

**XXVI CONVOCATORIA DE PREMIO “Ingenieros de telecomunicación”**

**Resumen del  
Proyecto Fin de Carrera**

***Título: Infraestructuras de telecomunicación en viviendas unifamiliares para soporte de nuevos servicios domóticos. Desarrollo de un demostrador.***

***Autor: Iván Pau de la Cruz***

***Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación***

## **Contenidos**

Apartado 1. Descripción del trabajo realizado. ....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Desarrollo. ....	5
1.4. Conclusiones.....	6
Apartado 2. Originalidad del trabajo. ....	7
Apartado 3. Resultados.....	10
Apartado 4. Aplicabilidad práctica.....	12

### **Apartado 1. Descripción del trabajo realizado.**

#### **1.1. Antecedentes.**

En el planteamiento, consecución y verificación de los objetivos planteados en este Proyecto Fin de Carrera se ha estudiado desde su inicio la teoría y experiencia existente en materia de Hogar Digital. Esto abarca principalmente las tecnologías de red implantadas, servicios que se encuentran disponibles en el mercado, modelos de negocio previstos por operadores y las últimas propuestas existentes en los foros.

Existen iniciativas no suficientemente completas en curso para la estandarización de estos sistemas (OSGI, X10, etc.), si bien en la fecha de publicación del documento presentado aún no existía un grado de implantación extendido siendo el debate entre organismos y fabricantes un asunto muy candente.

Con el fin de completar el desarrollo de esta memoria se harán esencialmente referencias concretas a todas estas tecnologías ya que no es objetivo del proyecto su explicación.

Para la realización de la propuesta fueron de utilidad práctica los siguientes aspectos:

- Experiencia del autor del proyecto en el campo de la telemática. Habiendo sido profesor en esta área durante siete años en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), además de impartir numerosos cursos así como seminarios de master como el llevado a efecto sobre aspectos prácticos de instalaciones en edificación en el contexto del master de domótica del Centro de Domótica Integral (CEDINT) de la UPM.
- Experiencia empresarial del autor en la dotación de servicios en edificación. Siendo socio y director técnico del estudio de ingeniería Gastelut & Pau, cuya actividad se basa en la proyección y control de ejecución de instalaciones generales en la edificación. Además el autor ha firmado más de 300 proyectos visados de Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (ICT) en viviendas, llevando numerosas direcciones de obra y certificaciones en dichas instalaciones, lo cual ha supuesto una experiencia contrastada para los resultados obtenidos en el PFC.
- Experiencia del tutor del proyecto en el campo del hogar digital y tecnologías afines (sistemas electrónicos, técnicas de transmisión, etc).

## **1.2. Objetivos.**

Actualmente existen varias propuestas de arquitectura de un Hogar Digital disponibles. Éstas son realizadas por consorcios de empresas que tratan de establecer soluciones particulares y que suelen proporcionar visiones parciales de todo el sistema que debe ser el Hogar Digital. Sin embargo, son soluciones que en la actualidad se están empezando a usar y continúan en pleno desarrollo y proceso de estandarización.

Esto supone un problema debido principalmente a lo siguiente:

- Dan visiones parciales del Hogar Digital limitando su campo de acción. Si una tecnología se impone sobre el resto, también se impone su visión del Hogar Digital.
- Los usuarios están avocados a la elección de una tecnología concreta que les atará a un consorcio de fabricantes.
- Los servicios se diseñan basándose en la tecnología, no en las necesidades.

En este contexto de aplicación el principal objetivo del PFC es:

**Diseñar y validar tanto un modelo de referencia como su marco de implantación a partir del cual se permita un desarrollo del Hogar Digital suficientemente amplio para la provisión de servicios y adopción de tecnologías presentes en el mercado.**

En sintonía con lo descrito anteriormente, si un usuario que ha elegido una tecnología para instalarla en su hogar desea cambiar a otra, le resultará bastante difícil. No sólo es una cuestión de cambio de equipamiento, sino que hay que adaptar los servicios que el usuario tenía a la nueva tecnología, tarea que puede ser realmente difícil si las visiones acerca del Hogar Digital de las tecnologías implicadas eran dispares.

Para solucionar esta situación es necesario definir un modelo de arquitectura que integre todas las tecnologías disponibles a corto y medio plazo y que permita un desarrollo flexible de los servicios del Hogar Digital, sin condicionarlos en ningún aspecto.

