

**MONITORIZACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES EN EDIFICIO
INTELIGENTE**

LPRO



UNIVERSIDADE
DE VIGO

ÍNDICE

1.1	INTRODUCCIÓN	4
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3	OBJETIVOS DEL PROYECTO.	4
1.3.1	<i>Descripción</i>	4
1.3.2	<i>Propuesta de producto</i>	4
1.3.3	<i>Cliente</i>	5
1.3.4	<i>Mercado</i>	5
1.4	ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL.....	5
1.4.1	<i>Impacto social</i>	5
1.4.2	<i>Impacto ambiental</i>	6
1.4.3	<i>Previsión de futuro</i>	7
1.5	ESTUDIO DE MERCADO.....	8
	REFERENCIAS	13
1.6	CONCLUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	14
2	MARCO TEÓRICO	14
2.1	BASES TEÓRICAS.....	14
2.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	14
2.2.1	<i>Hardware necesario</i>	15
2.3	ESTUDIO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS.....	15
2.3.1	<i>Sensores</i>	15
2.3.2	<i>Diferentes alternativas para comunicar el sensor</i>	17
2.3.3	<i>Sistema de comunicación entre sensores, microcontroladores y módulos inalámbricos</i>	22
2.3.4	<i>Sistemas de comunicación inalámbrico</i>	29
2.3.5	<i>Comunicación de la unidad central con el servidor</i>	36
2.3.6	<i>Fuentes de alimentación</i>	41
2.3.7	<i>Servidor</i>	46
2.3.8	<i>Servicio web</i>	51
2.3.9	<i>Métodos para la consulta de datos</i>	53
2.3.10	<i>Diferentes alternativas para desarrollar la app</i>	55
2.4	NORMATIVA.....	56
2.4.1	<i>Radiación Inalámbrica</i>	56
2.4.2	<i>Marcado CE</i>	57
2.5	CONCLUSIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	58
3	METODOLOGÍA. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	58
3.1	DIVISIÓN DEL TRABAJO	58
3.2	PLANIFICACIÓN DE METAS Y/O OBJETIVOS	60
3.3	PRESUPUESTO	62
4	FASE DE EJECUCIÓN.....	62
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	62
4.1.1	<i>Sistema de adquisición de datos</i>	63
4.1.2	<i>Unidad central de control</i>	64
4.1.3	<i>Servidor</i>	64
4.1.3.1	<i>Comunicación servidor central – dispositivo local</i>	64
4.1.3.2	<i>BBDD</i>	67
4.1.3.3	<i>Líneas futuras</i>	68
4.1.4	<i>Aplicación Android</i>	69
4.2	DESARROLLO HARDWARE.....	69
4.2.1	<i>Adquisición de las variables ambientales</i>	70
4.2.2	<i>Configuración de la centralita</i>	75
4.3	DESARROLLO SOFTWARE	76
4.3.1	<i>Comunicación servidor central - app</i>	76
4.3.2	<i>Desarrollo del servicio REST</i>	76
4.3.3	<i>Desarrollo de la aplicación Android</i>	79

4.4	CONCLUSIÓN DE LA EJECUCIÓN	83
5	CONCLUSIONES.....	84
6	REFERENCIAS	84
7	APÉNDICE A	85

1.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en un sistema de monitorización de variables ambientales (luz, temperatura o humedad) mediante el cual los usuarios tendrán cubiertas sus necesidades de monitorización de estas variables en sus propiedades de manera remota. Para ello se dotará al sistema de conectividad a través de una aplicación para smartphone (Android) donde el usuario recibirá la información en tiempo real.

Se le pretende dar uso tanto para el mercado de domótica (viviendas particulares) como inmótica (invernaderos, granjas...)

En este documento analizaremos de manera la viabilidad del proyecto y describiremos la solución a la que hemos llegado.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La principal necesidad de la que se parte es la de tener monitorizada en todo momento las variables ambientales de la/s vivienda/s de un usuario desde cualquier parte del mundo.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

1.3.1 DESCRIPCIÓN

Se va a diseñar y desarrollar un sistema completo de monitorización de variables ambientales como pueden ser temperatura, humedad, etc... En diferentes puntos de un edificio inteligente. El sistema estará compuesto por los siguientes elementos:

- ☐ Sensores de variables ambientales. Sería interesante aprovechar la energía que pueda haber disponible en el entorno para alimentar cada elemento sensor/acondicionador. Entre 6 y 12 puntos de medida en interior. Entre 2 y 4 puntos de medida en exterior.
- ☐ Unidad de control con interfaz remota.
- ☐ El usuario tendrá la posibilidad de monitorizar cada uno de los puntos de medida desde una tableta o teléfono móvil por medio de una comunicación inalámbrica.

1.3.2 PROPUESTA DE PRODUCTO

El sistema planteado encaja como punto de partida para sistemas domóticos/inmóticos más avanzados. Teniendo el punto de mira en el aprovechamiento de toda la información generada por la red de dispositivos instaladas.

Por lo tanto empezaremos como un servicio para informar y gestionar de diversas medidas ambientales de las que el cliente quiera disponer en tiempo real.

Desde ahí se plantean dos vías a desarrollar:

I. **Big Data:** dependiendo de los datos obtenidos, se valorará la posibilidad de diseñar nuevos servicios como pueden ser desde control de contaminación, consumo de energía, etc...

II. **Actuadores:** teniendo la red de adquisición de datos, se pueden implantar sistemas actuadores que realicen ciertas operaciones en base a las medidas tomadas como puede ser apertura/cierre de ventanas o persianas, sistemas de riego, etc...

1.3.3 CLIENTE

En la primera fase del producto no tiene tanta cabida en obras nuevas a no ser que sean del sector terciario (granjas, invernaderos). Sino que el cliente tipo es una persona con varias residencias que necesite conocer las condiciones ambientales en ciertos espacios.

1.3.4 MERCADO

La empresa se posicionará como integrador de todo el sistema. Una de las líneas de trabajo es que el sistema pueda ser auto instalado por el cliente, con lo que podría eliminarse los gastos de realizar una instalación o de subcontratos con instaladores externos. Pudiendo vender asistencias técnicas en caso de necesitarlo el cliente.

1.4 ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL

1.4.1 IMPACTO SOCIAL

El objetivo de este análisis es evaluar los impactos sociales de nuestro proyecto antes de que inicie, es decir, evaluar las consecuencias sociales intencionadas o no intencionadas, positivas y negativas del proyecto.

La cuestión fundamental es si la implantación de edificios inteligentes conduce a una sociedad mejor, esto es, si el aumento del bienestar que nos ofrece esta tecnología será percibida por toda la sociedad. La respuesta a esta cuestión es compleja.

El primer factor analizado son los puestos de trabajo que creará la implantación de edificios inteligentes, que supone la creación de nuevas profesiones en el sector de las telecomunicaciones, la informática y la electrónica, ya que crece la demanda de la gente que fabrique, controle y repare los dispositivos.

Otra cuestión muy importante sería a quién le puede interesar un sistema de monitorización de variables ambientales. Existe un abanico enorme de potenciales usuarios: oficinas, edificios, empresas, universidades, viviendas particulares, hoteles, invernaderos... El proyecto podría tener además un especial interés para las instituciones públicas ya que se produciría un ahorro de energía que permitiría la optimización de los recursos del Estado con la financiación que suministra la ciudadanía.

La línea futura fundamental del proyecto es la inclusión de actuadores, por ejemplo, para automatizar la apertura y cierre automático de persianas en función de la cantidad de luz, o puesta del aire acondicionado o calefacción en función de la temperatura, lo que aumentaría la comodidad del usuario gracias al control remoto a través de su Smartphone o tableta. Con el uso de nuestra aplicación el usuario podrá conocer, por ejemplo, la temperatura o humedad de su casa desde cualquier lugar y de forma casi instantánea y podrá actuar en consecuencia (sistema domótico).

La domótica ha permitido mejorar la calidad de vida de quienes la usan en casos como adecuación del clima, desconexión de equipos, poner a funcionar aparatos en tarifas reducidas, apagado y encendido de luces, regular la iluminación y en general automatizar los distintos sistemas y equipos. Una de las principales ventajas que trae a la sociedad el uso de estas tecnologías es la seguridad, ya que detecta intrusos y problemas y fugas de los servicios públicos, y además, en caso de emergencia médica existe la teleasistencia.

Para hacer uso de nuestro sistema de monitorización no es necesario hacerlo en edificios de nueva construcción, también se puede adaptar a edificios antiguos. La instalación del sistema no supone un coste elevado y tampoco se requiere de hacer reconstrucciones o daños en la infraestructura del edificio, ya sea de nueva construcción o se incorpore a una construcción

Otro aspecto importante que tratamos es la privacidad, los datos monitorizados de los usuarios se van a encontrar en un servidor central de nuestra propiedad, por lo que se tratarán con la mayor seguridad posible aunque ésta no sea crítica, el usuario no tiene por qué querer compartirla.

— Seguridad de los bienes: Gestión del control de acceso y control de presencia, así como la simulación de presencia.

— Incidentes y averías: Mediante sensores, se pueden detectar los incendios y las fugas de gas y agua. También se pueden detectar averías en los accesos, en los ascensores...

Entre los objetivos de la nueva entidad (que lleva por nombre Domotys [Ref.4]) destaca la coordinación de empresas nacionales que trabajan en este amplio ámbito y conseguir una mayor visibilidad para el sector y sus productos en el mercado nacional e internacional.

Como conclusión destacar que es un producto destinado a mejorar la comodidad de la sociedad y no de un sector concreto de la misma, que tiene el objetivo de expandirse por todo el mundo.

Tanto o más importante que el incremento del bienestar personal es el bienestar ambiental. Todo producto o actividad debe ser respetuosa con el medio con el que interacciona, y este sistema no sólo es respetuoso con el medioambiente, sino que esperamos que sea la base de



sistemas más complejos que tengan como objetivo el ahorro energético.

La domótica y la eficiencia energética son conceptos inseparables en estos momentos. Si hace tres décadas, el principal reclamo del hogar digital era la seguridad que proporcionaba al usuario, ahora su mayor contribución se vincula con la disminución del consumo energético (supone un gran ahorro económico para el consumidor) y con la reducción del impacto medioambiental, lo que se traduce en beneficio del planeta.

Cualquier vivienda puede instalar un sistema domótico. La complejidad del mismo dependerá de las necesidades y requerimientos del propio proyecto, pues no existen dos inmuebles iguales.

La domótica y la eficiencia energética en la vivienda se aprecian en los siguientes escenarios:

Control de la iluminación. Implantación de dispositivos que adaptan el nivel de iluminación a situaciones o escenas concretas, como la disponibilidad de la luz natural, el área de la casa o la presencia de personas. Estos sistemas se activan automáticamente en virtud de las necesidades mencionadas y controlan el funcionamiento de otros elementos relacionados con las mismas, como los toldos, las persianas y las cortinas.

Gestión inteligente de la climatización. El hogar digital nos permite sacar el máximo partido a la climatización, de manera que se optimice el consumo energético con sus beneficios en el impacto medioambiental. Esto se consigue con un control de la calefacción y del equipo de aire acondicionado, ajustado a variables como la presencia de personas, la temperatura exterior, la apertura de ventanas, o el aprovechamiento de la luz solar (activación y/o desactivación automática de toldos, persianas y cortinas). Un grado más o menos de lo necesario en la calefacción o el aparato de aire acondicionado, supone un incremento de entre el 8% y el 10% del consumo energético.

Correcta puesta en marcha de los electrodomésticos. El binomio domótica y eficiencia energética también se aplica a los electrodomésticos, pues si bien estos no gastan tanta energía como los aparatos climatizadores, sí se puede adaptar su funcionamiento a los horarios en los que el precio de la electricidad es menor, logrando notables ahorros de energía. Los sistemas domóticos intervienen igualmente en la gestión del consumo “en espera” de los electrodomésticos.

Monitorización del consumo energético en el hogar. Un sistema domótico genera informes y estadísticas del consumo energético de la vivienda, a través de los cuales podemos analizar los excesos producidos y las causas de los mismos. Estas valoraciones nos servirán para corregir comportamientos y seguir pautas sostenibles y ecológicas.

Por otro lado la instalación del sistema de monitorización tiene un impacto mínimo sobre el medio ambiente ya que carece de infraestructura. Ésta se caracteriza por estar basada en comunicaciones inalámbricas.

Los datos recopilados de los sensores exteriores de edificios u hogares de los usuarios aportan una gran información sobre el clima (temperatura, humedad, etc.) de un determinado lugar, especialmente si el número de usuarios es elevado. Estos datos podrían ser vendidos a terceros y pueden ser usados para analizar el impacto del cambio climático ya que esta información generada de manera más distribuida (muchos clientes generando datos) puede dar datos más locales de impactos climáticos en áreas más pequeñas.

1.4.3 PREVISIÓN DE FUTURO

Si bien existe normativa suficiente para distintos ámbitos del hogar digital y conectado que pretende la domótica (REBT, reciente ICT, etc.), no existen normas específicas que guíen la actuación de este conglomerado de actores que se dan cita en el sector.

El concepto de ambiente inteligente muestra una visión de la sociedad de la información en el que se enfatiza la facilidad de uso, el soporte eficiente de los servicios y la posibilidad de mantener interacciones naturales con el ser humano. El objeto central se materializa a grandes rasgos en un individuo rodeado de interfaces inteligentes e intuitivas que se encuentran integradas en partes y objetos corrientes, todo esto en un entorno que sea capaz de reconocer y responder a la presencia y necesidades de diferentes individuos, de una forma completamente discreta e imperceptible más que a través de los resultados. Un entorno por otra parte, que no se limita a ningún lugar físico determinado, sino que comprende a todos ellos: la casa, el coche, el lugar de trabajo, etc.

1.5 ESTUDIO DE MERCADO

EL SECTOR DE LA DOMÓTICA/INMÓTICA

- Definición y alcance

La **domótica** es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema. Aplicada al sector terciario (edificios no residenciales) como oficinas, hoteles, centros comerciales, de formación, hospitales, se denomina, **inmótica**. En el alcance de éste estudio se ha considerado sistemas instalados en el ámbito residencial y el pequeño y mediano terciario.

El concepto de domótica se refiere únicamente al sector doméstico, mientras que los conceptos de Inmótica y Urbótica se refieren al sector terciario y a las ciudades, respectivamente.

La domótica persigue la integración de cuatro pilares básicos: **confort, seguridad, comunicaciones y gestión energética**.

- Características específicas del sector

El sector domótico se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Es un sector bastante novedoso y no consolidado, ya que el mercado no ha acompañado durante estos últimos años a la oferta planteada.
- Es importante comprender que está estrechamente ligado al ámbito de la construcción, ya que en la mayoría de las ocasiones, para que un usuario disfrute de la domótica, previamente el promotor de viviendas ha de integrarlo en su memoria de calidades. El sector de la construcción, por una serie de motivos, es uno de los más lentos a la hora de introducir tecnología. Además, el *boom* de la construcción ha repercutido de forma muy perjudicial en la domótica, ya que las ventas se han llevado a cabo “sobre plano”, con lo cual el promotor no ha necesitado incorporar más valor a la vivienda para diferenciarse de su competencia.
- Atomización de los agentes. Al ser un sector todavía por eclosionar, las diferentes empresas dedicadas a la domótica no tienen del todo definidas sus posiciones de partida, solapándose funciones que en otros sectores están perfectamente claras. La cadena de distribución desde el fabricante hasta el cliente final no siempre es la misma. Intervienen más o menos agentes dependiendo de la agresividad comercial de los fabricantes (que llegan hasta el cliente final) o de la preparación del promotor (que asume el proyecto e instalación). Es un sector que todavía tiene que aprender del mercado y mejorar su propio canal de distribución e implantación. De hecho, en algunas ocasiones, la domótica ha fracasado debido a la inexperiencia en la puesta en marcha en la vivienda. Se precisa conocer bien la tecnología y adaptarla al uso y condiciones del cliente.

– Creciente esfuerzo por parte de todos los agentes del sector para crear un mercado domótico sólido: promoción de la actividad, dándola a conocer para tratar de solucionar dos de los grandes problemas que ha tenido la domótica en España, el desconocimiento y la desconfianza.

- Agentes que forman el sector

Fabricantes

- Fabricación de material.
- I+D.

Distribuidores

- Distribuyen material.
- Asesoramiento técnico.
- Formación en producto.
- Contacto con cliente final (en algunos casos).

Integradores

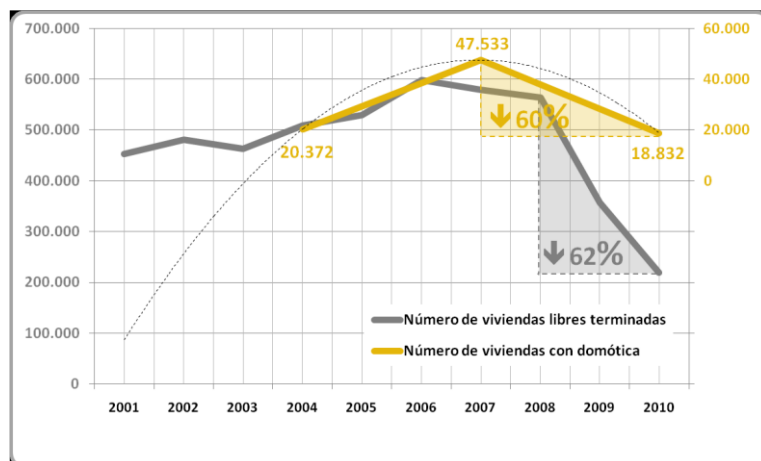
- Diseño de la instalación.
- Contacto con cliente final.
- Programación y puesta a punto.
- Gestión de incidencias.
- Elaboración de proyectos.

Instaladores

- Preinstalaciones.
- Instalación del material.
- Contacto con cliente final.

ESTADO ACTUAL DEL SECTOR

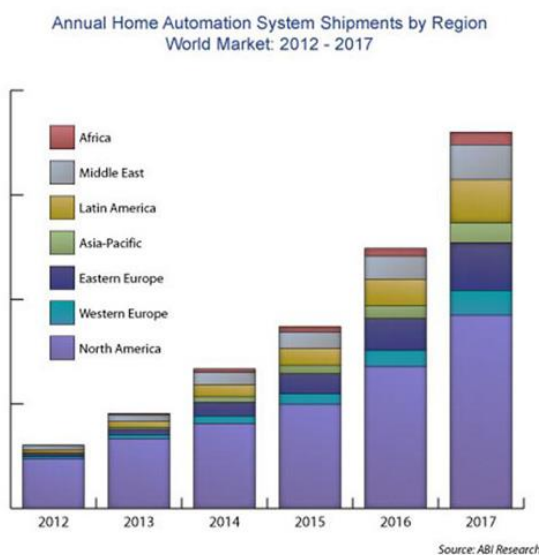
A partir del 2008, se produce el temido estallido de la burbuja inmobiliaria. El número de viviendas de obra nueva, donde hasta entonces se instalaba el 85% de la domótica, cae en picado.



En el gráfico podemos ver como en los últimos cuatro años, el número de viviendas de nueva construcción en España cae un 62%.

Este fuerte descenso afecta directamente al sector de la domótica, que decrece también en un 60% en esta área de implantación (no será así en rehabilitación y pequeño y mediano terciario como refleja este informe más adelante).

Sin embargo en los últimos años las previsiones de crecimiento a nivel global, impulsadas sobre todo desde EEUU indican que es un sector de nuevo en auge:



Las ventas de sistemas de automatización y control para el hogar fueron de unos 1,8 millones de sistemas a nivel mundial para el año 2011. Sin embargo, según ABI Research en su estudio "Home Automation and Monitoring" (Domótica y Vigilancia) que estudia y analiza el mercado de la domótica y

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	11 de 86

tecnologías de seguridad en el hogar, este número se va a incrementar considerablemente en breve, y llegará a ser de más de 18 millones en 2016.

OPORTUNIDADES DE MERCADO

Instaladores especializados en instalaciones domóticas

Existe la oportunidad real de crear empresas instaladoras de domótica, ya que en estos momento el desconocimiento es grande y la mayoría de los actuales no saben cómo ofrecer la domótica, en qué consiste, sus prestaciones, precio, etc.

Estas nuevas empresas podrían ser de dos tipos:

- Colaboradores de los integradores de domótica.
- Convertirse directamente en integradores (opción más complicada, ya que no olvidemos que seguirían ocupándose de la instalación eléctrica convencional).

Redes comerciales

Ésta es la oportunidad más clara en este momento. La gran mayoría de empresas de domótica no tienen capacidad financiera para ampliar sus redes comerciales, lo que supone un freno a la comercialización.

La oportunidad consiste en crear figuras (agentes de ventas, delegaciones comerciales, redes externas) que potencien la comercialización de los productos. Para ello, necesitarían una especialización y formación previa, condición que no se da en el momento actual.

Integradores

Es otra oportunidad. Si en el futuro la domótica se convierte en un sector consolidado y presente en un alto porcentaje de viviendas, será necesaria la existencia de más empresas integradoras. A pesar de que las barreras de entrada sean fuertes debido a la experiencia de las empresas ya existentes, tendrían posibilidades reales para especializarse en nichos de mercado concretos.

De todos modos, y como es obvio, estos integradores deberán tener un fuerte perfil comercial, factor clave para el éxito no sólo de este tipo de empresas, sino de la domótica en general.

I+D para fabricantes

Exceptuando los grandes fabricantes con departamento de I+D propio, existen diversos fabricantes de menor tamaño con dificultades para mejorar sus productos e innovar de manera continua.

En este sentido, podrían tener cabida empresas especializadas en desarrollos de I+D para los diversos fabricantes que lo demanden.

Fabricación de accesorios complementarios a la domótica

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	12 de 86
Informe del proyecto		

Hay que ser realista, y en estos momentos lo que realmente necesita el sector de la domótica son ventas. Se comprueba que la innovación ha perdido fuerza en lugar de las redes comerciales. Por eso, a corto plazo no hay necesidad de fabricar nuevos accesorios, aunque sí que es cierto es que la futura demanda puede generar oportunidades de negocio.

Oportunidades para la administración pública

Para que el sector de la domótica crezca en nuestra comunidad es importante el compromiso de la Administración pública. Varias serían las oportunidades para potenciar al sector:

- Organización de un showroom como medio para explicar en qué consiste la domótica y las ventajas que ofrece (ahorro energético, seguridad, etc.)
- Formación para los colectivos susceptibles de introducirse en este nuevo sector.
- Incorporación de la domótica a edificios públicos con el fin de llevar la domótica al ciudadano.
- Aplicaciones como tele-asistencia dirigidas a la tercera edad, telemedicina en zonas rurales, etc.

Especialistas en Seguridad

La seguridad en el hogar es un bien cada vez más demandado, con lo que empresas especializadas en la integración de la tecnología con sistemas de seguridad (domótica, videoporteros, videovigilancia, etc.) podrían tener su propio nicho de mercado. Cómo no, la seguridad es otro de los pilares de la domótica, y en consecuencia una oportunidad para este tipo de empresas.

TIPOS DE CLIENTES

Al analizar el mercado por tipología de cliente, se observa:



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	13 de 86

Informe del proyecto

- 1) **Residencial versus terciario:** Aunque el mercado del sector residencial (64%) sigue siendo superior al del pequeño terciario, éste se sitúa ya en un 46% prácticamente equiparándose al residencial.
- 2) **Domótica en viviendas de obra nueva:** Hace seis años, según el estudio MercaHome, el 85% de la domótica se instalaba en vivienda de obra nueva. En el 2010, el porcentaje ha sido del 64,31%. La caída del mercado de obra nueva a redirigido el sector hacia el mercado de la rehabilitación.
- 3) **Obra nueva versus rehabilitación:** El mercado de obra nueva supone un 64% respecto al total. La rehabilitación alcanza ya el 36% tanto en el sector residencial como en el terciario.
- 4) **Inmótica en edificios de obra nueva:** El 63% de la inmótica se instala en obra nueva, frente al 37% que se instala en rehabilitación de edificios del sector terciario.

PLAN DE NEGOCIO

Producto

El sistema planteado encaja como punto de partida para sistemas domóticos/inmóticos más avanzados. Teniendo el punto de mira en el aprovechamiento de toda la información generada por la red de dispositivos instaladas.

Por lo tanto arrancaremos como un servicio para informar y gestionar de diversas medidas ambientales de las que el cliente quiera disponer en tiempo real.

Desde ahí se plantean dos vías a desarrollar:

- I. Big Data: dependiendo de los datos obtenidos, se valorará la posibilidad de diseñar nuevos servicios como pueden ser desde control de contaminación, consumo de energía, etc.
- II. Actuadores: teniendo la red de adquisición de datos, se pueden implantar sistemas actuadores que realicen ciertas operaciones en base a las medidas tomadas como puede ser apertura/cierre de ventanas o persianas, sistemas de riego, etc.

Cliente

En la primera fase del producto no tiene tanta cabida en obras nuevas a no ser que sean del sector terciario (granjas, invernaderos). Sino que el cliente tipo es una persona con varias residencias que necesite conocer las condiciones ambientales en ciertos espacios.

Mercado

La empresa se posicionará como integrador de todo el sistema. Una de las líneas de trabajo es que el sistema pueda ser autoinstalado por el cliente, con lo que podría eliminarse los gastos de realizar una instalación o de subcontratos con instaladores externos. Pudiendo vender asistencias técnicas en caso de necesitarlo el cliente.

REFERENCIAS:

- CEDOM Estudio Tendencias Mercado

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	14 de 86
Informe del proyecto		

- ESTUDIO DE MERCADO SOBRE DOMÓTICA Edita: CEIN, S.A.

1.6 CONCLUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Tras analizar el impacto social, medioambiental, la previsión de futuro y el estudio de mercado hemos llegado a la conclusión de que nuestro proyecto será beneficioso para la sociedad. Por otro lado, creemos que es viable desde el punto de vista económico ya que este proyecto se embarca en un sector que está en auge y con un gran número de usuarios potenciales.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 BASES TEÓRICAS

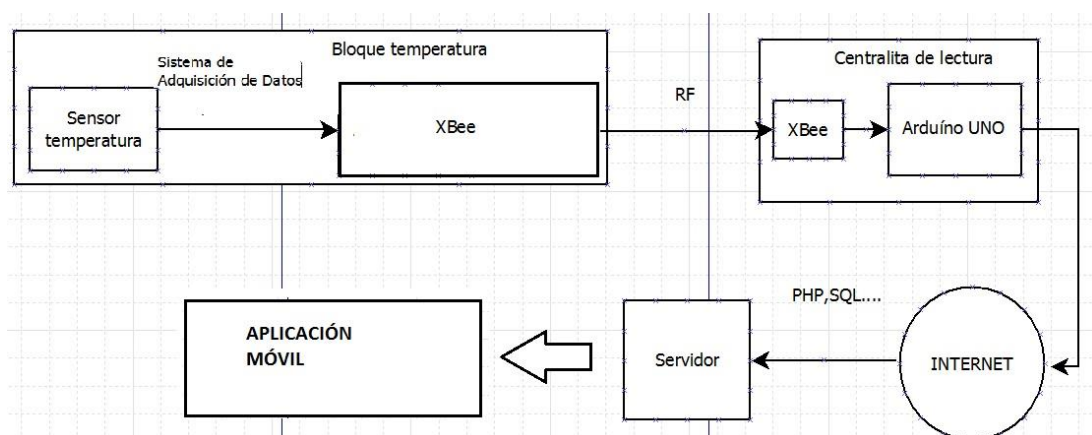
Este apartado se hará una descripción general del sistema y se estudiarán las diferentes alternativas para los distintos módulos del mismo.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El proyecto a implementar es un sistema de monitorización de variables, por lo tanto, la clave de nuestro proyecto, como es evidente, es recoger una serie de variables ambientales y ser monitorizadas por el usuario en un sistema informativo.

