



# Proyecto Re-Habitar

[Memoria trabajos]

[Septiembre 2018]

V2.0

# **RESUMEN EJECUTIVO**

# **Descripción**

Esta memoria recoge las tareas realizadas por el Grupo de Ingeniería Electrónica TIC-192, que forman parte del proyecto Re-Habitar, liderado por el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico y financiado por la Junta de Andalucía.



# ÍNDICE

[	Descrip	ociór	1	1
1.	Intr	oduc	cción	4
2.	Sist	ema	Monitorización	5
2	2.1.	Var	iables a monitorizar	5
2	2.2.	Infr	aestructura Previa a instalar	7
	2.2.2	1.	Concentrador ONE-GO	7
	2.2.2	2.	Fibaro HCL	7
	2.2.3	3.	Interconexiones	8
2	2.3.	Con	nsumo eléctrico de la vivienda	8
	2.3.3	1.	Instalación	8
	2.3.3	1.	Precauciones	9
2	2.4.	Con	nsumo de tomas eléctricas seleccionadas	10
	2.4.3	1.	Instalación	10
	2.4.2	2.	Precauciones	10
2	2.5.	Sen	sores de Temperatura y CO <sub>2</sub>	11
	2.5.2	1.	Instalación	11
	2.5.2	2.	Precauciones	11
	2.5.3	3.	Dimensiones equipos	11
3.	Inst	alaci	ión en las viviendas	13
3	3.1.	Vivi	enda 1	13
	3.1.3	1.	Dispositivos instalados	13
	3.1.2	2.	Histórico de actuaciones	15
	3.1.3	3.	Datos monitorizados	15
3	3.2.	Vivi	enda 2	22
	3.2.	1.	Dispositivos instalados	22
	3.2.2	2.	Histórico de actuaciones	22
	3.2.3	3.	Datos monitorizados	23



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

llustración 1. Esquema de interconexión entre concentradores	8
llustración 2. Esquema de conexión medidor	9
llustración 3. Medidor "Wall Plug"	10
llustración 4. (IZQ) Medidor de temperatura + humedad y (DER) medidor de CO2	11
llustración 5. Medidas de los terminales inalámbricos	12
llustración 6. Lista de dispositivos instalados en vivienda 1	14
llustración 7. Fotos de la instalación en vivienda 1	15
llustración 8. Histórico de actuaciones en vivienda 1	15
llustración 9. Vivienda 1 - Dormitorio principal – Medida de CO2	16
llustración 10. Vivienda 1 - Dormitorio principal – Medida de Temperatura	16
llustración 11. Vivienda 1 - Dormitorio principal – Medida de Humedad Relativa	17
llustración 12. Vivienda 1 - Dormitorio secundario – Medida de Humedad Relativa	17
Ilustración 13. Vivienda 1 - Dormitorio secundario – Medida de Temperatura	18
llustración 14. Vivienda 1 – Salón comedor – Medida de CO2	18
llustración 15. Vivienda 1 – Salón comedor – Medida de Humedad Relativa	19
llustración 16. Vivienda 1 – Salón comedor – Medida de Temperatura	19
llustración 17. Vivienda 1 – Salón – Medida de Humedad Relativa	20
llustración 18. Vivienda 1 – Salón – Medida de Temperatura	20
llustración 19. Vivienda 1 – Consumo Energía Activa (KWh)	21
Ilustración 20. Vivienda 1 – Consumo corriente instantánea	21
Ilustración 21. Lista de dispositivos instalados en vivienda 2	22
llustración 22. Histórico de actuaciones en vivienda 2	22
Ilustración 23. Vivienda 2 – Cocina – Medida de Humedad Relativa	23
Ilustración 24. Vivienda 2 – Cocina – Medida de Temperatura	23



# Proyecto RE-HABITAR

Ilustración 25. Vivienda 2 – Habitación Estudio – Medida de CO2	24
Ilustración 26. Vivienda 2 – Habitación Estudio – Medida de Humedad Relativa	24
Ilustración 27. Vivienda 2 – Habitación Estudio – Medida de Temperatura	25
Ilustración 28. Vivienda 2 – Trastero – Medida de Humedad Relativa	25
Ilustración 29. Vivienda 2 – Trastero – Medida de Temperatura	26
Ilustración 30. Vivienda 2 – Salón – Medida de CO2	26
Ilustración 31. Vivienda 2 – Salón – Medida de Humedad Relativa	27
Ilustración 32. Vivienda 2 – Salón – Medida de Temperatura	27



#### 1. Introducción

El objetivo de las tareas recogidas en esta memoria es la monitorización de un conjunto de viviendas en el residencial Virgen del Carmen, necesaria para la caracterización térmica de las mismas con el fin de determinar los parámetros de uso de los recursos necesarios, principalmente, para la climatización de las mismas.

