

Estimado Pedro Miguel Ruiz Martínez, Vicerrector de Estrategia y Universidad Digital de la Universidad de Murcia:

Muchas gracias por contactar con nosotros para darnos a conocer la descripción y objetivos del proyecto TIC-2 (*THINKING INFRASTRUCTURES IN CAMPUS AND CITIES*), promovido por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de la Oficina de Compra Pública Precomercial del CDTI Innovación y del que la Universidad de Murcia ha resultado entidad receptora del mismo. En base a la información y documentación que nos ha proporcionado, le informamos del fuerte interés y apoyo que Pure Storage brinda a dicho proyecto de cara a los XVI Premios @aslan "Transformación Digital en las Administraciones Públicas".

Nuestros motivos son varios, pero entre ellos destacamos el hecho de que, una entidad pública como la Universidad de Murcia pueda albergar una infraestructura más allá del 5G (*Beyond 5G*) puntera a nivel europeo abre las puertas para desarrollos tecnológicos de última generación y la atracción de talento en distintos ámbitos como las redes de comunicación avanzadas, la inteligencia artificial o el Internet de las Cosas, entre otros. Todo ello con una clara orientación hacia el desarrollo de servicios útiles para el usuario final, es decir la comunidad universitaria y la sociedad en general, gracias a la implementación de un campus universitario inteligente y ultra-conectado.

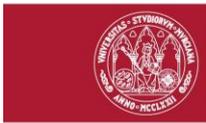
Por ello, nos gustaría apoyar dicha candidatura a los XVI Premios @aslan, y concretar nuestro interés en el proyecto presentado en los siguientes aspectos:

- La explotación de tecnologías heterogéneas de comunicaciones, tanto 5G como IoT, en distintos casos de uso: comunicaciones vehiculares, sensórica de edificios, Smart-cities, etc. resulta de gran interés por las posibilidades que abre en la recogida masiva de datos.
- El uso de técnicas de inteligencia artificial en el procesamiento de estos datos permitirá la toma avanzada y automatizada de decisiones para conseguir espacios más inteligentes, eficientes y amigables para sus usuarios, lo que tendrá un impacto positivo en toda la sociedad.

Sin otro particular, se despide de Vd. atentamente, en Madrid, a 26 de febrero de 2024.



Jorge Sánchez Durán
Corporate Account Executive



XVI PREMIOS @aslan: Transformación Digital en las Administraciones Públicas

PROYECTO THINKING INFRASTRUCTURES IN CAMPUS AND CITIES: TIC-2

1. Descripción del proyecto

1.1. Contexto

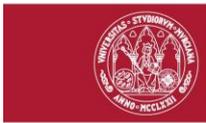
El Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de la Oficina de Compra Pública Precomercial del CDTI Innovación, ha impulsado el proyecto TIC-2, que ha tenido como objetivo el proveer a las infraestructuras digitales de la Universidad de Murcia de una tecnología muy innovadora. Desde 2018, la estrategia de la Oficina de Compra Pública Innovadora (OCPI) del CDTI Innovación está orientada a fomentar la innovación empresarial para dar respuesta a necesidades concretas de soluciones innovadoras de las diferentes Administraciones del Estado y modernizar el sector público, aprovechando la capacidad innovadora de las empresas y en el marco de la alta calidad y la mayor sostenibilidad que demanda Europa. El CDTI Innovación, mediante el mecanismo de Compra Pública Precomercial (CPP), adquiere los prototipos, en forma de series de pruebas, de aquellos productos y servicios, tecnológicamente innovadores y que, por sus características específicas, satisfacen las necesidades tecnológicas de aquellas administraciones públicas que no consiguen obtener en el mercado ni los servicios ni los productos que precisan. El prototipo que, en su caso, se desarrolle, es cedido por el CDTI Innovación, en el marco de un convenio de colaboración, a la Administración Pública española que ha demandado el servicio o producto que se pretende mejorar.

El presupuesto del proyecto aquí presentado asciende a 5,9 millones de euros de los que el 20% ha sido aportado por el CDTI Innovación y el 80% restante procede de los Fondos FEDER, los cuales revertirán directamente sobre la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y, concretamente, sobre el Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia. Dicho emplazamiento puede considerarse un entorno urbano en sí mismo, ya que durante los días laborables llega a albergar más de las 30.000 personas que forman parte de la comunidad universitaria: estudiantes, profesores, investigadores, personal de administración y servicios, etc.

1.2. Reto tecnológico

Hasta ahora los proyectos en ciudades y campus, para convertirlos en inteligentes (Smart), se han centrado en desarrollar plataformas de gestión de datos para integrar diferentes verticales y crear sistemas comunes que permitan el desarrollo de nuevas soluciones. Sin embargo, el proyecto TIC-2 se diferencia de otras propuestas en que se busca la integración de soluciones de inteligencia en diferentes niveles, tanto a nivel de red como de nodos intermedios y en las interconexiones entre subsistemas, de forma que puede dotarse de una gestión distribuida y coordinada del procesamiento de la información y por consiguiente de la toma de decisiones.

