimiento.*

Con la finalidad de llevar a cabo un seguimiento puntual del cumplimiento del presente Acuerdo, se establece una Comisión de Seguimiento que estará formada por dos representantes de cada una de las partes. Los Presidentes de las dos entidades designarán a sus representantes en la Comisión de Seguimiento.

Serán funciones de esta Comisión de Seguimiento resolver las controversias que pudieran plantearse en la interpretación y aplicación del presente Convenio y el seguimiento del grado de cumplimiento del mismo, sirviendo, al tiempo, como vía de información entre las partes.

Séptima. *Modificación.*

En aplicación de lo dispuesto en el artículo 49.g) de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, cualquier modificación del convenio requerirá el acuerdo unánime de los firmantes.

Octava. *Eficacia y duración.*

El Convenio será eficaz una vez inscrito en el Registro Electrónico estatal de órganos e Instrumentos de Cooperación del sector público estatal, y publicado en el «Boletín Oficial del Estado», tal y como dispone el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre.

La duración inicial de este Convenio será de un año, pudiendo ser prorrogado expresamente por escrito y por acuerdo unánime de las partes, por idéntico periodo, a raíz de lo expuesto en el artículo 49 h).2.º, de la Ley 40/2015.

Novena. *Extinción y resolución.*

A tenor de lo dispuesto en el artículo 51 de la Ley 40/2015, el presente Convenio se extinguirá por el cumplimiento de las actuaciones que constituyen su objeto o por incurrir en causa de resolución.

Serán causas de resolución del Convenio:

- a) El transcurso del plazo de vigencia del convenio sin haberse acordado la prórroga del mismo.
- b) El acuerdo unánime de todos los firmantes.
- c) El incumplimiento de las obligaciones y compromisos asumidos por parte de alguno de los firmantes.
- d) Por decisión judicial declaratoria de la nulidad del convenio.
- e) Por cualquier otra causa distinta de las anteriores prevista en el convenio o en otras leyes.

En todo caso, ambas partes colaborarán en todo momento de acuerdo con los principios de buena fe y eficacia para asegurar el cumplimiento íntegro de lo pactado.

Décima. *Resolución por incumplimiento e indemnizaciones.*

El incumplimiento de las obligaciones previstas en este Convenio, será elevado a la comisión de seguimiento para alcanzar un acuerdo en el seno de la misma. En caso de que no se alcanzara dicho acuerdo se requerirá a la parte incumplidora que realice las obligaciones incumplidas en el plazo de dos meses. Transcurrido el plazo sin que se produzca el cumplimiento de lo requerido, se comunicará la resolución del convenio a la parte incumplidora.

Una vez resuelto el Convenio, las partes procederán a la liquidación de las actuaciones no ejecutadas en los términos previstos en el artículo 52.2 de Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

No obstante lo anterior, si cuando concurra cualquiera de las causas de resolución del convenio existen actuaciones en curso de ejecución, las partes, a propuesta de la comisión de seguimiento podrán acordar la continuación y finalización de las actuaciones en curso que consideren oportunas, estableciendo un plazo improrrogable para su finalización, transcurrido el cual deberá realizarse la liquidación de las mismas en los términos establecidos en el apartado anterior.

Undécima. *Régimen jurídico y jurisdicción.*

Este Convenio tiene naturaleza administrativa y se regirá por las estipulaciones del presente acuerdo, y por la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público. Las controversias que pudieran plantearse en la interpretación y ejecución del presente convenio, y que no hubieran podido ser resueltas por la comisión de seguimiento prevista en el mismo, deberán resolverse por la jurisdicción contencioso-administrativa, de acuerdo con la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción.

Y en prueba de conformidad, las partes intervinientes firman el presente Convenio a un solo efecto, y por triplicado, en fecha arriba indicada.–Por la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, el Director General, Manuel Felipe Rosa Iglesias.–Por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A., el Presidente, Joaquín Páez Landa.

ANEXO I

Descripción de los trabajos

A continuación, se describe en detalle la metodología y plan de trabajo que se seguirá para la realización del sistema electrónico descrito anteriormente para la ejecución del Proyecto Doñana 4.0: monitorización de cuenca y de concesiones de dominio público hidráulico mediante IoT.

Plan de trabajo:

Las actividades del proyecto se estructuran en cuatro paquetes de trabajo (PT) que cubren un total de 8 meses (desde el 1 de junio de 2021 al 31 de enero de 2022).

