



I2Tech- **CAMPUS MONTEGANCEDO**
Universidad Politécnica de Madrid



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

**CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL**

**Informe de actuaciones del Campus de
Excelencia Internacional-CEI
Montegancedo I2Tech. Ref. CEI10/00041**

Informe final

Junio 2014



Contenido

1. Contexto	3
2. Objetivos del CEI Montegancedo	4
2. Actuaciones financiadas en la convocatoria	7
3. Descripción detallada de las actuaciones realizadas	11
3.1. Planta Piloto de un Sistema Fotovoltaico de Concentración Avanzado	11
3.2. Instalación de ingeniería concurrente (Concurrent Design Facility, CDF).....	14
3.3. Creación de un Centro de Investigación de la Sostenibilidad de la Construcción (CISC). 15	
3.4. Laboratorios de experimentación con usuarios (Living Labs)	17
3.4.1. Living Lab Espacios del Futuro.....	17
3.4.2. Living Lab y Demostrador de Televisión Tridimensional (Dem-3DTV)	23
3.4.3. Living Lab de Banca del Futuro (Dem-3DTV).....	31
3.5. Mejora del Campus	37
4. Conclusiones.....	39

1. Contexto

La Universidad Politécnica de Madrid obtuvo, para el Campus de Montegancedo, **2 millones de euros** de préstamos de bajo interés en la **Convocatoria de Campus de Excelencia del año 2010** conforme a la **resolución PRE/1996/2009 de 20 de julio**, publicada el 26 de noviembre de 2009.

Concretamente, las **actuaciones** financiadas fueron las siguientes:

- Construcción y puesta en marcha de un demostrador de energía solar fotovoltaica de concentración en el Centro de Domótica Integral (CEDINT).
- Instalación y puesta en marcha de una unidad de ingeniería concurrente.
- Ampliación y equipamiento del Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica (CAIT).
- Instalación y equipamiento de laboratorios de experiencias de usuario en nuevas tecnologías. Concretamente, los recursos se han empleado para los siguientes laboratorios:
 - Laboratorio de “espacios del futuro”
 - Laboratorio de “TV 3D”
 - Laboratorio de la “Banca del Futuro”

Debe tenerse en cuenta que las **actuaciones financiadas en esta convocatoria no son independientes ni están aisladas de otras actuaciones financiadas en diversas convocatorias para el Campus de Excelencia de Montegancedo**, así como de otras fuentes de financiación públicas y privadas obtenidas por diversas fuentes. Específicamente, su desarrollo y uso se complementa con diversas actuaciones financiadas en convocatorias de Campus de Excelencia Internacional, de la convocatoria de ayuda a parques científicos y tecnológicos, séptimo programa marco de I+D de la Unión Europea y acuerdos con instituciones privadas. Para una descripción más completa puede consultarse la información remitida al Ministerio en septiembre de 2013 en relación con la evaluación internacional del CEI Montegancedo¹ y la información actualizada periódicamente contenida en la página Web del Campus.

El presente informe resume el desarrollo de las actuaciones financiadas por la resolución **PRE/1996/2009** indicada anteriormente, el impacto que éstas tienen en la consecución de los objetivos del CEI Montegancedo, y las oportunidades abiertas para reforzar la cooperación público-privada en el contexto del ecosistema de innovación abierta en proceso de creación.

¹ Informe periodo 2010-2012. Septiembre de 2013.

2. Objetivos del CEI Montegancedo

La propuesta del **Proyecto I2-Tech** presentada por la UPM en el año 2009 a la convocatoria de Campus de Excelencia Internacional (CEI) del Ministerio de Educación y reforzada en el año 2010 con una actualización de la misma como **base estratégica del desarrollo integral del Campus de Excelencia Internacional de Montegancedo** no ha perdido su vigencia.

El objetivo esencial planteado desde el momento de la preparación de la propuesta I2Tech: **potenciar el apoyo a la innovación tecnológica conjuntamente con el sector empresarial**, empleando las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) como un elemento vertebrador y dinamizador a partir de la potenciación de la actividad investigadora, ha constituido un eje fundamental de la actuación de la UPM como se ha expuesto en otros documentos realizados en torno al CEI Montegancedo².

Este objetivo estratégico debe sustentarse en un incremento de la calidad y cantidad de la actividad investigadora e innovadora y su repercusión internacional. La UPM persigue desarrollar en el CEI Montegancedo un enfoque de **“innovación orientada por la ciencia”** (*“science-driven innovation”*) en el que se potencie una innovación tecnológica rupturista para la que la universidad está bien preparada. Para la UPM, no hay posibilidad de fortalecer su papel innovador en la sociedad si no existiese la capacidad de trasladar al mercado ideas tecnológicamente muy innovadoras basadas en una actividad investigadora integrada en la cadena de valor del desarrollo y comercialización de productos y servicios avanzados.

Esta visión se complementa con la necesidad de dotar al esfuerzo docente de la UPM de una **visión emprendedora en alumnos de grado y postgrado** que, más allá de la impartición de cursos o seminarios concretos, impregne el conjunto de la oferta formativa de la universidad y facilite su inserción en el mundo laboral y la generación de productos y servicios comercializables.

El **CEI Montegancedo** es un elemento clave de esta estrategia al constituirse en sí mismo en un **“ecosistema innovador abierto”** en el que la UPM y diversas **“entidades agregadas”** generan mutuamente valor mediante la combinación de actuaciones en docencia, investigación e innovación como se presentará posteriormente.

² Véase el documento de “Objetivos y estructura del Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica” presentado al Consejo de Gobierno de la UPM en 2012, la documentación generada con ocasión de la visita de seguimiento del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte en mayo de 2013 “Informe de situación del CEI Montegancedo” y la generada en septiembre de 2013 para la evaluación del CEI Montegancedo.

Como valoración global del **esfuerzo realizado en torno a la protección y explotación del conocimiento científico y tecnológico generado**, puede decirse que la UPM se encuentra en cabeza de las universidades nacionales y con cifras muy similares a las encontradas en otras universidades europeas (salvo algunas en el entorno anglosajón) referidas a patentes, licencias de tecnología, o a la creación de empresas de base tecnológica.

Como índice de esta evolución puede indicarse que la creación del **Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica (CAIT)** financiado por las convocatorias de Campus de Excelencia Internacional y cuyo inicio de actividades en el Campus de Montegancedo tuvo lugar en marzo de 2013 ha acelerado los resultados relativos a la explotación de resultados de investigación de la UPM.

Así, se puede destacar que con el programa de creación de empresas de base tecnológica (*actúaupm*) se ha alcanzado la cifra de **161 nuevas empresas creadas** (16 nuevas empresas en 2013 y 12 en el primer semestre de 2014). Asimismo, se ha duplicado el número de **contratos anuales de licencias de tecnología y conocimiento** (10 en el primer semestre de 2014) que constituía uno de los objetivos básicos del esfuerzo hacia la innovación de la UPM. Derivado de ello la cantidad recibida por **regalías** en los últimos tres años ha pasado de 200.000 euros en 2010 a 380.000 euros en 2013 estimándose alcanzar los **450.000 euros en 2014**³.

Su privilegiada relación con el sector empresarial, consolidada a lo largo del tiempo en el número de proyectos de investigación contratados y concretada en el CEI Montegancedo en el alto número de **agregaciones con entidades privadas**, también refleja la voluntad de la UPM de hacer realidad un objetivo genérico del conjunto de la misma: convertirse en un **socio estratégico de la empresa para acelerar el proceso innovador**.

El planteamiento estratégico del **Campus de Montegancedo** como un "**Campus orientado a la innovación tecnológica**" enfatizando el uso de las **tecnologías de la información y las comunicaciones** (TIC) y volcado hacia la **agregación con entidades privadas** (aunque también posea centros de I+D+i y laboratorios de investigación conjuntos con otros OPIs y universidades) es novedoso en el concierto nacional, aunque estrechamente ligado a la visión compartida del papel que debe jugar la UPM con esas entidades agregadas para hacer realidad un modelo basado en la creación de un **ecosistema de innovación abierta** impulsado por una universidad pública como es el caso de la UPM.

³ Estas cantidades serán superadas ampliamente en los próximos años puesto varios de los contratos suscritos implican la obtención de regalías variables por ventas obtenidas una vez transcurridos periodos transitorios.

En el desarrollo del CEI Montegancedo las actuaciones realizadas se han concebido bajo una óptica integrada en el **triángulo del conocimiento** mencionado anteriormente. Por ello, la investigación, la innovación y formación de postgrado se conciben de forma conjunta, jugando la **perspectiva innovadora** un papel aglutinador con otras entidades públicas y privadas en el conjunto del campus.

Este esfuerzo consolida la **creación de un ecosistema de innovación abierta** impulsado por la UPM junto a otras entidades. La figura 1 responde a una visión conceptual del ecosistema creado alrededor del CEI Montegancedo. La figura indica cómo la UPM establece un conjunto de relaciones con diferentes objetivos con sus entidades agregadas (así como con spin-offs y start-ups instalados en el Campus) para cubrir objetivos diferenciados en el contexto nacional e internacional:

- Ligados a la creación de conocimiento para abordar desafíos propuestos por la industria (caso del Santander, ISBAN, PRODUBAN, Repsol, etc.)
- Ligados a la realización de proyectos cooperativos de I+D a través de la creación de unidades conjuntas (casos de Elekta, Telefónica, T-systems, LPI, Santander, INIA, CSIC, URJC, UCM, IMDEA, etc.)
- Ligados a actividades de formación o transferencia de tecnología (caso de Indra, Plant Reponse, Accenture, Zeiss, BCG,UCB, etc.).