Variables a monitorizar en cada vivienda son:

- Variables ambientales: temperatura y humedad en el interior en dos habitaciones de cada vivienda. Temperatura interior y exterior en un cerramiento.
- Variables eléctricas: consumo de energía activa total de la vivienda y en los principales elementos de climatización (calefacción y aire acondicionado).

Se han monitorizado dos viviendas del citado conjunto residencial.

Condiciones importantes de esta monitorización:

- Mínima invasión. Para ello se ha empleado comunicación inalámbrica, tanto en el interior de la vivienda (a fin de minimizar el tendido de cables), como desde el concentrado de datos hasta el punto de recogida, para no interferir con las comunicaciones propias de la vivienda.
- Mínimo consumo. Se han empleado dispositivos sensores alimentados por baterías, con una vida útil suficiente para el desarrollo completo del proyecto.



## 2. Sistema Monitorización

#### 2.1. Variables a monitorizar

Las variables a típicas a monitorizar para analizar el comportamiento energético de edificios y viviendas deben ser aquellas que aporten información suficiente y además relacionen la ocupación de la vivienda/edificio con la calidad del ambiente interior durante el uso habitual de éste.

Habitualmente, el factor más importante, pero no el único, es la temperatura del aire ambiente tanto la que rodea a la persona o personas que habiten la vivienda, como a la temperatura de las superficies que rodean a la persona; este último aspecto es importante por el mecanismo de intercambio de energía radiante entre el sujeto y las superficies circundantes.

Aunque también existen otra serie de variables importantes como la humedad relativa y nivel de CO2 ambiente que juegan un papel muy importante en la identificación de los niveles de confort de la vivienda.

Para cada una de estas variables, se describe brevemente los valores ideales:

- Temperatura: Para vivir en una vivienda confortable es necesario mantener una temperatura ambiente óptima. La temperatura más confortable para el ser humano en estado de reposo es de entre 18º y 20ºC. Las propias personas actúan como focos que aumentan la temperatura en una habitación. Un concepto asociado al de mejor temperatura ambiente, es el de la humedad del aire.
- Humedad: Un ambiente agradable debe tener una humedad relativa de 50-60% y se considera
  aceptable entre 40% y 70%. Un ambiente demasiado húmedo favorece el desarrollo de
  gérmenes nocivos y hongos. Cada persona contribuye con su respiración a aumentar la
  humedad. Las plantas pueden ser una forma de equilibrar la humedad del ambiente en entorno
  húmedo. Además, nos ayudan a mejorar la calidad del aire en nuestra vivienda, ya que absorben
  el CO2.
- Nivel de CO2: Con la medida de esta variable monitorizada, se indica la calidad del aire interior de la vivienda. Esta variable es importante ya que, si superan los niveles recomendados, los usuarios de la vivienda pueden comenzar a experimentar diferentes síntomas como dolor de cabeza, cansancio, falta de concentración, etc. Las propias personas o sistemas de combustión como las estufas, se convierten en focos de emisión de CO2. Por otro lado, con una buena ventilación, se consiguen permanecer en unos niveles adecuados de calidad del aire interior.

Pero, si además de tener en cuenta estos factores climáticos, somos capaces de establecer una relación con los requerimientos energéticos para mantener los niveles óptimos de confort, obtendremos una relación directa entre confort y eficiencia energética. Es más, este gasto energético será diferente tanto para refrigeración como calefacción y tanto en verano como en inverno, si en invierno queremos mantener la temperatura del interior pese a la transferencia de calor al exterior, debido a la menor





temperatura exterior tendremos que aportar energía que compense las pérdidas. Si estamos en verano y queremos mantener una temperatura interior por debajo de la más elevada del exterior tendremos emplear energía extra para refrigerar el aire del interior de la vivienda.

Actualmente, los requerimientos energéticos para refrigeración en el sector residencial corresponden a la demanda de mayor importancia de energía en verano. También importa el gasto adicional para aumentar la temperatura de ambientes originado en las pérdidas de calor a través de ventanas y coberturas del edificio en invierno. Para propiciar una disminución apreciable de este consumo sin afectar la calidad de vida de los ocupantes, los edificios deben adecuarse a las características climáticas locales e incluir los correctos diseños, materiales y gestión de la ventilación natural.

Es decir, además de las variables ambientales y energéticas de la vivienda anteriormente descritas, es importante obtener datos concretos de:

- La superficie de la vivienda,
- Superficie de fachada,
- Uso de la vivienda,
- Número de habitantes

Con esto se puede relacionar datos estructurales propios de la vivienda con su uso habitual y consumo energético para alcanzar el nivel de confort deseado, pero para alcanzar un conocimiento completo de las variables que intervienen en el proceso energético se echa en falta algún tipo de relación con la estación del año y los datos climatológicos existentes en cada momento; es decir, la imagen completa necesaria para la monitorización de la vivienda deberá ser completada con los datos históricos de los observatorios de AEMET (o cualquier organismo similar) para la ubicación donde se encuentra la vivienda a monitorizar.