Por otro lado el entorno físico en donde se mueven estas tecnologías es la vivienda. La vivienda es el sitio elegido por muchas personas para su descanso. Por ello debe cumplir los requisitos fundamentales de tranquilidad, habitabilidad, comodidad, usabilidad, accesibilidad, etc. La realización de obras para la inserción de los mecanismos del Hogar Digital es algo que, además de costoso, causa rechazo a los usuarios por las molestias provocadas.

Por tanto es un punto clave y **objetivo específico y operativo** *definir también una infraestructura mínima de registros y canalizaciones que debe tener una vivienda para permitir su transformación en Hogar Digital.*

En este proyecto se aportan dos soluciones a los problemas anteriormente expuestos:

- Se definirá un modelo de arquitectura que permita integrar soluciones tecnológicas heterogéneas y facilite la generación de servicios de una forma homogénea.
- Se estudiará y planteará la infraestructura necesaria en la vivienda para permitir la instalación de los dispositivos del Hogar Digital sin necesidad de alterar las condiciones iniciales de ésta. Para ello se realizará un estudio de la normativa vigente referente a Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, discutiendo su idoneidad para el nuevo entorno planteado y solucionando sus posibles carencias.

Para concluir el proyecto, se realizará un proyecto de infraestructura de telecomunicaciones para un conjunto de viviendas unifamiliares.

### **1.3. Desarrollo.**

El desarrollo del PFC se ha estructurado en cuatro partes según se refleja en su memoria mas detalladamente:

- Parte 1: Se presenta el Hogar Digital, describiendo el concepto de Hogar Digital, los servicios soportados y las tecnologías en las que se basa. Corresponde al capítulo 2.
- Parte 2: En esta parte se detalla la propuesta teórica del proyecto. En primer lugar se presenta el modelo de arquitectura de Hogar Digital en el capítulo 3 y después un estudio y propuesta de los requisitos de infraestructura en el interior de la vivienda en el capítulo 4.
- Parte 3: Se discuten y reflejan las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto y las líneas futuras de trabajo, algunas ya en marcha, tras la consecución de ésta propuesta según recoge el capítulo 5.
- Parte 4: Proyecto técnico de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones para conjunto de viviendas unifamiliares, modificado con las recomendaciones dadas para el Hogar Digital. Será Anexo a la memoria.

## **1.4. Conclusiones.**

Las tecnologías actuales del Hogar Digital y sus mecanismos de provisión necesitan fuertemente marcos de integración como el desarrollado para una transferencia efectiva al mercado de ICT que redunde en su uso generalizado por parte de la sociedad.

Se está dedicando mucho esfuerzo que apunta al nacimiento de una nueva industria, sin embargo el proceso es más lento que lo previsto en un primer momento debido a los requisitos éticos y sociales del contexto de aplicación: la vivienda.

La respuesta en tiempo al desarrollo del Hogar Digital es un reflejo de la falta de un modelo claro sobre el que todos los sectores de la industria se puedan apoyar. Hasta que no se establezca ese marco común, no se puede trabajar uniendo fuerzas.

Los usuarios deben conocer qué es el Hogar Digital y en qué puede cambiar sus vidas. Si no se consigue llegar a éstos, será complicada la aceptación. No se puede hacer ingeniería tan cercana a las personas sin contar con ellas, con su punto de vista, su facilidad, etc. Para una aceptación y acercamiento real de las personas al Hogar Digital no es suficiente con presentar lo que se puede hacer cuando todo esté desarrollado. Es necesario comenzar a crear servicios reales y completamente operativos para demostrar que no es un futuro, sino un presente inmediato. Solo así existirá un interés claro de inversión en el Hogar Digital. Para llevar a cabo todo el proceso de la creación y despliegue de servicios, deben surgir las operadoras domóticas que permitan controlar todo el sector.

El crecimiento de servicios una vez instaurado el Hogar Digital se presupone exponencial, ya que no solo es una cuestión de comodidad, seguridad, etc. sino que en muchos casos en una verdadera cuestión de valor añadido tanto en su dimensión social como económica.

## Apartado 2. Originalidad del trabajo.

El trabajo presentado es innovador en el campo de las instalaciones de telecomunicación para la edificación, tanto en el nivel lógico de su especificación funcional como en su construcción a nivel físico.

