



GENERALITAT
VALENCIANA

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por
la Unión Europea

E2.1 Prototipo para sistemas innovadores y sistema de monitorización

**ROOFTILES II. Estudio de monitorización de soluciones
constructivas horizontales cerámicas para su evaluación
energética**

Castellón, junio 2023

Índice

1. Introducción.....	2
2. Diseño de los prototipos	2
2.1. Identificación de tipología de cubierta a rehabilitar	2
2.2. Definición de requerimientos exigibles.....	3
2.3. Planos técnicos	4
3. Configuración del sistema de monitorización	10
3.1. Dispositivos	10
3.2. Configuración de la plataforma	10
3.3. Implementación script y macros para el tratamiento de datos	14
4. Acondicionamiento de los prototipos.....	19
4.1. Incremento del aislamiento	19
4.2. Sistema de climatización.....	23

1. Introducción

Los objetivos de esta tarea consisten en:

O-2.1 Diseño de los prototipos

O-2.2 Configuración del sistema de monitorización

O-2.3 Fabricación del prototipo

2. Diseño de los prototipos

En esta tarea se procede a optimizar el diseño y a preparar los planos técnicos y modelado del nuevo prototipo para permitir la incorporación de sistemas cerámicos innovadores. Para ello se toma como referencia el análisis previo realizado sobre el tipo de cubierta existente a partir de la cual incorporar los diferentes sistemas para su rehabilitación así como los requerimientos exigibles.

2.1. Identificación de tipología de cubierta a rehabilitar

Se toma como referencia el análisis de tipología de cubiertas realizado para la construcción de los dos prototipos existentes. Por tanto, para la construcción del nuevo, se considera una tipología tipo representativa de los edificios entre los años 40 y 60, al tratarse de un periodo en el que los edificios se construían sin aplicación de normativa respecto a la eficiencia energética.

2.1.1. Cubierta de los años 40/60/80

Este tipo de cubierta plana se caracteriza por tener como elemento estructural un forjado horizontal de hormigón armado con capa de compresión y bovedillas de hormigón con 250mm de canto total. Sobre el forjado se dispone una formación de pendientes de hormigón aligerado, una capa de impermeabilización, mortero de agarre y un pavimento cerámico. A continuación, se muestra un listado de las características de los materiales que componen la cubierta tipo a rehabilitar:

Capas	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (Kg/m ³)	Calor específico (J/kgK)
Baldosa cerámica	0,02	1	2000	800
Capa de agarre, mortero de cemento	0,02	0.55	1125	1000
Capa de impermeabilización, betún fieltro	0,005	0.23	1100	1000
Hormigón de áridos ligeros	0,1	1.15	1700	1000
Forjado unidireccional, entrevigado hormigón	0,25	1.323	1330	1000
Enlucido de yeso	0,15	0.570	1150	1000
Total	0,410			

Tabla 1. Componentes de la cubierta y sus principales características (Fuente: IVE)

La transmitancia térmica de esta cubierta tipo a rehabilitar es: **U = 1,79 W/m²K**

Masa (kg/m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	Índice global de reducción acústica R (dBA)	Nivel global presión ruido impactos nom R (dB)	Espesor E (mm)
585	1,79	63	72	410

Tabla 2. Características técnicas cubierta (Fuente: IVE)

2.2. Definición de requerimientos exigibles

Tras el análisis de la cubierta tipo a contemplar en los prototipos se ha procedido a definir los requerimientos, que serán los mismos que los exigidos a los dos prototipos existentes (A y B).

2.2.1. Ubicación, dimensiones, materiales

Al igual que los prototipos A y B, se ha seleccionado la cubierta del edificio del ITC ubicado en la Universitat Jaume I, al disponer de una cubierta transitable que garantiza la incidencia de la radiación solar y permite disponer de unas condiciones de seguridad.

La instalación del prototipo en la cubierta de un edificio implica una serie de consideraciones a tener en cuenta en el diseño. En este caso, el requerimiento más restrictivo ha sido el peso que puede instalarse sobre la cubierta, ya que no puede superar las sobrecargas de peso propio y uso consideradas en proyecto del edificio.

Debido a esta limitación, ha sido necesario realizar una adaptación de los materiales a emplear en la fabricación de los prototipos y limitar su dimensión, con el objetivo de reducir el peso total del prototipo a instalar sobre la cubierta del edificio.

Al igual que los prototipos A y B, para conseguir una reducción del peso, se ha sustituido el forjado y la capa de hormigón por una losa de hormigón y por otra parte, se ha incorporado una capa de material aislante con el espesor necesarios para obtener la misma transmitancia térmica que en la cubierta de tipo seleccionada.

A continuación, se muestra un listado con las características de los materiales empleados en la construcción de la cubierta del prototipo, así como sección de la solución constructiva definida:

Material	Conductividad (W/mK)	Densidad (Kg/m ³)	Calor específico (J/kg K)
Baldosa cerámica	1	2.000	800
Mortero de cemento	0,55	1.125	1.000
Hormigón en masa	1,65	2.100	1.000

XPS (aislante)	0,035	33	1.000
----------------	-------	----	-------

Tabla 3. Características técnicas materiales

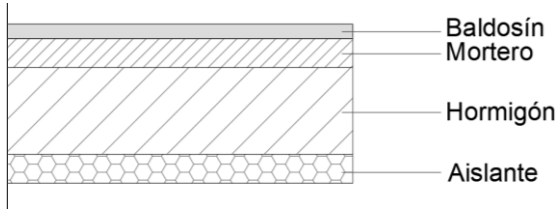


Ilustración 1. Detalle sección constructiva de la cubierta del prototipo

La transmitancia térmica de la solución constructiva implementada el tercer prototipo es de **U=1,77 W/m²*K**, tal y como se muestra en el cálculo realizado con la herramienta LIDER.

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,010	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
3	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,060	1,650	2150	1000	
4	XPS Kerdiboard	0,012	0,035	33	1000	
5						

Grupo Material: Aislantes
 Material: XPS Kerdiboard
 0,012 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M: 1,68 [W/m²K]
 U_C: 1,77 [W/m²K]

Ilustración 2. Cálculo de la transmitancia térmica (Fuente: herramienta LIDER)

2.3. Planos técnicos

Para la construcción del tercer prototipo se han utilizado los planos técnicos y modelado 3D de los prototipos existentes con la integración de los sistemas de cubiertas propuestos. Para el cerramiento y aislamiento de las paredes y suelo de los prototipos se han empleado paneles aislantes tipo sándwich de 50mm de espesor. A continuación se muestran los planos con los componentes y sensores incorporados.

