

Convocatoria 2022 - «Proyectos de Generación de Conocimiento»
Formato Memoria Científico-Técnica Proyectos Individuales

1. DATOS DEL PROYECTO. DATOS DE LA PROPUESTA

IP 1: ALBERTO MEISS RODRÍGUEZ

TÍTULO DEL PROYECTO (ACRÓNIMO): VENTILACIÓN INTELIGENTE PARA UNA
CALIDAD DEL AIRE INTERIOR SALUDABLE EN LAS VIVIENDAS ESPAÑOLAS (EsVEN)

TÍTULO DEL PROYECTO (SIGLAS): VENTILACIÓN INTELIGENTE PARA UNA CAI SALUDABLE EN
VIVIENDAS ESPAÑOLAS (EsVEN)

2. ESTADO ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire supone el mayor riesgo para la salud en la Unión Europea (UE). Cada año, la contaminación del aire es responsable de 238.000 muertes prematuras y genera miles de millones de euros en costes externos relacionados con la salud (Agencia Europea de Medio Ambiente, AEMA).

Los hogares son el espacio físico en el que las personas viven la mayor parte de su tiempo. Según la Encuesta de Uso del Tiempo (Instituto Nacional de Estadística, INE), cada persona dedica en promedio (anualizada) 16 horas y 34 minutos cada día (69,03% de su tiempo). Estos datos no diferencian entre población activa, pasiva o estudiantil, pero, incluso en los diferentes patrones, queda claro que es crucial mantener condiciones saludables en los hogares.

En este sentido, cabe señalar que en los 18,76 millones de hogares censados en España (INE), la calidad del aire interior (CAI) dependerá básicamente de la ventilación. En otras palabras, la IAQ estará determinada por la disponibilidad del aire fresco necesario para eliminar y diluir los contaminantes que puedan acumularse en cada habitación con el tiempo.

El factor "en el tiempo" es fundamental porque las condiciones interiores varían a lo largo del día y del año: diferentes patrones de ocupación, actividad, fuentes contaminantes, condiciones climáticas exteriores, etc. Esto significa que la ventilación ideal no puede ser constante, sino que debe variar y adaptarse en función de estas condiciones aleatorias y, a menudo, no programables. Además, la ventilación regulable es eficiente, porque sólo se intercambia el aire necesario, lo que limita en gran medida la energía necesaria para acondicionar el aire fresco entrante en condiciones de confort.

Esta filosofía de necesidad de ventilación variable ya queda reflejada en la última revisión del Documento Básico HS3 "Calidad del Aire Interior" (Código Español de la Edificación, CTE), aplicable a las viviendas. Así, la normativa establece que la ventilación variable ajusta el flujo de aire a lo largo del tiempo en función de la ocupación, el uso u otros factores. En el actual documento CTE, el dióxido de carbono (CO₂) es el único contaminante utilizado como referencia para establecer el flujo de ventilación.

Los estudios científicos más recientes (Agencia Internacional de la Energía, AIE) amplían el número de contaminantes sujetos a control, más allá del CO₂. Por tanto, es necesario estudiar la influencia del aire exterior (contaminado) que entra al edificio, y la generación de múltiples contaminantes a partir de nuevos materiales, hábitos, mascotas, etc. en el interior.

Pero también es necesario tener en cuenta las diferentes "sensibilidades" de los usuarios respecto al IAQ. Así, los riesgos derivados de determinados contaminantes varían si el usuario es sano, alérgico, inmunodeprimido, anciano, tiene enfermedades respiratorias, etc. Y para cada

En este escenario, la ventilación debe proporcionar un flujo de aire altamente controlado y una respuesta rápida y predictiva.

Esta "gestión de la información" requiere un flujo constante de datos en una red neuronal artificial, para conectar diferentes sensores para la recogida de datos: condiciones ambientales y fuentes contaminantes (interiores y exteriores), parámetros singulares de los usuarios (salud, edad, etc.), funcionamiento de del sistema (caudal variable, sistemas de depuración y filtración, etc.), cuantificación de consumos y costes energéticos (disponibilidad, tarifas, fuentes alternativas, etc.), predicción de usos y ocupación de espacios, previsiones meteorológicas, y todas aquellas circunstancias que alteren las condiciones de IAQ.

Esta red neuronal estará gestionada por un algoritmo predictivo basado en todas estas variables, y con capacidad de aprender de los datos y utilizarlos en la toma de decisiones (inteligencia artificial, IA). Esto último se materializa, por ejemplo, en la regulación del funcionamiento de las máquinas.

(en régimen transitorio, modulante y de carga parcial), en la comunicación de avisos y recomendaciones personalizadas a los usuarios (a través de dispositivos móviles o wearables), o en el registro de datos de cada vivienda, edificio o zona de la ciudad. Esto podría transmitirse a las Administraciones Públicas, lo que puede ser útil en la toma de decisiones ante episodios de mal aire esporádicos o persistentes.

2.1. Adecuación de las características y finalidad de la modalidad seleccionada.

La propuesta se enmarca en la modalidad de "Investigación Orientada", en la búsqueda de soluciones al problema específico de la mejora de la calidad del interior de los hogares en España. Este campo de investigación aborda un gran desafío de la sociedad actual, que impacta transversalmente en varias de las denominadas Prioridades Temáticas:

- **PRIORIDAD TEMÁTICA 5 - CLIMA, ENERGÍA Y MOVILIDAD:** el objetivo es establecer sistemas que garanticen ambientes interiores habitables y saludables, controlando la emisión de contaminantes ("Ciudades y ecosistemas sostenibles") y ventilando de forma energéticamente eficiente ("Transición energética");
- **PRIORIDAD TEMÁTICA 1 - SALUD:** el objetivo es establecer procedimientos para lograr una CAI saludable, ya que la contaminación del aire supone el mayor riesgo para la salud en la Unión Europea.
- **PRIORIDAD TEMÁTICA 4 - MUNDO DIGITAL, INDUSTRIA, ESPACIO Y DEFENSA:** el objetivo es diseñar una red neuronal ("IA y robótica") que controle el funcionamiento de los dispositivos de ventilación existentes en la industria y el mercado a través de un algoritmo ("Nuevos materiales y técnicas de fabricación).

2.2. Justificación y aporte esperado del proyecto a la generación de conocimiento sobre el tema de la propuesta. Hipótesis de partida

Hoy en día, los sistemas de ventilación más extendidos en el mercado no son nada "inteligentes".

Los sistemas de ventilación tradicionales proporcionan flujos de aire constantes basados en supuestos iniciales del proyecto (ocupación y uso estimado), que generalmente tienen poca relación con las condiciones reales. Los equipos más recientes y avanzados se basan en la ventilación de flujo variable que considera, al menos la mayoría, CO₂ o vapor de agua para evaluar la IAQ; Esto significa que se desconoce el impacto de otros contaminantes interiores y exteriores (que, a diferencia del CO₂, son perjudiciales para la salud), y no se pueden controlar los beneficios de los sistemas alternativos de tratamiento del aire, como la filtración y la purificación.

El proyecto propuesto en esta convocatoria busca una evaluación global de los contaminantes del aire, así como su evolución en el tiempo. Esto dará lugar a sistemas predictivos que modularán su funcionamiento en función de los condicionantes de cada usuario. Las redes neuronales también ofrecerán información y

recomendaciones a los usuarios sobre las condiciones concretas del aire que respiran, e incluso a las Administraciones Públicas para la toma de decisiones a nivel social.

2.3. Justificación y contribución esperada del proyecto para lograr objetivos específicos. problemas vinculados a la prioridad temática seleccionada

Implementar una gestión inteligente de los sistemas de ventilación implica aportaciones muy específicas, en línea con las prioridades temáticas anteriores:

- **CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES:** la monitorización de diversos contaminantes permite la detección de focos de emisión dentro de la vivienda, lo que permite establecer estrategias y dispositivos de control.
- **AHORRO ENERGÉTICO:** hoy en día los flujos de ventilación suponen entre el 5 y el 9% del consumo energético de las viviendas. Pasar de sistemas de funcionamiento constante a sistemas regulables reducirá su tiempo de funcionamiento y, por tanto, el consumo en aproximadamente un 50%.
- **MEJORA DE LA CALIDAD Y ESPERANZA DE VIDA DE LOS USUARIOS:** evaluar la IAQ adecuada para cada tipo de usuario permite regular la ventilación de cada estancia según los estándares requeridos y/o informar de posibles riesgos para su salud.
- **DESARROLLO DE SOLUCIONES COMERCIALES PARA EMPRESAS:** dado que actualmente no existen en el mercado sistemas de ventilación "inteligentes" como el propuesto, el desarrollo de un sistema de gestión y comunicación patentable permitirá a las empresas incorporar sus dispositivos a este espacio inteligente. El interés de esta aportación queda demostrado por la participación de diferentes empresas "líderes" del sector de la ventilación (ZEHNDER, CALIDAD DEL AIRE, AESCAI, ZGService) y la aportación de sus técnicos en el equipo de trabajo de este Proyecto.

3. OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

3.1. Objetivos generales y específicos.

A partir de los antecedentes científicos previos y del objetivo general de la convocatoria, se plantean una serie de OBJETIVOS GENERALES. Para alcanzarlos, y según la duración prevista del proyecto, se proponen OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

OBJETIVO GENERAL A. IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES Y DEFINIR UN ÍNDICE CAI DE REFERENCIA EN VIVIENDAS

En el marco del proyecto IEA-EBC Anexo 68 desarrollado por la Agencia Internacional de Energía, se realizó una extensa colección de pruebas de contaminantes presentes en el interior de las viviendas (Figura 1).

Los resultados revelaron que ciertos contaminantes alcanzan umbrales insalubres debido a un diseño de ventilación deficiente.

La necesidad de establecer límites específicos para estos contaminantes fue la principal motivación del "Proyecto INDEX - Evaluación crítica del establecimiento e implementación de límites de exposición en interiores en la UE". En un informe posterior, la OMS complementó la lista con otros compuestos como medida de precaución contra posibles efectos en la salud humana.

Según este proceso de selección de contaminantes, es posible establecer Valores Límite de Exposición (VLE) que corresponden a umbrales de concentración. Por encima de estos límites, la exposición a estos contaminantes presenta un riesgo para la salud humana. Para el establecimiento del límite se tuvo en cuenta tanto el nivel de concentración como la duración de la exposición.

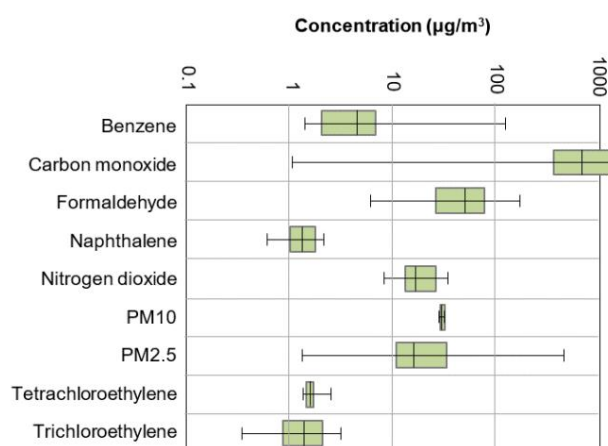


Figura 1: Niveles de contaminación en edificios residenciales existentes

El VLE de cada contaminante ha sido determinado a nivel nacional y mundial por organismos reconocidos de comités de expertos. Por tanto, los límites propuestos difieren ligeramente para el mismo contaminante y el mismo tiempo de exposición, ya que depende de los datos y del enfoque utilizado por cada comité.

Sobre la base de un estudio comparativo de regulaciones, estándares de certificación y recomendaciones de la OMS, se han propuesto VLE, que sirven como base para caracterizar la IAQ en viviendas (Tabla 1: Lista de contaminantes objetivo seleccionados).

	Exposición a corto plazo			Exposición a largo plazo		
	Promedio ELV	Período	Fuente	Promedio ELV	Período	Fuente
Benceno (C6H6)	3.25	1 hora	EE.UU./UE	≈ 0	1 año	OMS
	0,16	8 horas				
Monóxido de carbono (CO)	10.000	8 horas	OMS/UE/EE.UU. -	-	-	-
	4.000	24 horas				
Formaldehído (HCHO)	125	1 hora	EE.UU.	9	1 año	EE.UU.
	20	8 horas				
Moho	-	-	-	200	1 año 1	UE
Naftaleno (C10H8)	-	-	-	10	año	OMS
Dióxido de nitrógeno (NO2)	200	1 hora	OMS	10	1 año	OMS
	25	24 horas				
Ozono (O3)	160	1h	EE.UU./OMS	-	-	-
	60	8h				
PM2.5	15	24 h	OMS		1 año 1	OMS
PM10	45	24 h	OMS	5	año 1	OMS
Radón	-	-	-	15 300	año	UE
Dióxido de azufre (SO2)	125	1 hora	UE/OMS	20	1 año	UE
	50	24 horas				
Tricloroetileno	-	-	-	2,3	riesgo de cáncer 1:1000.000	OMS
				23	riesgo de cáncer 100.000	
				230	riesgo de cáncer 10.000	
tetracloroetileno	-	-	-	250	1 año	OMS

Concentración de ELV en µg/m3 excepto radón en Bq/m3

Tabla 1: Lista de contaminantes objetivo seleccionados

La selección de contaminantes anterior permite la aplicación de los resultados del proyecto IEA-EBC Anexo 68 y determina el índice de cumplimiento con respecto a los límites ELV en edificios residenciales en los países participantes. España no se encontraba entre esos países y, por lo tanto, existe una brecha de conocimiento al respecto que debe abordarse. Como se puede observar en la Figura 2, la presencia de contaminantes nocivos para la salud humana es común en las viviendas existentes.

Por ello, es necesario implementar mecanismos de seguimiento y control para proporcionar una ventilación eficiente tanto en términos de salud como de energía.

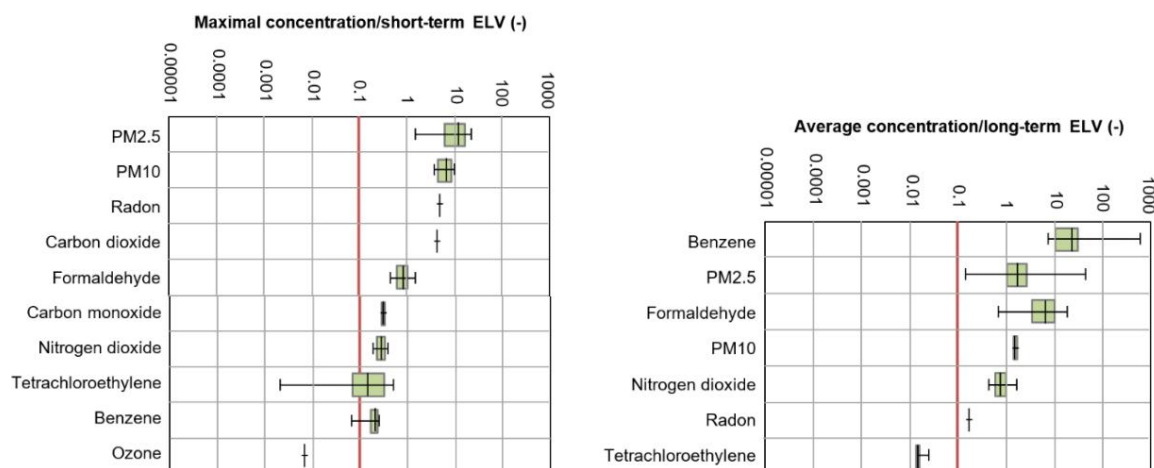


Figura 2: Relación entre concentración y VLE a corto y largo plazo en viviendas existentes

El primer objetivo del proyecto es identificar y seleccionar los contaminantes (que afectan a los habitantes) con mayor presencia en el aire de las viviendas.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1 (A). ADQUISICIÓN DE DATOS DE SENSORES Y MONITOREO DE CONTAMINANTES DEL AIRE INTERIOR

Para la recogida continua de los datos del apartado anterior, es necesario establecer un sistema integrado de sensorización y monitorización de cada vivienda, mediante equipos modulares estandarizados e integrables. Este equipo debe ser versátil, robusto y de fácil instalación y acceso para su posterior mantenimiento y actualización.

Este equipamiento requiere de la creación previa de 3 conjuntos de 4 demostradores o pruebas de concepto (Parte 4.b del Presupuesto) que serán utilizados para el mencionado seguimiento bajo los estándares detallados en la propuesta técnica. Anualmente estos sensores requerirán una calibración por parte del fabricante o laboratorio homologado (partida presupuestaria 6.a)

La ubicación de los diferentes sensores se basará en la delimitación de los puntos críticos de cada parámetro dentro de la vivienda. Así, un análisis previo nos permitió concluir, por ejemplo, que las partículas tienen una mayor preponderancia en el ambiente de la cocina, debido a la cocción y la combustión, pero también en dormitorios y salones, debido a la posible entrada de aire exterior contaminado. También se encontró que la concentración de dióxido de carbono, como gas contaminante de referencia, será mayor en el salón debido a la mayor presencia de personas. El monóxido de carbono puede ser peligroso por una mala combustión en calderas, calentadores, braseros o cocinas, entre otras chimeneas. Además, el radón tiene un mayor impacto en los espacios en contacto directo con el suelo. En definitiva, se requiere conocer y localizar los puntos donde determinados contaminantes pueden afectar la calidad de la climatización de las viviendas.