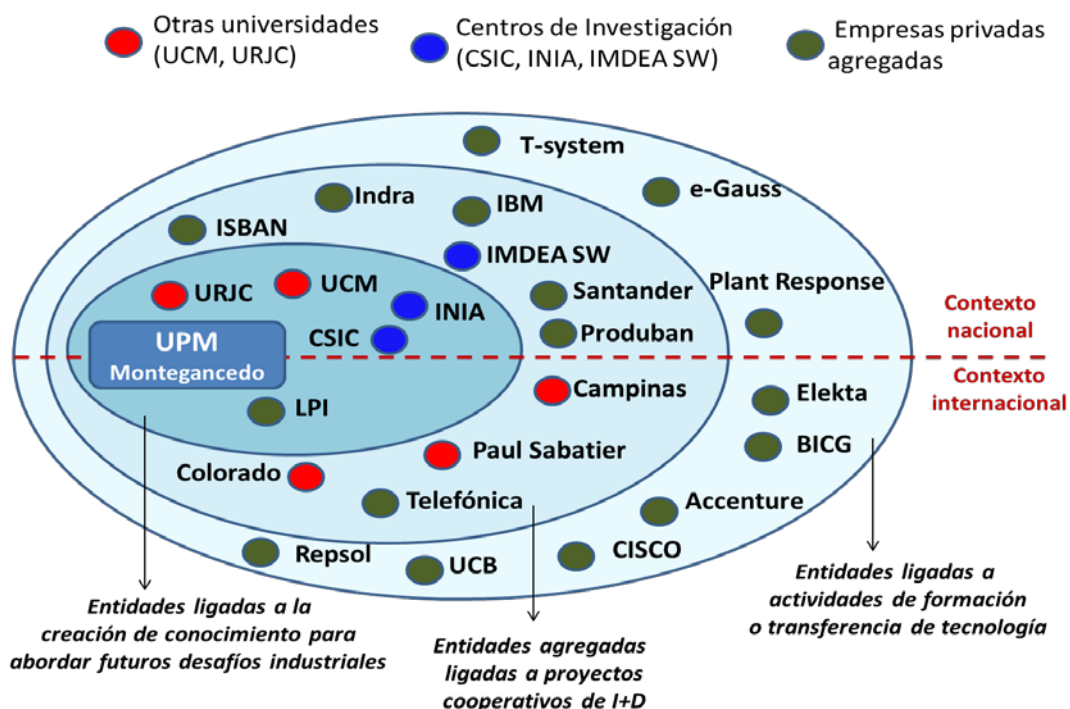


Figura 1. Esquema conceptual del ecosistema de innovación abierta del CEI Montegancedo

Este enfoque requiere disponer de infraestructuras y laboratorios capaces de demostrar la validez de soluciones tecnológicas frente al usuario, la demostración de tecnologías avanzadas en entornos reales y la aceleración del diseño y desarrollo de productos; todas ellas enfocadas en el apoyo al proceso innovador. Las actuaciones desarrolladas en la concesión a la UPM a la que se refiere la resolución del presente documento están orientadas a proporcionar ese enfoque.

2. Actuaciones financiadas en la convocatoria

El presente Informe Final responde a actuaciones realizadas para **potenciar la creación del ecosistema de innovación abierta de Montegancedo y fortalecer expresamente la interacción con el sector empresarial**. Para ello, se obtuvo financiación para el desarrollo de las siguientes actuaciones:

1. **Construcción del edificio de ampliación del actual Centro de Empresas** (véase figura 2) financiado con recursos del CEI Montegancedo y finalizado en marzo de 2013. En este nuevo edificio que se encuentra ya operativo se ubican:
 - a. **Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica (CAIT)** con diversas unidades y laboratorios vividos (living labs). Su descripción se realizará alrededor de la perspectiva de innovación del Campus más adelante.



Figura 2. Edificio del CAIT y del CIESP

El objetivo de **apoyo al proceso de innovación** constituye un elemento clave en el desarrollo del CEI Montegancedo: enlaza directamente con el objetivo fundamental del proyecto **I2Tech** que dio origen a la propuesta inicial. Esta área ha recibido una atención primordial en el transcurso del año 2013 al culminar el proceso de construcción y posterior ocupación del **Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica (CAIT)** y a la puesta en marcha del programa **Innovatech** para la comercialización de la tecnología UPM como

punta de lanza de la actividad del CAIT. El apoyo a la comercialización y explotación de resultados se lleva a cabo mediante **tres programas complementarios**:

- **Creación de empresas de base tecnológica (*actúaupm*)** que, mediante el correspondiente acuerdo de licencia, permitan explotar los resultados de investigación. Este enfoque puede llevarse a cabo mediante la creación de una empresa por la propia UPM o impulsando la creación de una empresa con otros socios o con alumnos de doctorado o máster de la UPM. Actualmente, la UPM ha preferido no formar parte del capital de las empresas creadas.
- **Comercialización de la tecnología mediante acuerdos con empresas ya creadas.** De nuevo, este enfoque puede llevarse a cabo mediante acuerdos con empresas ad hoc intermediarias que ayuden en el proceso de comercialización (actuando de “brokers”) o mediante grandes o pequeñas empresas existentes que adquieran la tecnología.
- Finalmente, el tercer enfoque realizado se centra en la **integración de la tecnología de la UPM con la de otros actores**, lo que requiere un trabajo de desarrollo posterior pero permite compartir riesgos en el proceso de comercialización.

Con objeto de llevar a cabo este proceso de apoyo a la innovación, el CAIT se ha concebido con la estructura que se detalla en la figura 3.

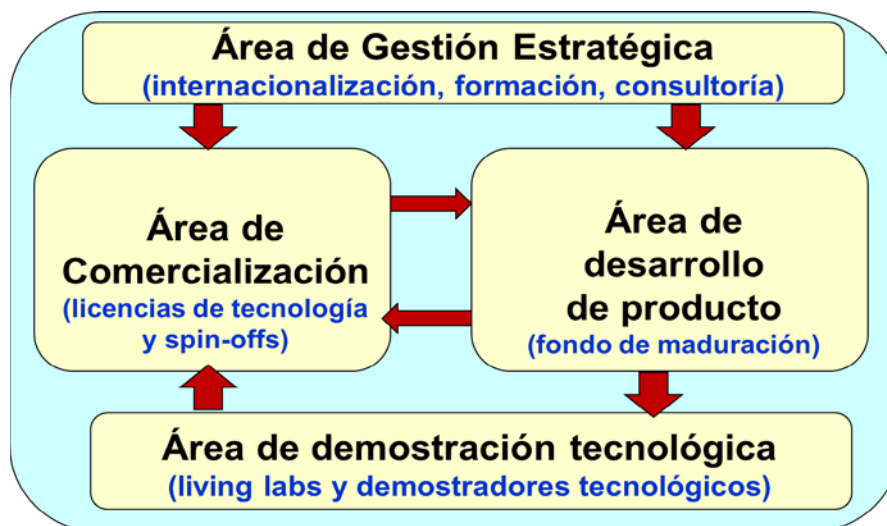


Figura 3. Áreas de actuación del CAIT

El área de **gestión estratégica** está focalizada a apoyar la internacionalización de la actividad de innovación de la UPM, la formación especializada en este ámbito para investigadores y profesorado de la UPM, y los comienzos de una incipiente actividad

de consultoría estratégica de innovación que se desarrollará plenamente en 2014-2015.

Las otras tres áreas están íntimamente ligadas. La comercialización de tecnología está obviamente asociada a la existencia de tecnologías suficientemente desarrolladas por la UPM (en sus grupos, institutos o centros de investigación) para poder comercializarse (lo que no suele ser el caso de los resultados de un proyecto de investigación aunque éste sea de naturaleza aplicada). Por esta razón, se ha diseñado un área totalmente nueva cuyo objetivo (véase figura 4) es el de **identificar tecnologías UPM prometedoras** para su proceso de comercialización y realizar posteriormente para algunas de ellas un **“proyecto de maduración”** que permita, no sólo obtener una tecnología más madura sino también realizar un conjunto de actuaciones ligadas a la pre-comercialización de la misma.

En junio de 2014 se han identificado **80 soluciones tecnológicas UPM** con potencialidades de comercialización a nivel mundial de las que se han realizado **fichas comerciales para unas 60** de ellas. Algunas de estas tecnologías están siendo comercializadas ya en el transcurso de 2013 y otras se encuentran en proceso de negociación con intermediarios de otros países como se mencionará posteriormente.

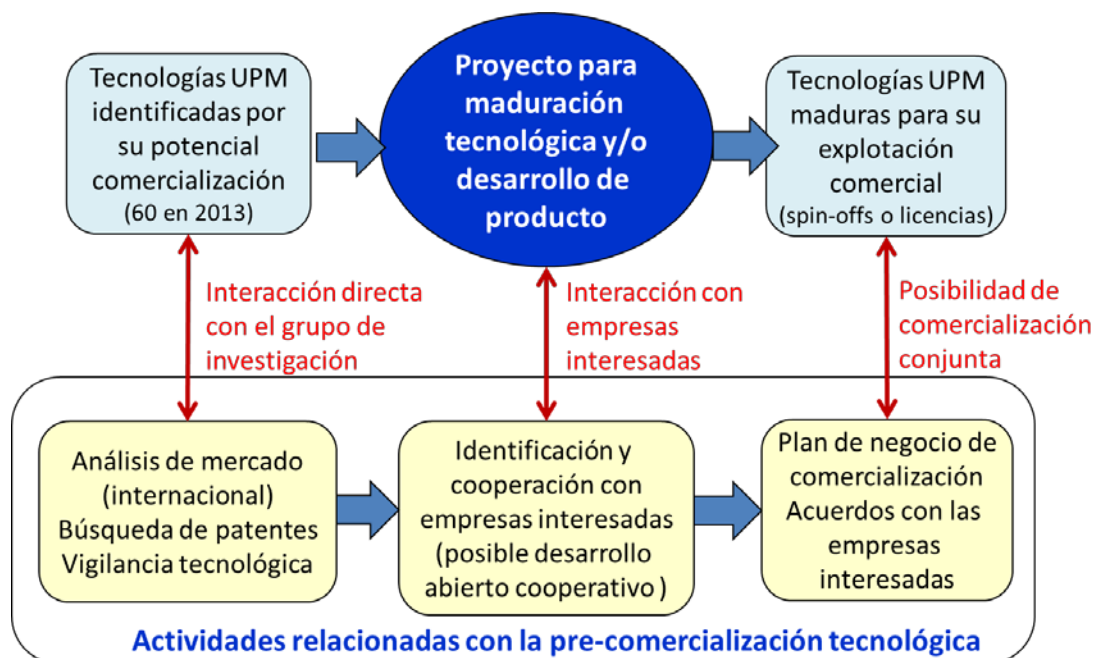


Figura 4. Estrategia para la comercialización de tecnología

La última área del CAIT puesta en marcha es dotar al centro de la **capacidad de experimentar con las tecnologías disponibles** mediante la existencia de laboratorios

de experimentación o *“living Labs”* orientados a la conducción de experiencias de usuario en determinados ámbitos. Esta área es fundamental también para apoyar el proceso de comercialización e implicación del usuario en un modelo de *“innovación abierta dirigida por el usuario”* con el fin de obtener la máxima realimentación lo antes posible en el proceso de desarrollo de un nuevo producto o servicio.

En junio de 2014 se cuenta con tres laboratorios:

1. **Living lab y demostrador de tecnologías de TV 3D.** El objetivo es demostrar la usabilidad de tecnologías de transmisión, recepción, post-procesamiento. Iniciativa financiada por la solicitud en la convocatoria.
2. **Laboratorio de experimentación sobre “espacios del futuro”.** Su objetivo es el de experimentar el uso y maduración de servicios telemáticos móviles empleando redes de sensores distribuidos dentro de un esquema general de desarrollo de “internet de las cosas”. Iniciativa financiada por la solicitud en la convocatoria.
3. **Living lab y demostrador de tecnologías sobre la “banca del futuro”.** Tras alcanzar un acuerdo con el Grupo Santander, ISBAN y PRODUBAN se realizará la puesta en marcha de un demostrador de tecnologías y servicios empleados para el sector bancario en los próximos años. Iniciativa parcialmente financiada por la solicitud en la convocatoria.