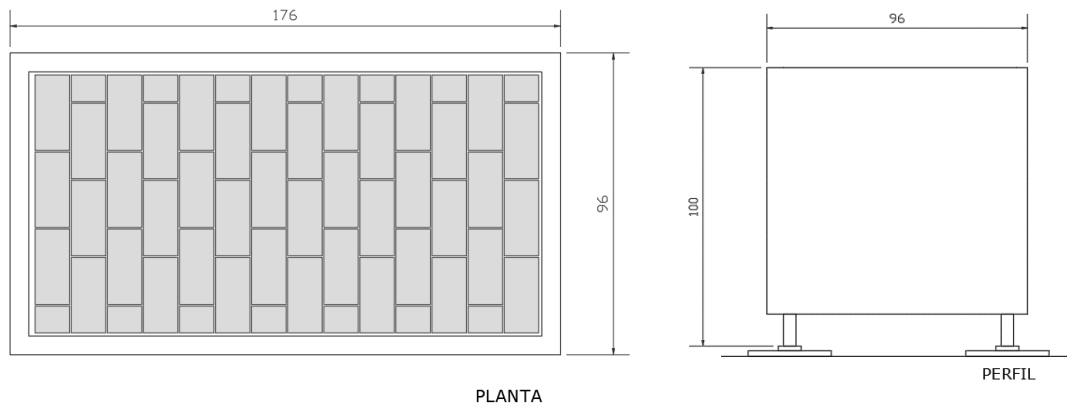


Ilustración 3. Planta y alzado del prototipo

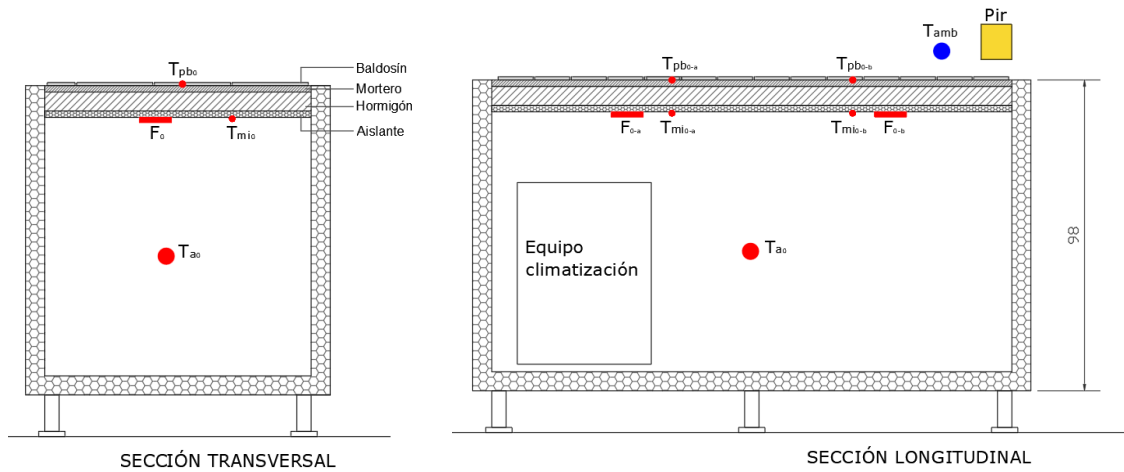


Ilustración 4. Sección transversal y longitudinal con detalle de los sensores instalados

2.3.1. Modelo 3d

Por último, se muestra el proceso de montaje del tercer prototipo: subestructura, solución constructiva de cubierta de los años 40/60 y cerramiento con panel aislante.

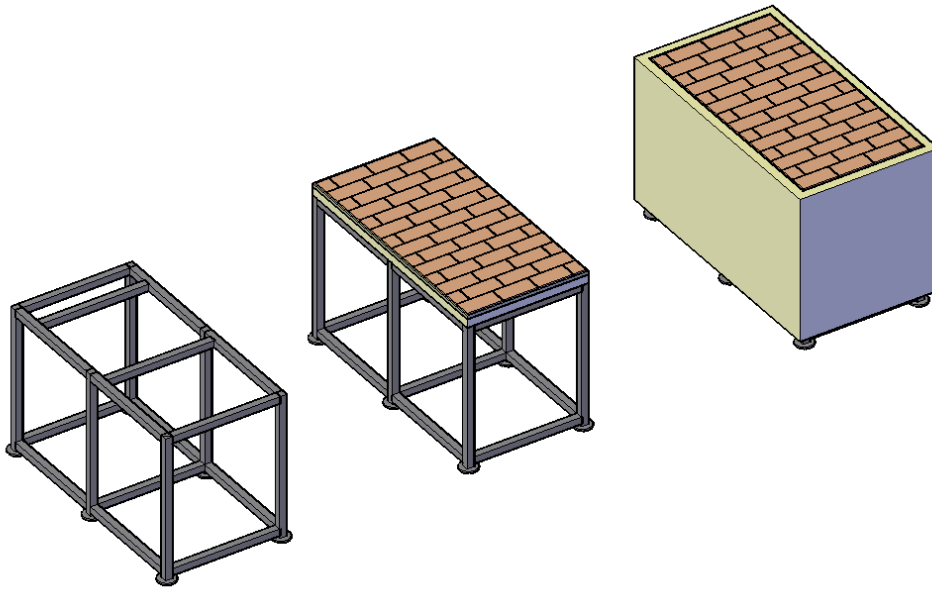


Ilustración 5. Axonometría del proceso constructivo

2.3.2. Planos prototipos rehabilitados

Una vez construido el tercer prototipo con la cubierta tipo definida, se procede a la incorporación de las diferentes soluciones constructivas de rehabilitación a analizar.

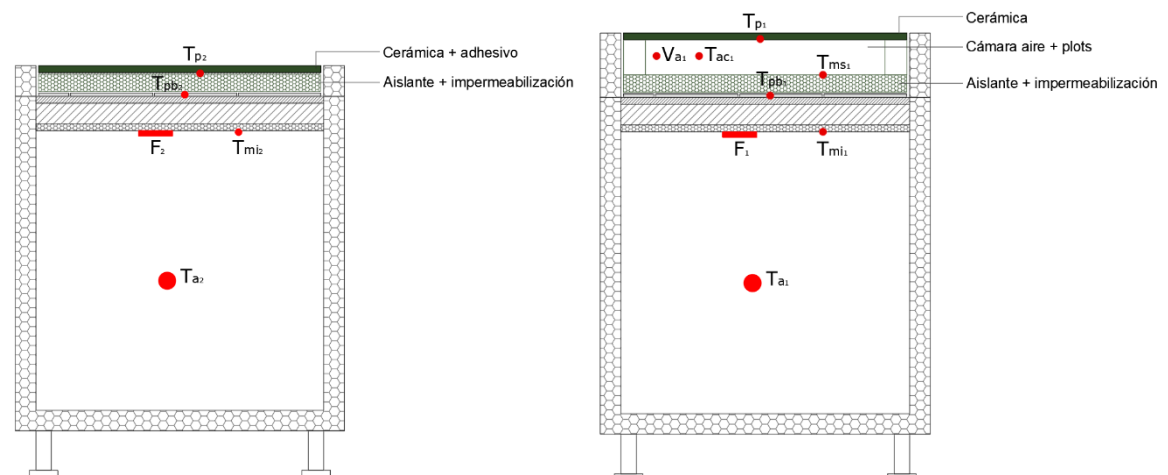


Ilustración 6. Sistema de rehabilitación mediante aplacado (izq.) y mediante pavimento sobreelevado (dcha.). Secciones transversales con detalles de los sensores.

2.3.3. Planos de los tres prototipos

A los dos prototipos existentes (A y B) se les ha añadido un tercero (REF) de las mismas características (dimensiones, materiales, orientación, etc.). Este tercer prototipo se ha situado al oeste del prototipo B, completando con él el conjunto de tres prototipos previstos para la monitorización de sistemas en el presente proyecto.