Determinados gases, no tan habituales en los sensores de calidad del aire pero que se ha demostrado que están presentes en las viviendas europeas, requieren la adquisición de cabezales de detección específicos que se integrarán en los registradores de datos (analizador modular portátil Aeroqual Serie 500) disponibles en los equipos de el Laboratorio de Ventilación, que fue financiado por convocatorias nacionales de investigación anteriores, y que será utilizado en este proyecto. Los gases a detectar son C₆H₆, NH₃, C₂Cl₃, C₂Cl₄, C₁₀H₈ y C₂H₄. (Partida presupuestaria 4.c).

Posteriormente, los diferentes sensores de los demostradores se integrarán mediante un protocolo de comunicación en un módulo "maestro" específico. Las pruebas de concepto iniciales determinarán la idoneidad de

la comunicación entre dispositivos basada en tecnología Wi-Fi, radiofrecuencia o cable (Partida presupuestaria 4.a). El “maestro” etiquetará y gestionará los datos para su emisión bidireccional a un repositorio “tipo nube” (partida presupuestaria 5.a) y los guardará en un servidor informático (partida presupuestaria 4.g) que servirá como base física. repositorio de la base de datos. Además, esta transmisión de datos será flexible en cuanto a la demanda horaria de los parámetros a analizar.

El uso de sistemas de control en la nube parece ser la mejor solución para el control y tratamiento de datos ya que garantiza su trazabilidad y la posibilidad de integrarlos en el proceso de aprendizaje del sistema. Esta tecnología requiere de diferentes capas de trabajo desde la capacidad de comunicación del sensor, hasta la capacidad de regulación y control telemático a través de aplicaciones web. Por este motivo, es necesario el desarrollo y programación de tableros de control electrónicos, y el desarrollo y mantenimiento de una página web intuitiva y con una interfaz sensible para los usuarios (ver OBJETIVO GENERAL D).

OBJETIVO ESPECÍFICO 2 (A). CARACTERIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

El procedimiento deberá abordar un estudio completo del tipo y concentración de contaminantes presentes en el aire interior dentro de una muestra representativa de viviendas.

Los parámetros de análisis inicial son los incluidos en el proyecto IEA-EBC Anexo 68. España aún no está representada en la lista de países implicados, por lo que el uso de esta norma conlleva la oportunidad de integrar automáticamente los datos obtenidos en una base de datos de más de 10.000 viviendas. Esto servirá como herramienta de referencia y comparación entre casos, con el fin de abordar criterios comunes que definan diversas estrategias plausibles.

Se propone un análisis de la composición del aire, a través de múltiples sensores que incluirán los parámetros que se ha demostrado que intervienen específicamente en la salud de los ocupantes. En concreto, se analizarán 50 viviendas de campañas de 1 semana en diferentes estaciones (invierno, verano, otoño/primavera) ya que las emisiones y su control mediante ventilación están influenciadas por la temperatura, con el fin de obtener una mejor representatividad del caso. Las pruebas globales servirán para delimitar los contaminantes cuya proporción, a corto y largo plazo, podría estar por encima del VLE en los edificios residenciales existentes. Esta selección es necesaria porque el uso intensivo de sensores debido a la monitorización continua en el tiempo en un número elevado de viviendas requiere el uso de innumerables recursos. Dado que una de las prioridades de este proyecto es obtener el mayor grado de sostenibilidad y eficiencia, parece clave limitar los costes económicos para hacer viable la propuesta, según el Capítulo III de la Convocatoria.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3 (A). DEFINICIÓN DE UN ÍNDICE O INDICADOR DE REFERENCIA QUE DEFINE LA CAI EN LAS VIVIENDAS

Una vez seleccionados los contaminantes más representativos, es importante definir un índice para evaluar la CAI. Este índice debería comunicar los niveles de contaminación del aire interior a un público no científico de forma sencilla, debería correlacionarse con los síntomas experimentados e informados por los ocupantes y debería utilizarse como herramienta de gestión para mejorar eficazmente la calidad del aire.

El cálculo del índice IAQ se determina mediante la comparación de las concentraciones de exposición típicas con los límites de exposición existentes, es decir, los valores límite de exposición (ELV) basados en una estrategia de monitoreo continuo de las viviendas y el cálculo iterativo de los diferentes índices IAQ, a corto y largo plazo. término.

Las exposiciones a corto plazo (efectos agudos) son más difíciles de evaluar ya que el tiempo de referencia varía entre los diferentes contaminantes. Así, se establecen ciclos de 24 horas que cubren la totalidad de los compuestos seleccionados (Tabla 2).

	ELV	Tiempo de evaluación en un solo día																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00
Benceno	3,25/0,16																								
Monóxido de carbono varios																									
Formaldehído	125/20																								
Dióxido de	200																								
	60																								
	15/5																								
	45/15																								
	300																								
nitrógeno Ozono PM2,5 PM10 Radón Dióxido de azufre																									

Tabla 2: Tiempo de evaluación para exposición a corto plazo

Las exposiciones a largo plazo (normalmente fijadas en 1 año) permiten detectar posibles riesgos a largo plazo (efectos crónicos). En este caso, la concentración se expresa como valor medio anual.

OBJETIVO ESPECÍFICO 4 (A). CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN DE LAS VIVIENDAS

Las viviendas objeto de la campaña de seguimiento de contaminantes se caracterizarán en función de las condiciones de ventilación (natural, mecánica y no controlada). Para ello, se medirán los caudales de los sistemas de ventilación existentes (si los hubiera) mediante sensores y se estimará la hermeticidad de los cerramientos arquitectónicos, mediante pruebas de presurización (comúnmente llamadas pruebas BlowerDoor) (Partida 7.a del Presupuesto) .

Es especialmente importante conocer la influencia de las infiltraciones (ventilación incontrolada) sobre las condiciones de salubridad y confort del aire interior. Tanto es así que en las viviendas anteriores al CTE, estos pueden ser el único mecanismo que garantice una mínima renovación del aire interior (y por tanto, el control de los niveles de concentración de contaminantes) en los meses más fríos del invierno.

OBJETIVO GENERAL B. ESTUDIO NUMÉRICO DE CONCENTRACIÓN Y EXPOSICIÓN A DIFERENTES CONTAMINANTES

La campaña de recogida de datos experimental se correlacionará con un estudio numérico de cada una de las viviendas con el programa de simulación CONTAM (programa informático de análisis multizona de la calidad del aire interior y la ventilación), desarrollado por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (EE.UU.).

OBJETIVO ESPECÍFICO 5 (B). ESTUDIO NUMÉRICO DE LAS VIVIENDAS ENSAYADAS

Tras la oportuna validación de las condiciones de contorno, realizada a partir de los datos recogidos en los ensayos experimentales, el software CONTAM permite calcular la distribución de cada una de las especies contaminantes en las diferentes estancias de la vivienda (Figura 3), así como la exposición de aquellos usuarios que las ocupan durante periodos de tiempo variables.

En una siguiente etapa, el software permite simular el funcionamiento de diferentes equipos, pudiendo establecer valores de consigna que reproducirán el aporte de un caudal variable, permitiendo cuantificar las condiciones de calidad del aire interior y ahorrar en el consumo energético.

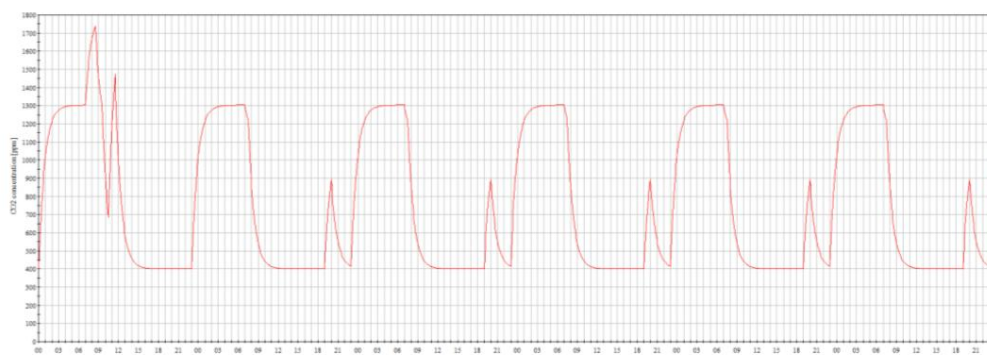


Figura 3: Distribución de un contaminante en una habitación durante 7 días

OBJETIVO ESPECÍFICO 6 (B). DEFINICIÓN DE LAS TASAS DE ELV: EXPOSICIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO Y DALY

Los resultados finales de las exposiciones a corto y largo plazo se pueden mostrar mediante códigos gráficos para cada vivienda en estudio (Figura 4).