Desde el punto de vista de instalación en las viviendas monitorizadas para las medidas de las variables ambientales y de confort, se han escogido los siguientes sensores:

- Sensor de temperatura y humedad ambiental
  - Especificaciones:

■ Voltaje: 2.4 a 5.5 V

■ Consumo: 80 uW

■ Rango de medidas (Humedad Relativa): 0 – 100%

■ Precisión (HR): +-4.5 %

■ Ramgo de operación (Temperatura): -40 a +125 ºC

■ Precisión (Temperatura): +-0.5 ºC

#### Sensor de CO2

Especificaciones:

■ Rango de medidas: 400 – 10000 ppm

Precisión: +- 30 ppm + 3%Consumo de corriente: 19 mA



#### Consumo energético

- Especificaciones
  - Clase B (kWh) de acuerdo a EN50470-3)
  - Clase 1 (kWh) de acuerdo a EN62053-21)
  - Clase B2(kvarh) de acuerdo a EN62053-23)
  - Precision (corriente/voltaje): +-0.5RDG
  - Variables: W,var,PF,Hz, Phase
  - Medidas de energía totales: kWh y kvarh
  - Protección: IP50

# 2.2. Infraestructura Previa a instalar

La infraestructura previa para que los dispositivos a instalar puedan funcionar correctamente, consta de Concentrador ONE-GO y Concentrador Fibaro HCL.

#### 2.2.1. Concentrador ONE-GO

Es el dispositivo principal que gestiona y almacena las medidas de todas las variables a medir, de los siguientes equipos:

- Sensor de temperatura y humedad
- Sensor de CO2
- Medidas de consumo energético de la vivienda

#### NOTAS:

- El dispositivo requiere alimentación a 230V.
- Requiere conexión con cable Ethernet hacia el Concentrador Fibaro HCL.

#### 2.2.2. Fibaro HCL

Este equipo gestiona y almacena las medidas de consumo dadas en cada toma eléctrica con "Wall Plug".

#### NOTAS:

- El dispositivo requiere alimentación 230V.
- Requiere conexión con cable Ethernet hacia el Concentrador ONE-GO.



#### 2.2.3. Interconexiones

Como se ha citado en los apartados, se muestra una imagen de la interconexión:

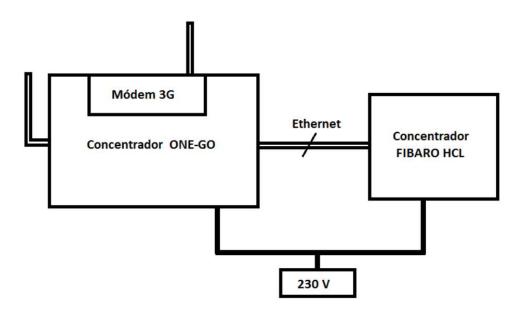


Ilustración 1. Esquema de interconexión entre concentradores.

**NOTA**: Disponer de un punto de alimentación estable, ya que en caso de fallo de alimentación el sistema no podrá disponer de los datos monitorizados.

# 2.3. Consumo eléctrico de la vivienda

#### 2.3.1. Instalación

Se instalará un medidor de consumo (Carlo Gavazzi EM21) para monitorizar el consumo eléctrico de la vivienda. El medidor se instala en el cuadro eléctrico principal. Para ello:

- 1) Se interrumpirá el suministro eléctrico de la vivienda.
- 2) Sobre el cuadro principal se instalará el medidor de consumo en los cables de tensión de entrada al cuadro.
- 3) Así mismo en la línea elegida se instalará la pinza amperimétrica que habrá que conectar al medidor de consumo en los pines indicados.
- 4) Si es posible, se puede colocar el terminal inalámbrico en el mismo cuadro eléctrico. En este caso, no realizar los puntos 5 y 6, y conectar los tres cables del bus al terminal inalámbrico.



- 5) Del medidor de consumo hacia fuera del cuadro se deben sacar tres cables (bus MODBUS-RTU) que irán conectados al nodo inalámbrico.
- 6) Colocar el nodo inalámbrico tras conectar los cables que se han sacado desde el cuadro, procedentes del medidor de consumo.
- 7) Una vez instalado, reactivar el suministro eléctrico.

Las variables a monitorizar del medidor de consumo serán:

- Energía Activa (kWh)
- Energía Reactiva (Kvarh)
- Potencia Activa (W)
- Potencia Reactiva (VAr)
- Corriente (A)

#### Esquema de conexiones:

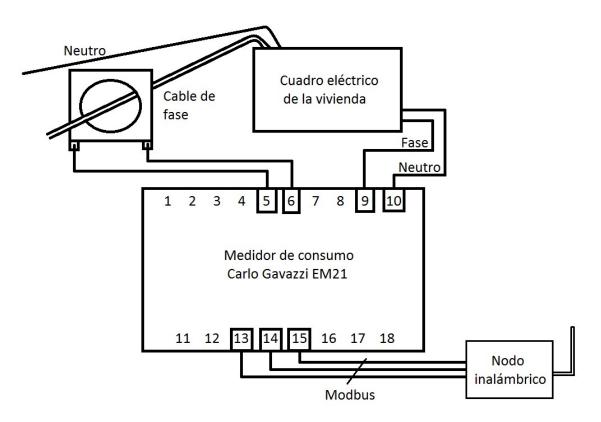


Ilustración 2. Esquema de conexión medidor.