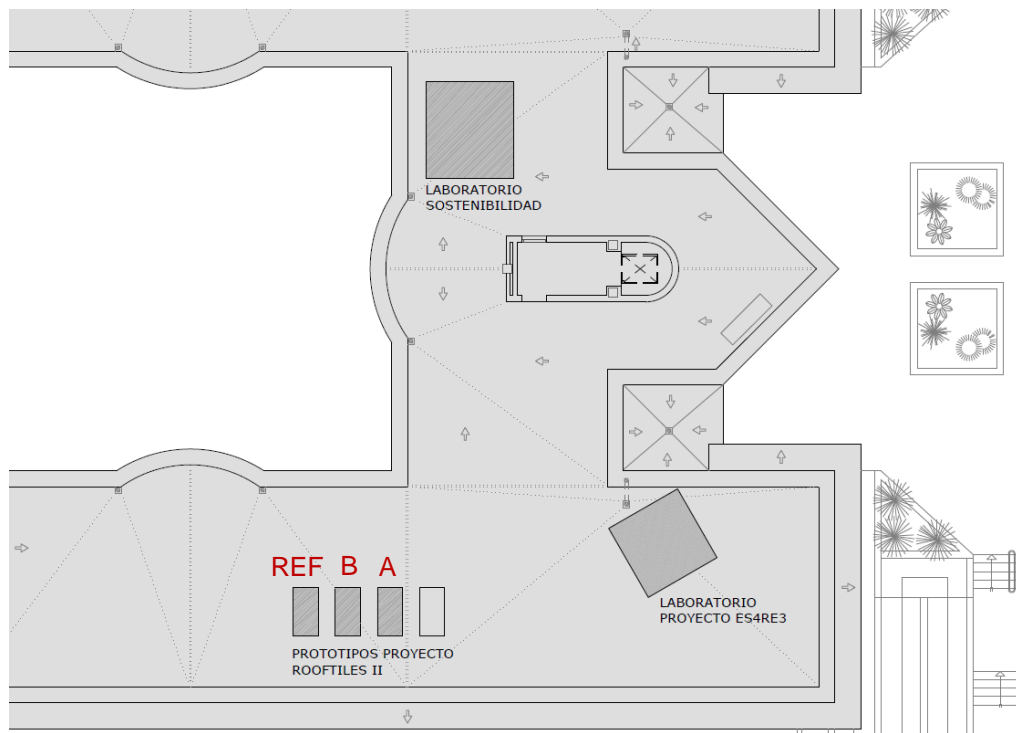


Ilustración 7. Plano ubicación prototipos en la cubierta del edificio del ITC

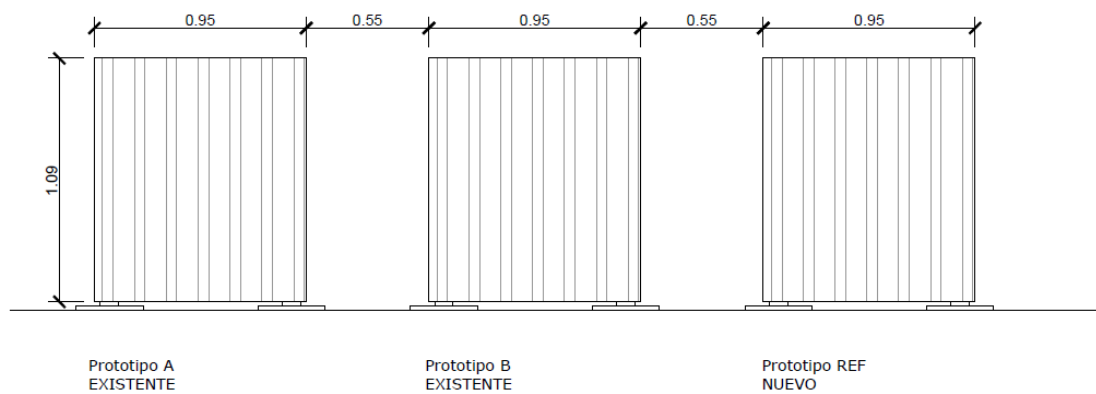


Ilustración 8. Alzado de los tres prototipos

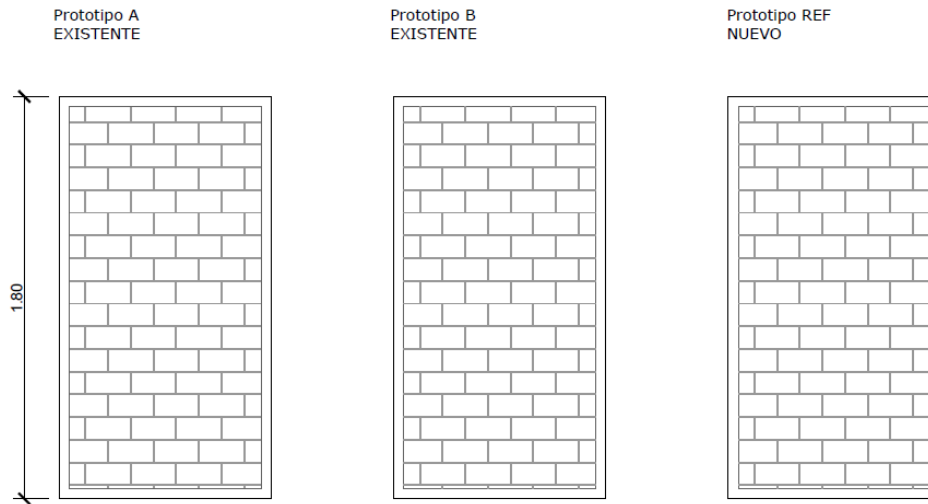


Ilustración 9. Planta de los tres prototipos

A continuación, se muestra algunas imágenes del proceso de fabricación y montaje del tercer prototipo:



Ilustración 10. Montaje del tercer prototipo

Por último, se muestran algunas fotografías del estado de los tres prototipos una vez finalizado el montaje del tercero:



Ilustración 11

3. Configuración del sistema de monitorización

Para llevar a cabo la monitorización de los prototipos, se ha implementado un sistema de adquisición de datos (basado en módulos ADAM) que permite recoger los valores generados por los sensores instalados en cada uno de los prototipos. A continuación, se describen los dispositivos empleados y las tareas realizadas para configurar el sistema de monitorización, visualización y captación de los datos a través de la plataforma.

3.1. Dispositivos

En primer lugar, se empleó el armario portátil diseñado para facilitar la conexión de los sensores y diversos dispositivos de medida que forman parte del sistema. Este armario cuenta con un switch, un router y cuatro data loggers. El router, de la marca Mikrotik, se encarga de proporcionar conectividad a los sensores conectados a la caja. Ha sido programado para establecer una conexión VPN con la plataforma IoT, asegurando así una conectividad constante. Puede utilizar Wifi como opción prioritaria y, en caso de ausencia de cobertura, cambiar automáticamente a 4G/3G para mantener la conexión.

Además, se han instalado los módulos ADAM que funcionan como data loggers. Estos dispositivos tienen la función de traducir señales analógicas a señales digitales y enviar los datos a través del protocolo MQTTs a ThingsBoard, la plataforma IoT encargada de almacenar, procesar y visualizar los datos.

3.2. Configuración de la plataforma

Otra de las tareas realizadas fue la configuración de los dispositivos en la plataforma ThingsBoard. La plataforma dispone de una herramienta llamada 'Cadena de reglas', que permite programar las reglas de actuación cuando llegan los datos. Estas reglas facilitan el procesamiento y adaptación de los datos a las necesidades del dispositivo conectado.

En este caso, se han creado las reglas necesarias para llevar a cabo el escalado de los datos, así como las reglas para generar alertas en caso de errores o desviaciones en los datos enviados por los ADAMS. Finalmente, se han programado instrucciones para que los usuarios puedan adaptar las reglas sin necesidad de conocimientos de programación.

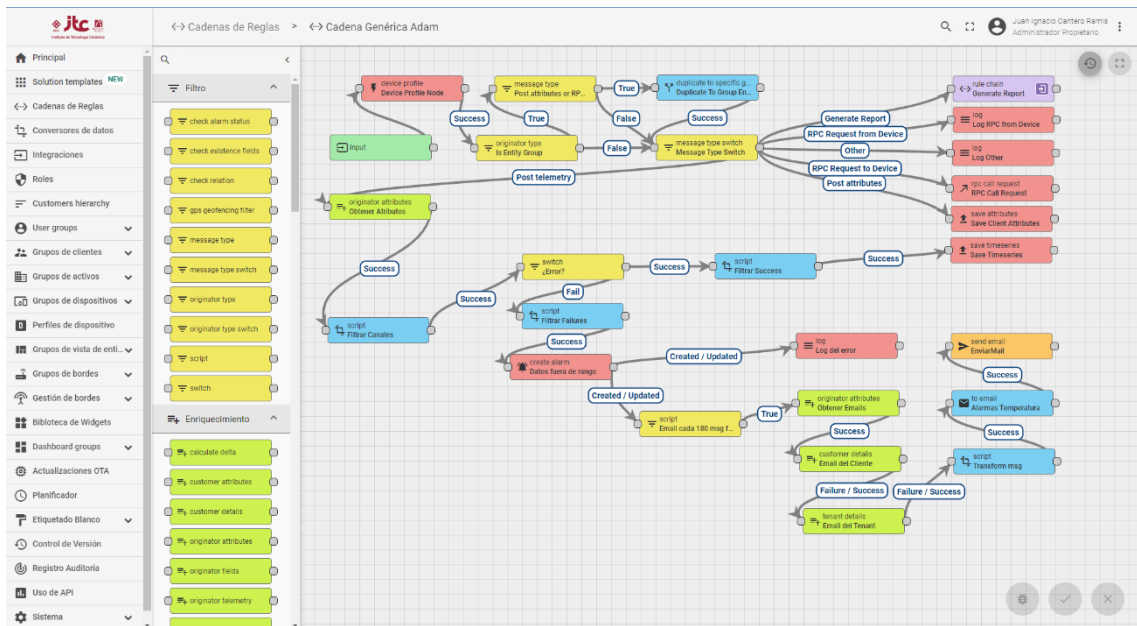


Ilustración 12. Cadena de reglas de la plataforma

Una vez creadas las reglas, se ha procedido a dar de alta los dispositivos. Este proceso incluye la configuración de los datos de acceso de cada dispositivo (usuario y contraseña), la parametrización de las reglas creadas anteriormente para las alarmas, los nombres que se le desea dar a cada variable que se recibe del sensor, así como los diferentes permisos de acceso a los datos según el usuario que se conecte a la plataforma.