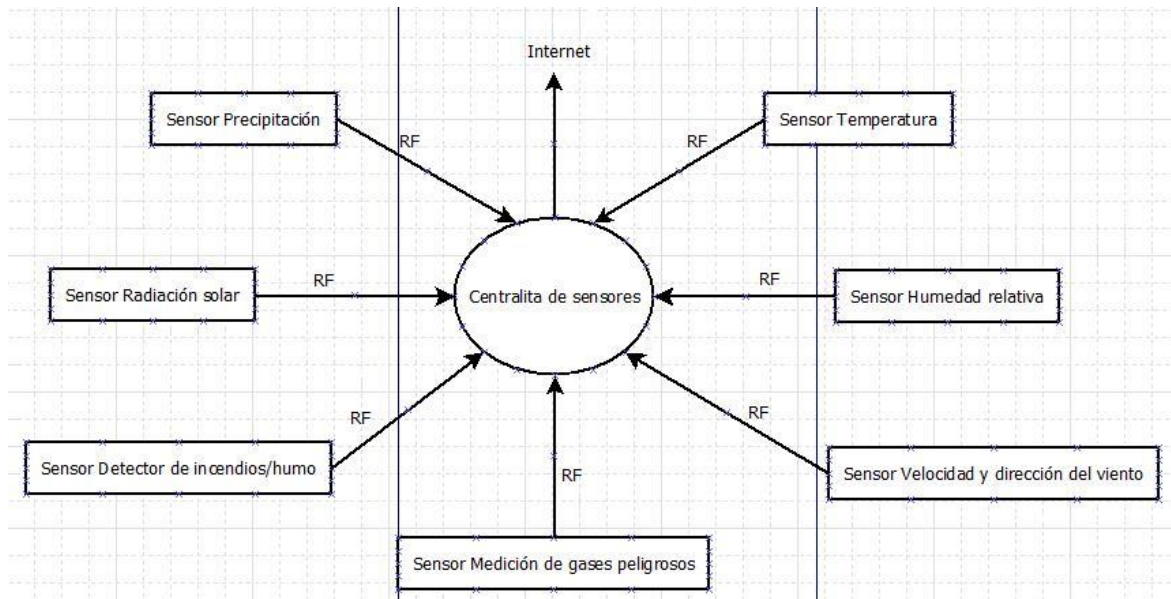
Los sensores serán los responsables de las medidas, mientras que los sistemas informáticos y telemáticos, serán los que facilitarán al usuario el acceso a la información ambiental.

El esquema del proyecto es el que se observa en la siguiente imagen:



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	15 de 86
Informe del proyecto		

2.2.1 HARDWARE NECESARIO



El objetivo principal del proyecto es diseñar, desarrollar y verificar un sistema de monitorización de variables ambientales, basado en una centralita y un sistema escalable de sensores. La centralita será la encargada de almacenar cada una de las variables recolectadas por los diversos sensores, mientras que los sensores, como es obvio, recolectarán diversas informaciones acerca del medio que monitorizan.

Los sensores que utilizaremos serán inalámbricos, y la señal de radio enviada será interceptada por una centralita que actuará como receptor. Éste acondicionará la señal inalámbrica recibida en la salida deseada, como puede ser, una *Ethernet* para compartir datos en una red informática. La vía Ethernet enviará la información a un servidor con una base de datos que almacene todos los valores de los sensores.

2.3 ESTUDIO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS

2.3.1 SENSORES

La primera cuestión que tuvimos que abordar fue si desarrollaríamos nosotros los sensores o si por el contrario, compraríamos sensores a alguna empresa especializada en ellos. Rápidamente nos decidimos por comprar sensores comerciales debido a nuestra falta de experiencia en el desarrollo de sensores, el poco tiempo del que disponíamos para la realización del proyecto y a que en el caso de que desarrollásemos nuestros propios sensores, no podríamos alcanzar la relación calidad/coste ofrecida por los sensores comerciales de las empresas especializadas en el sector.

Tras ello, nos surgió la segunda cuestión: ¿qué variables ambientales monitorizar? Para responder a esto analizamos el estado del arte y comprobamos que, actualmente, podemos monitorizar prácticamente todas las variables ambientales existentes. Eso sí, factores muy a tener en cuenta como el precio, consumo de los sensores y usuarios potenciales que deseen monitorizar esas variables varían notablemente. Después de analizar los tres factores anteriores, hemos decidido monitorizar la temperatura, humedad relativa, luz y gases. Teniendo en cuenta las diversas

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	16 de 86
Informe del proyecto		

necesidades de nuestros potenciales clientes, hemos desarrollado el proyecto de manera que sea escalable y modular para que, si un cliente necesitase monitorizar otra variable ambiental o quisiese utilizar un sensor que no tenemos en nuestro catálogo, no sea necesario realizar ningún cambio en el diseño del proyecto.

A la hora de buscar los sensores apropiados para nuestro proyecto tuvimos en cuenta los siguientes puntos:

- *Consumo*: nuestros sensores estarán alimentados por baterías por lo que será crucial tener un consumo bajo para un aprovechamiento óptimo de las mismas.
- *Coste*: punto crítico en todos los proyectos y que interesa que sea lo más reducido posible.
- *Disponibilidad*: tenemos que asegurarnos que los sensores que elijamos tengan una alta disponibilidad.
- *Precisión*: atendiendo a las necesidades de nuestros potenciales clientes, tenemos que localizar los sensores con la precisión necesaria (los sensores con mucha precisión incrementa mucho el coste).

Para la realización de nuestro **prototipo** hemos seleccionado sensores de la distribuidora Mouser, debido a que la universidad tiene cuenta para poder realizar los pedidos. Elegimos sensores con distintos tipos de salidas para asegurarnos de que nuestro proyecto funciona con la gran mayoría de sensores. Los sensores elegidos son los siguientes:

- **Sensor de temperatura**: Elegimos el siguiente sensor por tener salida digital I2C y ser el más barato entre todos los que tienen las características apropiadas para la implementación del prototipo:

<http://es.mouser.com/ProductDetail/Atmel/AT30TS75-SS8-T/?qs=sGAEpiMZZMunegBHAOsZDwDPOAORs3wb4%252bryL3kF6HQ%3d>

- **Sensor de luz**: elegimos este sensor porque tenía salida analógica y debido a que los otros sensores disponibles en la distribuidora Mouser, aun siendo más baratos, exigían un pedido mínimo de 150 piezas, por lo que finalmente hemos decidido seleccionar el siguiente sensor:

<http://es.mouser.com/Search/ProductDetail.aspx?R=GA1A2S100SSvirtualkey56850000virtualkey852-GA1A2S100SS>

- **Sensor de humedad**: el sensor elegido es el siguiente:
<http://es.mouser.com/Search/ProductDetail.aspx?R=HIH-5030-001virtualkey67810000virtualkey785-HIH-5030-001>

Había otros que se adaptaban mejor a nuestras necesidades, aunque en estos momentos no estaban disponibles en el stock de Mouser (podría tardar en llegar 48 días).

Para decidir que sensores utilizar en el **producto final** hemos tenido en cuenta el consumo, el coste, disponibilidad y la precisión de los mismos. También hemos analizado el comportamiento de los sensores utilizados en el prototipo para que nuestra elección sea lo más correcta posible:

- **Sensores de temperatura**: hemos seleccionado tres sensores, debido a que dependiendo de para que se utilice el proyecto, la precisión necesaria será distinta. Evidentemente, el coste también varía.

Precisión 1°C: <http://www.ti.com/product/tmp103>

Precisión 0.5°C: <http://www.atmel.com/devices/AT30TSE004A.aspx>

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	17 de 86
Informe del proyecto		

Precisión 0.3°C: <http://es.farnell.com/ist-innovative-sensor-technology/tsic-306-sop-8/sensor-temp-digital-0-3deg-c-sop/dp/2191828>

- **Sensores de humedad:**

<http://es.mouser.com/Search/ProductDetail.aspx?R=HIH-5030-001virtualkey67810000virtualkey785-HIH-5030-001>

- **Sensor de gases:**

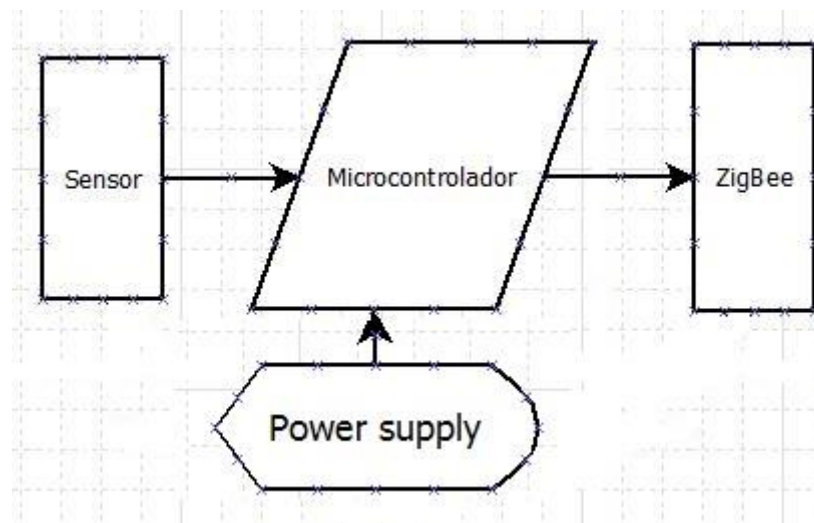
<http://www.ti.com/product/Imp91002>

- **Sensores de luz:**

<http://es.farnell.com/avago-technologies/apds-9300-020/sensor-ambient-light/dp/1634724>

2.3.2 DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA COMUNICAR EL SENSOR

La estructura más “básica” para la implementación de un sensor inalámbrico es la siguiente:



El microcontrolador, como en casi todas sus aplicaciones, será el corazón y el cerebro del dispositivo. El microcontrolador recoge la información del sensor, la procesa y la envía (por *ZigBee*).

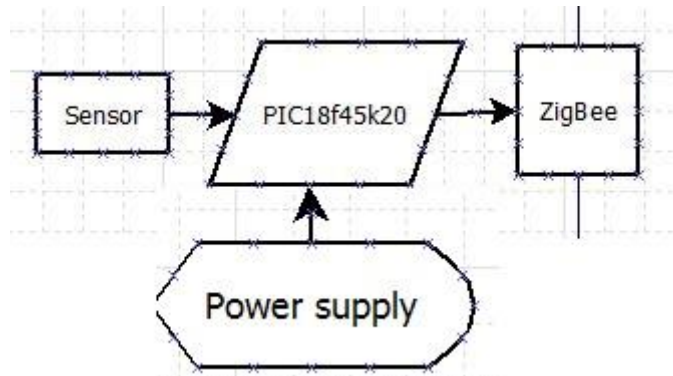
La recolección de la información será realizada, como es obvio, por un sensor. Éste, como hemos dicho en este documento, es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

El envío de la información adquirida será, como hemos introducido en esta memoria, mediante un módulo *ZigBee*.

Todos estos bloques, que configuran el esqueleto de un sensor, serán del menor consumo posible y alimentado por una fuente de alimentación ajustada adecuadamente. La interconexión del microcontrolador con los demás módulos del periférico se realizará mediante los buses serie *I2C* y *SPI*, *puerto serie* y entradas analógicas (conversión analógica-digital de los voltajes recibidos de los sensores).

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	18 de 86
Informe del proyecto		

ALTERNATIVA 1: Sensor + PIC+ ZIGBEE



En esta primera alternativa usamos un microcontrolador de direccionamiento de 16 bits y de datos de 8 bits, de bajo consumo y de la compañía *Microchip*. La mayor ventaja que posee este microcontrolador frente a sus contrincantes es que posee un modo “*dormido*” muy eficaz, que nos permite trabajar con tan sólo *100 nA* o *800 nA* dependiendo del despertado implementado.



Como casi todos los microcontroladores comerciales posee las conexiones para comunicaciones digitales más comunes, básicamente I2C y SPI. También tiene conversores analógicos-digitales para el muestreo de respuestas analógicas de sensores, es decir, conversión a digital de una respuesta en tensión. La programación utilizada será un ensamblador propietario de la casa Microchip.



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	19 de 86
Informe del proyecto		

El ZigBee elegido por nosotros será el *MRF24J40MA* de la compañía *Microchip*, que posee, como es habitual, unos consumos de corriente ridículos (“RX” 19 mA, “TX” 23 mA y “dormido” 2µA). Será conectado mediante *SPI* (Ver buses: CS, SDI, SDO y SCK).

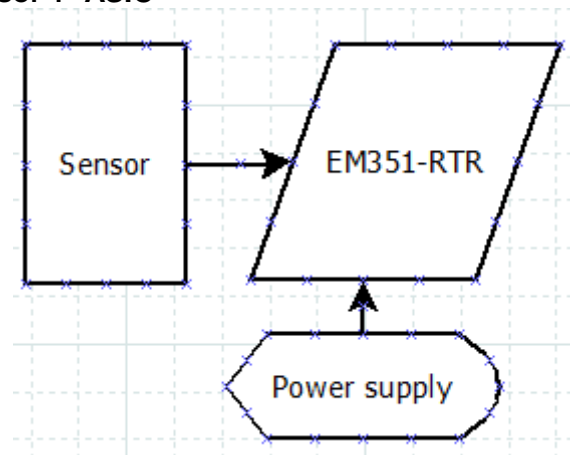
Conclusión:

El motivo por el cual hemos rechazado esta alternativa ha sido básicamente lo complicado que se puede hacer el proyecto. Para trabajar con esta alternativa necesitamos una amplia experiencia con los microcontroladores de la compañía *microchip*. Esto no sería un grave problema pues con un estudio intensivo del microcontrolador rápidamente nos podríamos al día.

Otro de las problemáticas que no nos gustó, es la necesidad de soldar y conectar los módulos con mucha delicadeza. Nuestra intención por ahora es hacer un prototipo, por lo tanto, no podemos estar soldando y desoldando cada día.

El módulo cumple sobresalientemente los requisitos de consumo pero existen alternativas más sencillas e incluso más económicas que ésta. Muchas compañías fabrican ASICs diseñados específicamente para esta finalidad, por lo tanto, con la combinación “Sensor + PIC + ZigBee” no ahorramos ni dinero y ni tiempo de implementación.

ALTERNATIVA 2: Sensor + ASIC



Una opción muy interesante y que casi fue establecida como referencia en nuestro proyecto fue el módulo EM351-RTR del fabricante *Silicon Labs*. Las ventajas de este módulo respecto a las demás alternativas son bastante destacadas:

1. Los costes del módulo EM351-RTR son muy bajos (aprox. 4,86 € por unidad).
2. El módulo de *Silicon Labs* posee un microcontrolador 32-bit ARM® Cortex -M3 processor.
3. Posee un ZigBee integrado.
4. Bajo consumo, 31 mA en “transmisión”, 26 mA en “recepción” y 800 nA “dormido”.
5. Escala de integración muy elevada, es decir, muy pequeño
6. Posee las comunicaciones digitales típicas (*SPI*, *I2C*, etc.).

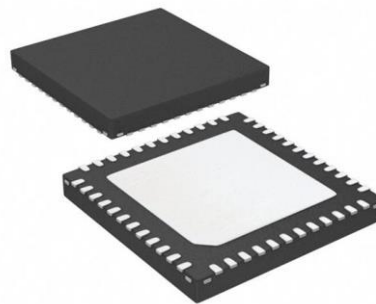
Conclusión:

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	20 de 86
Informe del proyecto		

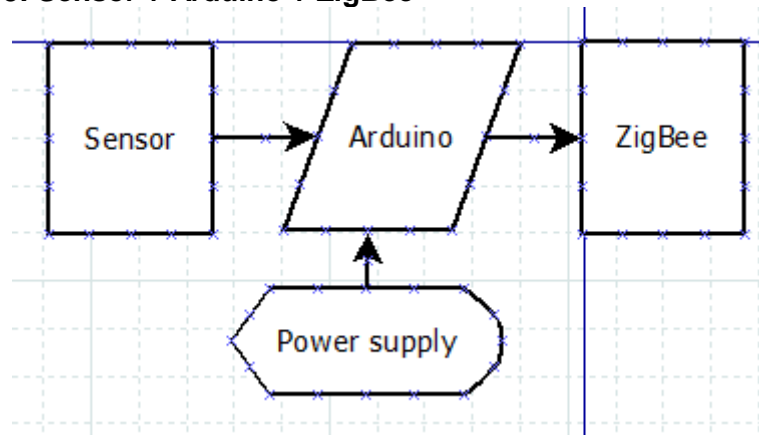
Viendo estas características tan buenas, ¿Qué es lo que realmente no nos ha convencido del este módulo?

El programador del módulo nos sale realmente muy caro (aprox. 120 €), un precio muy fuera de nuestro alcance. Otro inconveniente que hemos encontrado es que para programar nuestro módulo debemos enfrentarnos a la programación del microcontrolador *ARM*, y como estudiantes recién titulados, nuestra experiencia en dicho campo es muy reducida. Finalmente otro punto muy negativo, y el principal por el que no lo hemos adquirido, es la dificultad de conexión. El *EM3541-RTR* es muy diminuto, por lo tanto, para realizar la maqueta de la asignatura necesitamos soldaduras muy delicadas y eficaces, dificultándonos la manipulación e implementación del proyecto.

Realmente esté módulo a implementar es muy óptimo y puede que a la hora de producir en cadena, y ventas en grandes cantidades, nos dé un beneficio económico muy grande.



ALTERNATIVA 3: Sensor + Arduino + ZigBee



Con esta estructura establecemos como núcleo del sistema del sensor un microcontrolador *Arduino*. El funcionamiento es prácticamente de lectura de los datos del sensor y escritura en el módulo *ZigBee*.

Para leer los datos del sensor, lo podemos hacer básicamente de dos formas:

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	21 de 86
Informe del proyecto		

1. Mediante un CAD: El *Arduino* posee un conversor analógico digital de 10 bits capaz de convertir una respuesta analógica en una señal digital interpretable por el microcontrolador. Posee un rango de valores de:

$$n = 2^{10} = 1024$$

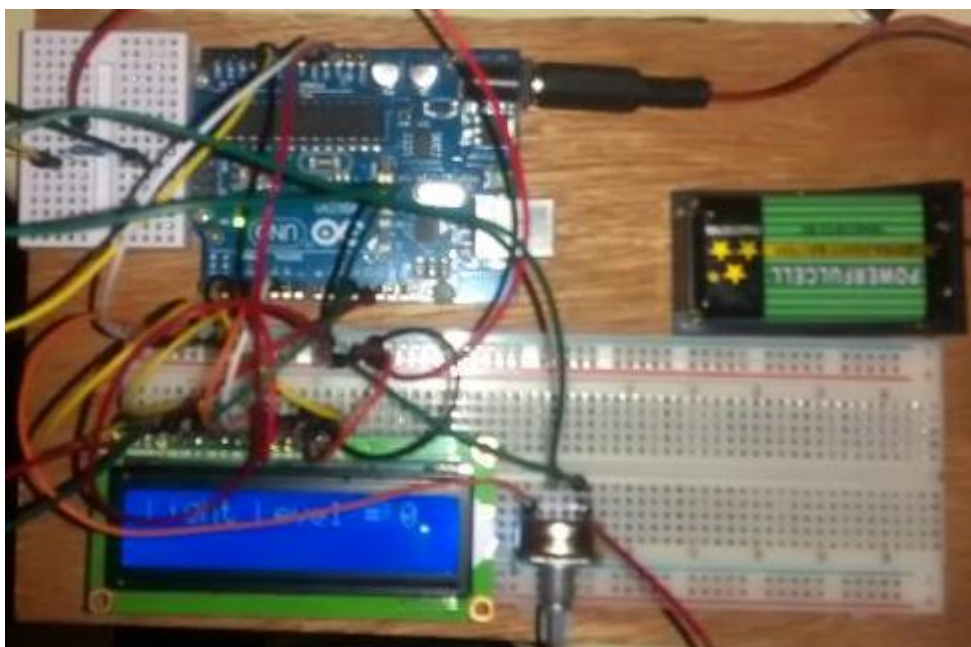
2. Mediante sistemas síncronos de comunicación serie: Los más utilizados, como hemos comentado anteriormente en esta memoria, son el *SPI* y *I2C*. El *Arduino* actúa como *master* y los sensores como *slaves*, estableciéndose una comunicación digital entre *master* y *slave*.

Para escribir los datos en el módulo *ZigBee*, lo podemos hacer básicamente de dos formas:

1. Mediante sistemas síncronos de comunicación serie: Igual que en los sensores, el *Arduino* actúa como *master* y el *ZigBee* como *slave*. La información enviada a la centralita es enviada desde este módulo *ZigBee Router*.
2. Mediante sistemas asíncronos de comunicación serie (*Puerto Serie*): Utilizando los puertos "Rx" y "Tx" del *Arduino*. Es el método más común en el *Arduino*.

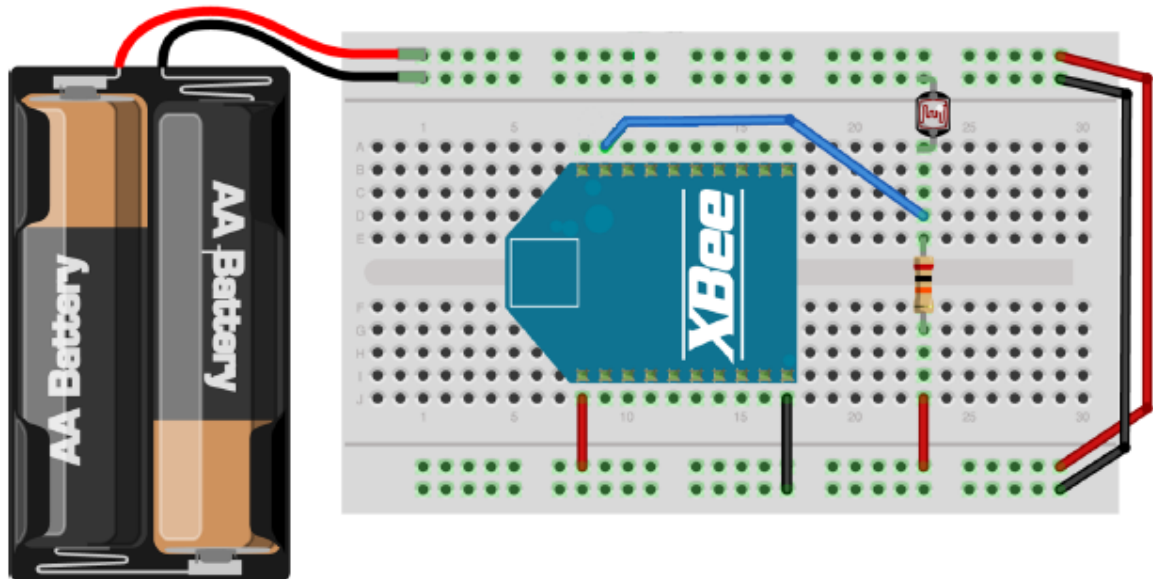
El motivo por el cual hemos rechazado esta alternativa ha sido básicamente el consumo y los costes de implementación:

1. El microcontrolador *Arduino* es muy sencillo para un prototipo pero no es un modelo "serio" ni económico para una empresa que produce en cadena.
2. El consumo del *Arduino* es muy elevado, por lo tanto, es imposible pensar en un módulo inalámbrico (uso de baterías).
3. La escala de integración no es muy elevada, es decir, el módulo no es minúsculo como teníamos pensado.



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	22 de 86
Informe del proyecto		

ALTERNATIVA 4: Sensor + ZIGBEE [CAD incluido]



Esta es la alternativa finalmente escogida para el prototipo, pues nos llevamos una grata alegría al saber que hay pequeños módulos Zigbee que disponen de un microcontrolador de bajo consumo, con 11 entradas y salidas digitales, de las cuales, 4, disponen de un convertidor analógico a digital los cuales nos serán de gran utilidad, pues gracias a ello podremos realizar un prototipo de fácil instalación y sencilla programación al no tener que interconectar los componentes ni física, ni virtualmente.

Gracias al Xbee podremos realizar un prototipo de fácil instalación y sencilla programación al no tener que interconectar los componentes ni física, ni virtualmente.

2.3.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE SENSORES, MICROCONTROLADORES Y MÓDULOS INALÁMBRICOS

En este apartado elegimos el protocolo de comunicación entre los diferentes módulos de los sistemas implementados.

Introducción teórica:

Para poder entender con facilidad los diferentes protocolos haremos una breve introducción teórica.

1. Transmisión en serie y paralelo:

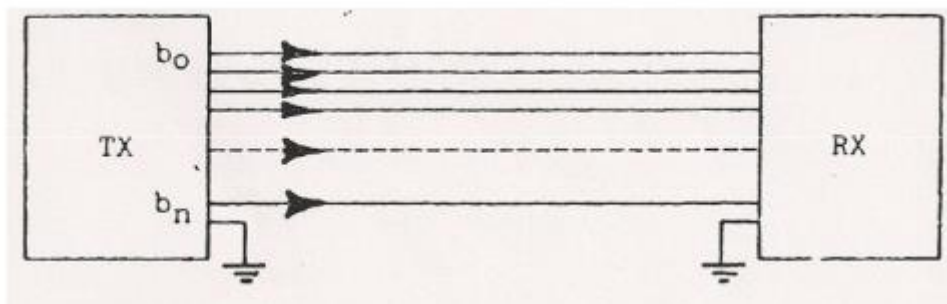
El modo de transmisión se refiere al número de unidades de información “bits” elementales que se pueden enviar y/o recibir simultáneamente a través de los canales de comunicación.

- Transmisión en serie: Los datos se transmiten bit a bit a través del canal de transmisión.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	23 de 86
Informe del proyecto		



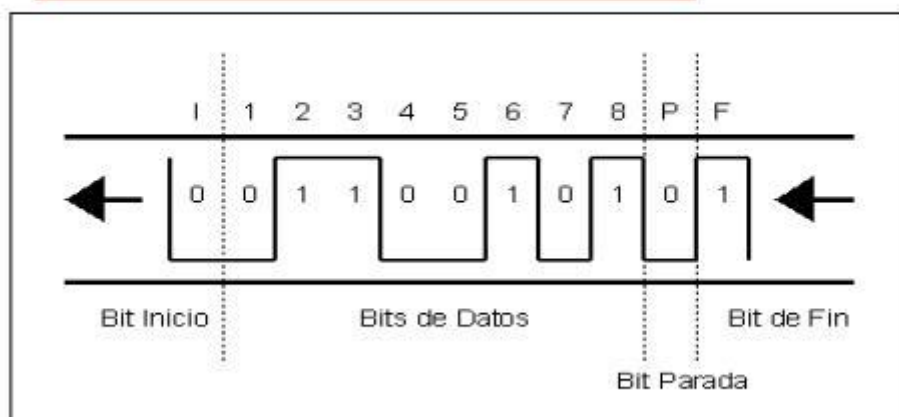
- Transmisión en paralelo: Consiste en transmisiones simultáneas de N cantidad de bits. Estos bits se envían simultáneamente a través de N canales (un canal puede ser, por ejemplo, un *alambre*, un cable o cualquier otro medio físico).



2. Transmisión asíncrona y síncrona:

- Transmisión asíncrona: En esta transmisión el emisor decide cuándo va a enviar el mensaje por la red, mientras que el receptor no sabe en qué momento le puede llegar dicho mensaje, para esto se utiliza un bit de cabecera que va al inicio de cada carácter y uno o dos bits de parada que van al final de ese mismo carácter, esto se hace con la finalidad que tanto el emisor como el receptor puedan sincronizar sus relojes y poder decodificar el mensaje.

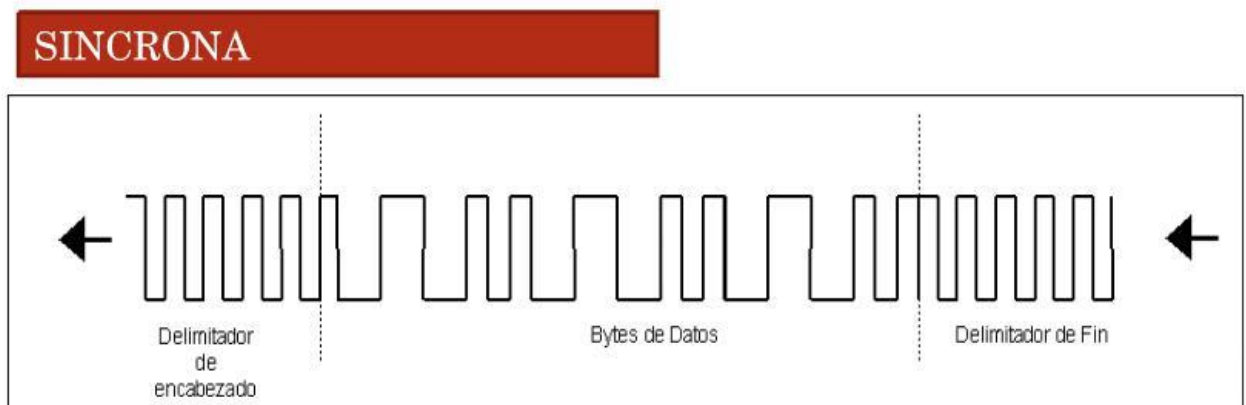
ASINCRONA



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	24 de 86
Informe del proyecto		

En este tipo de transmisión no se maneja mucha velocidad ya que cada carácter es transmitido de uno en uno y por lo tanto puede ser un poco lenta.

- Transmisión síncrona: A diferencia de la transmisión asíncrona, en este tipo de transmisión no se utilizan bits de inicio o parada, aquí para evitar la desincronización lo que se usa son relojes que permiten que los bits se envíen a una velocidad constante que es dictada por los pulsos del reloj.