#### 2.3.1. Precauciones



A continuación, se citan las precauciones que se han de tomar en la instalación y funcionamiento del dispositivo:

- Cumplir los pasos para su instalación descritos en el apartado anterior.
- No abrir (ni manipular) el dispositivo inalámbrico para la correcta monitorización de las magnitudes eléctricas.

# 2.4. Consumo de tomas eléctricas seleccionadas

#### 2.4.1. Instalación

Para monitorizar el consumo de dos de las tomas eléctricas por vivienda se utilizarán los "Wall Plug" de Fibaro. Los pasos a seguir para la instalación son:

- 1) Enchufar el "Wall Plug" a la toma deseada
- 2) Pulsar 3 veces el botón del "Wall Plug" y confirmar la asociación en el Fibaro HCL.
- 3) Enchufar al "Wall Plug" el electrodoméstico o regleta eléctrica que se desea monitorizar.

Estos dispositivos "Wall Plug" presentan un alcance en torno a **50-70 metros** en interior de la vivienda (con respecto al concentrador Fibaro HCL).

#### 2.4.2. Precauciones

A continuación, se citan las precauciones que se han de tomar en la instalación y funcionamiento del dispositivo:

- No retirar el dispositivo "Wall Plug" de la toma eléctrica para su correcta monitorización.
- El dispositivo presenta un botón para activación/desactivación del enchufe.
- El "Wall Plug" es capaz de proporcionar alimentación siempre que la potencia no supere los 2500W.



Ilustración 3. Medidor "Wall Plug".



# 2.5. Sensores de Temperatura y CO<sub>2</sub>

#### 2.5.1. Instalación

Los nodos medidores de temperatura + humedad y los de CO<sub>2</sub> son dispositivos alimentados a batería, lo que permite una gran facilidad a la hora de su instalación, ya que no necesitan suministro de corriente de la red eléctrica. Los nodos inalámbricos se han adaptado para una posible colocación en carril DIN.

Estos sensores se instalarán en la pared de la habitación seleccionada para su monitorización, y siguiendo los pasos descritos:

- 1) Atornillar el trozo de carril DIN a la pared
- 2) Encajar el nodo al carril DIN y encenderlo

#### 2.5.2. Precauciones

A continuación, se citan las precauciones que se han de tomar en la instalación y funcionamiento del dispositivo:

- No abrir (ni manipular) el dispositivo para la correcta monitorización de la variable medioambiental.
- Autonomía de los equipos:
  - o El sensor de temperatura y humedad tiene una autonomía mayor a un año.
  - El sensor de CO₂ presenta una autonomía de 3 meses, por lo que se ha de acceder posteriormente para realizar un cambia de baterías a dichos equipos para que sea posible la monitorización de la variable.





Ilustración 4. (IZQ) Medidor de temperatura + humedad y (DER) medidor de CO2.

#### 2.5.3. Dimensiones equipos



En este apartado se indican las dimensiones de los terminales inalámbricos a instalar en los diferentes sistemas.

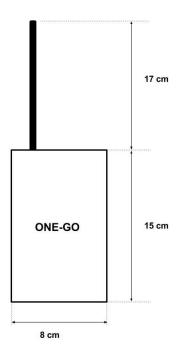


Ilustración 5. Medidas de los terminales inalámbricos.



# 3. Instalación en las viviendas

En un primer momento, el proyecto solicitaba poder instalar los sistemas de monitorización en viviendas claramente diferenciadas, es decir, en viviendas de edificios altos (>6 plantas) y en viviendas unifamiliares (de una o dos plantas). Finalmente, no se encontraron propietarios que quisieran colaborar con el desarrollo del proyecto, por lo que no se ha podido realizar una selección de viviendas, para elegir las más interesantes con respecto a su ubicación.

El sistema de monitorización anteriormente descrito, se ha instalado en **dos viviendas** ubicadas en distintos edificios de similares características, pero ambas viviendas se encuentran a diferentes alturas.

- Vivienda 1: Ubicada en una cuarta planta
- <u>Vivienda 2</u>: Ubicada en una primera planta

En cada vivienda, se han seleccionado las habitaciones de **mayor uso** (depende de cada vivienda, el número de personas que habita en ella, etc) para el despliegue de cada sensor. Así lo más común, ha sido el salón y dormitorio principal. Como ubicaciones auxiliares han sido el dormitorio secundario y la cocina o trastero.