De este modo, las posibles soluciones integrarán un mecanismo de computación inteligente distribuida a lo largo de la jerarquía de red, mediante la descarga de las labores de procesado y uso de cachés sincronizadas. El esquema de coordinación integra los paradigmas actuales de computación “fog”, “edge” y “cloud”, pero atendiendo a otras posibles capas de abstracción del procesamiento por aparecer, mediante un mecanismo genérico de distribución de tareas. Los principales actores beneficiados son los dispositivos finales con capacidad de cómputo y



alimentación limitada, englobando a los usuarios a través de las aplicaciones en dispositivos móviles, y los sistemas de recolección y procesado de datos en despliegues IoT. Esta solución ha supuesto la apertura de un marco novedoso de adaptación contextual del procesamiento, mediante un acceso ubicuo a la plataforma de computación de forma transparente para las aplicaciones, gracias a las tecnologías habilitadoras ICN y SDN.

Los objetivos planteados para el proyecto TIC-2 son los siguientes:

Objetivo 1: Desplegar una plataforma de gestión dinámica basada en 5G que permita integrar IoT y al tiempo soportar mecanismos de computación Fog y Edge de forma flexible para poder dotar luego de las capacidades de procesamiento distribuido inteligente.

Objetivo 2: Crear planes de descarga del procesamiento en base a analíticas de uso de la plataforma.

Objetivo 3: Integrar un sistema de coherencia de caché distribuido.

Objetivo 4: Gestionar de forma automatizada los nodos de la red.

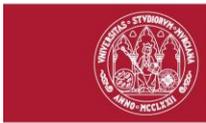
Objetivo 5: Encaminar solicitudes ICN a la plataforma usando despliegues actuales y futuros.

Objetivo 6: Desarrollar dos pruebas de concepto de uso de la plataforma en los escenarios del posicionamiento híbrido y sistemas conectado.

Además, a continuación, se presentan los aspectos específicos que se han alcanzado para el desarrollo de las soluciones implementadas:

- Despliegue de nodos de procesamiento a niveles, Fog, Edge, y subsistemas de procesamiento (energía, agua, medio ambiente, movilidad) mediante el uso de las capacidades de IoT y de 5G en las infraestructuras actuales.
- Desarrollo de nuevos componentes de interoperabilidad entre subsistemas para permitir el intercambio mediante modelos de datos comunes entre subsistemas.
- Diseño y prueba de nuevos algoritmos de Big Data, Deep Learning y análisis de datos que da el procesamiento de los subsistemas y la identificación de patrones y creación de modelos de optimización para la toma de decisiones.
- Diseño e integración de nuevos algoritmos de coordinación entre subsistemas basados en inteligencia distribuida y definición de jerarquías de procesamiento, negociación entre subsistemas y, finalmente, consenso para toma de decisiones.
- Despliegue de todos estos componentes en una infraestructura hiperconectada y validación de solución en los diferentes ámbitos de estudio.

Por último, destacar que, en la estrategia de la Universidad de Murcia, se prevé que las soluciones sirvan además como testbed de “campus as a Lab” para los propios investigadores de la Universidad en diversos ámbitos científicos, así como ofrecerlo para otros grupos a nivel nacional e internacional, interconectándolo a las infraestructuras europeas de investigación.



1.3 Solución desarrollada

Todas las tecnologías innovadoras descritas anteriormente han sido desarrolladas en base al despliegue de una infraestructura física de red basada en 5G y de computación basada en el continuo fog-edge-cloud, la cual es gestionada y orquestada por una plataforma inteligente basada en mecanismos de inteligencia artificial.

1.3.1 Infraestructura de red y computación

La infraestructura desplegada implementa una solución hiperconectada (hardware y software) tal que cumple con los requisitos de los servicios del futuro y permite ser validada en distintos ámbitos de estudio. Dado que la arquitectura tecnológica debe permanecer como demostrador durante 5 años y la Universidad de Murcia pone a disposición del proyecto infraestructura y equipos existentes, el enfoque que se le ha dado ha sido de analizar el inventario y arquitecturas actuales, para complementarlos con equipos y soluciones con el máximo grado de interoperabilidad, de manera que la infraestructura resultante garantice cubrir las necesidades actuales y futuras. Con el objetivo de dar una visión 360 de la propuesta planteada, la descomponemos en 2 grandes ámbitos de actuación que permiten argumentar su adecuación a las necesidades planteadas.