Resultados obtenidos

A pesar del escaso tiempo transcurrido y la necesidad de dar comienzo a experiencias de usuario completas a partir del mes de septiembre de 2014 se han presentado diversos **artículos** que relacionan los enfoques de comercialización iniciados:

1. G. León y N. Rodríguez. Innovatech Program to Foster University-Driven Open Innovation Ecosystem for Research Commercialization. UIIN conference. Barcelona Abril 2014.
2. G. León, J.C. Dueñas y J. Ruiz. Open Innovation Ecosystem Around The “Centre For Open Middleware”: Experiences From A Public-Private Partnership. UIIN conference. Barcelona Abril 2014.
3. G. León y N. Rodríguez: Trends in commercial exploitation of knowledge and technology in public technical universities. A perspective from the UPM. XXV SPIM Conference. Innovation for sustainable economy and society. Dublin junio 2014

4. G. León y N. Dévora. *Innovatech*, a new approach to UPM technology commercialization. Submitted to Entrepreneurial universities. 30 Septiembre 2014. Madrid.

3. Descripción detallada de las actuaciones realizadas

3.1. Planta Piloto de un Sistema Fotovoltaico de Concentración Avanzado

Entre las actuaciones propuestas en el proyecto I2Tech financiado por el Programa de Campus de Excelencia Internacional del Ministerio de Educación en 2010, se incluye la **instalación de una planta piloto de 25kW de concentración fotovoltaica con la última tecnología disponible en el mercado formada por dos arrays de 12.5 kW cada uno**. Esta tecnología se basa en la combinación de células de triple unión de ultra-alta eficiencia de conversión (suministradas por las empresas Spectrolab y Solar Junction), y óptica de muy alta concentración (suministrada por la empresa LPÎ). Estaba prevista la instalación de dos tipos de células, unas las comerciales más avanzadas, y otras de nueva generación. La óptica de concentración que se va a utilizar, denominada (Fresnel-Kohler), es la más avanzada de la actualidad. Consta de lentes primarias de Fresnel de cuatro sectores fabricadas en PMMA y lentes secundarias tetralobulares fabricadas en vidrio B270. La óptica es la misma en los dos arrays y se utilizará un tipo de célula para cada uno de ellos. Esto permitirá un análisis comparativo de las dos tecnologías de células sin perjuicio de eficiencia de la instalación ya que se mantiene la potencia total instalada. En la Figura 5 se muestran las células con el soporte necesario, el secundario tetralobulado adherido a la célula y el primario Fresnel.

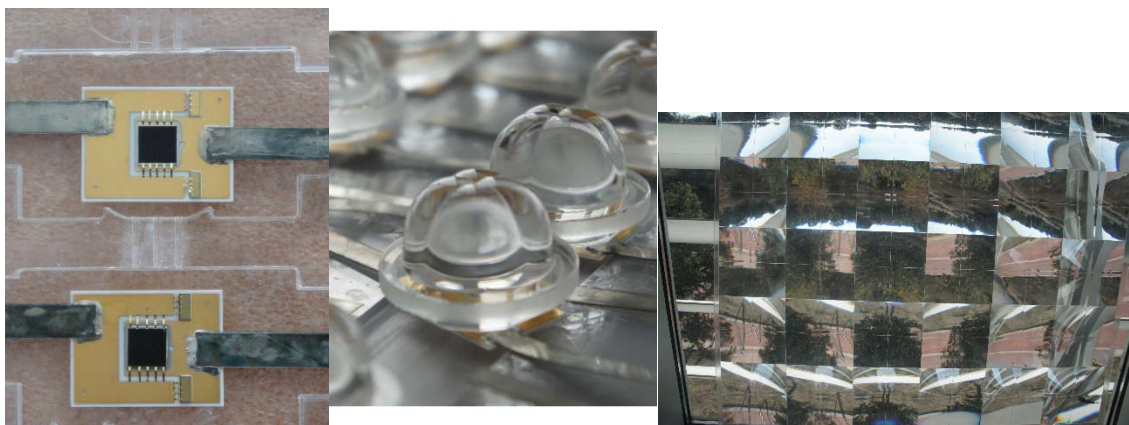


Figura 5. Célula con soporte y conexiones (Izquierda), secundario con la célula adherida (Centro), primario (derecha).

En la Figura 6 se muestra el módulo abierto donde se ven los SOE's con la célula adherida y el módulo completo donde el POE hace de tapa.



Figura 6. Módulo abierto (derecha), módulo completo con secundario (izquierda).

Tras un análisis previo de los requisitos de la planta, se consideró como suministrador único del array y del sistema de seguimiento del proyecto a la compañía Fotón HC (anteriormente, Guascor Fotón) pero en 2012 sufrió un cambio en la orientación de su actividad empresarial. Este último cambio llevó a Fotón HC a “paralizar por completo sus actividades de ingeniería en arrays de concentración con células de triple unión con efecto inmediato”. Todo esto ha supuesto un retraso en la ejecución del proyecto que provocó una solicitud de prórroga concedida hasta el 3 de junio de 2014.

Al cesar Fotón HC en su actividad, no sólo no fue posible la instalación del array fotovoltaico tal y como se había proyectado, si no que hubo que buscar a otra empresa capaz de diseñar y suministrar los módulos en los que se incluyera la óptica de LPI.. La compañía Chroma Energy fue en principio la encargada de ensamblar la óptica, circuito receptor de células, disipadores térmicos e inter-conexionado en módulos, que se montarían en los correspondientes sistemas de seguimiento solar. Chroma Energy fue también seleccionada para el diseño y fabricación de los seguidores. Por retrasos injustificados e imprevisibles unido a una desconfianza absoluta en que el desarrollo de Chroma fuera llevado a buen término, hubo que cancelar el contrato con esta compañía. Para el ensamblado de los módulos se contrató a las compañías LPI y Teknia y para la fabricación e instalación de los seguidores a la compañías Feina y Grenergy Renovables. Estas compañías llevaron a cabo sus diferentes trabajos de forma satisfactoria y en el plazo previsto.

La **instalación de los seguidores y el conexionado de los módulos fotovoltaicos** con la red eléctrica del edificio de CeDInt requirieron una obra de cimentación y canalización eléctrica.

Para la realización de esta obra ha sido necesario elaborar un estudio topográfico del terreno y gestionar una serie de trámites con el Ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón para obtener los permisos pertinentes: licencia de obra y actividad; liquidación del impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras; visado del proyecto constructivo; estudio de impacto ambiental; gestión de residuos, etc. En la figura 7 se muestran los seguidores en diferentes fases de instalación y el resultado final.



Figura 7. Planta piloto de concentración fotovoltaica: Módulos instalados en la parrilla del seguidor (superior izquierda), instalación de la parrilla con módulos en el soporte (Superior derecha) y seguidor instalado (inferior).

Con el objetivo de lograr un exhaustivo análisis de los datos de producción de la planta piloto, se ha instalado una **estación meteorológica** que permite conocer las condiciones atmosféricas durante el funcionamiento de la misma (véase figura 8). Esta estación meteorológica cuenta con un piranómetro, un pirheliómetro, un anemómetro y veleta y un termómetro e higrómetro. Estos sensores facilitarán los siguientes datos meteorológicos: temperatura, humedad, velocidad y dirección de viento, irradiancia directa e irradiancia global. Por último se ha instalado una línea de Fibra Óptica que permite la lectura de la generación e inyección de potencia en red por cada una de las fases de cada seguidor. Un software comercial permite una lectura directa y almacenamiento de datos para su posterior procesado. Con esta información se procederá a calcular la eficiencia de los módulos y se podrá analizar este dato en función de los parámetros meteorológicos y el tiempo transcurrido desde la instalación

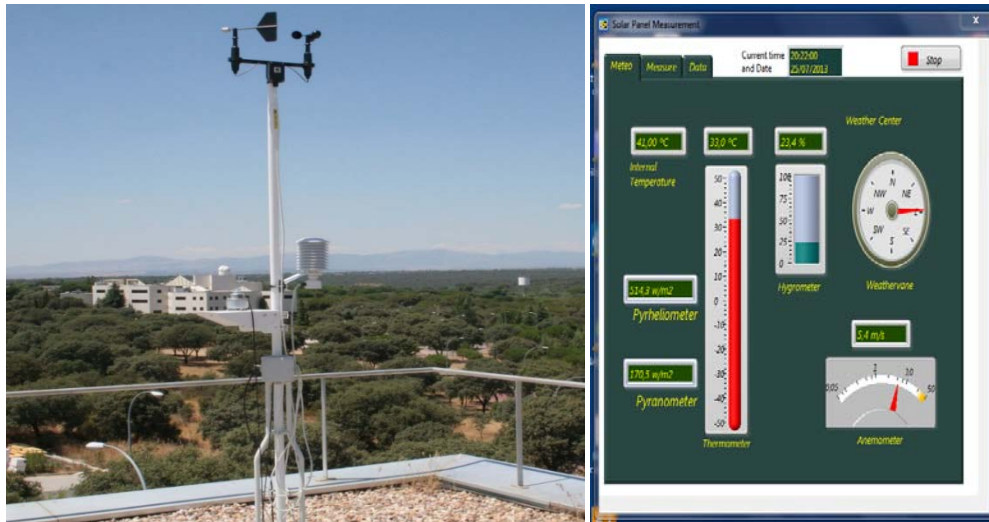


Figura 8. Estación meteorológica y sistema de control solar (edificio CEDINT)

3.2. Instalación de ingeniería concurrente (Concurrent Design Facility, CDF)

Los objetivos de la actuación consisten en la adquisición y puesta en marcha de una **instalación de ingeniería concurrente CDF en el Centro de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CIDA)**, consistente en un entorno integrado de diseño para aplicaciones multidisciplinares, basada en la metodología de la ingeniería concurrente. Sus principales características son: ingeniería concurrente a través de trabajo en equipo, integración de herramientas, datos de proyecto y participación simultánea de todos los dominios de la misión, incluyendo planificación, AIV, operaciones, costes, análisis de riesgos, CAD y simulación.

La actuación se ha desarrollado de acuerdo a los objetivos previstos en la planificación inicial, aunque con cierto retraso debido a la complejidad de la instalación, que ha requerido visitar instalaciones similares y la colaboración de la Agencia Espacial Europea (ESA). Durante 2011 se han realizado acciones preparatorias para el diseño de la instalación y en 2012-2013 se ha procedido a su adquisición. Las actuaciones realizadas en este periodo han sido:

- Visita a ESTEC, una de las sedes de la Agencia Europea del Espacio (ESA), en junio de 2011 para recibir información del CDF de la ESA.
- Firma en julio de 2011 de un acuerdo con la ESA para el uso en la UPM con fines educativos del software desarrollado por la ESA. En septiembre de 2011, se recibió de la ESA un CD-ROM con la licencia y las instrucciones del software.
- El anuncio de licitación se publicó en el BOE en marzo de 2012 y en junio se firmó la adjudicación. La entrega de la instalación se realizó en noviembre de 2012.

