

A	DADES DE LA INVESTIGADORA RESPONSABLE/ DATOS DE LA PERSONA INVESTIGADORA RESPONSABLE (*)		
----------	---	--	--

1r COGNOM/1º APELLIDO LUCAS	2n COGNOM/2º APELLIDO MIRALLES	NOM/NOMBRE MANUEL	DNI / NIF / NIE 33492339-S
--------------------------------	-----------------------------------	----------------------	-------------------------------

B	MEMÒRIA CIENTÍFICO-TÈCNICA/ MEMORIA CIENTÍFICO-TÉCNICA
----------	---

TÍTOL DEL PROJECTE / TÍTULO DEL PROYECTO:

OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR ACCIONADO MEDIANTE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON PRE-ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO DEL AIRE DE ENTRADA AL CONDENSADOR USANDO TÉCNICAS DE ULTRASONIDOS

1. INTRODUCCIÓN

Antecedentes y estado del arte

La sustitución de los combustibles fósiles y la transición gradual hacia una economía neutra en carbono es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo. En el documento «Energía limpia para todos los europeos» (2019), también conocido como “Paquete invierno”, la Unión Europea establece el marco normativo de su política energética. El consumo energético de los edificios supone el 40% del consumo total de energía y el 36% de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea. La consecución de los objetivos de la Unión en materia de energía y cambio climático está condicionada por los esfuerzos que se hagan para reducir el consumo en los edificios. Con este propósito se promueve la mejora de la eficiencia energética y el despliegue de las energías renovables en los edificios, (Directiva EPDB 2018/844).

Poner la **eficiencia energética** en primer lugar es un objetivo clave en el paquete, ya que reducir la energía consumida es la forma más fácil de ahorrar dinero para los consumidores y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, la UE ha establecido objetivos vinculantes de, al menos, una mejora hasta el 32,5% de eficiencia energética para 2030. Junto a esta medida, se ha establecido un objetivo ambicioso del 32% para la producción desde **fuentes de energía renovables** en la combinación energética de la UE para 2030. Se pretende que se consigan estos objetivos fomentando actividades de Investigación + Innovación + Competitividad (I+i+c) orientadas a luchar contra el cambio climático y a favorecer la transición energética. El presente proyecto de investigación afronta este reto abordando la mejora de la eficiencia y el empleo de la energía solar en un sistema de climatización.

Una opción para reducir el consumo de energía primaria asociado a la climatización de edificios es mediante el uso de energía solar: la conocida como *refrigeración solar*. La refrigeración solar es una idea muy atractiva por la coincidencia cronológica entre la disponibilidad de radiación solar y la demanda de energía para climatización. De entre las alternativas prácticas para convertir la radiación solar en frío, se distinguen los sistemas térmicos y los fotovoltaicos, Figura 1. En los sistemas térmicos, la energía solar es captada mediante captadores solares térmicos, y es convertida en frío por ciclos de adsorción o absorción. Por su parte, en los sistemas de accionamiento fotovoltaico, la energía solar es convertida en electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos y ésta se emplea para accionar el compresor de una enfriadora convencional basada en un ciclo de compresión de vapor. De acuerdo con la Agencia Internacional de la energía, Mugnier et al. (2015), los sistemas de bomba de calor accionados por paneles fotovoltaicos son la alternativa más prometedora a corto plazo para sistemas de mediana y pequeña potencia (< 50 kW). Li y Wang (2016) muestran una revisión de trabajos que contemplan los aspectos económicos y medioambientales de los sistemas de aire acondicionado accionamos mediante energía fotovoltaica.

Además de la integración de las energías renovables en el accionamiento de los equipos de aire acondicionado, otra estrategia para la reducción de la energía consumida es la mejora de su eficiencia. Uno de los elementos clave que determina la eficiencia de un equipo de climatización es el sistema de condensación empleado. Las soluciones comerciales clásicas son sistemas condensados por aire o por agua. Energéticamente, las torres de refrigeración o condensadores evaporativos, condensados por agua, representan los sistemas de enfriamiento de mayor rendimiento. En los sistemas evaporativos el límite físico en el nivel térmico lo establece la temperatura de bulbo húmedo ambiente, permitiendo una menor presión de condensación en el ciclo de refrigeración y, por consiguiente, reduciendo el consumo energético a igualdad en el resto de condiciones de operación. Del mismo modo, para una misma potencia disipada, tienen un consumo eléctrico de ventilación 5 veces inferior al de aerorefrigeradores. Sin embargo, algunas administraciones locales están restringiendo o dificultando la instalación de torres de refrigeración por sus implicaciones medioambientales, principalmente la emisión a la atmósfera de gotas de agua generadas en su interior, que pueden constituir un vector de dispersión de contaminantes y agentes infecciosos. La frecuencia de los brotes y la

importancia de sus implicaciones hacen de la dispersión de Legionella el riesgo más importante relacionado con las torres de refrigeración, problemática con especial sensibilización en la Comunidad Valenciana por la redundancia de los brotes ocurridos. En los sistemas de condensación por aire, la temperatura de condensación se ve limitada por la temperatura seca del ambiente exterior, lo que conlleva un peor comportamiento térmico si se compara con la condensación con agua. Sin embargo, en los últimos años han surgido soluciones tecnológicas híbridas que pretenden superar esta limitación.