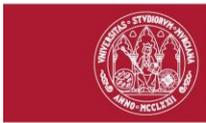
Espectro

Todas las redes inalámbricas requieren del espectro radioeléctrico necesario que permita la conectividad entre los dispositivos (UE/CPE) con los nodos de acceso de la red. Las redes de nueva generación no son diferentes en este aspecto y dada la coyuntura normativa actual en el mercado español, no existe acceso a espectro no licenciado para redes celulares basadas en 3GPP. En este sentido, y dado que la Universidad de Murcia ya cuenta con algunos pilotos en el propio campus, se ha planteado en el proyecto de varias operadoras para la cesión temporal del espectro necesario. Desde un punto de vista de bandas espectrales licenciadas, para las necesidades identificadas se ha hecho uso de espectro 4G cuando las conectividades requieran LTE, LTE-A, LTE-M o NB-IoT (y como ancla de señalización en modalidad 5G NSA) así como espectro 5G para celdas de acceso 5G en modalidades SA/NSA

Infraestructura

El ecosistema de proveedores y soluciones, tanto comerciales como open source empleadas es extenso y variado, que junto a un estándar como el 3GPP dotan a la solución de una flexibilidad amplia en cuanto a arquitecturas. Se ha desplegado una solución agnóstica a tecnologías y proveedores de equipos, y se han evaluado las soluciones de distintos fabricantes de hardware y software, así como iniciativas open source. Los principales parámetros que se han considerado para la confección de la propuesta han sido que, desde un punto de vista tecnológico, los diferentes elementos de la red de nueva generación, excedieran las necesidades iniciales, que la infraestructura permita desplegar servicios avanzados así como la gestión avanzada de capacidad de procesamiento, se integrara con la plataforma de datos Smart Campus y sistemas avanzados de procesamiento de la información y permitiera beneficiarse del inventario tecnológico que la Universidad de Murcia ha puesto a disposición del proyecto.

Asimismo, también se ha tomado en consideración que la arquitectura tecnológica permita validar la solución en los diferentes ámbitos de estudio, cada uno de ellos, con casos de uso y



contextos específicos. Desde un punto de vista de sostenibilidad económica, la arquitectura aporta flexibilidad y modularidad tanto en el hardware como en la solución software, alineándonos con la necesidad de un despliegue robusto y fiable que minimice la necesidad de mantenimiento.

1.3.2 Plataforma de orquestación y gestión

Para poder gestionar los recursos de la infraestructura desplegada, se hace necesario la configuración e implementación de una compleja solución de orquestación. Para desarrollar esta plataforma se han empleado técnicas de inteligencia artificial como algoritmos de optimización o el framework de Reinforcement Learning (o Aprendizaje Reforzado) en el que un agente aprende a controlar su entorno mediante experiencia. En este framework, el agente puede realizar acciones que afectan a su entorno cambiando su estado, y al hacer cada acción, recibe una recompensa que indica al agente si su acción fue buena o mala. En cada iteración el agente ve el estado de su entorno y efectúa una acción, aprendiendo qué acciones deben tomarse según el estado de su entorno. Un problema común en aprendizaje reforzado es que el agente necesita muchas iteraciones antes de poder controlar su entorno correctamente, lo que hace que esta técnica no sea aplicable a problemas reales en los que una acción incorrecta pueda generar grandes costos. Para remediar esto, se han introducido heurísticas a través de funciones programables, para guiar al agente en momentos de incertidumbre en los que el agente es aún inexperto o no ha encontrado en la situación actual con anterioridad.

Se hace evidente que la orquestación de los recursos de un extremo a extremo es ante todo un reto pero, sobre todo, un requisito para aprovisionar segmentos de red con espectro en sitios de radio, servicios de transporte en el backhaul y computación / almacenamiento en nube de computación distribuida con unidades de procesamiento y una red de transporte que conecta las BS y las CU compuestas por redes. En este contexto, los tenants pueden implementar sus servicios, denominados servicios verticales (VS), dentro de una porción del sistema. El inquilino puede proporcionar estos VS en una fase de incorporación fuera de línea, por ejemplo, como máquinas virtuales (VM) o servicios basados en contenedores. La primera tarea para crear un segmento es construir un servicio de red (NS) con suficientes recursos de cómputo asignados al VS (y funciones móviles relacionadas), conectividad en la red de transporte y recursos de espectro en los sitios de radio para permitir el acceso del VS a la red del tenant/usuario. Algo que se ha desarrollado en este proyecto y lo hace particularmente único es que Network Slicing lleva a los operadores móviles hacia modelos de negocio que tienen una naturaleza similar a las estrategias de gestión del rendimiento en otras áreas como las industrias de aerolíneas o retail, y prometen ganancias sustanciales en los ingresos obtenidos por inversiones móviles. En particular, se ha explorado el concepto de overbooking por segmentos, en uso por sectores como las aerolíneas, en las que, intencionalmente, se carga más de la capacidad disponible para la asignación de segmentos de red móvil para servicios de terceros.

Todas las tecnologías innovadoras descritas anteriormente se desarrollarán en base una plataforma de gestión que está totalmente alineada con la norma UNE 178104:2017 en cuanto a capacidades, funcionalidades y modelo de capas. Cuenta adicionalmente con la certificación Powered by FIWARE y está en línea con dicha iniciativa en cuanto a diseño, arquitectura, protocolos y mejores prácticas. Frente a otras alternativas existentes en el mercado, la plataforma desplegada presenta un planteamiento modular, multivertical y multisistema basado



en software abierto. Además, presenta una interfaz de usuario intuitiva y orientada a su uso por usuarios no técnicos o incluso por usuario del campus. Las principales características de la plataforma desde un punto de vista conceptual son las siguientes:

Horizontalidad y Verticalidad. Permite el despliegue simultáneo de múltiples servicios en la misma infraestructura. Gestión transversal de la información tanto de una forma horizontal como vertical, disponiendo para ello de distintos motores de procesados de datos en función de las necesidades de tratamiento de la información.

