

# A HOLISTIC APPROACH TO ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT SYSTEMS

Dr. Ignacio González  
*Universidad de Oviedo*

Jacobo Peralta  
*Instituto Andaluz de Tecnología.*

Adolfo Cortés  
*Ingeniería de Integración Avanzadas (Ingenia), S.A.*

## Resumen

La mejora en la Eficiencia Energética es una de las vías más efectivas en términos económicos para incrementar la seguridad de suministro y reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Además, el encarecimiento de los recursos energéticos ha fomentado el desarrollo de nuevas tecnologías que nos permiten que su uso sea más eficiente. Estas tecnologías, mediante la identificación y control de los consumos de diversos usuarios finales -empresas, residencial, entidades públicas, etc. – nos permiten tener un consumo más eficiente y no por eso disminuir el umbral de confort a la que estamos acostumbrados. De este modo es posible aprovechar mejor la tecnología, para que, desde el ahorro del gasto energético del usuario final, hasta la mejora del medio ambiente en general, obtengamos soluciones integrales que nos permitan a través de la interacción de los individuos con tecnologías innovadoras, no sólo la mejor gestión de su factura eléctrica sino de su concienciación respecto al coste de esta.

El proyecto Smart Home Energy, en adelante SHE, da una solución integral a esta línea de mejora a través del uso de las nuevas tecnologías para proporcionar a los consumidores de energía eléctrica una herramienta que les permita gestionar, controlar y planificar su factura. De modo que el usuario final podrá interactuar con los dispositivos eléctricos presentes en el hogar e integrados en la red, permitiendo la reducción progresiva de su factura eléctrica.

**Palabras clave:** *hogar digital; eficiencia energética; reducción de la factura; cloud; accesibilidad; interoperabilidad*

**Área temática:** *Eficiencia energética en edificación y rehabilitación.*

## 1. Introducción

### La interoperabilidad entre sistemas: Necesidad de un estándar domótico a nivel mundial

El Hogar Digital ofrece a los usuarios un entorno inteligente que aprende y se adapta a las referencias y necesidades de sus ocupantes. En la práctica, sin embargo, existen numerosas restricciones: alto coste de determinados sistemas, problemas de capacidad, ausencia de estandarización, etc. La restricción más importante a solventar es la **ausencia de interoperabilidad** real entre los diferentes sistemas.

Los sistemas domóticos y los robots de servicio permiten una importante modernización en los hogares españoles, así como una **mejora de la eficiencia energética** de los mismos. Estas dos tecnologías, son las que proporcionan los mayores avances tecnológicos dentro de los hogares, edificios públicos o centros de trabajo.

La ausencia de interoperabilidad hace que ambos sistemas funcionen e interactúen de forma independiente. Esto significa que si los hiciéramos trabajar conjuntamente, se produciría una duplicidad en las tareas a ejecutar. El objetivo de la realización de los trabajos de forma conjunta, es minimizar los desarrollos de los trabajos, se optimizarían los recursos y se aportaría Eficiencia Energética.

Por eso, es imprescindible que se comuniquen entre ellos y sean complementarias, es decir, que puedan compartir los servicios que realiza cada una, puedan conocer lo que está ocurriendo a su alrededor y tomar decisiones en función de ello. Se constituye una nueva fase de integración en el Internet of Things.

Técnicamente esto se traduce en la posibilidad de crear un protocolo de comunicación común, a nivel de aplicación, sobre la pila de protocolos TCP/IP, y los correspondientes adaptadores para cada dispositivo. Este protocolo, en forma de estándar, permite establecer una intercomunicación entre dispositivos que cumplan con la etiqueta que garantiza la adecuación de sus adaptadores. **Se denomina DH Compliant, estándar universal y abierto.**

- Permite desarrollar las investigaciones en la búsqueda de la conectividad con interoperabilidad e integración de los protocolos existentes.
- Permite el desarrollo de los protocolos e interfaces necesarios para que los servicios prestados por los sistemas robóticos puedan integrarse con el resto de servicios del Hogar Digital.
- Permite la participación e innovación en la mejora y progreso de los estándares que permiten soportar contenidos tanto a nivel de comunicación como de alto nivel.

Gracias a lo cual el proyecto SHE está basado en estándares tecnológicos, otorgándoles una serie de ventajas para los productos y servicios desarrollados, **razones por las cuales otros protocolos han fracasado al no tratarse de estándares universales:**

- No existe dependencia tecnológica.
- Repercuten en un ahorro en inversión de soluciones.

- Una riqueza intelectual y económica tanto en empresas como instituciones de investigación nacionales.
- El retorno de la inversión inicial en el proyecto se puede obtener mediante la participación en alguno de los perfiles identificados dentro de la cadena de valor y los modelos definidos dentro del proyecto.
- Su utilización es independiente de la marca del dispositivo, es decir, se puede usar en elementos de cualquier fabricante, por lo que no se limita a una línea o gama de productos.
- Permite el control y gestión de los robots de servicios, aplicaciones domóticas y Electrodomésticos inteligentes simultáneamente.

Otorgando al proyecto Smart Home Energy características propias que lo sitúan en ventaja ante cualquiera de las iniciativas anteriores:

- SHE es **apto para todos los dispositivos eléctricos**. Además de poder emplearse en electrodomésticos inteligentes puede ser utilizado en robots de servicio, aplicaciones domóticas y otros dispositivos.
- Dispone de un **sistema recomendado** que, en función de variables como la temperatura, la humedad, la cantidad de luxes, la franja horaria, las tarifas eléctricas disponibles, etc. Propone acciones que supongan un ahorro energético.
- Informa al usuario sobre la **evolución de su consumo**, proporcionando información acerca del consumo en tiempo real, el acumulado, el realizado por el conjunto del hogar y por cada dispositivo de forma independiente.