- La contratación de un técnico ha sido necesaria para definir la configuración inicial de los equipos, programarlos y poner en marcha los sistemas.

Los recursos materiales se han utilizado para montar la instalación, configurada de manera que permita el trabajo en modo concurrente de un equipo de ingenieros de diferentes disciplinas. Los distintos equipos informáticos están conectados entre sí y con el entorno audiovisual, lo que permite al ingeniero de sistemas controlar la información que se muestra en cada una de las pantallas generales, así como en los puestos de cada miembro del equipo. La conexión entre los equipos informáticos permite también el uso compartido de aplicaciones informáticas. La figura 9 permite ver la instalación y su equipamiento.



Figura 9. Infraestructura de ingeniería concurrente (uso para UPM-SAT2)

Durante el primer semestre de 2014 se ha empleado en diversos cursos de formación tanto a alumnos de la UPM como externos.

3.3. Creación de un Centro de Investigación de la Sostenibilidad de la Construcción (CISC)

Las propuestas CEI Montegancedo y CEI Moncloa presentadas incluían actuaciones relacionadas con el **sector de la arquitectura, construcción y preservación del patrimonio** (apoyadas en las actividades de la Escuela Superior de Arquitectura de la UPM). En el año 2011 se decidió integrar el previsto “Centro de Investigación de la sostenibilidad de la construcción” como una ampliación del ahora denominado CAIT (Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica)⁴. De esta forma se aseguraba una utilización óptima de los recursos y se favorecía una sinergia entre los dos campus de excelencia en los que participaba la UPM (sinergia que propugnaba, asimismo, el informe de la comisión internacional creada en 2013).

⁴ En la propuesta inicial se denominaba CEDET (Centro de Demostración).

Se inició en 2011 el concurso para la obra de ampliación y en 2012 se ha desarrollado con normalidad terminándose la misma a finales del año 2012 y realizándose su ocupación efectiva en marzo de 2013. Durante el año 2013 se han realizado diversas instalaciones eléctricas, de red, conexión de fibra óptica, etc. para poder iniciar la actividad con las instalaciones necesarias. En esta ampliación se ubican dos unidades que complementan las actuaciones previstas en el CEI Montegancedo en su propuesta inicial y que son:

- **Centro de Investigación y Estudios Superiores del Patrimonio Cultural (CIESPC)**, Centro de estudios propio de Universidad Politécnica de Madrid, que incluye el Laboratorio de fabricación 3D (FABLAB) procedente de la Escuela Superior de Arquitectura de la UPM. Con esta actuación se pretende acelerar el uso de las TIC en el sector de la arquitectura y expresamente en la recuperación y gestión del patrimonio histórico artístico. Esta actuación se realiza en colaboración con el CEI Moncloa.
- **FAB-Lab**, espacio común de interacción que permitirá actuar de laboratorio de servicio de diseño e impresión 3D para las actividades de carácter empresarial y de atención a usuarios que se pongan progresivamente en marcha. El FAB-LAB dispone, asimismo, de sistemas de corte (véase figura 10).



Figura 10. Instalación del laboratorio FABLAB en el CAIT de sistemas de impresión

Durante el primer semestre de 2014 se ha producido el comienzo efectivo de actividades del CIESPC (formación en GIS) y los servicios de diseño e impresión 3D ofrecidos por el FabLab.

3.4. Laboratorios de experimentación con usuarios (Living Labs)

En esta actuación se contempla el mantenimiento de los simuladores tecnológicos y los proyectos de los "Living Lab" situados en el Campus de Montegancedo con objeto de acelerar el desarrollo hacia el mercado de tecnologías innovadoras creadas en la UPM o en determinados spin-offs de la misma.

3.4.1. Living Lab Espacios del Futuro

Introducción

Esta actuación pretende construir y mantener un **entorno de experimentación y demostración de Tecnologías y Conceptos para los Espacios del Futuro** (Experience_Lab o ExpLab), como espacios contextuales e inteligentes⁵.

El Experience_Lab habrá de servir de observatorio y de espacio de demostración, de creación cooperativa y evaluación de conceptos avanzados de tecnologías y servicios para los Espacios del Futuro (públicos o privados). Entre otros, se están considerando conceptos de espacios sensorizados, tecnologías para interacción avanzada (gestual, táctil, etc.), objetos aumentados, dispositivos personales avanzados, técnicas de monitorización y otros elementos susceptibles de componer "experiencias" en los espacios inteligentes de la "smart city". La iniciativa está basada en la **filosofía de open innovation**, por la que las ideas y sus desarrollos evolucionan en entornos multidisciplinares en los que el usuario tiene un papel central en todo el ciclo de vida de generación de valor.

Finalmente, determinadas tecnologías seleccionadas, pre-demostradas y evaluadas en el Laboratorio, se implantarán de manera piloto en determinados espacios "reales". Por ello, el Experience_Lab dispondrá también de **recursos para gestión y configuración de infraestructura remota**.

Desde el punto de vista de los recursos, como se detallará más adelante, la actuación con cargo a los fondos para el Campus de Excelencia es de dotación de la infraestructura y gastos materiales necesarios para el despliegue, realizándose la I+D necesaria relacionada en otros proyectos y con otra financiación (principalmente procedente de proyectos CENIT, y fondos privados y propios de la UPM). Específicamente, los objetivos que pretende esta actuación de dotación de infraestructura son:

⁵ La idea inicial surge del desarrollo del proyecto CENIT "Hotel del Futuro" ampliando su ámbito de aplicación a cualquier otro espacio interior inteligente.

- Dotar un espacio para la **demostración, evaluación y validación de usuario de tecnologías y conceptos de servicio** en diversos nichos, inicialmente orientado al hotel, pero también a otros espacios y a la propia ciudad.
- Disponer de unas facilidades específicamente desplegadas para **analizar diferentes ámbitos funcionales de un espacio inteligente complejo**, como por ejemplo: interacción y comunicación, aspectos energéticos, objetos inteligentes u organización y productividad, desde una perspectiva de integración multidisciplinar.
- Disponer de un **espacio para fomentar la creatividad para el desarrollo de conceptos y servicios**, combinando metodologías abiertas de generación de soluciones por grupos de agentes complementarios, con el usuario final jugando el papel central. Específica y prioritariamente además, el Laboratorio habrá de servir de espacio para generar nuevas ideas de I+D por parte de los grupos de la UPM (aunque en sí mismo no es un espacio para la ejecución de I+D tecnológico).
- Disponer de un **espacio vivo para mantener una periódica y continua relación con diversos sectores empresariales** concernidos por el ámbito de aplicación para concebir servicios emergentes y evolucionar tecnologías inmaduras a través de la interacción y cooperación (abierta) con investigadores de la UPM y usuarios.

Descripción de la actuación

a) Trabajo realizado:

La actuación, concebida para desarrollarse en cinco años, está organizada en tres fases, con objetivos e hitos identificados. La primera ha comprendido hasta 2012, la segunda se extendió durante 2013 y la tercera comenzó en enero de 2014 y se extenderá hasta diciembre de 2015.

Fase 1 (2011 - 2012): Construcción e infraestructuras básicas y despliegue de tecnologías: Acondicionamiento de los primeros espacios del laboratorio y despliegue de las primeras tecnologías y conceptos experimentales. Despliegue de la primera Demo Room provisional, que acoge experimentos y demos en un entorno de laboratorio ideado para ensayar y demostrar conceptos de tecnologías y servicios en condiciones controladas. Esta fase se concluyó en enero de 2013.

Fase 2 (2013): Despliegue en los espacios definitivos (160 m²) de los conceptos del Experience_Lab: instalación de las Experience Rooms, espacios acondicionado para emular algunas estancias y contextos de un espacio avanzado. El espacio del Experience_Lab está

concebido como un espacio multifuncional preparado para componer fácilmente estancias y/o contextos reales de un espacio público o privado.

En la actualidad, **el espacio está organizado en estancias con estructuras adaptables para configurar diversos ambientes e integra infraestructuras embebidas de sensorización, tecnologías de presentación/visualización ubicuas y tecnologías de interacción con objetos inteligentes.** Durante 2013 se realizó un nuevo despliegue con los servicios evolucionados y complementos de decoración.

Los objetivos básicos de esta Fase consisten en la reproducción en el Experience_Lab, en condiciones cuasi-reales, de escenarios y experiencias determinadas, basadas en tecnologías existentes y disponibles precomercialmente o precompetitivas.

Fase 3 (2014-2015): Demostraciones y evolución del Experience_Lab. Durante esta fase, se realizarán las actividades de implicación de los usuarios y agentes del sector, incluyendo empresas de tecnología, y se realizarán diversas actividades de identificación de tecnologías valiosas y diseminación interna hacia los grupos y Centros de la UPM, y de difusión hacia el exterior. Será una fase de continua evolución y adaptación de los servicios a nuevas oportunidades y aplicaciones. La previsión es que los primeros socios externos se incorporen al ExpLab en 2015.

b) Resultados más significativos

Además de los avances en la misma dotación de infraestructura, durante 2013 y en el primer semestre de 2014, se han desplegado y puesto a punto diversos demostradores, que componen en la actualidad el primer despliegue estable del Experience Lab (véase figura 9). Entre otros, mencionamos los siguientes ejemplos (todos ellos ya desplegados y operativos en su segunda o tercera versión):

- **Demostrador de localización de usuario** con tecnologías radio (bluetooth, wifi y zigbee): el sistema es capaz de determinar con precisión de sala o recinto la posición del usuario y ofrecerle los servicios contextuales relevantes y en el dispositivo local apropiado.
- **Demostrador de proximidad de usuario a determinadas balizas:** el sistema es capaz de determinar el dispositivo próximo al usuario y, correspondientemente, presentarle contenidos multimedia o cualquier otra información de interés en el dispositivo apropiado.

- **Demostrador de realidad aumentada** en tabletas, con localización precisa basada en sistemas de ultrasonidos, en sistemas RFID y en cámaras de vídeo: con estas tecnologías y otras complementarias embebidas en el dispositivo, el usuario puede evaluar diversos conceptos y servicios de realidad aumentada en interiores.
- **Demostradores del uso de dispositivos personales para interacción:** usando los dispositivos integrados en el smartphone (acelerómetros, NFC, etc.) y tecnologías de infraestructura y redes, los demostradores permiten experimentar conceptos de interacción con el entorno y sus objetos usando gestos y movimientos.
- **Demostrador de interacción gestual** basado en Kinect: el demostrador permite realizar acciones (incluidas las domóticas) con gestos de interacción natural.
- **Demostrador de ventana virtual:** permite simular la impresión de una ventana en un observador cuyos movimientos y actitud se siguen con dispositivos ópticos.
- **Demostrador de plataforma de fusión de sensores y actuadores:** sistema de monitorización centralizado, que permite visualizar y gestionar diversos sistemas de sensores y actuadores ubicuos en el entorno del Explab.