A continuación, se enumeran las tareas de cada Paquete de Trabajo con su duración prevista:

- PT0. Gestión y Coordinación del Proyecto. M00 a M07.
 - T0.1 Coordinación del proyecto. M00 a M07.
 - T0.2 Control de calidad del proyecto M00 a M07.
- PT1. Especificaciones y estado del arte. M00.
 - T1.1 Estudio de tecnologías existentes, M00.
 - T1.2 Definición de requisitos y casos de uso M00.

- PT2. Diseño del nodo inalámbrico inteligente multipropósito. M00 a M01.
 - T2.1 Descripción del sistema y arquitectura M00.
 - T2.2 Diseño del módulo inalámbrico de sensado inteligente. M01.
 - T2.3 Planificación de la red de comunicaciones. M01.
 - T2.4 Diseño HW de los módulos del sistema de medida. M01.
 - T2.5 Diseño SW de los módulos del sistema de medida. M01.
- PT3. Diseño del nodo inalámbrico inteligente de telelectura de contadores. M02.
 - T3.1 Diseño HW/SW del sistema de telelectura de contadores de agua basado en el nodo inalámbrico inteligente. M02.
 - T3.2 Diseño HW/SW del sistema de medida de piezómetros basado en el nodo inalámbrico inteligente. M02.
 - T3.3 Diseño HW/SW del sistema de sensores multiparamétricos basado en el nodo inalámbrico inteligente. M02.
- PT4. Pruebas de campo. M02 a M07.
 - T4.1 Caracterización de laboratorio del nodo autónomo. M02.
 - T4.2 Pruebas de campo en una instalación piloto. M03 a M07.
 - T4.3 Industrialización del sistema. M05 a M06.
 - T4.4 Especificaciones y API para adaptar HW de terceros. M07.

En la siguiente tabla se detallan estos plazos con las fechas de los diferentes entregables e hitos del proyecto

Descomposición en paquetes de trabajo y tareas

	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
PT0. Gestión y Coordinación del proyecto								
T0.1 Coordinación del proyecto.								E0.1
T0.2 Control de calidad del proyecto.								
PT1. Especificaciones y estado del arte.	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
T.1.1 Estudio de tecnologías existentes.								
T.1.2 Definición de requisitos y casos de uso.	E1.1							
PT2. Diseño del nodo inalámbrico de sensado inteligente multipropósito	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
T.2.1 Descripción del sistema y arquitectura.	E2.1							
T.2.2 Diseño del módulo de inalámbrico de sensado inteligente.								
T.2.3 Planificación de la red de comunicaciones.								
T.2.4 Diseño HW de los módulos del sistema de medida.		E2.2						
T.2.5 Diseño SW de los módulos del sistema de medida.		E2.2						
PT3. Casos de uso: Diseño HW/SW	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
T.3.1 Diseño HW/SW del sistema de telelectura de contadores de agua basado en el nodo inalámbrico inteligente.			E3.1					
T.3.2 Diseño HW/SW del sistema de medida piezómetros basado en el nodo inalámbrico inteligente.			E3.2					
T.3.3 Diseño HW/SW del sistema de medida de sensores multi-paramétricos basado en el nodo inalámbrico inteligente.			E3.3					

Tabla 1: Cronograma del proyecto.

PT4. Pruebas de campo	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
T.4.1 Caracterización de laboratorio del nodo autónomo.			H1					
T.4.2 Pruebas de campo en una instalación piloto.								E4.1
T.4.3 Industrialización del sistema.								
T.4.4 Especificaciones y API para adaptar HW de terceros.								E4.2/H2

Tabla 1: Cronograma del proyecto.

Entregables	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
E0.1 Informe Final de Gestión.								X
E1.1 Requisitos y casos de uso.	X							
E2.1 Arquitectura del sistema.	X							
E2.2 Diseño HW/SW del nodo inalámbrico.		X						
E3.1 Diseño HW/SW del módulo de telelectura.			X					
E3.2 Diseño HW/SW del módulo para piezómetros.			X					
E3.3 Diseño HW/SW del módulo multiparamétrico.			X					
E4.1 Informe Final de pruebas de campo.								X
E4.2 Especificaciones y API para terceros.								X
Hitos	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07
Hito 1. HW disponible para comenzar piloto.			X					
Hito 2. Especificaciones y API disponible a terceros.								X

Tabla 1: Entregables e Hitos del proyecto.