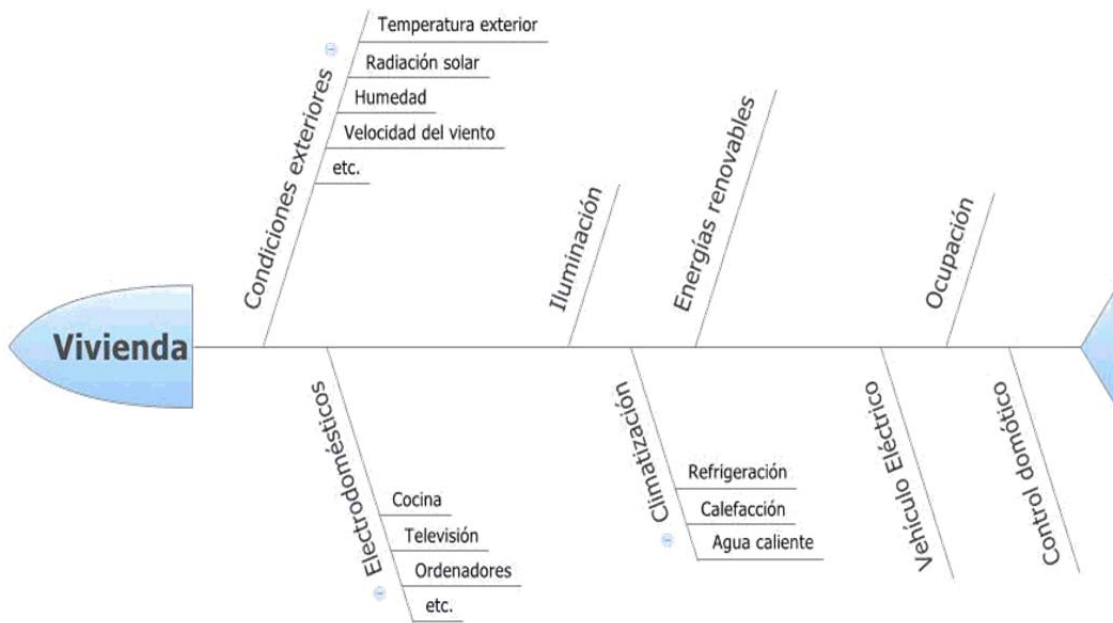
### Gestión de los dispositivos

En los últimos años, los equipos y electrodomésticos que se están incorporando a las viviendas están alcanzando niveles de eficiencia energética cada vez más exigentes. Sin embargo, su aportación sigue siendo insuficiente ante el actual escenario energético, donde la dependencia energética exterior y el aumento indefinido de los precios ponen en duda la rentabilidad de estos dispositivos comparada con la vida útil y la inversión necesaria. Este hecho provoca que las medidas de ahorro energético y recomendaciones más habituales (bombillas de bajo consumo, electrodomésticos A++, campañas de concienciación...) sean cada vez más ineficaces para lograr una reducción significativa de los consumos, lo que obliga a establecer otras estrategias más avanzadas. Desde un punto de vista técnico, una vivienda es un sistema extremadamente complejo, con multitud de fuentes de incertidumbre dependientes tanto de las condiciones ambientales como del propio comportamiento humano, por este motivo, incluir sistemas de monitorización y control en tiempo real en nuestras viviendas se hace cada vez más necesario. La incorporación de estos dispositivos de gestión y control permite cuantificar el estado energético de una vivienda, registrando los valores de consumo para caracterizar los perfiles y tendencias habituales, lo que a su vez, con los modelos predictivos adecuados, puede ofrecer al usuario la información necesaria para poder anticiparse y minimizar las pérdidas energéticas.

**Aproximación holística**

Desde un punto de vista físico, todos los elementos que integran un sistema pueden presentar interacciones, existiendo menor o mayor dependencia entre ellos. Este hecho también tiene lugar en el ámbito de la climatización en viviendas, ya que todos los elementos que integran el sistema doméstico (habitantes, electrodomésticos, iluminación, condiciones exteriores...) intercambian calor entre sí modificando las condiciones de confort (temperatura y humedad). Por este motivo, la cuantificación y análisis de todas las variables que intervienen en el intercambio de calor, debe hacerse desde una perspectiva holística, midiendo la aportación de cada elemento del sistema y modelando su interacción para proponer alternativas reales y energéticamente más eficientes dentro de las condiciones de confort que el usuario establezca. Aplicar esta aproximación de integración a un sistema de gestión energética mediante un sistema de aprendizaje adecuado, permitiría tomar decisiones óptimas en tiempo real para reducir las pérdidas energéticas (basada en la “experiencia” del sistema desde el comienzo de su operación); decisiones, que sin tener en cuenta la interacción de todos los elementos, podrían ser ineficaces o incluso contraproducentes.

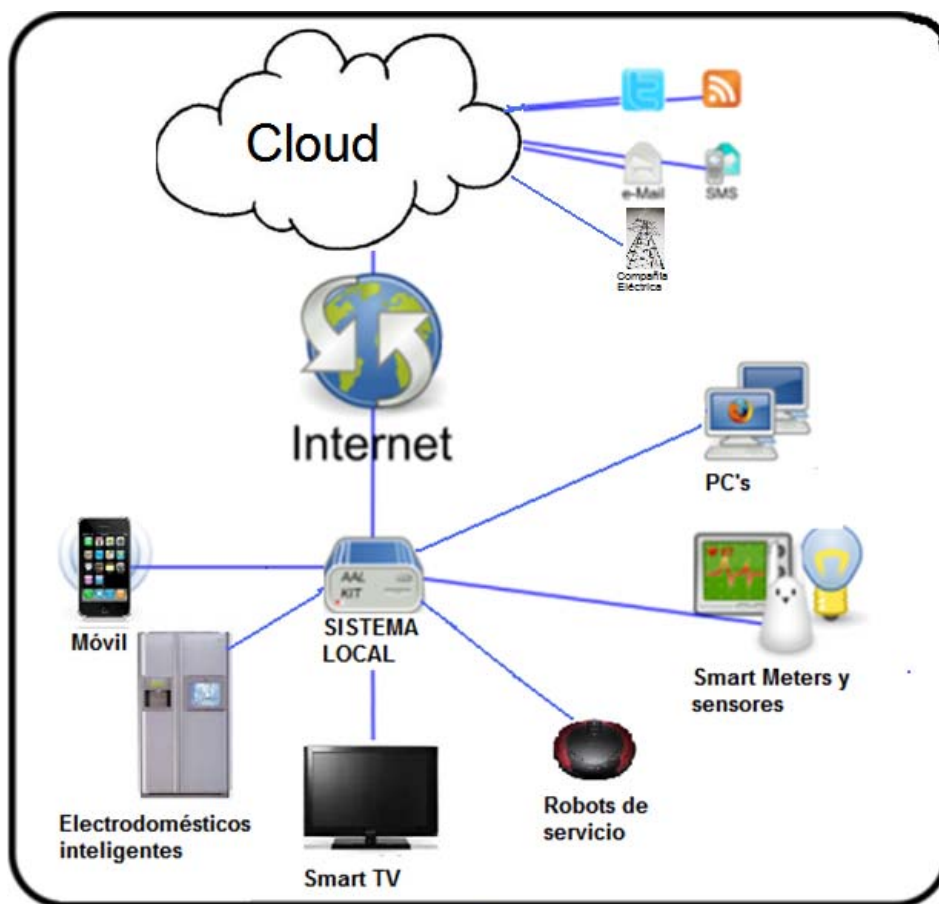
**Figura 1: Elementos implicados en la gestión energética de la vivienda**



