

Sistema de gestión energético óptimo para edificios inteligentes con sistemas de generación renovable integrados

Lucía Igualada González

Cristina Corchero

Miguel Cruz Zambrano

Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC)

Resumen: Como solución para los nuevos edificios que desean adquirir la etiqueta de “edificios inteligentes” proponemos un software de gestión energética óptima. Se trata de un sistema centralizado capaz de gestionar elementos de generación (por ejemplo, unidades de generación renovables integradas en el edificio), un sistema de almacenamiento y los distintos tipos de demanda que puede generar dicho edificio. Con el objetivo de un control energético total, el sistema consta de tres niveles distintos de gestión y a su vez, con tres modos de funcionamiento diferentes. Para demostrar el funcionamiento de esta herramienta se incluyen los resultados sobre un escenario emulado que consta de una pequeña generación solar, de tres niveles distintos de demanda propia y la demanda de un vehículo eléctrico que a su vez podrá servir de almacenaje energético mientras este permanezca aparcado.

Área temática: Instalaciones, Sistemas y Tecnologías para la inteligencia de los edificios.

Palabras clave: Gestión energética, optimización.

INTRODUCCIÓN

Si se considera el sistema eléctrico de un edificio inteligente, este puede entenderse como una microrred donde puede haber distintos tipos de demanda, pueden integrarse unidades de generación (como un panel solar o una mini eólica) y además disponer de diferentes tipos de sistemas de almacenaje energético (desde un sistema tradicional a la utilización de los vehículos eléctricos como “baterías móviles”). Dentro de esta línea de investigación, se ha desarrollado un software de gestión energético basado en modelos de optimización [4]. Este sistema gestiona los consumos de la microrred, así como su generación, siguiendo distintas señales dependiendo de los intereses del gestor. Estos intereses pueden ser: (1) de tipo económico, por lo que las decisiones se basaran en el precio de la energía; (2) de tipo ambiental, por lo que la optimización tendría en cuenta el mix energético diario; y (3) de tipo técnico, donde el objetivo es recortar los picos de consumo generales. Una vez elegido el tipo de gestión energética, el sistema trabaja en tres niveles distintos que serán explicados en el siguiente apartado.

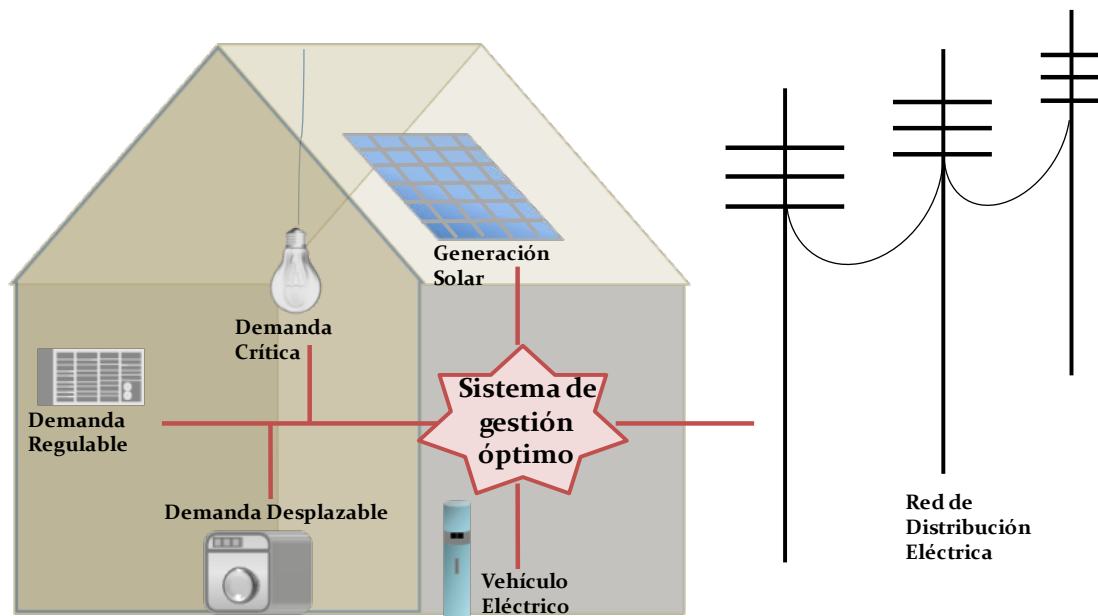


Figura 1: Vivienda inteligente considerada para los tests

SISTEMA DE GESTIÓN ÓPTIMO

Definición

Como ya ha sido mencionado, el sistema de gestión energético óptimo que presentamos consta de tres niveles, separados a su vez en dos bloques, y su objetivo es gestionar de forma óptima el sistema eléctrico de un edificio y su conexión a la red. El primer bloque está formado por el control terciario y secundario, los cuales son definidos mediante sendos problemas de optimización.