Nombre	Device profile	Cliente Asignado	Email Alarma	Última Conexión	On	Canales Configurados	Última Conexión
ADAM 6018+ (SB10)	MQTT Adam Genérica		jorge.corrales@itc.uji.es	21/9/2023, 10:29:18	☐	Adam1_Canal01 a1:10.80.0.0 Adam1_Canal01 a2:10.80.0.0 Adam1_Canal02 a3:10.80.0.0 Adam1_Canal03 a4:10.80.0.0 Adam1_Canal04 a5:10.80.0.0 Adam1_Canal05 a6:10.80.0.0 Adam1_Canal06 a7:10.80.0.0 Adam1_Canal07 a8:10.80.0.0 Adam1_Canal08 a9:10.80.0.0 Adam1_Canal09 a10:10.80.0.0	18/9/2023, 13:04:20
ADAM 6018+ (SB1E)	MQTT Adam Genérica		jorge.corrales@itc.uji.es	21/9/2023, 10:29:28	☐	Adam2_Canal01 a1:10.80.0.0 Adam2_Canal02 a2:10.80.0.0 Adam2_Canal03 a3:10.80.0.0 Adam2_Canal04 a4:10.80.0.0 Adam2_Canal05 a5:10.80.0.0 Adam2_Canal06 a6:10.80.0.0 Adam2_Canal07 a7:10.80.0.0 Adam2_Canal08 a8:10.80.0.0 Adam2_Canal09 a9:10.80.0.0 Adam2_Canal10 a10:10.80.0.0	18/9/2023, 13:04:20
ADAM 6018+ (SB34)	MQTT Adam Genérica		jorge.corrales@itc.uji.es	21/9/2023, 10:29:37	☐	Adam3_Canal01 a1:10.80.0.0 Adam3_Canal02 a2:10.80.0.0 Adam3_Canal03 a3:10.80.0.0 Adam3_Canal04 a4:10.80.0.0 Adam3_Canal05 a5:10.80.0.0 Adam3_Canal06 a6:10.80.0.0 Adam3_Canal07 a7:10.80.0.0 Adam3_Canal08 a8:10.80.0.0 Adam3_Canal09 a9:10.80.0.0 Adam3_Canal10 a10:10.80.0.0	18/9/2023, 13:04:20
ADAM 6018+ (F516)	MQTT Adam Genérica		jorge.corrales@itc.uji.es	21/9/2023, 10:29:48	☐	Adam5_Canal01 a1:10.80.0.0 Adam5_Canal02 a2:10.80.0.0 Adam5_Canal03 a3:10.80.0.0 Adam5_Canal04 a4:10.80.0.0 Adam5_Canal05 a5:10.80.0.0 Adam5_Canal06 a6:10.80.0.0 Adam5_Canal07 a7:10.80.0.0 Adam5_Canal08 a8:10.80.0.0 Adam5_Canal09 a9:10.80.0.0 Adam5_Canal10 a10:10.80.0.0	18/9/2023, 13:04:20
ADAM 6217 (F465)	MQTT Adam Genérica		jorge.corrales@itc.uji.es	21/9/2023, 10:29:06	☐	Adam4_Canal01 a1:1900.1400?res=*0.31383088+0 Adam4_Canal02 a2:1900.000?res=*16.50165+0 Adam4_Canal03 a3:1900.000?res=*10.31384+0 Adam4_Canal04 a4:1900.000?res=*16.108059+0 Adam4_Canal05 a5:1900.000?res=*16.229+0 Adam4_Canal06 a6:10.80.0.0?res=*22.5+0 Adam4_Canal07 a7:10.80.0.0?res=*10.3129+0 Adam4_Canal08 a8:10.80.0.0?res=*10.3129+0 Adam4_Canal09 a9:10.80.0.0?res=*10.3129+0 Adam4_Canal10 a10:10.80.0.0?res=*10.3129+0	18/9/2023, 13:04:16

Ilustración 13. Configuración de los dispositivos en la plataforma

Ilustración 14. Configuración de los dispositivos en la plataforma

Por otro lado, también se configuraron las relaciones. Las relaciones es una herramienta que permite asociar los dispositivos a activos físicos dados de alta en la plataforma. Esto permite gestionar y administrar los activos, sus atributos y los datos que aportan los sensores relacionados al activo.

Nombre de entidad	Tipo de entidad	Etiqueta	Activo	Creación	Última Actividad	Última Conexión	Última Desconexión	Alarma de inactividad
IoT 01 - MikroTik	Dispositivo	MikroTik	🔴	2022-11-09 12:53:00	7/11/2023, 9:44:21	7/11/2023, 9:44:21	7/11/2023, 9:44:21	6/9/2023, 11:01:57
ADAM 6018+ (5B1E)	Dispositivo	ADAM 6018+	🔴	2022-08-30 14:23:14	21/9/2023, 10:29:28	18/9/2023, 13:04:20	21/9/2023, 10:29:28	21/9/2023, 10:39:50
ADAM 6018+ (5B34)	Dispositivo	ADAM 6018+	🔴	2022-08-30 14:23:56	21/9/2023, 10:29:37	18/9/2023, 13:04:20	21/9/2023, 10:29:37	21/9/2023, 10:39:50

Ilustración 15. Configuración de la caja IloT 01 en la plataforma

Por último, se dieron de alta los usuarios. Se creó un usuario con el rol de IP que permite gestionar tanto los dispositivos, como los activos y usuarios que forman parte del proyecto. También se dieron de alta los usuarios encargados de generar los Dashboards. Además, se crearon los usuarios de las empresas con los permisos de visualización a los Dashboards del proyecto.

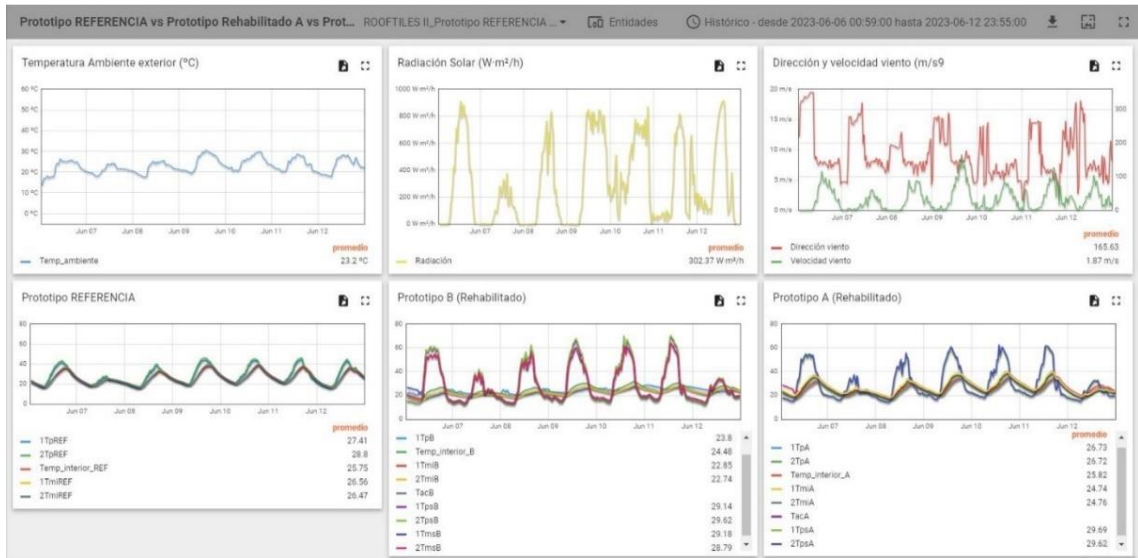


Ilustración 16. Plataforma visualización de datos durante periodo de monitorización (Dashboard)



Ilustración 17. Plataforma visualización de datos durante periodo de monitorización preparado para las empresas participantes (Dashboard)

3.3. Implementación script y macros para el tratamiento de datos

Para una fácil explotación de los datos recogidos por el sistema ThingsBoard, es necesario que los datos se puedan descargar diariamente y con un intervalo entre datos de tan sólo un minuto.