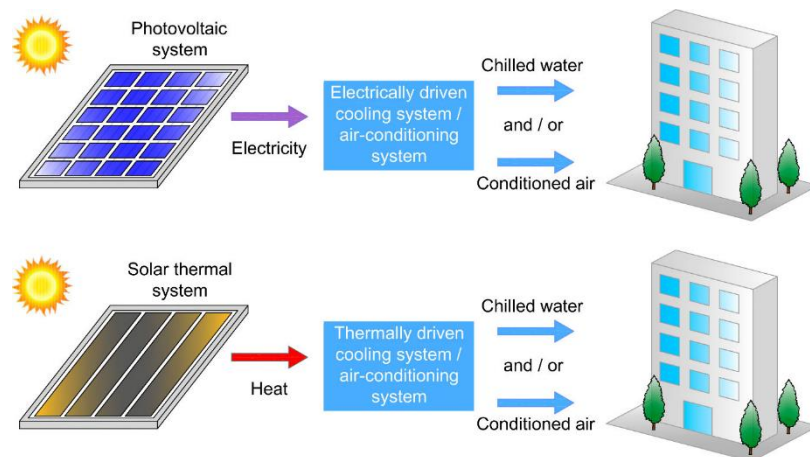


Figura 1: Alternativas prácticas para para convertir la irradiación solar en refrigeración.

Las técnicas de enfriamiento evaporativo aplicadas al condensador de una máquina frigorífica representan una de las soluciones más eficaces y de aplicación inmediata para mejorar la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado domésticos y comerciales en todo el mundo. Con estas técnicas es posible reducir significativamente, principalmente en países con climas cálidos y secos, el consumo de energía eléctrica y los picos de potencia consumida. Una buena cantidad de trabajos recogidos en la literatura muestran los beneficios de las técnicas de pre-enfriamiento aplicadas a diferentes sistemas de aire acondicionado. Existen diferentes estrategias para reducir la temperatura del aire que de entrada al condensador. Los sistemas más estudiados se pueden clasificar en rellenos evaporativos (evaporative pads) y sistemas de atomización (spray o mist generator). En Martínez et al. (2016) se estudia cómo los diferentes espesores de rellenos evaporativos condicionaban la eficiencia de enfriamiento y la pérdida de carga del sistema. Los resultados mostraron que el mayor aumento del 10,6% en Eficiencia Energética de Refrigeración (EER) se lograba con un espesor de aproximadamente 100 mm. El principal inconveniente de los sistemas de preenfriamiento basados en rellenos evaporativos es la caída de presión adicional que se produce en la corriente de aire del condensador. La caída de presión provoca una reducción en el flujo másico de aire a través del condensador y una disminución en su capacidad para ceder el calor al ambiente. Esto puede implicar una mayor presión en el condensador en caso de que el enfriamiento del aire no sea suficiente. Además, esta pérdida de carga adicional está presente cuando el pre-enfriamiento evaporativo no se activa.

Comparado con los sistemas basados en rellenos evaporativos, los sistemas por atomización permiten una mayor flexibilidad en su diseño ya que únicamente requieren de los atomizadores y una red de tuberías. Esto conlleva una pérdida de presión mucho menor, cuando no despreciable. Yu et al. (2018) analizaron la eficiencia de enfriamiento de un atomizador para el pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador en una enfriadora de agua. En un clima subtropical, el preenfriamiento del aire del condensador por atomización produjo un aumento de 0,36-8,86% y 0,34-10,19% en el EER de la enfriadora en el modo normal y el modo VSD (control variable de velocidad para los ventiladores del condensador), respectivamente. Sin embargo, el principal inconveniente de los sistemas por atomización es que pueden causar corrosión, incrustaciones y/o ensuciamiento en los haces de tubos del intercambiador de calor si el agua alcanza su superficie en fase líquida. Para evitar esto, se requiere que el sistema evapore todo el agua en la corriente de aire para evitar que las gotas entren en contacto con la superficie del intercambiador de calor. Las boquillas atomizadoras de alta presión generan pequeñas gotas de agua pero a un coste energético mucho mayor. Además, la calidad del agua puede afectar al rendimiento de las boquillas y su coste de mantenimiento (Hooman et al., 2017). En vista de los inconvenientes encontrados en las técnicas actuales de preenfriamiento, parece apropiada una búsqueda de alternativas.

En los últimos años se han utilizado técnicas basadas en ultrasonidos para mejorar una amplia variedad de procesos o para mejorar su eficiencia. Yao (2016) realizó una revisión bibliográfica sobre estudios relacionados con las aplicaciones de ultrasonidos como nueva tecnología en el ámbito de la calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). Afirma que, desde un punto de vista general, todos los efectos producidos por los ultrasonidos podrían ser interesantes en aplicaciones que involucren transferencia de calor o masa. Nie et al. (2018) estudiaron un recuperador entálpico basado en enfriamiento evaporativo para la ventilación de edificios basada en un intercambiador de calor de placas de contraflujo combinado con un atomizador ultrasónico. La humidificación por atomización ultrasónica se utilizó para enfriar el aire de extracción hasta su temperatura de bulbo húmedo, lo que resultó en una transferencia de calor sensible y latente del aire de impulsión. En comparación con el enfriamiento evaporativo indirecto convencional, la aplicación de atomización ultrasónica mejora el efecto de enfriamiento al aumentar el área de evaporación de agua