Interoperabilidad. Dispone de interfaces que soportan diferentes tecnologías y estándares de comunicación que permiten el envío y recepción de información tanto desde sistemas de informaciones internos y/o externos como desde las diferentes capas. La plataforma permite la interconexión con distintas fuentes de datos, ya sean de origen IoT, sistemas de información o control o cámaras de vigilancia (agnóstico de la fuente de datos) y emplea el lenguaje común conforme a la especificación NGSI entre las diferentes capas.

Rendimiento. La Plataforma está diseñada para facilitar y gestionar el acceso a grandes volúmenes de datos procedentes de los diferentes dispositivos y servicios integrados. Para ello cuenta con diferentes repositorios de datos. Toda la información recibida se almacena por la plataforma de cara a procesarla y obtener valor de la misma.

Escalabilidad. La plataforma tiene capacidad de aumentar las capacidades de procesamiento, interconexión y almacenamiento sin necesidad de modificar para ello la arquitectura. La plataforma es escalable desde el punto de vista lógico y desde el punto de vista físico. El uso de tecnologías de virtualización basadas en contenedores permite adaptar y dimensionar la plataforma dinámicamente a las necesidades. De este modo se pueden incorporar nuevos servicios verticales y nuevas fuentes de datos. Permite una escalabilidad horizontal y vertical a todos los niveles de una forma sencilla y amigable, discrecional por elemento de la solución.

Robustez, Disponibilidad y Resiliencia. La Plataforma está diseñada tanto a nivel físico como lógico para garantizar tolerancia a fallos y altos niveles de disponibilidad, permitiendo ser desplegada en modo “Activo-Activo” (HA, Alta Disponibilidad) con todos los elementos redundados y sin puntos únicos de fallo. El diseño se ha construido permitiendo la utilización de distintas tecnologías entre las que cabe destacar la virtualización tradicional y la utilización de contenedores

Seguridad. La seguridad se garantiza en la plataforma mediante mecanismos de protección y autenticación. Se proporciona una seguridad completa en los niveles de acceso, comunicaciones, monitorización, API Modularidad: La Plataforma está basada en una arquitectura modular y flexible lo que permite un despliegue progresivo. La integración de los diferentes módulos en un único producto convierte a la plataforma en un producto muy flexible de cara a la implantación en un entorno de alta complejidad tecnológica.

Solución abierta. Los diferentes módulos que componen la plataforma han sido seleccionados para aprovechar al máximo las ventajas de las tecnologías Open Source, empleando en la medida de lo posible soluciones de comunidades abiertas que contribuyen a la evolución de éstas, enriqueciendo así la solución. Al ser una plataforma FIWARE nativa, se garantiza la compatibilidad con el Internet del Futuro impulsado por Europa. Del mismo modo, al ser una



solución abierta permite el mantenimiento y evolución por un tercero, evitando situaciones “vendor-locking”.

Accesibilidad y usabilidad. Las herramientas puestas a disposición de los usuarios para la configuración, provisión y representación de los servicios y de los resultados obtenidos por la plataforma una vez tratados los datos son accesibles a través de herramientas web que han sido diseñadas siguiendo los conceptos de accesibilidad y usabilidad. El acceso y el manejo de la información son sencillos, independientemente de la complejidad de los procesos ejecutados por la plataforma para obtenerla. Además, la plataforma incorpora herramientas de representación visual de los datos, cuadro de mando integral y panel de control, de fácil uso adaptado a diferentes perfiles de usuarios.

Interfaz de usuario multi-dispositivo. Las interfaces de usuario de la plataforma soportan los navegadores más extendidos en sus últimas versiones y están basadas en diseños “web responsive” que permiten su acceso desde cualquier dispositivo.

Capacidades de Análítica de Datos. La Plataforma dispone de diferentes motores de datos para poder tratar y analizar toda la información integrada en la plataforma, ya sea en tiempo real para por ejemplo generar alarmas en tiempo real en función de los eventos recibidos o en modo batch para, por ejemplo, poder generar diferentes cuadros de mando en torno a una serie de KPIs definidos. Cuenta además con herramientas de aprendizaje (machine learning), permitiendo así la anticipación a hechos o eventos de relevancia para que puedan ser tratados o evitados de forma proactiva.

Gestión de dispositivos. La plataforma permite la gestión de los elementos IoT (sensores/actuadores) conectados a la misma, tales como actualización remota del firmware, inventariado y transmisión bidireccional de información.