La plataforma proporciona datos siempre y cuando no se exceda un máximo, por ello cuando se visualizan los datos de un día los promedia a intervalos mayores de 1 minuto (2, 5 o incluso más según el tiempo a representar) que es lo que deseamos ver.

Por ello, se requieren dos acciones, en primer lugar, se necesita desarrollar un script/programa que se ejecute cada día que permita obtener los datos en texto diariamente y minuto a minuto. En segundo lugar, para poder explotar los datos se necesita crear una macro de Microsoft Excel para que se incorporen los datos del día que se quiera en una plantilla que permita de manera automática obtener la información deseada.

3.3.1. Script para la obtención de los datos diarios

Se crea un script de Powershell, que permite comunicar mediante la API que incorpora el producto ThingsBoard con la plataforma para poder consultar los datos con periodicidad de un minuto. Dado el límite que tiene ThingsBoard al recuperar los datos se debe realizar este script de manera iterativa hasta conseguir todos los datos del día deseado en formato de fichero de texto.

API (<https://tb.itc-iot.com/api>)

Mediante las siguientes consultas podemos obtener para cada dispositivo ADAM los datos que le solicitamos en los parámetros pasados:

Obtención de token: `https://tb.itc-iot.com/api/auth/login -Headers $head -Method Post -Body $paramsbody`

Obtención de dispositivos: `https://tb.itc-iot.com:443/api/tenant/devices?pageSize=10&page=0&sortProperty=name`

Obtención de los keys para cada dispositivo: `https://tb.itc-iot.com:443/api/plugins/telemetry/" + $d.id.entityType + "/" + $d.id.id + "/keys/timeseries`

Obtención de los datos: `https://tb.itc-iot.com:443/api/plugins/telemetry/DEVICE/" + $d.id.id + "/values/timeseries?keys=" + $todaslaskeys + "&startTs=" + $fechaini_unixtime + "000&endTs=" + $fechainc_unixtime + "000&interval=60000&agg=AVG&orderBy=ASC`

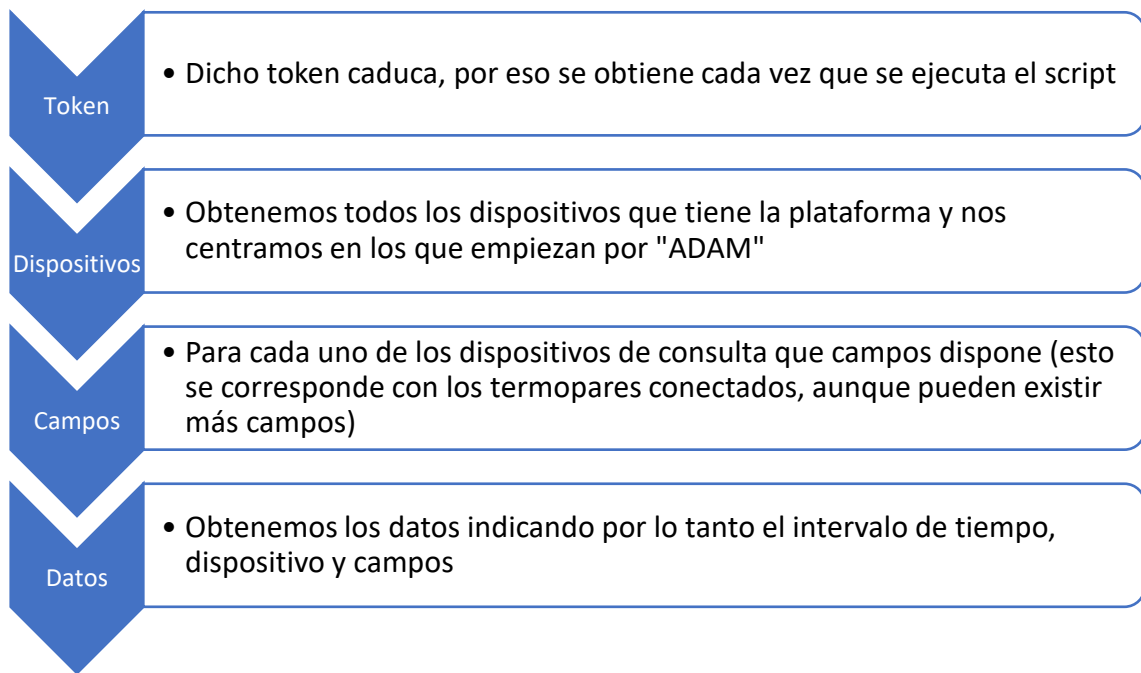


Ilustración 18. Secuencia para la obtención de datos de la plataforma

Como se puede observar en las distintas consultas que deben ser lanzadas a la plataforma, la forma de obtener los datos es una secuencia en la que primero debemos obtener un "token" que nos autentifica dentro de la plataforma. El siguiente paso es obtener que dispositivos dispone la plataforma y para cada uno de ellos se solicita que "keys" o campos dispone, es decir, campos pueden ser temperatura ambiente, etc. Una vez tenemos el dispositivo y sus campos debemos lanzar una última consulta en la que indicaremos la franja de tiempo que deseamos obtener de un dispositivo en concreto y de los campos deseados. Además, como se ha mencionado anteriormente, la franja de tiempo estará limitada al número de datos que puede descargar la plataforma (por pruebas realizadas parece ser el límite unos 50000 datos, en el script se limita a 30000 cada vez).

Por otra parte, se ha preparado una versión distinta de este script para que sea capaz de recopilar todos los logs desde una fecha hasta otra fecha indicadas (datos históricos). El script de datos históricos consiste en la repetición en bucle del script diario indicando una fecha de inicio y una fecha de fin. Dicho script crea en la carpeta indicada todos los ficheros de texto con el nombre del día (ddmmaaaa.txt).

3.3.2. Macro para la representación y cálculos de los datos diarios

Una vez tenemos los ficheros de texto, con un día por fichero y en su interior un intervalo de minuto a minuto, se debe explotar dicha información. Para ello, se realiza una plantilla de cálculos alimentada por una macro que automatiza la carga de dichos datos.

La macro se realiza de manera que su funcionamiento sea muy sencillo. Al abrir el libro Excel de la macro (que incorpora ya la plantilla con todos los cálculos relacionados) se observa en su primera hoja un botón para la carga de los datos “Cargar datos ADAM’s...”.

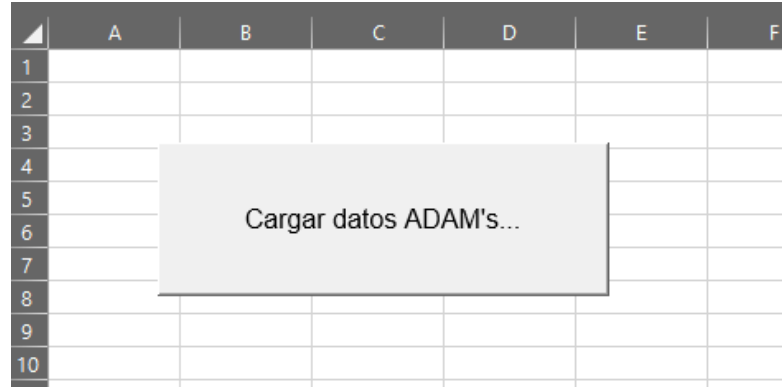


Ilustración 19. Imagen del botón que ejecuta la macro para la carga de los datos diarios.

