

Análisis del rol de las Casas Inteligentes en Smart City

Soraya Yagüe García

Máster de Ingeniería de Telecomunicación
Smart Cities

Víctor Monzón Baeza

Carlos Monzo Sánchez

31 diciembre 2020



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Análisis del rol de las casas inteligentes en una Smart Citys</i>
Nombre del autor:	<i>Soraya Yagüe García</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Nombre y dos apellidos</i>
Nombre del PRA:	<i>Nombre y dos apellidos</i>
Fecha de entrega (12/2020):	31- Diciembre -2020
Titulación::	<i>Máster de Ingeniería de Telecomunicación</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Smart Cities</i>
Idioma del trabajo:	<i>Español</i>
Palabras clave	<i>Domótica, casa inteligente, modernización</i>

Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras): *Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados y conclusiones del trabajo.*

El presente trabajo se centra en las Casas Inteligentes dentro del contexto de Smart Cities o Ciudades inteligentes y en la intención de un cambio en el concepto de la vivienda, el uso de energía y la tecnología para hacerla lo más sostenible y respetuosa con el medio ambiente posible.

A lo largo de este documento se analizará la situación actual de las Casas y Edificios Inteligentes partiendo desde lo más global, con los situados en el mundo fuera de Europa, a lo más particular, estudiando los situados en Europa, pero fuera de España, para por último analizar las construcciones de nuestro país.

A continuación, se procederá al análisis y estudio de las diferentes tecnologías actualmente desarrolladas o en desarrollo aplicadas en las Smart Homes, se analizará la situación actual del mercado, las normativas vigentes, las arquitecturas y topologías de las casa domóticas, la seguridad de las mismas y por último las fuentes de energía a utilizar en estas casas.

Como resultado final del presente trabajo se expondrá un prototipo de Casa Inteligente, base para futuras estandarizaciones, basado en los análisis y estudios previamente realizados, explicando su arquitectura, cada una de las tecnologías implantadas, la motivación a la hora de su elección y los objetivos y necesidades que esta cubrirá.

Por último, se describirán las posibles líneas futuras sobre las que continuar este trabajo, y se plantearán las conclusiones a extraer de este trabajo.

Abstract (in English, 250 words or less):

The following thesis focuses on Smart Homes within the context of Smart Cities. It aims to introduce a change around the actual concept of what is a home, its energy usage and the technology needed to make it more sustainable and environmentally friendly.

Along with this whole document analysis will be carried out regarding the actual status of different Smart Buildings and Homes already built, starting from the ones located around the world and outside Europe, looking afterwards to the ones in Europe but outside Spain, and finally looking into the main buildings and projects developed in Spain.

After that, the different existing technologies (or in development) applicable to Smart Homes will be studied and presented, the current market situation will be analysed, as well as the currently applicable legislation, the most common Smart Home architectures and topologies, the safety and security of these homes and the energy sources to be used.

As a result of all these, a Smart Home prototype will be developed that can be used as a baseline for future similar buildings and that will be based on the previous studies carried out in this thesis. The architecture selected and the technologies used will be explained, discussing the requirements and needs this house will cover.

Finally, future lines of work will be discussed and some final conclusions regarding this thesis will be reached.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	9
1.2	OBJETIVOS DEL TRABAJO	12
1.3	ENFOQUE Y MÉTODO SEGUIDO	13
1.4	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	15
1.5	BREVE SUMARIO DE PRODUCTOS OBTENIDOS	17
1.6	BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS OTROS CAPÍTULOS DE LA MEMORIA	18
2	CONCEPTOS DE SMART HOME	19
2.1	SMART CITY O CIUDAD INTELIGENTE	19
2.2	SMART BUILDING O EDIFICIOS INTELIGENTES	21
2.3	CASAS INTELIGENTES	23
2.3.1	DOMÓTICA DENTRO DE LAS SMART HOME	24
3	ESTADO DEL ARTE	26
3.1	PROYECTOS A NIVEL MUNDIAL	26
3.2	PROYECTOS A NIVEL EUROPEO	32
3.3	PROYECTOS EN ESPAÑA	33
3.3.1	ACADÉMICOS	34
3.3.2	EMPRESAS	41
3.4	MERCADO ACTUAL DE CASAS INTELIGENTES	43
4	COMPONENTES PARA EL DESARROLLO DE UNA SMART HOME	44
4.1	TECNOLOGÍAS DISPONIBLES O EN DESARROLLO	44
4.1.1	INTERNET OF THINGS	44
4.1.2	CLOUD COMPUTING	45
4.1.3	INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)	46
4.1.4	BIG DATA	47
4.1.5	CIBERSEGURIDAD	48
4.2	SISTEMAS UTILIZADOS	49
4.2.1	BUILDING MANAGEMENT SYSTEMS (BMS)	49
4.2.2	DOMÓTICA	50
4.3	NORMAS Y ESTÁNDARES PARA LA REALIZACIÓN DE CASAS INTELIGENTES	51
4.3.1	DISPOSICIONES LEGALES	51
4.3.2	NORMAS TÉCNICAS	52
4.3.3	CERTIFICACIONES DE CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES	53
4.4	EMPRESAS	56
4.4.1	SOMFY	56
4.4.2	DOMÓTICA INTEGRADA	57
4.4.3	WATTIO	57
4.5	DOMÓTICA DE UNA CASA INTELIGENTE	58
4.5.1	REQUISITOS Y NECESIDADES	58

4.5.2	ELEMENTOS	61
4.6	ARQUITECTURA	62
4.6.1	TIPOLOGÍAS DE SISTEMAS DOMÓTICOS	62
4.6.2	TOPOLOGÍA DE LAS REDES DOMÓTICOS	65
4.7	TECNOLOGÍAS DENTRO DE LA DOMÓTICA	66
4.7.1	TIPOS DE SISTEMAS DOMÓTICOS	66
4.7.2	TIPOS DE ESTÁNDARES DOMÓTICOS	67
4.7.3	SISTEMAS Y PROTOCOLOS DOMÓTICOS	67
4.7.4	INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS	70
4.8	CENTRO DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	71
4.8.1	ALMACENAMIENTO FÍSICO	71
4.8.2	ALMACENAMIENTO EN LA NUBE	72
4.9	SEGURIDAD	73
4.9.1	SEGURIDAD FÍSICA	73
4.9.2	CIBERSEGURIDAD	74
4.10	ENERGÍA	75
4.10.1	AHORRO DE ELECTRICIDAD	75
4.10.2	AHORRO DE COMBUSTIBLES	75
4.10.3	AHORRO DE AGUA	76
4.10.4	FUENTES DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS	76
5	PROTOTIPO	78
5.1	TECNOLOGÍAS INCORPORADAS	78
5.2	ELEMENTOS DEL SISTEMA DOMÓTICO	80
5.2.1	SENSORES Y DETECTORES	80
5.2.2	FUNCIONALIDADES Y ACTUADORES	83
5.3	ARQUITECTURA	86
5.4	ENERGÍA	89
6	CONCLUSIONES	91
6.1	DIFICULTADES Y RETOS DE LAS CASAS INTELIGENTES	91
6.2	CONCLUSIONES DEL TRABAJO Y LÍNEAS FUTURAS	92
7	GLOSARIO	93
8	BIBLIOGRAFÍA	94

Lista de figuras

Figura 1. Planificación del trabajo	15
Figura 2. Diagrama de Gantt.....	16
Figura 3. Necesidades de una casa inteligente	23
Figura 4. Capital Tower, Singapur	27
Figura 5. Shire Council Offices, Melbourne.....	28
Figura 6. Duke Energy Center, Charlotte	29
Figura 7. Mecanismo de las torres Al Bahar	30
Figura 8. Casa Cero, Utah	31
Figura 9. The Edge, Ámsterdam.....	32
Figura 10. The Crystal, Londres	33
Figura 11. Dos vistas del modelo BIM - Hospital del Mar (Barcelona).....	34
Figura 12. Arquitectura de DIN2BIM	35
Figura 13. Clínica Diagonal – Barcelona.....	35
Figura 14. Control Térmico - Lumínico – Ventilación	36
Figura 15. Distintas variables de monitorización	37
Figura 16. Arquitectura e integración de distintas variables de monitorización en el Smart Hotel.....	38
Figura 17. Funcionalidades que se obtienen con Alfred Home.....	39
Figura 18. Plano primera planta	40
Figura 19. Plano segunda planta	40
Figura 20. Ejemplo de edificio Designable.....	41
Figura 21. Domotización, automatización y control	42
Figura 22. Mercado Casa Inteligente.....	43
Figura 23. IoT en una Casa Inteligente.....	44
Figura 24. Cloud Computing en una Casa Inteligente	45
Figura 25. Asistentes virtuales para el hogar.....	46
Figura 26. Moley Robotic Kitchen.....	47
Figura 27. Ejemplo de BMS en un edificio	49
Figura 28. Sistema domótico en una casa	50
Figura 29. Somfy	56
Figura 30. Sistema Wattio.....	57
Figura 31. Elementos de un sistema domótico.....	61
Figura 32. Arquitectura centralizada.....	62
Figura 33. Sistema domótico descentralizado.....	63
Figura 34. Sistema domótico distribuido.....	64
Figura 35. Sistema domótico híbrida.....	64
Figura 36. Topologías de red.....	65
Figura 37. Z-Wave.....	67
Figura 38. ZigBee	68
Figura 39. KNX.....	69
Figura 40. Sistema X10.....	69
Figura 41. Comparación entre los tipos de almacenamiento.....	72
Figura 42. Smart Security.....	73
Figura 43. Estación meteorológica	80

Figura 44. Sensores en el exterior de la vivienda.....	81
Figura 45. Sensores en el interior de la vivienda.....	82
Figura 46. Interconexiones en la planta principal.	86
Figura 47. Interconexiones en la segunda planta.....	87
Figura 48. Diagrama de interconexiones.....	88
Figura 49. Visualización en 3D de la fachada de la vivienda	89
Figura 50. Diagrama explicativo de sistemas energéticos en la vivienda.	90

1 Introducción

1.1 Contexto y justificación del Trabajo

Las *Smart Cities* o *Ciudades Inteligentes* conceptualmente se entienden como ciudades que utilizan las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para mejorar el rendimiento y calidad de los servicios urbanos, y por con ello la calidad de vida del ciudadano, y que se encuentran orientadas hacia la sostenibilidad. Estas se sirven de infraestructuras, innovación y tecnología para reducir el consumo energético y las emisiones de CO_2 .

En ellas se utilizan una gran variedad de recursos como pueden ser paneles fotovoltaicos, transporte y vehículos eléctricos, molinos eólicos, paneles solares para semáforos y señales, bicicletas entre otros. Todo ello con la intención de lograr que la ciudad sea lo más eficiente y sostenible posible, mejorando la experiencia en el día a día al ciudadano.

Dentro de este ámbito, un punto clave de las ciudades son sus infraestructuras y dentro de ellas las casas, en las que el presente trabajo se centrará, dando lugar las *Casas Inteligentes*, las cuales, basadas en este concepto de *Ciudad Inteligente* se ayudan de la tecnología para conseguir una mayor sostenibilidad, seguridad, confortabilidad y respeto con el medio ambiente haciendo uso de materiales reutilizables en conjunción de las tecnologías.

Actualmente, la mayoría de las viviendas construidas o en proceso de construcción en España y en el resto del mundo no se encuentran alineadas con el concepto y definición de Casa Inteligente. Aunque es cierto que la inclusión de sistemas domóticos es una tendencia al alza gracias al avance de la tecnología, la mayor parte de estas siguen presentando importantes problemas en temas de consumo y sostenibilidad.

El consumo de energía de las casas, si bien con la introducción de productos y sistemas más eficientes ha disminuido con el paso del tiempo, sigue siendo bastante más elevado del que podría generarse en una casa que contara con los sistemas adecuados para adaptar su consumo al momento y las necesidades de sus inquilinos.

El origen de estas energías en la mayoría de las edificaciones no procede completamente de energías renovables. Aun así, es cierto que existe cada vez una mayor proliferación de compañías eléctricas que proporcionan electricidad generada en parte con fuentes renovables y casas (en su mayoría viviendas unifamiliares) con instalaciones de fuentes de energía como paneles fotovoltaicos, que permiten que una parte del consumo de energía proceda de energías renovables.

Añadido al problema de los altos consumos de energías no renovables de las casas, existe el problema de los materiales de construcción utilizados, siendo a día de hoy materiales no sostenibles con el medio ambiente, así como los procesos de construcción de estas, altamente contaminantes.

Hoy en día se estima que se requieren más de dos toneladas de materia prima por cada metro cuadrado de vivienda que se construye, que la energía empleada para fabricar los materiales para construir una vivienda equivale a un tercio del consumo energético de un hogar medio durante cincuenta años, y que la producción de residuos derivados de la construcción y demolición supera la tonelada anual por habitante, cifras que reflejan lo poco sostenible de los métodos de construcción actuales. [1]

Materiales de construcción habituales en cualquier casa o edificación en la actualidad como son el acero, el hormigón, el amianto, o ciertos elementos de gas radón, plomo o mercurio son altamente contaminantes para el entorno, principalmente debido al alto consumo de energía y materias primas necesarios para su obtención, producción y tratamiento, así como los problemas de reciclaje y descomposición que presentan.

Por último, se encuentra el problema de la contaminación tecnológica. Si bien es cierto que la implantación de sistemas domóticos o inteligentes en las casas es cada vez más común, gran parte de la sociedad desconoce el impacto al medio ambiente que genera la creación, utilización y disposición de estos productos.

La mayoría de los productos tecnológicos están formados por elementos como el zinc, el cobre, el hierro, metales preciosos como el oro, platino, o de compuestos metálicos como el coltán. La extracción minera, principal proveedora de estas materias primas, es una actividad de alto impacto medioambiental y paisajístico, además de estar situadas en países en vías de desarrollo, con todo lo que ello conlleva. [2]

Además, el aumento exponencial del tráfico de datos por la red debido a las nuevas tecnologías conlleva de forma indirecta a la contaminación tecnológica, ya que se necesitan centros de datos cada vez más grandes y potentes que permitan gestionar este flujo de datos.

El consumo de estos es tan elevado que se estima que hasta un 2% de la producción eléctrica mundial se encuentra dirigida sólo a esto, lo que provoca que las emisiones de gases de efecto invernadero de estos centros sea similar al de las aerolíneas.

Finalmente, prácticas de la industria tecnológica como la obsolescencia programada reducen de forma consciente la vida media de los aparatos, forzando al consumidor a la compra de uno nuevo. Todos estos aparatos, conteniendo metales y compuestos químicos, deberían ser tratados correctamente de forma que impidan el impacto de forma negativa en el medio ambiente.

El uso y reutilización de aparatos electrónicos, así como la utilización de un mayor porcentaje de materiales reciclados y reciclables deberá ser una de las claves que hagan de la domótica una práctica sostenible.

Es por ello que la implantación de Casas Inteligentes a nivel local y mundial que permitan la reducción del consumo y el impacto al medio ambiente es un tema altamente relevante, ya que los recursos que nuestro planeta es capaz de generar a lo largo de un año el ser humano los consume en la mitad de ese tiempo, por lo que se debe cambiar la forma de pensar y de utilizarlo, siendo lo más respetuosos con el posible.

La relevancia del tema es máxima ya que llegará un momento en el que ya no sea sostenible la vida tal y como la conocemos y si se realizan cambios a tiempo puede que todo cambie a mejor.

El problema que hay detrás de ello no está ni mucho menos resuelto en la actualidad y solo es posible por el momento ir realizando pequeños cambios que pueden dar lugar a esta casa inteligente, ya que actualmente sólo existen partes domotizadas dentro de la vivienda a través de asistentes virtuales, lámparas de bajo consumo, algún material sostenible, etc., pero que no constituyen una *Casa Inteligente*.

Una *Casa Inteligente* requiere de una completa domotización que permita una mayor facilidad de gestión de la misma, empezando por el control de sistemas tan simples como las luces, la calefacción, las persianas, etc. y llegando hasta la gestión y consumo inteligente de los recursos, disminución del impacto medioambiental y utilización de tecnologías menos nocivas para el ser humano.

1.2 Objetivos del Trabajo

Una vez llegado a este punto, se puede decir que la necesidad a cubrir es clara y transparente, hacer una vivienda lo más ecosostenible posible, que permita una mayor comodidad y ahorro al usuario, y que esté conectada con la ciudad inteligente haciendo uso de la tecnología.

Para poder lograr este objetivo tan ambicioso deberían de cumplirse ciertos criterios y requisitos, los cuales, serían demasiados para abarcar en un único proyecto. Es por ello por lo que este trabajo se centrará en la realización de un prototipo de domotización de una Casa Inteligente.

Para lograr este objetivo final, a lo largo de todo el documento se irán realizando diferentes subobjetivos enfocados a ese fin.

1) **Análisis de tecnologías para las casas inteligentes:**

Se comenzará con un análisis de las tecnologías para las Casas Inteligentes tanto actuales como futuras, emergentes o en marcha, e incluso proyectos que se estén llevando a cabo o ya implantadas en la sociedad.

2) **Análisis del mercado:**

Se realizará un análisis de mercado y el crecimiento del mismo. Se tendrán en cuenta los proyectos ya se implantados o en proyecto de implantación.

Otra parte relevante será la investigación de las normas, estándares y regulaciones aplicables a nivel europeo y a nivel de España para poder llevar a cabo una Casa Inteligente.

3) **Requisitos y necesidades:**

Se procederá con el estudio de los requisitos y necesidades que deberá tener o cubrir una casa para considerarse Inteligente, qué se conseguirían con dichos requisitos y qué aportaría a una Smart City.

4) **Empresas:**

Se investigarán los ejemplos y proyectos de Casas Inteligentes que se estén llevando a cabo a día de hoy.

5) **Seguridad:**

Se estudiará y analizará la seguridad de la vivienda ante ataques que pueda sufrir, los peligros que surgen y que hay que contemplar.

6) **Prototipo**

Se expondrá el objetivo final del proyecto que es el buscar un prototipo de domótica que sirva como base a futuras estandarizaciones de las casas inteligentes, y que permita mejorar las bases del sector industrial y de la tecnología a través de la inclusión de productos, sistemas y conceptos aún por desarrollar o desarrollados.

1.3 Enfoque y método seguido

El presente trabajo analizará el rol de las Casas Inteligentes dentro del actual marco temporal, tanto desde el punto de vista de la necesidad como el de viabilidad, y a continuación plantear el diseño de un prototipo de Casa Inteligente o *Smart Home*, centrado especialmente en el área de la domótica.

Para poder analizar y entender de forma precisa el concepto de Casa Inteligente que se desarrollará en este trabajo será necesario en primera instancia introducir los conceptos de Ciudad Inteligente, Edificio Inteligente y Casa Inteligente los cuales permitirán al lector entender el contexto social y medioambiental de estas, al igual que comprender sus objetivos y beneficios tanto a nivel individual como social, sin olvidar los retos y desventajas que pueden presentar.

A continuación, una vez establecidos los conceptos básicos necesarios, se procederá al estudio e investigación de todos los proyectos de Casas Inteligentes actuales y de futuro tanto a nivel nacional como internacional, que permitirán analizar el estado del arte de este tipo de edificaciones y conocer todas las bondades y carencias que presentan hoy en día.

Una vez llevado a cabo esta labor se procederá con la parte central de este documento, el cual comenzará con el estudio de las normativas y estándares existentes para Casas Inteligentes, un estudio de mercado con el que estimar el valor de inversión necesaria en los diferentes aspectos que conllevan estas edificaciones, así como un pequeño análisis de los requisitos y necesidades que un Casa Inteligente deberá cumplir para poder ser considerada como tal.

Finalmente, se procederá a investigar y analizar todos los aspectos en términos de domótica que existen hoy en día en el mercado así como los posibles avances en este campo, un área la domótica clave y básica para poder denominar a una casa como Smart, así como los riesgos que presentan especialmente en temas de seguridad.

Habiéndose llevado a cabo todos estos estudios e investigaciones, se procederá por último a la implementación de toda la información recogida de forma práctica, el diseño conceptual de una Casa Inteligente.

Como el lector descubrirá más adelante, existen diversas áreas y elementos que en conjunto conforman lo que se puede denominar una Casa Inteligente. Tales áreas van desde los materiales de construcción de esta, los métodos de obtención de energía, los sistemas y sensores domóticos a instalar o incluso la gestión de los datos recogidos por estos.

Cada una de estas áreas conlleva un aún más detallado estudio, por lo que implementar de forma conceptual todas y cada una de estas áreas en este trabajo sería un objetivo utópico. Es por ello que el área a desarrollar y en la que se centrará esta segunda parte será la de los sistemas y sensores domóticos que podrían ser instalados en una Casa Inteligente, analizando la posible arquitectura y topología de estos de forma que cumplan con las necesidades a cubrir por una Casa Inteligente.

El diseño se centrará especialmente en los componentes y sistemas existentes en el mercado a día de hoy y que pudieran ser accesibles para cualquier inquilino que desee transformar su casa en una Casa Inteligente. Para ello se estudiarán los diferentes productos disponibles en el mercado, y se analizará sobre el porqué de la idoneidad de los finalmente escogidos. Además, como valor añadido, se investigarán los sistemas y elementos que se encuentran en actual desarrollo, así como aquellos que actualmente no estén en el mercado y los cuales serían necesarios para poder alcanzar los objetivos y necesidades que debe cubrir una Casa Inteligente.

Para cerrar el presente trabajo, se expondrá de forma breve ciertas líneas futuras tanto de investigación como de desarrollo en las que podría ser de interés ahondar con las que evolucionar aún más el concepto de Casa Inteligente, tanto a nivel individual del edificio como a nivel social y medioambiental en el contexto de la Ciudad Inteligente.

1.4 Planificación del Trabajo

Para la realización del trabajo se necesitará principalmente acceso a internet para la búsqueda de información.

Las tareas a realizar son en función de los objetivos planteados anteriormente como la búsqueda de información, comparación de productos y empresas y exposición de una solución unificada.