Descripción de las tareas:

Como se puede observar en el cronograma presentado en la tabla 1, el proyecto se descompone en un total de cuatro paquetes de trabajo y trece tareas. Seguidamente, se describe cada paquete de trabajo.

i. Paquete de Trabajo PT0. Gestión y Coordinación del Proyecto.

Este paquete de trabajo tiene un carácter transversal. Su objetivo es la gestión y coordinación del proyecto.

Dada la entidad del proyecto y la duración prevista, es necesario dar una gran importancia a las labores de Gestión, Coordinación y Seguimiento del Proyecto, considerándose englobadas en un Paquete de Trabajo independiente.

Los objetivos más importantes de este Paquete de Trabajo son:

- 1) Preparación y Organización de reuniones periódicas de seguimiento.
- 2) Seguimiento y Evaluación interna de los objetivos alcanzados en cada una de las fases del proyecto. A este fin,

– El responsable del proyecto elaborará el Informe final de Seguimiento y Evaluación del Proyecto, con la información recogida de los miembros del equipo responsables de cada paquete de trabajo.

ii. Paquete de Trabajo PT1. Especificaciones y estado del arte.

Este paquete de trabajo del proyecto es necesario y de vital importancia ya que será el encargado de realizar un barrido por las tecnologías existentes y que puedan resultar interesantes para la aplicación que se propone en el proyecto. Consta de las siguientes tareas:

- T1.1 Estudio de tecnologías existentes.
- T1.2 Definición de requisitos y casos de uso.

De esta forma se analizará cada una de las tecnologías de lectura de contadores (las que se encuadren dentro del campo de aplicación) así como de los sistemas de monitorización comerciales y el abanico de sensores disponibles en mercado. También se analizarán esquemas que permitan la alimentación de estos sistemas de forma que puedan ser alimentados por baterías y que estas duren más de diez años. En cuanto a las tecnologías de transmisión, esta viene prefijada y debe ser NbloT, pero se analizarán los dispositivos existentes y el grado de cumplimiento del estándar y su versatilidad, en especial a la hora de ahorrar batería y de implementar técnicas robustas de gestión de servicios IoT como MQTT.

iii. Paquete de Trabajo PT2. Diseño del nodo inalámbrico inteligente multipropósito.

Serán objeto de este paquete de trabajo, el diseño de un prototipo de nodo de nodo inalámbrico inteligente multipropósito, capaz de enviar la lectura de contadores de agua, de sensores desatendidos como piezómetros y de sondas multiparamétricas. En definitiva, un nodo de comunicaciones de muy bajo consumo, capaz de ser operado a baterías con mantenimiento mínimo o nulo durante muchos años (tentativamente 10) y con una funcionalidad lo suficientemente flexible como para adaptarse a la medida de cantidad y calidad de agua, en distintas situaciones. Dicho prototipo demostrará la viabilidad de la utilización de las tecnologías seleccionadas. Constará de las siguientes tareas:

- T2.1 Descripción del sistema y arquitectura.
- T2.2 Diseño del módulo inalámbrico de sensado inteligente.
- T2.3 Planificación de la red de comunicaciones.
- T2.4 Diseño HW de los módulos del sistema de medida.
- T2.5 Diseño SW de los módulos del sistema de medida.

Si bien las tecnologías a integrar están por definir, sí hay algunos requisitos que nos orientan hacia alguna en concreto. Por un lado, la necesidad de que el sistema mejore a los existentes y consiga romper la barrera que hace que no se adopten comercialmente, impone requisitos sobre la duración de la batería (más de diez años) y sobre el ciclo de mantenimiento de los equipos. Además, debe ser capaz de comunicar con un servidor distintos tipos de sistemas (contadores de agua electrónicos y mecánicos, sensores analógicos y digitales de cantidad y calidad de agua). Un módulo de comunicaciones debe garantizar la seguridad de las comunicaciones, no permitiendo que la lectura pueda realizarse por alguien ajeno al sistema.

De especial importancia es tener en cuenta las condiciones de contorno de los distintos nodos, por la naturaleza de sus ubicaciones (a veces en arquetas en el subsuelo donde la cobertura de las redes de telecomunicaciones es muy reducida). Por otro lado, ha de tenerse en cuenta las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, precipitaciones, vientos) que pueden ser muy agresivas, lo que implica un diseño robusto, tanto física como eléctricamente, capaz de soportar esas condiciones de trabajo.