En el segundo bloque está el control primario, el cual está encargado de asegurar los balances energéticos con mediciones instantáneas y de enviar las consignas a los distintos dispositivos de la microrred.

Estructura

Control terciario

El control terciario sigue la filosofía de los problemas clásicos de optimización de sistemas eléctricos de “Unit Commitment” y “Economic Dispatch” [5] con un horizonte temporal de 24 horas. Teniendo en cuenta el pronóstico meteorológico, demanda y perfil de movilidad en el caso del vehículo eléctrico, genera un programa energético óptimo y detallado con intervalos de 15 minutos. En este programa, dependiendo del objetivo seleccionado previamente (económico, ambiental o técnico) se especifica la cantidad a generar o consumir por cada elemento. Este control se recalcula cada tres horas, o cada vez que un vehículo eléctrico, si se dispone de ellos, es conectado al sistema.

Control secundario

Debido a que los datos usados en el control terciario son pronósticos a 24 horas vista, se hace necesario otro nivel de control más a corto plazo donde poder hacer correcciones sobre las predicciones. Para esto, el control secundario toma los resultados del control terciario para un cuarto de hora determinado y lo divide en subintervalos de 30 segundos cada uno. La idea en la que está basado este control, es una optimización en cascada donde cada 30 segundos se resuelve un problema nuevo fijando las consignas para los siguientes 30 segundos. Como datos

de entrada de cada uno de estos problemas, se toman mediciones reales de meteorología, demanda y estado de los dispositivos.

Control primario

Finalmente, para gestionar cualquier evento no programado, el control primario asegura el balance y estabilidad energética a tiempo real. Para ello, tiene en cuenta las consignas del control secundario para los elementos gestionables, y según las prioridades marcadas por el usuario, realiza las correcciones de acuerdo con las nuevas mediciones. Estas mediciones son tomadas cada tres segundos y en consecuencia, las consignas son enviadas a la microrred con esta periodicidad.

EMULACIÓN

Para un mejor entendimiento del sistema y poder probar su eficiencia, se ha realizado una emulación en los laboratorios del IREC [6] de una casa inteligente.

Escenario

En este caso, hemos emulado una microrred que representa una casa inteligente. Esta casa está dotada de un panel fotovoltaico, y las demandas han sido clasificadas en 4 tipos:

1. Demanda crítica: debe de ser suministrada inmediatamente. Ej: luz.
2. Demanda regulable: corresponde a un porcentaje de la demanda crítica que puede ser disminuida en un % si una gestión de la demanda es necesario. Ej: Aire acondicionado.
3. Demanda desplazable: el sistema puede decidir en qué momento comenzar a suministrarla. Ej: lavadora.
4. Demanda de un vehículo eléctrico: demanda desplazable dentro de los límites que marca el perfil de movilidad del usuario y regulable dependiendo de los límites del punto de recarga y batería

Los datos usados corresponden a un día laborable de verano en Barcelona. Los datos meteorológicos han sido recogidos en las propias instalaciones del IREC, las señales de precio del BOE [2] y los datos de consumo doméstico del IDAE [3].

Resultados

Las gráficas a continuación corresponden con la opción de minimización de costes del algoritmo de gestión energética. Aprovechando el debate abierto sobre el nuevo “peaje de respaldo” [7], se han realizado tres tests diferentes:

1. Test 1: Las señales de precio consideradas coinciden con la tarifa TUR de discriminación horaria super valle (2.0 DHS) [2].
2. Test 2: Al caso anterior hemos añadido el nuevo “peaje de respaldo” [7] sobre la generación solar de la que disponemos.
3. Test 3: Siguiendo los pasos de otros países europeos [1], hemos considerado el caso donde la energía producida por nuestra microrred puede ser devuelta a la red y es descontada de nuestra factura.

En primer lugar, se muestran las planificaciones del control terciario para cada uno de los tests. Las siguientes figuras muestran la programación energética para 24 horas dividida en intervalos de 15 minutos. Cada color representa un elemento de la microrred, dividiéndose en elementos de generación (parte superior) y elementos de demanda (parte inferior). El eje vertical secundario muestra las señales de precio, explicadas anteriormente, que sigue el control terciario en cada uno de los tres tests.