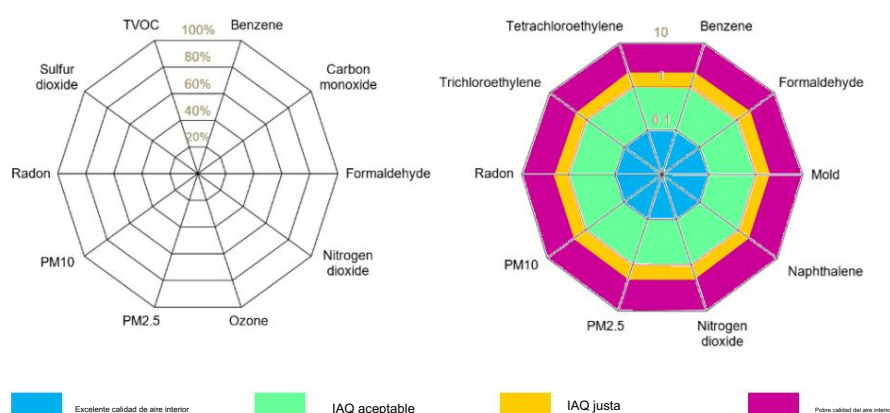


Figura 4: Tasas ELV: exposición a corto plazo y exposición a largo plazo en una vivienda

Los años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) atribuibles al medio ambiente son un referente importante para evaluar la calidad de vida en materia de salud. El análisis de los AVAD de cada vivienda analizada, contribuye a calificar el estado actual y cómo los resultados pueden afectar la calidad de vida de los usuarios.

A diferencia de otros índices que sólo evalúan la mortalidad poblacional debida a la mala calidad del aire (por ejemplo, la reducción de años de esperanza de vida, la tasa de mortalidad infantil, etc.), el indicador AVAD combina los años potenciales de vida perdidos con los años vividos sufriendo una discapacidad. derivados de la calidad del aire.

Los indicadores de salud sintéticos, al combinar información sobre mortalidad y calidad de vida relacionada con la salud, proporcionan una herramienta valiosa para resumir, monitorear y comparar la salud de las poblaciones, así como para determinar la importancia relativa de diversas causas.

OBJETIVO GENERAL C. ALGORITMO IAQ PREDICTIVO

Este es el objetivo principal de los datos recogidos en las viviendas que va más allá del seguimiento. El objetivo que se persigue es relacionar los datos obtenidos con otros derivados de las condiciones del aire exterior, dado que es el mecanismo básico de suministro de aire limpio para la ventilación.

Las condiciones del aire exterior podrán determinarse mediante sensores suplementarios (partida presupuestaria 4.h) o los datos públicos facilitados por las Administraciones Públicas. Cuando las fuentes anteriores

son insuficientes o no son representativos de las condiciones del lugar, que también pueden adquirirse a través de los datos públicos de la AEMet (Agencia Nacional de Meteorología de España).

La disponibilidad de múltiples datos y su evolución en el tiempo permite establecer un algoritmo predictivo basado en redes neuronales que relacionan los contaminantes interiores/exteriores, las tasas de emisión de la contaminación interior y el efecto del régimen de ventilación utilizado. Asimismo, los datos de las condiciones de temperatura y humedad de estas zonas tienen una gran incidencia en el impacto energético de los procesos realizados.

Este algoritmo desarrollado se puede aplicar a cada vivienda sujeta a control. Esto permitirá optimizar el proceso de regulación del funcionamiento de los sistemas de ventilación y/o depuración que se instalarán en cada caso.

Este trabajo será realizado por el Titulado (perfil: Ingeniería de Telecomunicación, partida 1.a del Presupuesto), en colaboración con los ingenieros de las empresas que participan en el Equipo de Trabajo según la asignación de tareas prevista, y supervisión del IP.

OBJETIVO ESPECÍFICO 7 (C). INTEGRACIÓN DE DATOS EN UNA BASE DE DATOS DE AUTOGESTIÓN

La recepción continua de indicadores IAQ de las viviendas, así como la gestión de los diferentes datos públicos correspondientes a las redes de control de la contaminación atmosférica de la administración municipal y otras corporaciones gubernamentales, deben integrarse en una base de datos autogestionable que permita la evaluación de los resultados. Para ello se utilizará un servidor informático de alto rendimiento (partida 4.g del presupuesto).

Los sensores de contaminantes del aire funcionarán como nodos de sensores, recopilando información y comunicándose con otros nodos conectados en la red interior. El "Sink Node" recopila la información de la red de sensores y conecta el terminal del usuario para la transmisión de información a la nube y al servidor del proyecto (Figura 5).

Se han identificado requisitos esenciales para incluir esta Tecnología Inteligente en el proyecto:

- Garantizar una conectividad de datos segura entre aplicaciones;
- Garantizar la seguridad, el uso ético y la privacidad de los datos;
- Estandarizar conjuntos de datos y enfoques;

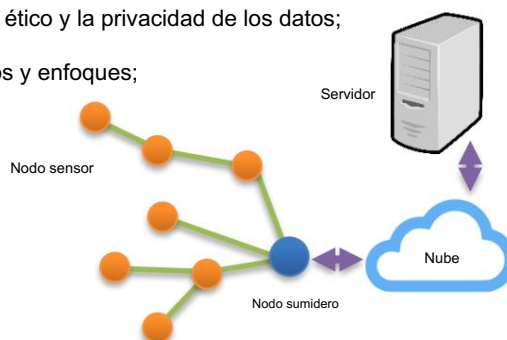


Figura 5: Relación entre la red de sensores y el servidor

OBJETIVO ESPECÍFICO 8 (C). DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UN ALGORITMO IAQ PREDICTIVO

El objetivo de esta etapa es determinar el impacto de cada parámetro monitoreado con base en los límites del VLE y la curva de progresión/regresión, incorporando las variables de ubicación del espacio.

El algoritmo propuesto buscará ajustar las variables hacia la IAQ óptima, considerando al mismo tiempo el impacto energético de las diferentes alternativas. Esta herramienta será la base para las posteriores órdenes de mando de los sistemas de ventilación. La correcta definición del algoritmo implicará:



- Aumentar o reducir el flujo de aire mediante el funcionamiento variable de la ventilación. sistemas;
 - Considerar las condiciones de máxima eficiencia energética para la IAQ óptima;
 - Establecer las condiciones que determinan los trabajos de mantenimiento de los equipos (filtro sustitución, optimización de regulación, etc.);
 - Ampliar el ciclo de vida de los equipos con funcionamiento a carga parcial, evitando cortes ininterrumpidos fatiga de operación y componentes;
 - Ofrecer parámetros más exigentes que los establecidos por la normativa general vigente. Esto es de gran interés para ocupantes que presentan problemas de salud particulares como alergias, enfermedades respiratorias, sensibilidad a determinados contaminantes o patógenos, etc.
- Demostrar el compromiso de las empresas y agentes públicos con la salud de las personas.

OBJETIVO ESPECÍFICO 9 (C). OPTIMIZACIÓN DE ALGORITMOS A TRAVÉS DE UNA RED DE CONOCIMIENTO NEURONAL

El algoritmo descrito en el apartado anterior se conectará a una red neuronal para que pueda evolucionar a partir de los datos recogidos a lo largo del tiempo en cada vivienda y entorno exterior.

La idea es que cada dispositivo interactúe en conexión con los demás para intercambiar información. Cada dato de entrada cruza la red neuronal sometándose a varias operaciones lógicas que dan como resultado valores de salida variables. Todo el proceso está centralizado en el servidor del proyecto (partida presupuestaria 4.g). Este servidor debe tener suficiente capacidad de procesamiento computacional para las múltiples entradas y implementar un proceso de aprendizaje automático para optimizar los umbrales y límites de referencia.

OBJETIVO GENERAL D. MÓDULO ESTÁNDAR DE COMUNICACIÓN ENTRE EQUIPOS DE VENTILACIÓN Y/O PURIFICACIÓN

Todos los dispositivos utilizados en las viviendas están diseñados como dispositivos autónomos, con regulación individual en función de determinadas condiciones higrotérmicas o mediante sensorización básica en función de la concentración de contaminantes atmosféricos (básicamente, CO₂) o la presencia de ocupantes. La integración de los dispositivos en sistemas centralizados de aire acondicionado y ventilación sólo está concebida en grandes edificios comerciales. En estos casos, el objetivo principal que ordena la programación suele basarse en el rendimiento óptimo de eficiencia energética.

Así, este objetivo apunta a desarrollar un módulo de comunicación estándar que conecte los equipos fabricados por los miembros del Equipo de Trabajo, los sensores IAQ ubicados en las viviendas y los datos del aire exterior (Partidas presupuestarias 4.d, 4.e , 4.f , 4.i, 4.j, 4.k, 4.l, 6.b, 7.b , 7.c y 7.e). Una vez obtenida la información de la calidad del aire, el módulo establecerá comunicación con el servidor central a través de la nube. Aplicando el algoritmo del objetivo anterior,

Se darán órdenes al equipo para que ajuste su funcionamiento al régimen predictivo. Esto significa combinar la mejor IAQ con el menor impacto energético.