nebulizada. Los resultados mostraron que en climas cálidos y húmedos, el prototipo logró hasta un 71% de la eficiencia total de recuperación de calor, y más del 50% de la entalpía recuperada fue aportada por la condensación de humedad en el aire de impulsión. Arun y Mariappan (2019) desarrollaron un enfriador evaporativo regenerativo ultrasónico junto con un deshumidificador desecante. El sistema consta de varios conjuntos de canales secos y canales húmedos donde se produce el intercambio de calor mediante el enfriamiento evaporativo indirecto de la niebla de agua generada por un atomizador ultrasónico. En este enfriador, la capa higroscópica convencional que se usa comúnmente para humedecer el aire fue reemplazada por el agua nebulizada. Los resultados mostraron una capacidad de enfriamiento de 339,8 W, para un caudal másico de aire de 0,0488 kg/s y una relación de extracción de 0,37, y alcanzaron valores máximos de 1,15 para la efectividad de bulbo húmedo y caídas de temperatura de hasta 10°C.

En vista de la revisión bibliográfica realizada, las técnicas basadas en ultrasonidos parecen muy prometedoras para mejorar el diseño de sistemas de pre-enfriamiento evaporativo por lo que parece necesario estudiarlas y, en su caso, aprovecharlas. No es menos cierto sin embargo que también se han identificado inconvenientes que será preciso solventar. Estos inconvenientes son los que se enumeran a continuación:

- A priori, los sistemas de pre-enfriamiento por ultrasonidos pueden tener las mismas desventajas que los sistemas de atomización por rociadores: esto es que las gotas impacten en el condensador y provoquen fenómenos de corrosión y/o incrustaciones. Sin embargo, con la atomización ultrasónica es posible generar gotas de menor tamaño, con un consumo de energía similar al de los sistemas que utilizan boquillas de pulverización de alta presión. Cuanto menor sea el tamaño de la gota, más rápida se producirá la evaporación, por lo que se espera que la gravedad de estos inconvenientes también se reduzca. Asimismo, la baja velocidad producida por el sistema de atomización ultrasónica, que genera gotas con velocidades mucho más bajas que las producidas por los sistemas de boquillas de atomización, contribuye a limitar estos problemas, permitiendo aumentar el tiempo de contacto de las gotas con el aire y reduciendo la distancia de evaporación total.
- La distribución homogénea de la atomización ultrasónica es otro aspecto clave a estudiar dado que no se han encontrado en el mercado soluciones específicas para la aplicación propuesta. Esto requerirá de una fase inicial de diseño del sistema de pre-enfriamiento evaporativo en el que se propondrán diferentes configuraciones geométricas y se valorarán en términos de consumo de energía en el sistema de ultrasonidos y su eficiencia evaporativa en toda la sección de entrada al condensador. Los requisitos del diseño incluirán el futuro acoplamiento con el equipo de aire acondicionado.
- La adaptación entre el sistema de pre-enfriamiento y el uso de la energía fotovoltaica es otro de los retos que afronta el proyecto. Cuestiones como el dimensionado óptimo de cada subsistema y las condiciones de operación más adecuadas, como cuando activar la atomización por ejemplo, son aspectos que deben ser aclarados en el contexto del proyecto.

Experiencia del grupo de investigación solicitante en los temas que se describen

Refrigeración Solar



Figura 2: Instalaciones de refrigeración solar construidas por el grupo solicitante. Izquierda: Planta de absorción descrita en Martínez et al. (2012). Derecha: Instalación experimental descrita en Lucas et al. (2017).

El primer trabajo del Grupo de Investigación de Ingeniería Energética (GIIE) de la Universidad Miguel Hernández en el ámbito de la refrigeración solar se llevó a cabo, hace ya casi una década, con el diseño de una instalación de climatización mediante planta enfriadora de absorción (BrLi-H₂O) de simple efecto de 17,6 kW y un campo de captadores plano de 38,4 m², Martínez et al. (2012), Figura 2. Esta experiencia sirvió para conocer en profundidad estos sistemas, sus criterios de diseño y, sobre todo, para experimentar las dificultades que implicaba su operación y mantenimiento. El paso del accionamiento térmico al diseño de sistemas de refrigeración solar accionados mediante energía fotovoltaica se justifica por el gran desarrollo tecnológico y la mejora de la eficiencia de los equipos de climatización domésticos y comerciales de pequeña y media potencia, así como por el notable descenso del coste de los paneles solares fotovoltaicos y del resto de elementos integrantes de esta tecnología (inversor, regulador, etc). En

el trabajo realizado por miembros del GIEE, Aguilar et al. (2017), se estudió la instalación de climatización de una oficina ubicada en Alicante con un Split inverter de potencia nominal en frío 3,52 kW y EER de 4,09 conectado a 3 paneles FV de 235 Wp. En un periodo de medida superior a cien días el sistema alcanzó una contribución solar cercana al 65%, poniendo de manifiesto las ventajas del uso de este tipo de alternativas. Otros trabajos del GIEE relacionados con la refrigeración solar están vinculados con el estudio del sistema patentado denominado “Chimenea fotovoltaica evaporativa para el accionamiento y disipación de calor simultánea de un sistema de climatización” (referencia ES201500757). El sistema ha sido estudiado a nivel de laboratorio en condiciones reales de operación en los pasados veranos, Lucas et al. (2017), Lucas et al. (2019) y Ruiz et al. (2020), Figura 2. Los trabajos realizados empleando equipos de climatización activados, total o parcialmente, con energía fotovoltaica nos han mostrado que es una tecnología madura, si bien quedan aspectos de su diseño, dimensionado y operación que pueden mejorarse.