ANÁLISIS DEL ROL DE LAS CASAS INTELIGENTES EN UNA SMART CITY

AUTOR DEL PROYECTO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN
Soraya Yagüe García	17-sept	10-ene

PECs	TAREAS	INICIO	FINALIZACIÓN	DÍAS
PEC1	Elección del Tema	17-Sep	18-Sep	2
	Búsqueda de información	19-Sep	21-Sep	3
	Definición de Objetivos	22-Sep	23-Sep	2
	Planificación	24-Sep	25-Sep	2
	Redacción	26-Sep	28-Sep	3
PEC2	Investigación Proyectos Académicos España	29-Sep	30-Sep	2
	Investigación Proyectos Empresas España	1-Oct	2-Oct	2
	Investigación Búsqueda Proyectos Académicos Europa	3-Oct	4-Oct	2
	Investigación Búsqueda Proyectos Empresas Europa	5-Oct	6-Oct	2
	Búsqueda Proyectos a nivel Mundial	7-Oct	9-Oct	3
	Redacción del Estado del Arte	10-Oct	12-Oct	3
PEC3	Análisis de tecnologías	13-Oct	16-Oct	4
	Análisis de mercado	17-Oct	20-Oct	4
	Busqueda de normas y estándares	21-Oct	23-Oct	3
	Análisis de requisitos de casas inteligentes	24-Oct	25-Oct	2
	Empresas	26-Oct	26-Oct	1
	Necesidades	27-Oct	28-Oct	2
	Domótica	29-Oct	12-Nov	15
	Arquitectura	29-Oct	31-Oct	3
	Energía	1-Nov	3-Nov	3
	Tecnologías	4-Nov	6-Nov	3
	Interconexión entre tecnologías	7-Nov	9-Nov	3
	Centro de recopilación de información	10-Nov	12-Nov	3
	Seguridad	13-Nov	15-Nov	3
	Prototipo	16-Nov	2-Dec	17
Redacción	3-Dec	6-Dec	4	
PEC4	Finalización del Trabajo Fin de Master	7-Dec	21-Dec	15
	Realización Presentación	22-Dec	31-Dec	10
PEC5	Presentación	1-Jan	10-Jan	10

Figura 1. Planificación del trabajo

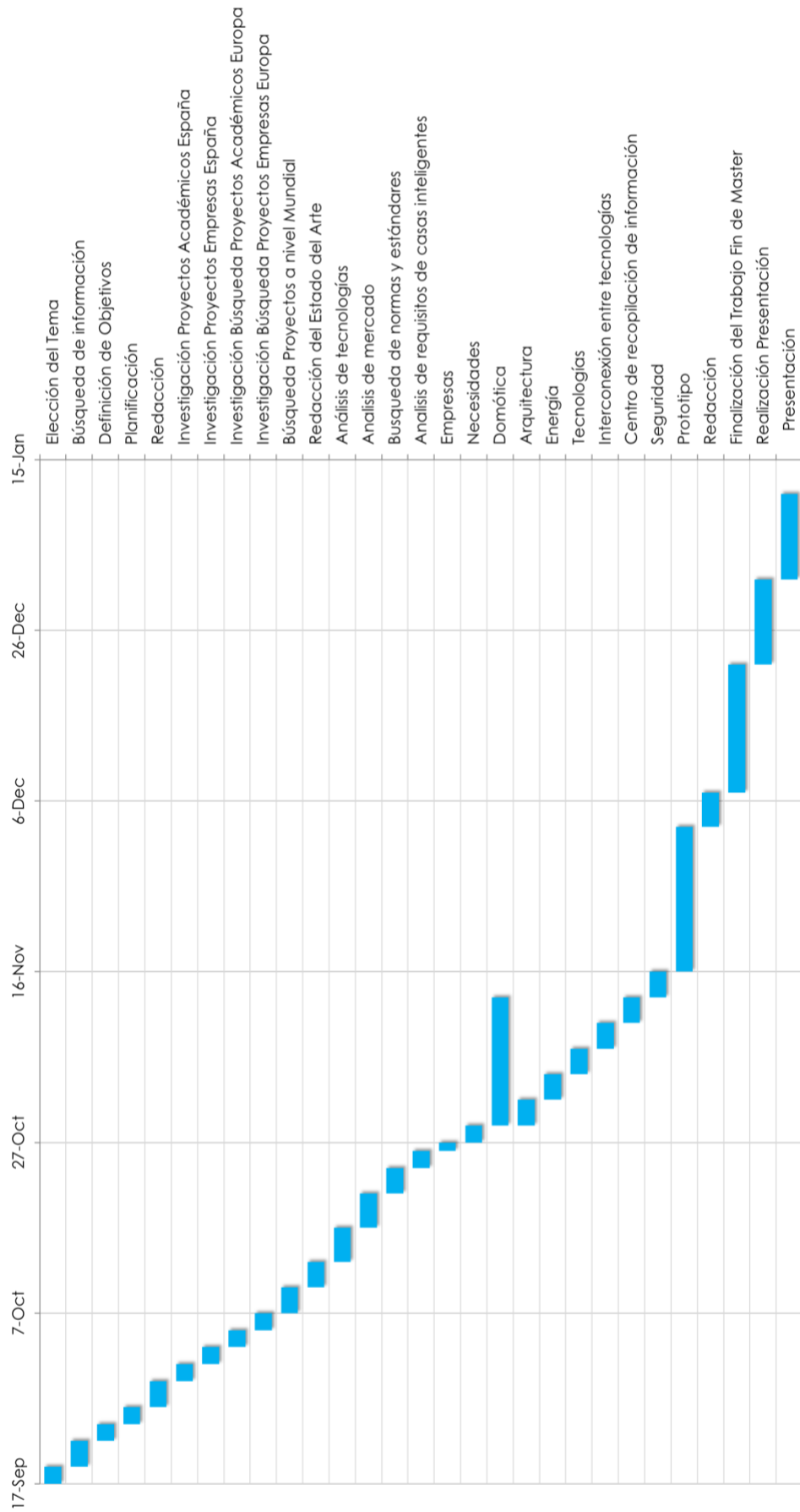


Figura 2. Diagrama de Gantt

1.5 Breve resumen de productos obtenidos

Fruto de la realización de este trabajo lo que se espera obtener en primera instancia es el conocimiento de la situación de las *Casas Inteligentes* en la actual sociedad. Esto permitirá al lector familiarizarse con las normativas y estándares actuales existentes, las inversiones necesarias a realizar, así como los requisitos y necesidades que estas casas deberán cubrir para poder ser denominadas como “*inteligentes*”.

A raíz de este estudio se conseguirá no solo la comprensión del estado actual de las *Casas Inteligentes* en sus diferentes áreas, sino que permitirá descubrir y definir aquellas carencias que existen actualmente en cada una de estas y de qué forma podrán ser cubiertas en el futuro cercano, proponiéndose posibles soluciones tanto a nivel normativo, de requerimientos o en los sistemas domóticos.

Una vez establecidos tanto los elementos conocidos y actualmente implementados en las Casas Inteligentes de hoy en día, así como las áreas a desarrollar, se propondrá un diseño conceptual de un prototipo de domótica a instalar en una Casa Inteligente, que cubra los requisitos y necesidades de esta y que pueda servir como base a futuras estandarizaciones de las casas inteligentes.

1.6 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria

Capítulo 2: “Conceptos de Smart Home”

Se expondrán los conceptos de Ciudades, Edificios y Casas Inteligentes necesarios para poder desarrollar el estado del arte en el siguiente capítulo. Además se definirá el concepto de domótica y su relación con las Casas Inteligentes.

Capítulo 3: “Estado del Arte”

Se comenzará aludiendo al marco contextual hasta el momento, comentando las ideas o proyectos más relevantes desde el ámbito más global como son las Smart Cities hasta el más específico, las Casas Inteligentes.

A continuación, se llevará a cabo un estudio de la situación de las Casas Inteligentes tanto a nivel mundial, europeo y español. En los dos últimos casos se investigarán tanto los proyectos a nivel académico que se hayan podido realizar en esta área, así como a nivel de empresas que construyan o hayan construido este tipo de casas. Esto permitirá conocer mejor de primera mano el estado actual en el que se encuentran este tipo de edificaciones. Finalmente, se expondrán los posibles riesgos y retos que puedan conllevar las Smart Homes.

Capítulo 4: “Análisis actual de una Smart Home”

Se indagarán los diferentes ámbitos como son las tecnologías utilizadas hoy en día, las normas y estándares existentes para Casas Inteligentes, los requisitos y necesidades a cubrir o las tecnologías existentes en el ámbito de la domótica.

Además, se desarrollarán de forma breve las arquitecturas que presentan estas casas, las diferentes fuentes de energía que se podrían utilizar, así como aspectos tecnológicos importantes como la interconexión necesaria entre las diferentes tecnologías, la recopilación de la información en una Smart Home y la seguridad (o problemas de seguridad) que pueden presentarse y cómo resolverlos.

Capítulo 5: Prototipo

Se procederá con el diseño conceptual del prototipo de sistema domótico que se podría implementar en una Casa Inteligente, así como con todo lo que conlleva.

Se elegirán los componentes a instalar, la arquitectura a desarrollar y en general todos los aspectos necesarios que permitan definir su topología y que permitan cubrir todos los requisitos y necesidades de una Casa Inteligente.

2 Conceptos de Smart Home

Antes de comenzar con la exposición del Estado del Arte es necesario realizar una breve introducción y explicación de tres conceptos básicos y estrechamente relacionados con las Smart Home: Ciudad Inteligente o Smart City, Edificio Inteligente o Smart Building y Casa Inteligente o Smart Home. Además se procederá a diferenciar entre domótica y Casa Inteligente.

2.1 Smart City o Ciudad Inteligente

Las *Smart Cities* o *Ciudades Inteligentes* son ciudades basadas en el desarrollo urbano sostenible aplicando la innovación y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) con el objetivo de proveerlas de infraestructuras que garanticen: [3]

- Un desarrollo sostenible.
- Un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos.
- Una mayor eficacia de los recursos disponibles.
- Una participación ciudadana activa.

Este tipo de ciudades interconectan diferentes áreas como economía, movilidad, medio ambiente, energía, seguridad, sanidad, gubernamental... permitiendo una mayor eficiencia, mejores y nuevos servicios respondiendo a las necesidades básicas de instituciones, empresas y habitantes. La base tecnológica se compone de software y hardware permitiendo el intercambio de datos e información entre los diferentes sistemas y áreas, proporcionando un punto de centralizado de control y gestión. Cada vez más Ciudades Inteligentes hacen uso de tecnologías de sensorización, IoT, algoritmos, cloud, big data, inteligencia artificial y blockchain.

En la práctica, una Smart City es una ciudad comprometida con su entorno, con elementos arquitectónicos de vanguardia e infraestructuras son soluciones tecnológicas innovadoras.

Todo esto supone una mejora en la calidad de los servicios públicos y transparencia con una administración más eficiente, accesible e inclusiva.

Paralelamente, la prestación de servicios de ciudades inteligentes por parte de organizaciones y empresas es cada vez mayor, ya sea utilizando datos abiertos o en colaboración público-privada.

Todo ello, exige a las ciudades que aspiren a ser consideradas como “*Inteligentes*” la renovación, actualización y mejora de las soluciones tecnológicas para obtener la optimización y gran calidad de vida. Esto lleva a un detalle relevante, la categoría “*Smart*” no es duradera, lo que conduce a una mejora constante.

El modelo ideal de una ciudad inteligente se basa, principalmente, en los siguientes subsistemas: [3]

- Generación distribuida: generación eléctrica repartida por el territorio, a través de un abastecimiento individualizado.
- Smart Grids redes: inteligentes interconectadas bidireccionales.
- Smart Metering: medición inteligente de los datos de gasto energético a través de telecontadores con lecturas a distancia y tiempo real.
- Smart Building Edificios: domóticos que respetan el medioambiente y que poseen sistemas de producción de energía integrados.
- Smart Sensors: recompilan los datos necesarios para hacer de la ciudad una Smart City.
- eMobility: Implantación del vehículo eléctrico y los respectivos puestos de recarga públicos y privados.
- TIC: Son las tecnologías que ayudan a controlar los diferentes subsistemas que componen la Smart City.
- Smart Citizen

Se prevé que un 85% [3] de la población mundial viva en ciudades para el 2050 haciendo que en los siguientes años se deban de afrontar ciertos problemas crecientes:

- El abastecimiento energético.
- Las emisiones de CO₂.
- La planificación del tráfico automovilístico.
- La provisión de bienes y materias primas.
- La prestación de servicios sanitarios y de seguridad a todos quienes residan en estos enormes y masificados centros de población.

2.2 Smart Building o Edificios inteligentes

Los edificios inteligentes son aquellos que poseen unas instalaciones y sistemas (climatización, iluminación, electricidad, seguridad, telecomunicaciones, multimedia, informáticas, control de acceso, etc.) que permiten una gestión y control integrada y automatizada del edificio. [4] Con esto se persigue aumentar la eficiencia energética, la seguridad, la usabilidad y la accesibilidad.

Los edificios inteligentes (*Smart Building*) recolectan la información de sus ocupantes y la sintetiza de forma que le sea útil a estos. Es un circuito de retroalimentación en la que sus ocupantes comparten información con el edificio tales como sus datos, sus tareas diarias, sus horarios, sus gastos y consumos, y el edificio a cambio se adapta y busca generar un mayor confort a sus ocupantes, procurando buscar la mayor comodidad posible para todos ellos.

Para que un edificio pueda considerarse como Smart Building debe reunir ciertas características como pueden ser: [4]

- **Ser eficiente en el consumo**
- **Sistemas de control integrados**
- **Ser seguros**
- **Ser flexibles**
- **Ser ergonómico**

Además, hoy en día cada vez más personas conciben los edificios como algo más que cuatro paredes, y se preocupan por el impacto de su edificio con respecto a las emisiones, el consumo de electricidad y en general su impacto medioambiental. Es por ello que no solo vale con crear edificios que sean inteligentes desde el punto de vista eléctrico, de comodidad o de seguridad, sino que deberá aunar todas ellas a la vez que minimiza su impacto en el medio ambiente. Un edificio inteligente debe estar construido con materiales que respeten el medio ambiente y sean reciclables, como por ejemplo el aluminio, y deberá contar con medidas que permitan la reducción de emisiones, contaminación y consumo, como pueden ser: [4]

- *Sistemas de recogida de aguas pluviales para uso sanitario*
- *Programas de recuperación de residuos y depuración de vertidos*
- *Sistemas para el ahorro de recursos*
- *Empleo de materiales saludables para el medioambiente*
- *Instalación de jardines en fachadas y terrados*

La gestión y control de las instalaciones y sistemas dentro de un *Smart Building* se lleva a cabo a través de la inmótica o automatización de edificios, que permite monitorizar el funcionamiento general del edificio, el control de acceso y seguimiento de entrada y salida de personas o vehículos al edificio, gestión del consumo de energía o el aumento de la comodidad y seguridad del edificio entre otros.

Para ello por un lado todos los sistemas y equipos que haya en el edificio deberán encontrarse conectados entre sí, lo cual requiere de una cooperación entre diferentes partes y empresas, muchas de las cuales son competidoras en el mercado una de las otras. A pesar de este reto, durante estas dos décadas ha existido una colaboración voluntaria entre diferentes empresas respecto a esto, lo cual ha derivado en la creación y adopción de estándares como BACnet® [5], Modbus® [6] y LonWorks® [7], lo cual ha igualado el mercado para todas las empresas y que ha permitido un mayor avance y desarrollo de las tecnologías y productos necesarios para los *Smart Buildings*.

Sin embargo, todo lo comentado anteriormente no sirve de nada si los datos compartidos y recopilados no son compartidos y analizados de forma centralizada, de forma que toda la información recogida puede ser procesada de forma conjunta para permitir tomar las decisiones adecuadas en cada momento. El análisis global de los datos que proporciona cada equipo y sistema no solo puede ayudar a la reducción del consumo energético, sino que puede ayudar a prevenir y anticipar averías, disminuir los costes de mantenimiento y aumentar la seguridad y confortabilidad del edificio.

Por último, un verdadero *Smart Building* utilizará todo su verdadero potencial cuando se encuentre conectado a una red eléctrica inteligente. Los mercados de las compañías eléctricas están poco a poco evolucionando hacia el concepto de “electricidad en tiempo real”, algo que permitiría a los edificios por ejemplo intentar reducir la demanda de electricidad cuando los precios de la electricidad suban, ahorrando dinero a sus ocupantes [8].

Actualmente existe una plataforma de compraventa de energía 100% renovable a través de blockchain, creada en 2018 por Siemens con el nombre de e-ing3ni@. En España consta de un proyecto piloto desarrollado con Grupo Gnera y la planta fotovoltaica Gérgal en Almería, que pertenece a la empresa Almendras de Andalucía, la plataforma se puso en marcha durante el mes de julio de 2019. Este es un primer paso para la creación de un mercado de compra venta de energía. [9]

2.3 Casas Inteligentes

Las casas inteligentes, al igual que los edificios, son aquellas que brindan a sus inquilinos confort, seguridad y comodidad en todo momento, siendo además energéticamente eficientes.

En una casa inteligente la mayoría, si no todos los electrodomésticos, sistemas de climatización, ventilación, iluminación, audio, video y seguridad se pueden comunicar entre sí y pueden ser controlados de forma remota, ya sea desde un ordenador, tablet o *Smartphone* conectado a internet.

Estos sistemas, están integrados junto a equipos de medición y control de otros parámetros de la casa como la temperatura, la humedad, etc. permiten además de proporcionar los anteriormente mencionados beneficios, contribuir a mejorar y controlar el consumo de energía, agua o electricidad de la casa, lo que conlleva una disminución del impacto medioambiental de la vivienda.

Es por tanto que al igual que con los edificios inteligentes, las casas inteligentes están diseñadas para garantizar principalmente: [10]



Figura 3. Necesidades de una casa inteligente

Desde el punto de vista de la seguridad, una casa inteligente es capaz de avisar de un incendio, o de una fuga de agua, y no solo eso, sino que es capaz de actuar en consecuencia hasta la llegada del especialista. Además, con la instalación de cámaras y cerraduras electrónicas, los ocupantes de la casa pueden ser capaces de controlar en tiempo real la casa estén donde estén.

A parte de la seguridad, las casas inteligentes aumentando la comodidad del usuario, pudiéndose adaptar la temperatura de la casa estando tanto dentro como fuera de ella, pudiéndose controlar el encendido y apagado de todos los aparatos electrónicos de la

casa, que combinado con la instalación de sensores de diversas índoles hace que las posibilidades de personalización sean prácticamente infinitas.

Por último, pero no menos importante, es vital en una *Smart Home* el ahorro y la eficiencia energética. La programación del uso de los electrodomésticos en horas de menor demanda eléctrica, la integración de la iluminación con sensores de presencia, el control de apertura de toldos y persianas utilizando sensores de luz o el control inteligente del riego a través de sensores de humedad son ejemplos de funcionalidades que permiten al ocupante ahorrar energía y reducir el consumo.

La energía en una casa inteligente no solo debe ser debidamente utilizada, es decir, de forma eficiente, sino que tiene que ser lo más respetuosa con el medio ambiente y crear el menor impacto en él. Por ello cada vez son más habituales las casas que utilizan las energías renovables como las placas solares para autoabastecerse sin necesidad de otro tipo de energías con baterías de almacenaje para las horas de mayor pico, o la utilización de fachadas y superficies que se adapten al sol para una mejor utilización del mismo haciendo así un menor uso de la luz artificial.

Otra característica que se abarcaría en una casa inteligente es la utilización de las aguas pluviales y subterráneas para el riego de jardines, cisternas de inodoros, lavadoras, todo aquello que no requiera agua potable, además de programas de recuperación de residuos y depuración de vertidos. Por otro lado, las fachadas verdes en las casas hacen que se reduzca la temperatura ayudando a reducir los gastos en la climatización, que se purifique el aire, que se reduzca el ruido ambiental interior y exterior haciendo de barrera, etc. [11]

Cada día más y más empresas lanzan al mercado productos o sistemas domóticos, que buscan alcanzar los objetivos anteriormente mencionados si bien es verdad que aún queda mucho camino que recorrer. Sin embargo, a día de hoy se lanzan al mercado cada vez más dispositivos IoT (Internet Of Things; Internet de las Cosas), capaces de recopilar e intercambiar datos utilizando sensores, haciendo que nuestras casas sean cada vez más inteligentes.

2.3.1 Domótica dentro de las Smart Home

La domótica se define como “Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda” [12] mientras que Casa Inteligente u Hogar digital es definido como “Lugar donde las necesidades de sus habitantes, en materia de seguridad y control, comunicaciones, ocio y confort, integración medio ambiental y accesibilidad son atendidas mediante la convergencia de servicios, infraestructura y equipamientos. [13]

Por lo tanto y con todo ello se ve claramente que la domótica sería una parte del conjunto de una casa inteligente. [14]

3 Estado del Arte

En base a la motivación expuesta en el primer capítulo, a continuación se realizará un estudio del estado del arte basado en los Edificios y Casas Inteligentes existentes en la actualidad, empezando por los localizados fuera de Europa, luego los situados en ella pero fuera de España y acabando con los proyectos académicos y las empresas con base en nuestro país. Por último, se comentará brevemente la situación actual del mercado de casas inteligentes.

3.1 Proyectos a nivel Mundial

Actualmente una “*Casa Inteligente*” o “*Edificio Inteligente*” es aún en gran medida un concepto o idea sobre cómo debería ser y que tendría que tener para poder ser considerada como tal. Si bien en base a secciones anteriores de este trabajo no puede decirse que exista actualmente ningún edificio o casa cien por cien inteligente en el mundo, sino que pueden encontrarse diferentes ejemplos de edificios que de una forma u otra presentan características que permiten definirlos como inteligentes, con las actuales limitaciones existentes aún en día en ciertas áreas.

A continuación, se describen algunos de estos edificios, localizados en diversas partes del mundo, que han utilizado las nuevas tecnologías y los métodos y materiales de construcción sostenibles para ponerlos a la vanguardia de la innovación.

Capital Tower, Singapur [15]

Este edificio localizado en Singapur consta de un sistema central integrado que permite la gestión de diferentes aspectos del edificio como son el sistema de gestión de electricidad, los sistemas de seguridad, las alarmas anti-incendio, o sistemas como el control de persianas, la iluminación y el control de los ascensores. El sistema, diseñado por Siemens Building Technologies presenta una red con una velocidad de datos de 100 Mbps que conecta los diferentes sistemas entre sí

El ocupante puede controlar desde el *Smartphone* ciertos elementos del edificio como es la reserva de ascensores para llegar a la hora deseada a cierta planta, acceder a las cámaras del edificio para observar cierta área o reservar una plaza de aparcamiento en un sistema de parking que automáticamente te redirige a la plaza reservada o la más cercana.

Un bonus añadido de esta edificación y que solventa uno de los mayores problemas de la domótica actuales en las casas inteligentes es que las interfaces y protocolos BAS son no-propietarios, por lo que el propietario del edificio no tiene por qué estar atado a un único fabricante de sistemas, lo que da una mayor flexibilidad a la hora de adaptar y mejorar el edificio a las necesidades del usuario.