Otro factor muy relevante que considerar es la autonomía de los dispositivos integrados. Es por eso por lo que la selección de los dispositivos a integrar será en base, además de a sus capacidades de transmisión de información, escalabilidad, etc., al

consumo de potencia. Se garantizará un tiempo de vida útil del dispositivo que haga viable económicamente la instalación de éstos.

Por tanto, a finalización del PT2 se contará con varios nodos desarrollados en estado de prototipo funcional, capaces de enviar información de distintas fuentes. Dada la experiencia del grupo investigador en la realización de este tipo de sistemas en proyectos de investigación, se podrán reutilizar resultados de otros proyectos (europeos, nacionales y regionales), lo que permitirá conseguir una solución al problema en el tiempo previsto en un tiempo razonablemente corto. El objetivo, por tanto, no es diseñar un módulo de comunicaciones desde cero, sino adaptar un diseño existente al problema de la lectura de señales en zonas remotas y en concesiones de dominio público hidráulico, donde la cobertura de señal de telecomunicaciones es más débil que en ámbitos urbanos, por lo que puede ser necesario adaptar las etapas de RF o antenas para conseguir la cobertura adecuada.

Este paquete de trabajo, tanto en su tarea T2.1 como en la T2.5, desarrollará los procesos necesarios que permitan que la información generada en los nodos de comunicación inalámbrica sea accesible a los sistemas de Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Para ello será necesario trabajar con los responsables de informática de Confederación para definir el proceso de dar de alta un nodo de comunicaciones, el formato de datos a utilizar, la cadencia de los mismos, el sistema de transmisión (TCP/UDP, encriptación, acuerdos a nivel de servicio, etc). Dado que Confederación trabaja con IDBox, nuestro sistema deberá adaptarse a uno de los módulos de recepción de datos de este sistema.

iv. Paquete de Trabajo PT3. Casos de Uso: diseño HW/SW.

Serán objeto de este paquete de trabajo, el diseño de los módulos HW/SW necesarios para adaptar el nodo inalámbrico diseñado a los tres casos de uso seleccionados para este proyecto:

- Lectura de contadores de agua en concesiones de dominio público hidráulico
- Lectura de sensores de cantidad de agua. Se prestará especial atención a la medida de aguas subterráneas por medio de piezómetros.
- Lectura de sensores de calidad de agua multiparamétricos. Se prestará especial atención a sensores multiparamétricos que ya dispongan de *datalogger*, para realizar un piloto.

Los prototipos de los tres casos de uso demostrarán la viabilidad de la utilización de la solución propuesta. Este paquete de trabajo constará de las siguientes tareas:

- T3.1 Diseño HW/SW del sistema de telelectura de contadores de agua basado en el nodo inalámbrico inteligente. En el caso de los contadores de agua el conjunto «sistema de telelectura+módulo inalámbrico» debe ser capaz de leer diferentes tipos de contador (electrónicos y mecánicos) para adaptarse al parque existente en los puntos de toma de los distintos usuarios.

- T3.2 Diseño HW/SW del sistema de medida de piezómetros basado en el nodo inalámbrico inteligente. En el caso de los piezómetros, se diseñará una etapa de adaptación de señal que se adapte a su funcionamiento y que optimice el consumo de energía del conjunto.

- T3.3 Diseño HW/SW del sistema de sensores multiparamétricos basado en el nodo inalámbrico inteligente. En el caso de las sondas multiparamétricas, el nodo inalámbrico leerá todos los parámetros y los enviará regularmente al servidor central, junto con la marca temporal.

También se estudiará la inclusión de algoritmos *edge computing* que permitan elaborar indicadores sintéticos que faciliten el modelado futuro de la capa freática. También se implementarán algoritmos que permitan detectar posibles funcionamientos

anómalos (i.e. rotura de tuberías, fugas, magnitudes peligrosas en cualquiera de los sensores, etc.) y dar alarmas.

v. Paquete de Trabajo PT4. Pruebas de campo.

Durante este paquete se realizarán las distintas pruebas de campo, divididas en las siguientes tareas:

- T4.1 Caracterización de laboratorio del nodo autónomo.
- T4.2 Pruebas de campo en una instalación piloto.
- T4.3 Industrialización del sistema.
- T4.4 Especificaciones y API para adaptar HW de terceros.