A continuación, se describe en detalle los dispositivos instalados en cada vivienda, los datos obtenidos y el histórico de actuaciones.

# **3.1.** <u>Vivienda 1</u>

#### 3.1.1. Dispositivos instalados

En esta vivienda se ha instalado los siguientes equipos:

- 1 equipo para lectura del consumo eléctrico
- 4 sensores de Temperatura y humedad
- 2 sensores de CO2

Lista de equipos instalados:

Tipo de dispositivo	Ubicación del dispositivo en la vivienda
[HX0-CE-C8G-A026] Concentrador	Salón
[OG2-TE-C8G-A433] Sensor de Temperatura y Humedad Relativa	Dormitorio2 pequeño



[OG2-TE-C8G-A457] Sensor de Temperatura y	Salón
Humedad Relativa	
[OG2-TE-C8G-A456] Sensor de Temperatura y	Dormitorio1 principal
Humedad Relativa	
[OG2-TE-C8G-A475] Sensor de Temperatura y	Estar-comedor
Humedad Relativa	
[OG2-TE-C8G-A511] Sensor de CO2	Dormitorio1 principal
[OG2-TE-C8G-A512] Sensor de CO2	Estar-comedor
,	
[OG2-TE-C8G-A420] Medidor de consumo	Registro eléctrico de entrada a la vivienda
eléctrico de la vivienda	

Ilustración 6. Lista de dispositivos instalados en vivienda 1.

Algunas fotos de la instalación de dichos equipos:











Ilustración 7. Fotos de la instalación en vivienda 1.

#### 3.1.2. Histórico de actuaciones

A continuación, se indican el histórico de instalaciones (visitas) realizadas a la vivienda:

Fecha	Descripción
13-12-2017	Instalación del sistema de monitorización en la vivienda.
09-04-2018	Revisión del equipo de lectura del consumo eléctrico y de los terminales de CO2.
23-07-2018	Desinstalación del sistema de monitorización.

Ilustración 8. Histórico de actuaciones en vivienda 1.

# 3.1.3. Datos monitorizados

El sistema de monitorización instalado registra cada 30 minutos las variables a medir (CO2, temperatura, humedad y consumo energético).

A continuación, se muestran las gráficas de los datos obtenidas en la vivienda:



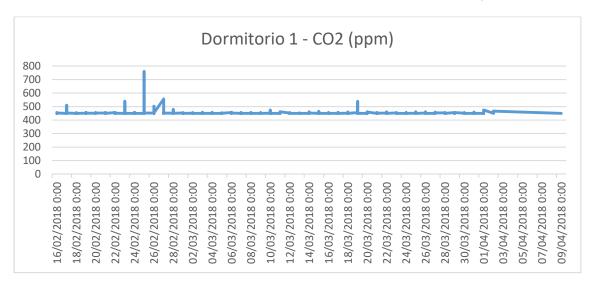


Ilustración 9. Vivienda 1 - Dormitorio principal – Medida de CO2

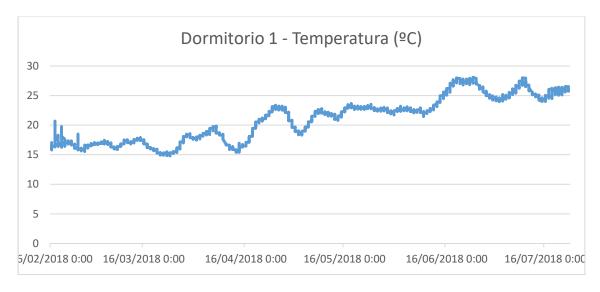


Ilustración 10. Vivienda 1 - Dormitorio principal – Medida de Temperatura



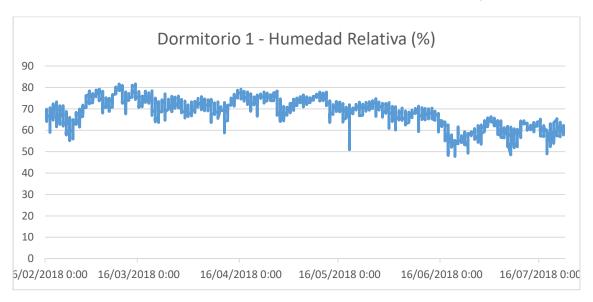


Ilustración 11. Vivienda 1 - Dormitorio principal – Medida de Humedad Relativa

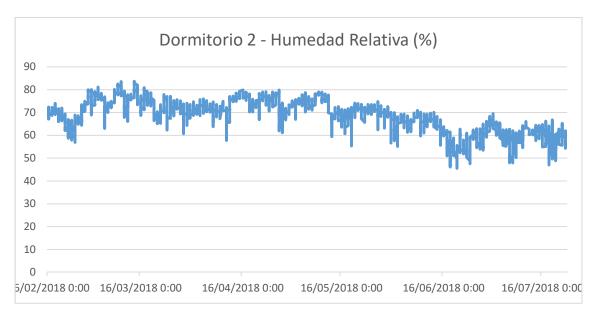


Ilustración 12. Vivienda 1 - Dormitorio secundario – Medida de Humedad Relativa



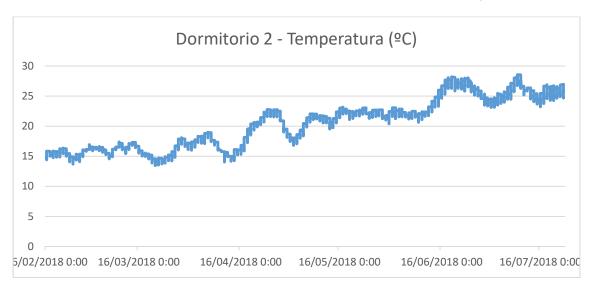


Ilustración 13. Vivienda 1 - Dormitorio secundario – Medida de Temperatura

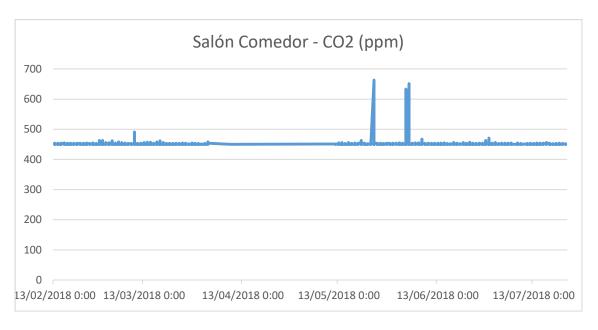


Ilustración 14. Vivienda 1 – Salón comedor – Medida de CO2



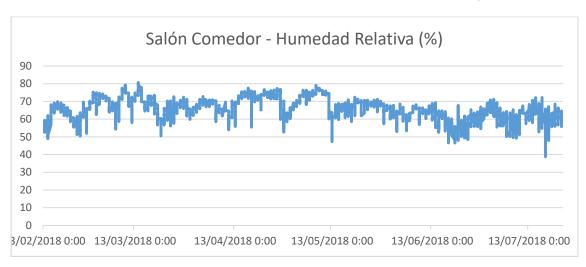


Ilustración 15. Vivienda 1 – Salón comedor – Medida de Humedad Relativa

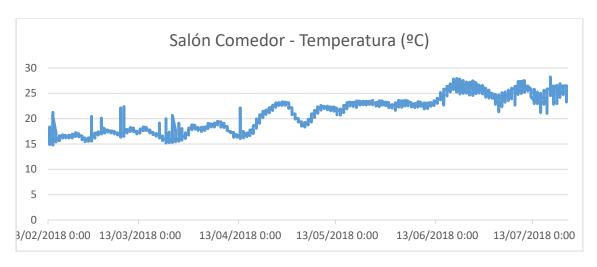


Ilustración 16. Vivienda 1 – Salón comedor – Medida de Temperatura



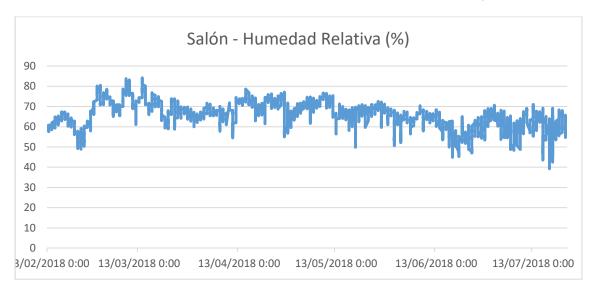


Ilustración 17. Vivienda 1 – Salón – Medida de Humedad Relativa

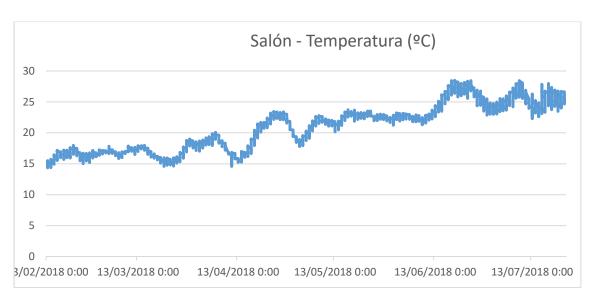


Ilustración 18. Vivienda 1 – Salón – Medida de Temperatura



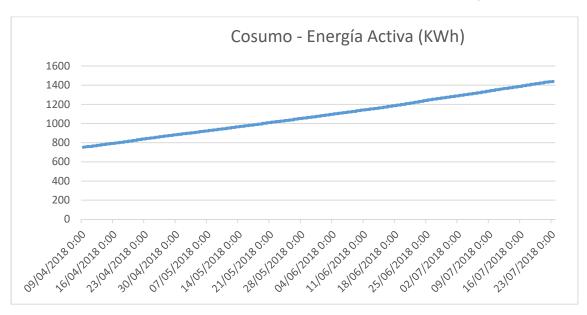


Ilustración 19. Vivienda 1 - Consumo Energía Activa (KWh)