A parte de esto, el edificio (mostrado en la Figura 4) consta de elementos y sistemas que mejoran su eficiencia energética y de consumo de agua, como son un sistema de recuperación de energía de aire acondicionado, reutilización del agua condensada en los climatizadores, sistemas de detección de movimiento para el ahorro de energía, o uso de ventanas de doble vidrio que reducen el calor que entra en el edificio. [16]



Figura 4. Capital Tower, Singapur [17]

Hindmarsh Shire Council Offices, Melbourne [18]

Estas oficinas, que pueden verse en la Figura 5, se encuentran situadas en Melbourne y fueron construidas sobre las antiguas oficinas previamente situadas en el mismo lugar. Con el objetivo de reducir su impacto medioambiental, unos de los pilares de los Edificios Inteligentes, más del 80% de los materiales utilizados en su construcción fueron obtenidos de los edificios anteriores.

Además, para reducir el consumo de energía tiene instalados diversos paneles solares de los cuales obtener gran parte de la energía que necesita el edificio, lo que junto con el uso de iluminación LED de bajo consumo, sensores de movimiento a lo largo del edificio y un sistema de ventilación cruzada que permite al edificio auto-refrigerarse, hacen que este sea prácticamente autosostenible energéticamente.

Por último, para conseguir mejorar la calidad del aire dentro del edificio, se han sustituido gran parte de los sistemas de purificación de aire que requieren de energía eléctrica por grandes paredes verticales “verdes” llenas de plantas.



Figura 5. Shire Council Offices, Melbourne.[19]

Duke Energy Center, Charlotte [20]

El Duke Energy Center (Figura 6) es un edificio considerado como uno de los más inteligentes del mundo debido a su gran ecosostenibilidad, así como la incorporación de elementos domóticos que permiten disminuir su consumo energético.

El edificio incorpora medidas como la recolección de agua de lluvia para regar las plantas y campo que rodea al edificio, así como la reutilización de millones de litros al año de agua subterránea o procedente de condensación para su uso en los sistemas de refrigeración del edificio. Además, presenta una “azotea verde” que permite reducir el malgasto del agua procedente de las tormentas y que alivia el calentamiento del edificio, sustituyendo el uso de materiales que puedan absorber calor por plantas, arbustos o pequeños árboles que lo enfrían.

Para disminuir el consumo de energía el edificio tiene instaladas cortinas móviles que se orientan con la luz del sol para reflejar la mayor cantidad de luz posible en el interior de las casas, reduciendo la necesidad de encender luces, posee sistemas con sensores de luz que permiten ajustar el nivel de luz en todo el edificio acorde con cómo varía la luz del día, y presenta sensores de presencia y movimiento para utilizar solo las luces que sean necesarias en cada parte del edificio.

Por último, más del 24% de todos los materiales utilizados en la construcción del edificio fueron procedentes de materiales reciclados y otro 34% provinieron de un radio de no más de 500 millas de distancia respecto al edificio, reduciéndose así el impacto medioambiental del transporte de materiales.



Figura 6. Duke Energy Center, Charlotte [21]

Torres Al Bahar, Abu Dhabi [22][23]

Las torres Al Bahar se encuentran situadas en Abu Dhabi, zona donde en verano las temperaturas medias rozan los 44 grados y donde el sol no da tregua.

Como consecuencia, los edificios en esta parte del mundo tienden a absorber mucha energía calorífica, que se transmite al interior, lo cual requiere de un gran sistema de refrigeración dentro del edificio para mantener una temperatura adecuada para las personas que se encuentran en su interior.

Para ello, las torres cuentan con una red de pantallas plegables adosadas a la superficie de las torres que se cierran o se abren en función de la posición del sol, minimizando el uso de energía y maximizando el confort de los ocupantes, mostradas en la Figura 7. Para esto se utiliza un software que rastrea la posición del sol, y unos sensores que miden la velocidad el viento y la radiación solar para ajustar los paneles en casos de vientos extremos o tiempos prolongados con poco sol.



Figura 7. Mecanismo de las torres Al Bahar [23]

Casa Cero, Utah [24]

La casa que se puede ver en la Figura 8 es una de las primeras en el mundo en presentar un balance energético nulo. Es tan eficiente que toda la energía que necesita la produce ella misma mediante fuentes renovables. La casa consta de cuarenta paneles solares que generan los 10 kW de energía eléctrica que necesita la casa.

Además, consta de un sistema de control y de seguridad de última generación, con un panel de control táctil que incluye estadísticas energéticas en tiempo real.

Existe sensores en todas las puertas, ventanas y demás lugares de la casa, lo que permite que el sistema integrado de la casa pueda tomar decisiones por sí misma u ofrecer recomendaciones al inquilino.



Figura 8. Casa Cero, Utah [25]

3.2 Proyectos a nivel europeo

The Edge, Ámsterdam [26]

Desde el primer minuto en el que el empleado de la consultora Deloitte se levanta ya se encuentra conectado con el edificio a través de una app específica, la cual chequea el horario del día, detecta tu coche a la llegada dirigiéndote directamente a tu plaza de aparcamiento y te busca el escritorio adecuado (nadie tiene uno fijo) en base a tu horario del día. Además, vayas donde vayas en el edificio (Figura 9), este conoce las preferencias de luz y temperatura de cada individuo, intentando adaptar el ambiente a esas preferencias.

Cuenta con paneles solares que generan más electricidad de la que consume, parte gracias a paneles LED súper-eficientes creados por Philips específicamente para el edificio, los cuales pueden iluminarse con los mismos cables que conducen los datos de Internet. Existen paneles centrales que monitorizan todo, desde el uso de energía hasta la detección de cuando una máquina de café necesita ser rellenada.

En días en los que hay menos empleados trabajando, pueden llegarse a cerrar secciones enteras del edificio, disminuyendo los gastos de calefacción y refrigeración, de luz y de limpieza.

En su interior además se encuentran pequeños robots patrulla y de limpieza, los cuales estos últimos gracias a la información proporcionada por los sensores de luz a lo largo del día saben cuáles han sido las áreas más utilizadas y por tanto más sucias del edificio.

Por último, el edificio cuenta con un gimnasio, desde el cual en ciertas máquinas se obtiene energía cuando alguno de los empleados se ejercita en ella, aprovechando la energía que se genera que de otra forma se desaprovecharía.



Figura 9. The Edge, Ámsterdam [27]

The Crystal, Londres [28]

Este edificio visualizado en la Figura 10 en la zona comercial de Londres es una clara muestra de un diseño y construcción sostenibles. El tejado está lleno de paneles fotovoltaicos que generan toda la energía necesaria. Además, el edificio posee baterías para almacenar la energía sobrante en horas de pico de luz, y proporcionarle en horas donde los paneles no pueden generar la energía suficiente.

Todo el edificio se encuentra equipado con un sistema de gestión de última generación, que incluye análisis en tiempo real y sensores avanzados como los de energía y agua, que permiten asegurar un uso eficiente de los recursos.

Además, se encuentran instalados diferentes sensores que ayudan a ajustar la temperatura, la ventilación y la luz en el edificio, para minimizar el consumo de energía.



Figura 10. The Crystal, Londres [28]

Además de todos los edificios comentados hasta el momento, durante la búsqueda de información se encontró un proyecto llevado a cabo por alumnos austriacos que simularon la estructura de una casa y la hicieron inteligente, incorporando una serie de dispositivos que se controlan de diferentes formas. Una casa en miniatura perfecta para mostrar cómo automatizar un edificio y cómo hacerlo de una forma fácil, asequible y personalizada.[29]

Para este proyecto los alumnos utilizaron “Loxone Miniserver”, producto de la empresa Loxone, la cual tiene proyectos de edificios inteligentes, casas inteligentes y productos como el comentado anteriormente.

La solución que propone Loxone para una *Smart Home* permite automatizar la mayoría de las tareas relacionadas con la seguridad, la eficiencia energética y el bienestar en el hogar. Automatización inteligente y control intuitivo de la iluminación, audio multisala, calefacción, seguridad, sombreado, gestión de energía y más.[30]

3.3 Proyectos en España

A nivel España se ha creído oportuno diferenciar entre proyectos académicos y proyectos de empresas debido a la gran cantidad de información encontrada.

3.3.1 Académicos

V Congreso Edificios Inteligentes [31]

El congreso tuvo lugar el 19 de mayo de 2019 en Madrid abordando temas como:

- Innovación en diseño, arquitectura e ingeniería de los edificios inteligentes: BIM, realidad virtual, realidad aumentada, gemelos digitales, etc.
- Tecnologías, soluciones y sistemas para la inteligencia en los edificios: domótica, BIM, IoT, ciberseguridad, vehículo eléctrico, inteligencia artificial, Big Data, robótica, Cloud, etc.
- Uso, gestión y mantenimiento en los edificios inteligentes.
- El ser humano y su diversidad en el edificio inteligente: accesibilidad, envejecimiento, telemedicina, confort, seguridad, sostenibilidad, etc.

Todos estos temas son parte de lo que constituirían un edificio inteligente. Para el marco en el que se encuentra el trabajo que se va a realizar, la parte más relevante es “Tecnologías, soluciones y sistemas para la inteligencia en los edificios”, en la cual se expusieron los diferentes proyectos expuestos a continuación.

DIN2BIM

El objetivo principal es el integrar datos estáticos (BIM) y dinámicos (IoT) de sensores en una herramienta de análisis y visualización de datos (Figura 11). Esta herramienta para gestión de edificios hospitalarios ofrece varios beneficios: sistemas de monitoreo, control y mejora de los procesos de atención, monitoreo de pacientes durante su estadía en el hospital o control de la eficiencia energética, entre muchos otros. Los usuarios podrán configurar estas aplicaciones de acuerdo con las prioridades y necesidades del hospital.



Figura 11. Dos vistas del modelo BIM - Hospital del Mar (Barcelona) [31]

El proyecto se inició en junio de 2017 y consta de tres componentes principales (Figura 12):

1. Red IoT compuesta por sensores inalámbricos, gateways inteligentes y servidores virtuales.
2. Modelo BIM para suministrar la información sobre los componentes físicos del edificio.
3. Aplicación web con visualización de modelos y análisis de datos.

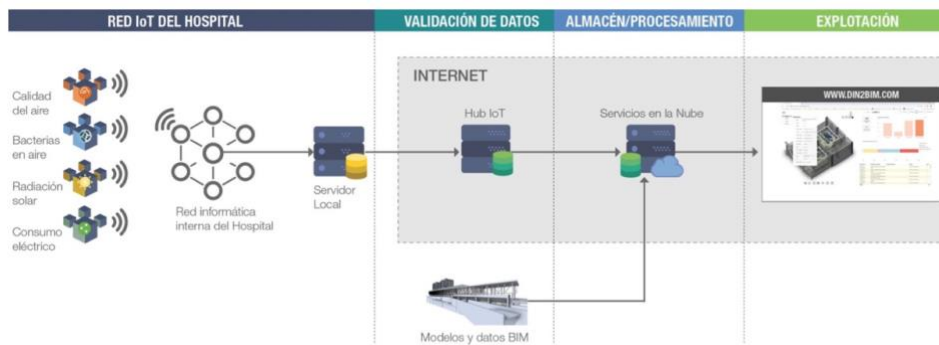


Figura 12. Arquitectura de DIN2BIM [31]

FACHADA DINÁMICA

La innovación de la fachada dinámica, implantada en la Clínica Diagonal en Barcelona y mostrada en la Figura 13 es recuperar la luz natural dentro de los edificios con un sistema sencillo de control solar automático permitiendo conseguir la luz y temperatura óptima en el interior en función de las necesidades y las condiciones meteorológicas.



Figura 13. Clínica Diagonal – Barcelona [32]

Las condiciones fuera del edificio son completamente variables ya que dependen del tiempo meteorológico con diferentes niveles de luz y temperatura exterior, época del año y el ángulo de incidencia del sol. Por ese motivo la Fachada Dinámica se comunica continuamente con el exterior mediante sensores y controles para dar una respuesta inmediata que mejoran el confort visual y térmico de los usuarios, de esta forma también se mejora notablemente el ahorro energético del edificio reduciendo las emisiones de CO₂ respetando el medioambiente.

La solución de la fachada dinámica es una innovación en la fachada tradicional incorporando un control solar automático que mejora (Figura 14):

- **Control Lumínico.** Optimizar la luz natural minimizando el uso de luz artificial
- **Control Térmico.** Mantener la temperatura entre 21°C (invierno) y 26°C (verano)
- **Ventilación Natural.** Permitir la eliminación de olores molestos



Figura 14. Control Térmico - Lumínico – Ventilación [31]

MONITORIZACIÓN HOTEL CARMEN DE LA VEGA

El proyecto constituye una oportunidad para intervenir en el deteriorado borde urbano de la Vega Sur de Granada y las oportunidades de los elementos que componen el paisaje, así como el reto que supone en el programa un hotel inteligente que incorpore la integración de diferentes sistemas IoT basados en la tecnología Libelium. La estrategia de monitorización inteligente tiene un impacto significativo en todas las fases del ciclo de vida de la edificación, desde la optimización del diseño en la fase de proyecto, hasta las operaciones de gestión y posteriormente en la fase de explotación, permitiendo extraer información valiosa relativa a la experiencia de los ocupantes, que posteriormente servirá para generar nuevas soluciones y productos turísticos.

Dentro de las soluciones previstas para las diferentes zonas de la edificación, tanto estructuralmente como materialmente, se ha optado por un sistema eficiente a efectos de reducir costes, tiempos de ejecución y almacenamiento. Refrescar de modo sostenible, sirviéndose de la tierra como elemento fundamental del solar y los elementos constructivos. Se han utilizado elementos prefabricados y sistemas industriales para su montaje, evitando de este modo acabados innecesarios y resaltando la plasticidad de los materiales, terminaciones pétreas en contraposición con el carácter flexible del conjunto. Es así como se minimizan los residuos y se reduce la afectación de las obras en el entorno.

El hotel funciona como un edificio autosuficiente, la instalación constará de diversas plataformas de sensores Waspote Plug & Sense! Conectadas al Meshlium IoT Gateway que estará ubicado en la zona del edificio central, bloque administrativo, en la zona de IoT en el interior del edificio (Figura 15).

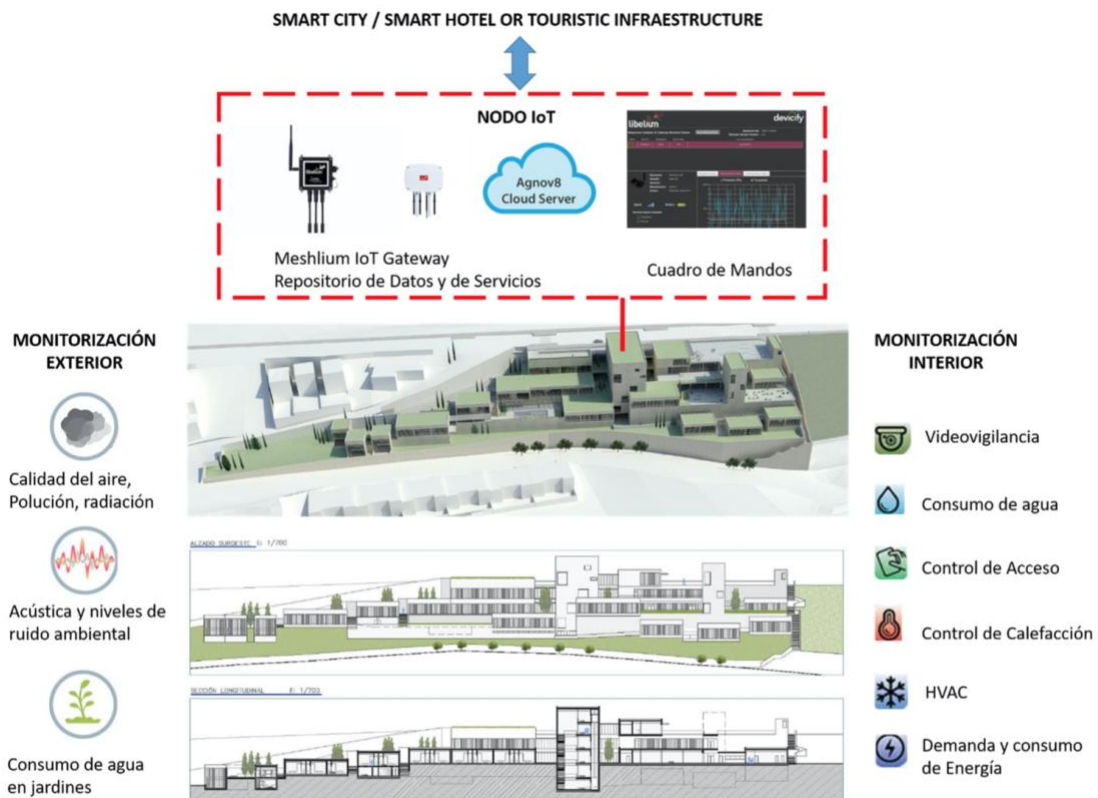


Figura 15. Distintas variables de monitorización [31]

Como se puede observar en la Figura 15 el Nodo IoT se encuentra en la zona central del edificio. Se monitorizan diversos parámetros tanto exteriores como interiores como pueden ser los niveles de ruido o la contaminación acústica en el entorno. Además, se miden los niveles de contaminación con sensores de O_3 , CO , SO_2 y NO_2 y material articulado con sensores de medición polvo. A modo general, se controlan condiciones climáticas como la temperatura, la humedad o la presión. Y para el control de los espacios interiores se incorporan diversas soluciones como son el control de ambiente con sensores de luminosidad, Smart Parking para detectar las plazas disponibles u ocupadas en el parking, sistemas eficientes de calefacción, HVAC o demanda de energía, entre otros.

En la Figura 16 se visualiza de manera más detallada la disposición de los distintos dispositivos de monitorización en una zona en concreto del complejo.

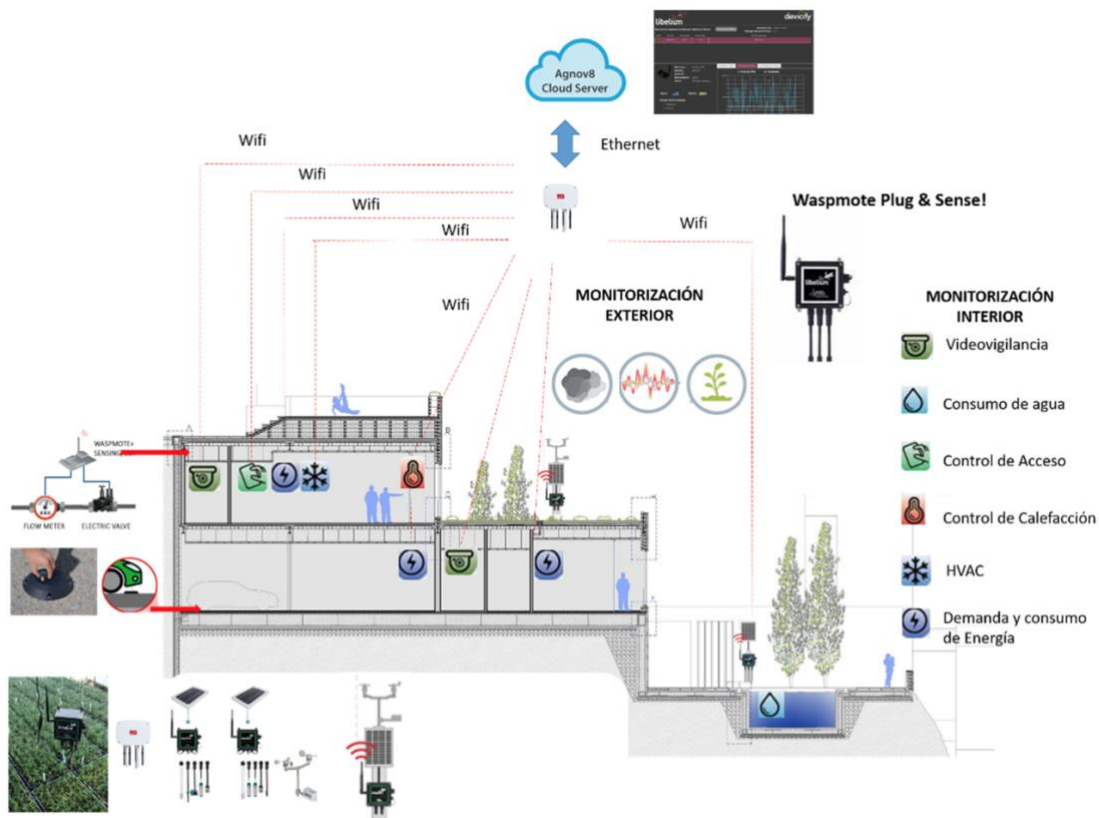


Figura 16. Arquitectura e integración de distintas variables de monitorización en el Smart Hotel

CONVERTIR UN EDIFICIO CONVENCIONAL EN UNO INTELIGENTE SIN EFECTUAR UNA OBRA

Para conseguir el objetivo de transformar un edificio convencional a uno inteligente se ubica un Gateway por cuadro eléctrico para su control eficiente en el Cloud de una forma centralizada. De esta forma no se añaden instalaciones a las ya existentes y se puede tener la gestión lógica del edificio como un único elemento mientras los cuadros eléctricos físicamente se encuentran descentralizados.

En las zonas comunes del edificio fueron instalados diferentes Alfred Gateway Community que controlan las líneas de iluminación, la climatización, la seguridad y los accesos a las zonas comunes del edificio. Por un lado, el edificio gracias a la sensorística implicada y actuación puede detectar las diferentes casuísticas y decidir si es necesario el encendido de la iluminación o el clima, según unas políticas de ahorro y unos horarios establecidos de la propiedad.

Gracias a la gestión de los accesos en las zonas comunes y al portal del edificio, los inquilinos pueden contratar servicios extras como acceso al roof top del edificio, servicios de conserjería con taquillas y zona de aparcamiento para bicicletas que aparecen en la App de cada inquilino o no dependiendo si están contratados estos servicios extra.

En cada una de las viviendas se incluyeron tecnología Smart Home de forma que la vivienda es controlada por el usuario final desde su *Smartphone* o simplemente utilizando la voz con los diferentes asistentes de voz, aunque en este caso concreto todas las viviendas fueron equipadas con el asistente de voz de Google.

Cada vivienda consta de la gestión de iluminación regulable, climatización, sombreados, accesos y alarmas técnicas. Esto proporciona un valor adicional al inquilino que dispone de la posibilidad de controlar la vivienda de forma remota pero además a la propiedad en cuanto no dispone de un inquilino y se encuentra vacía. Pueden controlar los suministros desde el panel de control, asegurándose de estar apagados cuando no hay nadie en la vivienda y además mejorar la operativa de sus equipos de mantenimiento pudiendo acceder a la vivienda sabiendo que no habrá nadie a quien molestar. Dichas funcionalidades se muestran en la Figura 17.