Mejora de la eficiencia energética de sistemas de climatización

La mejora de la eficiencia energética en sistemas de climatización mediante la hibridación del condensador es una línea de trabajo del equipo de investigación solicitante que tiene su origen en un Proyecto de investigación financiado por la GVA en la Convocatoria de Proyectos de I+D para Grupos de Investigación Emergentes (GV/2011). En el proyecto titulado “Optimización energética de un sistema alternativo para la condensación en ciclos de refrigeración: el aero-refrigerador con pre-enfriamiento adiabático” se comprobó que, para las condiciones estudiadas, la temperatura de entrada del aire a la sección seca tras pasar por la sección adiabática se reducía en unos 7,5°C con una eficiencia de enfriamiento del 79,7%, Lucas et al. (2014). Esta línea de investigación continuó con la inclusión del pre-enfriamiento en sistemas domésticos de climatización tipo Split en citado artículo de Martínez et al. (2016). El siguiente paso fue la optimización del espesor del relleno evaporativo y el estudio del sistema bajo el prisma de la Segunda Ley de la Termodinámica realizando un análisis exergético, Martínez et al. (2018). Los trabajos realizados centrados en el diseño de sistemas de pre-enfriamiento del aire de entrada han mostrado su potencial para mejorar la eficiencia de los sistemas de climatización. Sin embargo, también han servido para identificar las limitaciones y los inconvenientes de los sistemas que se ha usado para el pre-enfriar. Es por esto que se siguen buscando alternativas y las técnicas por ultrasonidos surgen como una buena alternativa a estudiar. El interés del estudio de la atomización de agua por ultrasonidos se justifica por una doble razón. Por un lado, supera a los sistemas actuales en sus limitaciones. Si se compara con los rellenos evaporativos pueden reducir drásticamente o incluso eliminar la pérdida de carga adicional que los rellenos presenta en la corriente de aire. En el caso de compararlos con la atomización mecánica, los sistemas de ultrasonidos permiten un mayor control de la producción del tamaño de gota mediante el control de la frecuencia de generación consiguiendo de este modo reducir la posibilidad de impacto de las gotas sobre el haz de tubos del intercambiador de calor. Por otro lado, el interés del estudio de los sistemas de ultrasonidos para el pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador se justifica por la escasa atención que ha tenido esta aplicación en la literatura científica, habiendo tenido una muy buena aceptación los dos trabajos que el GIEE ha producido en 2020 en esta temática.



Figura 3: Izquierda, Fotografía de la instalación experimental descrita en Martínez et al. (2016), Derecha: Cubierta del edificio El Altet donde se sitúan los paneles fotovoltaicos que alimentan al prototipo actual.

La revisión bibliográfica hecha, junto con unas pruebas preliminares realizadas en un prototipo, nos han confirmado que el empleo de técnicas basadas en ultrasonidos puede ser una vía prometedora para mejorar el diseño de sistemas de preenfriamiento evaporativo. En el trabajo de Martínez et al. (2020) mostramos el diseño y las primeras pruebas en una unidad de generación de agua nebulizada en la que se evaluó el rendimiento térmico y la capacidad de producción de agua nebulizada en términos del caudal másico de agua atomizada y la distribución del tamaño de las gotas generadas. Para el diseño del prototipo y apoyándonos en los datos experimentales recabados se desarrolló un modelo numérico en CFD (Computer Fluid Dynamics). Con éste se pudieron realizar estudios paramétricos para conocer el efecto que determinadas variables de operación tenían en la capacidad de refrigeración y la distribución de la neblina generada, Ruiz et al. (2020). Si bien las pruebas han sido satisfactorias y el interés científico de las mismas ha quedado de manifiesto por las recientes publicaciones logradas, todavía quedan muchos aspectos relacionados con la

búsqueda del diseño óptimo del sistema de pre-enfriamiento basado en técnicas de ultrasonidos y su interacción en equipos comerciales.