- Creación y especificación de un modelo de arquitectura lógica homogéneo para el Hogar Digital.

Hasta el presente trabajo no existen modelos de referencia completamente estructurados que solucionen toda la problemática existente en el Hogar Digital, tanto en su acceso como en el interior de la vivienda.

El modelo definido permite total conectividad interna y externa de la vivienda, cumpliendo una serie de requisitos, no ofrecidos por completo en otras soluciones:

- 1) Conectividad total y movilidad. No hay que considerar el sistema como algo único de cada vivienda, sino como una entidad que está en cualquier sitio (virtual o real) relacionándose con otras entidades. De esta forma, no hay que diseñar pensando en que se deben resolver las necesidades de conexión de una vivienda, sino pensando en un número indeterminado de viviendas comunicando sus dispositivos de forma interna, comunicándose entre sí y comunicándose con distintos entornos en los que los usuarios de la vivienda puedan estar (aeropuerto, automóvil, etc). Un entorno de movilidad y conectividad total permitirá que los servicios contratados acompañen al usuario de forma independiente al sitio donde se encuentre, buscando, preguntando y gestionando por él.
- 2) Integración con otras redes de datos. Existen multitud de redes operativas hoy en día. Estas redes tienen usuarios y servicios asociados. La plataforma debe permitir la integración con las redes (TV Digital, redes domóticas anteriores, etc) para favorecer el uso de servicios ya existentes. De esta forma no comienza de cero la creación de nuevos servicios. Si se consigue una buena integración además no sería necesario un gran despliegue de infraestructura, ya que se podría usar la ya existente. Este es el concepto de capilaridad de las redes, llegar hasta el último sitio posible.
- 3) Fiabilidad. Debe cumplir requisitos estrictos de fiabilidad y tolerancia a fallos. Hoy en día, cualquier sistema tiene como requisito importante la

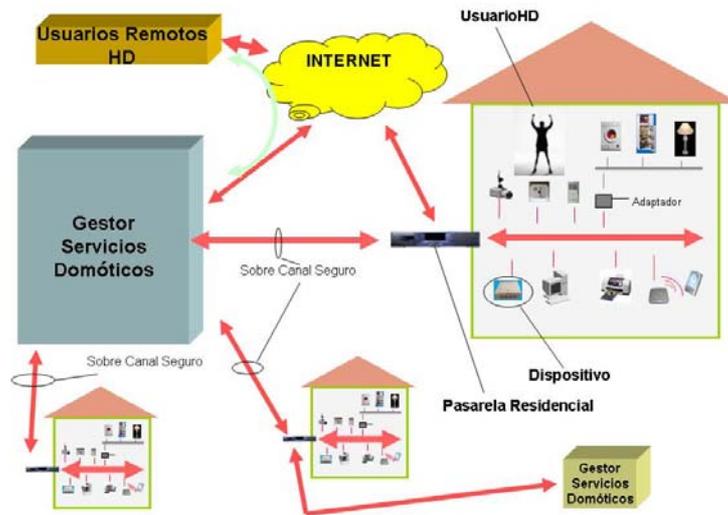
fiabilidad en las comunicaciones, pero en el sistema detallado en éste documento adquiere especial importancia debido a su uso final: servicio directo a las personas.

- 4) Simplicidad. La experiencia de otras plataformas que existen actualmente indica que los sistemas cuya implementación y despliegue es ágil suelen tener mejor acogida que sistemas complejos. Esto es debido sobre todo al tiempo de aprendizaje y a los recursos necesarios para conseguir su correcto funcionamiento. No sólo se buscan sistemas de fácil implementación, sino sistemas que no requieran multitud de agentes para la llevar a cabo la funcionalidad y que dejen a niveles superiores toda la funcionalidad del servicio.
- 5) Facilidad de configuración. Las redes que materializan el sistema en estudio son redes domésticas. En estas redes se debe asumir la existencia de personal poco especializado que no tiene por qué tener conocimientos de los parámetros básicos de configuración de una red telemática. Es necesario que las entidades de la red sean sencillas de configurar o a ser posible autoconfigurables de forma que a los usuarios simplemente se les de opción a decidir acerca de algún parámetro muy sencillo y que tenga que ver más con el servicio que demanda que con la conexión de dispositivos.
- 6) Seguridad. En las redes del hogar digital la seguridad es un parámetro muy importante debido al tipo de información que puede ir por ellas: variables de control de la vivienda, gustos personales, datos clínicos, etc. Por todo lo dicho, la seguridad será un factor que influirá notablemente en el diseño del sistema. Para ello, se estudiarán los problemas actuales de seguridad existentes en las redes telemáticas intentando minimizar su impacto.
- 7) Extensibilidad. Un aspecto muy valorado en los sistemas actuales es su capacidad de ir añadiendo, de forma dinámica y bajo petición, nuevas funcionalidades. Este proceso se suele realizar por medio de extensiones.