La implantación de la tecnología Alfred Building se completó en menos de un mes de trabajo, lo que implicó la instalación de toda la sensorística y actuadores en cada una de las 29 viviendas y en 4 zonas comunes del edificio. En menos de un mes el edificio se transformó en un edificio inteligente con un control en remoto con un Panel de Control en Cloud que puede ser gestionado por diferentes perfiles de usuarios con diferentes permisos.



Figura 17. Funcionalidades que se obtienen con Alfred Home [33]

Además de estos proyectos expuestos en el *V Congreso Edificios Inteligentes*, se han encontrado diversos proyectos de fin de grado, uno de los cuales se centra en el diseño de la instalación eléctrica y domótica en vivienda unifamiliar de dos plantas con jardín y piscina.

En este proyecto se llevaron a cabo los cálculos pertinentes a nivel eléctrico para la instalación, se indicaron los componentes eléctricos que serían necesarios para llevar a cabo el proyecto y la localización de cada una de las partes tal y como se muestran en los planos de la Figura 18 y Figura 19.

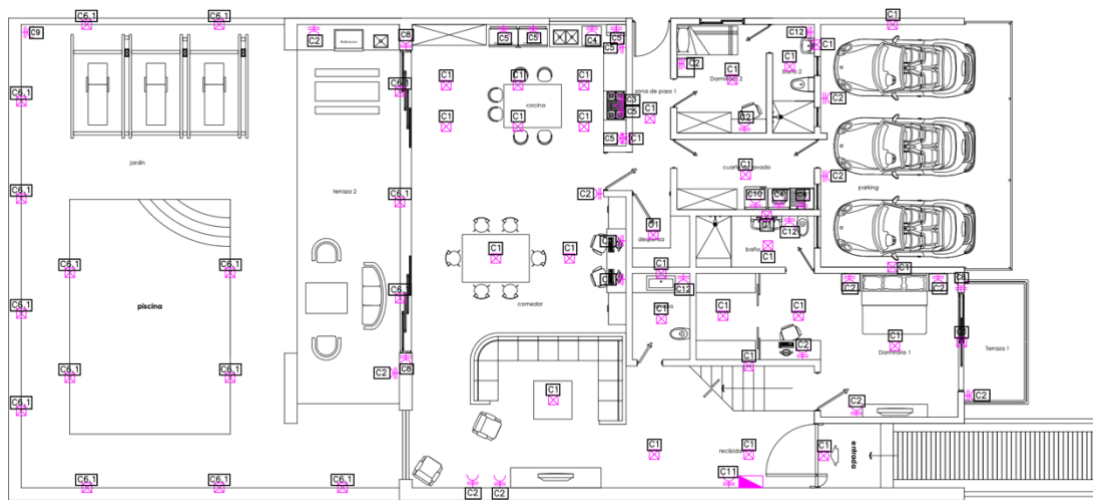


Figura 18. Plano primera planta [34]

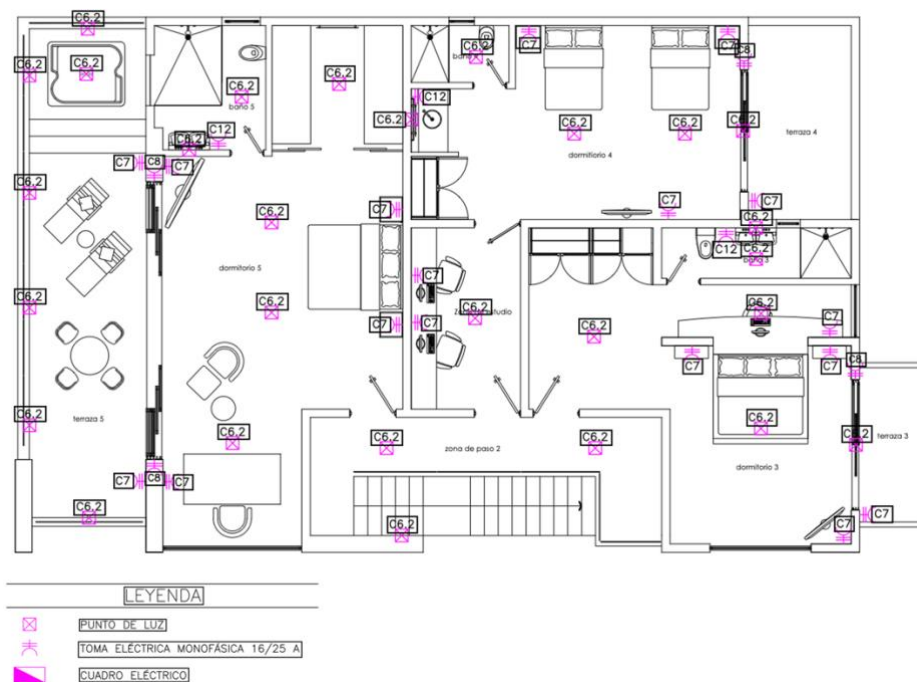


Figura 19. Plano segunda planta [34]

3.3.2 Empresas

Tras la investigación e indagación de proyectos a nivel España relacionados con el tema a tratar, Casas Inteligentes, no se han encontrado proyectos que unifiquen dicho concepto sino más bien proyectos que abarcan algunas de las partes que lo construirían.

Designable [35]

Empresa valenciana que lleva a cabo construcciones sostenibles de edificios sin producir CO₂ ya que según las Naciones Unidas las ciudades emiten el 75% de las emisiones de CO₂. Para lograr esto, se rehabilitan edificios o solares vacíos creando casas basadas en la tecnología y enfocada en las personas y en el medio ambiente.

- Energía ZERO-CO₂: aumentar la calidad del aislamiento de los edificios e implementar energías renovables hasta alcanzar un consumo energético nulo.
- Construcción ZERO-CO₂: utilización de materiales con huella de carbono nula y sistema de prefabricación que reduce las emisiones de CO₂ durante la construcción.
- Estilo de vida ZERO- CO₂: creación de una alternativa de calidad para vivir en el centro de la ciudad, lo que ayuda a las personas a reducir el uso del coche en el día a día.

Además de ofrecer a sus clientes un edificio sostenible, permite la completa personalización del mismo a gusto del comprador. En la actualidad la empresa ha llevado a cabo un proyecto terminado de manera satisfactoria y se encuentra centrada en otros dos, uno de los cuales está en pleno desarrollo.

- Clero: ya entregado desde septiembre de 2018.
- Rojas Clemente: se entregará en diciembre de 2021.
- Palleter: actualmente en venta y con entrega diciembre de 2022



Figura 20. Ejemplo de edificio Designable [36]

GlobalTV [37][38]

Empresa de ingeniería madrileña que se dedica a la realización de proyectos llave en mano de integración de sistemas heterogéneos, es decir, un custom installer o integrador de sistemas que abarca todos los ámbitos de la tecnología, en su más amplio sentido.

Combinando los productos y servicios que ofrecen, su actividad se concentra en:

- Equipamiento tecnológico de viviendas de alto standing, incluyendo la sala de cine, la domótica, el hilo musical, la red WiFi, el videoportero IP, la seguridad exterior e interior, las cámaras de video vigilancia, la iluminación, los estores motorizados, etc., y todo ello, controlado / gestionado desde una App desarrollada a medida.
- Equipamiento tecnológico de oficinas, incluyendo las salas de reuniones, las salas de reuniones, los despachos de alta dirección, el auditorio, la recepción, las zonas VIP, etc.
- Equipamiento tecnológico de hoteles, incluyendo la domótica, control y automatización de las habitaciones y de las zonas comunes, los equipos audiovisuales de las zonas de ocio / restauración y de las salas de reuniones / eventos.
- Proyectos singulares, en grandes centros comerciales, en retail con flag ship stores de primeras marcas, mega yates, restaurantes de lujo, universidades públicas y privadas, centros de control, soluciones para las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, Ayuntamientos, entidades financieras, compañías de seguros, centros de negocios, etc.



Figura 21. Domotización, automatización y control [38]

3.4 Mercado actual de Casas Inteligentes

El mercado 'Smart Home' crecerá a un ritmo del 22,3% anual a nivel global y se prevé que un 20% de los hogares españoles cuente con al menos un dispositivo conectado en 2024, con una gran presencia de los productos de seguridad. [39]

La cuarta revolución industrial ha llegado y lleva las siglas IoT, lo que redefinirá las fronteras entre industrias, abriendo nuevos nichos de mercado. Se prevé que ofrecerá grandes oportunidades de crecimiento y al mismo tiempo puede suponer una amenaza para los modelos de negocio tradicionales. Esa revolución tendrá un impacto destacable en los hogares y uno de los principales impulsores son los asistentes inteligentes.

Si se habla de cifras el mercado global de dispositivos para el hogar conectado tenía un valor de más de 50 mil millones de euros en 2018. Las previsiones sitúan la cifra en más de 80 mil millones para este 2020 y prevén un crecimiento del 22,3% anual hasta alcanzar los 140 mil millones en 2024.

Aunque España entró en el mercado en la segunda mitad de 2019, ha habido una creciente y rápida implementación como se puede apreciar en las cifras de la Figura 22.

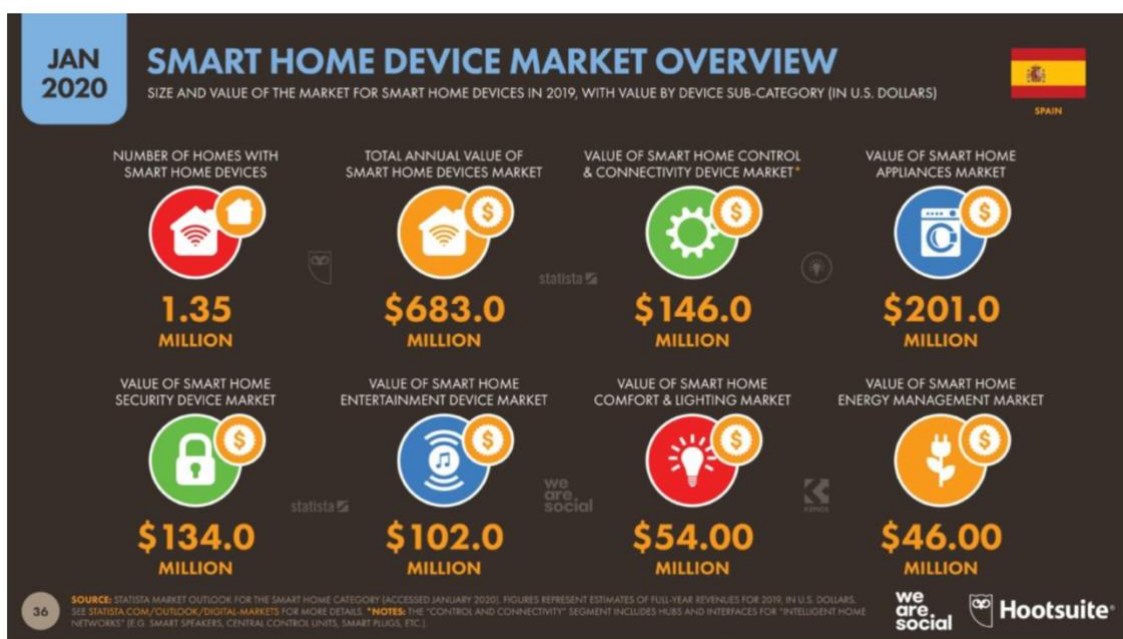


Figura 22. Mercado Casa Inteligente [40]

asistentes de voz son un ejemplo de ello a través de los cuales puedes programar un despertador, controlar las luces, etc.

4.1.2 Cloud Computing

Cloud Computing o computación en la nube es una tecnología que permite acceso remoto a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos por medio de Internet siendo una alternativa a la ejecución en un ordenador o servidor local. [43]



Figura 24. Cloud Computing en una Casa Inteligente [44]

Este tipo de tecnología es muy amplia y abarca casi todos los posibles tipos de servicio en línea, pero por lo general, se habla de estas tres modalidades: [45]

- **Infraestructura como Servicio (IaaS – Infrastructure as a Service):** despliegue de servidores, sistemas de almacenamiento, conexiones y enrutadores.
- **Plataforma como Servicio (PaaS – Platform as a Service):** En este modelo se le ofrece al usuario la plataforma de desarrollo y las herramientas de programación para la realización de aplicaciones propias y controlarlas, pero, sin controlar la infraestructura.
- **Software como Servicio (SaaS – Software as a Service):** El proveedor proporciona la infraestructura de hardware, el software y además interactúa con el usuario a través de un portal de acceso. Dos ejemplos son los productos de backup en la Nube (Azure Backup) o CRM en la Nube (CRM Dynamics).

Además, destacan tres tipos de nubes: públicas, privadas e híbridas.

Como se muestra a continuación es una tecnología perfectamente aplicable a las Casas Inteligentes e incluso hay parte de los dispositivos que se utilizan actualmente que disponen de esta tecnología.

4.1.3 Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano. Esta tecnología puede resultar lejana y misteriosa pero que en los últimos años se ha hecho más presente en el día a día. [46]

Al igual que en otras tecnologías existen diversos tipos de Inteligencia Artificial las cuales fueron diferenciadas por los expertos Stuart Russell y Peter Norvig. [46]

- **Sistemas que piensan como humanos:** automatizan actividades como la toma de decisiones, la resolución de problemas y aprendizaje. Un ejemplo de ello son las redes neuronales artificiales.
- **Sistemas que actúan como humanos:** realizan tareas de forma similar a como lo hacen las personas como es el caso de los robots.
- **Sistemas que piensan racionalmente:** emulan el pensamiento lógico racional de los humanos, es decir, perciben, razonan y actúan en consecuencia.
- **Sistemas que actúan racionalmente:** imitan de manera racional el comportamiento humano como los agentes inteligentes.

Actualmente este tipo de tecnología se encuentra en los asistentes virtuales de voz como Siri de Apple, Alexa de Amazon o Cortana de Microsoft los cuales tienen cada vez más hogares españoles. Otras aplicaciones móviles también constan de Inteligencia Artificial como [Lyli](#) un personal shopper en versión digital.



Figura 25. Asistentes virtuales para el hogar. [47]

También se han trabajado en proyectos que utilizan dicha tecnología y supondrán un cambio en una casa inteligente como es un robot de cocina, sin nada que envidiar a la

Thermomix, que es el referente actual ante ese término, pero inicialmente se utilizará en centros de formación o industria alimenticia. [48]



Figura 26. Moley Robotic Kitchen. [49]

4.1.4 Big Data

Los avances en la Inteligencia Artificial están impulsando el uso del Big Data debido a su habilidad para procesar grandes cantidades de datos. Partiendo de la definición de Gartner de 2001, Big Data son datos que contienen una mayor variedad y que se presentan en volúmenes crecientes y a una velocidad superior. Lo que se conoce como “las tres V”. [50]

- **Volumen:** volúmenes masivos de datos incapaz de ser gestionado por el software de procesamiento de datos convencional. Ejemplo de ello serían flujo de datos de páginas web, aplicaciones para *Smartphones* o equipo con sensores los cuales se dan en las Casas Inteligentes.
- **Velocidad:** los productos inteligentes habilitados para Internet funcionan en tiempo real o prácticamente en tiempo real por lo que se requiere una evaluación y actuación acorde.
- **Variedad:** procesamiento tanto de datos estructurados (datos convencionales) como no estructurados o semiestructurados utilizados actualmente como textos, audios o vídeos que requieren un preprocesamiento adicional.

Algunos ejemplos del uso de esta tecnología en las Casas Inteligentes van desde las propias compañías energéticas que buscan una mayor eficiencia y ahorro de energía combinando el clima del lugar, el tiempo que se está fuera, a qué hora se utiliza un mayor número de electrodomésticos, etc., hasta termostatos que recogen información del usuario y se anticipan a este programándose de forma autónoma. Dentro de poco

tiempo se podrá tener suelo inteligente capaz de interiorizar los datos de las pisadas o de los objetos que se encuentren alrededor para actuar en caso de que se produzca una emergencia[51].

4.1.5 Ciberseguridad

Esta tecnología va enlazada con Internet y trata de la práctica de defender los ordenadores, los servidores, los dispositivos móviles, los sistemas electrónicos, las redes y los datos de ataques maliciosos, es decir, la seguridad de la información electrónica. Esta se aplica en diversos campos, desde los negocios hasta la información de un *Smartphone* personal. [52]

Se puede dividir esta tecnología en diversas categorías como la seguridad de red, la seguridad de aplicaciones, la seguridad de la información, la seguridad operativa, recuperación de datos y la interacción del usuario. Como se puede ver no solo se aborda la parte de la seguridad sino también la recuperación ante cualquier ataque o la introducción accidental de un virus por parte del usuario.

Con todo ello se puede concluir que muchos de los elementos de la Casa Inteligente tienen que tener este tipo de tecnología porque muchos de los datos tratados como cuentas bancarias, cierre de ventanas, cierre de la puerta principal, etc., son datos sensibles y con necesidad de una alta seguridad de ellos.

Este tipo de tecnología se presentará en mayor profundidad en el 4.9.2 Ciberseguridad, dentro de la domótica de la Casa Inteligente.

Dentro de la ciberseguridad se encuentra la tecnología Blockchain que como su nombre indica es una cadena de bloques, los cuales contienen información codificada de una transacción en la red y al estar entrelazados permiten la transferencia de datos con una codificación bastante segura a través del uso de criptografía. [53]

4.2 Sistemas utilizados

A partir de algunas de las tecnologías anteriormente descritas se han construido ciertos sistemas de automatización, lo cual implica a la utilización de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano.

4.2.1 Building Management Systems (BMS)

Un sistema de BMS o de gestión de edificios permite la automatización y el control centralizado de los inmuebles para convertirlos en verdaderos “Edificios Inteligentes”[54], esto es cada vez más usado en tanto en inmuebles privados como públicos. Estos controlan y automatizan los elementos mecánicos, eléctricos y tecnológicos de los inmuebles como la climatización, iluminación, suministros, ascensores, sistemas de vigilancia y contra incendios, etc. Y están formados por dos elementos:

- Hardware: sensores, consolas de control, etc.
- Software: programas informáticos que usan diversos protocolos como C-Bus, Dali, Modbus, etc. [55]

Esto ofrece ciertas ventajas como el control y supervisión centralizado, mantenimiento preventivo, eficiencia energética y mejora en el confort y seguridad de los usuarios.



Figura 27. Ejemplo de BMS en un edificio [55]

4.2.2 Domótica

La domótica es el sistema formado por un conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda permitiendo una gestión eficiente del uso de la energía, aporta seguridad y confort y comunicación entre el usuario y el sistema.

Un sistema domótico es capaz de recoger información proveniente de unos sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a unos actuadores o salidas. El sistema puede acceder a redes exteriores de comunicación o información.

El sector de la domótica ha evolucionado tanto que ofrece más funcionalidades por menos dinero, más variedad de producto y son más fáciles de usar e instalar. En definitiva, contribuye a aumentar la calidad de vida, hace más versátil la distribución de la casa, cambia las condiciones ambientales y consigue que la vivienda sea más funcional.

Este tipo de sistema se expondrá en más detalle en el apartado 4.5 Domótica de una Casa Inteligente.

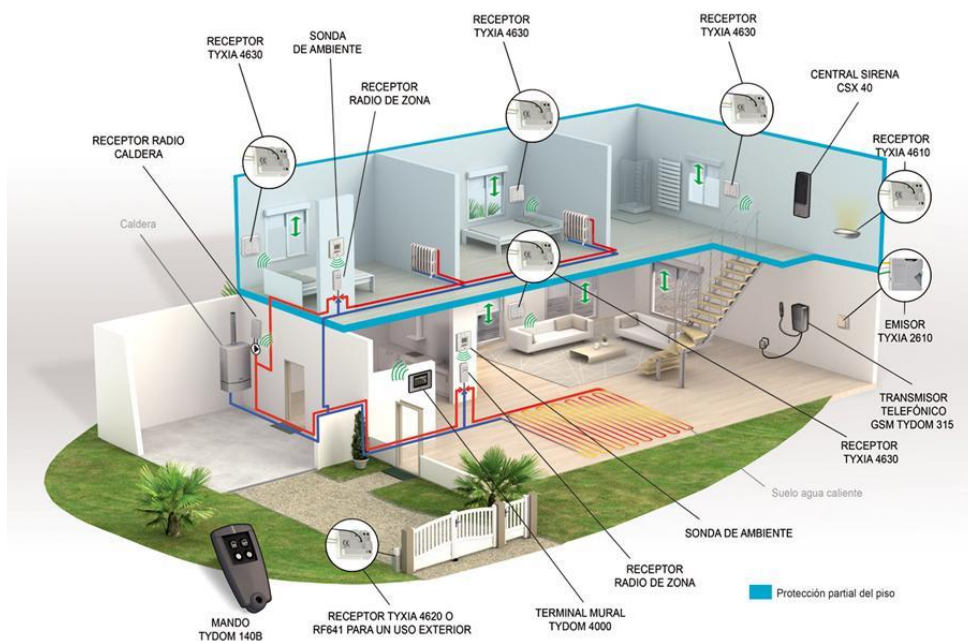


Figura 28. Sistema domótico en una casa [56]

4.3 Normas y estándares para la realización de Casas Inteligentes

Aunque aún no hay establecida una normativa domótica de referencia, existen diferentes normativas y directivas a nivel europeo y a nivel local en España que han de ser consideradas a la hora de diseñar y construir una casa domótica.

En primera instancia es necesario distinguir entre disposiciones legales y normas técnicas dentro de la normativa de instalaciones domóticas: [57]

- **Disposiciones legales:** son leyes propiamente dichas, y son de obligado cumplimiento. A nivel comunitario, es la Comisión Europea la encargada de elaborar diferentes directrices que luego cada estado miembro transcribe en forma de reales decretos u otras disposiciones legales.
- **Normas técnicas:** Su cumplimiento voluntario y tienen un carácter de estandarización. En España se encarga la Asociación Española de Normalización (AENOR) a través de los UNE.