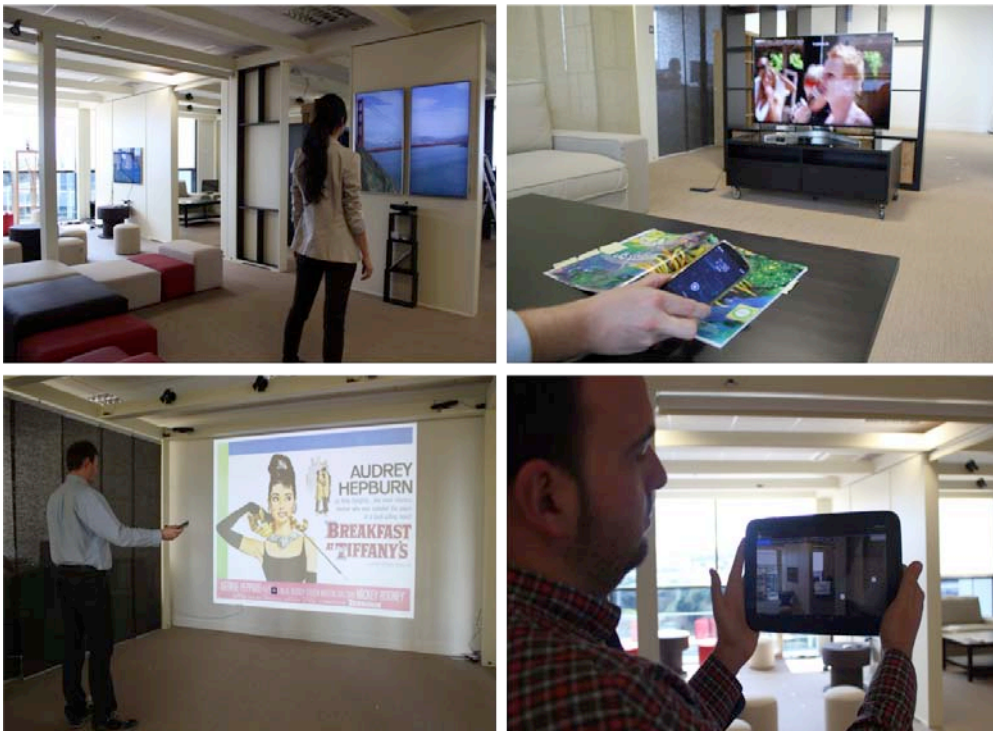


Figura 11. Utilización del laboratorio de experiencias “espacios del futuro”

Estos demostradores están desplegados en los espacios del Experience_Lab, componiendo servicios en forma de “**experiencias de usuario**”; es decir, no en forma de demos de laboratorio, sino integrados en espacios que simulan estancias reales. Algunas de las

“experiencias” han sido sometidas ya a pre-evaluación de usuario, con la participación de usuarios líder.

Las instalaciones del ExpLab han sido visitados, en esta fase de instalación, por numerosas empresas y personas interesadas en las tecnologías y servicios desplegados; también por varios grupos de estudiantes de especialidades de postgrado. Se hace notar, no obstante, que **la fase de difusión, diseminación y transferencia de tecnología está prevista para el bienio 2014-2015**, periodo en el que además está prevista la maduración de los servicios y la concepción de innovaciones, que habrán de surgir por la interacción cooperativa entre varios agentes complementarios.

3) Uso e impacto

En estos primeros meses en los que las instalaciones del ExpLab de Espacios del Futuro llevan en funcionamiento operativo, la actuación ha dado ya algunos resultados notables y, aún más importante, empieza a configurarse como una instalación capaz de proveer un notable recorrido en términos académicos y de innovación; en los párrafos que siguen, se resumen brevemente algunos resultados académicos y algunas previsiones de uso futuro.

a) Resultados académicos: Sólo en 2013 y en lo que va de 2014, en el ExpLab, se han desarrollado 10 proyectos fin de carrera o tesis fin de máster, 8 tesis doctorales (en realización actualmente), se ha generado una patente y se han publicado, en relación con los servicios desplegados en él, 16 publicaciones internacionales, cuyas referencias abreviadas se dan a continuación:

1. -2014. A Gesture-Based Method for Natural Interaction in Smart Spaces. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, in press.
2. 2014. A Lightweight Web of Things Open Platform to Facilitate Context Data Management and Personalized Healthcare Services Creation. Int. J. Environ. Res. Public Health, 11, 4676-4713.
3. 2013. MECCANO: a Mobile-Enabled Configuration framework to Coordinate and Augment Networks of smart Objects. Journal of Universal Computer Science, Vol. 19, Is. 17.
4. 2013. Activity logging using lightweight classification techniques in mobile devices, Personal Ubiquitous Computing, Vol.: 17, Is. 4, pp. 675-695, Springer London.
5. 2013. An Open Architecture to Enhance Pervasiveness and Mobility of Health Care Services. In *Evolving Ambient Intelligence*, pp. 296-307. Springer International Publishing.

6. 2014. A system to enable level-of-detail mobile interaction with augmented media objects. esIoT Workshop. Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, accepted, to be published.
7. 2013. ARTHE: Experiencing Projected Augmented Reality with THings of the Everyday," Ubiquitous Intelligence and Computing, 2013 IEEE 10th International Conference on and 10th International Conference on Autonomic and Trusted Computing (UIC/ATC), pp. 495,501.
8. 2013. A gesture-enabled method for natural identification in smart spaces, 16th International Conference on Information Fusion (FUSION), pp.827,834.
9. 2013. Using a platform for mobile gesture-based interaction to control smart objects. In Proceedings of the 11th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '13).
10. 2013. A Review on Mobile Applications for Citizen Emergency Management. In *Highlights on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*, pp. 190-201. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
11. 2013. A multi-device framework to increase self-awareness for health and disease prevention, *IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications & Services (Healthcom)*, pp.110-114.
12. 2013. An Evidential and Context-Aware Recommendation Strategy to Enhance Interactions with Smart Spaces. Proceedings of Hybrid Artificial Intelligent Systems, Lecture Notes in Computer Science, Volume 8073, pp. 242-251.
13. 2013. Indoor Augmented Reality Based on Ultrasound Localization Systems. Highlights on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems.
14. Communications in Computer and Information Science, vol. 365, pp. 202-212.
15. 2013. PERSEO: A system to personalize the environment response through smart phones and objects. Proceedings of PerCom Workshops, pp. 640-645.
16. Submitted. Design and user experience assessment of Kinect-based Virtual Windows. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments.
17. Submitted. PERSEO: A system to Personalize smart Environments through Smartphones, sensors and media Objects. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments.

b) Visitas y contactos: En este período se han recibido visitas de decenas de personas y realizado reuniones sobre tecnologías y servicios concretos con multitud de empresas e

instituciones, como por ejemplo: INDRA, CGI, Everis, Gennion, Fractalia, Banco Santander, Centro Innovación BBVA, SEGITTUR, etc.

c) Previsiones de uso futuro: el plan de actuaciones completo para el ExpLab preveía 2014 y 2015 como los años no sólo de consolidación sino también de impulso, con la puesta en marcha de actuaciones de innovación a partir de las tecnologías en maduración, posiblemente con socios empresariales y/o institucionales. Las primeras acciones se empiezan a dar ya con socios próximos del campus, como el banco Santander o el start-up Gennion. Sin embargo, una gran parte del trabajo futuro pasará por definir, durante el último trimestre de 2014 y todo 2015 por definir la política de propiedad intelectual y de transferencia de tecnología, y las de alianzas e internacionalización.

3.4.2. Living Lab y Demostrador de Televisión Tridimensional (Dem-3DTV)

Introducción

El objetivo principal del **Demostrador de Televisión Tridimensional** es experimentar y desarrollar nuevas e innovadoras tecnologías referentes al campo del vídeo 3D. Por ello, una de sus metas es disponer de una infraestructura adecuada que sirva de soporte para la investigación, el desarrollo y la prueba de equipos de televisión tridimensional, para lo que se considera la cadena completa de manipulación de la señal, constituida por:

1. **Adquisición**: sistemas de cámaras para la captura de información visual bajo múltiples vistas.
2. **Representación**: conjunto de procedimientos y normas para la caracterización de las señales de forma única y conjunta, permitiendo el intercambio, el almacenamiento y la transmisión de las mismas.
3. **Codificación**: conjunto de procedimientos y normas para la reducción del volumen de información necesario para representar las señales y así conseguir tanto un almacenamiento como una transmisión más eficientes.
4. **Posproducción**: sistema de posproducción 2D y 3D para solventar los problemas de adquisición en las secuencias de vídeo tridimensional tanto por cámaras estereoscópicas mono chasis como configuradas en *rig*.
5. **Distribución**: sistema de transmisión 3D en tiempo real sobre redes IP que permite una comunicación con sensación de presencia real.

6. **Visualización:** sistemas de presentación visual de las señales estereoscópicas y multivista, que muestran vistas diferentes según la posición de cada observador, permitiéndoles percibir que la información visual ofrece profundidad y perspectiva.

Desde sus inicios, el Dem-3DTV ha tenido como objetivo crear un entorno de innovación, experimentación y co-creación, donde los investigadores, empresas, organismos de estandarización e instituciones públicas buscan juntos nuevas soluciones, nuevos productos o nuevos servicios, involucrando activamente al usuario real en los procesos de investigación, fomentando la cooperación.

Descripción de la actuación

a. Equipamiento adquirido

El objetivo de dotación, acondicionamiento y puesta en marcha del Dem-3DTV se ha cumplido, estando en funcionamiento desde principios del pasado año 2013. El equipamiento adquirido es el siguiente:

- **Sistemas de captura:** El Dem-3DTV se dotó de un completo sistema de cámaras 3D de cuerpo único (semi-profesionales y de consumo) y cámaras 2D montadas en *rig*, permitiendo adquirir contenidos visuales bajo múltiples vistas. De esta manera, el Dem-3DTV puede generar sus propios contenidos digitales que son utilizados, entre otros cometidos, para la publicación de sus resultados de investigación.
- **Sistemas de audio e iluminación:** El Demostrador se equipó con un sistema de iluminación adecuado para llevar a cabo rodajes mediante inserción de un *chroma*. También fue dotado tanto de un sistema de captura de audio compatible con todas las cámaras disponibles en el Dem-3DTV, como de un sistema de audio envolvente que permite generar experiencias inmersivas.
- **Sistemas de posproducción:** Se adquirieron varios sistemas de manipulación de la señal estereoscópica, tanto educacionales como profesionales, que cubren las necesidades de sistemas de DI, edición, composición, efectos y etalonaje para producciones 2D y 3D estereoscópicas, con cualquier resolución desde SD hasta 2K, que trabajan con *time-line* en tiempo real usando equipos de alta gama, y proporcionando capacidades creativas y técnicas superiores a las herramientas estándar ofrecidas por otros sistemas alternativos de etalonaje y *finishing*.
- **Sistemas de visualización:** El Dem-3DTV se dotó de una amplia gama de sistemas de visualización 3D: varios monitores y televisores estereoscópicos (dos vistas) de gafas

activas y pasivas de hasta 55”, un proyector estereoscópico de gafas pasivas, un televisor autoestereoscópico de 9 vistas y un monitor autoestereoscópico de 28 vistas que ofrecen imágenes diferentes según la posición de cada observador permitiendo percibir la información visual con profundidad y perspectiva. Estos sistemas se utilizan en la demostración de nuevas tecnologías y resultados de investigación, tanto propios como de empresas que lo necesiten.