Para cargar los datos, se selecciona el fichero del día deseado y de forma automática se completan los cálculos predefinidos. Para evitar errores en este proceso, para todos los cálculos se referencia al campo en concreto “Tamb”, “1TpA”, etc, independientemente de la columna en la que se carguen dichos campos. Durante la carga de los datos también se reemplaza el valor cuando se encuentran valores del tipo “888888” o “999.999” que son datos erróneos. Para que se sigan calculando correctamente los promedios y a la vez se representen las gráficas correctamente se decide que se carguen dichos valores en el Excel como “=NAD()”. Esta da como resultado un error de valor que la gráfica puede interpolar con los datos anteriores y posteriores y a la vez los cálculos no lo tendrán en cuenta.

Por otra parte, en dicha macro se prepara una hoja Excel llamada “Salud-Datos” con el objetivo de ver de un solo vistazo si los datos cargados son de utilidad. De esta forma, es posible disponer de información sobre el número de datos válidos de los que se dispone para cada campo, así como también el número de datos que se sale del rango correcto de dichos campos. De esta manera, podemos seleccionar los días que disponen de los datos completos.

Salud de los datos			
Parámetro	Total valores	Valores incorrectos	Valores fuera de rango
1TpB	1436	4	4
1TpA	1436	4	4
2TpA	1436	4	4
1TpREF	1436	4	4
2TpREF	1436	4	4
TiB	1436	4	4
TiA	1436	4	4
TiREF	1436	4	4
1TmiB	1436	4	4
2TmiB	1436	4	4
1TmiA	1436	4	4
2TmiA	1436	4	4
1TmiREF	1436	4	4
2TmiREF	1436	4	4
TacB	1436	4	4
1TpsB	1436	4	4
2TpsB	1436	4	4
1TpsA	1436	4	4
2TpsA	1436	4	4
1TmsB	1436	4	4
2TmsB	1436	4	4
1TmsA	1436	4	4
2TmsA	1436	4	4
Radiación solar	1427	13	13
Flujo B1	1413	27	27
Flujo A1	1412	28	28
Flujo REF1	1436	4	4
Tamb	1436	4	4
Dirección viento	1387	53	53
Velocidad viento	1436	4	4
F446-ai1	1436	4	4
F446-ai2	1436	4	4
F446-ai3	1436	4	4
F446-ai4	1436	4	4
F446-ai5	1436	4	4
F446-ai6	1436	4	4
F446-ai7	1436	4	4
F446-ai8	1440	0	0

Ilustración 20. Vista de Salud de datos en macro de Excel. Nos sirve para desestimar datos incompletos.

Otra funcionalidad implementada en la macro consiste en cargar de manera automática la hora de salida y puesta del sol según el día de los datos cargados. Esta funcionalidad se vale de los listados existentes en la página del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (<https://cdn.mitma.gob.es/porta1-web-drupal/salidapuestasol/2022/Castellon-2022.txt>), donde se dispone de distintas tablas para cada año en la localidad indicada. Se descargan previamente los listados correspondientes a la localidad de Castellón y en los años 2022, 2023, 2024 y 2025. Dichas tablas se adaptan a un formato concreto y se ponen en una hoja llamada "SOL" desde la que la macro leerá la hora y minuto tanto de la salida como la puesta del sol. Estos datos son necesarios para poder realizar los cálculos según si es noche o día.

CASTELLON DE LA PLANA/CASTELLÓ DE LA PLA SALIDA Y PUESTA DE SOL PARA 2022
 Latitud y longitud: 39 59 15, - 0 2 8
 Año 2022 Hora oficial en la península y Baleares

Observatorio Astronómico Nacional
 Instituto Geográfico Nacional
 Ministerio de Fomento, España

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviemb.	Diciemb.
Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort
h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	822 1746	809 1819	734 1852	744 2024	700 2055	634 2123	635 2133	658 2114	728 2032	756 1943	729 1758	803 1735
2	822 1746	808 1820	732 1853	743 2025	659 2056	633 2124	636 2133	659 2113	729 2030	757 1941	730 1757	804 1735
3	822 1747	807 1822	731 1854	741 2026	658 2057	633 2124	636 2133	700 2112	730 2029	758 1940	731 1756	805 1735
4	822 1748	806 1823	729 1855	740 2027	657 2058	632 2125	637 2132	701 2111	731 2027	759 1938	732 1754	805 1735
5	822 1749	805 1824	728 1856	738 2028	656 2059	632 2126	637 2132	702 2110	732 2025	800 1936	734 1753	806 1735
6	822 1750	804 1825	726 1857	736 2029	654 2100	632 2126	638 2132	703 2108	732 2024	801 1935	735 1752	807 1735
7	822 1751	803 1826	725 1858	735 2030	653 2101	632 2127	638 2132	704 2107	733 2022	802 1933	736 1751	808 1735
8	822 1752	802 1828	723 1859	733 2031	652 2102	631 2127	639 2131	705 2106	734 2021	803 1932	737 1750	809 1735
9	822 1753	800 1829	721 1901	732 2032	651 2103	631 2128	640 2131	706 2105	735 2019	804 1930	738 1749	810 1735
10	822 1754	759 1830	720 1902	730 2033	650 2104	631 2128	640 2131	707 2104	736 2017	805 1928	739 1748	811 1735
11	821 1755	758 1831	718 1903	729 2034	649 2105	631 2129	641 2130	708 2102	737 2016	806 1927	740 1747	812 1735
12	821 1756	757 1832	717 1904	727 2035	648 2106	631 2129	642 2130	709 2101	738 2014	807 1925	742 1746	812 1735
13	821 1757	756 1833	715 1905	726 2036	647 2107	631 2130	642 2129	710 2100	739 2012	808 1924	743 1746	813 1735
14	820 1758	754 1835	714 1906	724 2037	646 2108	631 2130	643 2129	711 2058	740 2011	809 1922	744 1745	814 1735
15	820 1759	753 1836	712 1907	723 2038	645 2108	631 2131	644 2128	712 2057	741 2009	810 1921	745 1744	815 1736
16	820 1800	752 1837	710 1908	721 2039	644 2109	631 2131	645 2127	713 2056	742 2007	811 1919	746 1743	815 1736
17	819 1801	751 1838	709 1909	720 2040	643 2110	631 2131	645 2127	714 2054	743 2006	813 1918	747 1742	816 1736
18	819 1803	749 1839	707 1910	718 2042	642 2111	631 2132	646 2126	714 2053	744 2004	814 1916	748 1742	817 1737
19	818 1804	748 1841	705 1911	717 2043	642 2112	631 2132	647 2125	715 2051	745 2002	815 1915	750 1741	817 1737
20	818 1805	747 1842	704 1912	715 2044	641 2113	631 2132	648 2125	716 2050	746 2001	816 1914	751 1740	818 1738
21	817 1806	745 1843	702 1913	714 2045	640 2114	631 2132	649 2124	717 2049	747 1959	817 1912	752 1740	818 1738
22	817 1807	744 1844	701 1914	712 2046	639 2115	632 2133	650 2123	718 2047	748 1958	818 1911	753 1739	819 1739
23	816 1808	742 1845	659 1915	711 2047	639 2116	632 2133	650 2122	719 2046	749 1956	819 1909	754 1739	819 1739
24	815 1810	741 1846	657 1916	710 2048	638 2117	632 2133	651 2122	720 2044	749 1954	820 1908	755 1738	820 1740
25	815 1811	740 1847	656 1917	708 2049	637 2117	633 2133	652 2121	721 2043	750 1953	821 1907	756 1738	820 1740
26	814 1812	738 1848	654 1918	707 2050	637 2118	633 2133	653 2120	722 2041	751 1951	822 1905	757 1737	820 1741
27	813 1813	737 1850	652 1919	706 2051	636 2119	633 2133	654 2119	723 2040	752 1949	823 1904	758 1737	821 1742
28	812 1814	735 1851	651 1920	704 2052	635 2120	634 2133	655 2118	724 2038	753 1948	825 1903	759 1736	821 1742
29	811 1815		649 2021	703 2053	635 2121	634 2133	656 2117	725 2037	754 1946	826 1902	801 1736	821 1743
30	811 1817		748 2022	702 2054	634 2121	635 2133	657 2116	726 2035	755 1944	827 1800	802 1736	822 1744
31	810 1818		746 2023		634 2122		658 2115	727 2033		728 1759		822 1745
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m

Se ha considerado el horario adelantado desde el último domingo de marzo al último domingo de octubre. Las coordenadas vienen dadas en grados, minutos y segundos, siendo la longitud positiva al Este y negativa al Oeste del meridiano cero.