Interoperabilidad de aplicaciones. La plataforma cuenta con un ESB o Pasarela de Integración bidireccional que es una herramienta que básicamente resuelve problemas de integración. Permite la integración de aplicaciones de forma rápida y sencilla independientemente de las tecnologías de las mismas utilizando diferentes protocolos de transporte y dirigido por eventos

Conectividad. La plataforma es agnóstica al tipo de conectividad a utilizar, adaptando así a los diferentes casos de uso. Esto supone una ventaja competitiva tanto a nivel de costes como a nivel de gestión. Permite conectarse a elementos IoT mediante el uso de cualquier tecnología (LWm2m, CoAP, UL2.0, MQTT, MQTT-S o REST...) y canal de comunicaciones (GPRS, Sigfox, Zigbee, LoRA...), siendo también común el uso de redes privadas virtuales para su conexión.

Gestión de servicios verticales. La plataforma incluye un panel de control que permite llevar a cabo una monitorización y control de los servicios verticales integrados en la plataforma. Para ello cuenta con herramientas que proporcionan información necesaria para la toma de decisiones y mejora en la gestión.

1.3.3 Casos de uso/verticales

Como se observa en la Fig. 1, la infraestructura desplegada permite la implementación de diversos verticales software conectados a la plataforma Smart Campus con base FIWARE. Estas verticales serán del tipo: **gestión energética, gestión del agua, medio ambiente y movilidad de usuarios y vehículos.**

Para la recolección de datos, se ha realizado el despliegue de multitud de sensores (contadores de agua, analizadores de redes, estaciones meteorológicas, etc.) y todos ellos conectados a varios nodos concentradores (detallados posteriormente) mediante entradas y salidas analógicas o digitales, o gracias a protocolos de comunicación RS-485 Modbus, SDI-12, etc. Toda la información que recogen estos nodos concentradores o dataloggers se trasladada a cada una de sus respectivas verticales mediante MQTT en formato JSON. La plataforma, permite el registro de todos estos nodos concentradores, así como los sensores integrados y su gestión. De este modo, se pueden establecer reglas de control de acceso a los usuarios, controlando su visibilidad, realizar análisis sobre la información almacenada, extraer esta información entre otras. Esta plataforma expone además un API basado en NGSI que permitirá la integración con otras plataformas que soporte este API de comunicaciones.

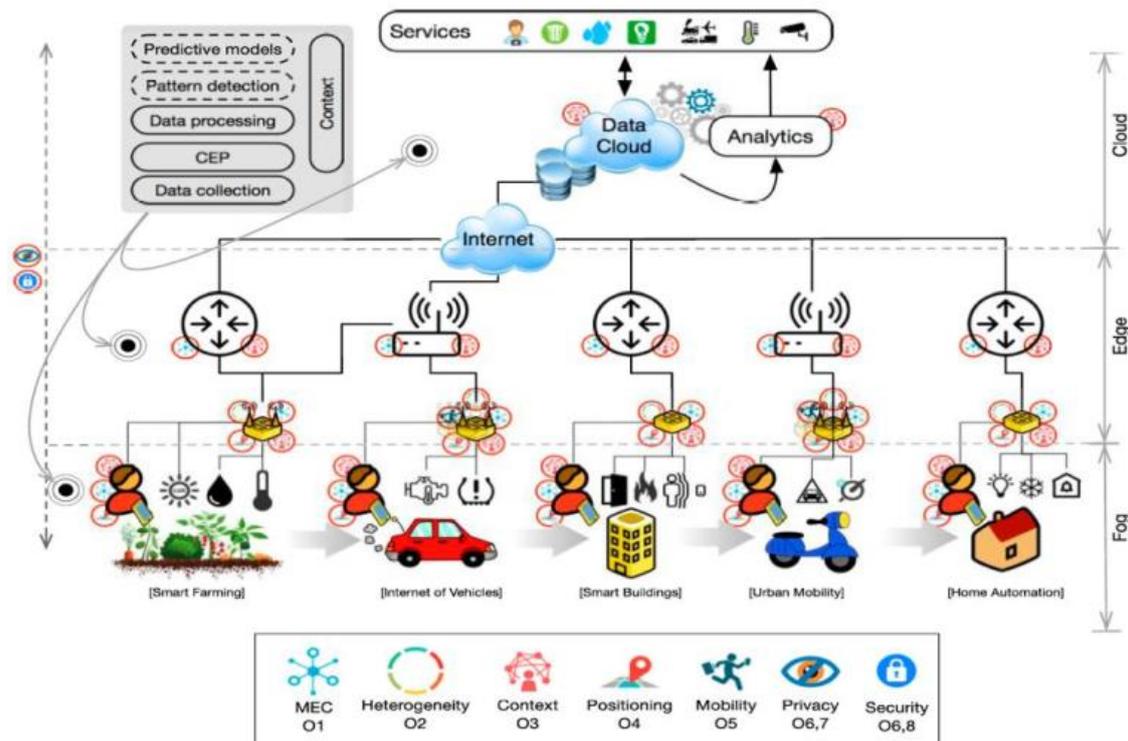


Figura 1. Interacción entre diferentes verticales implementados.