OBJETIVO ESPECÍFICO 10 (D). DESARROLLO DE UN MÓDULO DE COMUNICACIÓN ESTÁNDAR CON DISPOSITIVOS DE VENTILACIÓN

Las empresas participantes están especializadas en aportar a la sociedad soluciones tecnológicas de ventilación y purificación del aire interior (Figura 6). Básicamente, los sistemas de ventilación y confort existentes en el mercado y aplicados al sector residencial constan de:

- Sistemas de extracción mecánica;
- ventiladores de techo;

- Sistemas de suministro mecánico;
- Sistemas de recuperación de calor;
- Reguladores de caudal;
- Cajas de ventilación;
- Sistemas de purificación del aire;
- Unidades de tratamiento de aire.



Figura 6: Selección de productos fabricados y comercializados por empresas participantes de HVAC aplicables al sector residencial

El desarrollo de sensores integrados en placas ubicadas en los dispositivos de ventilación y que se interconectan con el servidor ubicado en la nube, se realizará mediante el desarrollo de placas y nodos de comunicación y sensores (Partidas presupuestarias 4.d, 4.e, 4.f, 4.i, 4.j, 4.k, 4.l, 6.b, 7.b, 7.c y 7.e).

OBJETIVO ESPECÍFICO 11 (D). DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS DE MONITOREO Y REGULACIÓN DE DISPOSITIVOS DE VENTILACIÓN

Las empresas establecerán en sus equipos un módulo de comunicación estándar que funcionará como nodos receptores de señales de regulación inalámbrica (Partidas presupuestarias 4.d, 4.e, 4.f, 4.i, 4.j, 4.k, 4.l, 6.b, 7.b, 7.c y 7.e). Se pretende constituir un sistema de lectura, análisis, regulación y actuación de los sistemas de depuración y filtrado instalados en el sistema de ventilación.

Para establecer los módulos de comunicación y regulación bajo diferentes regímenes de operación, es de gran interés la experiencia de las empresas participantes. Su ámbito de actuación se refiere a toma de muestras en espacios ventilados y el mantenimiento y regulación de las instalaciones existentes.

OBJETIVO ESPECÍFICO 12 (D). DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN CON USUARIOS Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

El aire interior de cada vivienda contiene concentraciones de diferentes contaminantes que determinan tanto su calidad global como el impacto sobre determinados usuarios (con problemas de asma, alergias, etc.).

La comunicación con los usuarios ayuda a prevenir situaciones de riesgo por exposición o por el rendimiento



de determinadas tareas. La comunicación a las Administraciones Públicas aportará un nuevo nivel de conocimiento del perfil sostenible de las ciudades; al mismo tiempo, esta información será útil para las Administraciones Públicas en los procesos de formulación de políticas en caso de episodios esporádicos o persistentes de mala calidad del aire, permitiendo la adopción de medidas y estrategias para controlar el problema y proteger a los ciudadanos de condiciones de insalubridad.

La transmisión de datos a los usuarios se realizará a través de una App (aplicación) que permite acceder al perfil del usuario en cuestión (considerando variables como edad, sexo, determinados parámetros de salud (alergias, asma, etc.), actividad realizada, presencia de mascotas, etc). Las Administraciones Públicas tendrán acceso mediante suscripción oficial a la página web del proyecto (para preservar la gestión de los datos personales) (Partidas presupuestarias 4.d, 4.e, 4.f, 4.i, 4.j, 4.k, 4.l, 6.b, 7.b, 7.c y 7.e)

3.2. Descripción de la metodología.

Para la consecución de los objetivos generales y específicos del proyecto se asignarán investigadores responsables, quienes se coordinarán según su campo de especialización. La propuesta de contratación de un titulado (perfil: Ingeniería de Telecomunicación, partida 1.a del Presupuesto) supondrá la capacidad de unificar datos, así como de realizar el análisis de pruebas previamente evaluadas por los investigadores de forma coordinada.

OBJETIVO GENERAL A. IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES Y DEFINIR UN ÍNDICE CAI DE REFERENCIA EN LAS VIVIENDAS

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1 (A). ADQUISICIÓN DE DATOS DE SENSORES Y MONITOREO DE CONTAMINANTES DEL AIRE INTERIOR

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA) & IRENE POZA (UVA)

Tarea 1.1. Determinación teórica de los niveles críticos de cada contaminante en el interior de las viviendas.

Tarea 1.2. Pruebas de colocación de sensores en aquellos puntos donde la IAQ de las viviendas se ve impactada por contaminantes específicos.

Tarea 1.3. Instalación de un sistema de sensorización y monitorización en las viviendas a ensayar, mediante el uso de equipos modulares estandarizados e integrables.

Tarea 1.4. Integración de los sensores mediante un protocolo de comunicación en un módulo específico que servirá como Nodo Sink. Las pruebas determinarán la idoneidad de la comunicación entre dispositivos.

Tarea 1.5. Gestión de la comunicación bidireccional entre el Nodo Sink y la nube, con destino a un servidor, como repositorio de la base de datos.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2 (A). CARACTERIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES PRESENTE EN EL AIRE INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA) & IRENE POZA (UVA)

Tarea 2.1. Estado del arte con los últimos avances regulatorios y científicos de los contaminantes del aire interior en entornos habitables.

Tarea 2.2. Realización de estudios estadísticos para la selección de viviendas a ensayar, en función del tipo de edificación, de las condiciones exteriores del entorno próximo y de sus ocupantes.

Tarea 2.3. Análisis integral de los contaminantes atmosféricos de las viviendas Tarea 2.4.

Definición de los contaminantes cuya ratio, a corto y largo plazo, podría quedar fuera del VLE a aplicar en las viviendas existentes.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3 (A). DEFINICIÓN DE UN ÍNDICE O INDICADOR DE REFERENCIA QUE DEFINE LA CAI EN LAS VIVIENDAS

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : NURIA CASQUERO MODREGO (LBNL, USA), CÉSAR MANIVESA (AESCAI)

Tarea 3.1. Estado del arte sobre los índices existentes utilizados para evaluar la CAI a nivel europeo y global (OMS).



Tarea 3.2. Posible integración con índices de calidad del aire exterior (ODA, INCA, EAQI) o con índices IAQ existentes.

Tarea 3.3. Impacto de las exposiciones a corto y largo plazo en el índice IAQ.

Tarea 3.4. Propuesta del índice IAQ más adecuado para el desarrollo del proyecto.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4 (A). CARACTERIZACIÓN DE LA VENTILACIÓN CONDICIONES DE LAS VIVIENDAS

A CARGO: ALFREDO LLORENTE (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL)

Tarea 4.1. Caracterización de la ventilación presente en viviendas (natural, híbrida, mecánica).

Identificación de equipos y secciones de ductos y rejillas.

Tarea 4.2. Cuantificación de flujos de ventilación (controlados) mediante anemometría. Evaluación de estudios con gases trazadores por caída de concentración.

Tarea 4.3. Estimación de la estanqueidad de la envolvente, mediante pruebas de presurización, comúnmente llamadas pruebas BlowerDoor.

OBJETIVO GENERAL B. ESTUDIO NUMÉRICO DE LA CONCENTRACIÓN Y EXPOSICIÓN A DISTINTOS CONTAMINANTES

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5 (B). ESTUDIO NUMÉRICO DE LOS TESTADOS VIVIENDAS

A CARGO: IRENE POZA (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : NURIA CASQUERO MODREGO (LBNL, USA)

Tarea 5.1. Modelado experimental de las viviendas sometidas a ensayos experimentales.

Tarea 5.2. Simulación mediante software CONTAM, desarrollado por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, Gobierno de Estados Unidos.

Tarea 5.3. Concentración de los diferentes contaminantes y exposición del usuario. Evaluación del límite y umbrales máximos a lo largo del día, mes y año. Variación en función de la ocupación y régimen de estancia.

Tarea 5.4. Influencia de la estanqueidad en las condiciones de ventilación y en el control de contaminantes del aire.

Tarea 5.5. Aplicación de los resultados a índices de calidad del aire (ODA, INCA, EAQI, AVAD).

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 6 (B). DEFINICIÓN DE LAS TASAS DE ELV : EXPOSICIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO Y DALY

A CARGO: GEMMA RAMÓN (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : CÉSAR MANIVESA (AESCAI), JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL)

Tarea 6.1. Elaboración de un código para representar la exposición a contaminantes a corto y largo plazo.

Tarea 6.2. Definición del área de actuación metodológica para la caracterización gráfica de la CAI en viviendas.

Tarea 6.3. Representación de la IAQ en viviendas y comparación con la del proyecto IEA-EBC Anexo 68 unos.

Tarea 6.4. Difusión de la metodología que proporciona información sobre el aire interior que respiran las personas en las viviendas donde viven.

Tarea 6.5. Posible integración de la tasa de Años de Vida Ajustados por Discapacidad (AVAD) en la investigación, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas.

Tarea 6.6. Uso del parámetro en los casos de estudio.

Tarea 6.7. Captura de resultados para resumir, controlar y comparar la salud de poblaciones, así como determinación de la significación relativa de posibles diferencias entre ellas.