Además de cumplir todas las características citadas, el modelo tiene jerarquía plana de entidades basado en redes de pares (modelo P2P) lo que garantiza la estabilidad a largo plazo.

Para concluir el modelo presentado, se introduce el posible modelo de negocio en el que aparecen los agentes gestores (*stateholders*) de Hogar Digital.

Los aspectos destacados anteriormente se recogen específicamente en la *arquitectura general* del sistema representada en la siguiente figura:



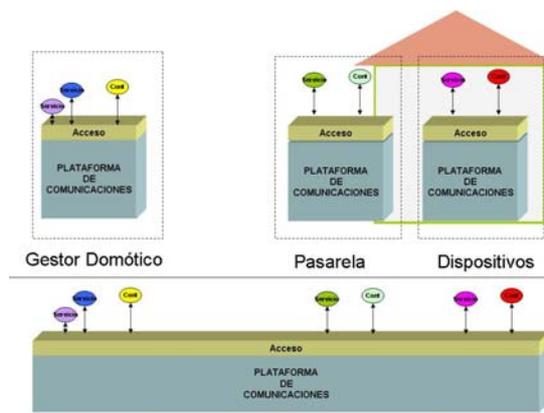
- Revisión detenida y propuestas técnicas con respecto a los reglamentos técnicos de las ICT.

La segunda parte del trabajo de innovación presentado es una revisión de la normativa técnica de las ICT existente actualmente. Esta revisión se realiza en dos aspectos:

- Comentario de la problemática existente en la instalación de las ICT en edificios de viviendas. Basado en la experiencia personal del autor del proyecto en el ámbito empresarial, se reflejan los principales problemas que suele encontrarse un ingeniero a la hora de diseñar, dirigir o de realizar la certificación de una instalación.
- Análisis de la adecuación de la normativa ICT a los requisitos del Hogar Digital. Centrándose fundamentalmente en lo referente a la infraestructura de obra civil, se analiza si el número de elementos colocados en la actualidad es suficiente para albergar las futuras instalaciones, tanto en el acceso a la vivienda como en el interior de ésta. Finalmente se plantean soluciones operativas a las carencias detectadas.

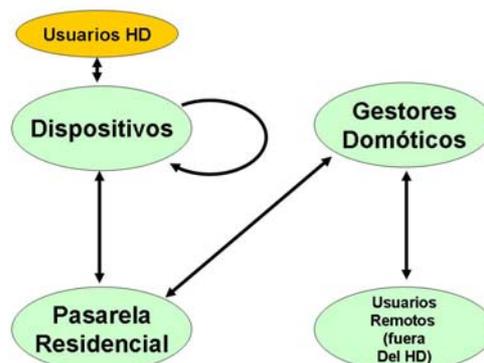
### Apartado 3. Resultados.

Tras la definición de los objetivos y requisitos del trabajo se procedió a su realización. Por un lado se ha diseñado la arquitectura lógica, que consigue cubrir todas las necesidades planteadas en los requisitos iniciales del trabajo. Dicha arquitectura está basada en estándares abiertos existentes en Internet, si bien en algún caso sería necesaria la realización de ciertas modificaciones de estos estándares que quedan reflejadas en el documento. A continuación se muestra la arquitectura de componentes desplegada en el interior de la vivienda que cumple todos los requisitos discutidos:



En la figura anterior puede verse como cada *nodo* de la arquitectura diseñada es igual que el resto, solo que adopta distintos roles según los controladores y servicios que se monten encima. Esto provee a la arquitectura de una gran capacidad de adaptación a cualquier problema. En la memoria quedan detallados todos los niveles funcionales necesarios para cubrir la funcionalidad.