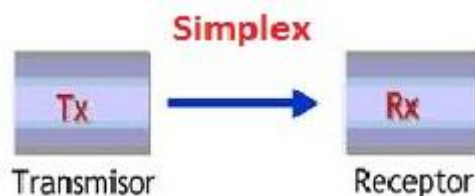


Cabe resaltar que en este tipo de transmisión antes de enviar cualquier dato se debe primero enviar un grupo de caracteres de sincronía para que el receptor sepa que va a recibir un mensaje.

3. Dúplex: Concepto utilizado para definir si un sistema es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

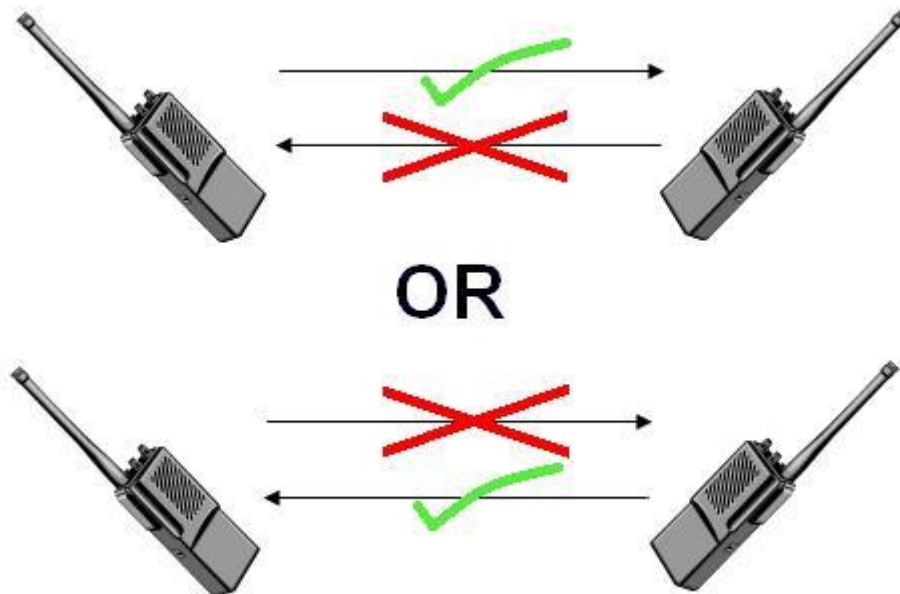
Atendiendo a la capacidad de transmitir entera o parcialmente en modo dúplex, podemos distinguir tres categorías de comunicaciones o sistemas: *simplex*, *half-duplex* y *full-duplex*.

- Simplex: Sólo permiten la transmisión en un sentido (unidireccional).



- Half-duplex: Es una conexión en la que los datos fluyen en una u otra dirección, pero no las dos al mismo tiempo.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	25 de 86
Informe del proyecto		



- Full-duplex: Es una conexión en la que los datos fluyen en una u otra dirección, de manera simultánea. Podemos conseguir este tipo de comunicación mediante la multiplexación en frecuencia o cables separados.



El sistema SPI

El sistema de conexión SPI (Serial Peripheral Interface) permite una conexión full dúplex síncrona. Fue desarrollada por Motorola y consta de 4 señales:

- **MOSI** (Master Output Slave Input): Funciona como **salida de datos** del módulo SPI cuando está configurado como **principal (master)** y como **entrada de datos** cuando está configurado como **subordinado (slave)**.
- **MISO** (Master Input Slave Output): Es la señal complementaria del **MOSI**, funciona como **salida de datos** desde el módulo SPI cuando está como **subordinado** y como **entrada de datos** cuando está configurado como **principal**.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	26 de 86
Informe del proyecto		

- **SCK** (Serial Clock): Es la señal de reloj utilizada para **sincronizar la transferencia** de datos. Es **generada** en el dispositivo que actúa como **principal** y **transmitido** a todos los dispositivos **subordinados** conectados al bus.
- **SS** (Slave Select): Es la **señal de selección del subordinado** con el que se quiere realizar la comunicación, señal de **salida del principal** y de **entrada** en los **subordinados**.

Funcionamiento

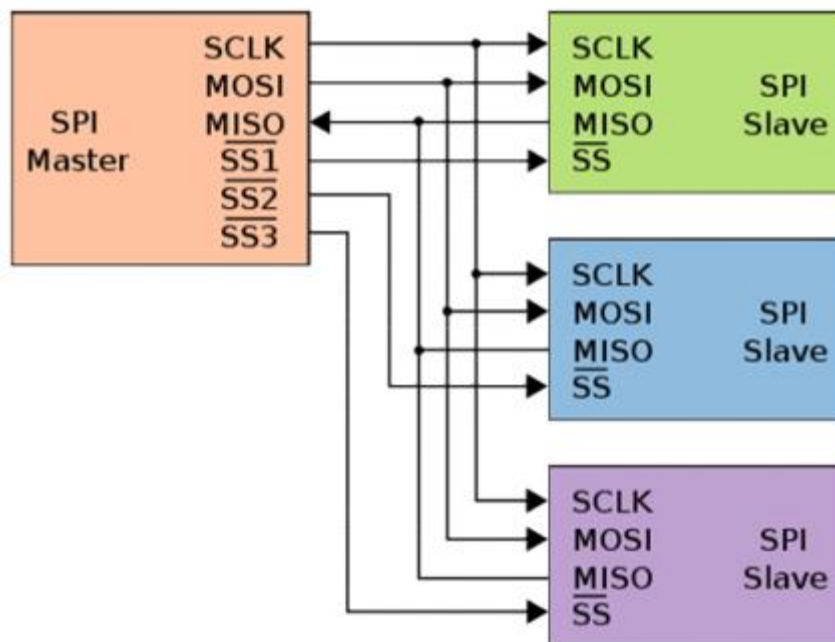
Durante cada ciclo de reloj se produce la siguiente **transmisión** de datos **bidireccional**:

- El **principal emite** un bit por el terminal **MOSI** y el **subordinado lo lee** de la misma línea.
- El **subordinado emite** un bit por el terminal **MISO** y el **principal lo lee** de la misma línea.

Existen dos tipos de configuraciones según el camino de los datos:

A. Configuración subordinado independiente.

Es el modo **más usado** de funcionamiento. En él, el principal puede **intercambiar datos** de forma selectiva **con cualquier subordinado**. Para la selección se usa la señal **SS independiente para cada subordinado**.



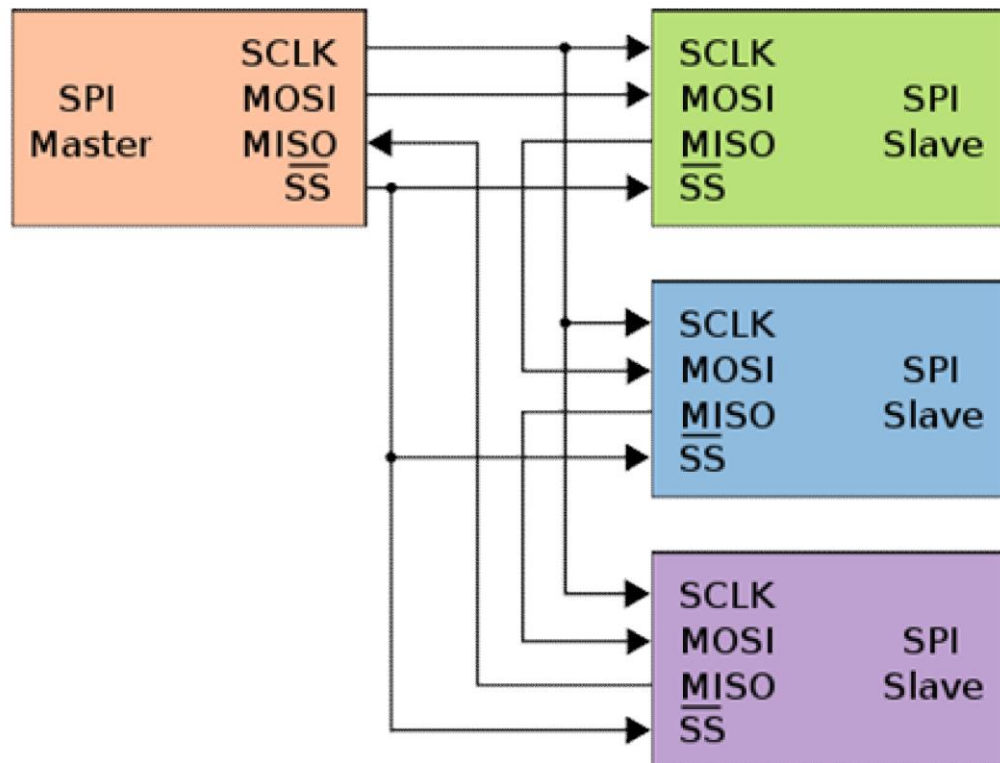
Los terminales **MISO** de los **subordinados** deben estar unidos por lo que dichos terminales deben poder ponerse en **tercer estado** (alta impedancia). Si se desconecta el terminal MISO del principal, éste puede enviar **datos a uno o múltiples secundarios** al mismo tiempo.

B. Configuración cadena margarita "daisy chain"

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	27 de 86
Informe del proyecto		

Con esta configuración, el principal **no puede intercambiar datos** de forma selectiva **con un único subordinado** ya que se trata de una configuración que mediante un circuito en serie interconecta el master y todos los periféricos esclavos.

De tal forma que, la señal MOSI de salida del principal se conecta a la entrada MOSI del subordinado 1, la salida MISO del subordinado 1 se conecta a la entrada MOSI del subordinado 2, la salida MISO del subordinado 2 se conecta a la entrada MOSI del subordinado 3, etc.



Hasta la salida del último subordinado que se conecta a la entrada MISO del principal.

En esta configuración hay una **única señal SS** que va desde el principal a todos los subordinados y sirve para habilitar o deshabilitar la transmisión de información.

I2C

Es una **interconexión serie síncrona y alternada** (semi-duplex). Fue desarrollada por **Phillips Semiconductors** y utiliza **dos** señales bidireccionales:

- La señal de información **SDA**.
- Y la señal de reloj **SCL**.

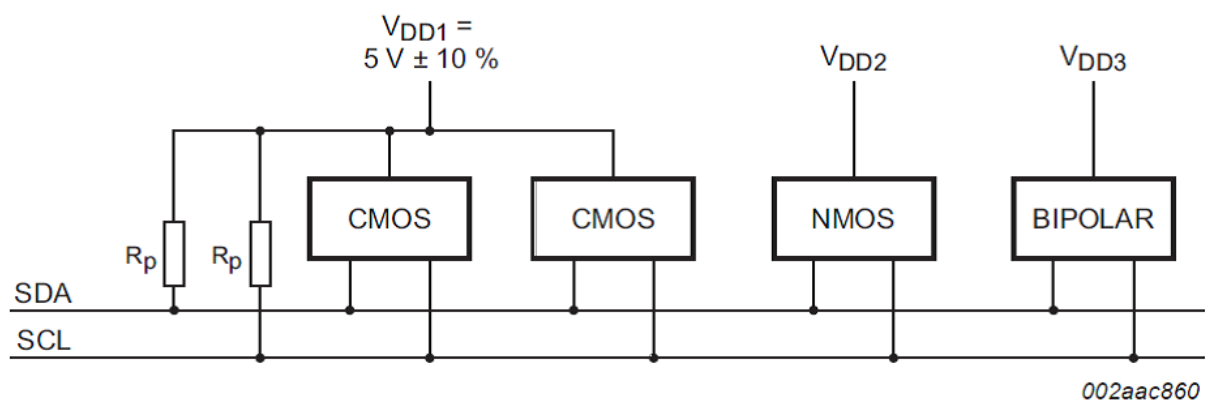
En modo **bidireccional** la **velocidad** puede ser desde **100 kbps** hasta **3,4 Mbits** y en modo **unidireccional** puede alcanzar los **5 Mbps**.

Sus características eléctricas son:

- **Las dos líneas están a nivel alto** cuando el **bus** está **liberado**.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	28 de 86
Informe del proyecto		

- Las plataformas de **salida** de los dispositivos conectados al bus deben ser en **colector o drenador abierto** para poder realizar la función Y por conexión.
- La **capacitancia** de bus **limita** el **número** de dispositivos conectados a él.
- Debido a la **variedad de la tecnología** (CMOS, NMOS, bipolar) de los dispositivos conectados al bus, los **niveles lógicos '0' (LOW)** y **'1' (HIGH)** **no son fijos** sino que **dependen del nivel de VDD** del dispositivo. Los niveles de entrada de referencia son puestos al **30 %** y **70%** de VDD: VIL es $0,3V_{DD}$ y VIH es $0,7 \cdot VDD$.



V_{DD2} , V_{DD3} are device-dependent (for example, 12 V).

Al no existir la señal de selección de esclavo es necesario que mediante la señal de información se seleccione al esclavo haciendo uso de direcciones binarias.

Funcionamiento:

El funcionamiento se divide en varias etapas:

1. Como dijimos antes, el bus está libre cuando las señales SCL y SDA están a nivel alto, con lo cual, todo comienza cuando el máster, pone a nivel bajo la señal SDA mientras la señal SCL está a nivel alto (**START condition**). Y continúa el máster transmitiendo la **dirección del subordinado** y el **bit de lectura o no-escritura**.
2. Luego le contesta el esclavo con el **bit de reconocimiento: ACK** Para posteriormente, **transmitir la información** del máster al esclavo (escritura) o del esclavo al máster (lectura).
3. El receptor responde con un **ACK**. Y el máster finaliza devolviendo la señal SDA a nivel alto mientras la señal SCL está nivel alto (**STOP condition**)

Tabla comparativa:

Informe del proyecto	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	29 de 86

	SPI	I2C
Nº de líneas	4: MISO, MOSI, SCK, y SS	2 : SDA y SCL
Especificaciones	no "oficial" , menos definidas (dependiente del dispositivo)	Oficial (NXP), más estrictas
Velocidad de transmisión	Más alta, (10MHz o más)	Desde 100kbps hasta 3,4Mbps
Direccionamiento de dispositivos	No (se necesita una señal de Chip Select-SS para cada dispositivo)	Inherente y sencilla
Mecanismo ACK de confirmación de recepción de datos	No	Si
Más eficiente en aplicaciones:	punto a punto: single master, single slave	Multi-punto: multi-master, multi-slave
Más apropiada para aplicaciones:	como data streams	Comunicaciones con dispositivos que son accedidos esporádicamente.

Conclusión:

Por lo tanto, como **no necesitamos tasas de información altas**, y queremos **reducir el consumo**, y el **número de cables** al mínimo, utilizaremos el protocolo de comunicación **I2C** siempre que nos sea posible.

2.3.4 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICO

Las comunicaciones son uno de los principales elementos de las redes de sensores y la que más la caracteriza, ya que fija, la integración y la compatibilidad entre los sistemas. Los siguientes párrafos profundizan un poco más en las características de este atributo de las redes de sensores.

Las redes de sensores están diseñadas para ofrecer un servicio de bajo consumo teniendo en cuenta las limitaciones de procesamiento y capacidad de los propios nodos. El apartado de las comunicaciones es el principal problema de consumo.

Hemos decidido que nuestra red de sensores sea inalámbrica ya que presenta ventajas frente a las redes cableadas, como la movilidad y la escalabilidad. Los sensores han de poder colocarse en cualquier lugar sin necesidad de estar conectados a la red eléctrica (no se sabe si existe esta posibilidad donde se vaya a instalar el sensor).

¿Cuáles son los principales beneficios de utilizar sensores inalámbricos?

- **Seguridad y comodidad:** Los sensores inalámbricos pueden ser utilizados en lugares de difícil acceso debido las condiciones extremas, tales como alta temperatura, pH, presión... También resultan útiles para la obtención de datos en lugares de difícil acceso, y donde el sensor, está en movimiento y/o rotación. Esta ventaja permite a los operarios poder supervisar los procesos de forma continua en entornos peligrosos y reportar los datos a una distancia segura.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	30 de 86
Informe del proyecto		



VS



- **Conveniencia:** Los sensores inalámbricos se pueden utilizar para formar una red que permita al ingeniero controlar un número de lugares diferentes a partir de una estación. Esto permite la centralización, monitorización y control de todo un sistema de sensores.
- **Reducción de costes:** Reduce el coste de la supervisión y ejecución, eliminando la necesidad de cables, adaptaciones u otros accesorios costosos.

Una vez decidido que el sistema será inalámbrico vamos a escoger entre las diferentes alternativas que hay en el mercado en el área de los protocolos de comunicaciones. La arquitectura de las comunicaciones presenta los siguientes niveles o capas:

- Nivel físico
- Nivel de acceso al medio
- Nivel de enrutamiento o red
- Nivel de aplicaciones

El nivel físico suele presentar varias alternativas en las bandas de radio y que se dividen a su vez en varios canales. Sobre él se definen los protocolos de acceso al medio y transmisión básica de datos que constituyen el nivel 2 de los niveles OSI de comunicaciones (y cuya principal misión es permitir la comunicación entre dos dispositivos). Actualmente el estándar de estos primeros niveles en las redes de sensores es 802.15.4.

Sobre esa capa se definen una serie de protocolos que permiten el enrutamiento de paquetes y arquitecturas de red, y finalmente la aplicación que usa los servicios ofrecidos por el nivel inferior. En el mundo de las redes de sensores el principal y más extendido estándar es **ZigBee**. A modo de resumen este nivel se encarga de funciones como el descubrimiento de vecinos, el mantener una topología de red, el enrutamiento de paquetes, está preparado para preservar la energía de los nodos, y otros servicios adicionales como la autenticación y encriptación, servicios de aplicación adicionales (como el concepto de cluster), etc.

Estos estándares de comunicaciones permiten que dispositivos creados por distintos fabricantes puedan interrelacionarse lo que en cuanto su aplicación al control de edificios es además un elemento prioritario. En este aspecto de interoperabilidad el estándar ZigBee también define una serie de conceptos que permiten esa relación.

Estas arquitecturas de red que permiten las redes de sensores hacen posible medir variables a precios muy bajos y prácticamente sin infraestructura previa en muchas zonas de los edificios, zonas que anteriormente incluso no era posible con el uso del cableado, lo que permite la definición

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	31 de 86
Informe del proyecto		

de nuevas estrategias para mejorar y optimizar el consumo de energía y mejorar la seguridad en todos sus aspectos, consiguiéndose edificios “más verdes” y reduciendo el coste de explotación.

No hay que olvidar el resto de estándares de protocolos de comunicaciones inalámbricas existentes y que pueden ser utilizados como base para las redes de sensores como pueden ser WiFi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1), RFID (Radio Frequency Identification), UWB (Ultra Wide Band), etc. Muchos de ellos están desarrollando nuevos estándares que disminuyen el consumo (generalmente a costa de reducir el ancho de banda) y que podrían ser utilizados en las redes de sensores.

También existen redes de sensores que se basan en sistemas de comunicaciones tanto abiertos como propietarios. Generalmente son sistemas inalámbricos y muchos de ellos están íntimamente relacionados con la domótica. Son sistemas que permiten la creación de topologías en red mallada y arquitecturas de red flexibles y adaptables. Entre ellos se destaca una tecnología que nace asociada a la recolección de energía del propio ambiente. Se trata de la tecnología EnOcean y que el protocolo integra una red de comunicaciones inalámbricas energéticamente eficiente con tecnología de sensores optimizados para funcionar utilizando energía obtenida del propio ambiente o entorno.

EnOcean proporciona sistemas que permiten la comunicación inalámbrica entre ellos y que son autoalimentados (no necesitan batería). Además disponen de equipamiento y productos que permite su integración con otro tipo de soluciones ya existentes en el mercado (y posiblemente ya implantadas como puede ser LON, EIB/KNX y TCP/IP). Un aspecto diferenciador e innovador del producto es que se auto alimenta.

Para permitir la interoperabilidad entre los sistemas se ha formado la Alianza EnOcean de forma que sea posible la comunicación entre dispositivos fabricados por distintas compañías. Se han definido unos perfiles de dispositivos entre los que existen interruptores, sensores, controles remotos, y combinaciones de sensores y datos de todo tipo. Se trata de los primeros pasos para transformarlo en un estándar internacional y no propietario.

Además de los mencionados existen otras soluciones de comunicaciones inalámbricas en relacionados con la monitorización de variables. Son soluciones inicialmente propietarias aunque su alta implantación muchas veces permite considerarlas como estándares y están realizando, o han realizado ya, los primeros pasos para su apertura y estandarización.

Z-Wave, se considera la próxima generación del ecosistema inalámbrico que permite a la electrónica de hogar hablar entre ellos y con el usuario final a través de un control remoto. Utiliza ondas de radio de baja potencia que pueden atravesar paredes, suelos, etc. Se puede añadir un módulo Z-Wave a casi todos los dispositivos electrónicos del hogar ya existentes, existiendo una amplia variedad de productos con el sistema ya integrado.

Wavenis, es una plataforma de comunicación inalámbrica bidireccional para aplicaciones que necesitan intercambiar pequeñas cantidades de datos, con alta fiabilidad y muy bajo consumo. Se utiliza principalmente en lectura automática de medidores, automatización de edificios y hogares, automatización industrial, etc. Se ha creado una organización con el objetivo de abrir y estandarizar la tecnología, existiendo también productos que permiten enlazarlos con los protocolos y sistemas más habituales.

Insteon, se trata de una tecnología de red para el hogar que permite dos niveles físicos diferentes, tanto comunicaciones inalámbricas por radio frecuencia como por Powerline. Al igual que las anteriores dispone de elementos que permiten la integración con otros productos y sistemas de comunicaciones.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	32 de 86
Informe del proyecto		

También se tienen en cuenta protocolos inalámbricos como pueden ser el *WiFi* y el *Bluetooth*, muy conocidos por su amplia implantación en portátiles y teléfonos móviles.

WiFi es un estándar inalámbrico que trata de desplazar el antiguo cable *Ethernet* proporcionándonos un servicio similar con las ventajas de un conexión sin cables. Mediante esta tecnología logramos conectar cualquier tipo de dispositivo electrónico a un punto de acceso "*Hotspot*" y poder conectarnos a *Internet*.



Bluetooth, es un estándar industrial para redes inalámbricas de área personal *WPAN* que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante radiofrecuencia en las bandas libres.

DIFERENCIAS ENTRE *WIFI*, *BLUETOOTH* Y *ZIGBEE*.

	ZigBee	WiFi	Bluetooth
Rango	10-100 m	50-100 m	10 – 100 m
Topología	Ad-hoc, peer to peer, estrella, o malla.	Punto multipunto -	Ad-hoc
Frecuencia	858 MHz (Europa), 915 MHz (Estados Unidos) y 2,4 GHz (todo el mundo)	2,4 GHz (todo el mundo) y 5 GHz	2,4 GHz (todo el mundo)
Tasa de información	20, 40 y 250 kbps	11Mbps y 54 Mbps	1Mbps
Complejidad	Baja	Alta	Alta
Consumo	Muy bajo	Alto	Medio
Seguridad	AES (Advanced Encryption Standard) 128 bits		Encriptación de 64 y 128 bits

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	33 de 86
Informe del proyecto		

Tiempo de establecimiento de conexión	Los dispositivos pueden unirse a una red en menos de 30ms	Los dispositivos requieren entre 3 y 5 segundos	Los dispositivos requieren 10 segundos
Usos típicos	Monitorización y control industrial, red de sensores, automatización de edificios...	Conexión a internet banda ancha	Conexión inalámbrica entre PDA, móviles, ordenadores y auriculares

Uno de los problemas más habituales en una red inalámbrica de sensores es que hay una gran cantidad de dispositivos alimentados por baterías, cuyos microcontroladores están en modo de bajo consumo, en el cual no se puede recibir la información que se les envía. La red más usada es la ad-hoc, sin infraestructura específica, cuyos nodos son unos dispositivos que disponen de un sensor, un canal de comunicación inalámbrica, un microcontrolador y una fuente de alimentación, bien sea una batería o una fuente de suministro eléctrico para el nodo. Los nodos por consecuencia forman y mantienen la red.

Decisión:

Tras el estudio de los diferentes protocolos de comunicaciones se ha decidido que el protocolo de comunicaciones se base en el estándar ZigBee ya que es un estándar abierto (no propietario), permite la interoperabilidad y es el más extendido.

Las características generales del protocolo se especificarán en el siguiente punto, las características principales que nos llevan a la elección de ZigBee:

- Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto.
- Topología de red en malla.
- Opera en la banda libre ISM de 2,4 GHz para conexiones inalámbricas.
- Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos, justo lo que necesitamos para enviar los valores de los sensores.
- Alojamiento de 16 bits a 64 bits de dirección extendida.
- Tiempo de espera en el envío y recepción de paquetes reducido.
- Bajo ciclo de trabajo, casi siempre apagado. Proporciona larga duración de la batería.
- Hasta 65000 nodos en la red.
- Encriptación de 64 y 128 bits, conexiones seguras entre dispositivos.
- Baratos y sencillos.

Características de la tecnología ZigBee.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*wireless personal area network*, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	34 de 86
Informe del proyecto		

Las características que lo diferencian de otras tecnologías son su bajo consumo, la topología de red en malla y su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

Utiliza la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Sin embargo, a la hora de diseñar dispositivos, las empresas optarán prácticamente siempre por la banda de 2,4 GHz, por ser libre en todo el mundo. Una red ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos y tiene una velocidad de hasta 250 kbit/s.

Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee según su papel en la red:

- *Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC)*. El tipo de dispositivo más completo. Debe existir al menos uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.
- *Router ZigBee (ZigBee Router, ZR)*. Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.
- *Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED)*. Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

Basándose en su funcionalidad, puede plantearse una segunda clasificación:

- **Dispositivo de funcionalidad completa (FFD)**: También conocidos como nodo activo. Es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4. Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como Coordinador o Router ZigBee, o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interfaz con los usuarios.
- **Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD)**: También conocido como nodo pasivo. Tiene capacidad y funcionalidad limitadas (especificada en el estándar) con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente, **son los sensores/actuadores de la red**.

Un nodo ZigBee (tanto activo como pasivo) reduce su consumo gracias a que puede permanecer dormido la mayor parte del tiempo (incluso muchos días seguidos). Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo ínfimo, para volverse a dormir cuando deje de ser requerido. Un nodo cualquiera despierta en aproximadamente 15 ms. Además de este tiempo, se muestran otras medidas de tiempo de funciones comunes:

- Nueva enumeración de los nodos esclavo (por parte del coordinador): aproximadamente 30 ms.
- Acceso al canal entre un nodo activo y uno pasivo: aproximadamente 15 ms.

En cuanto a los protocolos, estos se basan en investigaciones recientes sobre algoritmos de red (*ad hoc on-demand distance vector*, vector de distancias bajo demanda; neuRFon) para la construcción de redes ad-hoc de baja velocidad.

En general, los protocolos ZigBee minimizan el tiempo de actividad de la radio para reducir el uso de energía. En las redes con balizas los nodos sólo necesitan estar despiertos mientras se transmiten las balizas (además de cuando se les asigna tiempo para transmitir). Si no hay balizas, el consumo es

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	35 de 86
Informe del proyecto		

asimétrico repartido en dispositivos permanentemente activos y otros que sólo no están esporádicamente.

ZigBee permite tres topologías de red:

- Topología en estrella: el coordinador se sitúa en el centro.
- Topología en árbol: el coordinador será la raíz del árbol.
- Topología de malla: al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones.

La topología más interesante (y una de las causas por las que parece que puede triunfar ZigBee) es la topología de malla. Ésta permite que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos. La gestión de los caminos es tarea del coordinador.

ESTRATEGIAS DE CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS EN UNA RED ZIGBEE

Las redes ZigBee han sido diseñadas para conservar la potencia en los nodos 'esclavos'. De esta forma se consigue el bajo consumo de potencia. La estrategia consiste en que, durante mucho tiempo, un dispositivo "esclavo" está en modo "dormido", de tal forma que solo se "despierta" por una fracción de segundo para confirmar que está "vivo" en la red de dispositivos de la que forma parte. Esta transición del modo "dormido" al modo "despierto" (modo en el que realmente transmite), dura unos 15ms, y la enumeración de "esclavos" dura alrededor de 30ms, como ya se ha comentado anteriormente.

En las redes ZigBee, se pueden usar dos tipos de entornos o sistemas:

- Con balizas, **es un mecanismo de control del consumo de potencia en la red. Permite a todos los dispositivos saber cuándo pueden transmitir. En este modelo, los dos caminos de la red tienen un distribuidor que se encarga de controlar el canal y dirigir las transmisiones. Las balizas que dan nombre a este tipo de entorno, se usan para poder sincronizar todos los dispositivos que conforman la red, identificando la red domótica, y describiendo la estructura de la "supertrama". Los intervalos de las balizas son asignados por el coordinador de red y pueden variar desde los 15ms hasta los 4 minutos.**

Este modo es más recomendable cuando el coordinador de red trabaja con una batería. Los dispositivos que conforman la red, escuchan a dicho coordinador durante el "balizamiento" (envío de mensajes a todos los dispositivos -broadcast-, entre 0,015 y 252 segundos). Un dispositivo que quiera intervenir, lo primero que tendrá que hacer es registrarse para el coordinador, y es entonces cuando mira si hay mensajes para él. En el caso de que no haya mensajes, este dispositivo vuelve a "dormir", y se despierta de acuerdo a un horario que ha establecido previamente el coordinador. En cuanto el coordinador termina el "balizamiento", vuelve a "dormirse".