Ilustración 21. Ejemplo de fichero de salida y puesta del sol del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Finalmente, se ha generado otra macro que permite agrupar los balances de los datos diarios, con el objetivo de obtener una tabla con el resumen de todos los datos.

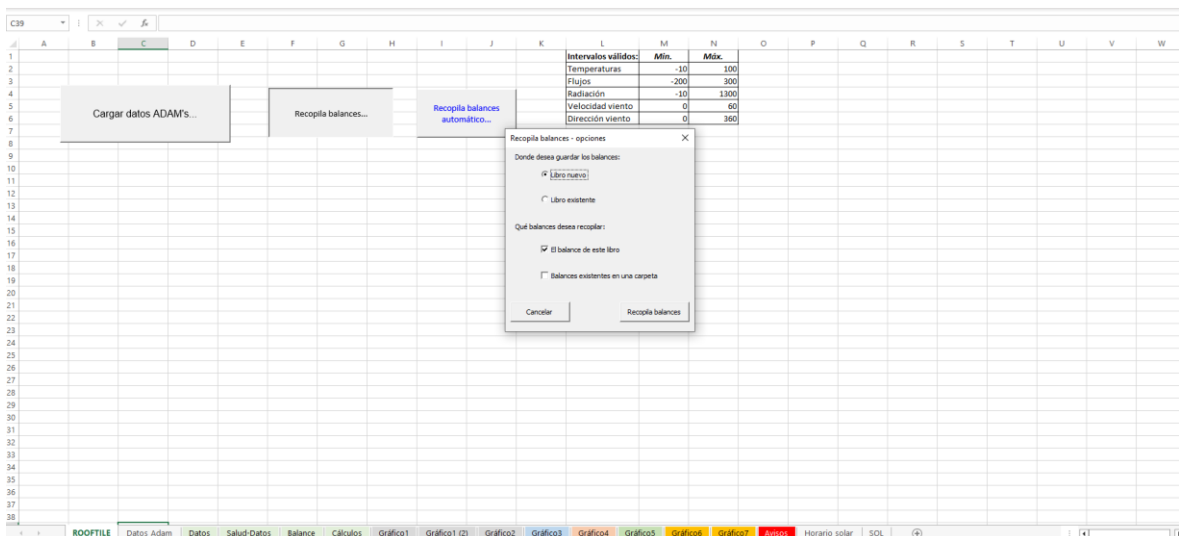


Ilustración 22. Ejemplo de plantilla con recopilación de balances

4. Acondicionamiento de los prototipos

En esta tarea se ha procedido al acondicionamiento térmico de los prototipos a través de la incorporación de un sistema de climatización que permita disponer de mayor control sobre la temperatura interior de los prototipos e incrementando el aislamiento térmico de la envolvente tanto de los prototipos existentes como del nuevo.

4.1. Incremento del aislamiento

Para incrementar el aislamiento térmico de los prototipos se han instalado por su cara interior paneles aislantes de XPS de 5 cm de espesor. Así, el nuevo cerramiento de los prototipos está formado por los siguientes materiales:

- Aislamiento exterior (panel sándwich). Material inicial existente, compuesto por un panel frigorífico de 50 mm con núcleo de poliuretano y revestido en sus dos caras por una lámina de acero (espesor 0,50 mm).

Característica	Unidades	Norma	Valor
Espesor nominal panel	dc (mm)		50
Transmitancia térmica	U (W/m ² K)	UNE EN 14509 A.10	0,46
Ancho útil	mm		1.000
Densidad núcleo	Kg/m ³		40
Peso	Kg/m ²		9,50

Tabla 4. Características técnicas panel sándwich (Fuente: ficha técnica del producto)

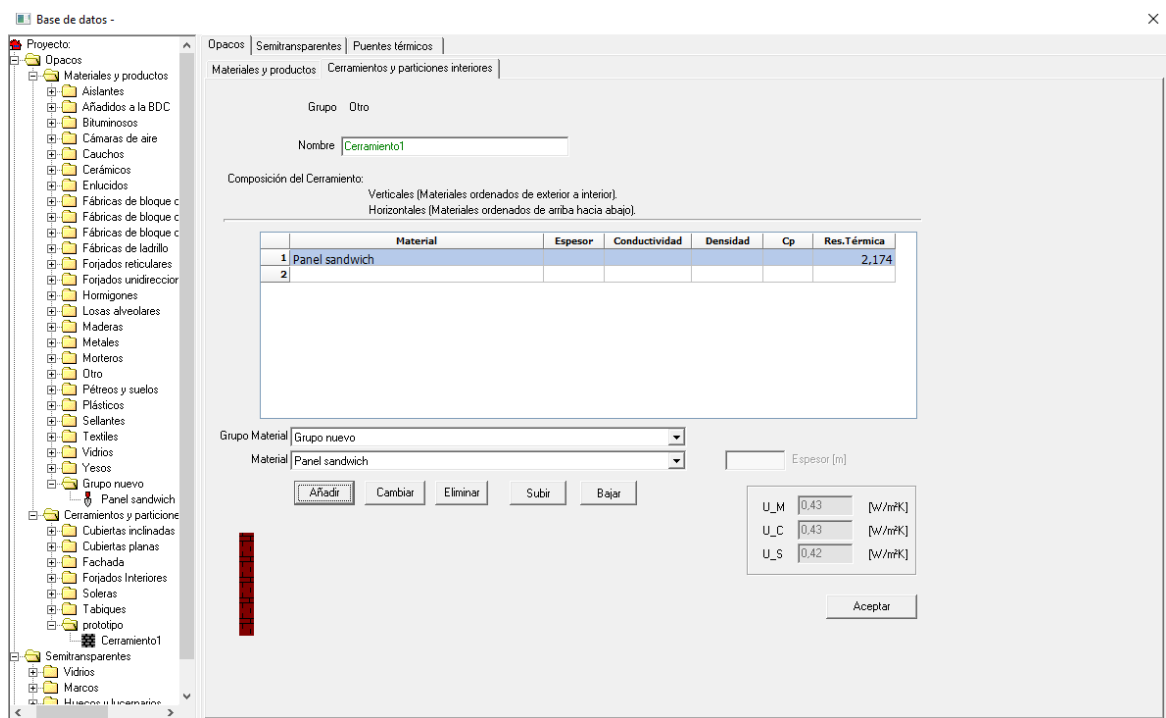


Ilustración 23. Transmitancia térmica panel Sándwich- Herramienta LIDER

- Aislamiento interior (panel XPS). Nuevo aislante incorporado por el interior del prototipo formado por una plancha rígida de espuma de poliestireno extruido (XPS)¹

Material	Conductividad (W/mK)	Densidad (Kg/m ³)	Calor específico (J/kg K)
Panel sándwich	-	40	-
Plancha XPS	0,033	32	1450

Tabla 5. Características materiales aislantes (Fuente: fichas técnicas de los productos)

A partir de la herramienta CTE-HE, se obtiene que la transmitancia térmica de los prototipos ha pasado de 0,43 W/m²K a **0,26 W/m²K**, tal y como se muestra en la siguiente imagen.

¹ Referencia comercial: <https://www.danosa.com/es-es/producto/danopren-tr/danopren-tr-50/>

Base de datos -

Opacos | Semitransparentes | Puentes térmicos

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo Otro

Nombre [Cerramiento1]

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Panel sandwich					2,174
2	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0,050	0,034	38	1000	
3						

Grupo Material [Aislantes]

Material [XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0,034 W/(mK)]]

0,050 Espesor [m]

Añadir | Cambiar | Eliminar | Subir | Bajar

U_M [0,26] [W/m²K]
 U_C [0,26] [W/m²K]
 U_S [0,26] [W/m²K]

Aceptar




Ilustración 24. Cálculo transmitancia térmica panel Sándwich + Aislante XPS 5cm - Herramienta LIDER

A continuación, se muestran varias imágenes del acondicionamiento interior de los prototipos mediante la incorporación de una nueva capa de aislamiento interior:



Ilustración 25. Incorporación de aislamiento adicional en los prototipos

4.1.1. Planos con incremento de aislamiento

Para el cerramiento y aislamiento térmico (AT) de las paredes y suelo de los prototipos se han empleado paneles aislantes tipo sándwich de 50 mm de espesor. Estos prototipos iniciales, tal y como se ha comentado anteriormente, se han suplementado por su cara interior con planchas de aislamiento térmico de XPS de 5 cm de espesor.