Para la realización de las pruebas se seguirá un esquema lógico en el que primero se realicen pruebas en el laboratorio del nodo aislado, para luego probarlo en campo, antes de probar un sistema completo con varios nodos en emplazamientos reales, enviando la información al servidor central. Para estas pruebas se utilizará la red NbloT comercial desplegada cerca de la Isla de la Cartuja de Sevilla. Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento, se procederá a probar en un entorno real utilizando también red comercial disponible en dicho entorno.

Además, se proyectará la industrialización de los desarrollos realizados en los tres paquetes de trabajo (PT1, PT2 y PT3) del proyecto, de forma que en una futura ampliación del proyecto se pueda acometer la fabricación y certificación de los elementos correspondientes. Se prestará especial atención a todos los elementos que faciliten la conectividad y cobertura adecuadas en entornos de tanta carestía energética, como es el caso de las localizaciones extra-urbanas de las concesiones.

Como entregable final se realizará un documento que permita utilizar el prototipo generado o adaptar las soluciones comerciales a este entorno de trabajo. Así mismo se dará la información necesaria para conectar los dispositivos al sistema IDBox que utiliza Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para la gestión de sus datos.

ANEXO II

Relación de la instrumentación electrónica del Grupo de Investigación

1) Infraestructura Básica:

Fabricante	Modelo	Descripción
AGILENT	E8257D PSG http://www.home.agilent.com/en/pd-460865-pn-E8257D/psg-analog-signal-generator?&cc=ES&lc=eng E8257DK http://www.home.agilent.com/en/pd-1969795-pn-E8257DK/core-instrument-firmware-enhancements?&cc=ES&lc=eng	Generador de señal analógica 250 KHz-20 GHz. Ampliación UNX de bajo ruido de fase.
AGILENT	E8257D PSG http://www.home.agilent.com/en/pd-460865-pn-E8257D/psg-analog-signal-generator?&cc=ES&lc=eng	Generador de señal analógica 250 KHz-20 GHz.
ROHDE	AM300 http://www2.rohde-schwarz.com/product/AM300.html	Generador arbitrario dual. 100Ms/s DC-50MHz.
ROHDE	SFU http://www.rohde-schwarz.com/en/product/sfu-productstartpage63493-8669.html SFU-K35 http://www.rohde-schwarz.de/file16694/SFUdat-swen.pdf	Generador de señal multi-estándar broadcast test system 0.1-3GHz. Opción de generación de onda arbitraria 128MS/s 16-bit.
AGILENT	N8241A http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=742457&nid=-536902257.536908556.00&id=742457	Generador de ondas arbitrario. 625MS/s 15Bit LXI, BW analógico=250 MHz por canal (Opción 062).