- Sin balizas, **se usa el acceso múltiple al sistema ZigBee en una red punto a punto cercano. En este tipo, cada dispositivo es autónomo, pudiendo iniciar una conversación, en la cual los otros pueden interferir. A veces, puede ocurrir que el dispositivo destino puede no oír la petición, o que el canal esté ocupado.**

Este sistema se usa típicamente en los sistemas de seguridad, en los cuales sus dispositivos (sensores, detectores de movimiento o de rotura de cristales), duermen prácticamente todo el tiempo (el 99,999%). Para que se les tenga en cuenta, estos elementos se "despiertan" de forma regular para anunciar que siguen en la red. Cuando se produce un evento (en nuestro sistema será cuando se detecta algo), el sensor "despierta" instantáneamente y transmite la alarma correspondiente. Es en

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	36 de 86
Informe del proyecto		

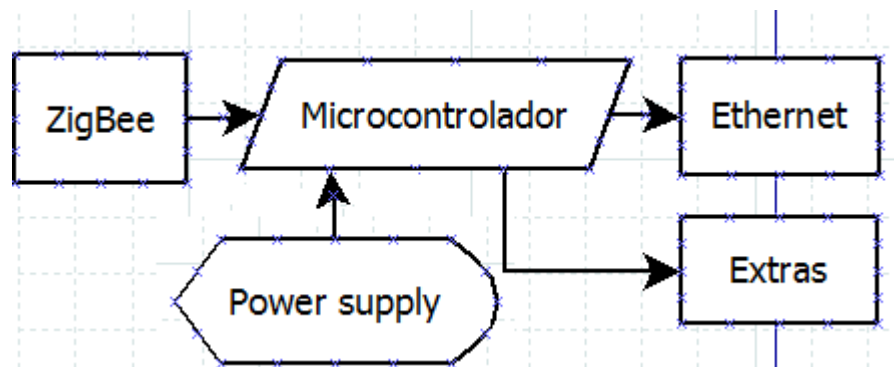
ese momento cuando el coordinador de red, recibe el mensaje enviado por el sensor, y activa la alarma correspondiente. En este caso, el coordinador de red se alimenta de la red principal durante todo el tiempo.

Con vista a la posible introducción de actuadores en el sistema tenemos también en cuenta que dentro de ZigBee se ha definido el estándar ZigBee RF4CE (Radio Frequency for Consumer Electronics) que lo que proporciona es una solución de control remoto para electrónica del hogar, que es interoperable entre distintos fabricantes y que permite una conectividad inalámbrica bidireccional entre dos dispositivos, simple, robusta y de bajo coste. Este aspecto reafirma la introducción del estándar ZigBee en el hogar y cómo las soluciones basadas en radiofrecuencia van sustituyendo a los tradicionales infrarrojos en aplicaciones como el control de dispositivos de entretenimiento en el hogar, la apertura de puertas de garaje o los sistemas de cerraduras sin llaves.

Aunque ZigBee fue diseñada desde un principio para un consumo mínimo de energía (se estaba pensando en 2 pilas de tamaño AA que durasen un año) también está diseñado para aprovechar alternativas de alimentación más novedosas como la auto alimentación del sistema mediante la generación de energía internamente aprovechando el entorno. En este aspecto se está trabajando en una nueva especificación denominada ZigBee Green Power, diseñada específicamente para conectar dispositivos utilizando las técnicas de recolección de energía existentes, y como un estándar abierto internacional.

2.3.5 COMUNICACIÓN DE LA UNIDAD CENTRAL CON EL SERVIDOR

La estructura más “básica” para la implementación de una centralita es la siguiente:



Como hemos comentado en los anteriores apartados, el módulo ZigBee será el encargado de recolectar la información enviada por cada uno de los “*sistemas de sensores*”. Por lo tanto, la centralita de sensores lo único que tendrá que hacer es desgajar la información de cada uno de estos sensores y enviarla al servidor.

El microcontrolador procesará cada una de las tramas enviadas por los “*sistemas de sensores*”, obteniendo, de esta manera, el valor, el tipo y la dirección de los sensores conectados a la red.

Posteriormente, dichos datos serán enviados al servidor mediante una conexión *Ethernet*, 3G, *WiFi*...

Este bloque, al contrario que los sensores, no tiene que ser necesariamente de bajo consumo. La centralita está localizada en una posición cómoda, y como es obvio, pegada al router de

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	37 de 86
Informe del proyecto		

la instalación de la red de internet. La centralita tiene una toma de corriente muy accesible, evitando de esta manera el uso de baterías y componentes de bajo consumo.

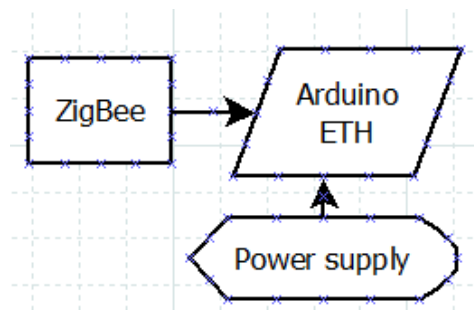
Igual que en el “sistema de sensores” la interconexión entre los diferentes módulos que conforman la centralita se realizará mediante los buses serie *I2C* y *SPI*, puerto serie.

Leeremos los datos del módulo ZigBee de la siguiente forma:

1. Mediante sistemas síncronos de comunicación serie (*SPI* e *I2C*): El *Arduino* actúa como *master* y el *ZigBee* como *slave*. El *Arduino* obliga al *ZigBee* a que éste le envíe las tramas recolectadas.
2. Mediante sistemas asíncronos de comunicación serie (*Puerto Serie*): Utilizando los puertos “*Rx*” y “*Tx*” del *Arduino*. Es el método más común en el *Arduino*.

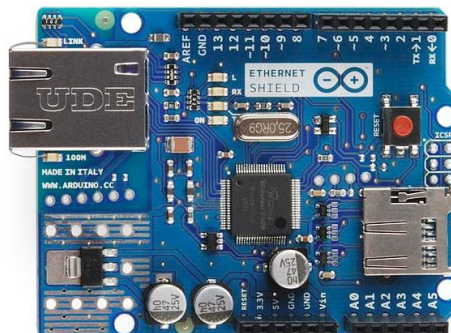
En los siguientes párrafos iremos analizado las diferentes alternativas para la construcción de la centralita de sensores. No prestaremos especial atención al módulo *ZigBee*, ya que posee un apartado para él mismo, nos fijaremos en los diferentes modelos de *Arduino* y sus módulos (*Shields*) añadidos.

ALTERNATIVA 1: ZigBee + Arduino Ethernet



El *Arduino Ethernet* es un modelo de la familia *Arduino*, altamente especializado para la conexión con internet. La principal diferencia con su hermano pequeño (*Arduino UNO*), es la substitución del puerto *USB* y por una toma *Ethernet Wiznet*. Se elimina el chip integrado de la controladora de *USB a serie*, y se substituye por una interfaz *Ethernet*.

Para programar este módulo necesitaremos, por lo tanto, un adaptador *USB a Puerto serie*. Los pins reservados clásicamente para la conexión *SPI* pasan a estar conectados por defecto para el módulo ethernet.



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	38 de 86
Informe del proyecto		

El *Arduino Ethernet* puede ser alimentado por la interfaz *Ethernet*, olvidándonos de esta manera de fuentes y baterías (*Power over Ethernet*).

Esta alternativa cumple notablemente nuestras expectativas:

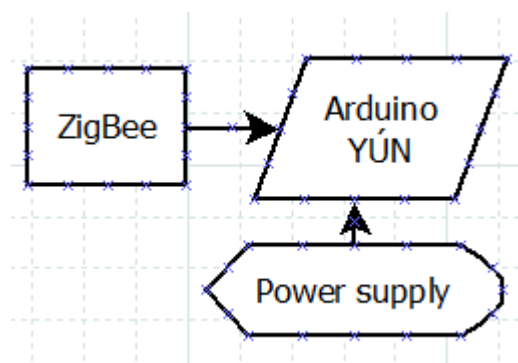
- Tiene *Ethernet* de serie, no necesitamos Shields a mayores.
- Power over Ethernet
- Tamaño cómodo.
- Programación sencilla mediante las librerías oficiales *<Ethernet.h>*.

Conclusión:

Echamos de menos una mayor compatibilidad con otros tipos de conexiones, estaría interesante el uso de *WiFi*.

En definitiva, el módulo cumple correctamente su trabajo, pero ni su precio 56,21 €, ni sus funcionalidades nos convencen definitivamente.

ALTERNATIVA 2: ZigBee + Arduino YÚN



Este tipo de sistemas Arduino hacen uso de la distribución Linux Linino, específica para Arduino, y en ella se proporcionan paquetes firmados que garantizan la autenticidad del software instalado en estos dispositivos. El objetivo final es facilitar la interacción de Arduino con servicios web complejos.

La poca memoria disponible en Arduino y el uso de formatos como XML que hacen necesaria mucha memoria para realizar el tratamiento de esa comunicación con servicios web hacía compleja esa interacción, pero en Arduino Yún se ha creado la librería Bridge que delega todas las conexiones de red y el procesamiento de las transacciones HTTP a la máquina con Linux.

Arduino Yún está formado un sistema Arduino Leonardo clásico (basado en el procesador Atmega32U4) y por otro un SoC MIPS basado en OpenWRT con conectividad WiFi y con Linino instalado.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	39 de 86
Informe del proyecto		



La combinación de ese hardware con la librería Bridge permite lanzar programas y scripts Bash o Python, por ejemplo, y también tendremos acceso SSH a este dispositivo. La colaboración con la startup Temboo permite disfrutar de más de 100 APIs para conectar el Arduino Yún a múltiples plataformas como Twitter, Facebook o Foursquare.

En resumen:

- Tiene *Ethernet* de serie, no necesitamos Shields a mayores.
- Power over Ethernet
- Tamaño cómodo.
- Programación sencilla mediante las librerías oficiales <Ethernet.h>.
- Interacción con servicios web.
- Linux embebido.
- Redes WiFi.
- Ampliación de memoria mediante tarjetas microsd.

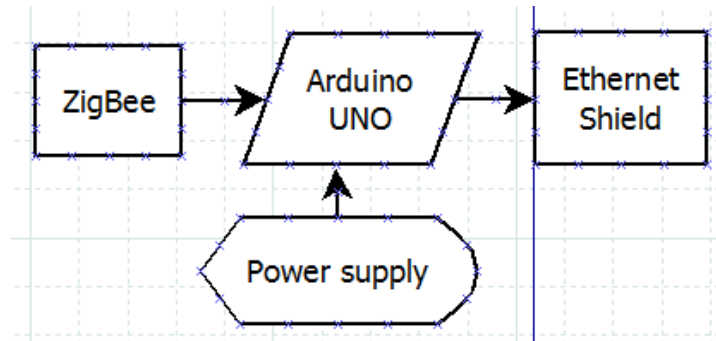
Igual que el *Arduino Ethernet* necesitamos un adaptador de *usb a puerto serie* para su programación

Conclusión:

Es la solución definitiva para la *centralita de sensores*. Posee todo lo que necesitamos y más, podemos montar un *servicio web* muy complejo. El precio es muy asequible 59,11€.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	40 de 86
Informe del proyecto		

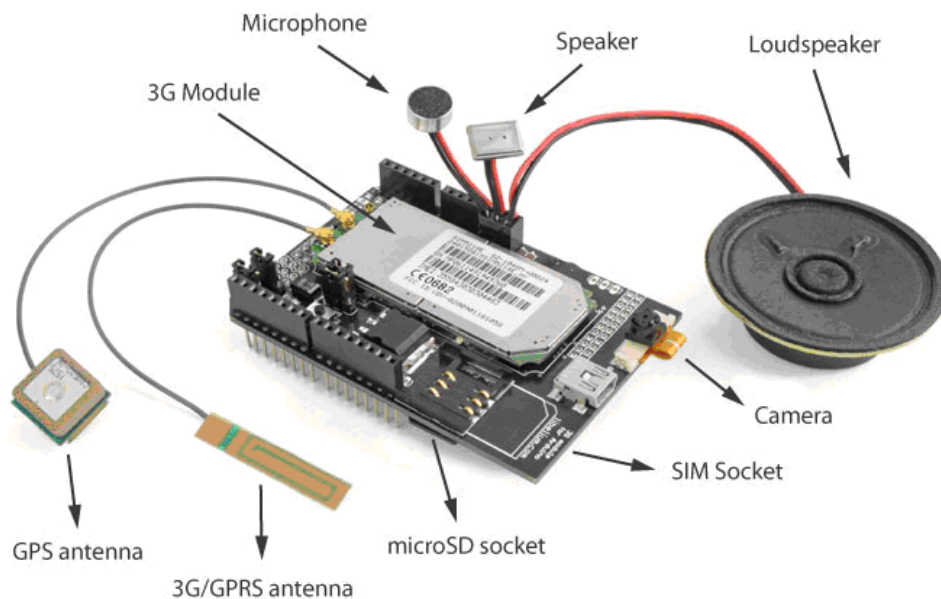
ALTERNATIVA 3: ZigBee + Arduino UNO + shield Ethernet



El objetivo es comunicar el microcontrolador de la unidad central del sistema con el servidor. Se han estudiado las siguientes alternativas: integración del módulo 3G o integración del módulo ETHERNET...

EXTRA: MÓDULO 3G/GPS PARA ARDUINO

El módulo (o shield) 3G/GPS, nos da la posibilidad de conectar la Internet con las cosas, a través de Arduino.



Con la capacidad de conectar a las redes WCDMA y HSPA tienes Internet en todos lados y localización al interior de edificios. Con GPS tienes información de posición y velocidad en exteriores.

Por el lado del software tienes soporte de los protocolos estándar de internet

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	41 de 86
Informe del proyecto		

- HTTP/HTTPS
- FTP/FTPS
- POP3/SMTP

Otros accesorios interesantes que se pueden conectar al módulo son una cámara de vídeo que permite el registro de video en alta resolución (640x480) , un kit de audio incluyendo el micrófono, altavoz, manos libres y auriculares conjuntos y una tarjeta SD para guardar todos los datos directamente procedente de la red 3G o registrados por la cámara de vídeo . Incluso puede reproducir archivos de audio almacenados en la tarjeta SD (como un reproductor de mp3).

También se puede utilizar como un módem estándar 3G (descarga 7,2 Mbps, 5,5 Mbps de subida) conectándolo a través de su conector mini-USB específico a tu PC (Linux, Windows, MacOS).

El módulo de comunicación está orientado especialmente para trabajar con servidores de Internet implementando internamente varios protocolos de capa de aplicación que hacen más fácil para enviar la información a la nube. Podemos hacer navegación HTTP y HTTPS y descargar y cargar contenidos a un servidor web. De la misma manera los protocolos y FTP FTPS también están disponibles, lo que es muy útil cuando la aplicación requiere el manejo de archivos. Se puede incluso enviar y recibir mails directamente desde Arduino utilizando los clientes SMTP y POP3 implementados internamente.

Con la ranura para tarjetas SD para que pueda manejar un sistema completo de archivos FAT16 y almacenar hasta 32 GB de información. Es especialmente útil que el módulo 3G pueda trabajar a la máxima velocidad (descarga de 7,2 Mbps, 5,5 Mbps de subida) cuando se trabaja con los archivos SD directamente sin necesidad de Arduino para la gestión de datos o archivos.

El módulo GPS también permite realizar los servicios de geolocalización, incluso en el interior, ya que puede funcionar en los modos S - GPS A- GPS y, por lo que la ubicación propuesta por el GPS a través de sentencias NMEA se completa con la información de la célula proporcionada tanto por el módulo 3G y Servidores Externos de Georreferenciación en Internet que ayuda a conseguir la ubicación más precisa en cada caso.

PRECIO: 149 € (Referencia <http://www.cooking-hacks.com/3g-gprs-shield-for-arduino-3g-gps>)

DECISIÓN:

Se ha optado por el uso del módulo Ethernet ya que el precio del módulo 3G encarecería demasiado nuestro producto y el módulo Ethernet cubre las necesidades del sistema.

2.3.6 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

El objetivo de este apartado es la elección de la fuente de alimentación de los sensores del sistema, considerando las diferentes alternativas que hay en el mercado disponible para este tipo de sistemas.

Los sensores autónomos funcionan sin conexión física alguna con el sistema del cual forman parte, por lo que necesitan una comunicación inalámbrica y un sistema de alimentación no cableado, lo que se puede considerar el punto crítico de nuestro sistema. Para la alimentación de los mismos se han evaluado la alimentación mediante baterías y la posibilidad de implementar sensores que se alimenten con energía captada del entorno.

ALTERNATIVA 1: RECOLECCIÓN DE ENERGÍA

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	42 de 86
Informe del proyecto		

La primera alternativa valorada es alimentar los sensores autónomos con **energía captada del entorno**, que, en términos relativos, es casi ilimitada. Para absorber la energía disponible en el medio ambiente se utilizan diferentes métodos de recolección de energía (energy harvesting).

La recolección de energía es el proceso por el cual la energía se obtiene de fuentes externas (por ejemplo, energía solar, energía térmica, energía eólica, los gradientes de salinidad, y la energía cinética), capturada, y almacenada para pequeños, dispositivos inalámbricos autónomos, como los utilizados en redes de sensores inalámbricos.

Los recolectores de energía proporcionan una muy pequeña cantidad de energía a electrónica de bajo consumo. La fuente de energía para los recolectores de energía está presente como ambiental de fondo y es gratis. Por ejemplo, existen en las zonas urbanas una gran cantidad de energía electromagnética en el medio ambiente debido a las emisiones de radio y televisión.

La densidad de potencia típica de los dispositivos de captación de energía es altamente dependientes de la aplicación específica (que afecta al tamaño del generador) y el propio diseño del generador del recolector.

En general, la energía puede ser almacenada en un condensador, condensador de alto rendimiento, o en una batería. Los condensadores se utilizan cuando la aplicación necesita proporcionar enormes picos de energía. Las baterías pierden menos energía y por lo tanto se utilizan cuando el dispositivo tiene que proporcionar un flujo constante de energía.

En las redes de sensores independientes se sigue un esquema de recolección de energía pone la energía almacenada en un condensador, que la impulsa / regula a un segundo condensador de almacenamiento o batería para su uso en el microcontrolador.

Hay muchas fuentes de energía a pequeña escala, algunas de las cuales se estudian a continuación:

- La energía fotovoltaica es un método de generación de energía eléctrica mediante la conversión de la radiación solar (tanto en interiores como al aire libre) en electricidad de corriente directa usando semiconductores que exhiben el efecto fotovoltaico. La generación de energía fotovoltaica emplea paneles solares compuestos de células que contienen un material fotovoltaico.
- Generadores termoelectricos (TEG) consisten en la unión de dos materiales diferentes y la presencia de un gradiente térmico. Son posibles salidas de tensión grandes mediante la conexión de muchos cruces eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo. El rendimiento típico es de 100-200 mV / K por cruce. Estos pueden ser utilizados para capturar mW.s de energía de equipos industriales, estructuras, e incluso el cuerpo humano. Se acoplan típicamente con disipadores de calor para mejorar el gradiente de temperatura.
- Micro Turbina eólica: se utilizan para captar energía eólica fácilmente disponible en el entorno en forma de energía cinética para alimentar los dispositivos electrónicos de baja potencia, tales como los nodos de sensores inalámbricos. Cuando el aire fluye a través de los álabes de la turbina, una diferencia de presión neta se desarrolla entre las velocidades del viento por encima y por debajo de las cuchillas. Esto dará lugar a una fuerza de elevación generada que a su vez girar las cuchillas.
- Fibras piezoeléctricas generan un pequeño voltaje cada vez que son deformados mecánicamente. La vibración de los motores puede estimular materiales piezoeléctricos, al igual que el tacón de un zapato, o el empuje de un botón.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	43 de 86
Informe del proyecto		

- Antenas especiales pueden recoger la energía de las ondas de radio de la calle.

Fuentes Ambiente-radiación

Una posible fuente de energía proviene de los transmisores de radio. No es necesaria ni una gran zona de recolección o estar muy cerca de la fuente de energía inalámbrica para obtener niveles de potencia útil.

Las nanoantenas son una propuesta en desarrollo para superar esta limitación, haciendo uso de la abundante radiación natural (como la radiación solar).

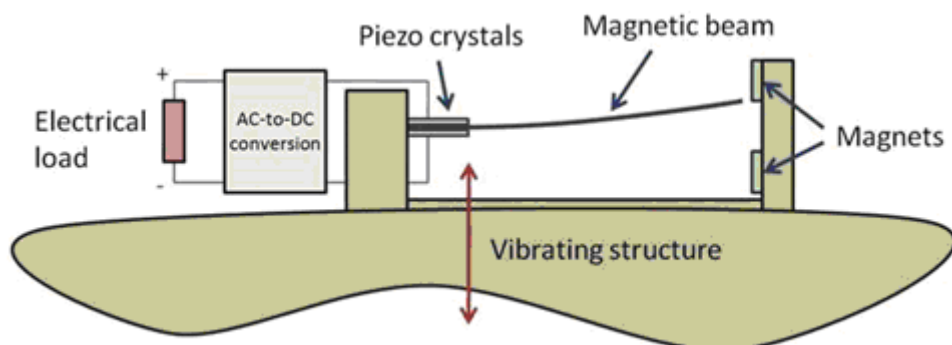
La idea es difundir la energía de RF para alimentar dispositivos remotos. Hay organismos que pretenden limitar la potencia máxima que se puede transmitir esta forma de uso civil. **Este método es utilizado para alimentar los nodos individuales en una red de sensores inalámbricos.**

FOTOVOLTAICA

La tecnología Fotovoltaica (PV) ofrece ventajas significativas sobre soluciones de sensores que funcionan con baterías o con cable: fuentes de alimentación virtualmente inagotables con poco o ningún efecto ambiental adverso. La recolección de energía fotovoltaica en interiores funciona hasta la fecha con silicio amorfo especialmente afinado (aSi), una tecnología más utilizada en las calculadoras solares. En los últimos años las nuevas tecnologías fotovoltaicas han llegado a la vanguardia en la recolección de energía, como células solares (DSSC).

PIEZOELÉCTRICA: ELECTRICIDAD A PARTIR DE LAS VIBRACIONES

El movimiento libera energía, así es como funcionan casi todos los sistemas como el de la **energía eólica**, o la **energía del océano**. Pero las vibraciones también pueden ser transformadas en electricidad. Un nuevo dispositivo puede aprovechar vibraciones casi imperceptibles para generar electricidad que podría alimentar a aparatos de control remoto, o todo tipo de instrumentos.



El proceso utilizado es conocido como **efecto piezoeléctrico**, un fenómeno en el cual ciertos cristales y otros materiales, cuando son torcidos o flexionados, generan electricidad.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	44 de 86
Informe del proyecto		

El aparato es capaz de transformar la energía de fuentes tan comunes como ondas de sonido, vibraciones, movimientos del usuario, corrientes de aire, etc. en electricidad, para así alimentar el sensor y el transmisor de radiofrecuencia.

Los nuevos aparatos incrementan el rango de la frecuencia de vibración a partir de la cual se puede capturar energía. Los generadores piezoeléctricos convencionales sólo capturan energía de forma eficiente a ciertas frecuencias, limitando así la electricidad que pueden generar.

TERMOELÉCTRICA

Los Generadores termoeléctricos (TEG) consisten en la unión de dos materiales diferentes y la presencia de un gradiente térmico. Son posibles salidas de tensión grandes mediante la conexión de muchos cruces eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo. El rendimiento típico es de 100-200 mV / K por cruce. Estos pueden ser utilizados para capturar mW.s de energía de equipos industriales, estructuras, e incluso el cuerpo humano.

VENTAJAS:

- Sin partes móviles permiten un funcionamiento continuo durante muchos años. Son capaces de más de 100.000 horas de funcionamiento en régimen permanente.
- Termoeléctricas no contienen materiales que deben ser repuestos.

Un aspecto negativo de la conversión de energía termoeléctrica es la baja eficiencia (en la actualidad menos del 10%). El desarrollo de los materiales que son capaces de operar en los gradientes de temperatura más altas, y que puede llevar a cabo bien la electricidad sin también conductora de calor (algo que estaba pensado hasta hace poco imposible), se traducirá en una mayor eficiencia.

INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Este tipo de recolección se basa en la capacidad cambio de los condensadores dependientes de vibración. Las vibraciones se separan las placas de un condensador de carga variable, y la energía mecánica se convierte en energía eléctrica. Los recolectores de energía electrostática necesitan una fuente de polarización para trabajar y para convertir la energía mecánica de las vibraciones en electricidad.

Tabla comparativa de las fuentes de energía alternativas adecuadas para la alimentación de los sensores y las características de los recolectores:

Una de las principales limitaciones del recolector de energía de vibración magnética era el tamaño del generador, en este caso aproximadamente un centímetro cúbico, que es demasiado grande para integrar en las tecnologías móviles de hoy en día. Se consiguieron nuevas reducciones en las dimensiones son posibles a través de la integración de los materiales nuevos y más flexibles.

Informe del proyecto	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	45 de 86

Fuentes de energía alternativas adecuadas para la alimentación de los sensores:

Table 1. Comparison of published power harvesters for autonomous sensors.

Author and Reference	Generator Type	Energy	Generator Volume [cm ³]	Power unprocessed [μW]	Power processed [μW]	Power Density [μW/cm ³]
Michelson [34]	Electrostatic	Motion	0.6	2.4	/	4
Hammond [34]	Piezoelectric	Motion	4.8	1700	700	145
Ferrari [36]	Piezoelectric	Motion	0.65	203	/	312
Li [34]	Electromagnetic	Motion	1	/	100	100
Dalola [23]	Thermoelectric	T Gradient	5.76	/	900	156
Dalola [24]	Thermoelectric	T Gradient	3.87	31800	/	8200
Hande [33]	Photovoltaic	Solar	40	400000	/	10000
Weimer [37]	Electromagnetic	Airflow	23	/	80-650	3.5-28

Los recolectores de energía respetan el medio ambiente y tienen un mantenimiento bajo, también tienen algunas claras desventajas en comparación con las baterías o la red eléctrica. En general, la cantidad de energía producida por un colector de energía puede variar en gran medida. Los recolectores de energía se pueden dividir en dos categorías: **bursting** y **trickling**. Los recolectores de energía bursting pueden generar demasiada energía muy rápidamente. Los recolectores de energía trickling generan suficiente energía de forma continua durante un largo período de tiempo. Ejemplos de recolectores Bursting incluyen elementos piezoeléctricos, convertidores o vibradores dinamo / electro – mecánicos. Ejemplos de recolectores trickling incluyen células solares y elementos Peltier que se basan en las diferencias de temperatura. Los recolectores trickling son más costosos.

Algunos de las fuentes de alimentación autónomas se encuentran en el siguiente enlace:
<http://www.enocean.com/it/energy-harvesting/>

Precios:

<http://www.futureelectronics.com/en/Search.aspx?dsNav=Ny:True,Ro:0,Nea:True,N:4453&dsDimensionSearch=>

ALTERNATIVA 2: BATERÍAS

La segunda alternativa estudiada son las **baterías**. Muchos sensores autónomos se alimentan con baterías que, al tener una energía limitada, podrían requerir una sustitución periódica lo que reduciría la autonomía del sistema. Tras la elección de los sensores de nuestro sistema se valora la opción de alimentarlo con 2 baterías en serie y se estima su tiempo de vida (utilizando el tipo de sensor más restrictivo, el que necesita actualizar su información cada menos tiempo):

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	46 de 86

Para alimentar el circuito de sensado utilizaremos dos baterías tipo AA de 1,5v en serie.	La capacidad de la batería es de 2,6Ah, que según cálculos aproximados tendrán una duración de más de 6 años y medio	El coste del sistema de alimentación es de $0,67 \times 2$ de las baterías, más 1,17 del portabaterías. Total 2,51€ en Farnell.	2,51		
	Baterías http://www.farnell.com	Portabaterías http://es.farnell.com/holder/dp/1702630			
	Estimando una conexión cada 15 minutos de una duraciónn de 1segundo			Considerando consumo sensor 10mA	
I Normal	0,03			0,04	
I sleep	0,000001			0,000001	
tNormal	4 segundos/hora			4 segundos/hora	
tsleep	3596 segundos/hora			3596 segundos/hora	
Capacity	2,6 Ah			2,6 Ah	
AVG current	0,00003433222222	A		0,00004544333333	A
Time to live	75730,6061684844	h		57214,1128144942	h
Time to live	3155,44192368685	días		2383,92136727059	días
Time to live	8,64504636626534	Años		6,53129141717971	Años

DECISIÓN

Teniendo en cuenta que la utilización de los recolectores de energía tiene el principal inconveniente de que no está garantizado que en el lugar donde se instalen los sensores haya la energía necesaria disponible en el entorno (por ejemplo: movimiento o luz) y que el uso baterías ofrece la posibilidad de utilizar baterías más pequeñas y, según las estimaciones realizadas, se observa que la vida de la batería es equivalente a la vida útil del sensor, se opta por el **uso de baterías**.