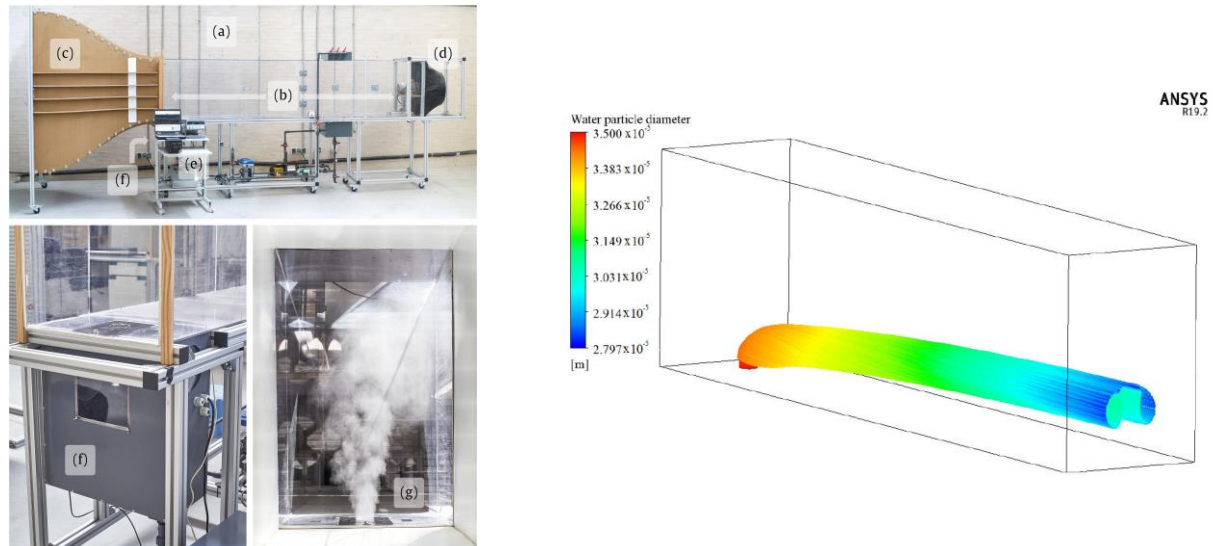


Figura 4: Izquierda: instalación experimental descrita en Martínez et al. (2020), (a) Tunel de viento, (b) sección de ensayo, (c) tobera, (d) difusor, (e) sistema de adquisición de datos, (f) generador de neblina ultrasónica and (g) imagen del penacho generado. Derecha: muestra de los resultados obtenidos por el modelo CFD de Ruiz et al. (2020).

Hipótesis de partida

1) El empleo de la energía solar fotovoltaica y el pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador de un equipo de aire acondicionado han sido dos estrategias que, de forma independiente, han demostrado reducir el consumo de energía primaria de este tipo de equipos. La interacción entre ambas soluciones y la optimización de su diseño a nivel de componentes y de su punto de operación es clave. Como hipótesis de partida se establece que la inclusión simultánea de ambas medidas es viable técnicamente y mejorará las prestaciones energéticas de estos equipos.

2) Las diferentes técnicas de pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador han mostrado su capacidad de mejora de la eficiencia de los equipos de aire acondicionado. Se establece como hipótesis que el empleo de técnicas de ultrasonidos para la generación de la atomización puede controlar el tamaño de las gotas, así como reducir la velocidad del flujo incidente al condensador, con lo que será posible evaporar completamente el agua antes de llegar al condensador disminuyendo la pérdida de carga en la corriente de aire y minimizando la posibilidad de que se produzca corrosión o incrustaciones en la superficie del condensador.

3) La solución tecnológica desarrollada contemplará los aspectos prácticos geométricos, de alimentación eléctrica (red eléctrica y/o paneles FV) y de consumos de agua críticos en el diseño en los equipos de aire acondicionado que favorecerá su implantación en el mercado y su instalación final en los edificios.

2. OBJETIVOS

El objetivo global de este proyecto es optimizar un sistema de refrigeración solar tipo Split accionado mediante energía fotovoltaica, en el que adicionalmente se va a mejorar su eficiencia energética mediante el pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador. Para la hibridación del condensador se propone la optimización del diseño de un generador de gotas por ultrasonidos.

Este objetivo general se aborda a través de los siguientes objetivos específicos:

1. Modelizar numéricamente la sección de pre-enfriamiento mediante herramientas CFD para optimizar su diseño.
2. Evaluar experimentalmente las prestaciones térmicas y fluido-dinámicas del generador de gotas por ultrasonidos en un túnel de viento.
3. Optimizar el diseño del generador de gotas por ultrasonidos para el pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador de un equipo de aire acondicionado tipo Split accionado simultáneamente por paneles fotovoltaicos y red.
4. Caracterizar experimentalmente el sistema de refrigeración solar con pre-enfriamiento del aire de entrada al condensador en condiciones ambientales estivales. Entorno experimental: laboratorio.
5. Optimizar el control de la operación del sistema en función de la demanda y las condiciones ambientales.
6. Verificar experimentalmente los ahorros energéticos conseguidos en un edificio real.
7. Establecer una metodología para la integración en edificios reales.
8. Difundir y diseminar los principales resultados.

El cumplimiento de los objetivos pretende situar el sistema de refrigeración solar propuesto hasta un nivel de validación exitosa del sistema en un entorno real (TRL 9), paso previo a una posible comercialización. De esta manera, se pretende contribuir a la reducción del consumo de energía en edificios asociado a la climatización mediante energías renovables con sistemas de alta eficiencia.

3. PLAN DE TRABAJO

Para cubrir los objetivos anteriormente mencionados, se plantea el plan de trabajo desarrollado en tres anualidades mostradas en la Tabla 1. Las tareas definidas, se resumen a continuación indicando entre paréntesis los investigadores involucrados en cada actividad:

TAREA 1. Revisión bibliográfica (MLM, PJMB, PGVQ, JRR, e Inv. Contratado/a).

Se realizará una actualización de la revisión de los trabajos que abordan el estudio de los sistemas de aire acondicionado accionados por energía fotovoltaica, así como de los sistemas de pre-enfriamiento evaporativo del aire de entrada al condensador. En particular, se revisarán los trabajos referidos al pre-enfriamiento del aire de entrada empleado técnicas de atomización mediante ultrasonidos. Esta técnica ha tenido una atención limitada para esta aplicación, encontrándose escasas referencias en la bibliografía hasta la fecha.

TAREA 2. Modelización numérica CFD del sistema de pre-enfriamiento basado en un generador de gotas por ultrasonidos (MLM, JRR, e Inv. Contratado/a).