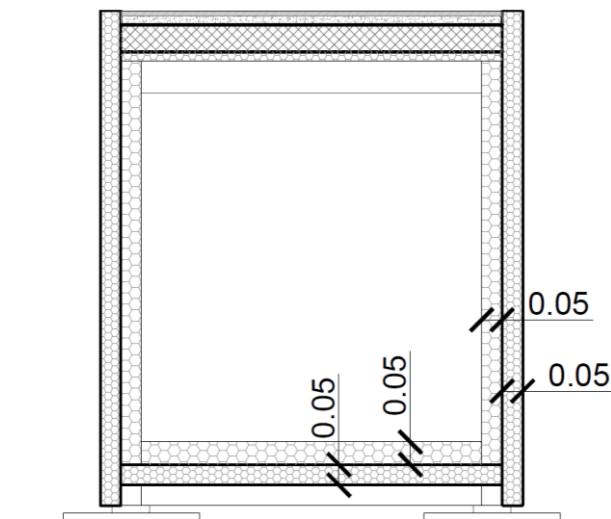
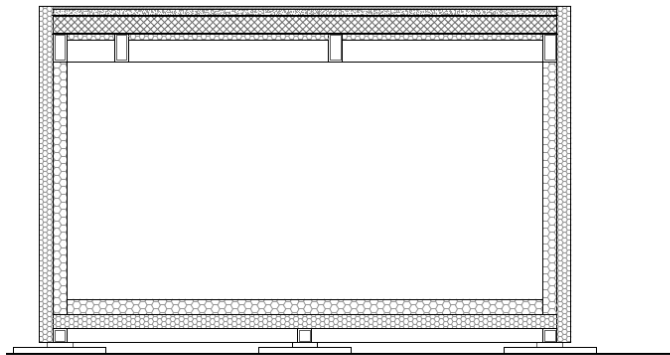
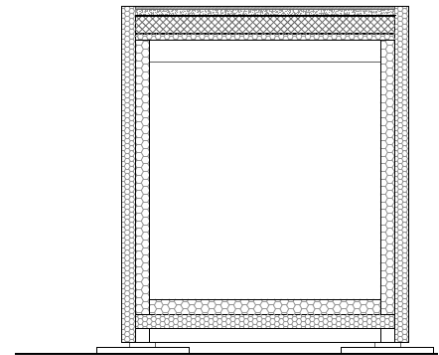


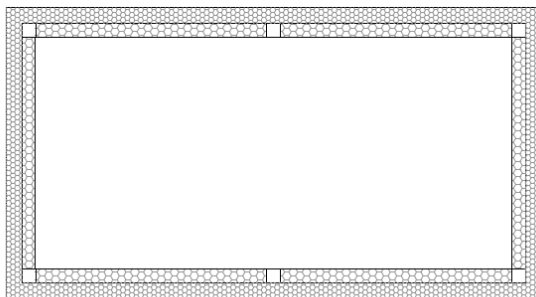
Ilustración 26. Detalle seccionado del prototipo. Espesor AT existente (0,045m) y AT nuevo (0,05m)



SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL



PLANTA SECCIONADA

Ilustración 27. Secciones generales del prototipo acondicionado (con incremento espesor AT)

4.2. Sistema de climatización

Tras la monitorización y análisis en los datos registrados durante el proyecto ROOFTILES, se consideró necesario incorporar un sistema de climatización para uniformizar y controlar la temperatura interior de los prototipos. Debido a las dimensiones de los prototipos, no se encontraron sistemas comerciales pensados para acondicionar volúmenes reducidos, por ellos se planteó el desarrollo de un sistema a medida que permitiera controlar la temperatura en cada prototipo.

A continuación se describe el funcionamiento del sistema: Partimos de un refrigerador (modelo lauda) el cual nos permite tener un fluido a temperatura constante, que mediante conducciones se distribuye a cada uno de los prototipos. En el interior de cada uno de los tres prototipos, se ha instalado un intercambiador tipo “Fluido-aire” y un ventilador dotado de control de velocidad que permite forzar el paso del aire por el intercambiador y lograr la uniformidad en la temperatura interior del prototipo. Con el objetivo de regular la temperatura en el interior de los prototipos, se han instalado unos controladores de temperatura con un termopar de tipo T, que activan una válvula de 3 vías. Estas válvulas permiten regular el caudal que circula por el intercambiador y con ello las temperaturas del interior del módulo. Finalmente, se ha instalado una válvula de inox a cada intercambiador para facilitar su desconexión.

A continuación se muestran varias imágenes de los componentes y del montaje del sistema de climatización en los prototipos:

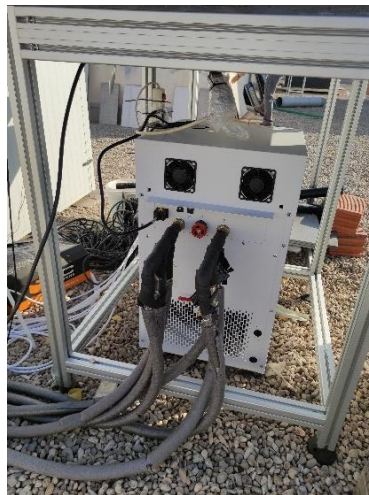


Ilustración 28. Instalación de los dispositivos/equipos para el acondicionamiento de los prototipos

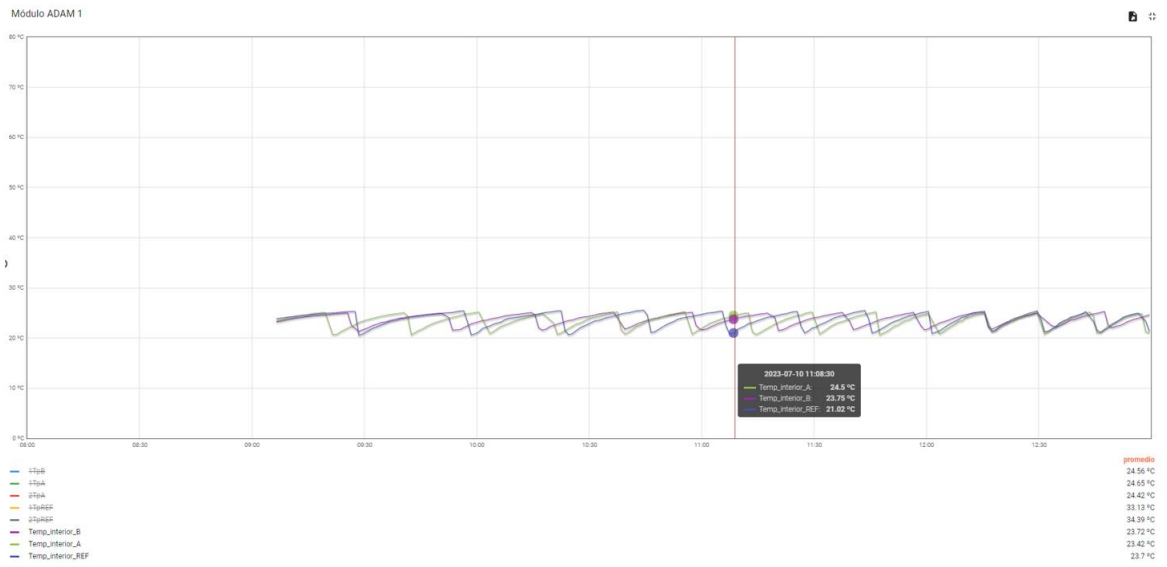


Ilustración 29. Gráfico con temperaturas durante la calibración del sistema de climatización en los prototipos