2.3.7 SERVIDOR

• OBJETIVO

El servicio prestado se basa en que la información de todos los clientes esté alojada en un servidor central y que esta información esté accesible en tiempo real desde cualquier lugar.

Por ello se deben adquirir y diseñar los elementos HW y SW necesarios para crear un sistema central que por un lado almacenará los datos recibidos por los diferentes sistemas y por otro los hará disponibles para sus usuarios

Por lo tanto se plantean varios retos:

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	47 de 86
Informe del proyecto		

-Dónde alojar la información de manera que pueda ser accesible.

-La comunicación entre sistema del cliente, el sistema central y la app.

- **ESTUDIO**

Alojamiento local vs central

En un principio se plantearon dos posibilidades para el alojamiento de la información.

-Local: Se montaría en la propiedad del cliente un servidor del que sólo él haría uso y en el que únicamente se almacenaría su información.

Esto repercutiría directamente en el precio del sistema, disparándolo al tener que asumir el coste de un servidor. Por otro lado la asistencia técnica se complicaría, al no tener acceso al sistema y tener que desplazar técnicos.

Además de esto una de las ideas es que podamos reutilizar los datos de los clientes para ofrecer otro tipo de servicios, estadísticas etc... con lo que con esta arquitectura no tendríamos acceso a ellos

Por otro lado nuestro mantenimiento en infraestructuras sería más bajo ya que una vez instalado el sistema, no tendríamos más gasto de mantenimiento.

-Centralizado: La idea es crear un sistema central con sistema de bases de datos en el que se almacenará toda la información generada por los diferentes clientes.

- Pros:

-Accesible desde cualquier lugar.

-Nuevos servicios: La información puede ser utilizada para realizar diversos mapas de condiciones atmosféricas a nivel local.

-Asistencia técnica desde central

- Contras:

-Necesario garantizar una alta disponibilidad

-LOPD

-Inversión en infraestructura

CONCLUSIÓN

Valorando las futuras líneas que podemos ofrecer teniendo el servicio centralizado y bajo nuestro control y mantenimiento, se decide crear un sistema central en detrimento de mantener la información de manera local. Aunque se deja abierta la posibilidad futura de que ciertos clientes puedan tener servidores propios siempre y cuando el negocio sea rentable y sostenible.

- **Infraestructura**

Para poner en marcha el servidor podemos o bien adquirir el hardware necesario o bien alquilar un servicio de hosting.

- **En propiedad**

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	48 de 86
Informe del proyecto		

Tendríamos que asumir los costes de diferentes elementos así como la ubicación de los mismos y sus gastos.

I. El **hardware** necesario contaría de:

-Servidor: Tomando como referencia a DELL, un servidor que se ajusta a lo que necesitaríamos sería algo similar al modelo [Dell PowerEdge™ T320](#) que arranca en unos 3500 euros.

-SAI: Completamente necesario para asegurar el servicio ante cortes de alimentación siguiendo con los productos [DELL](#) el precio rondaría los 300 euros

-Router: El propio ISP nos podría suministrar un router adecuado para dar este servicio, el precio puede rondar entre los 200 a 300 euros.

II. **Emplazamiento:** Se necesitará una habitación dónde instalar el HW.

III. **Otros:**

-Debe tenerse en cuenta también que será necesario una conexión a internet con gran ancho de banda y una ip fija.

-Además es necesario tener en cuenta el gasto eléctrico.

- **Alquiler de hosting**

De entre todas las posibilidades de hosting la más atractiva es [Amazon Web Services](#).

Este servicio ofrecido por Amazon es una colección de servicios de escritorio remoto (también llamados servicios web) que en conjunto forman una plataforma de computación en la nube, ofrecidas a través de Internet por Amazon.com.

Aparte del servicio de hosting nos interesa el servicio **Amazon Elastic Compute Cloud**. EC2 permite a los usuarios alquilar computadores virtuales en los cuales puede correr sus propias aplicaciones. EC2 permite el despliegue escalable de aplicaciones proveyendo un servicio Web a través del cual un usuario puede montar una Imagen de Máquina Amazon para crear una máquina virtual, la cual Amazon llama una "instancia", la cual contendrá cualquier software deseado.

Un usuario puede crear, lanzar, y finalizar instancias de servidor tanto como necesite, pagando por hora por servidor activo, de ahí el término "elástico".

La escalabilidad del servicio se hace muy sencilla, simplemente alquilando más o menos capacidad directamente a Amazon.

Amazon ofrece un [servicio](#) para calcular el gasto. Una instancia con 100 gigas de almacenamiento nos costaría el primer año a razón de 7,16\$ al mes:

Informe del proyecto	LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
		FECHA	29-04-2014
		VERSION	V 1.00
		PÁGINA	49 de 86

Services Estimate of your Monthly Bill (\$ 3.66)

Choose region: US-East / US Standard (Virginia) Inbound Data Transfer is Free and Outbound Data Transfer is 1 GB free per region per month

Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) is a web service that provides resizable compute capacity in the cloud. It is designed to make web-scale computing easier for developers. Amazon Elastic Block Store (EBS) provides persistent storage to Amazon EC2 instances. [Clear Form](#)

Compute: Amazon EC2 Instances:

Description	Instances	Usage	Type	Billing Option	Monthly Cost
	1	100 % Utilized/Mo	Linux on t1.micro	On-Demand (No Co	\$ 14.64

+ Add New Row

Storage: Amazon EBS Volumes:

Description	Volumes	Volume Type	Storage	IOPS	Snapshot Storage
	1	Standard	20 GB	0	0 GB-month of Storage

+ Add New Row

Elastic IP:

Number of Additional Elastic IPs: 1

Elastic IP Non-attached Time: 0 Hours/Month

Number of Elastic IP Remaps: 0 Per Month

Según necesitésemos más capacidad, simplemente sería contratarla.

- Conclusión**

Para arrancar el servicio no nos interesan las inversiones anticipadas en infraestructuras

La construcción de infraestructuras locales puede resultar lenta y cara. Es necesario solicitar, costear, instalar y configurar costosos equipos de hardware, y anticipándose a la necesidad.

En lugar de dedicar sus recursos a las inversiones en centros de datos y a las operaciones, necesitamos centrarnos en dar calor al servicio. Para ser más específicos, preferimos dedicar los limitados recursos de TI e ingeniería impulsar el crecimiento del negocio, en lugar de utilizarlos para la infraestructura de TI, que no deja de ser un aspecto importante, pero que no sirve para que la empresa marque la diferencia.

Contratando los servicios de Amazon Web Services evitamos un gran desembolso inicial y salvamos uno de los grandes retos que a los que nos enfrentamos para ofrecer este servicio que es la alta disponibilidad que debemos ofrecer. Por lo tanto apostaremos por este servicio de hosting.

- Software**

No ha habido mucha duda a la hora de elegir la tecnología software a usar. Pensando en costes se ha buscado una solución OpenSource y tenemos claro que un servidor LAMP puede satisfacer toda las necesidades que tenemos.

LAMP es el acrónimo usado para describir un sistema de infraestructura de internet que usa las siguientes herramientas:



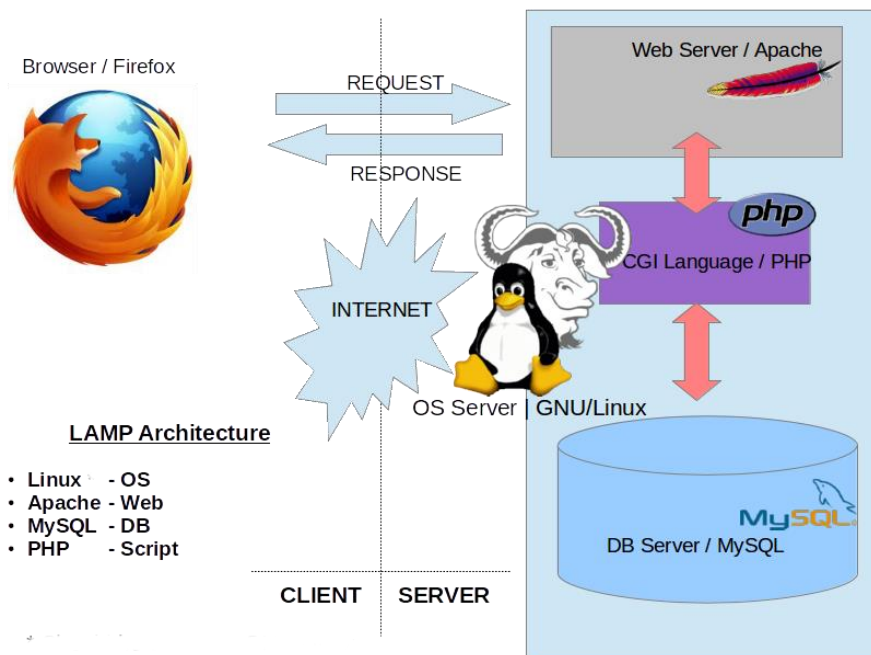
- Linux, el sistema operativo

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	50 de 86
Informe del proyecto		

- Apache, el servidor web
- Mysql el gestor de bases de datos
- Perl, PHP, o Python, los lenguajes de programación

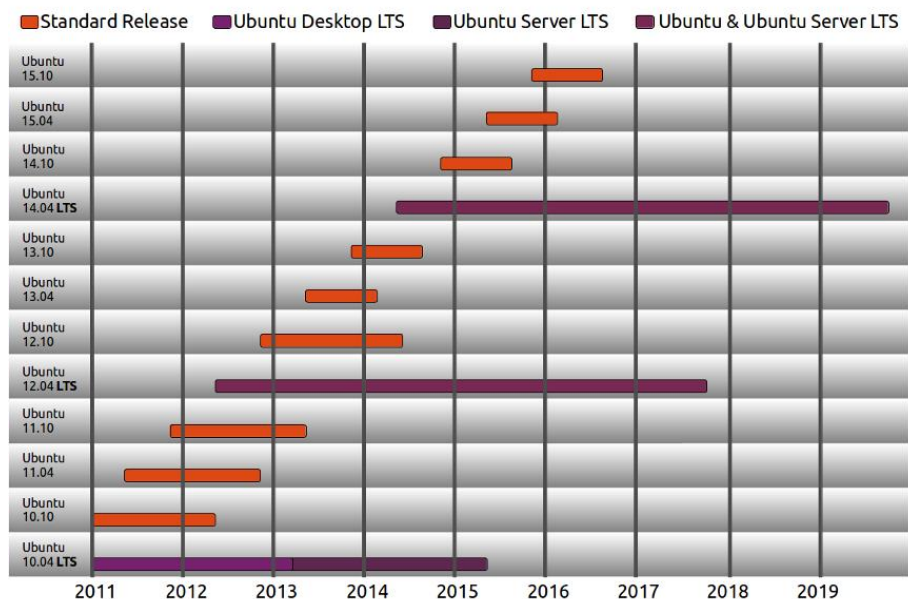
La combinación de estas tecnologías es usada principalmente para definir la infraestructura de un servidor web, utilizando un paradigma de programación para el desarrollo.

LAMP está considerada como una de las mejores herramientas disponibles para que cualquier organización o individuo pueda emplear un servidor web versátil y potente. Aunque creados por separado, cada una de las tecnologías que lo forman dispone de una serie de características comunes. Especialmente interesante es el hecho que estos cuatro productos pueden funcionar en una amplia gama de hardware, con requerimientos relativamente pequeños sin perder estabilidad. Esto ha convertido a LAMP en la alternativa más adecuada para pequeñas y medianas empresas.



La distribución Linux utilizada será Ubuntu ya que es de las distribuciones más utilizadas el último año. En su versión 12.04 puesto que es una versión LTS (Long Term Support) que tendrá soporte hasta finales del 2017:

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	51 de 86
Informe del proyecto		



Que la podemos contratar en AWS a un bajo precio:

Ubuntu Server 12.04 LTS (PV) - ami-808675f7 (64-bit) / ami-828675f5 (32-bit)

Ubuntu Server 12.04 LTS (PV), EBS-backed with support available from Canonical (<http://www.ubuntu.com/cloud/services>).

Free tier eligible

Root device type: ebs Virtualization type: paravirtual

Select

☒ 64-bit ☐ 32-bit

2.3.8 SERVICIO WEB

Hemos decidido desarrollar una API pública, en lugar de crear una aplicación cerrada. Un usuario interesado podrá hacer uso de la misma y realizar una aplicación propia y publicarla, con el consecuente aumento en el valor de nuestro producto.

A la hora de montar servicios con estas características existen dos formas de proceder que se han popularizado a nivel global, una sería montar un servicio SOAP y la otra un servicio RESTful.

Creemos que el uso de un servicio RESTful con un formato JSON es lo más apropiado para la elaboración de nuestro sistema. Para esta decisión nos hemos basado en las siguientes consideraciones:

SOAP fue diseñado para sacar ventaja de muchos tipos de protocolos de transporte incluyendo HTTP/HTTPS síncrono, colas asíncronas como MQSeries™, e incluso sobre el email. Esta capacidad llevó a SOAP a ser una solución para muchos de los problemas de interoperabilidad. Sin embargo, SOAP fue diseñado antes de la expansión de la tecnología móvil y de las aplicaciones móviles y presenta ciertos problemas al respecto.

Cambiar un servicio que use SOAP suele significar complicadas modificaciones en el cliente, cuando el cliente es una aplicación web puede no ser muy problemático, pero cuando el cliente SOAP está en un dispositivo móvil surge el problema de la actualización.

Además generar el código del cliente con WSDL y XSD es bastante complicado y el ámbito de las tecnologías móviles esta complejidad se puede ver magnificada en gran medida ya que están diseñados para ser lo más ligeros posibles.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	52 de 86
Informe del proyecto		

Por otro lado REST fue diseñado para operar con clientes ligeros, desde un navegador web y todo tipo de equipamiento de red hasta una gran variedad de servicios. Debido a este requerimiento de operar con clientes poco pesados y su flexibilidad a la hora de implementación, lo vuelven muy sencillo y perfecto para nuestro objetivo.

Balanceo de la carga de la red, firewalls, proxys, ya están, todos ellos, optimizados para el tráfico RESTful ya que están optimizados para el tráfico HTTP.

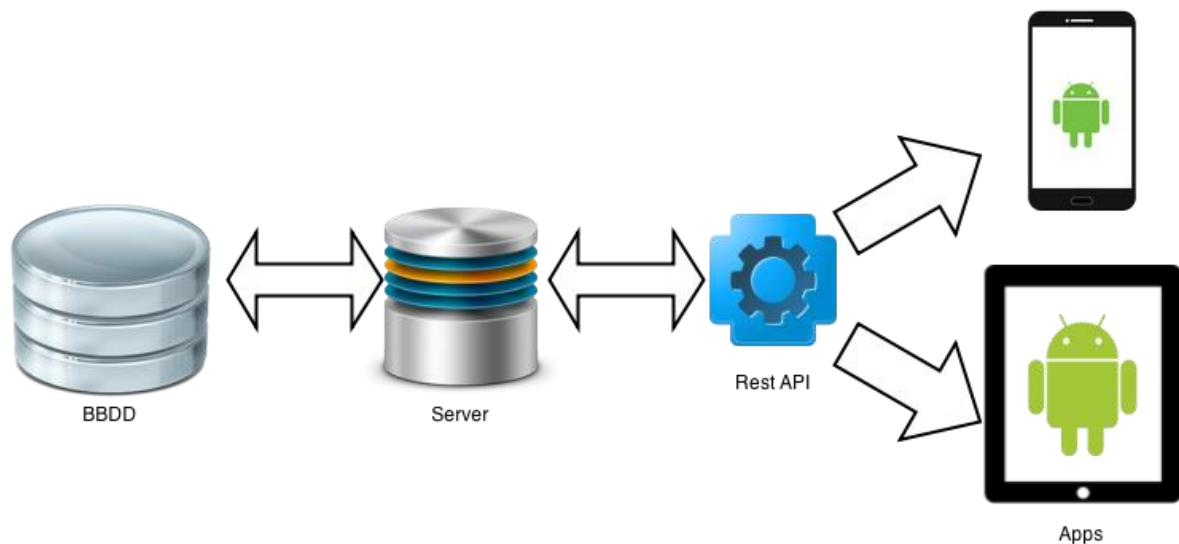
Algunas categorías de las peticiones RESTful pueden ser almacenadas en caché, como las peticiones de imágenes, ya que la petición es expresada en la URL.

Las peticiones son sin estado, lo que permite una gran escalabilidad en este tipo de servicios. Y aunque por definición no tengan estado se puede usar la cabecera de la petición para enviar los datos de sesión deseados.

Mientras SOAP es un servicio que siempre devuelve la información estructurada en xml, los servicios REST proveen una gran flexibilidad a la hora de elegir el tipo de datos a devolver. Generalmente va de la mano con JSON ya que tiene una estructura mucho más ligera que xml, lo que lo hace perfecto para estas aplicaciones móviles.

Por esas razones hemos escogido crear un servicio REST+JSON.

El diagrama, de esta parte, sería entonces:



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	53 de 86
Informe del proyecto		

2.3.9 MÉTODOS PARA LA CONSULTA DE DATOS

La primera consideración que surgió a la hora de integrar un servicio móvil a nuestro producto fue la elección entre la creación de una página web móvil, una aplicación interna o tal vez ambas.

Antes de evaluar los beneficios de cada una, es importante conocer las principales diferencias.

Un página web móvil o “mobile website” es similar a las otra páginas web ya que se basa en HTML y es accesible mediante internet. La principal característica que las diferencia de las páginas normales es el hecho de estar diseñadas para dispositivos con pantallas pequeñas e interfaces táctiles.

Las aplicaciones no precisan de ningún navegador, se descargan e instalan en el propio dispositivo.

Determinar cuándo una opción es mejor que la otra depende de los objetivos. Para facilitar la elección hemos realizado el siguiente estudio de ventajas y posibilidades que nos ofrecen cada una.

Mobile WebSite

1. Disponibilidad al instante. No precisa de ningún requisito previo, no hay que realizar ninguna descarga ni ningún tipo de instalación previa. Se puede acceder desde cualquier dispositivo con navegador y disponiendo de los datos de acceso. Si fuese imposible hacer uso de tu dispositivo se soluciona pidiendo prestado cualquier otro.
2. Compatibilidad. Una website sería accesible desde cualquier dispositivo móvil independientemente del sistema operativo o plataforma que utilice siempre que disponga de un navegador web.
3. Facilidad a la hora de mejorar el sistema. Si se necesitase añadir alguna nueva característica o cambiar el diseño bastaría con modificar el source en el servidor.

Aplicación Nativa

1. Acceso a las características del dispositivo.

Mediante una aplicación instalada en el dispositivo seríamos capaces de hacer uso de los medios del mismo. Acceso al micrófono, cámara... Podríamos implementar un control por voz por ejemplo.

2. Ejecución en Background.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	54 de 86
Informe del proyecto		

La posibilidad de seguir ejecutando la aplicación de fondo aun cuando el usuario no esté comprobando la información, nos permite avisar o alertar al dueño de algún comportamiento inusual. Se podría configurar un sistema de alertas, incendio, inundación...

3. Rapidez y Comodidad.

Una vez instalada la aplicación es cuestión de segundos acceder a la información que se requiera, basta con pinchar en el icono pertinente sin necesidad de descargar una página web e introducir los datos de autenticación.

4. Más opciones para implementar la interfaz.

A través de las apis y posibilidades de las que se puede hacer uso al trabajar sobre el sistema del dispositivo se pueden crear interfaces más elaboradas.

Los aspectos negativos que se sacan de los puntos anteriores:

Mobile Website:

- Depende de un navegador web
- Tiempo para realizar la consulta alto y proceso tedioso.
- No se podrían implementar comandos por voz ni alertas de forma sencilla.
- **Interfaz con menos posibilidades

Aplicación:

- Compatibilidad nula, funcionaria solo para un OS concreto.
- Precisa una descarga e instalación
- Las actualizaciones son más complejas y volverían a necesitar una descarga
- La aplicación ocupa espacio en el dispositivo

En resumen, la elección de una u otra se reduce a las siguientes preguntas

1. ¿Es indispensable la compatibilidad con todos los dispositivos del mercado?
2. ¿Es preferible que el acceso sea independiente al dispositivo y lento, o rápido pero a costa de espacio en memoria del dispositivo? ¿Nuestra aplicación será compleja o al ser algo sencillo la memoria que ocupa es pequeña?
3. ¿Es necesario un sistema de alertas o control por voz?
4. ¿Existirán un gran número de actualizaciones?

Decisión.

Hemos decidido optar por la realización de una aplicación interna frente a la creación de una página web por dos razones esenciales:

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	55 de 86
Informe del proyecto		

- La aplicación nos aporta la posibilidad de desarrollar un sistema de alertas haciendo uso de las capacidades del dispositivo como la vibración y altavoces.
- El uso de la página web requeriría que el usuario abriera el navegador, escribiera la dirección e insertará sus datos cada vez que quisiese obtener sus datos, lo que resultaría en una experiencia tediosa para el propio usuario.

En cuanto a la plataforma para desarrollar nuestra aplicación y basándonos en el estudio de mercado (Ver apéndice A), hemos escogido Android como sistema operativo en el que centrarnos en un principio. No descartamos la expansión hacia las demás plataformas en un futuro.

2.3.10 DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA DESARROLLAR LA APP

Para la creación del cliente del servicio REST para aplicaciones móviles hay que tener en cuenta un mayor número de consideraciones.

-Al disponer de menos memoria, los dispositivos móviles pueden terminar el proceso cuando no queríamos.

-El guardado de datos no es persistente.

Tres métodos interesantes para la programación de estos servicios: Loaders, Services API y ContentProvider API

Loaders:

Ventajas:

- Accesible para cada actividad o fragmento.
- El estado lo controla el SO y no hay que preocuparse una vez arrancado.
- Permite información asíncrona.
- Monitoriza el origen de los datos y muestra los nuevos resultados cuando se produce algún cambio.

Inconvenientes:

- Las llamadas suelen ser one-off. Las aplicaciones se ejecutan muy rápido y obtienen la información al ser lanzadas, pero una vez se establezcan en background pueden ser terminadas durante los **Activity lifecycle events**

Service:

Ventajas:

- No muestra un comportamiento tan "short lifetime"
- No está atado a ninguna actividad o fragmento.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	56 de 86
Informe del proyecto		

Inconvenientes:

- La complejidad de la API es mayor con muchos más casos que controlar.

Uso de librerías externas:

Existen proyectos que trabajan en la creación de librerías modular para facilitar la implementación de estos servicios e incluir una gran cantidad de características de fácil acceso.

Las más evolucionadas son:

- Volley (Desarrollada por Google)
- RoboSpice

Sin entrar en detalles profundos, ambas son bastante similares. Las dos ofrecen características ventajosas como la posibilidad de priorizar las peticiones, políticas de reintento, cancelación de peticiones. Sin embargo *RoboSpice* ofrece una gran compatibilidad con extensiones pero por otro lado *Volley* ha demostrado ser más rápido como se puede observar en la [presentación de la librería en la Google I/O de este pasado año 2013](#).

Decisión

Al final hemos optado por la implementación usando librerías externas frente a los métodos tradicionales ya que nos aportan una gran facilidad y flexibilidad a la hora del desarrollo.

Entre las dos opciones nos decantamos por *Volley*, por varias razones. Para empezar es la oficial por la parte de google y ellos mismos la usan en muchas de sus aplicaciones. Además en un primer acercamiento al código nos ha parecido más sencilla de llegar a dominar que la alternativa de *RoboSpice*.

2.4 NORMATIVA

2.4.1 RADIACIÓN INALÁMBRICA

El sistema cuenta con un módulo XBee que utiliza radiación inalámbrica. Este es un producto que ha de tener las certificaciones necesarias para poder ser comercializado en Estados Unidos, Canadá, Europa y Japón. Para el uso del módulo XBee en productos comerciales o como parte de un sistema más complejo deberemos cumplir con cierta normativa de radiación inalámbrica. Dependiendo del mercado en el que vayamos a comercializar el producto, se deberán pasar unos requisitos u otros.

Nuestro mercado principal es Europa:

- Europa (ETSI): El módulo XBEE ha pasado ya la certificación EMC 89/336/EEC [Ref.1] como dispositivo único. Sin embargo si el módulo se usa como parte de un sistema más complejo como el que estamos diseñando, deberemos asegurar la conformidad del producto final con los estándares EMC y low-voltage/safety europeas. Una Declaración de Conformidad debe ser emitida para cada una de estas normas y archivarse. Además, deberemos conservar una copia de la documentación del manual de usuario XBee [Ref.2] y asegurarnos de que el producto final no exceda los valores de potencia, las especificaciones de la antena, y/o requisitos de instalación como se especifica en el manual. Si cualquiera de estas especificaciones se supera en el producto final, debe hacerse una certificación para testear las pruebas de cumplimiento de todos los estándares requeridos.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	57 de 86
Informe del proyecto		

Otros mercados estratégicos:

- Estados Unidos (FCC): el módulo XBee ya ha sido certificado por la FCC para su uso como parte de otros sistemas más complejos formando parte de ellos, sin ser necesaria ninguna certificación más. Nuestro producto deberá cumplir los requisitos de etiquetado de Estados Unidos.
- Canadá (IC): se acepta el certificado FCC y los requisitos de etiquetado son parecidos a los de Estados Unidos.
- Japón: sólo se podrán usar los módulos XBee RF o la variante internacional del módulo XBee-PRO RF. Nuestro producto también deberá cumplir los requisitos de etiquetado de Japón.

2.4.2 MARCADO CE

Como se ha comentado el mercado principal para este sistema es el Europeo, por lo tanto deberemos cumplir las directivas comunitarias para poder comercializar el producto en toda la comunidad con el sello CE.

De acuerdo con los principios de la Decisión 768/2008/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de fecha 9 de julio de 2008, el mercado simboliza la conformidad de un producto con los requisitos esenciales de seguridad y salud que le son aplicables e impuestos al fabricante.

Este marcado fijado sobre el producto es una declaración formal (Declaración de conformidad CE) hecha por una persona responsable de la empresa fabricante de que el producto es conforme con todos los requisitos comunitarios y de que se han llevado a cabo sobre dicho producto los procedimientos de evaluación de la conformidad que le son de aplicación.

Para que nuestro obtenga la declaración de conformidad debe someterse al proceso siguiente:



LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	58 de 86

2.5 CONCLUSIÓN DEL MARCO TEÓRICO

En este apartado se han estudiado las diferentes tecnologías para cada uno de los módulos del sistema y finalmente se ha llegado a una arquitectura para el mismo, esta arquitectura se describe en el apartado 4.

3 METODOLOGÍA. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

La planificación del proyecto se ha realizado con ayuda de la herramienta de software libre *Project Libre*. Después de realizar una división del proyecto en tareas y subtareas y asignarlas a los distintos miembros del equipo se ha llegado a la distribución de tareas y el diagrama de Gantt que se muestra en los siguientes apartados. Esta planificación es aproximada y está orientada a la obtención de un prototipo funcional.