**Arquitectura multidispositivo**

La gran ventaja se centra en el poder de implementar una solución sin tener que pensar a qué dispositivo está dirigido.

Figura 2: Imagen de la arquitectura multidispositivo



## 2. Estado del Arte (EdA)

La integración de diversas tecnologías de automatización y control en el ámbito doméstico recibe el nombre de Hogar Digital. Esta idea no sólo se refiere a la realización de tareas domésticas mediante electrodomésticos inteligentes, sino que también pretende cubrir necesidades de asistencia personal, educación y entretenimiento así como seguridad y vigilancia.

El Hogar Digital aspira además a hacer una gestión eficiente de la energía, para ello integrará algunas funcionalidades comunes con los Sistemas de Gestión de Edificios o BMS (*Building Management System*) como pueden ser aspectos relacionados con el control de la climatización o la iluminación y su correcta monitorización que permitirá un control de consumo y por lo tanto de sus costes asociados.

El núcleo del sistema SHE (*Smart Home Energy*) debe sustentarse en un protocolo abierto, extensible y modulable, por lo que DHCompliant (proyecto DH Compliant, 2009) con su servicio de energía abierto DHC Energy se considera una opción muy adecuada ya que permite la integración de los dispositivos medidores de consumos, como por ejemplo los CurrentCost, con el resto de tecnologías del hogar.

A la hora de comunicarse, y tras el estudio de diversas tecnologías se ha optado por el uso de DPWS (*Devices Profile for Web Service*) (OASIS, 2009) dentro de la vivienda ya que

mantiene la filosofía de los SOA y la conjuga con la practicidad de los servicios web. También se ha de tener en cuenta el acceso hacia y desde el exterior, donde deberán convivir distintos tipos de red, cableada e inalámbrica y se utilizarán para ello los servicios REST.

**3. Discusión sobre cómo implementar la solución**

Es necesario almacenar la información procedente de los hogares digitales de forma centralizada para disponer de una base de datos que permita análisis comparativos y heurísticos. La tecnología Cloud nos permite centralizar la información sin requerir una capacidad elevada de almacenamiento en los hogares, gestionar y mantener la integridad, seguridad y disponibilidad de los datos, manteniendo la información replicada para garantizar la recuperación en caso de desastre.

A su vez, en el lado servidor la solución CLOUD(Amazon, 2011) aporta sistemas elásticos capaces de ser dimensionados en función de la demanda desde una infraestructura que no requiere una alta inversión inicial, y que permiten una capacidad de almacenamiento y procesamiento de la información adaptativa a las necesidades puntuales. Esta capacidad adaptativa presente en el uso de tecnología CLOUD mejora también en la eficiencia energética global del sistema.

Entre otras ventajas para la red de nodos de hogares digitales, la solución CLOUD(Amazon 2010) presenta facilidades para la actualización del software y disponer de las mejoras y evoluciones del software de forma inmediata y transparente para el usuario al estar la mayor parte del software centralizado y no distribuido en cada nodo.

Desde el punto de vista del usuario, la tecnología Cloud nos facilita el acceso a la información desde cualquier dispositivo y lugar, con garantías que, de ser pretendido este objetivo desde cada nodo de la red de hogares digitales serían inalcanzables, especialmente en cuanto a disponibilidad, seguridad, e integridad de la información. Ejemplo de dispositivo que estamos usando es el Smart meter que aparece en la figura 3 y su adaptador para conexión de la figura 4.

**Figura 3: Smart meter (Current Cost)**



**Figura 4: Conexión smart meter inalámbrica**



El sistema requiere la introducción de información de forma ágil, y facilidad de integración de los diferentes dispositivos. Las comunicaciones entre los nodos de hogares digitales y el Cloud se realizan mediante un API REST (Amazon 2010).

La implementación REST del API permite definir una interfaz de comunicación entre componentes software (API) donde una URL representa a un objeto o recurso cuyo contenido se accede a través de HTTP. Esta solución permite a los hogares digitales notificar la información captada al Cloud, y entre sus ventajas se encuentran:

- La portabilidad entre distintos lenguajes, de elevada importancia para permitir diversos fabricantes y tecnologías de nodos de hogar digital.
- La mejora en el rendimiento frente a otras APIs (XML, SOAP,...), de especial criticidad debido al extenso número de nodos potencial de la red de hogares digitales.
- La fácil escalabilidad, a tener en cuenta por un probable comportamiento exponencial en la adopción de hogares digitales.
- La comunicación REST es menos "pesada" en comparación con SOAP, por tanto es más rápida y consume menos ancho de banda.
- No existe un tipado fuerte, las estructuras de datos pueden ser mutables en cualquier petición.