4.3.1 Disposiciones legales

A nivel legislativo europeo, la Comisión Europea marca el camino con dos directivas sobre las normativas de domótica:

- *Directiva CE 2006/95/CE de Baja Tensión:* cuyo ámbito es la seguridad en el uso de material eléctrico.
- *Directiva CE 89/336/CEE de Compatibilidad Electromagnética, derogada en 2009 por la 2004/108/CE:* asegura que las perturbaciones electromagnéticas producidas no afectan a personas u otros dispositivos

Estas Directivas en nuestro país se han adaptado dando como resultado diferentes leyes como son:

- Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (Real Decreto 346/2011 de 11 de marzo), que regula los sistemas relacionados con la transmisión de vídeo, cableado estructurado, etc.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto), en especial la ITC-51 donde se especifica todo lo relacionado con los sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

4.3.2 Normas técnicas

Las principales empresas y organismos que se dedican a la domótica se encuentran aglutinados en el CEDOM , la cual ha definido una especificación de referencia para la certificación de instalaciones domóticas, basada en la especificación AENOR EA0026 “2006 Instalaciones de sistemas domóticos en viviendas. Prescripciones generales de instalación y evaluación”. Esta normativa prescribe los requisitos mínimos a cumplir por cualquier instalación domótica, además de contemplar la legislación vigente aplicable a este campo, y se ha convertido en documento de referencia de la futura norma europea UNE-EN 50491-6-1 “Sistemas Electrónicos para Viviendas y Edificios”, en fase de elaboración.

Además de esta normativa, existen otras a tener en cuenta:[57][58]

- *EN 50090 “HBES”*: Estándar europeo para comunicaciones abiertas de sistemas electrónicos domésticos y de construcción, la cual cubre cualquier combinación de dispositivos electrónicos vinculados a través de una red de transmisión digital para proporcionar control de procesos automatizados, descentralizados y distribuidos. Ejemplos de esto puede ser el control de la iluminación, calefacción, preparación de alimentos, gestión de energía, agua, persianas, etc.
- *EN/ISO 16484 “BACS”*: Norma internacional que especifica las características del software y funciones que usan los sistemas de automatización y control de edificios.
- *UNE-EN 50491 para HBES y BACS*:
 - EN 50491-2. Condiciones ambientales.
 - EN 50491-3. Requisitos de seguridad eléctrica.
 - EN 50491-4-1. Requisitos generales de seguridad funcional para productos destinados a ser integrados en HBES y en BACS.
 - EN 50491-5. Requisitos de compatibilidad electromagnética.
 - UNE-EN 50491-6. Instalaciones HBES.
 - UNE-EN 50491-11. Medición inteligente.
 - UNE-EN 50491-12-1. Interfaz entre el gestor de energía del cliente (CEM) y el gestor de recursos del hogar/edificio.

A nivel nacional la normativa EA 0026 de AENOR establece los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema domótico, fija las bases generales de instalación y evaluación, y los diferentes niveles de domotización que permiten certificar a las instalaciones domóticas, de acuerdo a una clasificación de tres niveles, donde se considera que un sistema es domótico si alcanza el Nivel 1(mínimo).[59]

- Nivel 1: Instalaciones con un nivel mínimo de dispositivos y/o aplicaciones domóticas. La suma de los pesos ponderados de los dispositivos incluidos en la instalación domótico debe ser como mínimo de 13, siempre que a su vez cubra al menos 3 de las siguientes aplicaciones domóticas: Alarmas de intrusión, Alarmas

técnicas, Simulación de presencia, Videoportero, Control de persianas, Control de Iluminación, Control de clima, Programaciones, Interfaz de usuario, Dispositivos conectables a empresas suministradoras y Red Multimedia.

- Nivel 2: Instalaciones con un nivel medio de dispositivos y/o aplicaciones domóticas. La suma de puntos debe ser de 30 como mínimo, siempre que se cubra al menos 3 aplicaciones.
- Nivel 3: Instalaciones con un nivel alto de dispositivos y/o aplicaciones domóticas. En este caso la suma de puntos debe ser 45 como mínimo, siempre que repartan en al menos 6 aplicaciones.

4.3.3 Certificaciones de construcciones sostenibles

A consecuencia del auge reciente de los edificios sostenibles e inteligentes, ha surgido la necesidad de calificar los edificios en términos de sostenibilidad. Es por ello que han aparecido los sistemas de certificación, los cuales en su mayoría califican el desempeño de los diferentes sistemas que lo contienen en términos de eficiencia energética, uso de agua, localización, materiales utilizados y la calidad del aire interior.

Existen diversos sistemas de certificación reconocidos por el Consejo Mundial de Construcciones Sostenibles (WGBC), si bien cuatro son los más reconocidos y considerados en España: BREEAM, VERDE, LEED y WELL. [60][61][62]

BREEAM

Metodología técnicamente avanzada de Evaluación y Certificación de la Sostenibilidad de la Edificación. El método consiste en evaluar los impactos en 10 categorías:

- *Gestión*
- *Mejora en términos de Salud y Bienestar*
- *Eficiencia Energética*
- *Transporte*
- *Ahorro de Agua*
- *Materiales*
- *Gestión de los Residuos*
- *Uso ecológico del suelo*
- *Contaminación*
- *Innovación*

VERDE

Tiene como objetivo dotar de una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los edificios.

Un edificio según esta certificación debe cumplir con las cinco Ps:

- *Personas, como calidad de vida y bienestar*
- *Prosperidad, como desarrollo económico local y justo*
- *Planeta, como protección a nuestro entorno*
- *Paz, como concordia y armonía*
- *Pacto, como implicación y compromiso de todas para todos*

Lograr este objetivo implica la evaluación de dónde se encuentra el edificio, la calidad ambiental interior, la gestión de los recursos, la integración social o la calidad técnica del edificio.

LEED - Estados Unidos

Sistema de certificación internacionalmente reconocido, que los clasifica en función de su grado de excelencia. Evalúa la construcción en su conjunto, en base a una serie de criterios:

- *Ubicación y Transporte*
- *Emplazamiento sostenible*
- *Ahorro de agua*
- *Eficiencia energética y emisiones a la atmósfera*
- *Materiales y recursos naturales*
- *Calidad del aire interior*
- *Innovación en el diseño*
- *Prioridad regional*

WELL

Estándar que se basa en el desempeño y conjuga las mejores prácticas de diseño y construcción con intervenciones en materia de salud y bienestar basadas en pruebas en concreto.

Está organizado en 7 categorías de bienestar denominadas “conceptos”: aire, agua, nutrición, luz, ejercicio, confort y mente.

Mientras que las certificaciones LEED, BREEAM y VERDE se centran en el cumplimiento de unos estándares de sostenibilidad y eficiencia energética, WELL garantiza que el espacio certificado trabaja por la salud y bienestar de los ocupantes.

Todas las certificaciones son complementarias y aplicables tanto a edificios enteros como a espacios empresariales.

Cuando WELL y LEED, BREEAM y/o VERDE se implementan en el mismo proyecto el rendimiento del edificio es optimizado en beneficio del medio ambiente y de la salud de los ocupantes.

Otros certificados que se podrían obtener aun no siendo tan reconocidos como los anteriores serian: PASSIVHAUS, MINERGIE y nZEB. [61]

PASSIVHAUS

Estándar de construcción que combina un elevado confort interior con un consumo de energía muy bajo. La certificación se basa en 4 requisitos básicos:

- *Baja Demanda de Calefacción*
- *Baja Demanda de Refrigeración*
- *Baja Demanda de Energía primaria*
- *Alta Hermeticidad*

MINERGIE

Estándar suizo de confort, eficiencia y mantenimiento de valor. Se centra en el confort de los usuarios de la edificación en la vivienda y en el trabajo. En el que el revestimiento de alta calidad del edificio y una ventilación controlada juegan un papel especial. Estas edificaciones Minergie se caracterizan además por una demanda energética muy reducida y el mayor uso posible de energías renovables.

NET ZERO ENERGY BUILDING (nZEB) CERTIFICATION

El término nZEB o “Edificios de consumo de Energía Casi Nulo” (EECN) hace referencia a los edificios que cumplen con un nivel de eficiencia energética muy alto y un consumo de energía casi nulo, que deberá de proceder en su mayoría de fuentes renovables.

4.4 Empresas

A continuación, se exponen algunas empresas del sector de las Casas Inteligentes.

4.4.1 Somfy

Empresa que comienza en 1969 en Francia, Alemania y Suecia, donde la empresa ya contaba con filiales hasta encontrarse en todos los continentes actualmente.[63]

Esta empresa tiene diversos productos que van desde persianas y estores motorizados a calefacción e iluminación pasando por cámaras, alarmas y sistemas de seguridad o Smart Home y automatismos TaHoma.

Además, tiene como objetivo mejorar todas las condiciones de vida para garantizar que son más seguras y cómodas, y más respetuosas con el medioambiente para lo cual se basan en:

- Abogar por edificios más eficientes y por el bienestar de sus habitantes. Teniendo en cuenta el impacto medioambiental de las soluciones durante todo su ciclo de vida.
- Productos con diseños ecológicos.
- Prácticas más responsables.



Figura 29. Somfy [64]

4.4.2 Domótica Integrada

Esta empresa presta servicios de ingeniería en la integración de nuevas tecnologías Domótica e Inmótica. Trabajan con el estándar [KNX](#), sistema robusto, fiable y flexible en el sector domótico actualmente haciendo que todos los dispositivos electrónicos trabajen en conjunto y al unísono para proporcionar una vida más cómoda y segura. [65]

Proporcionan soluciones que supongan una disminución en los costes de los diferentes consumos energéticos (electricidad, gas, agua, etc.) además de conseguir el control total de automatización en un solo click desde una Tablet o Smartphone con una simple conexión a internet. [66]

Los servicios que proporcionan van desde multimedia a el riego pasando por la seguridad.

4.4.3 Wattio

Wattio es una empresa que ofrece una solución integral encargándose de desarrollar e integrar cada una de las partes del sistema: hardware, firmware y software. Además, dicha solución tiene ciertos criterios de seguridad a nivel físico, de red, de aplicación web y comunicaciones entre dispositivos, es abierta, flexible y escalable. [65]

El sistema Wattio representa una plataforma en permanente proceso de crecimiento que integra SaaS de la manera más segura, flexible y escalable. [67]

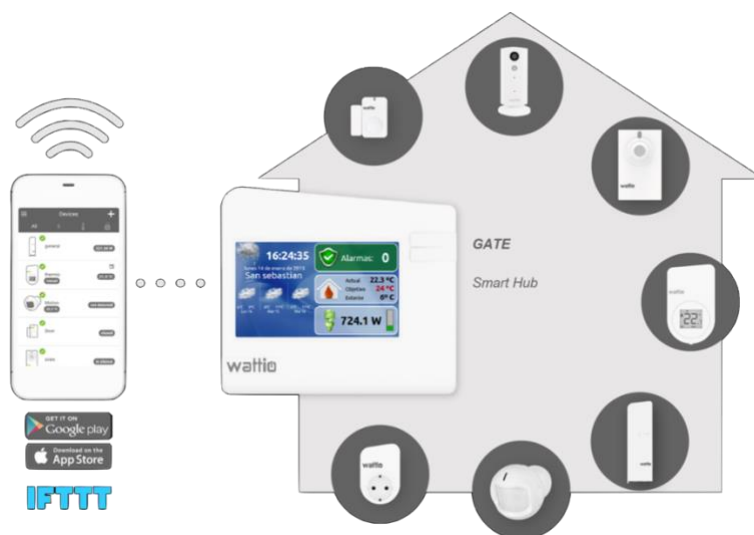


Figura 30. Sistema Wattio [67]

4.5 Domótica de una Casa Inteligente

Las viviendas inteligentes deberán contar con una tecnología capaz de aunar al conjunto de sistemas que permitan controlar de manera automática el sistema energético, de seguridad, y comunicación de todos los espacios de la casa, pudiendo tener un control total sobre la misma.

Esta tecnología es la domótica, la cual se define como “el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema.” [68]

4.5.1 Requisitos y necesidades

Los servicios que proporciona la domótica dentro de las casas inteligentes deberán cubrir las siguientes cuatro necesidades:[69]

Ahorro energético

El ahorro energético, una de las necesidades básicas a cubrir por una casa inteligente, no implica cambiar los sistemas del hogar por otros más eficientes, si no realizar una gestión más eficiente de los mismos gracias a la domótica.

Diferentes algoritmos pueden calcular con gran precisión dónde está la zona en la que el inquilino se encuentre cómodo y además se pueda ahorrar energía.

- *Climatización y calderas:* mediante el uso de sensores y el conocimiento de la climatología de la zona a través de la red, pueden programarse los mismos para que de forma automática se ajuste para mantener dentro de la vivienda la temperatura adecuada, pudiéndose incluso determinar diferentes temperaturas dentro de la misma en función de la sala. Además, podrán también ser controladas de forma remota por los ocupantes, ajustándose a los deseos de los mismos.
- *Toldos y persianas:* de tipo eléctrico, permiten ser manejadas por los ocupantes de forma manual, si bien a través de la instalación de diferentes sensores permiten que de forma autónoma realicen ciertas funciones de carácter repetitivo como pueden ser:
 - Proteger automáticamente el toldo del viento mediante el uso de anemómetro.
 - Apertura y cierre de persianas y toldos en función del sol, de forma que puede regular la temperatura de la vivienda con la energía del sol, y en función de los horarios y necesidades de los inquilinos.

- *Gestión eléctrica*: racionalizando las cargas eléctricas desconectando equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a hora de tarifa más reducida, y el uso de contadores electrónicos que informan al usuario de su consumo en tiempo real. Además, la utilización de sensores de detección de movimiento permite encender sólo las luces necesarias en cada momento, haciendo de esta forma también un mejor uso de la energía.

Confort

El confort engloba todas aquellas acciones de carácter activo, pasivo o mixtas que permiten mejorar la comodidad de la vivienda para los que conviven en su interior.

Dichas medidas pueden estar enfocadas en diferentes sistemas como son:

- *Iluminación*: el apagado general de todas las luces de la vivienda, la automatización del apagado/encendido en cada punto de luz o la regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad del ambiente son diferentes medidas que permiten que la gestión de esta sea sencilla y se acomode a las necesidades de los inquilinos.
- *Automatización de todos los sistemas e instalaciones, dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.*
- *Control de todos los aspectos relacionados con las viviendas a través de Internet.*
- *Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario.*
- *Integración de portero en el Smartphone y/o en el televisor o el uso de cerraduras electrónicas.*

Seguridad

Una casa inteligente es capaz de monitorizar todos sus sistemas, siendo capaz de detectar fugas antes de que aparezca una gotera, detectar incendios antes de ver el fuego o detectar cualquier tipo de intrusión en la misma. No solo es capaz de detectarlo, si no de avisar tanto a sus inquilinos como al personal especializado capaz de lidiar con el problema o incluso a familiares o vecinos, dependiendo del tipo de emergencia.

Además, con la instalación de cámaras y cerraduras electrónicas los ocupantes de la casa podrán controlar las mismas en tiempo real, desde el móvil o cualquier dispositivo similar, además de poder almacenar en la nube las grabaciones de estas cámaras para poder utilizarse posteriormente en caso de que fuera necesario.

Entre los elementos a instalar en una casa inteligente que permiten cumplir con esta necesidad se encuentran:

- *Alerta médica y teleasistencia.*
- *Acceso a cámaras IP:* tanto en el interior como en el exterior de la vivienda.
- *Detectores y alarmas de detección de incendios:* como son detectores de calor o detectores de humo.
- *Detectores de gas.*
- *Detectores de agua e inundación.*
- *Ciberseguridad.*

Accesibilidad

No solo es importante que las viviendas presentes elementos domóticos que permiten cubrir las necesidades básicas, si no que las aplicaciones o instalaciones de control remoto deberán favorecer la autonomía personal de personas con limitaciones funcionales o discapacidad.

El objetivo no es que las personas con discapacidad puedan acceder a estas tecnologías, sino que todas las personas independientemente de su condición de enfermedad, discapacidad o envejecimiento.

Un sistema domótico orientado hacia el uso de personas con discapacidad incluye:

- *Registro y control del consumo de servicios en tiempo real:* para poder monitorizar al usuario dependiente o con discapacidad y donde se encuentra en cada momento y los sistemas de los que hace uso.
- *Vigilancia remota de lugares distantes o inaccesibles para esa persona.*
- *Transmisión de la información del usuario con sus familiares o cuidadores de forma constante y automatizada.*
- *Posibilidad de emitir mensajes de emergencia o activar alarmas en caso necesario.*
- *Programación de ambientes preconfigurados con varios dispositivos enlazados.*

4.5.2 Elementos

Existen numerosos y distintos dispositivos electrónicos destinados a la domótica, cada uno de los cuales tiene un lugar determinado dentro del sistema domótico [70] tal y como se muestra en la Figura 31.

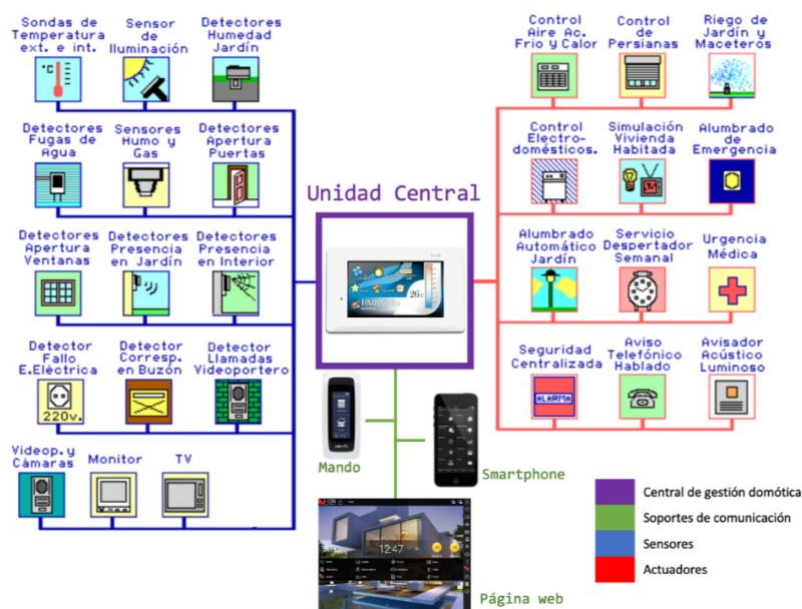


Figura 31. Elementos de un sistema domótico.[71]

Central de gestión domótica

En los casos de sistemas centralizados, la central de gestión es el “cerebro”, que sirve como nodo central para distribuir las diferentes acciones a los sistemas domóticos instalados.

En el caso de sistemas descentralizados, esa gestión se desarrolla en cada uno de los sistemas de manera independientemente.

Soportes de comunicación

Son aquellos elementos que permiten el acceso al sistema mediante una conexión remota (Internet) o de manera local, van desde los puentes o gateways, hasta una pantalla táctil que permita activar o desactivar ciertas funciones dentro del hogar.

Sensores

Son los elementos que reciben información del entorno y de la propia instalación, por lo que son denominados como “dispositivos de entrada”.

Actuadores

Son todos aquellos elementos que se encargan de ejecutar una acción concreta, actuando tras ser alertados por alguno de los sensores instalados o mediante un accionamiento manual.

4.6 Arquitectura

Dentro de la tipología de sistemas domóticos, también llamada arquitectura en ocasiones, pueden encontrarse tres tipos diferentes: centralizada, distribuida y descentralizada.

4.6.1 Tipologías de sistemas domóticos

La arquitectura de un sistema domótico hace referencia a la estructura de su red. Esta clasificación se realiza en base a donde reside la “inteligencia” del sistema domótico.[72][73][74]

Arquitectura centralizada

Un controlador centralizado recibe información de múltiples sensores, que una vez procesada genera las órdenes necesarias para los actuadores. Todos los elementos a controlar van conectados a través de cables al sistema central. Su método de instalación no es compatible con el tradicional eléctrico, por lo que durante la etapa de construcción se debe elegir este tipo de cableado. Todo ello se representa visualmente en la Figura 32 mostrada a continuación.

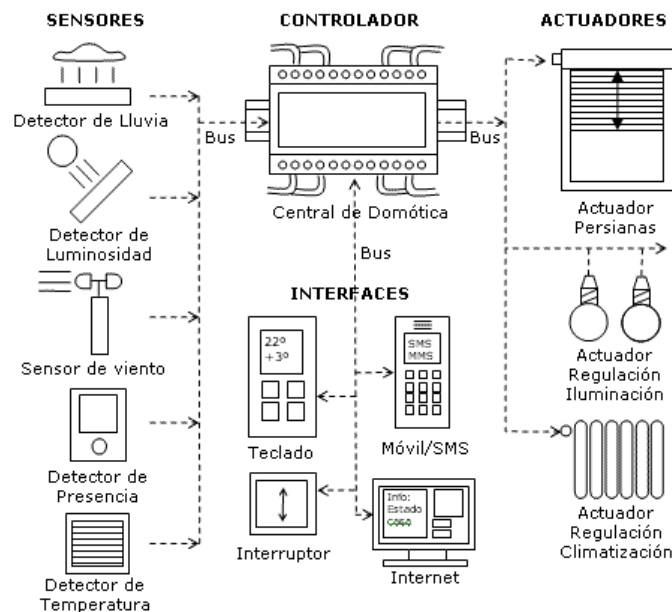


Figura 32. Arquitectura centralizada. [75]

Esta arquitectura presenta ciertas ventajas como son:

- Los sensores y actuadores que utiliza son de tipo universal, por lo que su instalación y posterior utilización son mucho más simples.
- Suelen tener un precio más económico en comparación con otros sistemas.
- Suele ser adecuado para domotizar viviendas no muy grandes, donde la cantidad de elementos a integrar no es muy elevada y muchos se pueden controlar vía wifi.

Entre las desventajas que presenta esta arquitectura se encuentran:

- La presencia de cables hace que el sistema sea un poco limitado.
- Si la unidad central falla, el sistema domótico se ve afectado en toda la vivienda.
- En estos sistemas domóticos no se puede ampliar demasiado su capacidad.
- Requiere una interfaz de usuario.

Arquitectura descentralizada

Dispone de varios pequeños dispositivos capaces de adquirir y procesar información de varios sensores y transmitirlos al resto de dispositivos distribuidos por la vivienda. Este tipo de arquitectura se utiliza en aquellos sistemas basados en ZigBee y en aquellos totalmente inalámbricos.