3.1 DIVISIÓN DEL TRABAJO

La división del trabajo a realizar se ha hecho tras cada reunión con los tutores asignando las tareas propuestas a los distintos miembros del grupo. La división y asignación de tareas se describe a continuación:

Task Information

ID	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Nombres del Recurso
1	Planteamiento del proyecto	1 day	30/01/14 8:00	30/01/14 17:00	Alex;Ivan;Adrián;Ramon;Yago;Pablo;
2	Estudio de mercado	7 days	31/01/14 8:00	10/02/14 17:00	Adrián;Yago
3	Valoración viabilidad del proyecto	2 days	11/02/14 8:00	12/02/14 17:00	
4	Valoración Impacto Social	2 days	11/02/14 8:00	12/02/14 17:00	Yago
5	Valoración impacto Ambiental	2 days	11/02/14 8:00	12/02/14 17:00	Yago
6	División del proyecto en tareas	2 days	13/02/14 8:00	14/02/14 17:00	Alex;Ivan;Adrián;Ramon;Pablo;Yago
7	Asignación de tareas	1 day	17/02/14 8:00	17/02/14 17:00	Alex;Ivan;Adrián;Ramon;Pablo;Yago
8	Planificación del proyecto	1 day?	18/02/14 8:00	18/02/14 17:00	Alex;Ivan;Adrián;Ramon;Pablo;Yago
9	Definición arquitectura del	5 days	19/02/14 8:00	25/02/14 17:00	Alex;Ivan;Adrián;Ramon;Pablo;Yago
10	Estudio tecnologías	3 days?	26/02/14 8:00	28/02/14 17:00	
11	Módulo sensores	3 days?	26/02/14 8:00	28/02/14 17:00	
12	Estudio estructura módulo	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	
13	Sensor EM+Sensor+ZB	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan;Ramon
14	Arduino+Sensor+ZB	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan;Ramon
15	xBee+sensor	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan;Ramon
16	Estudio del uso de baterías para	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan;Yago
17	Estudio de las fuentes de	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Yago
18	Estudio de las variables	1 day	27/02/14 8:00	27/02/14 17:00	Adrián
19	Búsqueda de sensores	1 day	28/02/14 8:00	28/02/14 17:00	Adrián;Yago
20	Elección de los sensores con los	1 day	28/02/14 8:00	28/02/14 17:00	Adrián
21	Estudio xBee	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan
22	Búsqueda de sensores	1 day?	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Adrián;Yago
23	Unidad Central	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	
24	Estudio interfaz sensor-módulo	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan
25	Estudio Arduino	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ramon
26	Estructura centralita	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ramon
27	Comunicación sensor - Unidad	2 days	26/02/14 8:00	27/02/14 17:00	
28	Estudio interfaz inalámbrica	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan
29	Estudio protocolos de	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan
30	Comparativa I2C SPI	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Ivan

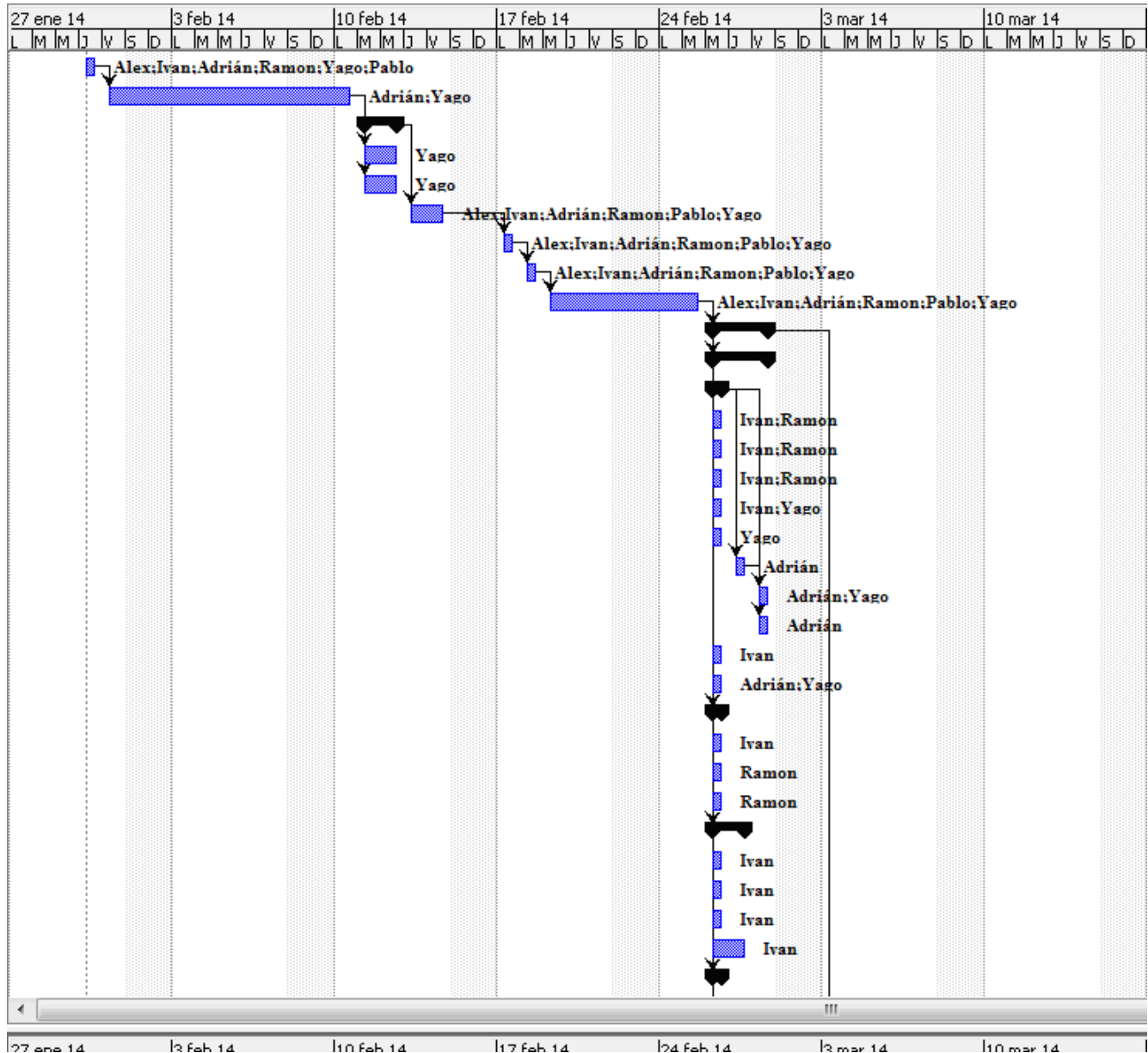
ID	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Nombres del Recurso
31	Búsqueda Zig Bee	2 days	26/02/14 8:00	27/02/14 17:00	Ivan
32	Comunicación Unidad Central -	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	
33	Estudio Arduino vs Rasperry Pi	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Alex
34	Scripting PHP para comunicación	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Alex
35	Estudio del uso de un módulo 3G	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Alex
36	Estudio comunicación ethernet	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Alex; Adrián; Yago
37	Servidor	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	
38	Servidor REST o SOAP	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Pablo
39	Servidor FTP	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Alex
40	Valoración AWS	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Pablo
41	Base de datos	3 days	26/02/14 8:00	28/02/14 17:00	
42	Diseño base de datos	3 days	26/02/14 8:00	28/02/14 17:00	Alex; Adrián; Pablo; Yago
43	Aplicación Móvil	3 days	26/02/14 8:00	28/02/14 17:00	
44	Servicio Web o Aplicación	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Pablo
45	Estudio de las ventajas de un	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Pablo
46	Estudio del uso de librerías	1 day	27/02/14 8:00	27/02/14 17:00	Pablo
47	Estudio de las posibilidades de	1 day	27/02/14 8:00	27/02/14 17:00	Pablo
48	Primera inmersión en el tipo de	1 day	28/02/14 8:00	28/02/14 17:00	Pablo
49	API abierta o aplicación cerrada	1 day	26/02/14 8:00	26/02/14 17:00	Pablo
50	Ejecución/Desarrollo del prototipo	7 days	3/03/14 8:00	11/03/14 17:00	
51	Módulo sensores	2 days	3/03/14 8:00	4/03/14 17:00	
52	Prueba maqueta	2 days	3/03/14 8:00	4/03/14 17:00	Ramon
53	Montaje módulo	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Ivan; Ramon
54	Programación xbee	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Ivan; Ramon
55	Comandos AT e API (xBee)	2 days	3/03/14 8:00	4/03/14 17:00	Ivan; Ramon
56	Comunicación unidad central-	7 days	3/03/14 8:00	11/03/14 17:00	
57	Pruebas módulo Ethernet	7 days	3/03/14 8:00	11/03/14 17:00	Adrián; Yago
58	Pruebas scripts php Arduino	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Adrián; Yago
59	Configuración servidor y base de	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Adrián; Yago
60	Pruebas conexión arduino-BBDD	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Adrián; Yago
61	Estudio conectividad Arduino -	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Alex
62	Servidor	2 days	3/03/14 8:00	4/03/14 17:00	
63	Instalación AWS	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Alex

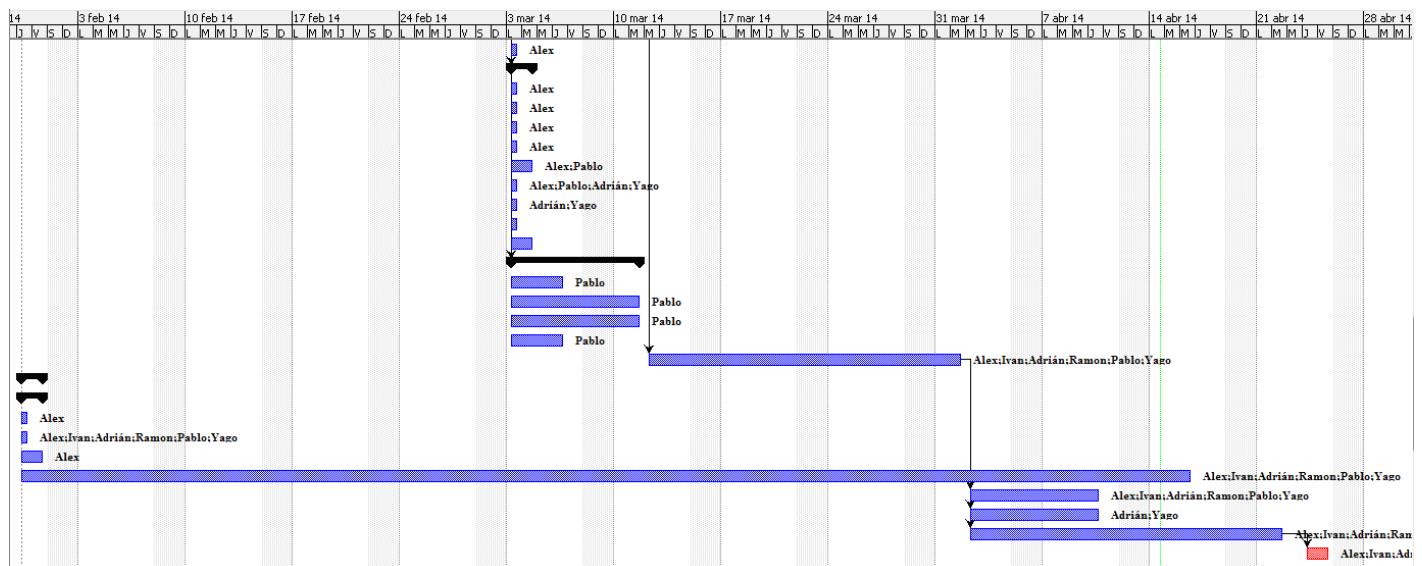
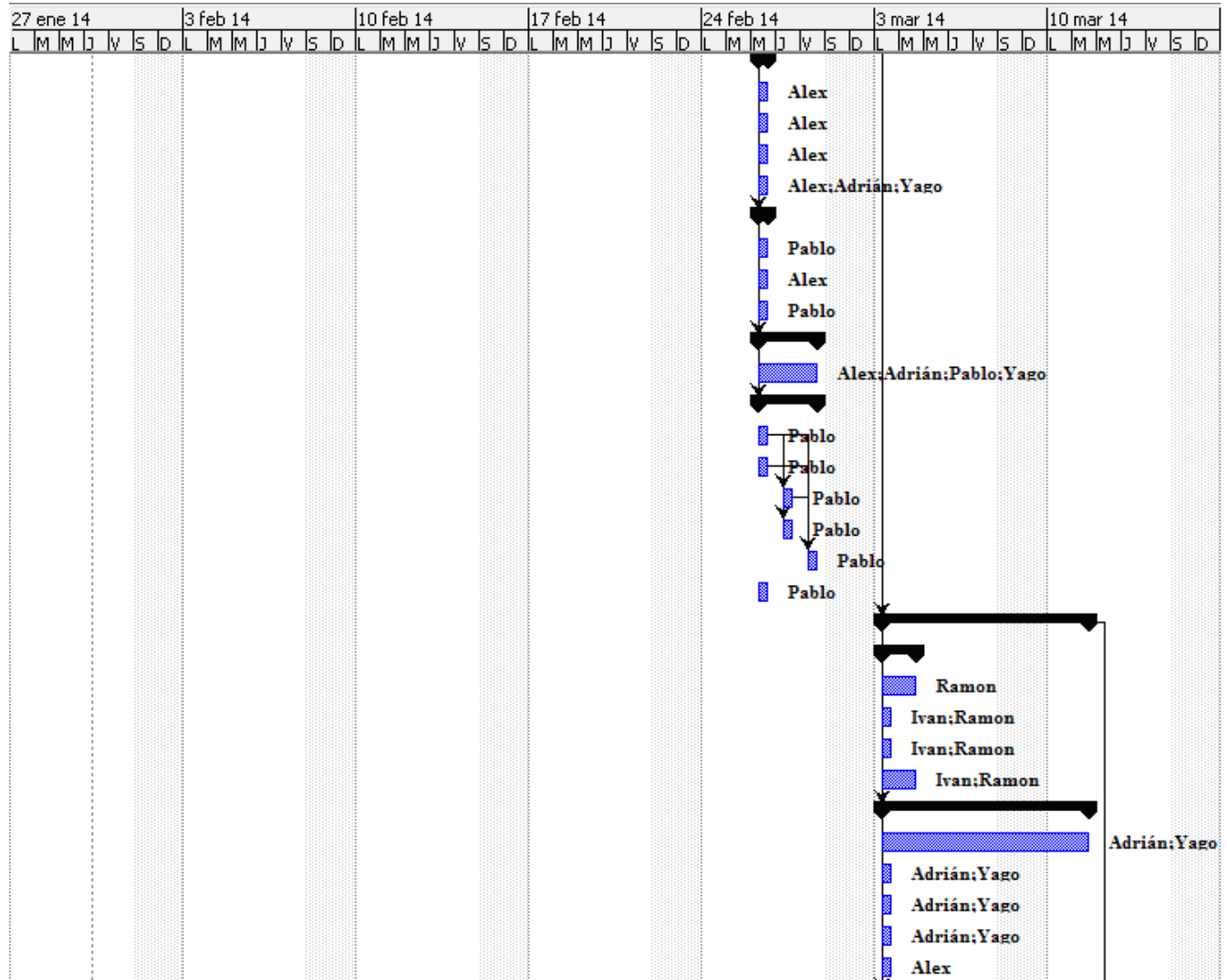
ID	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Nombres del Recurso
64	Creación instancia configuración	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Alex
65	Firewall estancia	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Alex
66	Pruebas WIKI	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Alex
67	Servidor REST	2 days	3/03/14 8:00	4/03/14 17:00	Alex; Pablo
68	BBDD	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Alex; Pablo; Adrián; Yago
69	Configuración servidor y base de	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	Adrián; Yago
70	Cambio Servidor Europa	1 day	3/03/14 8:00	3/03/14 17:00	
71	Creación y configuración	2 days	3/03/14 8:00	4/03/14 17:00	
72	Aplicación	7 days	3/03/14 8:00	11/03/14 17:00	
73	Sistema de autenticación	4 days	3/03/14 8:00	6/03/14 17:00	Pablo
74	Tabs y fragments	7 days	3/03/14 8:00	11/03/14 17:00	Pablo
75	Trabajo con viewpaper para	7 days	3/03/14 8:00	11/03/14 17:00	Pablo
76	Inclusión del viewpaper para los	4 days	3/03/14 8:00	6/03/14 17:00	Pablo
77	Pruebas y rediseño	15 days	12/03/14 8:00	1/04/14 17:00	Alex; Ivan; Adrián; Ramon; Pablo;
78	Documentación	2 days	30/01/14 8:00	31/01/14 17:00	
79	Documentación interna	2 days	30/01/14 8:00	31/01/14 17:00	
80	Diseño tabla seguimiento tareas	1 day	30/01/14 8:00	30/01/14 17:00	Alex
81	Documentar pedido	1 day	30/01/14 8:00	30/01/14 17:00	Alex; Ivan; Adrián; Ramon; Pablo;
82	Business Model Canvas	2 days	30/01/14 8:00	31/01/14 17:00	Alex
83	Elaboración memoria	55 days	30/01/14 8:00	16/04/14 17:00	Alex; Ivan; Adrián; Ramon; Pablo;
84	Elaboración informe ejecutivo	7 days	2/04/14 8:00	10/04/14 17:00	Alex; Ivan; Adrián; Ramon; Pablo;
85	Elaboración poster	7 days	2/04/14 8:00	10/04/14 17:00	Adrián; Yago
86	Preparación presentación del	15 days	2/04/14 8:00	22/04/14 17:00	Alex; Ivan; Adrián; Ramon; Pablo;
87	Presentación del producto	2 days	24/04/14 8:00	25/04/14 17:00	Alex; Ivan; Adrián; Ramon; Pablo;

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	60 de 86
Informe del proyecto		

3.2 PLANIFICACIÓN DE METAS Y/O OBJETIVOS

El objetivo es planificar, diseñar y desarrollar el sistema. Para ello realizamos una planificación orientada a conseguir un prototipo. Una aproximación de la planificación se muestra en el siguiente cronograma:





LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	62 de 86
Informe del proyecto		

3.3 PRESUPUESTO

Tras realizar los estudios indicados de las diferentes alternativas y definir una estructura para la realización del prototipo se ha elaborado un presupuesto para la realización del mismo:

1	Ref Mouser	Ref Fabricante	Descripción	URL	Cantidad	Precio unitario	Precio	
2								
3	619-32403	32403	Adaptador zig bee-protoboard 3,3v ((Debería haber en laboratorios)	http://es.mouser.com/ProductDetail/Parallax/sGAEpiMZZMuDQH1m5567YR8Ynxb	2	3.04	6.08	
4	888-XB24-Z7WIT-004	XB24-Z7WIT-004	XBee serie 2 (Debería haber en laboratorios)	http://es.mouser.com/ProductDetail/Digi-International/XB24-Z7WIT-004/?qs=sGAEpiMZZMuYETmGQpRzkTAk7PL	2	13.6	27.2	
5								
6	782-A000008	A000008	Arduino yun (Valería un arduino con ethernet se hai no laboratorio)	http://es.mouser.com/ProductDetail/Arduino/gp%20a2pyFaduiX3PyRmufCj8QaM85	0	60.76	0	Substituido por Arduino uno y modulo eth de laboratorio
7	926-LM20BIM7/NOPB	LM20BIM7/NOPB	Sensores de temperatura montados en placa 2.4V,10UA,MICRO SMD TEMP SENSOR	http://es.mouser.com/Search/ProductDetail?R=LM20BIM7%2fNOPBvirtualkey5950000LM20BIM7%2fNOPB	1	0.904	0.904	
8	785-HIH-5030-001	HIH-5030-001	Sensores de humedad montados en placa 2.7 Vdc SMD HUMIDITY SENSOR	http://es.mouser.com/Search/ProductDetail?R=HIH-5030-001virtualkey67810000virtualkey785-HIH-5030-001	1	7.23	7.23	
9	852-GA1A2S100SS	GA1A2S100SS	Sensores de luz ambiental Ambient Light Sensor Linear Output	http://es.mouser.com/Search/ProductDetail?R=GA1A2S100SSvirtualkey56850000virtualkeyGA1A2S100SS	1	0.888	0.888	
10	556-AT30TS75-SS8-T	AT30TS75-SS8-T	Sensores de temperatura con salida i2c	http://es.mouser.com/ProductDetail/Atmel/SS8-T/?qs=sGAEpiMZZMunegBHAOCZDwDFOAQ	1	0.496	0.496	
11	510-GS-351	GS-351	Placa protoboard	http://es.mouser.com/ProductDetail/GlobeSpecialties/GS-351/?qs=sGAEpiMZZMmqbBHFkFQgcT7GEsi3e	2	4	8	
12	12BH324A-GR	12BH324A-GR	Soporte baterías AA	http://es.mouser.com/ProductDetail/Eagle-Plastic-Devices/12BH324A-GR/?qs=sGAEpiMZZMupRttu7GC%252bRGQ	2	0.56	1.12	
13	525-EN91	EN91	Pilas AA	http://es.mouser.com/ProductDetail/Energizer/sGAEpiMZZMuXqNZ31nzYhbNMMeHQx	2	0.66	1.32	
14								
15								
16						TOTAL	53.238	
17	Precisamos 2 ou 3 modulos XBEE e un arduino capaz de conectarse via ethernet. se os hai no laboratorio non fai falta mercalos	Precisamos sensor de temperatura, humidade e luz analóxicos de tensión máxima 3,3 e tensión mínima 0, se os hai no laboratorio non fai falta mercalos	Tamén precisamos un sensor i2c para facer probas (Pode ser de temperatura ou luz)	Placa protoboard válenos calquera, precisamos duas de tamaño medio	Precisamos alimentar ao ZigBee a 3 ou 3,3 V con baterías ou pilas			

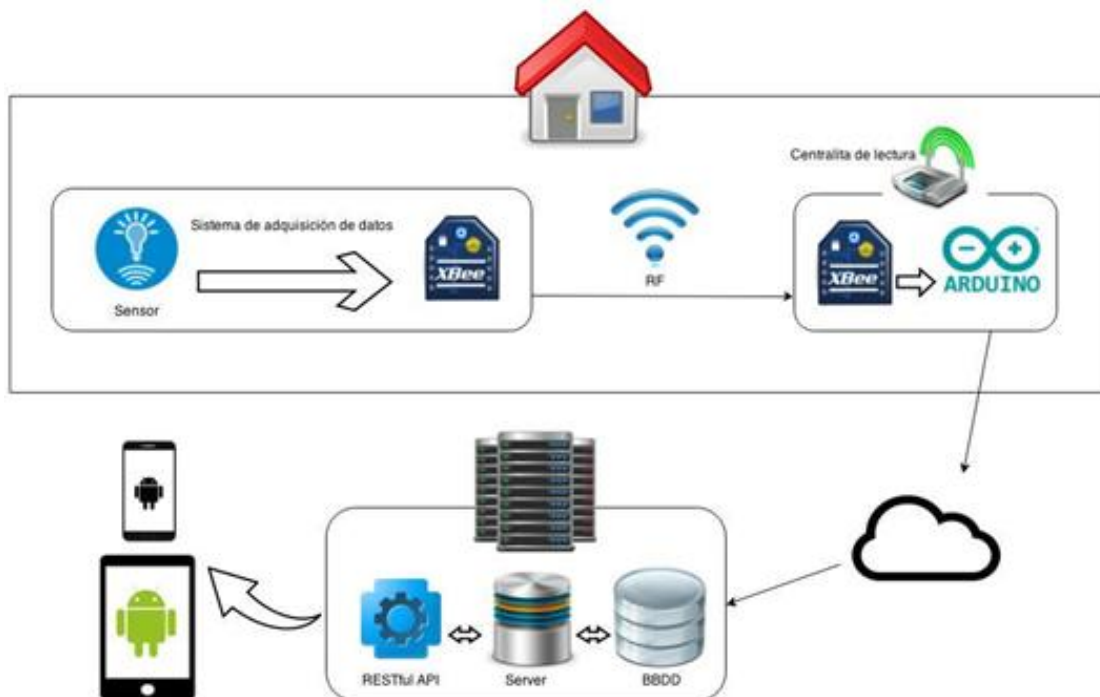
4 FASE DE EJECUCIÓN

En este apartado explicaremos todas las fases de ejecución de nuestro proyecto, comenzando por una breve descripción general para luego explicar detalladamente el desarrollo hardware y software.

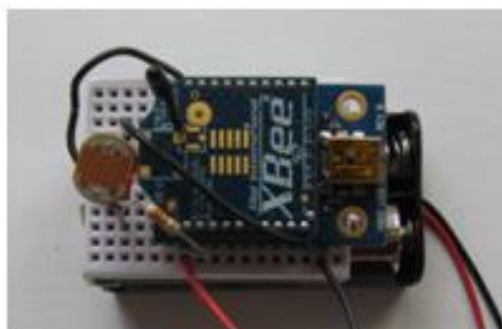
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Tras el estudio inicial realizado nos decidimos finalmente a la ejecución del prototipo con la siguiente estructura y componentes.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	63 de 86
Informe del proyecto		



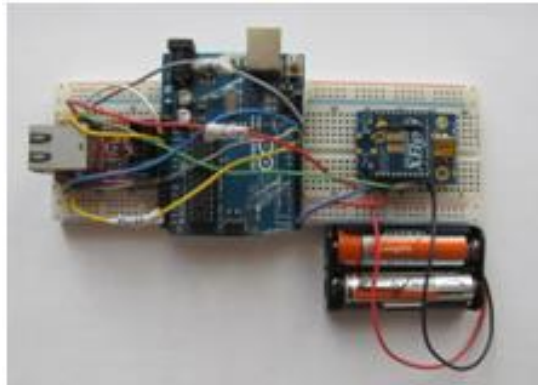
4.1.1 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



Para el sistema de adquisición de datos utilizaremos como pieza clave el módulo XBee que gracias a sus entradas y salidas digitales y analógicas nos permite captar y enviar por radiofrecuencia el valor del sensor con relativa facilidad. Este sistema está alimentado por dos baterías de 1,5 v en serie para poder situarlo en cualquier parte del edificio y así monitorizar las variables de su entorno con mayor precisión.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	64 de 86
Informe del proyecto		

4.1.2 UNIDAD CENTRAL DE CONTROL



La unidad central de control está formada por:

- Un módulo XBee encargado de recibir los datos de los sensores y enviarlos por el puerto serie al Arduino.
- Un microcontrolador Arduino que procesa los datos recibidos del XBee y se los envía al módulo Ethernet vía SPI
- Un módulo Ethernet que controlado por el Arduino se encarga de establecer la conexión con el servidor de la base de datos y enviarle las tramas de datos.

4.1.3 SERVIDOR

Almacena los datos de cada usuario en la base de datos y se los proporciona a la aplicación Android. El servidor del prototipo está alojado en Amazon Web Services dónde se ha instalado un servidor LAMP encargado de gestionar la información recibida.

Para la comunicación server-app se ha implementado una API RESTful de la que se generará toda la documentación para que un usuario interesado pueda hacer uso de la misma, desarrollando y haciendo pública su propia aplicación, con el consecuente aumento en el valor de nuestro producto.

4.1.3.1 Comunicación servidor central – dispositivo local

La base de datos, tendrá que comunicarse con un arduino. Para que esto sea posible es necesario incorporar a la base de Arduino One una [Ethernet shield](#), la cual dota a Arduino One la capacidad de conectarse a internet. Para ello usa la librería [Ethernet](#) para escribir programas que se conecten a internet usando la shield.

También aporta la capacidad de conectarse a otra LAN, con lo que pensando en el escenario en el que el cliente quiera tener su base de datos en local, nos permitiría comunicarnos con un servidor

I. Arduino

Una vez ensamblada la Ethernet shield será necesario configurar el arduino para que los datos recibidos los envíe por los puertos correctos. Un ejemplo base de ese código es:

```
//
// Sketch mide la temperatura con un sensor
```


LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	65 de 86
Informe del proyecto		

```
// y la envía a un servidor remoto
//

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0D, 0x4E, 0xD7 }; // MAC de la tarjeta ethernet shield
byte ip[] = { 192,168,1,100 }; // Direccion ip local
byte server[] = { 192,168,1,200 }; // Direccion ip del servidor

Client client(server, 80);
float value;

// Definicion de pines

const int inPin = 0; // sensor conectado a la entrada analogica 0

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Ethernet.begin(mac, ip); // inicializa ethernet shield
  delay(1000); // espera 1 segundo despues de inicializar
}

void loop()
{
  int value = analogRead(inPin);
  float celsius = (value * 500L) / 1024.0; // 10 mV por grado celsius
  Serial.print(celsius); // Escribe en el puerto serial para monitorear
  Serial.print(" grados Celsius");

  Serial.println("Conectando..");

  if (client.connect()>0) { // Se conecta al servidor
    client.print("GET /arduino.php?id=temperatura1&n=t&v="); // Envia los datos utilizando GET
    client.print(celsius);
    client.println(" HTTP/1.0");
    client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
    client.println();
    Serial.println("Conexion exitosa");
  }
  else
  {
    Serial.println("Falla en la conexion");
  }
  if (client.connected()) {}
  else {
    Serial.println("Desconectado");
  }
  client.stop();
}
```

La llamada al servidor web se realiza usando GET llamando a un script php, y pasando en la URL los valores de las variables:

"client.print("GET /script.php?id=sensor1&n=t&v="); // Envia los datos utilizando GET"

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	66 de 86
Informe del proyecto		

id: identificador del arduino: sensor1

n: nombre de la variable

v: valor de la variable

II. Servidor

En el servidor se ubicará el script de php que llama el arduino. Un ejemplo base es:

```
<?

//
// Script para recolectar datos enviados por arduinos conectados a la red
//

// Parametros de base de datos
$mysql_servidor = "localhost"; // IP del servidor
$mysql_base = "cliente1";
$mysql_usuario = "ID_Cliente";
$mysql_clave = "pass";

$id = htmlspecialchars($_GET["id"], ENT_QUOTES);
$nombre = htmlspecialchars($_GET["n"], ENT_QUOTES);
$valor = htmlspecialchars($_GET["v"], ENT_QUOTES);

// Valida que esten presente todos los parametros
if (($id!="") and ($nombre!="") and ($valor!="")) {
    mysql_connect($mysql_servidor,$mysql_usuario,$mysql_clave) or die("Imposible conectarse al
servidor.");
    mysql_select_db($mysql_base) or die("Imposible abrir Base de datos");
    $sql = "insert into variable (fecha, id, nombre, valor) values (NOW(), '$id', '$nombre', '$valor')";
    mysql_query($sql);
}
?>
```

Este sería el ejemplo más sencillo entre la comunicación de un cliente con el servidor central para meter datos en una tabla simple.