Para el diseño del sistema de pre-enfriamiento mediante generador de gotas por ultrasonidos se emplearán herramientas de simulación numérica CFD (Fluent ANSYS o similar). El modelo contemplará las ecuaciones fundamentales que gobiernan los procesos de transferencia de calor y masa que en ellos tienen lugar. El modelo numérico servirá para plantear diferentes soluciones geométricas y realizar estudios parámétricos en funciones de las variables fundamentales del problema: velocidad del aire de entrada, flujo másico de agua, longitud húmeda, eficiencia y uniformidad del enfriamiento, etc.

TAREA 3. Caracterización experimental del generador de gotas por ultrasonidos en túnel de viento (MLM, JRR, PJMB e Inv. Contratado/a).

Para la validación de los resultados obtenidos en el modelo numérico se empleará un túnel de viento totalmente instrumentado disponible por el grupo de investigación, Figura 4. El trabajo experimental se planificará de manera que se analicen diferentes condiciones de operación como diferentes velocidades de aire, flujos másicos de agua atomizada, condiciones ambientales, etc. El trabajo experimental se completará con el estudio de tamaño de gotas generado y su evolución empleando las técnicas de medida de tamaño de gotas disponibles en el grupo de investigación.

TAREA 4. Optimización del diseño del generador de gotas por ultrasonidos (MLM, PJMB, PGVQ, JRR, e Inv. Contratado/a).

Una vez recopilada la información ofrecida por el modelo numérico y la campaña experimental del túnel de viento se propondrá un diseño contemplando la solución geométrica para acoplarse al equipo de aire acondicionado y las condiciones de operación. El diseño final describirá la disposición geométrica óptima de los generadores de gotas y su canalización a la sección de enfriamiento, así como las condiciones de operación tomando como premisas la máxima eficiencia energética y la evaporación de total de las gotas antes de llegar al condensador.

TAREA 5. Puesta en marcha del prototipo Split solar + pre-enfriamiento en entorno de laboratorio (MLM, JRR, PGVQ e Inv. Contratado/a).

Para realizar esta tarea se dispone de una planta totalmente instrumentada en el laboratorio de Máquinas y Motores térmicos de la Universidad Miguel Hernández que se adaptará para incluir el sistema de generación de gotas mediante ultrasonidos, ver Figura 3. Se revisará el estado actual de la planta piloto, tomando las medidas necesarias de mantenimiento y calibración de la sensorización y del sistema de adquisición de datos. Se dejará la planta operativa para las mediciones experimentales. Se integrará el diseño de pre-enfriamiento propuesto y se establecerán los protocolos de ensayo.

TAREA 6. Medidas en planta piloto (MLM, PGVQ, JRR e Inv. Contratado/a).

Una vez puesta a punto la instalación, se llevarán a cabo las medidas experimentales. Resulta de extrema importancia que parte de la campaña de medidas se realice durante el periodo estival (junio-septiembre). En estos meses se dan las condiciones más exigentes para la refrigeración solar, que es donde se desea evaluar el comportamiento del equipo. Los ensayos realizados se tratarán y analizarán, tanto a nivel de funcionamiento instantáneo (en potencia),

como a nivel energético para periodos diarios y estacionales.

TAREA 7. Optimización operación sistema de refrigeración solar (MLM, PJMB, PGVQ, JRR, e Inv. Contratado/a).

El equipo de refrigeración solar, incluyendo la sección evaporativa, validado previamente servirá como punto de partida para la optimización del sistema en su conjunto. Mediante un modelado analítico de los diferentes componentes del sistema se generará un modelo energético completo (sistemas de climatización + edificio) en entorno TRNSYS o similar para evaluar las condiciones óptimas de operación en función de las condiciones ambientales y del comportamiento del sistema de climatización.

TAREA 8. Instalación y adaptación del prototipo a un edificio real (MLM, PGVQ, JRR e Inv. Contratado/a).

El siguiente paso en la evolución de diseño es trasladar el prototipo a un entorno real con el objeto de demostrar su validez en condiciones de operación de un edificio real. Para ello se seleccionará un espacio preferentemente del campus o un edificio cercano adecuado a las características del sistema en términos de carga térmica y demás requisitos prácticos como disponer de cubierta para instalar los paneles fotovoltaicos.

TAREA 9. Trabajo experimental en entorno real (MLM, PGVQ, JRR e Inv. Contratado/a).

Una vez instalado el prototipo en un edificio real se llevará a cabo una campaña de medidas analizando las particularidades que ofrezca el edificio en términos de horarios de uso y condiciones específicas de operación. Con ello se pretende demostrar que el nivel de madurez de la tecnología se acerca a TRL 9 (Pruebas con éxito en entorno real). Además se podrá determinar el nivel de ahorro energético alcanzado con la solución propuesta si se compara con la situación anterior del propio edificio.

TAREA 10. Criterios de diseño e integración en edificios (MLM, PJMB, PGVQ, JRR, e Inv. Contratado/a).

Concluida la fase de trabajo experimental en entorno real se obtendrán una serie de conclusiones tanto del diseño del equipo, como de operación que se trasladarán al diseño final del equipo. Además, se pretende establecer criterios de dimensionado que puedan servir de orientación a ingenieros o arquitectos que proyecten este tipo de instalación en sus edificios. Para ello se adaptarán los módulos disponibles en los paquetes de simulación energética de edificios tipo EnergyPlus o similar.