Por otra parte, las aplicaciones como consumidoras de información transferida y procesada en Cloud también harán uso de API REST y se servirán de estas facilidades y además, de que las funcionalidades del API REST pueden ser extendidas en las aplicaciones cliente mediante *widgets* o por las propias aplicaciones o en caso de abrir el API por aplicaciones desarrolladas por los propios usuarios o comunidades de estos, fabricantes, compañías eléctricas, etc. Se resalta por tanto esta cualidad del API REST para la explotación de la información del Cloud:

- Explotación y uso de información y servicios de forma ágil, y facilidad de integración en diferentes aplicaciones y dispositivos.
- Acceder a los recursos es mucho más accesible que SOAP y otros protocolos más pesados y que requieren más procesamiento de la respuesta para su interpretación.
- El cliente que acceda a una comunicación REST no requiere de grandes recursos en comparación con SOAP.

### **Adaptadores DHC**

Para una perfecta integración en el sistema, de modo que se garantice la interoperabilidad con el resto de dispositivos, el adaptador, debe comunicarse con los servicios del protocolo de comunicación DHC (González, 2012) que se exponen a continuación:

El servicio DHC-Security & Privacy (Proyecto DH Compliant, 2009) proporciona la seguridad y privacidad para evitar el uso fraudulento de los dispositivos y el acceso a los datos por personas o dispositivos ajenos al sistema.

El servicio DHC-Groups (Proyecto DH Compliant, 2009) coordina la ejecución de tareas de forma colaborativa entre los diferentes dispositivos conectados al sistema.

El servicio DHC-Localization (Proyecto DH Compliant, 2009) proporciona la información necesaria para localizar los dispositivos dentro del hogar y ayudarles en la navegación.

El servicio DHC-Intelligence (Proyecto DH Compliant, 2009) proporciona inteligencia al sistema, gestionando reglas que controlan las tareas y prediciendo datos de sensores a partir de un entrenamiento previo.

**El servicio DHC-Energy (Proyecto DH Compliant, 2009)** mejora la eficiencia energética, siendo una de las vías probablemente más efectivas, en términos económicos, para incrementar la seguridad de suministro y reducir la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.

DHC-Energy surge de esta necesidad, estableciendo el concepto de energía y redes inteligentes en el protocolo de comunicación DHCompliant, de modo que se definen un conjunto de conceptos de ahorro y gestión energética que permiten al usuario conocer en detalle los datos de consumo de energía en el entorno del Hogar Digital.

El prototipo, mediante el uso de un sistema experto con tecnologías de web semántica, permite la recomendación de acciones sobre el entorno del hogar digital en función de las condiciones ambientales, creando una base de conocimiento con los consumos asociados.

En esencia, DHC-Energy detecta los dispositivos asociados, monitoriza y almacena su consumo instantáneo, consulta su base de conocimiento con la información de uso del dispositivo en cuestión y la actualiza. Propone acciones encaminadas a reducir el gasto energético que, en el caso de dispositivos con tecnología DHC, pueden ser lanzadas por el usuario desde las interfaces de control del propio DHC.

### Requisitos

- La Necesidad de disponer de un dispositivo de medida inteligente, Smart Meter: Informará en tiempo real sobre el consumo de gas y electricidad, mostrando la tarifa real.
- En las tareas que es necesaria la colaboración entre varios robots, primero es elegido un líder entre ellos, en función del consumo de energía de cada robot.

### Establecimiento de la información de tarificación

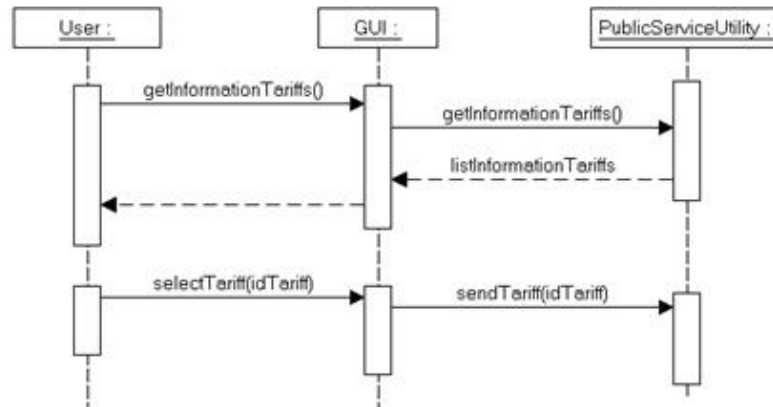
Se realiza la selección de la configuración de energía más económica. El usuario puede ver los tipos de tarificación (consumo máximo, coste por KWh, etc.), siendo capaz de seleccionar la tarifa más conveniente, de modo que el propio usuario puede elegir el momento en el cual se active o desactive un dispositivo en función de las tareas a realizar, el momento del día y las tarifas que se apliquen.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de secuencia describiendo el proceso.

**Figura 5: Diagrama secuencia: Obtener información de tarificación**



sd SequenceDiagram - TariffInformation

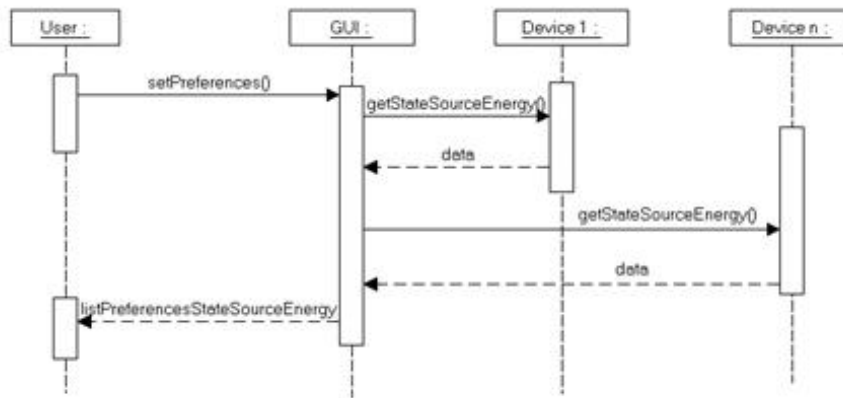


### Estados del dispositivo

Por otro lado es importante conocer las preferencias del usuario para poder ser comparadas con los datos detectados que muestran los estados del dispositivo y la fuente de energía ya sea renovable o el suministro eléctrico normal. A continuación se muestra el diagrama de secuencia de los estados del dispositivo.