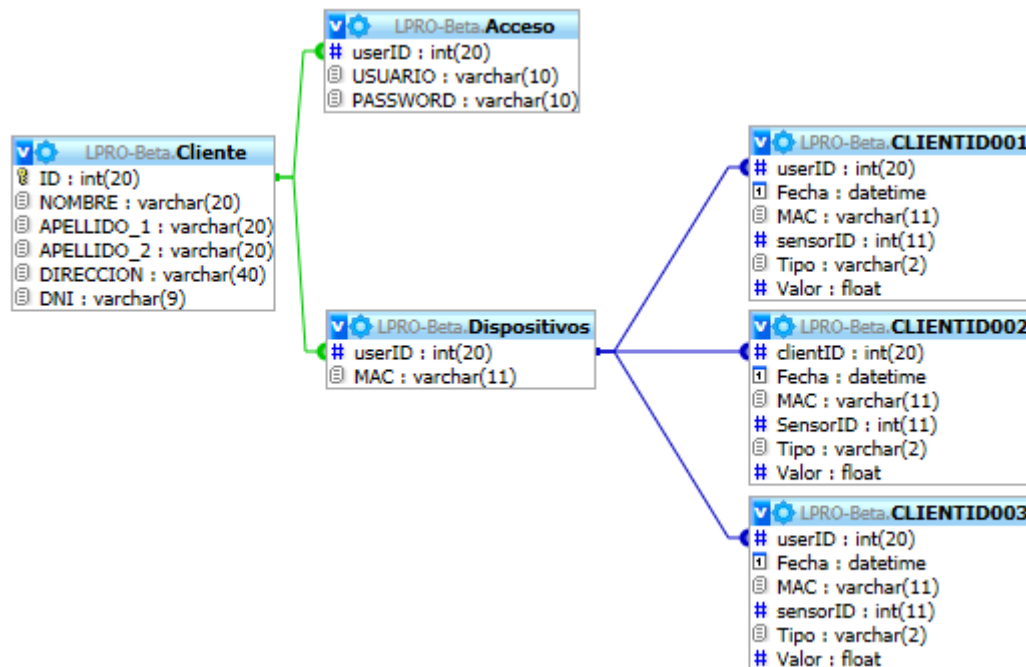
Estos scripts los podemos utilizar para múltiples propósitos. Entre otras cosas:

- Autenticar al cliente y darle acceso a su base de datos.
- Detectar de qué tipo de medida se trata y almacenarla en la tabla correcta.
- Petición de configuraciones.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	67 de 86
Informe del proyecto		

4.1.3.2 BBDD

Una propuesta de BBDD es la siguiente:



Habrá una tabla Cliente que será la que recoja toda la información del cliente. A cada cliente se le dará un ID que será el identificador dentro del sistema de ese cliente que puede ser usuario de varios sistemas.

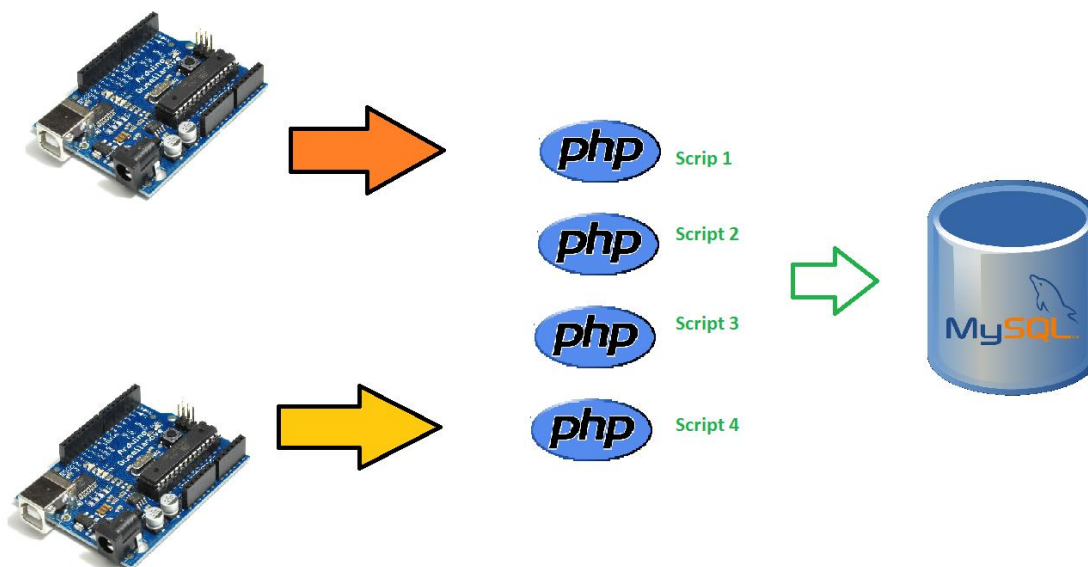
Cada sistema se identifica por su MAC, que como se explica en el siguiente apartado puede ser la clave para autenticar los diferentes dispositivos de cliente con el sistema central.

A cada cliente se le asigna un user y password recogidos en la tabla Acceso para acceder a sus BBDD y guardar los datos.

Con eso cada cliente tendrá su tabla en la que podrá filtrarse los datos de los diferentes sistemas que tenga, si es que tiene más de uno. Por medio del campo MAC. Los datos de un sensor específico (temperatura, humedad, etc...) por medio del campo Tipo o para un determinado sensor (habitación, baño) por medio del campo sensorID.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	68 de 86
Informe del proyecto		

4.1.3.3 Líneas futuras



Evolucionando el proyecto entregado para obtener un acercamiento más comercial sería interesante implementar ciertos mecanismos:

I. Detección y autenticación de nuevos clientes automáticamente

Podemos o bien mandar preconfigurados los dispositivos con un usuario para que se conecte a la BBDD, el problema es que con esas credenciales cualquier dispositivo podría acceder a la BBDD del cliente.

Otra solución es que al vender un dispositivo, la MAC de este cliente se puede dar de alta en la ficha de cliente, cuando nos lleguen datos desde esa MAC se comprueba si está dada de alta y se le permite el acceso a sus tablas.

Con esto evitaríamos tener que enviar configuraciones personalizadas en los arduinos.

II. Front end de registro y configuración

Podemos poner a disposición vía web o a través de la app una opción de registro, con lo cual sea el propio cliente quien se de alta en el servicio y metas sus datos personales y de alta la MAC de su dispositivo. Cambie sus credenciales de acceso, etc.

Asimismo, puesto que queremos que el sistema sea escalable y modular, si un cliente cambia el sensor de sitio, podría desde este front end poder configurar la etiqueta del sensor indicando su ubicación u otra descripción. Con esto los sensores estarían perfectamente catalogados y personalizados.

Para nuevos registros, así como para borrado de clientes, scripts de automatización de esas tareas son necesarios ayudar en el mantenimiento de la BBDD

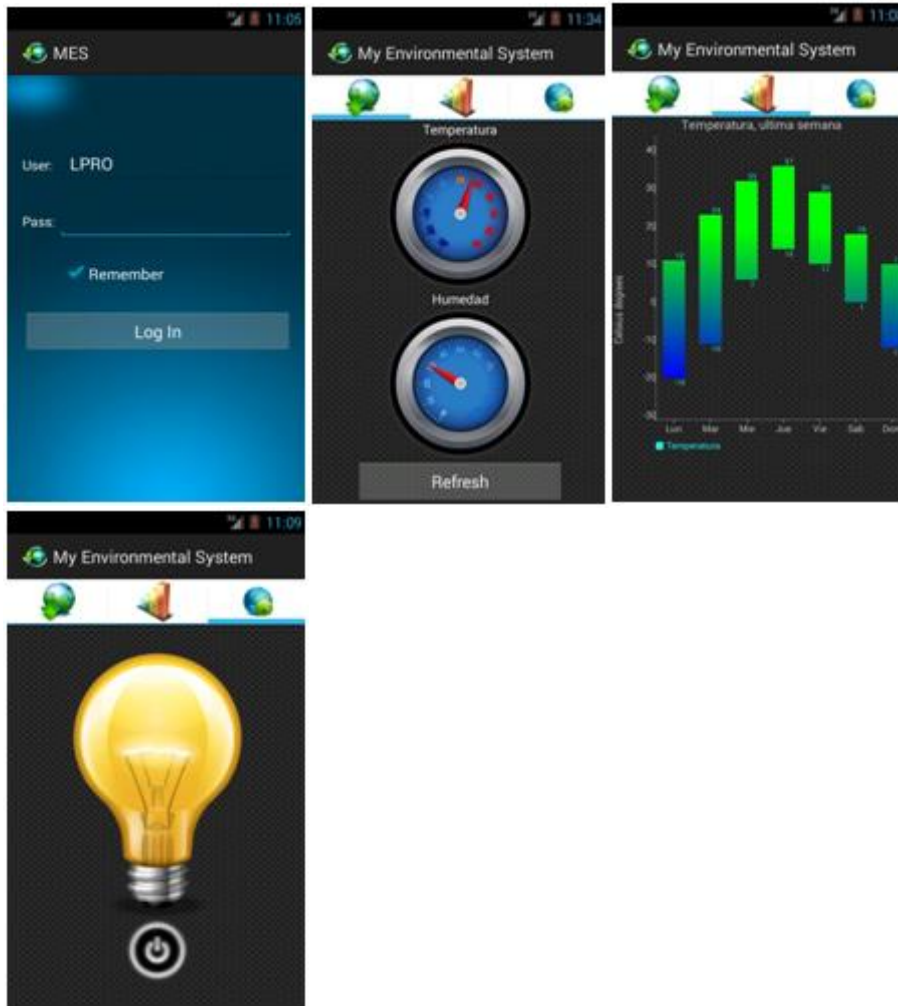
III. Sistema de backup

Implementar un sistema de backup de la información es necesario para ello podríamos usar los propios servicios de AWS como puede ser [Amazon Glacier](#)

Informe del proyecto	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	69 de 86

4.1.4 APLICACIÓN ANDROID

Muestra a los usuarios los datos de las variables monitorizadas. El prototipo cuenta con un sensor de luz. La aplicación de muestra incluye la autenticación del usuario, la visualización de los últimos datos monitorizados, gráficos con los datos medidos la última semana e incluye la posibilidad de implementar un actuador que levante o no las persianas en función de la luz de la vivienda.

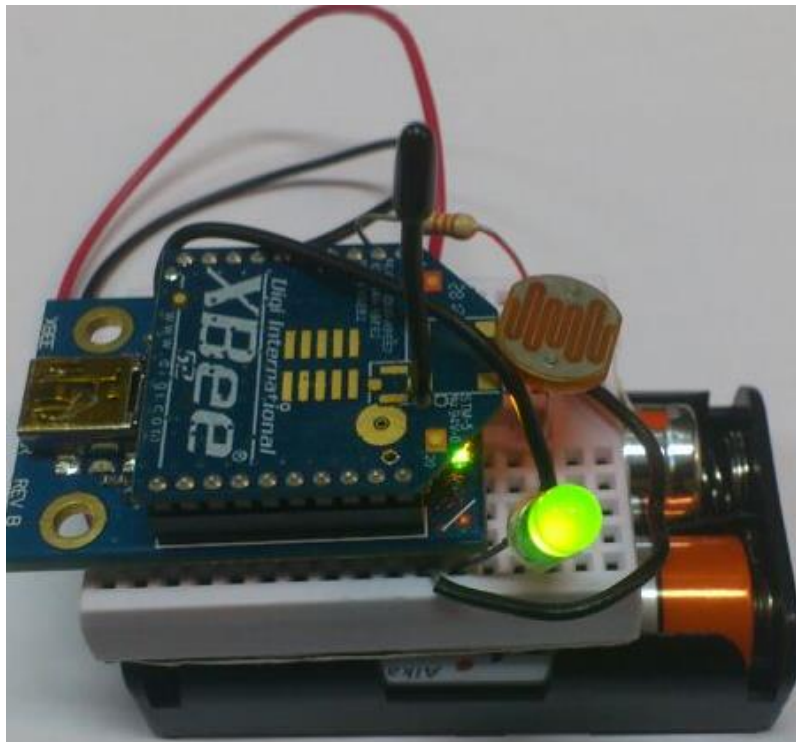


4.2 DESARROLLO HARDWARE

En esta sección explicaremos detalladamente como adquirimos el dato del sensor lo procesamos y lo enviamos hasta el servidor de la base de datos.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	70 de 86
Informe del proyecto		

4.2.1 ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES



El componente principal de la adquisición de datos será un módulo Xbee el cual dispone de hasta 11 entradas o salidas digitales teniendo 4 de ellas un Convertidor analógico digital de 10 bits capaz de convertir valores de tensión de hasta 1,2v en un valor digital de 10 bits.

Para poseer un proyecto modular que permita al cliente el cambiar los sensores sin tener que realizar modificaciones en el microprocesador que actúa de centralita y/o en la base de datos, deberemos ser estrictos en la colocación del sensor, y tener muy informado al cliente de porque es en esa posición y no en otra. Para ello decidiremos que el sensor de luz estará conectado al AD0, el de temperatura al AD1, el de humedad al AD2, y los sensores de otro tipo al AD3.

Para este prototipo debido a la falta de tiempo sólo pudimos probar el sensor de luz. El sensor de luz es un sensor analógico de tipo LDR (Light Dependent Resistor) que como su nombre indica es un sensor que varía el valor de su resistencia eléctrica según la luz que recibe.

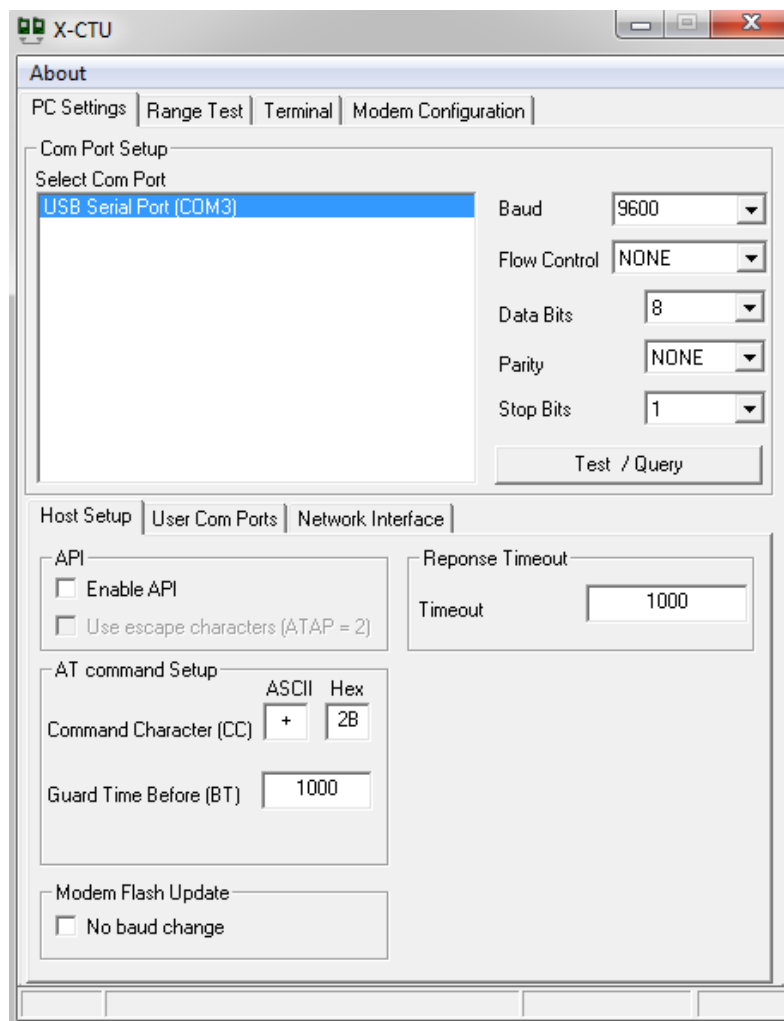
Por ello alimentaremos el sensor con una batería de 3v y acondicionaremos la señal de salida del sensor con un divisor resistivo para que permanezca dentro de los márgenes de funcionamiento del CAD del XBee.

Configuración de los Xbee

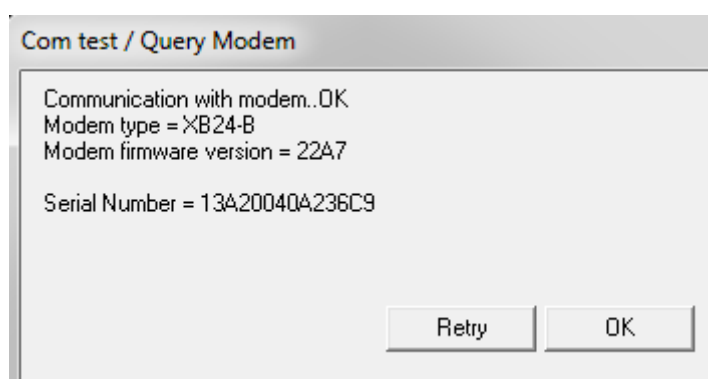
Para configurar los Xbee deberemos disponer de un adaptador usb para el módulo Xbee como puede ser este () y haber instalado el XCTU (<http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/xctu>), que es la aplicación para de una forma muy sencilla programar estos pequeños módulos.

Informe del proyecto	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	71 de 86

Una vez instalado el XCTU, conectamos el módulo Xbee con su adaptador USB y este último al ordenador. En el ordenador iniciaremos la aplicación y la veremos según la siguiente imagen:

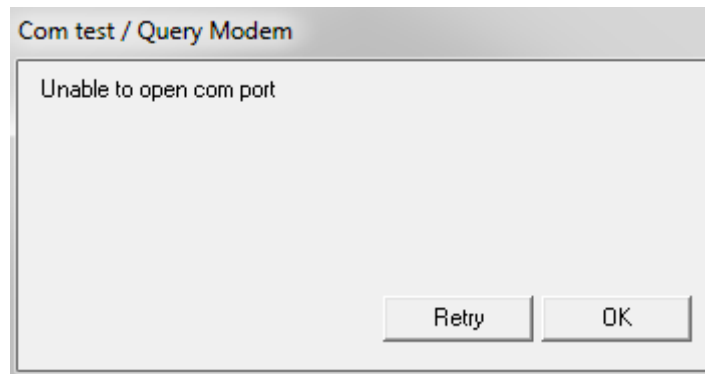


En esta pantalla, seleccionaremos el puerto serie al que está conectado el Xbee comprobaremos que tenemos la configuración de la transferencia serie correcta y pulsaremos el botón Test/Query y si todo está correcto se nos abrirá una segunda pestaña diciendo esto.



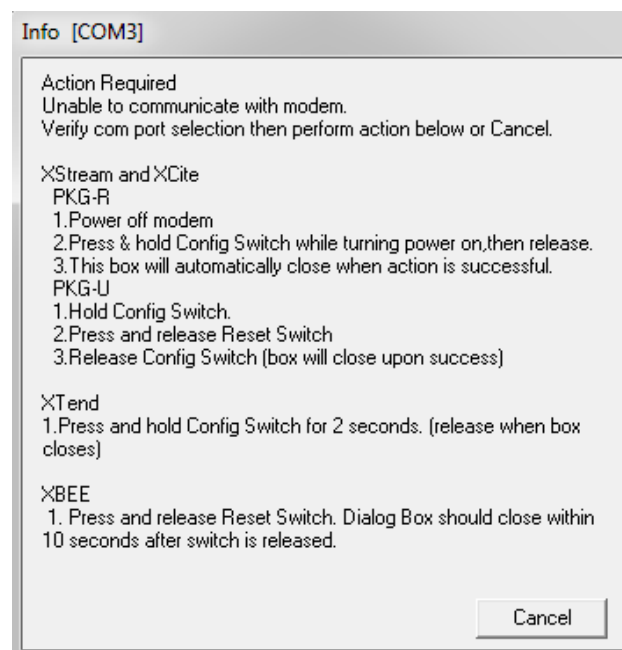
LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	72 de 86
Informe del proyecto		

En caso de que falle, saldrá esta otra:



Que indica que falla la conexión física con el módulo Xbee, y por tanto tendremos que revisarla.

O esta otra:



Que para solucionarlo, verificaremos que a la entrada serie del módulo Xbee, esté libre, que la configuración del bus serie del ordenador no coincide con la del módulo Xbee por lo tanto tendremos que revisarla. De seguir dando error, podríamos resetear manualmente el módulo Xbee.

Cuando la acción es positiva, observaremos el modelo del módulo y haremos click en la ventana de 'modem configuration'. Pulsando el botón 'Read', leemos la última configuración del módulo y podremos modificarlo a nuestro gusto.

Hay tres tipos principales de módulos Xbee:

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	73 de 86
Informe del proyecto		

Coordinador: Hay uno para cada red Zigbee, los otros módulos con dirección destino 0, enviarán sus tramas únicamente al coordinador de la red. A su vez si nos interesa hacer una red de comunicación punto a multipunto, (como es el caso) configuraremos el coordinador con la dirección destino H'0FFFF que es la dirección broadcast.

Router: Es un módulo que tanto puede transmitir sus tramas al coordinador como actuar de repetidor enviando las tramas de los demás módulos.

End Device: Como su nombre indica es el dispositivo final, encargado de enviar sus propias tramas al coordinador de la red, o a sus respectivos routers para que actúen de repetidor.

Nota: Para que todos los módulos pertenezcan a la misma red y puedan comunicarse entre sí deberán tener el mismo PAN_ID.

Cada tipo de módulo tiene dos modos de funcionamiento:

Modo AT o transparente. En este modo los módulos tienen un comportamiento muy sencillo y transparente al usuario, todo lo que recibe vía serie un módulo lo envía a su módulo destino y este recibirá simplemente el dato, sin saber de dónde viene, ni a que hace referencia.

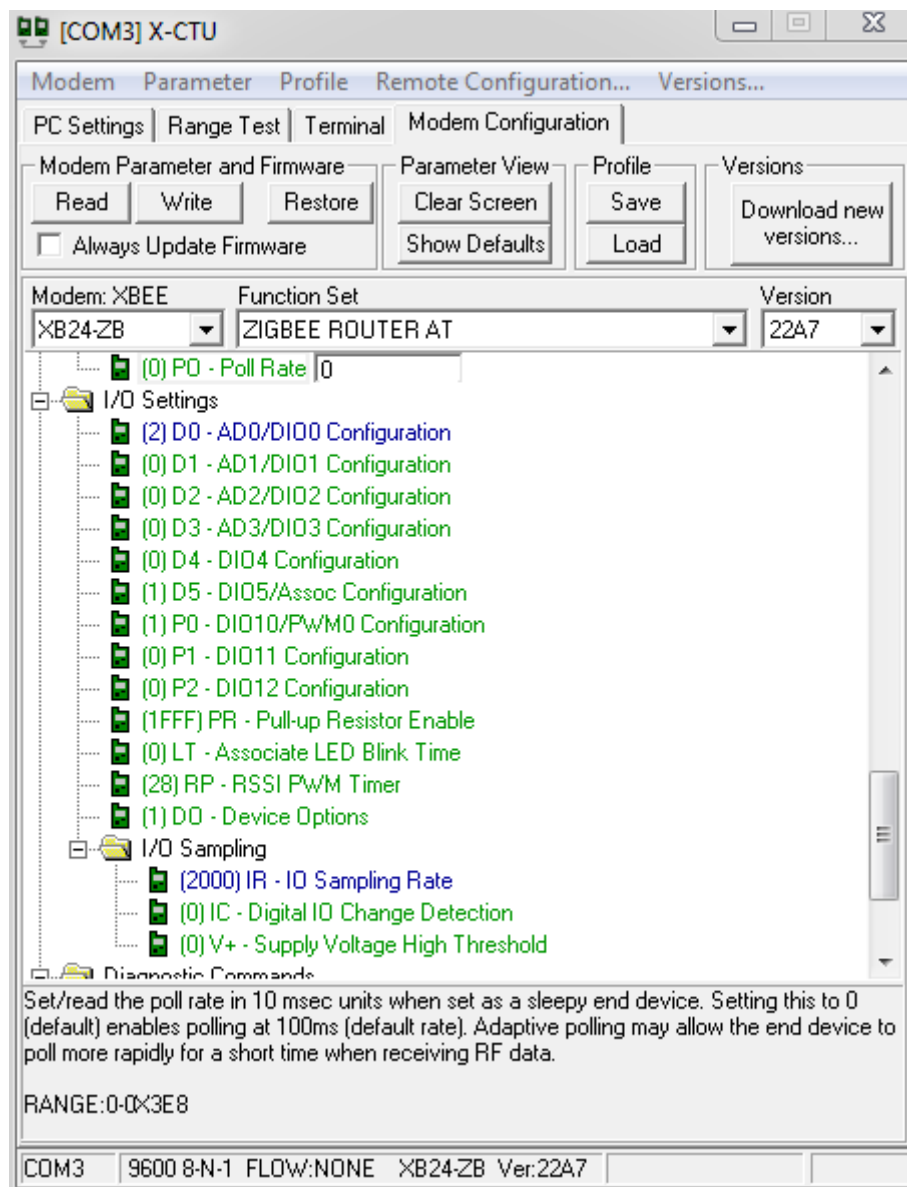
Modo API. Es un modo más complicado para la transmisión de paquetes, pero permite que al recibir un paquete, el módulo conozca de donde viene y a que hace referencia. Será el modo de funcionamiento de nuestro coordinador.

En nuestra red, usaremos un coordinador API que estará conectado por cable serie a la centralita, y el resto serán routers AT que podrán enviar la información de sus sensores a la vez que actúan de puente entre el coordinador y los routers lejanos.

Nuestros routers, como hemos dicho ya los configuraremos por defecto, pero de forma que tengan un PAN_ID único (Todos el mismo, pero distinto al que puedan tener otras redes Zigbee cercanas) También deberemos configurarle las entradas analógicas de los sensores eligiendo los pines que usaremos y el modo 2 para conectar la entrada al CAD.

En la siguiente figura observamos, la configuración de las entradas y salidas de nuestro Xbee y como únicamente el pin1 está en modo ADC. También podemos modificar el Sampling Rate de todas nuestras entradas a él tiempo en milisegundos que deseemos.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	74 de 86
Informe del proyecto		



Sleep Mode

Para ahorrar energía y aprovecharse del bajo consumo de los módulos Xbee deberemos configurar su Sleep mode para que el dispositivo permanezca dormido siempre que no sea necesario.

SM El parámetro SM (Sleep Mode) permite elegir si queremos mantenerlo desactivado, en modo hibernación (1), por ciclos de sueño (4), o por ciclos de sueño con pin awake (5).

En modo hibernación, el módulo hibernará cuando haya concluido todas sus tareas y el pin 9 esté a nivel alto, cuando el pin 9 vuelva a nivel bajo el módulo despertará.

En el modo 4, el módulo despertará después de cada ciclo de sueño, revisará si tiene paquetes pendientes de recibir y si no los tiene se volverá a dormir.

SN Indica el número de ciclos de sueño.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	75 de 86
Informe del proyecto		

SP Indica la duración del ciclo de sueño.

SO Indica otras opciones de sueño.

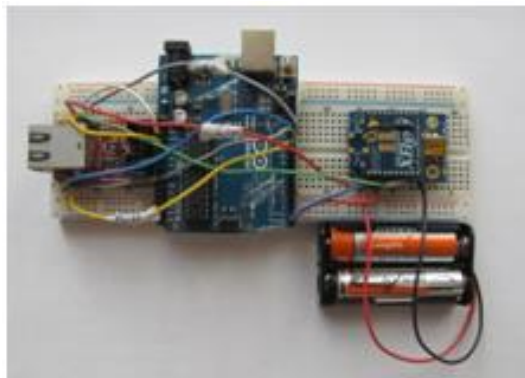
Si SO=02, el módulo estará en ciclo de sueño corto y se despertará cada 'SP*SN' ms.