OBJETIVO GENERAL C. ALGORITMO IAQ PREDICTIVO

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 7 (C). INTEGRACIÓN DE DATOS EN UNA AUTOGESTIÓN BASE DE DATOS

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), JOSEP CASTELLÀ (ZEHER CLIMA INTERIOR), RAFAEL VILLAGRÀ (SERVICIO ZG)

Tarea 7.1. Integración de datos de viviendas con datos de Redes Públicas de Control de la Contaminación Atmosférica de las administraciones públicas.

Tarea 7.2. Puesta en marcha de un servidor informático de alto rendimiento y desarrollo de una página web



A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), JOSEP CASTELLÀ (ZEHDER CLIMA INTERIOR), RAFAEL VILLAGRÀ (SERVICIO ZG)

Tarea 7.1. Integración de datos de viviendas con datos de Redes públicas de Control de la Contaminación Atmosférica de las administraciones públicas.

Tarea 7.2. Puesta en marcha de un servidor informático de altas prestaciones y desarrollo de una página web para la difusión pública de los resultados.

Tarea 7.3. Establecimiento de un protocolo de comunicación entre el Nodo Sink y el servidor, garantizando la conectividad entre las diferentes aplicaciones y dispositivos, así como la seguridad y privacidad de los datos.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 8 (C). DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UN ALGORITMO PREDICTIVO IAQ

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), CÉSAR MANIVESA (AESCAI), JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL)

Tarea 8.1. Desarrollo de un algoritmo predictivo que relaciona los contaminantes interiores/exteriores, las tasas de emisión de contaminantes interiores y el efecto del régimen de ventilación interior.

Tarea 8.2. Aplicación del algoritmo en las viviendas vigiladas bajo vigilancia y control.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 9 (C). OPTIMIZACIÓN DE ALGORITMOS A TRAVÉS DE UNA RED DE CONOCIMIENTO NEURONAL

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), CÉSAR MANIVESA (AESCAI), JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL), NURIA CASQUERO MODREGO (LBNL, USA)

Tarea 9.1. Conexión del algoritmo desarrollado a una red neuronal para que pueda evolucionar a partir de los datos recogidos en el tiempo en cada vivienda y entorno exterior.

Tarea 9.2. Adaptación del servidor para proporcionar suficiente capacidad de procesamiento computacional para múltiples entradas e implementar un proceso de aprendizaje automático para optimizar los umbrales y límites de referencia.

OBJETIVO GENERAL D. MÓDULO DE COMUNICACIÓN ESTÁNDAR ENTRE EQUIPOS DE VENTILACIÓN Y/O PURIFICACIÓN

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 10 (D). DESARROLLO DE UN ESTÁNDAR MÓDULO DE COMUNICACIÓN CON DISPOSITIVOS DE VENTILACIÓN

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), JOSEP CASTELLÀ (ZEHDER CLIMA INTERIOR), RAFAEL VILLAGRÀ (SERVICIO ZG), JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL), CÉSAR MANIVESA (AESCAI)

Tarea 10.1. Instalación de un módulo de comunicación estándar en el equipo para funcionar como nodo receptor de señales de regulación inalámbrica.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 11 (D). DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS DE MONITOREO Y REGULACIÓN DE DISPOSITIVOS DE VENTILACIÓN

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), JOSEP CASTELLÀ (ZEHDER CLIMA INTERIOR), RAFAEL VILLAGRÀ (SERVICIO ZG), JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL), CÉSAR MANIVESA (AESCAI)

Tarea 11.1. Desarrollo de un sistema de lectura, análisis, regulación y rendimiento de los sistemas de depuración y filtrado instalados en el sistema de ventilación.

Tarea 11.2. Difusión del seguimiento en tiempo real como información pública dirigida a los usuarios y la sociedad.

TAREAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 12 (D). DESARROLLO DE UNA COMUNICACIÓN PROTOCOLO CON USUARIOS Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

A CARGO: ALBERTO MEISS (UVA)

EQUIPO DE TRABAJO : LICENCIADO (PERFIL: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES), JOSEP CASTELLÀ (ZEHRER CLIMA INTERIOR),
RAFAEL VILLAGRÀ (SERVICIO ZG), JAVIER IGLESIAS IGEA (CALIDAD DEL AIRE SL),
CÉSAR MANIVESA (AESCAI)

Tarea 12.1. Verificar la conectividad del sistema con wearables disponibles en el mercado, para transferencia, recepción y transmisión de datos a los usuarios.

Tarea 12.2. Adaptación de avisos y recomendaciones dirigidas a usuarios y administraciones públicas.

Tarea 12.3. Publicidad abierta de datos en tiempo real sobre la calidad del aire interior en edificios y zonas urbanas.

Esta información será de utilidad para las Administraciones Públicas en los procesos de formulación de políticas en caso de episodios esporádicos o persistentes de mala calidad del aire, permitiendo la adopción de medidas y estrategias para controlar el problema y proteger a los ciudadanos de condiciones de insalubridad.

3.3. Plan y cronograma de trabajo.

7.			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
OBJETIVO ESPECÍFICO 1(A)	OBJETIVO ESPECÍFICO 1(A)													
	Tarea 1.1	Alberto Meiss & Irene Poza												
	Tarea 1.2													
	Tarea 1.3													
	Tarea 1.4													
	Tarea 1.5													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 2(A)													
	Tarea 2.1	Alberto Meiss & Irene Poza												
	Tarea 2.2													
	Tarea 2.3													
	Tarea 2.4													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 3(A)													
	Tarea 3.1	Alberto Meiss												
	Tarea 3.2													
	Tarea 3.3													
	Tarea 3.4													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 4(A)													
	Tarea 4.1	Alfredo Llorente												
	Tarea 4.2													
	Tarea 4.3													
OBJETIVO ESPECÍFICO 5(B)	OBJETIVO ESPECÍFICO 5(B)													
	Tarea 5.1	Irene Poza												
	Tarea 5.2													
	Tarea 5.3													
	Tarea 5.4													
	Tarea 5.5													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 6(B)													
	Tarea 6.1	gemma ramón												
	Tarea 6.2													
	Tarea 6.3													
	Tarea 6.4													
	Tarea 6.5													
	Tarea 6.6													
	Tarea 6.7													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 7(C)													
	Tarea 7.1	gemma ramón												
	Tarea 7.2													
	Tarea 7.3													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 8(C)													
	Tarea 8.1	Alberto Meiss												
	Tarea 8.2													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 9(C)													
	Tarea 9.1	Alberto Meiss												
	Tarea 9.2													
OBJETIVO ESPECÍFICO 10(D)	OBJETIVO ESPECÍFICO 10(D)													
	Tarea 10.1	Alberto Meiss												
	OBJETIVO ESPECÍFICO 11(D)													
	Tarea 11.1	Alberto Meiss												
	Tarea 11.2													
	OBJETIVO ESPECÍFICO 12(D)													
	Tarea 12.1	Alberto Meiss												
	Tarea 12.2													
	Tarea 12.3													
	Tarea 12.3													

3.4. Identificación de puntos críticos y plan de contingencia.

Una evaluación crítica de los objetivos específicos permite identificar una serie de amenazas para su consecución. En consecuencia, se plantean propuestas de contingencia ante tales eventualidades:

	AMENAZAS	PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS
OBJETIVO ESPECÍFICO 2 (A): Caracterización de los contaminantes presentes en el aire interior de las viviendas.	- Imposibilidad de localizar determinados tipos de viviendas a ensayar - Desinterés por colaborar	- Ampliación del alcance de la búsqueda urbana. - Reprogramar
OBJETIVO ESPECÍFICO 6 (B): Definición de tasas ELV: exposición a corto y largo plazo	- Mapa con falta de significancia por resultados divergentes en viviendas de características similares - Resultados no concluyentes	- Reevaluación y ampliación de la muestra
OBJETIVO ESPECÍFICO 7 (C): Integración de datos en una base de datos autogestionable	- Problemas de interconexión y conectividad.	- Simplificación de las funciones de software requeridas. - Búsqueda de alternativas de outsourcing
OBJETIVO ESPECÍFICO 9 (C): Optimización de algoritmos a través de una red de conocimiento neuronal.	- Ausencia de aprendizaje de redes neuronales - Resultados no concluyentes	- Simplificación de factores - Búsqueda de modelos asimilables - Búsqueda de alternativas de outsourcing
OBJETIVO ESPECÍFICO 11 (D): Desarrollo de un protocolo de comunicación entre sistemas de monitorización y regulación de dispositivos de ventilación.	- Dificultad para implementar un sistema general y universal. - Costes de ejecución superiores a los inicialmente fijados en el presupuesto y la oferta	- Rediseño de modelos. - Solicitud de autorización para ajuste presupuestario - Propuesta de modelos alternativos.