- **Sistemas de reproducción:** Para facilitar la visualización de contenidos 3D dentro del Dem-3DTV se adquirieron varios sistemas de reproducción, los cuales generan señales 3D compatibles con los sistemas de visualización existentes, sin pérdida de resolución.
- **Sistemas de procesamiento de información:** El Dem-3DTV se completó con múltiples sistemas de procesamiento, los cuales se encargan de la digitalización, el análisis, la codificación y la representación de las señales de vídeo estéreo 3D.

b. Resultados obtenidos

1. Pruebas de calidad subjetiva de vídeo 3D

Debido a su carácter de Living Lab, el Dem-3DTV tiene como razón de ser la colaboración con empresas tanto del sector audiovisual como del sector de las telecomunicaciones, en todos los estadios de la actividad innovadora para generar una fertilización cruzada. Una de las principales actividades hasta el momento del Dem-3DTV ha sido el diseño y realización de pruebas de calidad subjetiva y de calidad de experiencia (QoE) de vídeo 2D y 3D para organismos de estandarización, como MPEG, y consorcios de empresas dentro de proyectos europeos:

- Pruebas de calidad subjetiva 3D *Video Coding Standard* para MPEG.
- Proyecto JEDI: “*Just Explore Dimensions: End to End High Definition 3DTV for Consumer*”.
- *Subjective quality assessment of an adaptive streaming model*.

El objetivo de estas pruebas era **evaluar los diferentes algoritmos de codificación propuestos por múltiples empresas**, cuantificando el impacto de los errores de transmisión en la calidad percibida por los espectadores, y otros aspectos, tales como la sensación de malestar que en ocasiones produce la visualización de vídeo, tanto dentro de entornos clásicos como en entornos realistas. El resultado fue el **desarrollo de un estándar de codificación de vídeo 3D**, denominado 3D *Video Coding* (3DVC) y el desarrollo de técnicas que permiten monitorizar la calidad de estos servicios y proporcionar contenidos de alta calidad que no causen malestar visual a los usuarios. Estas pruebas han proporcionado al Demostrador reconocimiento

internacional gracias a las publicaciones realizadas por su propio personal de investigación y por organismos de estandarización (MPEG).

2. Diseño, desarrollo y optimización de algoritmos

Los avances en tecnología estereoscópica en formatos de representación y sistemas de codificación eficiente, junto con los canales de transmisión que envían información a velocidades muy elevadas, están permitiendo que la espectacularidad del 3D se aplique también a las transmisiones en directo, dando paso a sorprendentes posibilidades. Ya que las transmisiones de contenidos 3D en directo sobre redes IP todavía se encuentran en fase experimental, **en el Dem-3DTV se está investigando y desarrollando nuevos métodos y algoritmos para la transmisión de vídeo 3D a alta velocidad usando sistemas eficientes de compresión de vídeo 3D sobre las redes IP actuales** que establezcan comunicaciones con sensación de presencia real.

Por último, se implementó un **software de codificación y descodificación en tiempo real basado en el estándar *Multiview Video Coding*** y múltiples programas auxiliares para la composición de secuencias de vídeo 3D estereoscópico para diferentes formatos de representación de imágenes 3D, los cuales están siendo utilizados en varias de las etapas de la cadena de manipulación de la señal, como por ejemplo en las de distribución y visualización, pudiendo modificar las señales adquiridas por los sistemas de captura disponibles para conseguir un almacenamiento y una transmisión más eficientes.

3. Generación de contenidos digitales propios

El Dem-3DTV ha detectado la carencia de contenidos 3D adecuados para poder realizar la investigación dentro de proyectos, tanto europeos como nacionales. De manera habitual se recurre a una serie de secuencias estándar disponibles en MPEG, o incluso a algunos contenidos de demostración de productos comerciales, con el consiguiente problema de derechos de propiedad y de uso a la hora de publicar resultados. Debido a esto, se suele recurrir a los contenidos disponibles en MPEG, que no son los más adecuados, pero que permiten la repetición o comparación con el resto de investigadores y proyectos.

El Dem-3DTV está dando sus primeros pasos en la generación de contenidos 3D. Inicialmente han sido usados para la publicación de sus propios resultados de investigación, pero a largo plazo se pondrán a disposición de empresas del sector audiovisual y de investigadores de universidades y de proyectos de investigación tanto nacionales como europeos.

4. Formación de personal en 3DTV

Actualmente el Dem-3DTV está usando su equipamiento para la formación de alumnos de la UPM. Los alumnos de grado han realizado prácticas de generación y manipulación de contenidos digitales 3D dentro de las asignaturas actuales de “Televisión Tridimensional” y “Laboratorio de Televisión Digital”. Por otro lado, tanto los **alumnos de grado como de máster hacen uso del equipamiento para la realización de trabajos de investigación conducentes a la realización de, respectivamente, Proyectos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster**. Los alumnos de doctorado también están haciendo uso del equipamiento para sus investigaciones conducentes a la realización de la Tesis doctoral.

1. Uso e impacto

a. Artículos

1. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Report of Subjective Test Results from the Call for Proposals on 3D Video Coding Technology", Doc. N12347, Geneva, Switzerland, Nov. 2011.
2. J. Li, J. Gutiérrez, R. Cousseau, M. Barkowsky, F. Jaureguizar, J. Cabrera, N. García, P. Le Callet, "Evaluation study of Preference of Experience in 3DTV: influence of system, context and human factors", *Displays* (En revisión).
3. S. Tavakoli, K. Brunnström, K. Wang, B. Andrén, M. Shahid, N. García, "Subjective quality assessment of an adaptive video streaming model", IS&T/SPIE Int. Conf. on Image Quality and System Performance XI, San Francisco (CA), USA, SPIE vol. 9016, pp. 90160K-1-xx, 3-5 Feb. 2014. (doi: 10.1117/12.2040131).

b. Demostraciones y colaboraciones realizadas dentro del Dem-3DTV

El Dem-3DTV ha colaborado, organizado y dado soporte a la realización de innumerables demostraciones de tecnología de vídeo 3D a empresas del sector audiovisual y de las telecomunicaciones, permitiéndoles la utilización del equipamiento existente dentro del Dem-3DTV para la evaluación de los equipos. A continuación se muestran algunos ejemplos de las diferentes colaboraciones y demostraciones realizadas dentro del Dem-3DTV:

1. Colaboración con cadenas de televisión en la realización de entrevistas a investigadores y Start-Ups de la UPM (figura 12)



Figura 12. Grabación TV 3D

2. Participación activa en diferentes eventos de la UPM (figura 13)



Figura 13. Eventos CAIT

3. Colaboración con el “club Innovatech” de la UPM



Figura 14. Colaboración con el CAIT

4. Demostraciones a empresas y personalidades políticas



Ministro de Educación de Marruecos



Next Limit



Meeting international Advisory board



Grupo Banco Santander



Eduardo Serra



Silicon Oasis Dubai

Figura 15. Visitas al Demostrador TV 3D

c. Líneas futuras

1. Investigación

Dentro del Dem-3DTV se busca:

- Desarrollar un **sistema de escaneo 3D de personas rápido y de bajo coste** que permita generar modelos 3D que puedan ser animados para su uso en diversas aplicaciones de gráficos 3D y realidad aumentada, como pueden ser videojuegos o probadores virtuales.



Figura 16. Sistema de escaneo

- **Analizar el impacto de los errores de transmisión en la calidad de experiencia percibida** por los usuarios finales, siendo un aspecto especialmente crítico en visualización de vídeo 3D en aplicaciones de videoconferencia. En este sentido, se propondrá una estrategia robusta de transmisión de vídeo estereoscópico en la que los procesos de codificación y protección del vídeo se basan en factores de percepción visual. Para este trabajo se utilizarán secuencias grabadas en el mismo Demostrador.



Figura 17. Errores de transmisión

2. Proyecto "Oficina Bancaria del Futuro"

En 2012, la UPM y el Grupo Santander (Santander, Isban y Produban) decidieron crear el Living Lab de "**La Oficina Bancaria del Futuro**" en el Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica (CAIT) en el Campus de Excelencia de Montegancedo. Se tomó la decisión de llevar a cabo este proyecto junto con los Living Labs situados en el CAIT y el Centro tecnológico Open Middleware (COM) (UPM- Grupo Santander) también situado en el Campus de Montegancedo.

Dentro del proyecto mencionado, el **Dem-3DTV** busca desarrollar:

- Un **sistema de comunicaciones audiovisuales con percepción de profundidad para ofrecer una experiencia de inmersividad y proximidad**. El desarrollo de este sistema de comunicación con sensación de presencia, contribuirá en gran medida a acercar a las personas, proporcionando las mismas sensaciones que un encuentro presencial sin necesidad de desplazamiento. Estas nuevas capacidades en los sistemas de comunicación abren las puertas a nuevas y mejores formas de relación cliente-empresario.
- Un **sistema de localización y seguimiento de múltiples personas dentro de una sucursal bancaria por medio de información visual capturada y procesada por el propio sistema**. Gracias al mismo será posible obtener datos de gran interés para la evaluación de las sucursales bancarias como, por ejemplo, el tiempo medio de espera de los clientes y el comportamiento típico de los mismos.

3. Cursos de especialización en posproducción 2D y 3D

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través de la entidad pública empresarial Red.es y la Universidad Politécnica de Madrid, han establecido un **Centro de Producción y Experimentación en contenidos digitales dentro del Dem-3DTV**, el cual cuenta con un sistema de posproducción 2D y 3D avanzado basado en la solución Mistika 2K de SGO con módulo estereoscópico. Con este sistema, se busca impartir cursos de especialización a estudiantes y

profesionales que estén interesados en el estudio de los problemas en la generación de la señal y su posterior etapa de posproducción.