Si SO=04, el módulo estará en ciclo de sueño extendido y se despertará cada SN*SP*10 ms

ST Indica el tiempo en reposo antes de comenzar un ciclo de sueño.

4.2.2 CONFIGURACIÓN DE LA CENTRALITA

Como centralita en el prototipo usamos Arduino por sencillez a la hora de programar y porque es un entorno conocido para los programadores del grupo.



El arduino recibirá por la interfaz serie, toda la información de los sensores inalámbricos, la **ordena/prepara/acondiciona** y la envía vía SPI, al módulo Ethernet que enviará las tramas al servidor de la Base de Datos.

El microcontrolador Arduino recibirá por el bus serie las tramas de información de los distintos sistemas de sensado y la desfragmentará recogiendo solo la información que nos interesa.

La trama tiene esta composición:

Byte de Start H'7E.

2 Bytes que indican la longitud de la trama desde este punto hasta el final.

Un byte para indicar el tipo de trama.

10 bytes de dirección.

1 Byte que indica el modo de recepción (punto a punto =0x01 o punto a multipunto =0x02

1Byte para indicar el número de muestras que se envía en la trama.

2 Bytes que indican la máscara digital, es decir las entradas digitales que han sido muestreadas.

LPRO	IDENTIFICADOR	<i>Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente</i>
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	76 de 86
Informe del proyecto		

1 Byte que indica la máscara analógica

2 Bytes que indican las muestras de las entradas digitales habilitadas (Las entradas deshabilitadas siempre serán 0).

2 pares de Bytes por cada entrada analógica activada comenzando por AD0 y terminando en la AD3.

1 Byte de checksum (Empezando por el 3º Byte hasta este byte la suma debe dar 0xFF).

Una vez recogida la información que nos interesa (Dirección del Xbee, pin del sensor (del cual obtendremos el tipo del sensor) y valor del sensor).

Finalmente, mediante un GET invocamos un script php situado en el servidor Apache que almacenará los tres valores en la base de datos.

4.3 DESARROLLO SOFTWARE

4.3.1 COMUNICACIÓN SERVIDOR CENTRAL - APP

La comunicación entre el servidor y la aplicación se realiza a través de una API RESTful cuyo desarrollo se explica entre el punto 4.3.3 “Desarrollo del servicio REST” y el punto 4.3.4 “Desarrollo de la Aplicación Android”.

4.3.2 DESARROLLO DEL SERVICIO REST

Nuestro sistema ha de ser capaz de atender a múltiples usuarios con características y valores muy distintos. Para ello cada usuario dispondrá de un nombre y una contraseña que los identificará unívocamente en nuestro sistema. Pero debido a consideraciones de seguridad, no nos parece una buena solución que para realizar las consultas se tengan que reenviar datos que pueden ser sensibles para el usuario.

Nuestra solución, acorde a los servicios actuales con la misma necesidad de autentificar las peticiones, consiste en lo siguiente:

1º El usuario enviará sus datos junto con su contraseña a través de una conexión segura con ssl.

2º El sistema generará una clave, a la que llamaremos token, y una fecha de validez de la misma.

3º El usuario usará esta clave y solo esta, para realizar todas las peticiones restantes hasta que la misma expire.

4º Cuando el token haya agotado su tiempo de validez, el usuario tendrá que volver enviar su login y contraseña.

Un usuario solo podrá disponer de un token válido. Esta medida queda impuesta para evitar un ataque con propósito de sobrecargar nuestra base de datos.

Este procedimiento es muy similar al que realizan grandes empresas como google con sus APIs.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	77 de 86
Informe del proyecto		

Requisitos funcionales

Nuestro servicio debe ser capaz de atender las siguientes peticiones entrantes y dar respuesta a las mismas.

Autenticación del cliente.

El login se hará mediante una llamada POST a la URN "/login", enviando el usuario y la contraseña.

Acto seguido se comprobará la autenticidad del usuario en la base de datos y de ser correcta se genera el token único que será enviado como respuesta al usuario así como la fecha de expiración del mismo. Estos valores también serán almacenados en la base de datos como información propia del cliente.

De ser erróneo se avisará al usuario de la incidencia mediante un error.

Esta es la única petición en la que se requerirá el usuario y su contraseña.

Obtención de los últimos valores.

Esta petición se realizará como una llamada POST a la URN "/mydata", enviando únicamente el token del usuario.

En el servidor se comprobará la validez del token se devolverán todos los sensores que tenga registrados juntos con los últimos valores obtenidos de los mismos así como una breve descripción de los mismos.

De ser erróneo se avisará al usuario de la incidencia mediante un error.

Obtención de valores concretos.

Esta petición resultara útil a la hora de obtener algún dato pasado concreto y se realizará como una llamada POST a la URN "/valueof", enviando el token del usuario, el sensor del que obtener el valor y la fecha requerida.

De ser todo correcto y disponer del valor se enviará el valor más próximo a la fecha solicitada.

De ser erróneo se avisará al usuario de la incidencia mediante un error.

Obtención de los valores de las últimas x horas.

Con propósito de realizar alguna representación gráfica de los valores en los sensores de algún tipo. Se realizará como una llamada POST a la URN "/valueprogression", enviando el token del usuario, el tipo de sensores y la franja de tiempo deseada especificando cuantas horas hacia el pasado ha de remontarse.

Se enviarán todos los valores de todos los sensores del mismo tipo de los que disponga el usuario.

Obtención de los valores máximos y mínimos de la última semana.

Se realizará como una llamada POST a la URN "/lastweek", enviando el token del usuario, el sensor concreto. El servidor responderá con los valores máximos y mínimos del sensor requerido y de los últimos siete días.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	78 de 86
Informe del proyecto		

Actuador.

Quedaría como requisito futuro la capacidad para enviar órdenes hacia el servidor.

Se harían como una llamada PUT, con urn/s aún por definir, así como valores y respuestas.

En prototipo

Solo se han considerado los siguientes requisitos y con algunas limitaciones:

- El servicio de login
- La obtención de los últimos valores pero devolviendo solo el sensor y su último valor.
- Obtención de los valores de los últimos siete días pero sin escoger el sensor.

Diseño

Vamos a ejecutar nuestro servicio REST en tomcat-7 que configuraremos para poder hacer llamadas con ssl como nos recomiendan en la propia [documentación de apache-Tomcat](#).

A la hora de programar el servicio usaremos Java y librería open source [Jersey](#), especialmente diseñada para desarrollar servicios RESTful en java, que nos facilita mucho el trabajo y genera un código limpio y sencillo de comprender, mejorando de esta forma la capacidad de actualización del servicio.

Para el envío de datos tendremos que fijar una estructura, esa será [JSON](#) que como ya hemos comentando en el marco teórico, es perfecta para aplicaciones ligeras. Además Jersey nos da soporte para esta estructura aunque sí necesitaremos obtener la librería de [JSON para java](#).

De esta forma tendremos una clase para cada llamada a nuestro servicio cuya forma será similar a la siguiente manera:

```
@Path("/mydata") //URN a la que habrá que hacer llamada
public class MyData {

    @POST //Tipo de request
    @Produces(MediaType.APPLICATION_JSON) //Generará una respuesta de tipo JSON
    @Consumes(MediaType.APPLICATION_JSON) //Obtendrá una petición con datos de tipo
JSON
    public String Login(String request) throws JSONException {

        //Obtenemos los datos de la llamada
        JSONObject jsonRequest = new JSONObject(request);
        token = jsonRequest.get("token")
        //procedimientos...
        //...

        //RESPONSE
        JSONObject = new JSONObject();
        //Build JSON
    }
}
```

LPRO	IDENTIFICADOR	<i>Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente</i>
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	79 de 86
Informe del proyecto		

```

        jsonObject.put("temp", 26);
        jsonObject.put("hum", 30);

    return jsonObject.toString();
}
}

```

Otro punto importante en el servidor es la generación de tokens únicos y seguros que se mandarán al usuario para que realice sus consultas.

Para estos tokens usaremos las librerías criptográficas de java más concretamente instanciamos un SecurityRandom de la siguiente manera

```
java.security.SecureRandom random = new java.security.SecureRandom();
```

Y que instanciamos una y solo una vez en otro el servicio. Ahora para obtener el token haríamos:

```
new BigInteger(128, TokenGenerator.random).toString(32);
```

4.3.3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN ANDROID

Requisitos funcionales

Interfaz amigable.

Es imperativo que el uso de la aplicación sea intuitivo dado el enfoque no necesariamente técnico de nuestro perfil de mercado. Todas las opciones y datos han de mostrarse accesibles y fácilmente reconocibles

Autenticación del cliente.

Dar soporte a que cualquier usuario pueda acceder a sus datos desde cualquier dispositivo que tenga instalada la aplicación.

Para ello dispondrá de una pantalla o layout de login y permitir en cualquier punto la desconexión del usuario.

Mostrar los últimos valores.

Ser capaz de obtener los últimos valores de todos los sensores y mostrarlos al usuario.

Permitir en la configuración la selección de los valores que se quieren obtener y de esta forma presentar al usuario únicamente aquellos sensores en los que esté interesado.

Representaciones gráficas.

Ofrecer al usuario una serie de opciones para la visualización de sus datos.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	80 de 86
Informe del proyecto		

-Mostrar una gráfica con los máximos y mínimos de sus últimos siete días.

-Representar los valores tomados desde el tiempo que solicite el usuario.

Guardado de login.

Se presenta la opción de guardar los valores de usuario y la contraseña de forma segura, de forma que no se requiere que el cliente, de haber marcado la opción, vuelva a introducir sus datos a no ser que se indique expresamente a través de la opción de logout.

Seguridad.

Dentro de lo posible, la aplicación ha de ofrecer una cierta seguridad a la hora de guardar los datos, en especial los datos del usuario como son el nombre y contraseña.

Desarrollo

El desarrollo se divide en dos partes clave: La obtención de los datos y la muestra de los mismos.

Para la obtención de los datos habrá que hacer uso de la API RESTful que hemos implementado anteriormente en el servidor.

Para ello emplearemos la librería [Volley](#) creada por google para hacer las conexiones más fácilmente y que estas a su vez sean más rápidas.

Su uso es el siguiente:

```
//Instanciamos una cola, en la que iremos metiendo nuestras consultas
//Volley se encargara de ejecutarlas oportunamente
RequestQueue queue = Volley.newRequestQueue(this);

//Creamos nuestra consulta

JsonObjectRequest jsonObjRequest = new JsonObjectRequest(Request.Method.POST,
General.URLSERVER+"/login", object, new Response.Listener<JSONObject>() {

    @Override //Y esperamos
    public void onResponse(JSONObject response) {
        //CODIGO A LA RESPUESTA

    }, new Response.ErrorListener() {
        @Override
        public void onErrorResponse(VolleyError error) {
            //EMITIR EL ERROR Y SI ES OPORTUNO AVISAR AL USUARIO

        }
    }); //Al ser un "Listener" se ejecutará cuando llegue la respuesta y mientras tanto seguirá con el resto
de la ejecución.
```

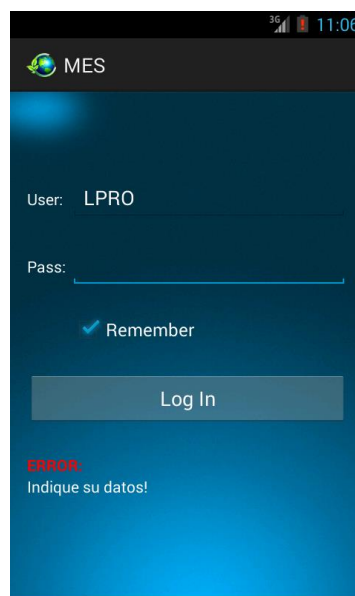
LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	81 de 86
Informe del proyecto		

```
//Añadimos la consulta. (con su consecuente ejecución)
queue.add(jsObjRequest);
```

Lo único que hará falta para obtener los distintos datos será cambiar los parámetros del JsonObjectRequest.

Para el visionado de datos, se estructura de la siguiente manera:

La aplicación dispondrá de un Activity principal junto con su layout, en el cual se realice el logueo por parte del usuario



Si el usuario decide guardar sus datos esto se realizará mediante la clase SharedPreferences que como se especifica en la documentación de Android, es la manera para guardar información privada en forma clave-valor y que realizamos de la siguiente forma:

```
SharedPreferences settings = getSharedPreferences(General.PREFS_NAME, 0);
...

//Check if remember

if(settings.getBoolean(General.Remember, false)){
    userET.setText(settings.getString(General.User, ""),TextView.BufferType.EDITABLE);
    passET.setText(settings.getString(General.Pass, ""),TextView.BufferType.EDITABLE);
    ...
}
```

LPRO	IDENTIFICADOR	<i>Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente</i>
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	82 de 86
Informe del proyecto		

Una vez realizado la consulta y obtenido el token y si todo es correcto se muestra un conjunto de tres pestañas. Para ello se ha de crear un intent que de paso al “hostertab”:

```
intent = new Intent(this, HosterTab.class);
intent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NO_ANIMATION);

startActivity(intent);
```

Para el visionado de esas tres pestañas tendremos que crear un FragmentActivity que realizará la tarea de “hostear” tres Fragment que corresponden a cada pestaña y todos ellos con su layout correspondiente.

El FragmentActivity, es como decíamos el que se encarga de inicializar cada pestaña, dándole el nombre que se mostrará por pantalla así como el icono:

```
mTabHost = (TabHost)findViewById(android.R.id.tabhost);
mTabHost.setup();
TabInfo = null;

Resources ressource = getResources();

HosterTab.addTab(this, this.mTabHost, this.mTabHost.newTabSpec("Tab1").setIndicator("",
ressource.getDrawable(R.drawable.download) ), ( tabInfo = new TabInfo("Tab1", TabDownload.class,
args)));
this.mapTabInfo.put(tabInfo.tag, tabInfo);

HosterTab.addTab(this, this.mTabHost, this.mTabHost.newTabSpec("Tab2").setIndicator("",
ressource.getDrawable(R.drawable.charts) ), ( tabInfo = new TabInfo("Tab2", TabChart.class, args)));
this.mapTabInfo.put(tabInfo.tag, tabInfo);
HosterTab.addTab(this, this.mTabHost,
this.mTabHost.newTabSpec("Tab3").setIndicator("",ressource.getDrawable(R.drawable.upload) ), (
tabInfo = new TabInfo("Tab3", TabUpload.class, args)));
this.mapTabInfo.put(tabInfo.tag, tabInfo);

// Default to first tab
// this.onTabChanged("Tab1");

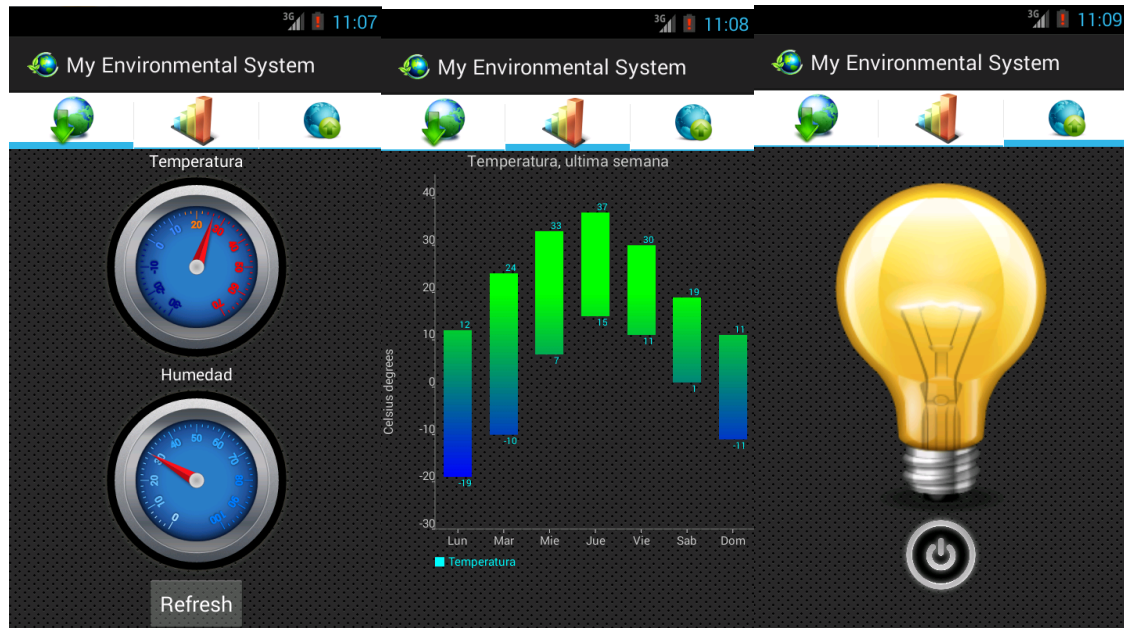
mTabHost.setOnTabChangeListener(this);
```

Así como de darle paso a cada una cuando se le pinche en ella, esto se realiza en el método “public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {” de la clase HosterTab.java que debido a su longitud no se incluye en esta documentación.

Además para facilitar el cambio entre pestañas, también se ha desarrollado una clase “PagerAdapter” que extiende “FragmentPagerAdapter” y mediante la cual, y una serie de configuraciones en el HosterTab damos la posibilidad al usuario de poder cambiar entre tabs arrastrando con el dedo en la pantalla.

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	83 de 86
Informe del proyecto		

Tendremos tres pestañas, una para ver los últimos datos, las gráficas y una para facilitar la implementación de un actuador en un futuro:



En el menú de la aplicación se mostrarán las configuraciones entre las que el usuario podrá escoger para decidir qué tipo de datos ver.

```
<item
  android:id="@+id/menu_logout"
  android:orderInCategory="3"
  android:showAsAction="never"
  android:title="@string/LogOut"/>
<item
  android:id="@+id/menu_temp"
  android:orderInCategory="0"
  android:showAsAction="never"
  android:title="@string/Temp"/>
<item
  android:id="@+id/menu_light"
  android:orderInCategory="2"
  android:showAsAction="never"
  android:title="@string/Luz"/>
<item
  android:id="@+id/menu_hum"
  android:orderInCategory="1"
  android:showAsAction="never"
  android:title="@string/Humedad"/>
```

4.4 CONCLUSIÓN DE LA EJECUCIÓN

Tras la fase de ejecución se ha llegado al prototipo funcional con la arquitectura y funcionalidad descritas anteriormente que cubre las necesidades descritas al inicio de esta memoria.

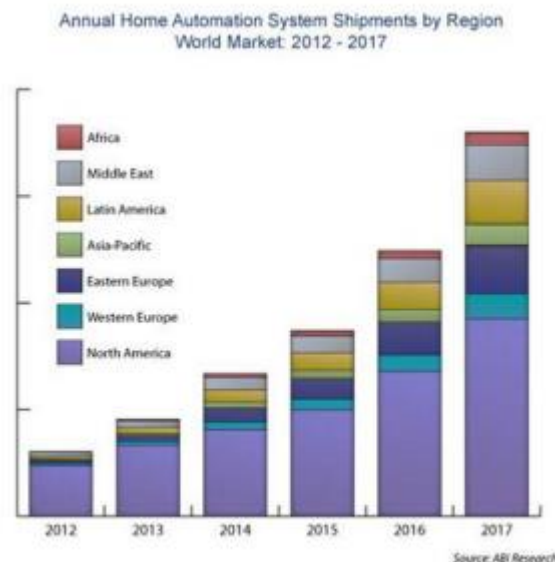
LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	84 de 86

5 CONCLUSIONES

Analizando el estado del sector domótico e inmótico actual, vemos que el bajón en ventas que ha provocado el estallido de la burbuja inmobiliaria de 2008, el sector se recupera lentamente.

En los últimos años las previsiones de crecimiento a nivel global, impulsadas sobre todo desde EEUU indican que es un sector de nuevo en auge.

Las ventas de sistemas de automatización y control para el hogar fueron de unos 1,8 millones de sistemas a nivel mundial para el año 2011[Ref.3]. Sin embargo, según ABI Research en su estudio "Home Automation and Monitoring" (Domótica y Vigilancia) que estudia y analiza el mercado de la domótica y tecnologías de seguridad en el hogar, este número se va a incrementar considerablemente en breve, y llegará a ser de más de 18 millones en 2016. Esto indica que es un sector en el que el retorno de la inversión puede ser elevado vendiendo nuestro desarrollo y actuado como integradores de este sistema.



Los costes de implementación de una centralita y un sistema de sensores inalámbricos, son bajos. El material y la tecnología que pretendemos utilizar en el desarrollo lleva muchos años establecidos de manera sólida, por lo tanto, no será difícil conseguir un producto de unos costes contenidos altamente escalable y modular para satisfacer las necesidades del cliente al que va dirigido el producto.

6 REFERENCIAS

[Ref.1] Certificado de cumplimiento de radiación inalámbrica XBEE - ETSI:

[ftp://ftp1.digi.com/support/Zigbee%20Docs%20May_2011/S2%20\(ZNet%202.5%20&%20ZB\)/Europe/XBee%20PRO%20ZNet%202.5%20&%20ZB/DIGI-004EN3014891-17.pdf](ftp://ftp1.digi.com/support/Zigbee%20Docs%20May_2011/S2%20(ZNet%202.5%20&%20ZB)/Europe/XBee%20PRO%20ZNet%202.5%20&%20ZB/DIGI-004EN3014891-17.pdf)

[Ref.2] Manual Xbee:

http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_G.pdf

[Ref.3] CEDOM. Estudio tendencias de mercado Domótico:

http://www.domoticaviva.com/noticias/nueva/CEDOM_Estudio_Tendencias_Mercado_2011.pdf

[Ref.4] Domotys:

<http://www.domotys.org/>

LPRO	IDENTIFICADOR	Monitorización de variables ambientales en edificio inteligente
	FECHA	29-04-2014
	VERSION	V 1.00
	PÁGINA	85 de 86
Informe del proyecto		

7 APÉNDICE A

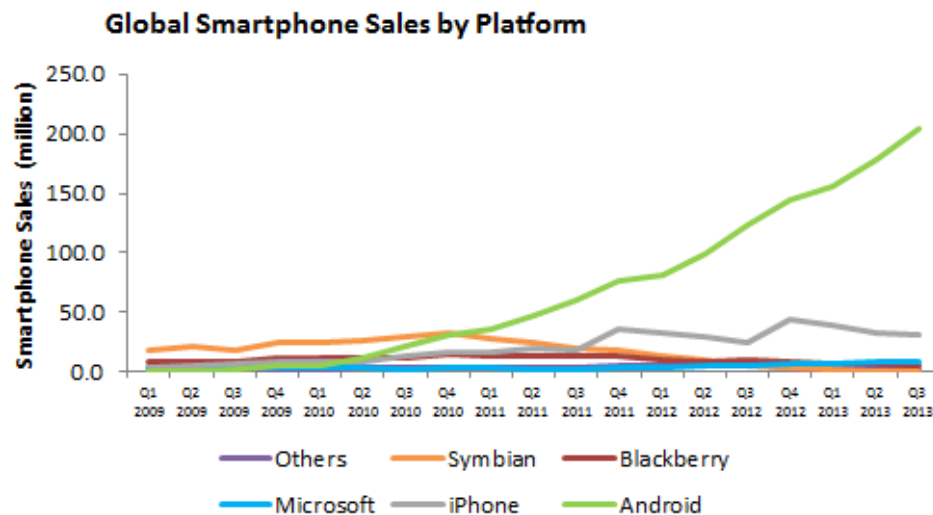
El último estudio realizado por la consultora global ²**Kantar Worldpanel** sobre el reparto del mercado móvil, establece al sistema operativo **Android** como el más popular en todo el mundo. El sistema móvil de Google ya se había consolidado pero todavía ha aumentado más su cuota de mercado alrededor de todo el globo.

Android ha alcanzado un aplastante **83,5%** de cuota global, que comparado a su **61,6%** del mismo periodo en el año pasado remarca su tendencia a acaparar todo el mercado. La cuota de mercado en Estados Unidos ha pasado la barrera del 50%, mientras que **iOS ha caído al 43,9%** en su país natal. Android es la plataforma que ha registrado datos positivos en todas las regiones analizadas en el estudio, destacando sobre todo Latinoamérica, Alemania e Italia.

iOS no ha registrado buenos resultados y su cuota global cae del **23,1% al 12,8%**. Parece que la mayor parte del crecimiento de Android viene directamente del descenso de Apple.

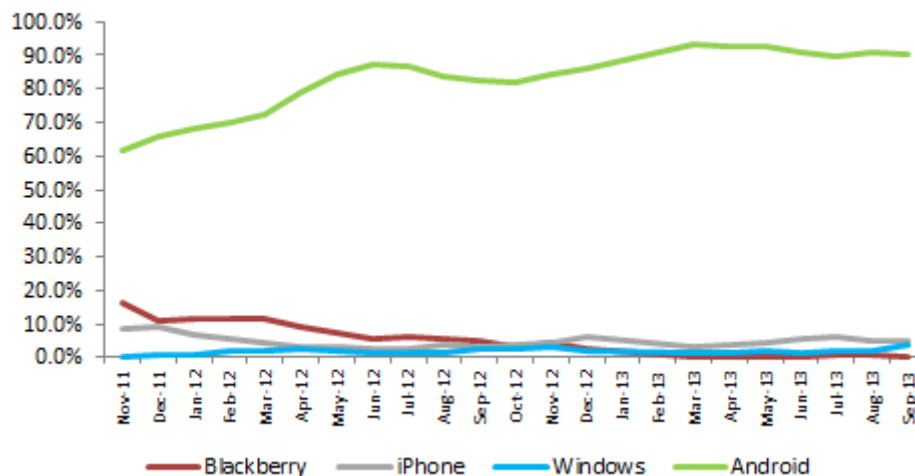
Por otro **Windows Phone** también está registrando un crecimiento constante. Microsoft ha aumentado su presencia a un **10,3% en Europa**, casi el doble del 5,6% que registraban en el cuarto trimestre de 2012.

Blackberry no ha alcanzado cifras satisfactorias. RIM pierde cuota de mercado en la mayoría de países del estudio.



En **España** el sistema operativo para móviles de **Google** ocupa nada menos que un **86,2%** de todo el mercado español. Por su parte **iOS pierde un 0,6%** con respecto al anterior periodo y se queda en el 6,7%. **Windows Phone** es la plataforma que ha registrado un mayor crecimiento hasta llegar al **5,6%** y acercándose peligrosamente a Apple.

Spain Smartphone Market Share



¹Kantar estudio: <http://www.kantarworldpanel.com/Global/News/Android-ends-the-year-on-top-but-Apple-scores-in-key-markets>

²Kantar Worldpanel: <http://www.kantarworldpanel.com/global>

KANTAR WORLD PANEL

The Co

Germany	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	69.0	75.4	6.4
BlackBerry	1.1	0.5	-0.6
iOS	21.7	17.3	-4.4
Windows	3.4	5.9	2.5
Other	4.8	0.9	-3.9
GB	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	54.4	54.9	0.5
BlackBerry	6.4	3.2	-3.2
iOS	32.4	29.9	-2.5
Windows	5.9	11.3	5.4
Other	0.9	0.6	-0.3
France	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	61.0	65.9	4.9
BlackBerry	5.1	1.6	-3.5
iOS	23.7	20.3	-3.4
Windows	5.0	11.4	6.4
Other	5.1	0.8	-4.3
Italy	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	54.2	66.2	12.0
BlackBerry	2.6	1.8	-0.8
iOS	23.1	12.8	-10.3
Windows	12.7	17.1	4.4
Other	7.4	2.1	-5.3
Spain	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	85.9	86.2	0.3
BlackBerry	2.4	0.2	-2.2
iOS	7.3	6.7	-0.6
Windows	1.2	5.6	4.4
Other	3.2	1.3	-1.9
USA	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	46.2	50.6	4.4
BlackBerry	0.9	0.4	-0.5
iOS	49.7	43.9	-5.8
Windows	2.4	4.3	1.9
Other	0.8	0.8	0.0
China	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	73.7	78.6	4.9
BlackBerry	0.0	0.1	0.1
iOS	21.2	19.0	-2.2
Windows	0.9	1.1	0.2
Other	4.2	1.3	-2.9
Australia	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	56.0	57.2	1.2
BlackBerry	1.0	0.8	-0.2
iOS	38.5	35.2	-3.3
Windows	3.0	5.2	2.2
Other	1.5	1.7	0.2
LatAm 3 (BR, BK, AR)	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	61.6	83.5	21.9
BlackBerry	10.3	2.8	-7.5
iOS	4.4	4.3	-0.1
Windows	6.8	4.9	-1.8
Other	17.0	4.5	-12.5
EU5	3 m/e Dec 2012	3 m/e Dec 2013	% pt. Change
Android	62.9	68.6	5.7
BlackBerry	3.7	1.5	-2.2
iOS	23.7	18.5	-5.2
Windows	5.6	10.3	4.6
Other	4.0	1.1	-3.0