3.5. Resultados previos del equipo en la temática de la propuesta.

Los investigadores propuestos en este proyecto han llevado a cabo una intensa actividad en el desarrollo de metodologías relacionadas con el mapeo de la calidad del aire interior y exterior y la evaluación del impacto energético de las fugas en edificios desde 2006. Al inicio de la actividad investigadora del grupo, la primera Se desarrolló la edición del documento HS3 del código técnico de edificación para edificaciones nuevas. En los últimos años, nuevas líneas de investigación han incrementado la calidad de la producción científica, incluyendo varios trabajos relacionados con el ahorro energético y nuevos sistemas de ventilación aplicados al acondicionamiento de edificios y viviendas.

Proyectos y contratos relevantes (últimos 5 años):

- Rehabilitación acústica y térmica del parque de edificios de oficinas en la UE (ActaRebuild). Programa Horizonte 2020, Comisión Europea (101072598). 235.091,20 € (2022-2026). IP Alberto Meiss Rodríguez. Otra investigadora: Irene Poza Casado.
- Gestión inteligente para el desarrollo de espacios saludables (iGES2). Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (AEI-010500-2022b-183). 176.182,00 €. (2022-2023). IP Alberto Meiss Rodríguez. Otro investigador: Alfredo Llorente Álvarez.
- Calidad del aire e impacto energético en la Residencia Universitaria Alfonso VIII de la UVA (CAI-A8). Proyectos de I+D sobre medidas de eficiencia energética y aplicación de energías renovables en el funcionamiento de los edificios universitarios de la Universidad de Valladolid en colaboración con ARCOR, SL y Hermanos Rubio Grupo Constructor HERCE, SLU (463A304). 20.000,00 € (2022-2023). IP Alberto Meiss Rodríguez. Otros investigadores: Alfredo Llorente Álvarez, Gemma Ramón Cueto.
- Desarrollo de dispositivo de purificación de aire mediante plasma no térmico. Proyecto al amparo del Art. 83. 12.500,00 € (2022-2023). IP Alberto Meiss Rodríguez. Otra investigadora: Irene Poza Casado.
- Metodologías de estudio y estrategias de mejora de eficiencia energética, confort y salubridad de centros educativos en Castilla y León. Consejería de Educación, Junta de Castilla y León (VA026G19). 12.000,00 € (2019-2021). IP Alberto Meiss Rodríguez. Otros investigadores: Irene Poza Casado, Alfredo Llorente Álvarez.
- TCUE.8. Desarrollo de prototipo comercializable de purificación individual de aire con odorización (IAQ-SHIELD). Junta de Castilla y León. 4.000,00€ (2021). IP Alberto Meiss Rodríguez.
- Recuperación de energía en la ventilación de los espacios docentes universitarios. (REVEDUVA). Proyectos de I+D sobre medidas de eficiencia energética y aplicación de energías renovables en el funcionamiento de los edificios universitarios de la Universidad de Valladolid en colaboración



con ARCOR, SL y Hermanos Rubio Grupo Constructor HERCE, SLU 30.000,00 € (2019-2021). Otros investigadores: Alberto Meiss, Irene Poza.

- Repercusión energética de la permeabilidad del aire de los edificios residenciales en España. Estudio y caracterización de sus infiltraciones (INFILES). Ministerio de Economía y Competitividad (BIA2015-64321-R). 181.500,00 € (2016-2018). Otros investigadores: Alberto Meiss Rodríguez, Irene Poza Casado.

Productividad Científica y artículos seleccionados (últimos 10 años):

Durante los últimos 10 años, el grupo de investigación ha publicado 40 artículos JCR en el campo de la ventilación de edificios y un libro nacional en una editorial de prestigio. 9 contribuciones (presentaciones orales y carteles) y 14 Conferencias Plenarias/Keynotes han sido presentadas por miembros del grupo A&E en Congresos Internacionales. Finalmente, Alberto Meiss Rodríguez e Irene Poza Casado han participado en el Comité Científico de 2 congresos internacionales durante los últimos 5 años.

3.6. Recursos humanos, materiales y equipos disponibles para la ejecución del Proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se cuentan con las instalaciones y equipamiento del Laboratorio de Ventilación HS3 (<http://www.ventilacion.uva.es/>) Se utilizará el mismo, que trabaja en el ámbito del Reconocido Grupo de Investigación "Arquitectura y Energía", coordinado por el Dr. Arq. Alberto Meiss Rodríguez y del cual forman parte todos los investigadores de este proyecto. En el Laboratorio cabe destacar la cámara de ensayos de ventilación, y la total disponibilidad de medios para la realización de todo tipo de ensayos experimentales (gases trazadores, sensorización de temperatura y calidad del aire, sistemas de aire acondicionado y ventilación, equipos de presurización BlowerDoor) y estudios numéricos. (ANSYS CFD, TRNSYS, CONTAM, DesignBuilder). Los sensores existentes permitirán verificar periódicamente la precisión de las estaciones portátiles de monitoreo de las condiciones del aire interior (partida 4.b del presupuesto), más allá de la calibración anual por parte del fabricante.

Además de los investigadores del proyecto, cabe destacar el Equipo de Trabajo:

- Doctora Nuria Casquero, del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley del Gobierno de EE.UU. (<https://www.lbl.gov/>), una organización líder a nivel mundial en la investigación de la calidad del aire y su impacto en la eficiencia energética.
- D. César Manivesa, ingeniero informático de la Asociación Española para la Salud, el Confort y la Calidad de Ambiente Interior (AESCAI), asociación sin ánimo de lucro cuya misión es la promoción, difusión y divulgación de la importancia de la calidad del aire interior y exterior. exterior, sostenibilidad, eficiencia y salud ambiental (<https://www.aesc.ai.org/>).
- D. Josep Castellà Modrego, ingeniero técnico industrial de la multinacional suiza Zehnder, especializado en soluciones para la calidad del aire y eficiencia energética de la ventilación (<https://www.zehnder.es/>)
- D. Javier Iglesias Igea, ingeniero informático de la empresa Calidad de Aire, Salud y Confort SL, startup dedicada a soluciones innovadoras en el campo de la monitorización y gestión de datos de calidad ambiental.
- D. Rafael Villagrà Herrero, ingeniero industrial de la empresa ZG Service Ibérica Calidad del Ambiente Interior, empresa dedicada al mantenimiento y gestión de instalaciones de ventilación y climatización.

4. IMPACTO ESPERADO DE LOS RESULTADOS.

4.1. Impacto esperado en la generación de conocimiento científico-técnico en el área temática de la propuesta.

Es complejo definir un modelo genérico para cada tipo de edificio, ya que las personas trabajan y ocupan el tiempo libre de formas muy diferentes. Sin embargo, todas las personas podrían caber en un modelo residencial basado en el concepto de "hogar", y ahí es donde se centra esta propuesta. El proyecto busca dar una respuesta integral a esta problemática, teniendo en cuenta la singularidad de cada persona, vivienda y entorno urbano. Actualmente, no existe ninguna tecnología que proporcione esta solución.



Lo que se propone es una red neuronal y un algoritmo predictivo que gestiona, interpreta, toma decisiones y reporta:

- Gestión: recopilación de datos de múltiples canales para obtener las condiciones límite (composición del aire exterior, composición del aire interior en cada habitación, número de personas). ocupar cada espacio, condiciones particulares de cada persona);
- Interpretación: correlacionar continuamente en el tiempo la calidad del aire necesaria para los ocupantes de cada estancia con la previsión de usos y previsiones climáticas, la elección de las instalaciones según el proceso (filtración o depuración del aire) o según el régimen de funcionamiento (cuantificación del consumo de energía y costos en función del tiempo);
- Decisión: mediante un algoritmo predictivo, la red procederá a través de tecnología WiFi o radiofrecuencia a regular el funcionamiento de todo el sistema de ventilación, mediante un régimen variable específico para cada situación;
- Información: cada ocupante tendrá la posibilidad de ser informado de los riesgos que supone para su salud la mala calidad del aire. Los datos serán personalizados en función de determinados parámetros establecidos por cada persona (edad, sexo, embarazo, afecciones (asma, alergias, enfermedades respiratorias), actividad realizada, etc.), pudiendo acceder a ellos a través de una aplicación online o de un acceso personal. usable. Asimismo, se podrá transmitir a las Administraciones Públicas información global sobre episodios temporales o recurrentes de mala calidad del aire en determinadas zonas de la ciudad.

Este concepto global de gestión de la calidad del aire no existe actualmente en ningún producto o sistema comercializado a nivel nacional, europeo o internacional. Por ello, ya hay empresas del sector de la ventilación que han mostrado interés en esta propuesta y han incorporado a sus técnicos al Equipo de Trabajo de esta propuesta. Los resultados estarán protegidos. por al menos tres patentes de propiedad intelectual.