3.4.3. Living Lab de Banca del Futuro

En el año 2012 la UPM y el grupo empresarial Santander (Santander, Isban y Produban⁶) decidieron crear y operar conjuntamente en el CAIT un **laboratorio de experiencias sobre la “banca del futuro”** en estrecha relación con otros laboratorios de experiencias también abordados en la convocatoria correspondiente al presente informe (“espacios del futuro” y “TV-3D”). La concepción de un laboratorio de experiencias en el sector bancario debe separarse claramente del establecimiento de “oficinas piloto” en las que proceso o tecnologías finales puedan probarse en entornos reales o también la existencia de “salas de demostración” en las que el usuario es un mero espectador de la solución expuesta; en estos casos la tecnología está suficientemente madura para probarse en entornos reales pero en los que usuarios y diseñadores no interaccionan para generar nuevos servicios.

La idea fundamental que subyace tras el desarrollo de un laboratorio de experiencias en el sector bancario es la de **“explorar” cómo las tecnologías avanzadas de la información y las comunicaciones afectan al proceso bancario y ayudar a interpretar el comportamiento del usuario en experiencias controladas.**

La transferencia de tecnologías, productos o servicios a oficinas piloto del Banco Santander se ha concebido como una fase posterior una vez llevadas a cabo y analizadas experiencias complejas que permitan extraer consecuencias sobre su posible despliegue. En todo caso, la existencia de un entorno físico en el que usuarios potenciales puedan reconocer fácilmente la estructura de una oficina bancaria es importante por lo que el esfuerzo de instalación ha sido mayor que el de otro living Lab centrado únicamente en aspectos tecnológicos.

La UPM ha creado este laboratorio de experiencias en su calidad de **socio tecnológico del Grupo Santander en estrecha conexión con el centro tecnológico conjunto de “Open Middleware”**. La financiación ha procedido de los fondos obtenidos en la resolución aludida y de acuerdos firmados con el Grupo Santander. La figura 18 resume los objetivos del Laboratorio de experiencias en Banca del Futuro.

⁶ Isban es la compañía de desarrollo software del Grupo y Produban es proveedor de soluciones para el Grupo y asume la responsabilidad de desplegar y operar la infraestructura de IT.

Tipos de proyectos	Descripción	Ejemplos ilustrativos
Exploración Tecnologías	<ul style="list-style-type: none"> •Análisis teórico-práctico sobre tecnología de interés para el grupo 	<ul style="list-style-type: none"> •Informe sobre tecnologías de identificación biométrica •Usos de la futura Web Semántica en Banca •Relación Smart-Cities y servicios financieros
PoC Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> •Pruebas de las tecnologías o experiencia de uso en el Living Lab •Construcción de simulaciones de experiencia en el living lab 	<ul style="list-style-type: none"> •Diseño de oficina futura con realidad virtual •Uso de interfaces táctiles en oficinas simuladas (living lab) •Ejemplos de uso de realidad aumentada en oficinas
PoC Campus	<ul style="list-style-type: none"> •Extensión de una PoC en el Living Lab a otros Labs (pe. Realidad virtual) o recursos del campus (p.e. participación estudiantes en experimento) 	<ul style="list-style-type: none"> •Red social financiera campus •Verificación usabilidad tecnologías biométricas (pe. Comparar huella, con venas, mano y dedo en grupos de voluntarios del campus)

Figura 18. Living lab de banca del futuro

La idea inicial ha sido combinar diversos canales de entrada de operaciones en la estructura de una oficina bancaria para satisfacer las necesidades de los futuros clientes. La figura 19 expresa esta idea en la que la funcionalidad bancaria esta progresivamente desacoplada del uso de canales de acceso específicos proporcionados por nuevos servicios móviles de comunicaciones.

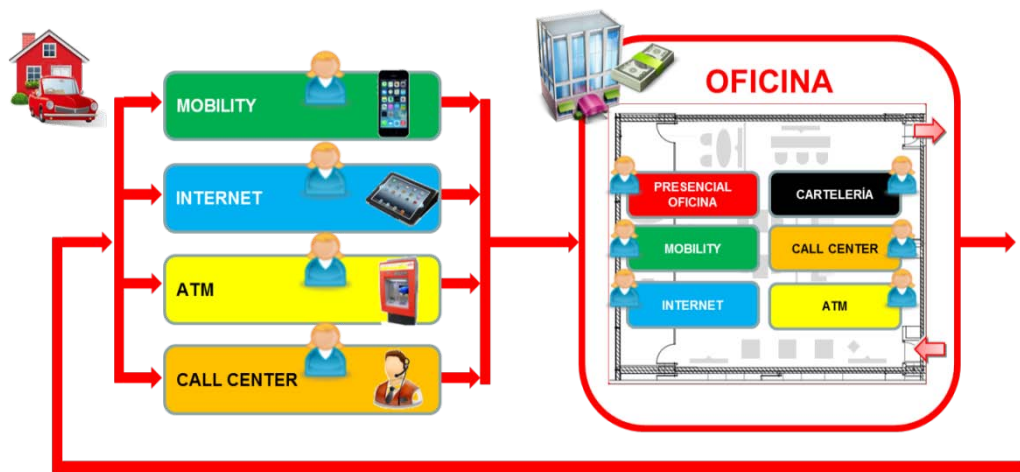


Figura 19. Estructura conceptual del living lab sobre "Banca del Futuro"

En este caso concreto **la UPM ha incorporado las siguientes tecnologías** desarrolladas por diversos grupos de investigación pertenecientes a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación y del Centro de Investigación en Domótica Integral (CEDINT) situado en Montegancedo⁷:

⁷ Other UPM technologies related to energy efficiency and home automation from CEDINT could be added as complementary aspects in new branch design but they do not constitute the primary role of the initiative.

- a. **Internet de las cosas** (redes de sensores distribuidos en espacios cerrados para geolocalización, seguridad, identificación de dispositivos, etc.)
- b. **Servicios móviles multidispositivo para video conferencia** (experiencias de sesión multidispositivo en tiempo real).
- c. **Captura y procesamiento de video 3D** en áreas específicas, escenas e individuos (en la medida de la posible con reconocimiento de caras).
- d. **Identificación y autenticación biométrica** (voz, huellas, firma en el aire, o combinación de ambas).
- e. **Plataformas software abiertas** para controlar el desarrollo de servicios y “viajes de clientes (“Customer journeys”). Esta plataforma deber permitir también la incorporación sencilla de nuevos dispositivos y servicios.
- f. **Sistemas de videoconferencia multi-punto banda ancha** y otras tecnologías de comunicación vdeo basadas en web para cubrir experiencias dentro y fuera del laboratorio.
- g. **Escaparates interactivos digitales** con personalización de los perfiles de usuario basados en características físicas fundamentales (p.ej. hombre/mujer, joven/viejo).
- h. **Analítica y ontologías de “Big data”** adaptados al sector bancario.

Además, se han seleccionado **otras tecnologías maduras y más convencionales de empresas externas** con el fin de integrarlas en el laboratorio de experiencias y ser capaces con ello de ofrecer un escenario cercano a la realidad. En estos casos, aunque no se trate de prototipos permiten completar “customer journeys” sofisticados. El carácter abierto del laboratorio de experiencias permite, asimismo, la integración de productos y servicio de PYMEs y spin-offs de la UPM así como facilitar la cooperación posterior con los grupos de investigación de la UPM⁸.

Los grupos de investigación de la UPM proporcionarán una interfaz de aplicación (API) sobre la que otras empresas (o el mismo grupo Santander) puedan desarrollar sus propias aplicaciones finales. Esta plataforma de intermediación (“middleware”) proporcionará la base para un laboratorio de experiencias “abierto”. El uso de FI-WARE (<http://www.fi-ware.eu/>) promovido desde la UE⁹ se está considerando como una opción de futuro.

⁸ Obsérvese que este enfoque puede verse como la construcción de un “mini-ecosistema abierto” alrededor de la experimentación sobre la banca del futuro con diferentes tipos de actores y niveles de compromiso.

⁹ FI-WARE es una plataforma innovadora y abierta basada en “cloud” para la creación y despliegue de forma eficiente en coste de aplicaciones y servicios de internet del futuro a una escala no vista hasta

El enfoque seguido implica la **necesidad de definir e implementar un entorno de Desarrollo software (SDE)** que debería servir para acelerar el desarrollo del ecosistema abierto de Montegancedo al que se ha referido este Informe anteriormente (como ejemplo, puede ser empleado por equipos en el proceso de creación de un spin-off y acelerar y madurar su proceso de creación).

La figura 20 representa esquemáticamente el diseño de espacio y el equipamiento básico proporcionado para las experiencias de usuario en los denominados “puntos de interacción (“touch points”). La figura también representa algunas de las tecnologías de visualización que serán empleadas en el laboratorio.

Cada zona principal representada en la figura 20 puede participar en múltiples escenarios y puntos de interacción con los usuarios con el fin de permitir la experimentación con diferentes propósitos. Obviamente, el laboratorio es altamente configurable por lo que otras “zonas”, “escenarios” o “puntos de interacción” pueden añadirse en el futuro acompañando la evolución de la tecnología y de los servicios bancarios.

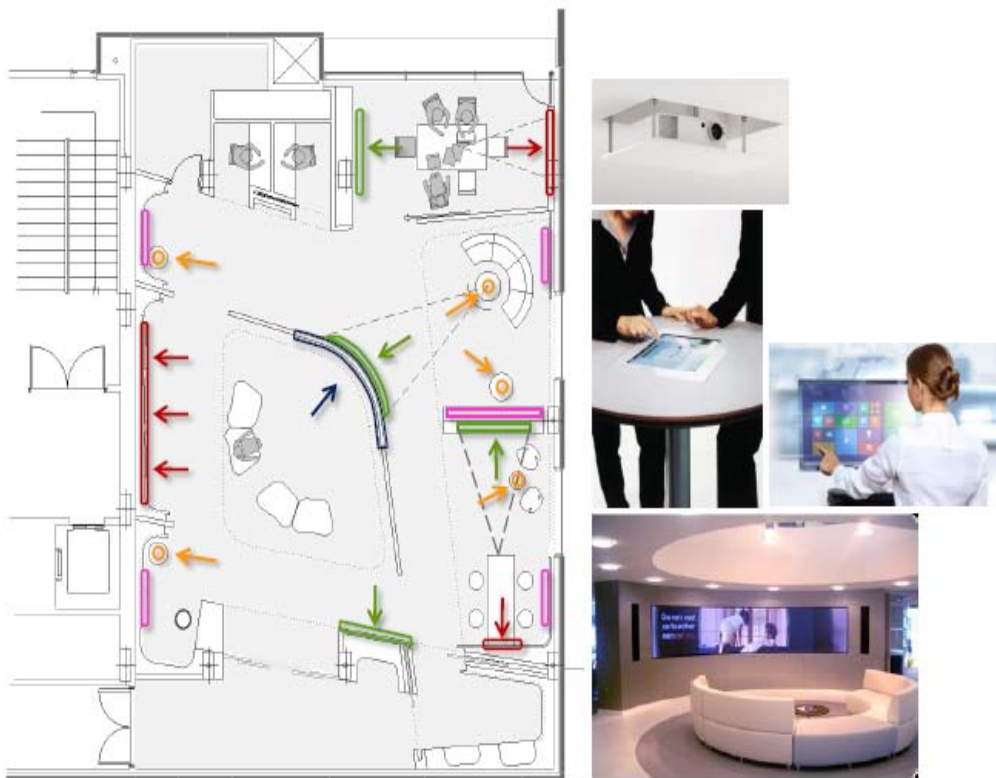


Figura 20. Laboratorio de experiencias sobre la banca del futuro (visión tecnológica)

ahora. Las especificaciones de la FI-WARE API son públicas y libres de regalías, generadas por el Desarrollo de una implementación de referencia abierta que acelere la disponibilidad de productos y servicios comerciales basados en las tecnologías de FI-WARE.