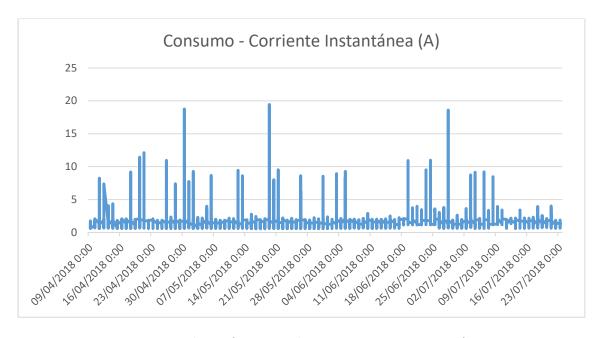


Ilustración 20. Vivienda 1 – Consumo corriente instantánea



# 3.2. <u>Vivienda 2</u>

## 3.2.1. Dispositivos instalados

En esta vivienda se han instalado los siguientes equipos:

- 4 sensores de Temperatura y humedad
- 2 sensores de CO2

Tipo de dispositivo	Ubicación del dispositivo en la vivienda
[HX0-CE-C8G-A027] Concentrador	Habitación trastero
[OG2-TE-C8G-A469] Sensor de Temperatura y Humedad Relativa	Salón
[OG2-TE-C8G-A473] Sensor de Temperatura y Humedad Relativa	Cocina
[OG2-TE-C8G-A514] Sensor de Temperatura y Humedad Relativa	Estudio
[OG2-TE-C8G-A428] Sensor de Temperatura y Humedad Relativa	Habitación trastero
[OG2-TE-C8G-A476] Sensor de CO2	Salón
[OG2-TE-C8G-A502] Sensor de CO2	Estudio
[OG2-TE-C8G-A420] Medidor de consumo eléctrico de la vivienda	No instalado a petición del propietario de la vivienda

Ilustración 21. Lista de dispositivos instalados en vivienda 2.

#### 3.2.2. Histórico de actuaciones

A continuación, se indican el histórico de instalaciones (visitas) realizadas a la vivienda:

Fecha	Descripción
12-06-2018	Instalación del sistema de monitorización en la vivienda. El equipo de lectura del consumo eléctrico no se instala por petición del propietario.

Ilustración 22. Histórico de actuaciones en vivienda 2



# 3.2.3. Datos monitorizados

El sistema de monitorización instalado registra cada 30 minutos las variables a medir (CO2, temperatura, humedad y consumo energético).

A continuación, se muestran las gráficas de los datos obtenidas en la vivienda:

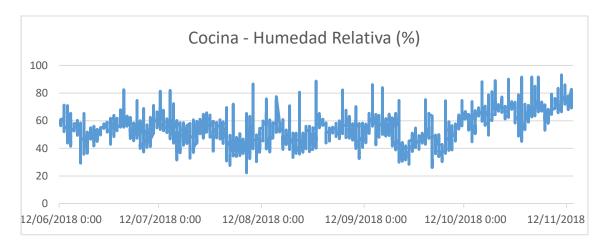


Ilustración 23. Vivienda 2 - Cocina - Medida de Humedad Relativa

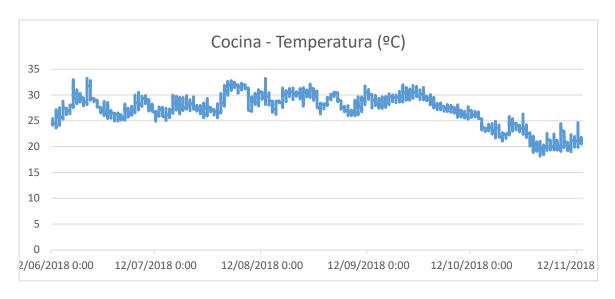
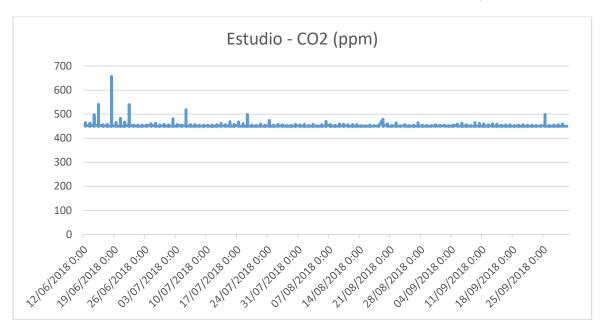