La mayor diferencia entre los tests ejecutados es el resultado respecto la generación renovable. En la *Tabla 1* se resumen los resultados de los tres tests en cuanto a energía y coste de la misma. En la *Figura 2* podemos observar la planificación energética de la vivienda considerada solo teniendo en cuenta la tarifa 2.0DHS. En este caso, la generación renovable se aprovecha en los intervalos en los que se dispone del vehículo eléctrico para recargar la batería y en otros intervalos para suministrar la demanda (en particular, la demanda desplazable del lavavajillas). Se recorta un 4% de la energía renovable máxima disponible ya que no existe demanda suficiente para consumirla. El coste total diario es de 3.12€ En la *Figura 3* se representa la planificación teniendo en cuenta el nuevo “peaje de respaldo”, la diferencia en coste diario se debe totalmente a este peaje (dado que la energía comprada en la red es idéntica al caso anterior) pero se observa un mayor recorte en la energía renovable, 10%, y una disminución en la demanda suministrada, debida a una menor recarga del vehículo eléctrico. Por último, la *Figura 4* representa el caso en el que la energía puede ser devuelta a la red y no existe “peaje de respaldo”. En este caso, se utiliza la totalidad de la energía renovable disponible ya que cuando no es suministrada a la casa se devuelve a la red y por otro lado, se obtienen los menores costes diarios, con un ahorro de aproximadamente el 10% respecto el test 1 (sin posibilidad de devolución a la red) y del 30% respecto el test 2 (con “peaje de respaldo”).

	Test 1	Test 2	Test 3
Demanda suministrada (kWh)	49.36	48.43	48.43
Generación renovable (kWh)	16.82	15.89	17.51
Interconexión – energía comprada (kWh)	32.54	32.54	33.11
Interconexión – energía vendida (kWh)	0	0	2.19
Coste diario (€)	3.12	4.1	2.84