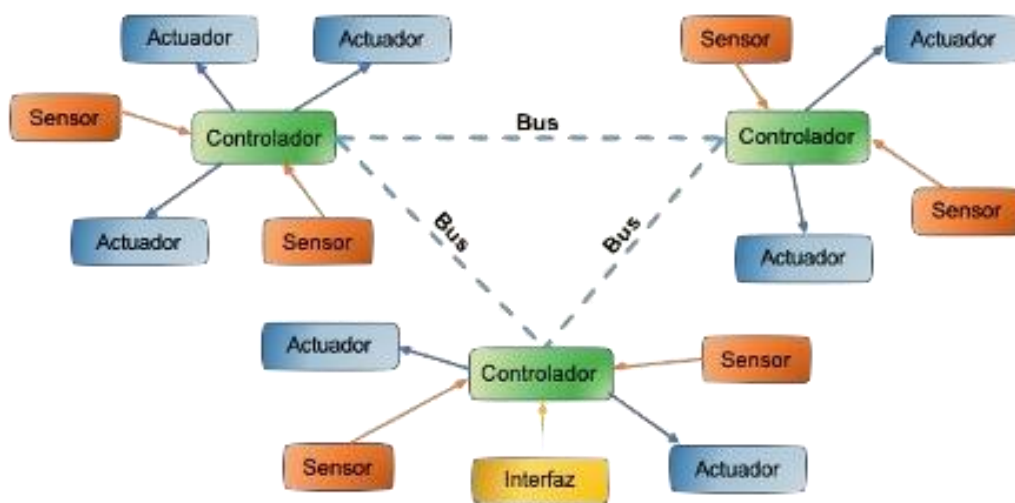


Figura 33. Sistema domótico descentralizado [73]

Las principales ventajas de esta arquitectura son:

- Posee una menor densidad de cables.
- Es muy fácil de ampliar debido al sistema de red con el que funciona.
- Ofrece un mejor rendimiento.

Como principales desventajas se encuentran:

- Sus periféricos (actuadores o sensores) no son de tipo universal.
- Requiere de un técnico especializado para su instalación.
- Requiere una interfaz de usuario.

Arquitectura distribuida

La inteligencia del sistema se encuentra distribuida por todos los módulos (sensores o actuadores). Este tipo de arquitectura suele ser más habitual en los sistemas de cableado en bus o redes inalámbricas.



Figura 34. Sistema domótico distribuido [73]

Las principales ventajas de esta arquitectura son:

- Además de tomar decisiones por su propia cuenta, una de sus principales ventajas es la seguridad y eficiencia con la que actúa.
- La red y sus controladores son totalmente personalizables.
- Su coste es relativamente bajo.

Como principal desventaja es el requerimiento de un profesional especializado para su instalación y programación.

Arquitectura híbrida o mixta

Se trata de una combinación de los anteriormente mencionados. Puede contar con un controlador central o diferentes controladores descentralizados y la forma de operar puede ser similar a la arquitectura distribuida. Esta es una buena opción para sistemas extensos con gran afluencia de información.

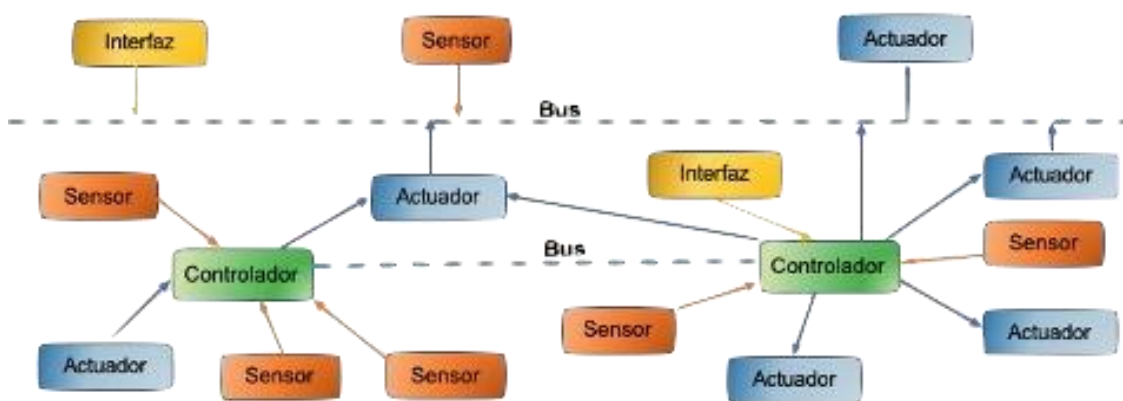


Figura 35. Sistema domótico híbrida.[73]

4.6.2 Topología de las redes domóticos

Las topologías de redes están formadas por nodos, los cuales definen el tipo de sistema en cuestión. Las topologías expuestas a continuación no son algo nuevo en los sistemas de redes y son igualmente aplicables a los sistemas domóticos. [76]

Topología en Estrella

En esta topología hay un controlador central que se encarga de recibir y almacenar todos los datos de los dispositivos que le rodean y envía la información a diferentes puntos o nodos de la red. Si el controlador principal falla, toda la red domótica dejaría de funcionar, pero por el contrario si uno de los nodos fallase, el resto de los sensores y/o actuadores seguirán trabajando con normalidad.

Topología de Anillo

No existe un controlador central, la información viaja a través de un cable común al cual los dispositivos están conectados formando un anillo. La información viaja en un solo sentido, de manera que si un nodo falla el sistema colapsa.

Topología de Bus

Esta topología se caracteriza por funcionar a través de un único cable central o bus de datos al cual se conectan todos los dispositivos del sistema a modo de ramificaciones. La información viaja de manera secuencial hacia los distintos nodos del sistema, siempre a través del cable central, por ello si el Bus de datos deja de responder, el sistema deja de funcionar.

Topología de Malla

Topología utilizada típicamente por los sistemas distribuidos en donde todos los dispositivos están intercomunicados entre sí. El enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que están conectados.

Topología de Árbol

Variante de la topología estrella, los nodos están conectados a un controlador central pero no todos directamente, si no que se conectan a un controlador secundario que a su vez esta conectada al controlador central, el cual contiene un repetidor que genera los patrones de bits recibidos antes de retransmitirlos.

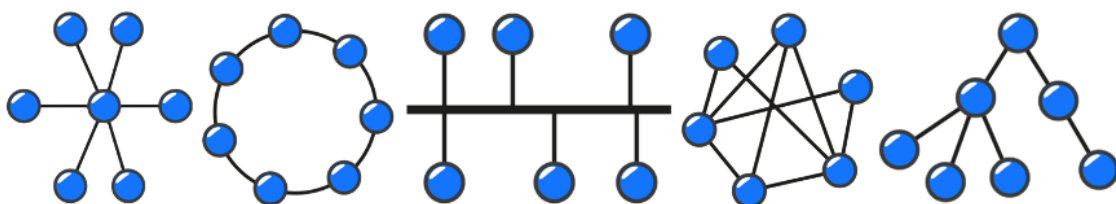


Figura 36. Topologías de red. [76]

4.7 Tecnologías dentro de la domótica

La domótica, al utilizar sistemas de control de alta tecnología, trabaja con protocolos, los cuales son los medios de comunicación que utilizan los procesos de automatización para controlar los diferentes dispositivos electrónicos y eléctricos de la vivienda. Dichos protocolos son necesarios para que los diversos dispositivos que componen la red se puedan comunicar y entender.

4.7.1 Tipos de Sistemas Domóticos

Existen diversos sistemas a través de los cuales se comunican los distintos dispositivos conectados a la red domótica y se les indican instrucciones para realizar ciertas funciones. A la hora de elegir uno de ellos se deberá de tener en cuenta la cantidad de dispositivos que debe soportar, la interoperabilidad de dispositivos, el consumo de energía, ancho de banda y, por supuesto, precio.[77]

Inalámbrico

No exigen obra, ni una instalación profunda, y son fáciles de usar. Sin embargo, resultan más sensibles que los sistemas cableados por Bus a problemas que debilitan la calidad y cantidad de la señal que el sistema envía y recibe. Este tipo de sistemas funcionan con ondas de radiofrecuencia que pueden ser a menudo interferidas por otras señales. Son ejemplos de protocolos inalámbricos los estándares Z-Wave, Zigbee, Delta Dore, Insteon o HomeKit entre otros.

Cable Bus

Los sistemas que funcionan y se integran a través de cable son estables, seguros y muy eficientes. El cableado es exclusivo y único del sistema evitando problemas de saturación e interferencias, y que la calidad de la señal sea óptima. Al contrario que los sistemas anteriores, precisan de una importante instalación, que puede encarecer el sistema debido a que suele ser necesaria una obra. El más importante y más conocido es el KNX.

Cable PLC

Se conoce como "*powerline*" y utiliza el cable de alimentación para enviar sus señales. Presenta grandes ventajas a nivel de instalación, aunque en la práctica no son sistemas muy estables ni fiables para grandes sistemas de control domótico. El compartir cable con los aparatos eléctricos no es óptimo, ya que los fallos o falsos positivos son frecuentes aun con filtros para inhibir problemas. Destaca el X10 dentro de este apartado.

4.7.2 Tipos de Estándares domóticos

Estándares propietarios o cerrados

Son aquellos protocolos específicos de una marca particular y solo usados por dicha marca. Solo el fabricante puede realizar mejoras y fabricar dispositivos que “hablen” el mismo idioma. Esto protege los derechos del fabricante, pero limita la aparición de evoluciones.

Estándares abiertos

Son protocolos definidos entre varias compañías con el fin de unificar criterios. Son protocolos abiertos, sobre los que no existen patentes, de manera que cualquier fabricante puede desarrollar aplicaciones y productos que lleven implícito el protocolo de comunicación.

4.7.3 Sistemas y protocolos domóticos

Protocolo Z-Wave[77][78]

Sistema interoperable e inalámbrico, basado en la comunicación RF diseñado específicamente para aplicaciones de control, monitorización y lectura de estado en ambientes residenciales y comerciales. Es el líder del mercado mundial en el control inalámbrico, con productos asequibles, fiable y fáciles de usar.

Sus principales características son:

- Puede soportar redes de malla completa sin la necesidad de un nodo coordinador.
- Opera en la banda sub-1 GHz; impermeable a la interferencia de Wi-Fi y otras tecnologías inalámbricas en la banda de 2,4GHz.
- Velocidades de datos hasta 100kbps, con encriptación AES128, IPv6 y el modo multicanal.
- Puentado con éxito y ensayado con OpenADR, 1 SEP-SEP-1.1 y otros protocolos de uso inteligente de energía.

Entre los fabricantes más relevantes que emplean Z-Wave se encuentran Honeywell (termostatos), GE Appliances, Milo, Samsung Smart Things, Somfy, Yale (cerraduras inteligentes) o LG SmartThinq.



Figura 37. Z-Wave [77]

ZigBee [77][78]

Estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por ZigBee Alliance, comunidad de más de 100 compañías como Motorola, Mitsubishi, Philips, Samsung, Honeywell o Siemens entre otras y basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN) funcionando vía radio y de modo bidireccional. Al estar basado en un estándar público global permite que cualquier fabricante pueda crear productos que sean compatibles entre ellos, algunas marcas son Amazon Echo Plus, Belkin, Honeywell (termostatos), GE Appliances, Ikea Tradfri, Philips Hue, Samsung SmartThings, Somfy, Yale (cerraduras inteligentes) o Hive (calefacción).

Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos por lo que se utilizan redes inalámbricas con capacidades de control y monitoreo confiables. Otro objetivo es la maximización de la vida útil de las baterías, es decir, un bajo consumo energético.

Entre las principales virtudes de este sistema se encuentran:

- Opera en las bandas libres de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (USA). En el entorno del hogar, las frecuencias menores a 2.4GHz se propagan dos o más veces más lejos debido a la menor absorción de los materiales de construcción.
- Velocidad de transmisión de 250 Kbps y rango de cobertura de 10 a 75 metros.
- Capacidad de operar en redes de gran densidad.



Figura 38. ZigBee [77]

Sistema KNX - EIB [77][79][80]

Sistema de comunicación mediante cableado a través de bus de datos y abierto, regulado por la propia asociación KNX y Bus de Instalación Europeo.

Las instalaciones se deben ejecutar solamente por personal KNX PARTNER para cumplir unos requisitos mínimos y fiabilidad en la instalación conforme a una serie de normas. Los dispositivos conectados al bus pueden ser tanto sensores como actuadores utilizados para el control del equipamiento de gestión de edificios (iluminación, persianas, sistemas de seguridad, gestión energética, calefacción, sistemas de ventilación y aire acondicionado, sistemas de supervisión y señalización, audio, video, etc.).

KNX consta de cuatro grupos de elementos:

- **Actuadores:** se conectan físicamente sobre los elementos a controlar en el edificio, como por ejemplo luces, electroválvulas, motores, etc.
- **Sensores:** recogen datos o interpretan órdenes del usuario como son detectores de movimiento, termostatos o anemómetros.

- **Pasarelas:** enlazan otros sistemas con otros protocolos de comunicación con KNS, como DALI, BACnet, IP o X10 a KNX.
- **Acopladores:** realizan una separación física dentro del bus consiguiendo agrupar los dispositivos en un segmento de características determinadas.

Cabe destacar que además soporta varios medios de transmisión, tanto cableado como inalámbrico: par trenzado (TP), corrientes portadoras (PL), Ethernet (IP) y radiofrecuencia (RF) y es escalable.



Figura 39. KNX. [81]

Sistema X10[77][82][83]

Protocolo de comunicación para el control remoto de dispositivos electrónicos que utiliza la línea eléctrica preexistente para transmitir señales de control, por lo que no es necesario ningún tipo de instalación, simplemente conectarse a un enchufe de la casa. Se utiliza en entornos domésticos de hasta 250 m² dado su limitado ancho de banda y el número máximo de dispositivos que se pueden conectar, 256.

Es poco fiable y carece de flexibilidad para ser utilizada hoy en día como una infraestructura de red para el control y la automatización del hogar.

Algunas de las desventajas que presenta son una transmisión de datos muy lenta a través de la red eléctrica, la atenuación de la señal y el no disponer de un mecanismo de verificación de errores incorporado.



Figura 40. Sistema X10. [77]

También se han creado plataformas como LONworks de la compañía norteamericana Echelon siendo utilizada principalmente en la automatización de edificios, redes de doble malla que combina la radiofrecuencia inalámbrica (RF) con el cableado eléctrico de la casa como es el caso de Insteon y otros protocolos de comunicación como son Universal Plug and Play[84], inBus, ModBus, BACnet, etc.

4.7.4 Interconexión de dispositivos

Para que los diferentes elementos de una instalación domótica funcionen de forma conjunta y armónica, es necesario que estos se encuentren conectados entre sí, para lo cual existen diferentes métodos entre los cuales destacan los siguientes.[85]

Cableado

Los sensores y actuadores se encuentran conectados por medio de cables eléctricos, los cuales pueden ser de diferente tipo:

- *De línea eléctrica*: a través de una modulación (generalmente SFSK) sobre los cables de potencia, ejemplo de ello son HomePNA[86] o HomePlug[86].
- *De par trenzado*: se realiza un cableado independiente de la línea eléctrica, lo que permite lograr mayores velocidades de comunicación.
- *UTP*: utiliza la red de datos de la vivienda.
- *USB*: bus de comunicaciones que permite conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica a diferentes dispositivos

Inalámbrico

Entre las principales tecnologías inalámbricas se encuentran:

- *Radiofrecuencia*: se denomina así a todo canal de transmisión inalámbrico que no se encuentra bajo ningún estándar.
- *ZigBee*
- *Bluetooth*: posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz.
- *WiFi*

Óptico

Los principales medios ópticos de interconexión de dispositivos utilizados son:

- *Infrarrojo*: Infrared Data Association (IrDA)[87] define un estándar físico de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojos. Permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9600 bps y los 4 Mbps
- *Fibra óptica*: empleado habitualmente en redes de datos. La fibra óptica permite enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a la de radio o cable. Son inmune a las interferencias electromagnéticas, y son muy utilizadas en redes locales.

Mixto

Los dispositivos pueden hacer uso de uno o varios de estos métodos de forma simultánea en función de la tarea que desarrollan o de la necesidad de comunicación con diversos dispositivos que presentan diferentes tecnologías.

4.8 Centro de recopilación de información

Todos los sistemas, sensores y elementos contenidos en una instalación domótica generan una gran cantidad de datos e información, que en la mayoría de los casos es necesario almacenar, de forma que pueda ser accesible en cualquier momento por parte del usuario o el propio sistema, para lo cual es necesario el contar con un centro de recopilación o de almacenamiento de datos.

Hoy en día existen dos métodos principales de almacenamiento: el físico y el denominado “en la nube”. Si bien esta distinción hace referencia sobre todo al método o medio de acceso a la información almacenada, ambas se basan en al menos de uno de los tres métodos principales de almacenamiento: DAS, NAS y SAN .[88]

4.8.1 Almacenamiento físico

DAS (Almacenamiento Directamente Conectado)

Consiste en uno o varios discos duros conectados de manera directa al procesador u ordenador central. Este método de almacenamiento es poco costoso, y de fácil y rápida instalación y configuración. Sin embargo, se encuentra limitado por el espacio físico y por la accesibilidad de la información por parte de distintos usuarios, ya que es necesario estar conectado de alguna forma a ella.

NAS (Almacenamiento conectado a la red)

Conjunto de discos duros conectados a una red LAN local (red privada), al cual se puede acceder desde la propia red ya sea de forma directa o mediante credenciales.

Este tipo de almacenamiento permite el acceso a la información por múltiples usuarios y presenta una mayor escalabilidad

SAN (Red de Área de Almacenamiento)

Red concebida para conectar diversos servidores, arrays de discos y equipos de backup. Las conexiones en este tipo de sistema son de alta velocidad (fibra), y permiten el acceso a los datos por múltiples usuarios. Se encuentra optimizada para mover grandes cantidades de datos, si bien presenta un alto coste y complejidad.

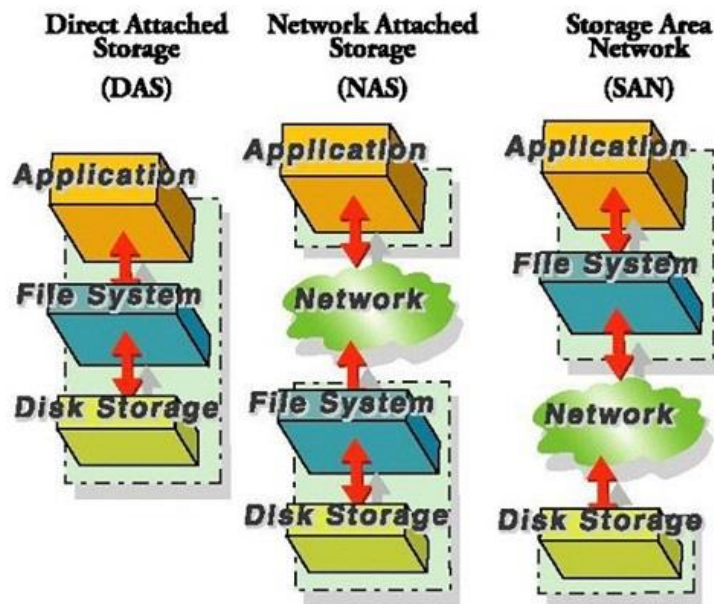


Figura 41. Comparación entre los tipos de almacenamiento.[88]

4.8.2 Almacenamiento en la nube

El almacenamiento en la nube o “Cloud Computing” es la disponibilidad bajo petición de los recursos informáticos, especialmente el almacenamiento de datos y la capacidad de cómputo. Estos centros de datos se encuentran disponibles desde cualquier lugar por parte de los usuarios mediante Internet. [89]

El concepto de “nube informática” es muy amplio, y abarca casi todos los posibles tipos de servicio en línea, pero por lo general se refieren a una de las tres modalidades ya comentadas en la sección 4.1.2 Cloud Computing: *software como servicio (SaaS)*, *plataforma como servicios (PaaS)* e *infraestructura como servicio (IaaS)*.

Los servicios en la nube tienen tres características que las diferencian del hosting tradicional. Por un lado, la tarificación se realiza en función del uso; el servicio es elástico, ya que el usuario puede usar tanto como quiera y en el momento que desee; finalmente, el servicio es gestionado en su totalidad por el proveedor.

Estas nubes pueden ser privadas o públicas. Nube pública es aquella que vende servicios en Internet a cualquier usuario (p. Ej. Amazon Web Services), mientras que las privadas pertenecen a una organización y ofrece servicios de hosting a un número limitado de personas.

4.9 Seguridad

En términos de la seguridad de una casa inteligente, es necesario diferenciar dos tipos de seguridad con los que se debe contar este tipo de viviendas: una seguridad física y una seguridad cibernética o ciberseguridad.

La primera de ellas, la seguridad física, engloba todos aquellos sistemas, sensores y actuadores de la casa que hacen de esta un lugar seguro para los que vivan en ella. La segunda, la ciberseguridad, está directamente relacionada con la privacidad y seguridad de todos los datos e información que todos los sistemas instalados generan y gestionan.

4.9.1 Seguridad física

Un sistema de domótica para seguridad es aquel que integra los sistemas de seguridad tradicionales con los sistemas domóticos para hacer de la vivienda un lugar más seguro. Esta protección que ofrece actúa tanto frente a agente externos como frente a accidentes internos dentro de la casa causados por el resto de los sistemas e instalaciones.

Entre los diferentes sistemas o funciones a aplicar se encuentran: control de acceso o alarma, detectores de incendios, detectores de fugas de gas y de agua, programación de cierres del hogar permitiendo cerrar de forma automática ventanas o puertas si se detectan movimientos extraños en el perímetro de la vivienda, detección de gente en el interior cuando los inquilinos se encuentran ausentes, sistemas que evitan las sobrecargas eléctricas, instalación de sistemas de teleasistencia para personas mayores o con discapacidad, etc.[90]

Entre los principales sistemas de seguridad existentes en el mercado se pueden encontrar: videoporteros, alarmas, detectores de movimiento, barrera de rayos infrarrojos, vigilancia por cámaras IP, detectores de incendios, gas o agua, botón de Pánico, sensores de apertura por contactos magnéticos, sensores de sonido, etc.[91]



Figura 42. Smart Security [92]

4.9.2 Ciberseguridad

“La ciberseguridad o seguridad en internet hace referencia al conjunto de técnicas o procedimientos que velan por la seguridad de los usuarios que comparten información entre sistemas computables”. [93]

La ciberseguridad puede dividirse en algunas categorías comunes como son:

- **La seguridad de red:** consistente en proteger una red de los intrusos.
- **La seguridad de las aplicaciones:** que se centra en mantener el software y los dispositivos libres de ataques e intrusiones.
- **La seguridad de la información:** proteger la integridad y la privacidad de la información tanto almacenada como la enviada y compartida.
- **La seguridad operativa:** procesos y flujos de operaciones para manejar y proteger los datos como asignación de permisos, los procesos de almacenamiento de datos o la forma de enviar y compartir los mismos.
- **La recuperación ante incidentes:** procedimientos y formas con las que responder ante un incidente de ciberseguridad y las políticas de recuperación de datos.
- **La capacitación del usuario:** utilización de los sistemas de forma segura y adecuada por parte del usuario.