TAREA 11. Difusión de resultados (MLM, PJMB, PGVQ, JRR e Inv. Contratado/a).

Se prevé redactar diversas comunicaciones en congresos, así como diversas publicaciones en revista con alto índice de impacto. Asimismo se dará traslado de los resultados en foros técnicos como los organizados por la Agencia Internacional de la Energía.

TAREAS	Año 1				Año 2				Año 3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Revisión Bibliográfica	■				■				■			
2. Modelización numérica CFD del sistema de pre-enfriamiento		■	■			■	■			■	■	
3. Caracterización experimental del gen. gotas (túnel de viento)			■	■			■	■			■	■
4. Optimización del diseño del generador de gotas por ultrasonidos				■	■						■	■
5. Puesta en marcha del prototipo Split solar + pre-enfriamiento						■	■	■				
6. Medidas en planta piloto							■	■				
7. Optimización operación sistema de refrigeración solar								■	■			
8. Instalación y adaptación del prototipo a un edificio real										■	■	■
9. Trabajo experimental en entorno real											■	■
10. Criterios de diseño e integración en edificios												■
11. Difusión de resultados				■				■			■	■

Tabla 1. Cronograma de trabajo del proyecto descrito por trimestres.

HITOS	ENTREGABLES
H-1 Revisión bibliográfica	E-1.1 Informe de revisión bibliográfica (Año 1)
H-2 Creación del modelo CFD de la atomización por ultrasonidos	E-1.2 Informe de revisión bibliográfica (Año 2)
H-3.1 Diseño del prototipo de generador de gotas por ultrasonidos	E-1.3 Informe de revisión bibliográfica (Año 3)
H-3.2 Construcción del prototipo de generador de gotas por ultrasonidos	E-2 Modelo CFD de la atomización por ultrasonidos
H-4 Diseño final y construcción del sistema de pre-enfriamiento	E-3.1 Planos y esquemas del prototipo de atomización por ultrasonidos
H-5 Calibración y puesta en marcha de la planta piloto	E-3.2 Prototipo de atomización por ultrasonidos
H-6 Realización de ensayos en entorno de laboratorio	E-4 Diseño final del pre-enfriamiento
H-7 Definición de lógica de control optimizada para el equipo	E-5 Protocolo ensayos
H-8 Adaptación e instalación del prototipo en un edificio real	E-6 Base de datos exp. prototipo Split Solar (Laboratorio)
H-9 Realización de ensayos en entorno real de funcionamiento	E-7 Informe control optimizado
H-10 Criterios de dimensionado e integración en edificios	E-8 Especificaciones adaptación prototipo a entorno real
H-11 Difusión de resultados	E-9 Base de datos ensayos entorno real
	E-10 Informe criterios integración y dimensionado
	E-11 Artículos-congresos

Tabla 2. Hitos y entregables del proyecto.

Cabe mencionar que en casi la totalidad de las tareas planteadas se ha incluido la presencia de una persona contratada con cargo al presupuesto que se incluye más adelante (por descontado garantizando en todo momento para la contratación de dicho/a estudiante la igualdad de oportunidades entre todas/as aquellos/as candidatos/as que se presenten). La idea del equipo investigador es emplear dicho presupuesto en su mayor parte para la contratación de una estudiante o un estudiante que pudiera estar interesada o interesado en el desarrollo de una futura tesis doctoral enmarcada en la refrigeración solar y la mejora de la eficiencia de sistemas de climatización. Remarcar además que las tareas de dicho/a estudiante, así como las del resto del grupo investigador se compaginarán en todo momento con las necesidades de conciliación familiar que cada miembro del grupo de investigación precise. Para ello este tema será tratado en las reuniones periódicas de seguimiento del proyecto que el propio grupo de investigación establezca. Otra partida importante del presupuesto se refiere a los gastos de material fungible para realizar la construcción del sistema de pre-enfriamiento y la adaptación del mismo al túnel de ensayo (año 1), al prototipo disponible en el laboratorio (año 2) y al traslado a un edificio real (año 3). Finalmente se incluyen gastos asociados a tareas de difusión de los resultados como partidas para asistencia a congresos y publicaciones en Open Access en revistas de alto índice de impacto en el ámbito de la Energía.

4. IMPACTO ESPERADO DE LOS RESULTADOS

4.1 Impacto científico-técnico, social y/o económico

El impacto científico-técnico de los resultados tiene que ver con el objetivo del proyecto y con el contexto del reto la sociedad: Energía segura, sostenible y limpia en el que se contextualiza cuyo propósito es la descarbonización de nuestra sociedad. El objetivo de este proyecto es contribuir a la reducción del consumo de energía en edificios mediante la integración de las energías renovables y la mejora de la eficiencia de equipos de climatización. La propuesta de empleo de energía solar fotovoltaica para el accionamiento de equipos de climatización es una de las vías más prometedoras para conseguir que estos equipos se conviertan en soluciones competitivas a corto plazo según la Agencia Internacional de la Energía. Los resultados de este proyecto permitirán establecer criterios de dimensionado para este tipo de equipos que servirán de referencia tanto a los fabricantes del sector, como a ingenieros y arquitectos. Por otro lado, se propone el empleo de técnicas evaporativas para la mejora de la eficiencia energética de sistemas de climatización. Junto a la evaluación de la mejora energética habrá que valorar la propuesta a nivel medioambiental en términos de consumo de agua y emisiones de estos equipos. Este es un aspecto en consideración por el interés para la sociedad en general y en particular para empresas de mantenimiento de equipos térmicos. Empresas como Baltimore Aircoil Ibérica S.A., CYPE Ingenieros S.A. o LG ELECTRONICS Spain han mostrado su interés en los resultados derivados del proyecto.