Fabricante	Modelo	Descripción
ROHDE	ADS http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/signalgeneration/ADS.html	Generador de ondas arbitrario dual 1MHz.
ROHDE	SMIQ 03B http://www2.rohde-schwarz.com/product/smiq.html	Generador de señal. 300KHz-3.3GHz.
AGILENT	81134A http://www.home.agilent.com/en/pd-1000004569%3Aepsg%3Apro-pn-81134A/pulse-pattern-generator-335-ghz-dual-channel?&cc=ES&lc=eng	Pulse pattern generator 3.35 GHz 2-canales.
AUDIO PRECISION	SYSTEM TWO 2222 http://ap.com/products/productlist.htm	Generador de señal 10Hz-204 KHz.
AGILENT	MS08104A http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=718234&nid=-34677.536908413.00&id=718234	Osciloscopio digital 1 GHz 4 canales.
LECROY	LC584A http://www.lecroy.com/tm/products/Scopes/LCSeries/LC684DXL/default.asp	Osciloscopio. Digital: 1 GHz, 8GSa/s, 4canales.
AGILENT	MSO7034B http://www.home.agilent.com/en/pd-1788181-pn-MSO7034B/mixed-signal-oscilloscope-350-mhz-4-analog-plus-16-digital-channels?&cc=ES&lc=eng	Osciloscopio 350 MHz.
AGILENT	MSO6034A http://www.home.agilent.com/en/pd-564674-pn-MSO6034A/mixed-signal-oscilloscope-300-mhz-4-scope-and-16-digital-channels?&cc=ES&lc=eng	Osciloscopio 300 MHz.
AGILENT	16760A (mainframe 16902B) http://www.home.agilent.com/en/pd-1000003743%3Aepsg%3Apro-pn-16760A/timing-and-state-module?&cc=ES&lc=eng 16720A (mainframe 16902B) http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000798%3Aepsg%3Apro-pn-16720A/300-m-vector-sec-pattern-generator-module?&cc=ES&lc=eng	Cuatro módulos de analizador lógico de 800 MHz, 34 canales y 64M. Generador digital de patrones 300MHz.
TEKTRONIX	TLA5202 http://www2.tek.com/twweb/measurement/AppNotes/5816733/eng/58W16733.pdf	Analizador lógico.
AGILENT	N9030A PXA http://www.home.agilent.com/en/pd-1721037-pn-N9030A/pxa-signal-analyzer?&cc=ES&lc=eng	Analizador de espectros 26.5 GHz.
ROHDE	FSU (opciones incluidas: FSU-B9 y FSU-B25) http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/spectrumanalysis/FSU- Options- -14- -1064.html	Analizador de espectro. 20Hz-3.8GHz.
AGILENT	9340B http://www.home.agilent.com/en/pd-1348735-pn-N9340B/handheld-spectrum-analyzer-hsa-3-ghz?&cc=ES&lc=eng	Analizador de espectros de mano 3 GHz.
ROHDE	FSIQ http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/spectrumanalysis/FSIQ- FrontView- -30- -3068.html	Analizador de señal. 20Hz-3.5GHz.
ROHDE	ZVRL http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/networkanalysis/ZVx- Features- -8- -1300.html	Analizador de red vectorial. 9KHz-4GHz.
KEITHLEY	2636A http://www.keithley.com/products/dcac/currentvoltage/gpmp/?mn=2636A	Unidad fuente-medidor de alta sensibilidad, 2 canales.
HP	34401A http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=1000001295:epsg:pro&nid=-536902435.536880933.00&id=1000001295:epsg:pro	Multímetro.

Fabricante	Modelo	Descripción
NATIONAL	PXI 1031 http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/13906 PXI 8106 http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203442 PXI 4071 http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/14857	Mainframe de 4 ranuras. Módulo controlador vía GPIB, USB, Ethernet... Módulo multímetro digital (DMM) de alta precisión.
AGILENT	U3630A http://www.home.agilent.com/en/pd-1647875-pn-U3606A/multimeterdc-power-supply?&cc=ES&lc=eng	Multímetro de alta precisión y fuente de alimentación.
ROHDE	URV55 http://www.rohde-schwarz.com/en/product/urv55-productstartpage63493-8503.html	Milivoltímetro.
HP	E3631A http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=836433&nid=-35721.384004.00&id=836433	Fuente de alimentación de tres canales.
AGILENT	E3634A http://www.home.agilent.com/en/pd-836433-pn-E3631A/80w-triple-output-power-supply-6v-5a-25v-1a?&cc=ES&lc=eng	Fuente de alimentación de tres canales.
AGILENT	E3630A http://www.home.agilent.com/en/pd-836823-pn-E3630A/35-w-triple-output-6v-25a-20v-05a?&cc=ES&lc=eng	Fuente de alimentación de tres canales.
HERATEC	C180-40 SIMPAC http://adria.amtest.eu/en/test-measurement-highlights/block-1/climatic-chambers-for-laboratories-and-production-processes/	Cámara de ensayos climáticos.
MELLES GRIOT / SIGNATONE	S-1170 http://www.signatone.com/about.asp S1170-6N2	Estación de pruebas. Max 700Kg 100Psi. Soporte.
SONY	SSC-DC38P http://www.electronic-circuitry.com/e/action/ShowInfo.php?classid=86&id=159551	Cámara.
AGILENT	41800A http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000550%3Aepsg%3Apro-pn-41800A/active-probe-5-hz-to-500-mhz?&cc=ES&lc=eng	Sonda activa 5-500 MHz.
AGILENT	85024A http://www.home.agilent.com/en/pd-1000001990%3Aepsg%3Apro-pn-85024A/high-frequency-probe-300-khz-to-3-ghz?&cc=ES&lc=eng	Sonda RF 300KHz-3GHz.
ROHDE	URV5-Z7 http://www.testequipmentconnection.com/12746/RohdeSchwarzURV5-Z7.php	Sonda RF 20KHz-1GHz.
NOISE/COM	NC6105 http://www.used-line.com/Generators/Noise/model425E025C5C3B	Generador de ruido 10Hz-100MHz.
ZERA	ZER-MT310 http://www.zera.de/uploads/txbdproductcatalog/MT310-CATIVProsEXTGBV401.pdf ZER-TK118-05	Patrón trifásico portátil de potencia y energía. Cabeza lectora fotoeléctrica.