Tabla 1: Resumen de los resultados para los distintos tests

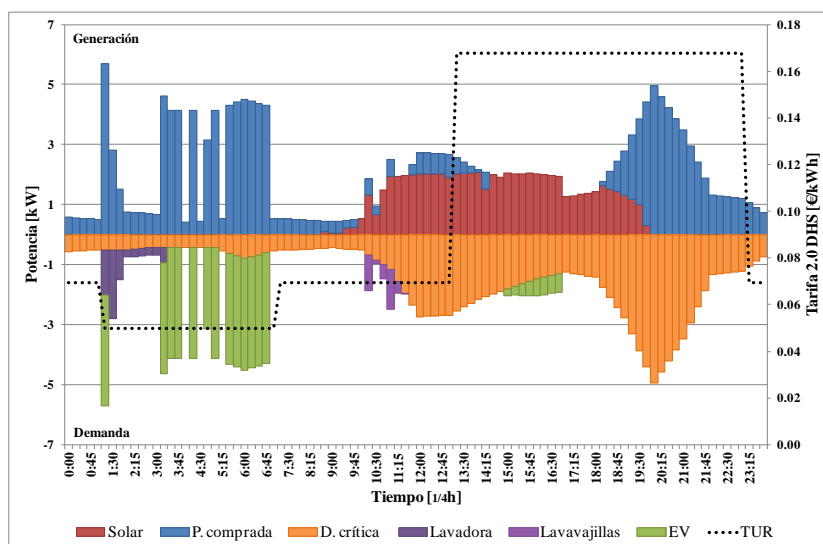


Figura 2: Programación energética de Test1

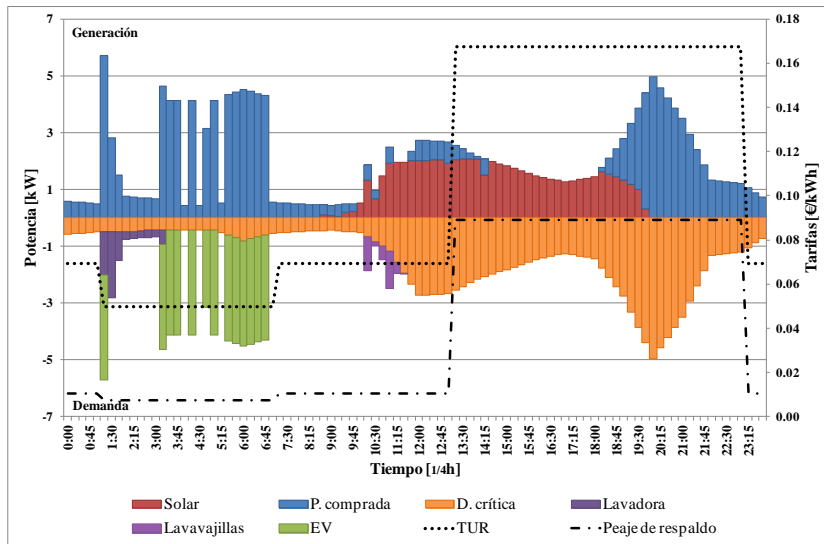


Figura 3: Programa energético de Test2

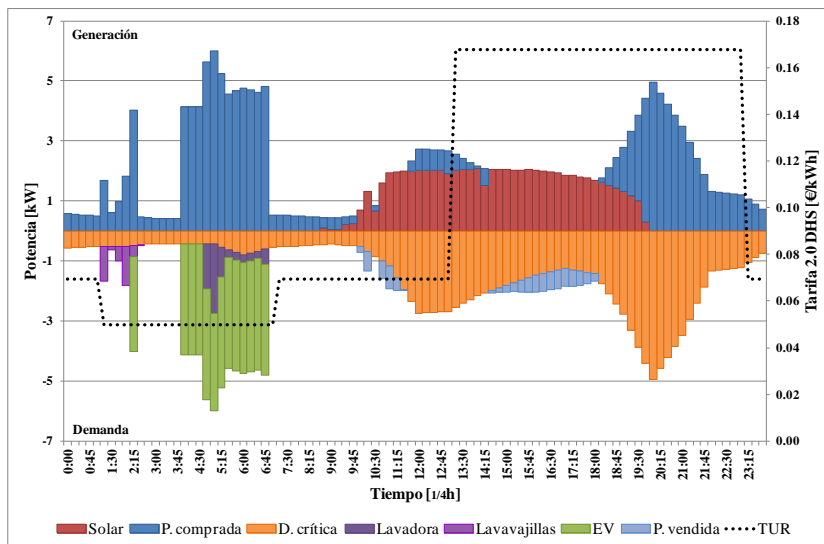


Figura 4: Programación energética para Test 3

La Figura 5 ilustra el resultado de la emulación para la interconexión. Podemos observar que el algoritmo ha funcionado correctamente. Se observa el resultado de la previsión a 24h (línea azul) y como posteriormente los controles secundario y primario corrigen esta previsión según los datos reales que se van recopilando. La desviación que se observa (segundo 900 aproximadamente) es debida a que la recarga del vehículo eléctrico se prolonga más de lo que se había previsto ya que el estado de carga inicial de la batería del vehículo es menor a lo esperado. Las pequeñas oscilaciones del control primario (línea verde) son debidas al comportamiento real de la demanda crítica (iluminación, climatización, stand-by, ...).

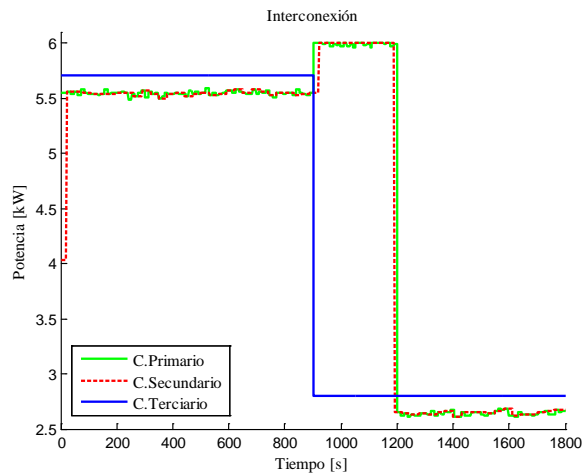


Figura 5: Resultado de la emulación de la interconexión durante 30min (Test 1, 1:15h).

CONCLUSIONES

Se ha modelado con éxito la gestión energética de una casa como una microrred y se ha adaptado el algoritmo de optimización para obtener el funcionamiento óptimo de los elementos considerados: demanda crítica, demanda ajustable, demanda desplazable, generación solar, vehículo eléctrico y interconexión con la red. Como ejemplo de aplicación se ha comparado el resultado óptimo según diferentes señales de precio, se concluye que para el total aprovechamiento de los recursos renovables la política óptima es la que permite la devolución de energía a la red de distribución debido a las limitaciones que ofrece la demanda no crítica para aumentar el auto-consumo.

REFERENCIAS

1. A.T. Kearney, 2011, *Enabling the European consumer to generate power for self-consumption*, Report for SunEdison.
2. BOE, 2013, *coste de producción de energía eléctrica y las tarifas de último recurso*, BOE A 2013-3401, Sec. I. Pág. 24487.
<http://www.boe.es/boe/dias/2013/03/29/pdfs/BOE-A-2013-3401.pdf>
3. IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de energía), 2011, *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. SECH-SPAHOUSEC project, España.
4. IREC, 2013, *Algoritmo de optimización para la gestión energética terciaria y secundaria de microrredes*. Registre de la propietat intel.lectual núm. 02/2013/3217. Generalitat de Catalunya.
5. Mohammad S., Hatim Y. & Zuyi L., 2002, *Market Operations in Electric Power Systems, Forecasting, Scheduling, and Risk Management*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York.
6. Roman-Barri M., Cairo-Molins I., Sumper A., & Sudria-Andreu A., 2010, *Experience on the implementation of a Microgrid Project in Barcelona*, Proc. IEEE ISGT Europe, pp.1 -7 2010.
7. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013, *Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo*. CNE, núm. registro 201300010470.