Figura 6: Diagrama de secuencia: Estado del dispositivo

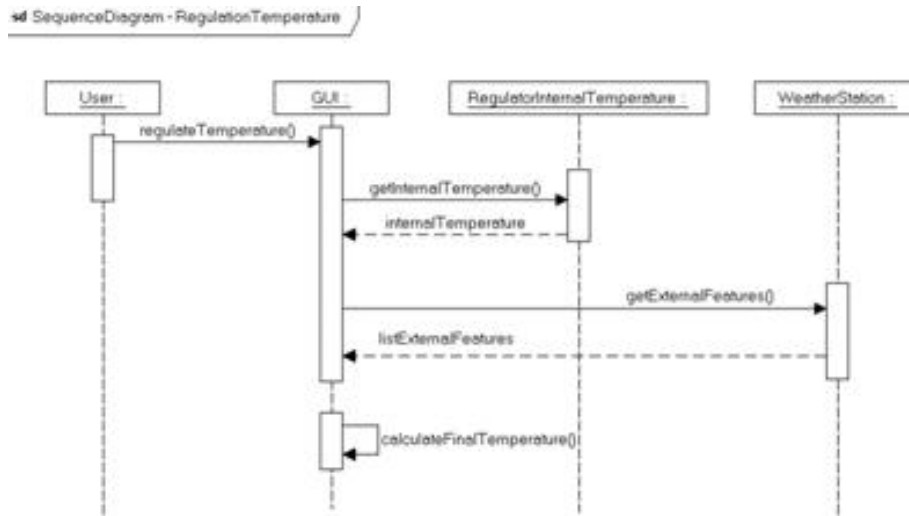
sd SequenceDiagram - DeviceStates



### Regulación de la temperatura

A través del uso de metadatos, es una de las maneras principales de gestionar el ahorro de energía. Mediante los metadatos se conoce la temperatura del ambiente interno, así como externa y determinadas características del ambiente (humedad, nº de horas de luz solar, lluvia, viento, etc.). Se describe en el siguiente diagrama de secuencia.

Figura 7: Diagrama secuencia: regulación temperatura

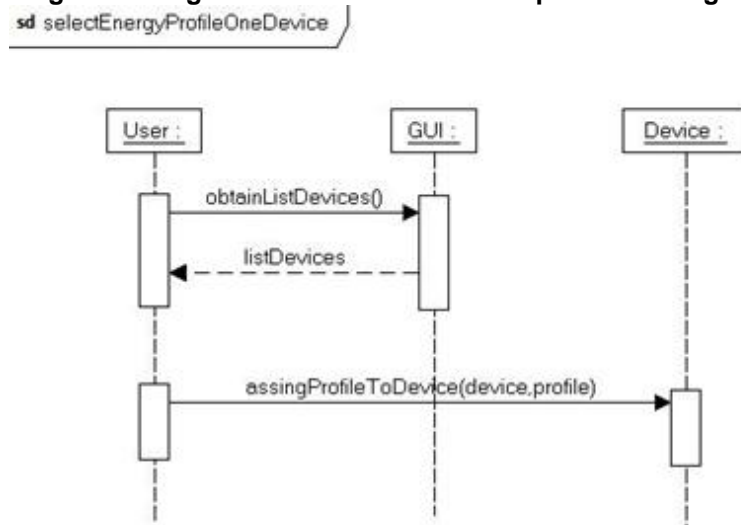


### Perfiles de Energía

Hay un gran número de dispositivos para regular su consumo de energía (TV, móviles, teléfonos, ordenadores). Por lo tanto, en DHC-Energy se han definido una serie de patrones de consumo de energía:

- **Off** - Cuando el dispositivo está apagado. Este perfil se utiliza para señalar que el usuario no necesita el dispositivo y el consumo de energía es nulo.
- **Stand by** - Cuando el dispositivo está en suspensión, a la espera de órdenes. Su consumo de energía es mínimo.
- **Bajo** - Cuando el dispositivo está funcionando en su baja capacidad. En este perfil, el dispositivo de ahorro de energía será la más alta.
- **Alto** - Cuando el dispositivo está funcionando a su máxima capacidad. En este perfil, el dispositivo de ahorro de energía será el mínimo.
- **Emergencia** – Usa su máxima capacidad. No habrá ningún ahorro de energía.

Figura 8: Diagrama secuencia: Elección perfil de energía



**Cambiar de perfil**

Si un dispositivo permanece en un estado inactivo, el dispositivo debe cambiar su perfil de energía para el perfil más bajo.

**Descripción del servicio y dispositivos**

La descripción del dispositivo DHCompliant debe contener una lista de servicios de DHC-Energy. Esta descripción XML debe contener el nombre del servicio DHC-Energy, así como descripción SCPDURL con la URL de la descripción de servicio extendido. Ejemplo:

**Figura 9: Descripción servicio en tecnología UPnP**

```

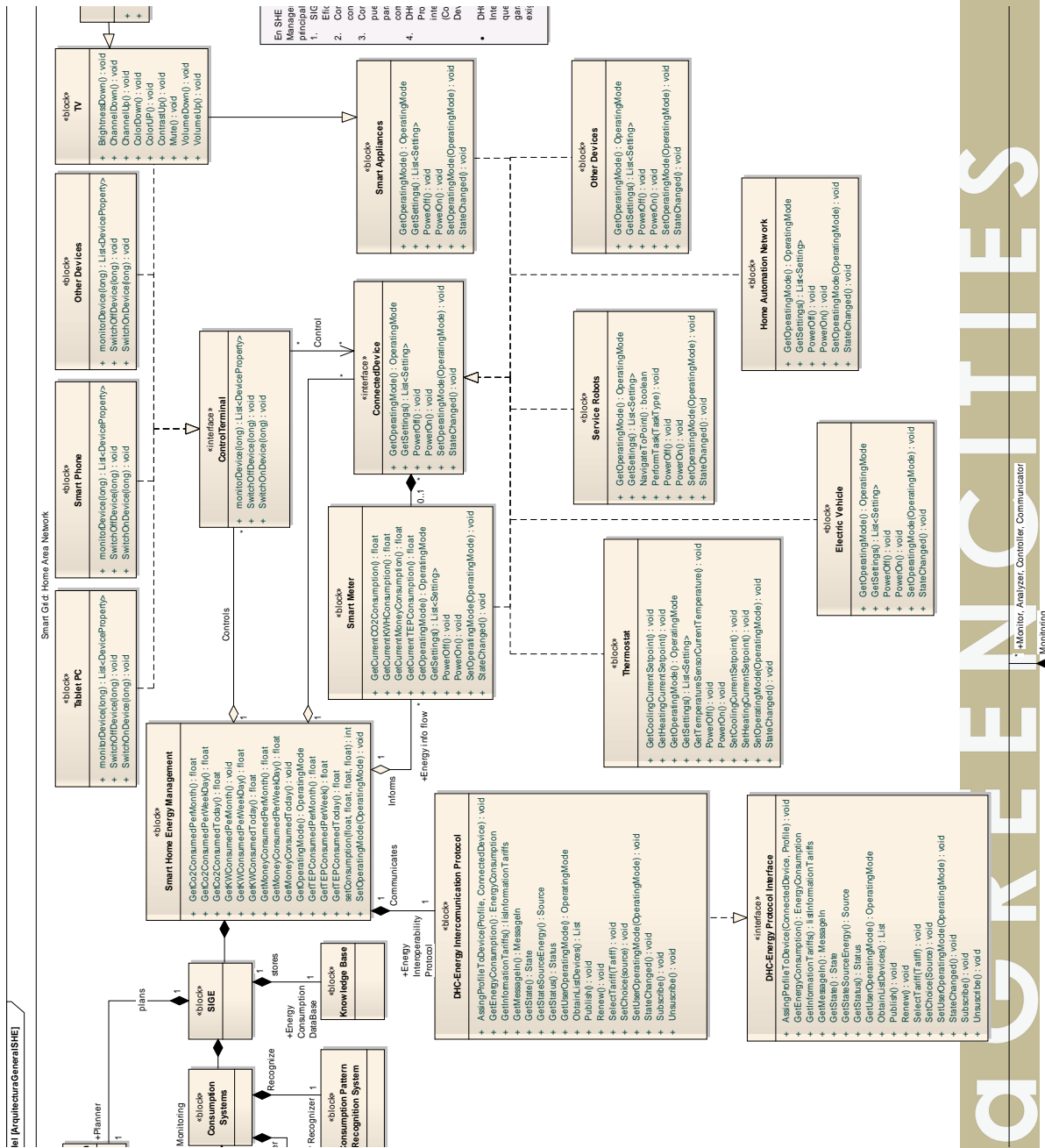
<?xml version="1.0"?>
<root xmlns="urn:schemas-upnp-org:device-1-0">
<specVersion>
  <major>1</major>
  <minor>1</minor>
</specVersion>
<device>
  (...)
  <serviceList>
    <service>
      <serviceType>
        urn:schemas-upnp-org:service:DHCenergy:1
      </serviceType>
      <serviceId>
        urn:upnp-org:serviceId:DHCenergy.0001
      </serviceId>
      <SCPDURL>
        _urn:upnp-org:serviceId: DHCenergy.0001_scpd.xml
      </SCPDURL>
      <controlURL>
        _urn:upnp-org:serviceId: DHCenergy.0001_control
      </controlURL>
      <eventSubURL>
        _urn:upnp-org:serviceId: DHCenergy.0001_event
      </eventSubURL>
    </service>
    (...)
  </serviceList>
</device>
</root>

```

**4. Solución propuesta**

Por tanto, tras estudiar el estado de la técnica, se propone la siguiente arquitectura para el SHE (especificada en el lenguaje estándar y abierto, para la ingeniería de sistemas, SysML):

Figura 10: Arquitectura del SHE



Esta arquitectura se resume en un bloque principal que se implementará mediante servidores de Cloud, el Smart Home Energy Management System, y de los bloques para los adaptadores que tendrán el interfaz común de ConnectedDevice (Dispositivo conectado). Y por el otro lado, del SIGE, sistema recomendador, que va a contar con una arquitectura distribuida entre la nube y los dispositivos de la casa.

A continuación se muestran los datos de la primera prueba de los dispositivos Smart meter con el adaptador DHC (Kwh consumidos, fecha, emisiones de CO2, Toe (tonelada equivalente de petróleo,...)) El volcado de la información se realiza a una base de datos en la nube.

**Figura 11: Datos en la nube de los smart meters**

ID	MONEY_CONSUMPTION	KWH_CONSUMPTION	CO2_CONSUMPTION	DATE	TEP
192773	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:28:28.614	7.029999778751517E-6
192774	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:28:34.72	7.219999588414794E-6
192775	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:28:40.824	7.029999778751517E-6
192776	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:28:46.928	7.029999778751517E-6
192777	0	0,04	0,004	2012-04-10 09:28:53.048	7.599999662488699E-6
192778	0	0,04	0,004	2012-04-10 09:28:59.138	7.599999662488699E-6
192779	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:29:05.245	7.219999588414794E-6
192780	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:29:11.35	7.029999778751517E-6
192781	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:29:17.457	7.029999778751517E-6
192782	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:29:23.555	7.029999778751517E-6
192783	0	0,036	0,003	2012-04-10 09:29:29.659	6.8399996908824E-6
192784	0	0,036	0,003	2012-04-10 09:29:35.762	6.8399996908824E-6
192785	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:29:41.867	7.219999588414794E-6
192786	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:29:47.973	7.219999588414794E-6
192787	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:29:54.077	7.219999588414794E-6
192788	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:06.283	7.219999588414794E-6
192789	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:12.39	7.219999588414794E-6
192790	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:18.493	7.219999588414794E-6
192791	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:30:24.599	7.029999778751517E-6
192792	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:30.701	7.219999588414794E-6
192793	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:36.804	7.219999588414794E-6
192794	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:42.914	7.219999588414794E-6
192795	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:49.015	7.219999588414794E-6
192796	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:30:55.117	7.219999588414794E-6
192797	0	0,04	0,004	2012-04-10 09:31:01.223	7.599999662488699E-6
192798	0	0,04	0,004	2012-04-10 09:31:07.328	7.599999662488699E-6
192799	0	0,025	0,002	2012-04-10 09:31:07.742	4.749999789055437E-6
192800	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:31:13.435	7.219999588414794E-6
192801	0	0,179	0,016	2012-04-10 09:31:13.864	3.4010001400019974E-5
192802	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:31:19.536	7.029999778751517E-6
192803	0	0,178	0,016	2012-04-10 09:31:19.985	3.3820000680861995E-5
192804	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:31:25.64	7.219999588414794E-6
192805	0	0,175	0,016	2012-04-10 09:31:26.113	3.324999852338806E-5
192806	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:31:32.0	7.219999588414794E-6
192807	0	0,175	0,016	2012-04-10 09:31:32.114	3.324999852338806E-5
192808	0	0,037	0,003	2012-04-10 09:31:37.837	7.029999778751517E-6
192809	0	0,177	0,016	2012-04-10 09:31:38.372	3.3629999961704016E-5
192810	0	0,038	0,003	2012-04-10 09:31:43.943	7.219999588414794E-6
192811	0	0,176	0,016	2012-04-10 09:31:44.491	3.3440002880524844E-5