También se han definido roles de las entidades que participan en el Hogar Digital, así como su interacción tal y como puede verse en la siguiente figura:



En la segunda parte del trabajo se comenta y analiza la normativa técnica de ICT. Queda descrito como para el acceso a la vivienda la normativa actual es suficiente, de forma independiente a la llegada de nuevos servicios. Sin embargo es en el interior de la vivienda donde se empiezan a detectar carencias en el Hogar Digital.

El Hogar Digital, debido a la carencia de soluciones ya establecidas, no puede tratarse como un servicio más de la ICT. Lo que se ha tratado en este documento es dejar huecos suficientes para permitir la instalación cuando lo decida el usuario.

Se ha definido una serie de recomendaciones para habilitar la vivienda como Hogar Digital. Algunas de estas recomendaciones son:

- Registros de Terminación de Red de mayor tamaño. Para meter el hardware que soporte el procesamiento definido en el modelo lógico.
- Canalización interior basada en la canalización eléctrica. La canalización eléctrica tiene una gran capilaridad en la vivienda, por lo que sería una buena práctica acompañarla con una canalización específica para servicios domóticos, de forma que pueda meterse red de datos por los mismos sitios en los que se pueda meter corriente eléctrica. Esta solución es barata mientras se construye la vivienda y aporta una gran flexibilidad.
- Lugares en los que poner tomas de datos para garantizar una instalación domótica eficiente y sin alteraciones estéticas para el usuario.

Finalmente se ha realizado un proyecto de ICT de un conjunto de viviendas unifamiliares en el que se introducen los conceptos descritos. Además de las características propias de la normativa de ICT han quedado reflejadas todas las mejoras introducidas en el trabajo, con planos específicos para nuevos tipos de instalaciones: red de sensores, redes de datos, cobertura inalámbrica, etc.

## **Apartado 4. Aplicabilidad práctica.**

La arquitectura lógica especificada en este PFC tiene un amplio campo de aplicación, gracias a su versatilidad, en multitud de instalaciones existentes. Los equipos necesarios no son complejos, requiriendo en la mayoría de los casos una adaptación muy simple para modificar su funcionamiento lo cual reduce su coste de instalación. Además se integra con todo lo que existe en el mercado (condición inicial del modelo) por lo que no supone desechar ninguna inversión realizada previamente, ni por los usuarios de las viviendas ni por los fabricantes de equipamiento.

Las mejoras físicas ya han sido introducidas y validadas en un total de siete proyectos de instalaciones de telecomunicación realizados por el autor del presente proyecto, tanto en edificios de viviendas como en edificios para otros usos (comerciales, etc). El coste de la ampliación de la infraestructura no ha supuesto un gran aumento del coste total (entre un 5% y un 7%) de la instalación y sí ha sido usado por parte de los promotores de algunas viviendas como un sello distintivo de calidad.

Desde el punto de vista socioeconómico, la aplicación de los resultados de este Proyecto Fin de Carrera es directa en referentes clave de la Sociedad de la Información como el e-aprendizaje (e-learning), la e-inclusión, e-salud, comercio electrónico u ocio digital. Sin haberse ceñido a un servicio concreto, la capacidad de interconexión de equipos y soluciones aportada por el PFC para el Hogar Digital facilita la provisión de los servicios mencionados sin que éstos dependan de una infraestructura específica como sucede en la actualidad.

Por citar un ámbito muy concreto de aplicación, podemos hablar de la utilización de los resultados del este PFC en el diseño y construcción del Hogar Digital Accesible (de 70 metros cuadrados) que ha sido desarrollado en la EUIT de Telecomunicación de la UPM con el apoyo de 12 empresas del sector. La infraestructura física y lógica planteada en este trabajo ha servido de soporte y canalizador para un servicio de apoyo a la vida independiente en el Hogar Digital para personas mayores o con discapacidad que actualmente está en fase de desarrollo. La facilidad de configuración del sistema definido en el PFC permite personalizar y adaptar dinámicamente escenarios de

aplicación (prevención de caídas, alarmas, monitorización remota, recordatorio y seguimiento de terapias, etc.) siempre que se definan detenidamente los requisitos de usuario y del servicio como las tecnologías comerciales que se desean incorporar.

El escenario de demostración, cuya evaluación se contempla en el próximo año, aportará datos relevantes tanto técnicos como económicos y de impacto de uso para la transferencia y mayor aplicación de los resultados de este PFC.