El diseño realizado permite la posibilidad de múltiples “viajes de usuario” (no representados en la figura 20) con los escenarios y las tecnologías relacionadas que se describen seguidamente:

- Área externa
- Área de operaciones nocturnas
- Área de bienvenida e identificación
- Área de autoservicio
- Área de información
- Área de espera
- Área de consulta personalizada
- Área de reuniones

La disponibilidad de múltiples “escenarios” y “puntos de interacción” permite configurar un número elevado de “viajes de cliente”. El diseño realizado ha permitido actuar de forma tan independiente como sea posible desde un conjunto pre-existente de viajes de cliente. Obsérvese que las zonas planificadas en el laboratorio fueron definidas desde la perspectiva de usuario y no desde la perspectiva tecnológica dada la rápida evolución de ésta. La intención es ser capaces de adaptar la infraestructura física de forma permanente en función de la realimentación recibida de los usuarios. La figura 21 proporciona una vista 3D del laboratorio de experiencias¹⁰.

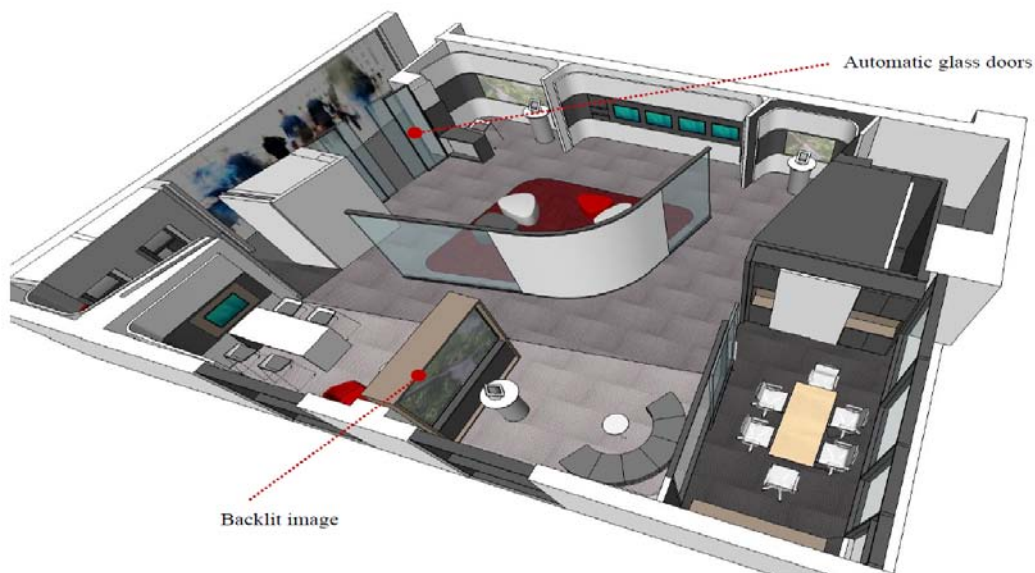


Figure 21. Experience lab on “Future banking” (3D view)

¹⁰ It is scheduled to be finished by June 2014.

Interacción con otros laboratorios

Finalmente, como se ha mencionado en una sección anterior, existe un gran interés de aprovechar la existencia de otros laboratorios de experiencias en el mismo edificio; esta oportunidad es la base de interacciones de usuario más complejas. La figura 22 describe la forma en la que se concibe esta interacción; básicamente el apoyo a “internet de las cosas” será proporcionado desde el laboratorio de “espacios del futuro” mientras que la interacción 3D será proporcionada mediante el laboratorio DEMTV3D.

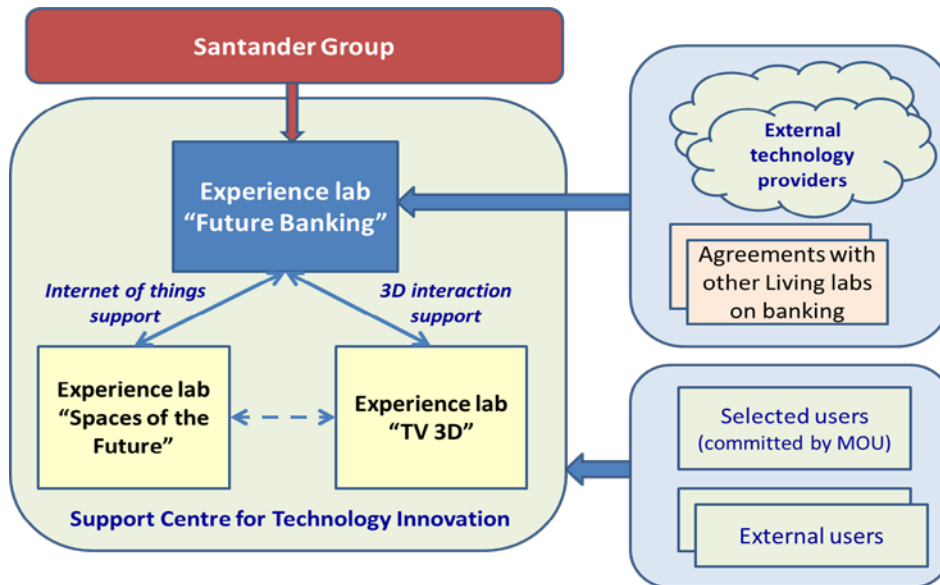


Figura 22. Contexto de interacción entre laboratorios de experiencia

La existencia de laboratorios de experiencias interconectados como se ha representado en la figura 20 ofrece otra oportunidad: diseñar experiencias de usuario sofisticadas en las que las actividades puedan llevarse a cabo en varios laboratorios. Combinando experiencias físicas en varios laboratorios instalados en el CAIT con otras de interacción con dispositivos móviles, se dispone de una plataforma de experimentación innovadora que puede soportar un amplio rango de experiencias (incluso combinando interacciones usuario-usuario).

En una segunda fase (segundo semestre de 2014 y durante 2015) la intención es seleccionar diferentes tipos de usuarios. Algunos de ellos estarán comprometidos (y apoyados) como para implicarse en proyectos de diseño cooperativo mediante la firma de acuerdos específicos mientras que otros serán usuarios externos con menores obligaciones (p.ej. estudiantes probando algunos servicios). La ubicación de este laboratorio de experiencias bancarias cerca de la Escuela de Ingenieros Informáticos (con 2.000 alumnos) facilita la puesta en marcha de experiencias avanzadas con un número elevado de usuarios motivados.

El Grupo Santander posee asimismo una pequeña oficina bancaria situada en el Campus y la intención en una fase posterior es aprovechar esta oportunidad para crear una oficina piloto con la idea de ofrecer servicios a usuarios finales inicialmente probados y refinados en el laboratorio de experiencias. La combinación de estas dos infraestructuras (separadas 150 m) ofrece un escenario polivalente para desarrollar experiencias de usuario complejas

3.5. Mejora del Campus

En el año 2013, entre las actuaciones emprendidas para la mejora del Campus financiadas mediante la convocatoria a la que pertenece este informe se encuentra la de **mejora de la iluminación**. Para cumplir con la normativa legal ha resultado necesaria la contratación de la coordinación de seguridad de las obras de ejecución.

La UPM ha llegado a un acuerdo con Philips y con la colaboración del CEDINT y el CAIT para la puesta en marcha de un demostrador de iluminación inteligente en el CEI Montegancedo dotado también de una red de sensores distribuidos diseñados por el CEDINT y acoplados en los elementos de iluminación exterior. Como paso previo se han debido realizar las canalizaciones y obras complementarias, así como ha resultado imprescindible la adquisición del cable eléctrico necesario para conexión del nuevo sistema de iluminación de los viales para vehículos.

La figura 23a describe el tipo de sensores empleados en las farolas de iluminación inteligente que se han instalado en el Campus de Montegancedo y la figura 23b permite ver el efecto de iluminación sobre las fachadas de los edificios del Campus.



a) Iluminación de bajo consumo instalada en el Campus



b) Iluminación nocturna de edificios del Campus (imagen generada)

Figura 23. Elementos del demostrador de iluminación inteligente

Este demostrador ha permitido también mejorar el entorno de iluminación exterior de zonas peatonales y aparcamientos del Campus. La ejecución se ha realizado con los siguientes elementos básicos:

- Renovación del cableado de alumbrado público (desaparecido en algunas zonas)
- Instalación de farolas con luminarias LED
- Instalación de iluminación de fachadas de algunos edificios
- Establecimiento de una red de sensores distribuidos con el fin de generar información asociada al movimiento de personas y vehículos en el Campus (instalados en las nuevas farolas).



Figura 24. Farolas de bajo consumo instaladas en el Campus

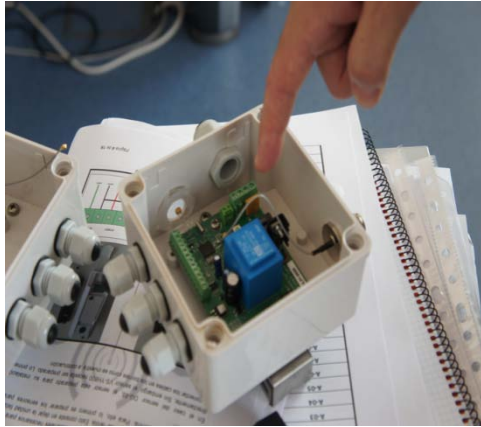


Figura 25. Sensores empleados en el sistema de iluminación inteligente

4. Conclusiones

El desarrollo del **Campus de Excelencia Internacional (CEI) de Montegancedo** persigue servir de elemento estratégico en el posicionamiento de la UPM en el apoyo a la innovación tecnológica y facilitar con ello el partenariado estratégico con el sector empresarial.

Las actuaciones realizadas con la financiación recibida descrita en el presente Informe permiten evaluar de manera global cómo la UPM ha abordado el cumplimiento de sus objetivos estratégicos para el Campus.

Madrid, 25 de junio de 2014

Gonzalo León Serrano
COORDINADOR DEL CEI MONTEGANCEDO