El intercambio de información se produjo explotando el siguiente fichero XML:

**Figura 12. Fichero XML de intercambio de información**

```

<msg>                start of message
  <src>CC128-v0.11</src>    source and software version
  <dsb>00089</dsb>        days since birth, ie days run
  <time>13:02:39</time>    24 hour clock time as displayed
  <tmpr>18.7</tmpr>        temperature as displayed
  <sensor>1</sensor>      Appliance Number as displayed
  <id>01234</id>          radio ID received from the sensor
  <type>1</type>          sensor Type, "1" = electricity
  <chl>                    sensor channel
    <watts>00345</watts>    data and units
  </chl>
  <ch2>
    <watts>02151</watts>
  </ch2>
  <ch3>
    <watts>00000</watts>
  </ch3>
</msg>                end of message

```

Información que se utiliza desde el adaptador SHE (DHC-Energy) y se envía a la nube, como se puede ver en el siguiente código.

**Figura 13: Código JAVA de envío de información a la nube**

```

@Override
public void update(Observable observed, Object arg) {
    if(isReading){
        String xml=((SimpleRead)observed).getReading();
        parser=new XMLparser();
        SmartMeter smartMeter=parser.parse(xml);
        if(smartMeter!=null)
        if(smartMeter.getConsumption()!=0){
            currentConsumption = smartMeter.getConsumption();
            sendDataToShe(smartMeter.getConsumption(),smartMeter.getCo2Consumption(),smartMeter.getTEP());
        }
    }
}
}

```

Este código consume el siguiente servicio web de la nube, especificado en la figura 14:

Figura 14. Servicio web de la Nube SHEManagement

```
public float getCO2ConsumedBetweenDates(Date date1, Date date2) {
    GregorianCalendar c1 = new GregorianCalendar();
    GregorianCalendar c2 = new GregorianCalendar();
    c1.setTime(date1);
    c2.setTime(date2);
    XMLGregorianCalendar date1xml=null, date2xml=null;
    try {
        date1xml = DatatypeFactory.newInstance().newXMLGregorianCalendar(c1);
        date2xml = DatatypeFactory.newInstance().newXMLGregorianCalendar(c2);
    } catch (DatatypeConfigurationException ex) {
        System.out.println("Error parsing Date to XMLGregorianCalendar");
    }
    return port.getCO2ConsumedBetweenDates(date1xml, date2xml);
}

public float getEurosConsumedToday() {
    return port.getEurosConsumedToday();
}

public float getKWHConsumedToday() {
    return port.getKWHConsumedToday();
}

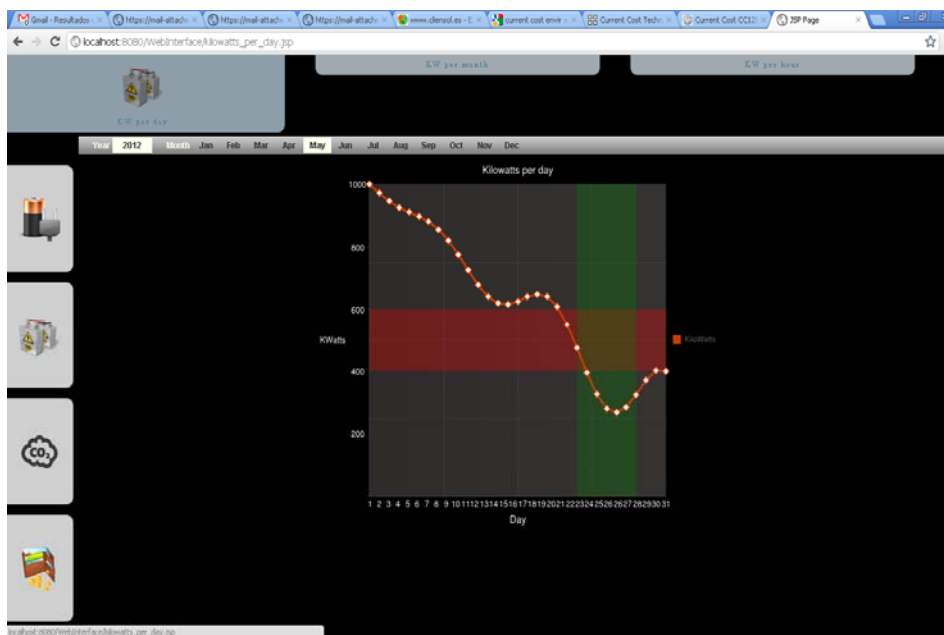
public float getCO2ConsumedToday() {
    return port.getCO2ConsumedToday();
}
```

Esta información se visualizará en pantallas como las que hemos prototipado, que tienen en cuenta distintos aspectos de usabilidad, accesibilidad y por supuesto, los funcionales de dotar al usuario de la información que le permita gestionar todo el medio ambiente de dispositivos y Smart Grid que tiene en su hogar digital. Al existir distintos fabricantes colaborando dentro del SHE, las implementaciones particulares dependerán de cada empresa o fabricante. Aquí pondremos por tanto los prototipos que son independientes de la solución particular y están siendo utilizados por los distintos integrantes del consorcio y tecnológicamente neutrales.