4.2. Impacto social y económico de los resultados esperados.

Cualquier acción que promueva la mejora de la calidad del aire interior supone actuar sobre el mayor riesgo que existe para la salud en la Unión Europea. El entorno residencial es el espacio físico en el que las personas pasan más tiempo, y es un espacio caracterizado por condiciones inadecuadas de calidad del aire interior, que tienen un impacto directo en la salud humana. Se busca ventilar bien de la forma más eficiente. La colaboración de empresas interesadas en los resultados esperados del proyecto abre un campo de cooperación y transmisión de conocimiento a través del registro de patentes para implementar sistemas de gestión de equipos y transmisión de datos.

La propuesta va encaminada a su aplicación en España. Sin embargo, la técnica y el producto resultante serán fácilmente transferibles al mercado internacional. Un estudio previo no ha identificado dispositivos, técnicas o productos en el mercado internacional que utilicen la tecnología y métodos propuestos en este proyecto, lo que supone una novedad para un mercado inexplorado. La oportunidad de desarrollo internacional es más que obvia. El proyecto propone aprovechar las deficiencias comerciales detectadas a nivel internacional para iniciar un mercado en los países vecinos de la UE (Portugal, Francia, Alemania, Bélgica, Italia, Austria, etc.). También sería factible un proceso de expansión a países no pertenecientes a la UE como Estados Unidos, Australia o Emiratos Árabes Unidos. Pueden ser considerados clientes potenciales del producto porque las empresas participantes tienen presencia en esos países.

4.3. Plan de comunicación científica e internacionalización de los resultados.

Se espera un impacto importante de la difusión de los resultados alcanzados por el Proyecto.

Se propone un plan de difusión en revistas de alto impacto científico estructurado a partir de los principales hitos de la investigación, que son el logro de los Objetivos Específicos (Todos los trabajos tendrán ACCESO ABIERTO, según las bases de esta convocatoria):

Objetivo	Tarea	Rango numérico		Categoría JCR
Un (2)	2.3, 3.4	1	Q1	"Salud pública, ambiental y laboral", "Ingeniería ambiental", "Tecnología de construcción y edificación"
Un (4)	4.1, 4.2, 4.3	1	Q1	"Salud Pública, Ambiental y Ocupacional"
B (5)	5.2, 5.3, 5.4	1	Q1	"Ingeniería ambiental", "Tecnología de la construcción y la edificación"
C (9)	8.1, 8.2 "Salud pública, ambiental y ocupacional"	1	Q1	

Además, se propone que los miembros del equipo investigador asistan como ponentes a un congreso nacional y dos internacionales de reconocido impacto entre la comunidad científica y profesional como AIVC (Air Infiltración y Ventilación Centro), ASHRAE, BUILDAIR, o EECN, en el cual se difundirán los resultados parciales y finales del proyecto (partidas presupuestarias 2.a y 2.b).

4.4. Plan de difusión de los resultados a los colectivos más relevantes para la temática del proyecto y a la sociedad en general.

Los resultados del proyecto tendrán un impacto en el contexto social y económico en el marco del Objetivo Específico 4 del PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN 2021-2023 (PEICTI), así como su alineación con las líneas transversales (1) la ecológica transición y (2) la transformación digital como mecanismos de recuperación y resiliencia del RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA (RETC). Estas acciones se definen en línea con las políticas activas de los planes locales, regionales, nacionales y europeos.

En especial, esto dará respuesta a las necesidades de la población en RIESGO DE EXCLUSIÓN (MALA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR), que es la más afectada por este fenómeno.

4.5. Plan de transferencia y valorización de resultados.

Uno de los puntos clave de la divulgación es dirigirla al público en general, ya que todas las personas pasan la mayor parte de su tiempo vital en interiores, de ahí la importancia de divulgar en un lenguaje accesible y general. Se difundirá de forma adaptada a las nuevas tecnologías (redes sociales, página web, etc.), y en eventos sociales (semana de la ciencia, noche de los investigadores o mujeres en la ciencia). Asimismo, se intentará acceder a medios de difusión global como la televisión y la radio. Actividades de difusión para las que se ha propuesto una partida presupuestaria específica. También se pretende organizar una serie de jornadas informativas abiertas al público en general, dando acceso a todos los estadios sociales. Se propone dotar al proyecto de una herramienta que permita la transmisión en tiempo real de la calidad del aire interior al usuario, tomando en cuenta su singularidad, es decir, los riesgos específicos derivados de su edad, sexo, enfermedades (alergias, asma, etc.) y tipo de actividad realizada. Dicha información se realizará a través del acceso abierto y personal a una página web que procesará dichos datos de forma automática, pudiendo incluso emitir una señal de alarma ante una situación de riesgo por mala calidad del aire. También se pretende proporcionar a las Administraciones Públicas información relevante sobre la IAQ en el interior de los edificios, que pueda ser de utilidad en la toma de decisiones ante episodios de mal aire esporádicos o persistentes.

4.6. Plan de gestión resumido de los datos planificados.

En todo caso se dará cumplimiento a la vigente "Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales".

5. JUSTIFICACIÓN DEL PRESUPUESTO SOLICITADO

El presupuesto busca adquirir aquellos dispositivos que no se encuentran disponibles en el Laboratorio de Ventilación HS3. Básicamente, consta de estaciones autónomas de recogida continua de datos de calidad del aire y dispositivos que permiten desarrollar sistemas de comunicación y gestión de equipos que permiten conseguir una buena calidad del aire adaptada al usuario, informando al mismo tiempo de los posibles riesgos en



tiempo real. El detalle del presupuesto se ha justificado en el desarrollo de cada uno de los Objetivos Específicos del proyecto, ya que se considera que éste está mejor justificado.

6. CAPACIDAD DE FORMACIÓN

Dado el interés de la propuesta y la capacidad formativa del equipo investigador, se propone la inclusión de un contrato predoctoral para la formación de doctores (FPI), en el que su formación doctoral se enmarcará de forma transversal e integrada en el proyecto.

6.1. Programa de formación planificado en el contexto del proyecto solicitado.

El doctorando recibirá un apoyo constante por parte del equipo de investigación, adquiriendo conocimientos relacionados con la calidad del aire interior y sus efectos en la salud. Su formación en muestreo de contaminantes será fundamental. Durante el periodo formativo, se te guiará en el uso de técnicas y metodologías experimentales relacionadas con el análisis de la calidad del aire interior, así como en el desarrollo de habilidades en dinámica de fluidos computacional (CFD). Esto se complementará con actividades transversales y específicas en herramientas, métodos y técnicas de investigación; análisis estadístico de datos, presentación en el campo científico, bibliometría y divulgación científica.

Se fomentará la difusión de resultados en revistas de alto impacto, así como su participación en congresos de prestigio, como AIVC/ASHRAE. Por otro lado, se propone la movilidad del doctorando con el objetivo de reforzar y complementar su formación mediante estancias nacionales e internacionales en colaboración con miembros del equipo propuesto (en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley y en la Universidad de las Islas Baleares).

Tendrás la oportunidad de formarte con grupos de investigación de amplia experiencia, con una amplia oferta de programas que fomentan este tipo de iniciativas (becas para estancias cortas y congresos, programas de estancias, movilidad Erasmus+, etc.). Se fomentará la participación en la docencia, hasta un máximo de 60 horas anuales.

6.2. Tesis terminadas o en proceso en el ámbito del equipo de investigación ▪ Dr. Arq. Miguel Ángel

Padilla Marcos (Código ORCID 0000-0001-5920-0793)

“Desarrollo de modelos de aplicación arquitectónica para el diseño de espacios exteriores eficientes para la ventilación de los edificios”. Conferencia: 24/11/2015. Premio Extraordinario de Doctorado.

▪ Dr. Arq. Miguel Ángel García Fuentes (Código ORCID 0000-0001-6739-599X)

“Rehabilitación energética de áreas urbanas residenciales: soporte al diseño y evaluación”. Fecha de inicio: octubre 2013. Fecha de lectura y defensa: 23/11/2020.

▪ Dra. Arq. Irene Poza Casado (Código ORCID 0000-0002-6692-5917) “Comportamiento de estanqueidad de la envolvente de viviendas en España. Caracterización e impacto energético de la infiltración de aire”.

Fecha de lectura y defensa: 15/12/2021.

TESIS EN CURSO DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN:

▪ Arquitecto Diego Tamayo Alonso (Código ORCID 0000-0002-8729-8932)

“Automatización de procesos para la evaluación de la sostenibilidad en edificios con Level”.

Fecha prevista de lectura: 09/2025. ▪

Arquitecta Marta Martínez Vera

“Calidad del aire en viviendas y su relación con la salud de las personas”. Fecha prevista de lectura: 09/2025.

6.3. Desarrollo científico o profesional de los médicos graduados.

▪ Dr. Arq. Miguel Ángel Padilla es actualmente Catedrático de la ETS de Arquitectura de Valladolid.

▪ Dr. Arq. Miguel Ángel García Fuentes es actualmente Coordinador de proyectos UE del Centro Tecnológico CARTIF.

▪ Dra. Irene Poza Casado es actualmente Profesora Ayudante Doctora de la ETS de Arquitectura de Valladolid.