Los sistemas domóticos para poder ser controlados de forma remota necesitan encontrarse conectados a Internet de forma directa o indirecta y contar con un centro de control, el cual es una de las partes más vulnerables. Las principales amenazas son: infección e inutilización de un dispositivo permitiendo acceder a la información privada y personal, amenazas a la seguridad debido a que las cámaras de vigilancia o las cerraduras inteligentes pueden dejar de funcionar y utilización de un dispositivo en actividades ilegales. [94][95]

Es habitual que los sistemas domóticos sean transparentes a la red de la casa, lo que presenta un primer problema y una potencial brecha en la seguridad. Para ello se deberá reforzar la seguridad de la red de Internet, usando routers con un sistema de seguridad en capas de transporte (TLS) para encriptar las comunicaciones, modificación del nombre del router, usuario y contraseña predeterminadas, manteniendo el software actualizado y en caso de que sea posible, utilizar una red separada y exclusiva por los dispositivos y sistemas domóticos.

Por último, siempre que sea posible habrá de utilizarse autenticación biométrica, ya que ofrece mayor seguridad, activar las autenticaciones de doble factor cuando sea posible, y se habrán de evitar las redes WiFi públicas a la hora de administrar algún dispositivo y sistema instalado en el hogar.

4.10 Energía

El creciente consumo de energía y la limitación de los recursos energéticos generan efectos negativos en el medio ambiente, que se reflejan en dos aspectos: el económico y el ecológico. La domótica gestiona los elementos de control que contribuyen al ahorro de agua, electricidad y combustibles, minimizando la incidencia en estas dos áreas. Para lograr la eficiencia energética es necesario aplicar un sistema basado en varios conceptos de ahorro, que unidos marcan la diferencia en el consumo. Los dos conceptos básicos son por un lado el aprovechamiento al máximo de la energía de la que ya se cuenta, y por otro el uso y aprovechamiento de energía procedente de fuentes alternativas.

4.10.1 Ahorro de electricidad

Existen diferentes áreas en las que la domótica permite ahorrar electricidad a través de diferentes sistemas y elementos. Entre estas áreas se encuentran:[96]

Iluminación

Uso de sistemas de iluminación eficientes, que adapten el nivel de iluminación en función de la luz solar o uso de detectores de presencia, control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas que permiten maximizar la luz solar, control automático del encendido y apagado de todas las luces, control automático del encendido y apagado de luces exterior en función de la luz solar, etc.

Climatización

Sistemas de regulación de la calefacción ajustando la temperatura a las diferentes condiciones exteriores e interiores, detección de la apertura y cierre de ventanas avisando si existen ventanas abiertas, etc.

Electrodomésticos

Control o secuenciado de la puesta en marcha de electrodomésticos para su uso en horarios donde el precio de la energía es menor, detección y gestión del consumo “en espera” de los electrodomésticos, programación de la desconexión de circuitos eléctricos no prioritarios, etc.

4.10.2 Ahorro de combustibles

El ahorro de combustibles puede llevarse a cabo sobretodo mediante la implantación de sistemas de control y regulación centralizados, que permitan detectar y avisar en caso de averías, como son las fugas de agua, pudiendo cortar el suministro de la misma. Además, la domótica facilita una mejor gestión de las instalaciones, con el ahorro que esto conlleva.[96]

4.10.3 Ahorro de agua

El ahorro del agua en una vivienda puede llevarse a cabo mediante el control y la gestión de diferentes aspectos como son:[96]

- **Fugas de agua:** sistemas de control y regulación centralizados, pudiendo detectar inundaciones, cortando el suministro si fuera necesario y dando la señal de aviso.
- **Control de riego:** control inteligente de riego a través de un sensor de humedad o lluvia, detectando la humedad del suelo y regando de forma automática.
- **Reciclaje de aguas grises:** sistemas de medición de la calidad del agua.
- **Grifería inteligente:** gestión del caudal y la temperatura del agua.

4.10.4 Fuentes de energías alternativas

Para una mayor eficiencia energética se buscan y utilizan energías alternativas como pueden ser: [97][98][99][100]

Energía nuclear

Si bien es cierto que esta energía no puede ser considerada como una energía renovable, ya que se trata de un recurso limitado y que presenta algunos riesgos medioambientales, como es la gestión de los residuos radioactivos o la posibilidad de accidentes nucleares, si que se puede presentar como una fuente alternativa a los combustibles fósiles.

La energía nuclear presenta una reducida emisión de CO₂, y debido a que a día de hoy las energías renovables no pueden sustituir de forma completa a las energías procedentes de combustibles fósiles, hacen de esta energía una posible alternativa.

Energías renovables

Estas energías son aquellas que se obtienen de fuentes naturales y teóricamente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía existente o por ser capaz de regenerarse por medios naturales. A día de hoy existen principalmente cinco fuentes de energías renovables que pueden usarse principalmente en hogares.

Energía solar fotovoltaica

Los paneles solares fotovoltaicos son la fuente de energía renovable más accesible, cuya instalación es muy fácil, cada día más económica y amortizable a corto plazo.

Una pequeña instalación que brinde 3kW permite ahorrar hasta un 20% del coste de la factura de la luz. Si además la vivienda es capaz de producir más energía de la que consume, esta puede incluso venderse, si bien para poder tener una instalación de estas características la inversión inicial deberá ser mucho mayor.

Energía solar térmica

Suele ser también bastante habitual en azoteas de viviendas. Su instalación suele ser la de captadores oscuros (ya sean planos o en forma de tubo) que captan el calor del sol para calentar el agua. También existen aplicaciones de este tipo de energía para calentar el aire.

Este tipo de energía puede llegar a cubrir entre el 60 y el 80% de la demanda de agua caliente en viviendas unifamiliares, que supone un ahorro de entre 75 y 150 euros al año.

Energía eólica

La energía eólica puede obtenerse en viviendas a través de molinos de viento de pequeña potencia (esta energía por ello también se llama en ocasiones minieólica).

Sus costes de instalación suelen ser relativamente baratos, si bien deben ser instalados en zonas con un viento mínimo requerido.

De forma habitual, un aerogenerador pequeño cuesta entre 3000 y 4500 euros, y permite generar una potencia de 5 a 10 kW. Esta inversión se suele amortizar en un plazo de 7 a 10 años.

Biomasa

Mediante residuos forestales, madera, pellets o cualquier otro tipo de material orgánico se puede generar calor a través del uso de calderas de biomasa, las cuales pueden utilizarse para calentar el agua. Si bien la inversión inicial en este tipo de calderas es casi un 25% superior al de una caldera de combustibles fósiles, esta inversión suele amortizarse en unos 5 a 7 años.

Geotermia y Aerotermia

Se trata del uso de bombas de calor, que captan el calor del subsuelo (en el caso de la geotermia) y del aire (en el caso de la aerotermia). El rendimiento de estas energías depende del tipo de suelo y del tipo de aire, pero por lo general los sistemas de geotermia son recomendables su instalación en zonas de temperaturas frías en invierno y muy calientes en verano, y la aerotermia en zonas con temperaturas suaves en invierno y templadas en verano.

5 Prototipo

En esta última sección se llevará a cabo el desarrollo de un prototipo de sistema domótico a implantar en una vivienda unifamiliar localizada en la Comunidad de Madrid. Para la definición de este, se explicarán las tecnologías a implantar en la vivienda partiendo de los conceptos previamente explicados, a continuación, se elegirán los sensores, actuadores y elementos a instalar, funcionalidades, arquitectura y energías utilizadas.

5.1 Tecnologías incorporadas

La primera tecnología a incorporar en la vivienda inteligente es el Internet de las Cosas (IoT) que se encontrará en cada uno de los distintos dispositivos que se utilizan y permite que estos interactúen entre ellos. Esta tecnología es clave en estas casas, ya que es indispensable que los diferentes elementos puedan comunicarse entre ellos para poder llevar a cabo tareas de forma automática e independiente.

Hoy en día la mayoría de los dispositivos en el mercado poseen la capacidad de interconectarse con otros dispositivos, ya sea de forma directa o través de Internet, recogiendo datos e información y compartiéndola con el resto de los elementos a su alrededor. Si bien es cierto que dispositivos como los smartphones, ordenadores personales o asistentes virtuales tienen procesadores de última generación que les permite poseer cierto nivel de inteligencia digital, existen muchos otros como son bombillas, neveras, sensores o actuadores capaces de comunicarse con otros pero que no poseen un procesador que les permite tomar decisiones por si mismos. Sin embargo, gracias a la interconexión de estos mediante la tecnología del IoT y a través de un elemento común con cierto nivel de procesamiento o inteligencia, hace que todos estos en conjunto actúen como un ente único, dotando a la vivienda domótica de cierta inteligencia a la hora de tomar las mejores decisiones para los inquilinos.

Para que la vivienda pueda tomar estas decisiones de manera inteligente y autónoma es necesario que la casa conste de ciertos elementos con Inteligencia Artificial, de forma que sea capaz de aprender y actuar en base a las necesidades y costumbres de los habitantes de la vivienda. Para ello es útil utilizar un asistente virtual del hogar, como por ejemplo Alexa de Amazon, Google Assistant o Siri de Apple, a través del cual poder automatizar ciertas acciones, y que a su vez sean capaces de tomar las suyas propias en base al aprendizaje.

Además de un asistente virtual, una casa inteligente puede contar con ciertos sistemas o elementos como pueden ser robots de cocina o de limpieza, que, si bien no poseen

una inteligencia artificial de forma que piensen como humanos, si que pueden actuar como ellos, automatizando y realizando tareas de forma similar.

La inclusión de tantos elementos interconectados entre sí conlleva que la generación e intercambio de datos sea muy alta. Es por ello que el Big Data se hace imprescindible en una Casa Inteligente. Los sistemas y sensores instalados recogen de manera constante datos del interior y del exterior de la vivienda, así como a través de Internet, y es necesario que estos se encuentren de forma inmediata disponibles tanto para el usuario como para el procesador central, para permitirle tomar las decisiones adecuadas en todo momento.

Toda esta gran cantidad de información es necesario que sea almacenada en algún lugar, de forma que pueda ser guardada y accesible de manera instantánea en caso de que sea necesario. Para ello deberá tenerse acceso a un sistema de almacenamiento, que podrá ser físico instalado en la propia vivienda o en la nube.

Almacenar la información en la propia vivienda presenta problemas como son el espacio dedicado, el gran consumo de energía de estos sistemas, además de tener que contar con unos componentes y elementos muy específicos que son poco rentables para una instalación casera. Es por ello, que la mejor opción en una vivienda domótica es el utilizar el Cloud Computing como tecnología que permita acceder en remoto a los archivos, pudiendo ser consultados y procesados remotamente con centros específicos y adaptados a estas tareas.

La mejor opción por tanto en este apartado sería el de utilizar un sistema SaaS, esto es, el software como servicio, donde el proveedor proporciona la infraestructura de hardware y software, y es el usuario el que simplemente accede a los datos mediante un portal de acceso dedicado. Son ejemplos compañías como Amazon con Amazon Web Services, Microsoft con Azure o CRM de Salesforce.

Por último, debido a que todos los sistemas instalados en la vivienda se encuentran conectados de forma directa o indirecta a internet, la exposición a posibles ataques cibernéticos se ve aumentado. Es por ello que será imprescindible que toda la vivienda posea una buena ciberseguridad, protegiendo a todos los componentes antes los diferentes posibles ataques y riesgos.

5.2 Elementos del sistema domótico

5.2.1 Sensores y detectores

Estación meteorológica

Se incorporará una estación meteorológica en el tejado, la cual estará formada por:

- Pluviómetro: mide la cantidad de agua caída sobre el suelo por metro cuadrado en forma de lluvia, nieve o granizo.
- Veleta: instrumento que indica la dirección del viento.
- Anemómetro: mide la velocidad del viento.
- Barómetro: mide la presión atmosférica en la superficie.
- Termómetro: mide la temperatura en diversas horas del día.
- Higrómetro: mide la humedad relativa del aire.

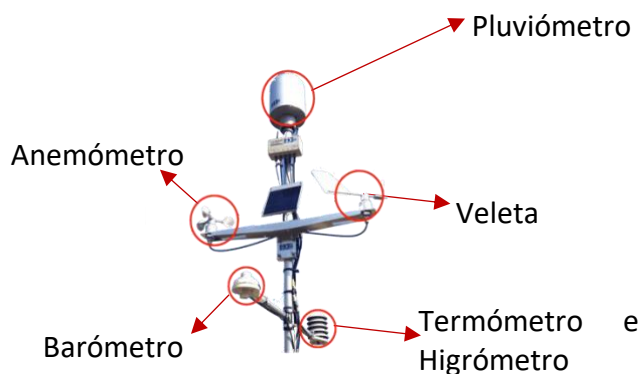


Figura 43. Estación meteorológica

Sensor de humedad

Además del sensor que se incorpora con la estación meteorológica, habrá otro para saber la humedad en el suelo del jardín y actuar sobre el control del riego, sin desperdiciar un recurso tan valioso como el agua.

En el interior de la vivienda habrá un dispositivo en cada una de las estancias para un mayor confort según los gustos o necesidades del inquilino, como puede ser para una persona con una enfermedad respiratoria.

Sensor de luminosidad

Los sensores de luminosidad se localizarán en el exterior de la vivienda, permitiendo una mejor gestión en la luz y energías.

Sensor de temperatura interior

Además, se incorporará un sensor de temperatura en cada una de las estancias de la vivienda y conjunto con el incorporado en la estación meteorológica se activarán diversos actuadores.

Sensor de movimiento

Habrá varios sensores de movimiento a lo largo del perímetro de la vivienda tanto para el control de la iluminación exterior como para el control de seguridad.

En el interior de la casa también se encontrarán sensores de movimiento en cada una de las habitaciones, salas y pasillos para que la vivienda controle las luces y climatización.

En la Figura 44 se muestra un esquemático indicando donde se encuentran los distintos sensores y dispositivos del exterior de la vivienda.



Figura 44. Sensores en el exterior de la vivienda.

Detector de cierre de puertas y ventanas

Las puertas y ventanas de la vivienda tendrán un detector de cierre y apertura magnético para conocer el estado de cada una de ellas.

Detector de fugas de agua

Cada sección de la vivienda o estancia tendrá un detector de fugas de agua en los puntos considerados relevantes, por ejemplo, en la cocina se encontrará situado en el fregadero y lavavajillas.

Detector de fallo eléctrico

Se encontrará en cada uno de los puntos claves dentro de la red eléctrica de la vivienda, en cada uno de los enchufes, interruptores o punto de acceso.

Detector de humo

Al igual que otros sensores o detectores se encontrarán en cada una de las estancias o secciones de la vivienda.

En la Figura 45 se puede ver una imagen 3D del interior de la vivienda, concretamente la sala principal de la primera planta en la cual se han indicado donde se encontrarían alguno de los elementos del sistema domótico.



Figura 45. Sensores en el interior de la vivienda.

5.2.2 Funcionalidades y actuadores

Control de toldos y persianas

El sistema domótico será capaz de controlar de forma automática el control de los toldos y persianas, de forma que estos se extiendan o se recojan solos en función de la información procedente de los sensores.

En caso de que el anemómetro detecte un aumento del viento, se recogerán los toldos que se encuentren extendidos y se podrá además bajar las persianas.

Con la información procedente de los sensores de iluminación y de temperatura y del asistente virtual, el sistema podrá decidir echar o recoger el toldo, subir o bajar las persianas, proporcionando la mejor iluminación y temperatura posible.

Control de temperatura e iluminación

La temperatura e iluminación de la vivienda podrá ser controlada en cada una de las habitaciones de la casa utilizando la información procedente de los sensores de temperatura. Esta podrá ser regulada a través del sistema de calefacción o aire acondicionado, o abriendo y cerrando las ventanas de forma automática, controlando la temperatura de forma natural sin necesidad de utilizar aparatos electrónicos.

La iluminación de los pasillos, salas y diferentes zonas de la casa se verá influenciada por los detectores de presencia, la iluminación en el exterior o las instrucciones dadas al asistente virtual. Por otro lado, la iluminación en el jardín o parcela exterior estará determinada por los sensores de presencia e iluminación.

Apertura y cierre automático de puertas y ventanas

Todas las puertas de la casa, tanto interiores como exteriores, podrán ser gestionadas de forma automática o en remoto.

Las puertas exteriores poseerán una cerradura de tipo inteligente de tal forma que cuando detecte la llegada de alguno de los inquilinos de la casa, por ejemplo mediante la detección del móvil del propietario, abriéndose de forma automática mediante huella biométrica para mayor seguridad.

En el caso de que el sistema detecte que no hay personas dentro de la vivienda y alguna de las puertas exteriores se encuentre abierta se procederá al cierre automático de la misma. En el caso que el sistema detecte una apertura inesperada se procederá a avisar a los inquilinos y a la seguridad en caso necesario.

En cuanto a las ventanas, el sistema las abrirá o cerrará de forma automática para la regulación de la temperatura y la calidad del aire, y si se detecta lluvia se cerrarán para evitar que el agua pueda entrar dentro de la casa.

Al igual que con las puertas, en caso de que alguna de las ventanas se encuentre abierta de forma indeseada y no haya nadie dentro de la casa el sistema procederá al

cerramiento de la misma, y en caso de apertura inesperada se avisará a las partes pertinentes.

Control antiincendios

En caso de que el sistema detecte humo en una sala, pero no fuego, el sistema procederá a cerrar la(s) puerta(s) de la habitación afectada y abrir las ventanas, de forma que el humo pueda salir. Si por el contrario se detectara fuego mediante los sensores de humo, temperatura e infrarrojos, el sistema procederá a cerrar las puertas y ventanas, y corte en el suministro eléctrico en la zona. Se utilizarán los sistemas antiincendios para intentar mitigar el fuego y se procederá a avisar a los inquilinos y bomberos.

Control de inundaciones y fugas de agua

Gracias a los sensores de fuga de agua instalados en las salidas de las principales fuentes de la casa se podrá controlar el caudal y presión de la misma, de forma que se pueda detectar perdidas. Si este fuera el caso, se procederá a cortar el suministro del agua en el área afectada o en toda la casa intentando minimizar el impacto. En caso de detectar este tipo de fugas, se procederá a avisar a los inquilinos y si fuera necesario avisar a un especialista o facilitar una cita con el mismo.

Control de electricidad

En caso de fallo eléctrico detectado por alguno de los sensores pertinentes instalados en la casa, la vivienda procederá a realizar el corte de la misma en la zona afectada o en toda la casa si fuera necesario.

Además, se podrá tener un control completo de las cargas eléctricas en toda la vivienda, de forma que el sistema pueda decidir cortar el suministro a aquellos aparatos o electrodomésticos que no se estén utilizando y que no sea necesario mantener encendidos, de forma que se pueda ahorrar la mayor energía posible.

Control de seguridad

Para el control de la seguridad física en la vivienda se dispondrán de diversos sensores instalados en toda la vivienda. En el exterior se instalarán cámaras de seguridad y sensores de movimiento, de forma que en caso de detección de una presencia no deseada en los exteriores de la casa los inquilinos sean avisados. Estos sensores estarán principalmente activos cuando los inquilinos se encuentre fuera la vivienda o sea de noche.

Gracias a la detección de apertura de puertas y ventanas se podrá controlar el acceso indeseado a la vivienda, pudiéndose avisar a las partes pertinentes además de hacer sonar las alarmas necesarias.

Además de la seguridad frente a intrusos, la casa durante el día ofrecerá protección para niños pequeños o personas mayores, avisando cuando estos salgan de la zona donde se encontraban.

Por último, con la instalación de videoportero, los inquilinos podrán ser avisados cuando alguien llame a la puerta, pudiendo contestar estén o no dentro de la misma. Cuando no se encuentren dentro, se podrá abrir remotamente un cajón situado en el exterior para la entrega de mensajería de mayor volumen.

Gestión de jardines exteriores

Mediante el uso de sensores de lluvia y de humedad en el suelo y en el aire, el sistema podrá controlar y gestionar el riego automático del jardín.

Conociendo estos parámetros y la previsión del tiempo obtenida a través de internet el sistema podrá tomar las decisiones adecuadas para el mejor cuidado del mismo.

Simulación de vivienda habitada

Cuando los inquilinos no se encuentren dentro de la vivienda durante un tiempo prolongado se podrá hacer que la vivienda simule tener gente viviendo dentro, de forma que se disuada la entrada de ladrones en la misma.

Para ello la vivienda podrá subir y bajar persianas automáticamente, encender o apagar luces o incluso encender equipos de música o televisiones, dando la impresión de que hay gente en su interior.

Gestión cocina

La cocina constará de una nevera inteligente la cual comunicará cuando es necesario hacer la compra, qué productos son necesarios en función del menú que se desee esa semana y llevarla a cabo si se le indica. Además de ello, habrá un robot de cocina comentado en el trabajo el cual realiza los platos que se han elegido.

Modo despertador

Cuando la vivienda detecte a través del colchón de la habitación que el individuo comienza a despertarse, se le indicará si puede dormir más porque hay un mejor tráfico hasta su trabajo o por el contrario debe levantarse antes. Además de esto se pondrá en marcha el modo despertador a través del cual se procederá a calentar el baño a la temperatura óptima, se preparará el café, se seleccionará el outfit y si es invierno incluso se arrancará y calentará el vehículo.

5.3 Arquitectura

Tras el estudio de las diversas arquitecturas que se pueden dar en la domótica la arquitectura elegida es híbrida o mixta en la cual se combinarán la arquitectura centralizada, descentralizada y distribuida.

En cada una de las secciones o estancias a las cuales se ha hecho referencia con anterioridad como sala de estar, salón, cocina, dormitorio, baño, etc. Habrá una red centralizada con su correspondiente controlador central, sus sensores, actuadores e interfaces necesarias. A su vez los controladores de cada estancia estarán conectados a través de un bus entre sí y la red de la vivienda al completo.

A continuación, en la Figura 46, se muestra como sería esa arquitectura en la planta principal de la vivienda.