Ilustración 24. Vivienda 2 – Cocina – Medida de Temperatura





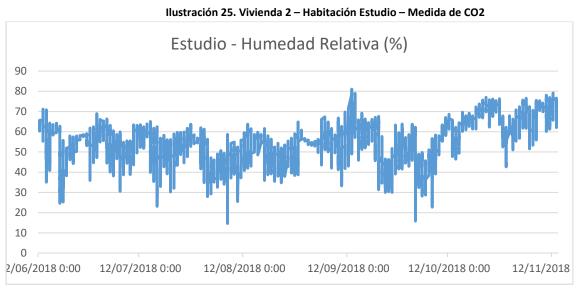


Ilustración 26. Vivienda 2 – Habitación Estudio – Medida de Humedad Relativa



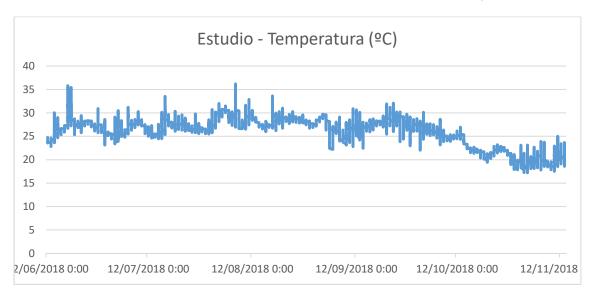


Ilustración 27. Vivienda 2 – Habitación Estudio – Medida de Temperatura

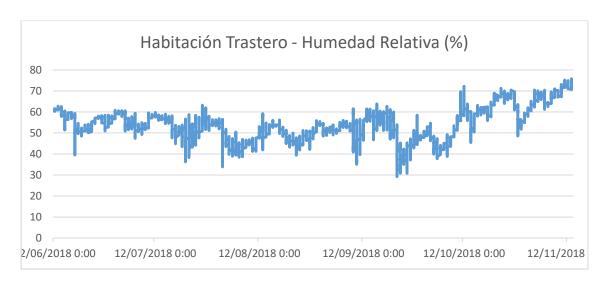


Ilustración 28. Vivienda 2 – Trastero – Medida de Humedad Relativa



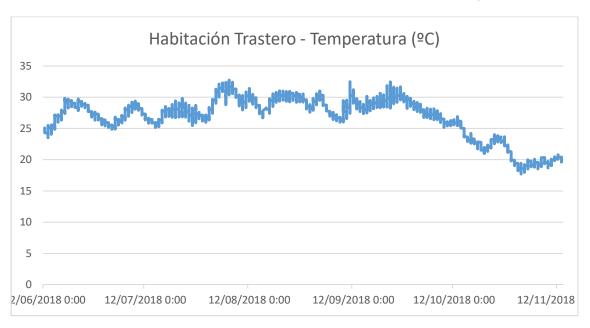


Ilustración 29. Vivienda 2 – Trastero – Medida de Temperatura

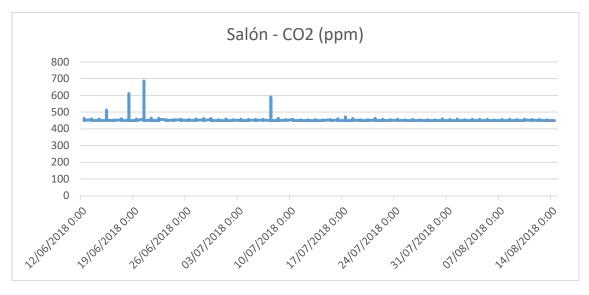


Ilustración 30. Vivienda 2 – Salón – Medida de CO2



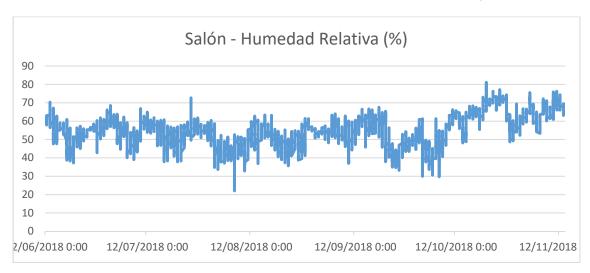


Ilustración 31. Vivienda 2 – Salón – Medida de Humedad Relativa

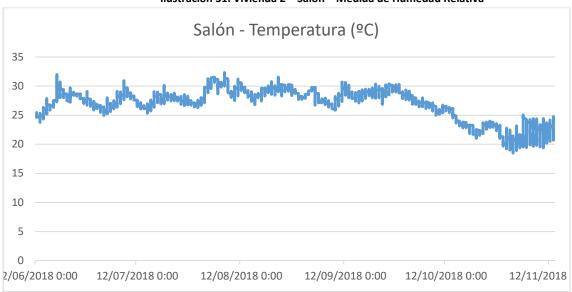


Ilustración 32. Vivienda 2 – Salón – Medida de Temperatura



# **DATOS DE CONTACTO**

**Antonio Torralba** 







Grupo de Ingeniería Electrónica – Departamento de Ingeniería Electrónica Escuela Técnica Superior de Ingenierías – AICIA 41092 Camino de los Descubrimientos s/n - Isla de la Cartuja – Sevilla