Figura 15: Prototipo interfaz 1



Figura 16: Prototipo interfaz 2



## 5. Conclusiones

Este trabajo de arquitectura permite determinar que se puede establecer un escenario abierto de interacción entre los distintos dispositivos y la Smart Grid dotando a los dispositivos de más capacidades que las puras de eficiencia energética tradicional (como



contabilidades y reducciones de consumos), sino también permitiendo establecer de manera distribuida pero a través de un único punto para el usuario del perfil de consumo de los distintos dispositivos heterogéneos con los que cuenta un usuario en su casa y de un sistema de recomendación en la nube con inteligencia de negocio asociada que permite reducir mediante la ayuda del usuario aún más los gastos energéticos.

También se puede concluir que tecnológicamente tiene ventajas sobre otros enfoques porque es abierto, distribuido, escalable y requiere poca o ninguna configuración por parte del usuario final. Y que además de las ventajas técnicas, los escenarios abiertos y estándares como este producirán escenarios de mercados más abiertos. Los resultados de esos cambios en el mercado quedan fuera del alcance de esta comunicación.

La conclusión fundamental, es que hasta el momento el desarrollo planteado aquí parece muy prometedor, siendo un Work in Progress, y que se han logrado los objetivos fijados en el diseño del sistema de sistemas.

## 6. Trabajos futuros

En esta primera interacción que se ha esbozado de la arquitectura, se han empezado a prototipar los distintos adaptadores y el software a desplegar en la nube. Queda pues completarlo, y realizar las pruebas correspondientes a los casos de uso seleccionados en el proyecto: Smart Home Environment.

También queda abierta una cuestión relativa al análisis de la escalabilidad de la tecnología utilizada, se podrían simular distintos escenarios (por ejemplo con teoría de colas) para entender cómo un despliegue a gran escala consumiría más o menos recursos computacionales en el lado de la Cloud y de los recomendadores. Así como la cuestión de comprender cómo los estándares abiertos de conexión de múltiples dispositivos producen nuevas oportunidades en el mercado, y como los distintos actores, desde fabricantes de dispositivos, hasta compañías de generación, pueden aprovecharlo. El análisis dinámico de estas interacciones a nivel económico, en particular de contabilidad de los diferentes costes y oportunidades queda como cuestión abierta.

## Agradecimientos

Al Ministerio de Economía y Competitividad por el apoyo al proyecto SHE (IPT-2011-1237-920000):



A los partners del proyecto por la gran labor que está siendo realizada:



A los programadores de las entidades participantes en el proyecto (Víctor García, José María Ocón, Alejandro Álvarez, Sergio Tudela, Juan Antonio Guzman).

## 7. Referencias

Proyecto DH Compliant, 2009. Web Site. <http://www.dhcompliant.com/> (Último acceso Junio 2012)

OASIS. Devices Profile for Web Services. 2009. <http://docs.oasis-open.org/ws-dd/ns/dpws/2009/01> (Último acceso Junio 2012)

Rhoton J, Haukioja R. Cloud Computing Architected: Solution Design Handbook. Recursive Press; 2011.

Spaanenburg L, Spaanenburg H. Cloud Connectivity and Embedded Sensory Systems. Available at: <http://www.springer.com/engineering/circuits+%26+systems/book/978-1-4419-7544-7> (Accedido junio 29, 2012).

Masse M. REST API Design Rulebook. O'Reilly Media; 2011.

Reese G. The REST API Design Handbook. 2012

González Alonso, Ignacio; Álvarez Fres, Omar; Alonso Fernández, Alberto; Gómez del Torno, Pablo; Maestre Torreblanca, J.M.; García Fuente, M. P. Almudena. *Towards a new open communication standard between homes and service robots, the DH Compliant case.* Robotics and Autonomous Systems - Volume 60, Issue 6, June 2012, Pages 889–900

Proyecto DH Compliant. Protocol Architecture. 2009. Web Site. <http://156.35.46.38/index.php/page/10.html> (Último acceso Junio 2012)

Proyecto DH Compliant. Energy Management. 2009. Web Site. <http://156.35.46.38/index.php/blog/show/DHCompliant-Protocol-v.0.2-%28Energy-Subsystem%29.html> (Último acceso Junio 2012)

Proyecto DH Compliant. Groups Specificación. 2009. Web Site.  
<http://156.35.46.38/index.php/blog/show/DHCompliant-Protocol-v.0.3-%28Groups-Subsystem%29.html> (Último acceso Junio 2012)

Proyecto DH Compliant. Machine Learning. 2009. Web Site.  
<http://156.35.46.38/index.php/blog/show/DHC-MachineLearning-v0.9.html> (Último acceso Junio 2012)

Proyecto DH Compliant. Localization Specification. 2009. Web Site.  
<http://156.35.46.38/index.php/blog/show/DHC-Localization-v1.0.html> (Último acceso Junio 2012)

Proyecto DH Compliant. Rules Specification. 2009. Web Site.  
<http://156.35.46.38/index.php/blog/show/DHCompliant-Protocol-v.0.1-%28Rules-Subsystem%29.html> (Último acceso Junio 2012)

Proyecto DH Compliant. Security and Privacy. 2009. Web Site.  
<http://156.35.46.38/index.php/blog/show/DHCompliant-Protocol-v.0.2-%28Security-%26-Privacy-Subsystem%29.html> (Último acceso Junio 2012)

### **Correspondencia (Para más información contacte con):**

Nombre y Apellido: Eva Maria Elena Ramos  
Phone: +34 646 55 64 68  
Fax: +34 95 202 93 09  
E-mail: [eramos@ingenia.es](mailto:eramos@ingenia.es)

### **Cesión de derechos**

Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo al Palacio de Ferias y Congresos de Málaga una licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato. Además, afirmo que esta cesión no lesiona los derechos de terceros.