Fabricante	Modelo	Descripción
AGILENT	34901A http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000083%3Aepsg%3Apro-pn-34901A/20-channel-multiplexer-2-4-wire-module-for-34970a-34972a?&cc=ES&lc=eng 34904A http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000086%3Aepsg%3Apro-pn-34904A/4-x-8-two-wire-matrix-module-for-34970a-34972a?&cc=ES&lc=eng 34907A http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000089%3Aepsg%3Apro-pn-34907A/multifunction-module-for-34970a-34972a?&cc=ES&lc=eng 34972A http://www.home.agilent.com/en/pd-1756491-pn-34972A/lxi-data-acquisition-data-logger-switch-unit?&cc=ES&lc=eng	Módulo multiplexor inducido de 20 canales. 4x8 módulo de conmutadores de dos cables. Módulo de funciones múltiples para el 34972A. LXI Data Acquisition Switch Unit LAN & USB (mainframe).
LPKF	ProtoFlow http://www.lpkfusa.com/smtassembly/protflow.htm	Horno de soldadura y su conector USB.
ROHDE	ESH2-75 http://www.rohde-schwarz.com/en/product/esh2-z5-productstartpage63493-9895.html	4-line V-network 9KHz-30MHz 25A.
ZERA	MT-3000 http://www.zera.de/products/family/mt3000/product/mt3000-ts-12-a-005.html	Fuente trifásica.
AGILENT	6812B http://www.home.agilent.com/en/pd-1000001643%3Aepsg%3Apro-pn-6812B/ac-power-source-power-analyzer-750-va-300-v-65-a?&cc=ES&lc=eng	Fuente monofásica.
AGILENT	6692A http://www.keysight.com/en/pd-836805-pn-6692A/6600-watt-system-power-supply-60v-110a?cc=ES&lc=eng	Sistema de alimentación. 60V, 110A.
AFJ	LS16 http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.richtec.com.tw%2Fdriver%2Fdrivers%2FAFJ%2520LISN%2520.pdf&ei=XxR3Vb2sEsTqyQOPy4HQDg&usq=AFQjCNEGfocXVVISJzkMF6vdjapY9CHL5g&bvm=bv.95039771,d.bGQ	Red de estabilización de impedancias.
KEYSIGHT	N2874A http://www.keysight.com/en/pd-1661742-pn-N2874A/passive-probe-101-15-ghz-13-m?cc=ES&lc=eng	Sonda pasiva, ancho de banda 1,5GHz y relación 10:1.
KEYSIGHT	N2795A http://www.keysight.com/en/pd-1912806-pn-N2795A/active-probe-1-ghz?cc=ES&lc=eng	Sonda activa, ancho de banda de 1GHz.
KEYSIGHT	MSO9104A http://www.keysight.com/en/pdx-x201760-pn-MSO9104A/mixed-signal-oscilloscope-1-ghz-4-analog-plus-16-digital-channels?cc=ES&lc=eng	Osciloscopio de señal mixta, Ancho de banda 1GHz y tasa de muestreo de 20GS/s.
KEYSIGHT	N2818A http://www.keysight.com/en/pd-2317268-pn-N2818A/200-mhz-101-differential-probe-with-autoprobe?cc=ES&lc=eng	Sonda diferencial, Ancho de banda de 200 MHz y relación 10:1.
KEYSIGHT	DSOX3034T http://www.keysight.com/en/pdx-x202175-pn-DSOX3034T/oscilloscope-350-mhz-4-analog-channels?cc=ES&lc=eng	Osciloscopio digital, Ancho de banda de 350MHz.
KEYSIGHT	M8190A https://www.keysight.com/en/pd-1969138-pn-M8190A/12-gsa-s-arbitrary-waveform-generator?pm=OP&nid=-33319.972199&cc=ES&lc=spa M9502A https://www.keysight.com/en/pd-1886662-pn-M9502A/axie-2-slot-chassis?cc=US&lc=eng	Generador arbitrario de 12G/s. Chasis AXIe.

2) Infraestructura basada en la Cámara Anecoica.