1.4 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Cabe destacar que proyectos como el que nos ocupa permiten alinear la estrategia de gestión del Campus de la Universidad de Murcia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en adelante ODS, y como la Plataforma Inteligente se erige como elemento clave para la implementación efectiva de las medidas necesarias para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030. La Transformación Digital nos sitúa en un nuevo escenario que nos traslada a un mercado global y que reinventa la dinámica de las organizaciones para adaptarla no solo a las necesidades del presente, sino sobre todo y especialmente, del futuro. Así, la digitalización representa entender una nueva generación de tecnologías innovadoras que cambian la realidad tanto de los ciudadanos, empleados públicos y las propias ciudades. Las Plataformas Inteligentes pueden y deben convertirse en el elemento clave para alcanzar las metas propuestas por las Agendas Urbanas 2030 siendo un ecosistema de soluciones y estándares que den soporte y sustancia a cualquier plan estratégico desarrollado entorno a los ODS, desde la propia visión, misión, planes de actuación, objetivos, o indicadores.

Desde esta perspectiva, la Plataforma desarrollada está alineada desde su concepción inicial con los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ver Fig. 2). De estos 17 objetivos destacan dos por su especial transversalidad y por ser necesarios para el cumplimiento del resto de objetivos y metas:

- El “ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles” tiene especial interés debido a la necesaria aplicación de la Agenda 2030 en un ámbito territorial donde, según Naciones Unidas, más del 80% de la población va a vivir en entornos urbanos. En el caso de España, esto ya es así. Por tanto, lograr que los campus universitarios sean inclusivos, resilientes y sostenibles es obligatorio de cara a la conseguir la consecución del resto de objetivos.
- El “ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura” es especialmente relevante al ser transversal y condición intrínsecamente necesaria al estar orientado a proveer infraestructuras cada vez más resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación, y todo ello necesariamente ha de apoyarse en las Nuevas Tecnologías como palanca, siendo en último término la Plataforma Inteligente el cerebro que debe liderar y facilitar el buen gobierno del proceso de cambio



Figura 2. Alineación con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Respecto al marco normativo, España ha sido pionera en la conceptualización y estandarización de las ciudades inteligentes a través, entre otros, del Comité Técnico de Normalización 178 de UNE. En este sentido, se ha concebido un concepto de Ciudad o Territorio inteligente sustentado en 7 pilares estratégicos que se pueden aplicar al proyecto TIC-2 de la Universidad de Murcia (ver Fig. 3).

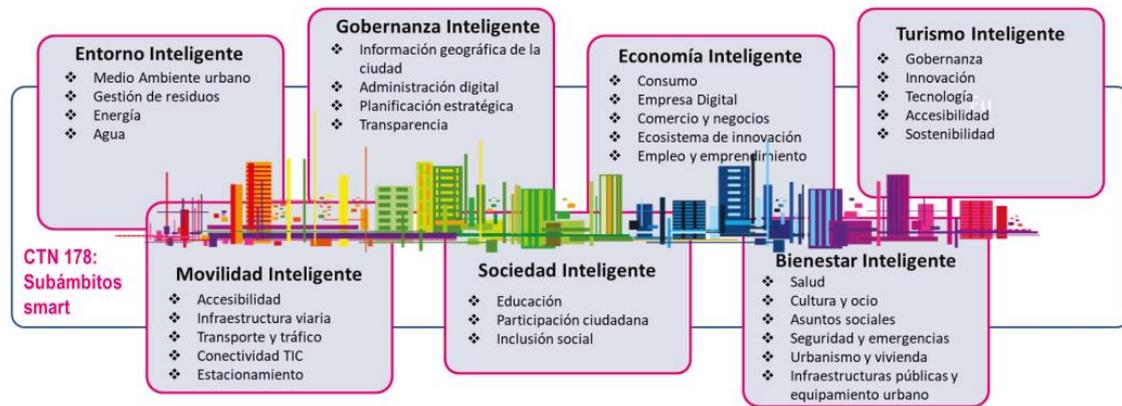


Figura 3. UNE 178 aplicada en el proyecto TIC-2.

2. Repercusión para el ciudadano y las Administraciones

El objeto de esta actuación es el de ofrecer el ecosistema del Campus Universitario de Espinardo de la Universidad de Murcia y su interconexión con el proyecto “Mi Murcia” como un laboratorio vivo en el que investigadores, experimentadores y toda clase de usuarios puedan acceder y explotar dicha información dependiendo de sus ámbitos de aplicación. La propuesta no se limita al diseño y/o simulación de soluciones parciales, sino que incluye un ambicioso programa de prototipado con varios casos de uso de gran interés hoy en día.

Esta iniciativa pretende ser un referente que contribuya en el desarrollo de entornos urbanos sostenibles, siendo el propio campus un entorno urbano con más de 30.000 usuarios diarios, y, además, con un alto índice de despliegue tecnológico que permite realizar experimentos, analizar tendencias y buscar nuevas soluciones a los desafíos planteados por las ciudades inteligentes del futuro.