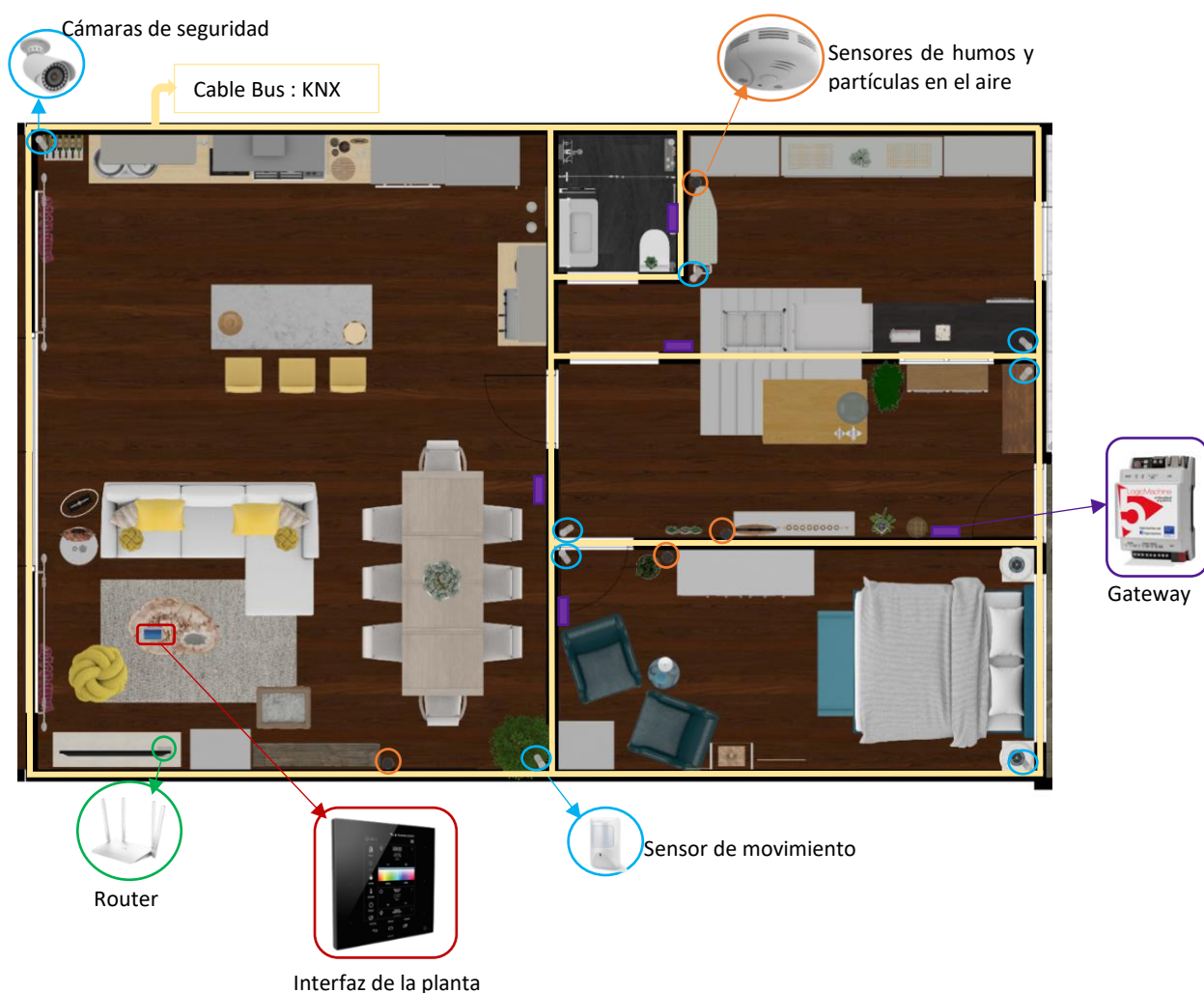


Figura 46. Interconexiones en la planta principal.

Para poder llevar a cabo esta arquitectura se utilizarán dos de los tres tipos de sistemas domóticos vistos en este documento, los cuales serán inalámbrico y más concretamente Z-Wave y KNX, que es el más importante y fiable dentro de los sistemas existentes actuales. Este último se ha elegido obviamente por la importancia dentro de su sector y la amplia gama de dispositivos domóticos que utilizar KNX, aunque es cierto que se

precisa de una compleja instalación. De igual modo se ha seleccionado el estándar Z-Wave porque hay muchos dispositivos que actualmente lo utilizan, puede ser compatible con KNX y hace posible la escalabilidad del sistema pudiendo incorporar nuevos dispositivos en un futuro de forma sencilla. Además, ambos sistemas son abiertos, lo cual es beneficioso ya que da lugar a un gran abanico de dispositivo que pueden ser utilizados en la vivienda.

Para la utilización de ambos sistemas se utilizará como controlador en cada una de las estancias de la vivienda un gateway multitecnología como Logic Machine, es más complejo que otras soluciones, pero tecnológicamente mucho más potente.

Con ello no sólo se esta proporcionando a la instalación KNX acceso a los sensores inalámbricos Z-wave, sino que si el actuador o sensor al que accede es cableado o inalámbrico es algo que se convierte en totalmente transparente para el. Además, Logic Machine cuenta con un potente servidor web lo que hace posible la personalización de la interfaz de control de toda la vivienda.[101]

Con todo ello, se muestra en la Figura 47 como sería de igual modo la estructura de la arquitectura en la segunda planta de la vivienda.



Figura 47. Interconexiones en la segunda planta

Para terminar con la explicación de la arquitectura se ha considerado oportuno una visualización más esquemática y parecida a las que se han mostrado anteriormente en el presente documento, la cual se muestra en la Figura 48.

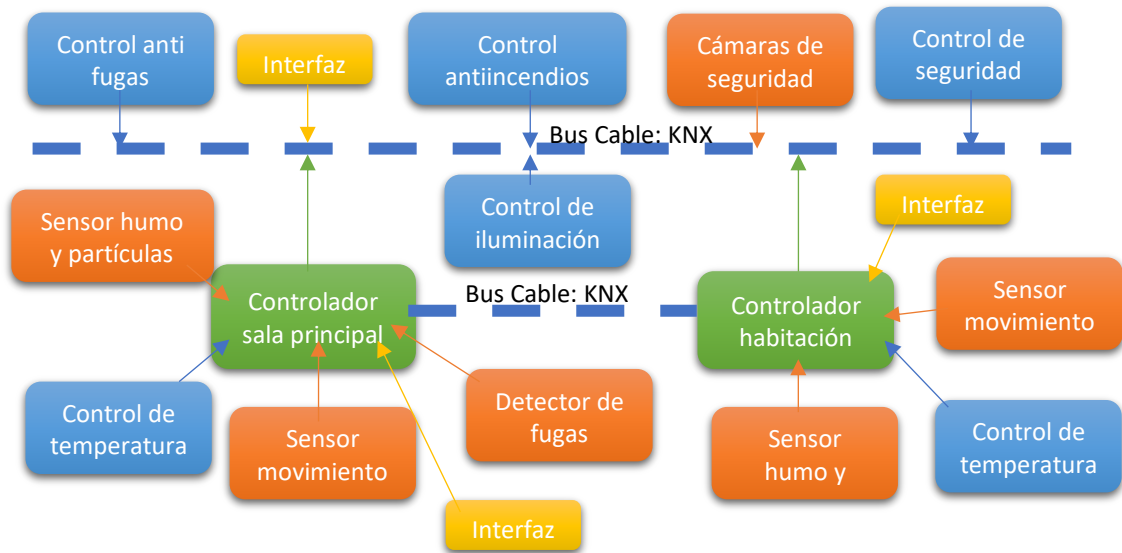


Figura 48. Diagrama de interconexiones

5.4 Energía

El objetivo de ahorro de energía en el prototipo se ha visto claramente incorporado por el uso de diversos sensores como son los de temperatura, viento, luminosidad, etc., para minimizar el consumo y gestionarla de una manera más eficiente.

Además de ello, se realizará el estudio de franjas horarias en las que sea más adecuado el uso de electrodomésticos y el apagado de los mismos o dispositivos que no sean estrictamente necesarios.

Para un ahorro en el agua de la vivienda se realizará un sistema de reciclaje de aguas grises, las cuales se filtrarán, tratarán y almacenarán en un depósito para su posterior uso en los inodoros y el riego de la vivienda. Además de este sistema se utilizará una grifería inteligente la cual gestiona el caudal y la temperatura del agua en función de las necesidades. Otras fuentes de energía que se utilizarán en la vivienda serán la energía solar fotovoltaica y térmica las cuales se instalarán en el tejado de la vivienda tal y como se puede visualizar en la Figura 49.



Figura 49. Visualización en 3D de la fachada de la vivienda

Para estas fuentes de energía se necesitará un dispositivo de almacenaje como acumulador de agua y baterías solares, respectivamente. Además, se utilizará la biomasa para la calefacción de la vivienda ya que es la más respetuosa con el medio ambiente dentro de las distintas posibilidades teniendo en cuenta que el territorio no es propicio para la geotermia y aerotermia.

Todos estos sistemas de energía se muestran de una manera gráfica y visual en la Figura 50, indicando también los distintos dispositivos necesarios de almacenamiento, tratamiento, etc., para cada uno de los sistemas energéticos.



Figura 50. Diagrama explicativo de sistemas energéticos en la vivienda.

6 Conclusiones

6.1 Dificultades y retos de las Casas Inteligentes

Si bien el concepto de Smart Building o Smart Home suena muy atractivo y presenta muchas bondades, es necesario ser consciente de aquellos retos o dificultades que plantean este tipo de topologías.

Uno de los principales retos a los que se enfrentan este tipo de edificios es la seguridad y privacidad de los datos transmitidos y recolectados por los sistemas y sensores instalados en los edificios y casas. Cualquier dispositivo es susceptible de ser atacado por una persona o sistema, con los cuales se podría tener acceso a los datos personales de cualquiera de sus ocupantes, así como suponer un problema de seguridad para la misma.

Tanto es así que España es el segundo país del mundo con mayores ataques a edificios inteligentes (47,6%) en la primera mitad de 2019, según un estudio sobre las amenazas a edificios inteligentes realizado por Kaspersky. Sólo superado por Italia (48,5%) y seguido de Reino Unido (44,4%), República Checa (42,1%) y Rumanía (41,7%). Pese a que los ataques son poco sofisticados, suponen un peligro significativo para las operaciones diarias de los edificios inteligentes.[102]

A parte de la susceptibilidad a cualquier ataque, asociado a este mismo aspecto se encuentra el reto de la privacidad que deberá existir a la hora de compartir todos los datos personales con todos los sistemas de la casa y con cualquier empresa o terceros, lo cual puede llevar a generar inseguridad e inquietud a los ocupantes haciendo imposible llegar a conseguir de forma completa una Casa Inteligente.

Otras de las dificultades más importantes es el aspecto de la integración de los diferentes sensores y sistemas. Actualmente prácticamente cada fabricante tiene su propia aplicación con la que controlar su dispositivo, pero no existe un único modo de poder controlar todas ellas de manera centralizada. Deberá encontrarse una forma que permita a los ocupantes poder gestionar todos los sistemas de manera unificada, en pos de la unificación y comodidad, unos de los objetivos básicos de una casa inteligente.

6.2 Conclusiones del trabajo y líneas futuras

A lo largo de la mayor parte de este documento se ha realizado un trabajo de investigación y estudio, abordando los diferentes edificios y casas inteligentes existentes a día de hoy, desde nivel mundial a nivel España, tanto en el ámbito académico como empresarial. Esto ha permitido adquirir un primer conocimiento de todas las tecnologías, arquitecturas, almacenamiento, seguridad, etc., existentes y que hacen que un edificio pueda ser considerado “inteligente”.

Cierto es también que el presupuesto y las tecnologías utilizadas en muchos de estos edificios no está al alcance de cualquiera, y por tanto el trasladarlas a una vivienda media es difícil aunque hay un amplio abanico de posibilidades que si son viables. Existen diversos sistemas de fácil instalación y asequibles, especialmente de tipo inalámbrico, haciendo posible realizar arquitecturas y sistemas domóticos en una vivienda cualquiera de una manera sencilla y económica. Sin embargo, con este tipo de instalaciones es difícil conseguir una casa domótica como tal. Si ese fuera el objetivo, se necesitaría una instalación realizada por un experto en su mayoría debido a la utilización de cable bus, que permite una mayor y mejor automatización de los sensores y actuadores de la casa.

Por tanto, este trabajo presenta una primera base sobre la que poder desarrollar prototipados aún más profundos y mejores del sistema domótico expuesto en la última parte. Se ha definido un posible sistema domótico para una vivienda unifamiliar, detallándose en mayor o menor medida todos sus elementos y la interconexión de los mismos, pero sin entrar en profundidad en la instalación del cableado, protocolos de comunicación y capas.

Además, sería interesante poner en práctica parte del prototipado presentado, con la combinación de diferentes sistemas como son KNX y Z-Wave, para comprobar su rendimiento real y ver ejemplos de funcionamiento con casos prácticos.

Por último, un punto que no se ha analizado en este trabajo sería el económico, el coste inicial del proyecto, debido a que los sistemas domóticos pueden llegar a presentar un alto coste, especialmente si se utilizan elementos con tecnología KNX, ya que se requiere de una instalación específica. También en este estudio se debería de tener en cuenta si se trata de una vivienda de obra nueva o si es una modernización de una ya existente, y comparando que tipo de arquitectura e instalación sería la más adecuada en cada uno de los casos para cubrir los requisitos y necesidades de las casas inteligentes.

7 Glosario

A

AENOR
Asociación Española de Normalización y Certificación..... 51

B

BACS
Building automation and control systems..... 51

BAS
Building Automation System 26

Big Data
Término que describe el gran volumen de datos46

BIM
Building Information Modeling..... 33

Blockchain
Permite verificar, validar, rastrear y almacenar todo tipo de información. 47

BMS
Building Management Systems..... 48

bps
Bits por segundo. 69

BREEAM
Building Research Establishment's Environmental Assessment Method... 52

C

CEDOM
Asociación Española de Domótica 51

CEM
Customer Experience Management..... 51

Cloud Computing
Computación en la nube.. 44

CO
Monóxido de carbono..... 36

CO₂
Dióxido de carbono9

CRM
Customer Relationship Management.....44

D

DAS
Directly Attached Storage.70

E

EECN
Edificios de consumo de Energía Casi Nulo.....54

eMobility
Movilidad eléctrica20

H

HBES
Home and building electronic systems.....51

HVAC
Heating Ventilation Air conditioning,36

I

IA
Inteligencia Artificial45

IaaS
Infrastructure as a Service44

IoT
Internet Of Things.....24

IrDA
Infrared Data Association .69

K

kW
Kilovatio30

L

LEED
Leadership in Energy & Environmental Design .53

M

M2M
MAchine to Machine43

Mbps
Megabits por segundo25

N

NAS
Network Attached Storage 70

NO₂
Dióxido de nitrógeno..... 36

nZEB
Net zero energy building ..54

O

O₃
Ozono 36

P

PaaS
Platform as a service 44

S

SaaS
Software as a Service44

SAN
Storage Area Networks 70

SO₂
Dióxido de azufre 36

T

TIC
Tecnologías de la información y la comunicación9

W

WGBC
World Green Building Council.....52

Wireless Fidelity. 41

8 Bibliografía

- [1] www.sostenibilidad.com/materiales-construccion [27 septiembre 2020]
- [2] hablandoenvidrio.com [7 octubre 2020]
- [3] www.fundacionendesa.org/smart-city [22 septiembre 2020]
- [4] fundacionendesa.org/smart-building-casa-domotica [22 septiembre 2020]
- [5] www.controlli.es/protocolo-bacnet [23 diciembre 2020]
- [6] www.cursosaula21.com/modbus-que-es [23 diciembre 2020]
- [7] www.rtautomation.com/technologies/lonworks [23 diciembre 2020]
- [8] buildingefficiencyinitiative.org [22 septiembre 2020]
- [9] ciudadesdelfuturo.es/plataforma-compra-venta-energia [23 diciembre 2020]
- [10] twenergy.com/eficiencia-energetica [23 septiembre 2020]
- [11] www.sempergreen.com/es/soluciones/fachadas [12 octubre 2020]
- [12] dle.rae.es/domotico [23 diciembre 2020]
- [13] dpej.rae.es/lema/hogar-digital [23 diciembre 2020]
- [14] www.denisgomez.com/domotica-casas-inteligentes [23 diciembre 2020]
- [15] www.csemag.com/singapores-savvy-new-tower [7 octubre 2020]
- [16] www.iofficecorp.com/blog/intelligent-building-examples [7 octubre 2020]
- [17] www.skyscrapercenter.com/capital-tower [10 octubre 2020]
- [18] www.architectureanddesign.com.au [7 octubre 2020]
- [19] architizer.com/projects/hindmarsh-shire-council [11 octubre 2020]
- [20] www.dukeenergycenter.info [7 octubre 2020]
- [21] <http://www.skyscrapercenter.com/duke-energy-center> [11 octubre 2020]
- [22] redshift.autodesk.com/al-bahr-towers/ [10 octubre 2020]
- [23] igsmag.com/the-al-bahar-towers [11 octubre 2020]
- [24] www.techhive.com [11 octubre 2020]
- [25] www.jetsongreen.com/zero-home [11 octubre 2020]
- [26] www.bloomberg.com/the-edge [10 octubre 2020]
- [27] archello.com/project/the-edge [11 octubre 2020]
- [28] www.lamudi.com.mx [12 octubre 2020]
- [29] www.loxone.com/eses/mini-casa-inteligente [12 octubre 2020]
- [30] www.loxone.com/eses/smart-home/residencial [12 octubre 2020]
- [31] [5-Congreso-Edificios-Inteligentes.pdf](#) [12 octubre 2020]
- [32] www.google.com/maps [12 octubre 2020]
- [33] www.alfredsmart.com/old-hidden/alfred-home [12 octubre 2020]
- [34] upcommons.upc.edu [12 octubre 2020]
- [35] www.designable.es [12 octubre 2020]
- [36] www.arquitecturayempresa.es [12 octubre 2020]
- [37] www.globaltv.es [12 octubre 2020]
- [38] www.globaltv.es/download [12 octubre 2020]
- [39] www.20minutos.es [21 noviembre 2020]
- [40] yiminshum.com/social-media-espana-2020 [21 noviembre 2020]

- [41] www2.deloitte.com [13 noviembre 2020]
- [42] culturefit.com [13 noviembre 2020]
- [43] www.salesforce.com/mx/cloud-computing [14 noviembre 2020]
- [44] sanuja.com/cloud-computing-a-blessing-and-a-curse [14 noviembre 2020]
- [45] digitalworkspace.dws.company [19 noviembre 2020]
- [46] www.iberdrola.com/inteligencia-artificial [19 noviembre 2020]
- [47] mastermarketingdigital.org [19 noviembre 2020]
- [48] www.revista-gadget.es/avance/robot-que-cocina [14 noviembre 2020]
- [49] time.com/3819525/robot-chef-moley-robotics [19 noviembre 2020]
- [50] www.oracle.com/es/what-is-big-data.html [19 noviembre 2020]
- [51] www.mapfre.es/seguros [19 noviembre 2020]
- [52] latam.kaspersky.com/what-is-cyber-security [19 noviembre 2020]
- [53] www.xataka.com/que-es-blockchain [19 noviembre 2020]
- [54] cinglescomunicacions.com/es [19 noviembre 2020]
- [55] www.elkoep.com/bmsko [19 noviembre 2020]
- [56] www.enerxia.net [19 noviembre 2020]
- [57] www.hogarsense.es/domotica [21 noviembre 2020]
- [58] www.casadomo.com/comunicaciones [21 noviembre 2020]
- [59] www.cedom.es/sobre-domotica [21 noviembre 2020]
- [60] www.isover.es/certificaciones [22 noviembre 2020]
- [61] arquitectura-sostenible.es/certificados [22 noviembre 2020]
- [62] www.adaptecca.es [22 noviembre 2020]
- [63] www.somfy.es [22 noviembre 2020]
- [64] ventanasdenergy.com [23 noviembre 2020]
- [65] empresas-de-domotica [23 noviembre 2020]
- [66] domoticaintegrada.com [23 noviembre 2020]
- [67] wattio.com/es/content/solucion-25# [23 noviembre 2020]
- [68] www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica [23 noviembre 2020]
- [69] es.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica [23 noviembre 2020]
- [70] domoticaintegrada.com/instalaciones-domoticas [23 noviembre 2020]
- [71] nogal.mentor.mec.es [28 noviembre 2020]
- [72] arquitectura-de-los-sistemas-domoticos [23 noviembre 2020]
- [73] desenchufados.net/tipos-sistemas-domoticos [28 noviembre 2020]
- [74] www.hogarsense.es/domotica/sistemas-domoticos [26 noviembre 2020]
- [75] sites.google.com/site/carlosraulsan2987 [28 noviembre 2020]
- [76] domoticaudem.wordpress.com/topologia [1 diciembre 2020]
- [77] domoticasistemas.com [1 diciembre 2020]
- [78] www.xataka.com/seleccion/zigbee-z-wave [1 diciembre 2020]
- [79] www.monografias.com/protocolos-domotica [1 diciembre 2020]
- [80] www.serconint.com/sistemas_protocolos.php [1 diciembre 2020]
- [81] norlecteng.com/knx [5 diciembre 2020]

- [82] www.researchgate.net [22 noviembre 2020]
- [83] www.monografias.com/domotica-protocolo-x10 [1 diciembre 2020]
- [84] [es.wikipedia.org/wiki/Universal Plug and Play](http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Plug_and_Play) [1 diciembre 2020]
- [85] web.archive.org/web/20110626122220 [1 diciembre 2020]
- [86] www.audioholics.com/homepna-moca-homeplug [23 diciembre 2020]
- [87] <http://www.monografias.com/estandar-irda> [23 diciembre 2020]
- [88] espai.stucom.com/sistemas-de-almacenamiento [5 diciembre 2020]
- [89] www2.deloitte.com/computacion-nube [5 diciembre 2020]
- [90] www.hogarsense.es/seguridad-domotica [5 diciembre 2020]
- [91] www.monografias.com/seguridad-vivienda [5 diciembre 2020]
- [92] smartlightinghome.com/seguridad-y-domotica [5 diciembre 2020]
- [93] www.economiasimple.net/glosario/ciberseguridad [5 diciembre 2020]
- [94] blog.fiatc.es/ciberseguridad-casa-inteligente [5 diciembre 2020]
- [95] www.bbvaopenmind.com/mundo-digital [5 diciembre 2020]
- [96] www.idae.es [5 diciembre 2020]
- [97] core.ac.uk [5 diciembre 2020]
- [98] www.quetzalingeneria.es [5 diciembre 2020]
- [99] www.certicalia.com [5 diciembre 2020]
- [100] blog.genesis.es/energia-renovable [5 diciembre 2020]
- [101] www.domonova.com/instalaciones-knx-zwave [29 diciembre]
- [102] profesionaleshoy.es/arquitectura [12 octubre 2020]