El Grupo de Ingeniería Electrónica ha liderado dentro de la Universidad de Sevilla la adquisición un de Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética ubicado en la cámara semianecoica, infraestructura localizada en los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, camino de los Descubrimientos, s/n, Universidad de Sevilla. Dicho laboratorio permite realizar multitud de ensayos vitales para caracterizar el buen funcionamiento de los dispositivos y/o sistemas desarrollados en el seno del Grupo de Investigación. Algunos de los ensayos que se realizan son la caracterización de antenas y/o transmisores y receptores, para determinar si su comportamiento se ajusta a las especificaciones. También se realizan ensayos de compatibilidad electromagnética, estudio fundamental para la protección de los sistemas de comunicación, dispositivos y/o equipos, cuyo funcionamiento puede verse afectado por interferencias externas.

El grupo ha adquirido recientemente el siguiente equipamiento para complementar el equipamiento básico presentado en el apartado anterior y que será muy útil para las pruebas de cobertura y compatibilidad electromagnética de los sistemas a diseñar:

2.1) Sistema de posicionamiento de ensayos EMC.

Consistente en un sistema de posicionamiento automático para la caracterización de los patrones de radiación de antenas, así como para la realización de ensayos de compatibilidad electromagnética. Cabe destacar que la realización de este tipo de medidas implica la repetición de un conjunto de test donde se modifica el ángulo y la distancia de la fuente emisora. Con este equipo se consiguen reducir los tiempos de test y mejorar la repetitividad de los ensayos realizados, al poder posicionar la fuente emisora en un punto concreto con gran precisión, eliminando cualquier fuente de error que pueda introducir el investigador que efectúa los ensayos,

Este sistema de posicionamiento está compuesto por los siguientes elementos:

- Mesa Rotatoria TT 1.2 SI: Plataforma giratoria dispuesta en el interior de la cámara semianecoica y que permite la automatización de procesos, tomando las medidas desde fuera de la cámara.

- Mástil AM 2.0: Mástil para antenas especialmente diseñado, tanto en dimensiones como en materiales, para el funcionamiento en el interior de una cámara semianecoica. Además, podrá controlarse desde fuera de la cámara agilizando el proceso.

- Controlador de posicionamiento MCU: Módulo que será capaz de controlar los dos equipos indicados previamente, automatizando, agilizando y mejorando notablemente los procesos de toma de medidas.

- Poste para sonda isotrópica FFP 2.3-M: Mástil elevable, especialmente diseñado para la realización de procesos de toma de medidas con una sonda isotrópica dentro de una cámara semianecoica.

2.2) Sistema para eliminar las reflexiones en el interior de la cámara semianecoica.

Este lote mejora la inmunidad original frente a reflexiones y radiaciones electromagnéticas en el interior de la cámara semianecoica. Está conformado por el siguiente componente:

- Material absorbente de radio frecuencias: conos con forma piramidal de un material específico para incrementar la capacidad de inmunidad frente a reflexiones y radiaciones electromagnéticas, que sustituye a las ferritas con las que estaba originalmente dotada la cámara.

2.3) Sistema de caracterización de dispositivos y sistemas en el dominio de la frecuencia.

Analizador de red vectorial (Keysight E5061B) que permite alcanzar el rango de bajas frecuencias (e decenas de Hz a decenas de kHz). Esta infraestructura es de gran

interés en la caracterización de componentes pasivos y para estudiar la respuesta de sistemas de conversión de potencia como los convertidores DC-DC.

Las características técnicas y prestaciones de este equipo son:

- Rango de frecuencia comprendido entre 5 Hz y 3 GHz, lo que permite abarcar el rango de frecuencias de trabajo habitual (impedancias y sistemas de potencia a baja frecuencia, y sistemas de propagación en las bandas de interés (868 MHz y 2.4 GHz).
- Resolución en frecuencia de 1 mHz, aspecto crítico cuando se pretende caracterizar sistemas a baja frecuencia. Esta característica es imprescindible para medir adecuadamente impedancias a baja frecuencia.
- Potencia máxima de salida de 10 dB.
- Rango dinámico superior a 110 dB.
- Bajo suelo de ruido en todo el rango de frecuencias (inferior a -90 dBm) para realizar medidas de dispositivos de muy bajo ruido.
- Capacidad de análisis de impedancias.
- Kit de calibración tanto eléctrico como mecánico para poder realizar la calibración de la medida de forma correcta.