Los beneficios que aporta el proyecto TIC-2 a la Universidad de Murcia y, en general, a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y su sociedad son los siguientes:

- Posicionamiento estratégico gracias al despliegue de una infraestructura de red y computación basada en 5G, inteligencia artificial e Internet de las Cosas punteras a nivel mundial.
- Avance en la transformación digital de la Universidad de Murcia, mediante el ofrecimiento de servicios avanzados a sus usuarios: ocupación de espacios, gestión inteligente de los sistemas de climatización, monitorización de parkings, etc.
- Mejora en el sistema de gobernanza de la Universidad en multitud de ámbitos: gestión energética, accesibilidad y transporte, gestión de residuos, etc.
- Polo de atracción para investigadores y empresas nacionales e internacionales para poder desarrollar sus investigaciones y desarrollos sobre la infraestructura desplegada.



- Mejora en la calidad de los programas formativos ofrecidos por la Universidad de Murcia en materia de tecnologías de la información y las comunicaciones.
- Mejora de la infraestructura de comunicaciones interna de la Universidad de Murcia y su ciberseguridad.
- Atracción de recursos económicos al poder ser empleada la plataforma desplegada como un laboratorio avanzado de pruebas para próximos proyectos financiados.
- Alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se habilitará el desarrollo sostenible del Smart Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia, además de fomentar la investigación multidisciplinar y la transferencia de conocimiento al tejido industrial de la Región de Murcia.

3. Equipo de desarrollo y proveedores

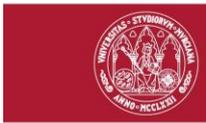
Esta iniciativa ha sido desarrollada por las empresas Bosonit y NEC, que han participado en el proyecto TIC-2 gracias a la convocatoria de compra pública del CDTI, dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, con la colaboración de la Comunidad Autónoma y con la participación de Fondos FEDER, tal y cómo se describió anteriormente. Además, en los equipos de desarrollo, los proyectos han contado con la participación de subcontratistas como Arca Telecom, Odins Solutions, Hopu, MasMóvil, Nokia, Elliot Cloud, Vodafone, UPM-Grupo Giros y Neutron. De este modo, se comprueba el carácter multidisciplinar e internacional de los equipos de trabajo, lo que ha enriquecido en gran medida la solución implementada.

A continuación, se aporta una descripción detallada de los contratistas principales:

NEC es un proveedor de soluciones tecnológicas con más de 100 años trayectoria. Con la innovación en el corazón de la organización, dedica el 10% de sus ingresos totales a la búsqueda de nuevas soluciones (I+D+I) que reviertan en la sociedad. NEC es miembro platino de la FIWARE Foundation, donde actualmente ostenta la vicepresidencia, contribuyendo así, al desarrollo, estandarización y promoción de la tecnología FIWARE para acelerar el desarrollo de ciudades inteligentes. Por último, señalar que NEC ha elegido a España para implantar su Centro Mundial de Competencia para Ciudades y Territorios Inteligentes desde donde se desarrollan productos y soluciones para este ámbito y se da soporte a los diferentes proyectos a nivel global, teniendo como base tecnológica la solución comercial denominada Cloud City Operation Center y que se ha utilizará también, como base para los desarrollos innovadores de este proyecto.

NEC Laboratories Europe (NLE) es la responsable, dentro del grupo, de la investigación y desarrollo en Europa a través de las tecnologías TIC. Dentro de este sector se incluye la investigación en tecnologías como: Cloud y Big Data, IoT, AI y tecnologías de seguridad y privacidad. NLE tiene una sólida experiencia en el desarrollo de arquitecturas de servicios y plataformas de datos en la nube de borde, que han sido probadas en proyectos de investigación europeos como FI-WARE y FICORE, CPaaS.io, SOCIETIES, SENSEI, IoT-A, AUTOPILOT, SynchroniCity, CPaaS.io, Fed4IOT, Wise-IoT y FIESTA-IoT. En la actualidad NEC lidera la especificación de la nueva versión NGSI LD Scorpio Broker

BOSONIT es una empresa riojana fundada en mayo de 2015 por experimentados consultores de análisis de datos reconocidos en el sector. La visión de Bosonit es convertirse en una gran empresa desarrolladora de software analítico con presencia a nivel internacional. Desde su



creación, BOSONIT ha apostado por la excelencia, atrayendo a los mejores profesionales del sector y formando estudiantes con expedientes brillantes provenientes de últimos años de grados universitarios y programas de formación profesional para su especialización y profesionalización. Debido a su naturaleza innovadora y a su gran potencial de crecimiento, la organización resulta atractiva a jóvenes talentos para desarrollar su carrera profesional. BOSONIT dispone de un amplio catálogo de servicios específicos para las distintas fases de los proyectos de inteligencia de negocio. En cada fase dispone de alianzas con proveedores de las herramientas más punteras del mercado para ofrecer desarrollos de alto valor añadido y larga durabilidad tecnológica. En 2016 Bosonit experimentó un gran crecimiento y desde febrero de 2017 fue participada por Hiberus Tecnología (parte del Grupo Henneo), empresa con más de 1.000 profesionales, referente en los mercados español y británico y en pleno proceso de expansión en el mercado latinoamericano. Sin embargo, Bosonit abandonó este grupo para, a finales de 2019, ser participada por el grupo NFQ, empresa internacional de servicios de consultoría. Bosonit es hoy la división tecnológica del grupo NFQ, que cuenta con presencia en 17 países y más de 1200 empleados. Bosonit ha cerrado su último periodo fiscal con una facturación de casi 8 millones de euros y con el objetivo de duplicar para el periodo fiscal 2020-2021. BOSONIT cuenta hoy con 222 empleados y dispone de equipos de trabajo en Logroño (sede y oficina principal), Bilbao, Jaén, Madrid, Pamplona y Zaragoza

4. Plazos de cumplimiento

Tal y cómo se muestra en la Tabla 1, el proyecto ha constado de 3 fases, las cuales han tenido un estricto cumplimiento por parte de los contratistas

Fase I: Diseño de la solución: Durante esta fase, encaminada a asegurar el mayor grado de adecuación de las soluciones propuestas científico-tecnológicas y el plan de investigación al problema planteado, se ha realizado un trabajo de campo en el que se ha observado el funcionamiento y necesidades de la Administración Pública usuaria destinataria de la solución y se han recopilado todos los datos necesarios a fin de demostrar la viabilidad técnica y económica de la idea y el proyecto propuesto en relación con el objetivo y la necesidad planteada de cara al diseño de los prototipos a partir de los requisitos definidos al inicio de esta fase que mejor satisfagan las necesidades.

Fase II: Desarrollo de un prototipo o pruebas de la solución propuesta: en esta fase se han desarrollados los prototipos y serie de pruebas y se han realizado las correspondientes pruebas piloto para satisfacer los requisitos técnicos definidos en la Fase I. Los resultados obtenidos y avances técnicos propuestos en esta fase han sido sometidos a un proceso de evaluación y certificación muy riguroso.

Fase III: Verificación pre-comercial: traslado del prototipo a las instalaciones designadas por la Administración Pública usuaria con objeto de realizar una verificación pre-operacional del prototipo en el entorno real propuesto por la Administración Pública usuaria. Los resultados obtenidos en esta fase serán sometidos a un nuevo proceso de evaluación y certificación. Al finalizar la Fase III, la Administración Pública Usuaria dispone del prototipo/s con el fin de realizar trabajos de validación y pruebas, pero no con fines comerciales.



Importante reseñar que el prototipo/s permanecerá/n como demostrador tecnológico en las instalaciones designadas por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia a través de la Consejería de Empleo, Investigación y Universidades, permaneciendo en esta región durante al menos 5 años.

Tabla 1. Plazos de ejecución del proyecto TIC-2.

FASES	INICIO	FIN
FASE I: Diseño de la solución	12/4/21	27/5/21
JUSTIFICACIÓN FASE I	27/5/21	27/5/21
EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN FASE I	27/5/21	11/6/21
FASE II: Desarrollo de un prototipo o pruebas de la solución propuestaD	11/6/21	1/9/22
JUSTIFICACIÓN PARCIAL FASE II	11/2/22	11/2/22
EVALUACIÓN PARCIAL FASE II	12/2/22	26/2/22
JUSTIFICACIÓN FASE II	1/9/22	1/9/22
EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN FASE II	2/9/22	16/9/22
FASE III: Verificación pre-operacional	16/9/22	1/3/23
DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DEL PROTOTIPO A INSTALACIONES AP	16/9/22	31/1/23
JUSTIFICACIÓN FASE III	31/1/23	31/1/23
EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN FASE III	1/2/23	15/2/23
FORMACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA EN INSTALACIONES AP	15/2/23	1/3/23

5. Valoración económica

Tal y como se comentó anteriormente, el presupuesto del proyecto TIC-2 ha sido de 5,9 millones de euros de los que el 20% será aportado por el CDTI Innovación y el 80% restante procede de los Fondos FEDER. En la Tabla 2 se muestra el máximo número de adjudicatarios de cada una de las fases descritas anteriormente y el importe máximo de la oferta que puede presentar cada adjudicatario en cada fase.

Tabla 2. Presupuesto por adjudicatario del proyecto TIC-2.

FASE	Nº máximo de adjudicatarios	Importe máximo de la oferta de cada licitador (sin IVA)	IVA (21%)	Importe máximo de la oferta de cada licitador (con IVA)
I	4	15.000 €	3.150 €	18.150 €
II	2	1.800.000 €	378.000 €	2.178.000 €
III	2	1.120.000 €	235.200 €	1.355.200 €
TOTAL		2.935.000 €	616.350 €	3.551.350 €



Finalmente, en la Tabla 3 se muestran los presupuestos máximos de licitación de cada fase, resultado de multiplicar el número máximo de adjudicatarios por fase y el importe máximo de la oferta de cada adjudicatario.

Tabla 3. Presupuesto total del proyecto TIC-2.

FASE	Importe máximo de la fase (sin IVA)	IVA (21%)	Importe máximo de la fase (con IVA)
I	(4x15.000€) 60.000 €	12.600 €	72.600 €
II	(2x1.800.000€)3.600.000 €	756.000 €	4.356.000 €
III	(2x1.120.000€)2.240.000 €	470.400 €	2.710.400 €
TOTAL	5.900.000 €	1.239.000 €	7.139.000 €