Junto a lo anteriormente expuesto, otra cuestión que hay que analizar es la influencia económica de las energías renovables. La literatura subraya los beneficios directos e indirectos de incluirlas como un motor económico. Además, la creación y el aumento de empleo surge como un aspecto social crucial del desarrollo de tecnologías renovables.

4.2 Plan de difusión y transferencia de resultados

A nivel internacional la Agencia Internacional de la Energía en su programa Solar Heating and Cooling (IEA-SHC) dio comienzo recientemente, año 2020, a las actividades de la Task 65, titulada: "Solar cooling for the Sunbelt Region" (<https://task65.iea-shc.org/>). Esta Task, en la que participan varios investigadores del grupo, promueve la investigación en equipos de refrigeración y bombas de calor accionadas mediante energía solar fotovoltaica. En ella se promueve la adaptación de las soluciones tecnológicas existentes a la región denominada Sunbelt con latitudes entre 20º y 40º con sus particularidades climáticas (alta irradiación, altas temperaturas, disponibilidad de agua, etc). Este es un grupo de trabajo en el que se promueve la difusión de los resultados de los grupos de investigación integrantes, por lo que es un entorno ideal para discutir los resultados alcanzados en el proyecto y recibir el retorno de los mayores especialistas mundiales en el ámbito de la refrigeración solar.

Los resultados además se presentarán en congresos especializados a nivel internacional como los organizados por la International Solar Energy Society (<https://www.ises.org/>) o los congresos el International Institute of Refrigeration (<https://iifir.org/>). Asimismo, los resultados del proyecto se enviarán a revistas de prestigio indexadas tales como Solar Energy, Energy and Buildings o International Journal of Refrigeration.

Además el permanente contacto que existe entre los investigadores solicitantes y organismos de prestigio nacional como el IDAE o asociaciones como ATECYR permitirá tener una conexión directa con todos los actores involucrados en la implantación de nuevas tecnologías tanto del sector público, como privado.

4.3 Plan de gestión de datos

El Plan de Gestión de Datos (Data Management Plan (DMP)) del muestra cómo seleccionar, estructurar, almacenar y hacer pública la información utilizada o generada durante el proyecto, tanto considerando publicaciones científicas como los datos de investigación generados. El primer aspecto a considerar en el DMP está relacionado con el Acceso Abierto (Open Access) a las publicaciones generadas dentro del proyecto, lo que significa que cualquier publicación científica revisada por pares realizada en el contexto del proyecto estará disponible para cualquier usuario. Además del OA a la publicación, los datos subyacentes, ya sean experimentales o de simulación, relacionados con las publicaciones científicas se pondrán a disposición del público. Esto permitirá que otros investigadores puedan hacer uso de esa información para validar los resultados, siendo así un punto de partida para sus investigaciones. Estos datos incluirán una descripción de los procedimientos seguidos para obtener esos resultados (por ejemplo, software utilizado para simulaciones, configuraciones experimentales, equipo utilizado, etc.) así como los datos generados, en nuestro caso datos termo-energéticos. Se propone construir una página web que servirá tanto de herramienta de difusión de los resultados obtenidos, como repositorio de los datos obtenidos y enlazará con los repositorio oficiales como ZENODO (www.zenodo.org) o similar.

5. CONSIDERACIÓN DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN EL CONTENIDO DEL PROYECTO

El proyecto planteado contempla la contratación de un investigador o una investigadora predoctoral y la colaboración de, al menos, 3 alumnos o alumnas en fase de realización de sus trabajos de fin de grado y/o máster. Durante el proceso de selección del investigador o la investigadora y de los alumnos interesados y las alumnas interesadas, se tendrán en cuenta los principios constitucionales de igualdad, mérito y capacidad. En aquellos casos en los que se tenga empate atendiendo a dichos principios, se observará un principio en el que se prime la incorporación de mujeres para contribuir al equilibrio, tanto en nuestra área de conocimiento, como en nuestro departamento. Para la difusión del contrato de investigador o investigadora y la oferta de TFGs se informará a la rama de IEEE Women in engineering de la UMH (<http://umh.ieseSpain.org/women-in-engineering/>). Asimismo, se considerarán el Plan de Igualdad entre Mujeres y Hombres de la Universidad Miguel Hernández de Elche 2017-2020 en todas las acciones y decisiones de este proyecto.

De igual forma se tendrá en cuenta el fomento de la perspectiva de género en todos los aspectos que surjan durante la ejecución del proyecto y que sean susceptibles de ello y puedan contribuir al equilibrio de género. Todos los documentos generados se redactarán manteniendo explícitamente la presencia de ambos géneros y haciendo uso de sustantivos colectivos y lenguaje inclusivo, tal y como se ha hecho en la presente memoria a pesar de su marcado carácter técnico.

6. ANÁLISIS DE TRIESGO Y PLAN DE CONTINGENCIA

El análisis de riesgos es el proceso de identificar, evaluar, responder, monitorizar y reportar los riesgos asociados a un proyecto de investigación. Este plan y el de contingencia tienen por objeto evitar o minimizar el impacto de eventos externos o internos potencialmente posibles pero imprevistos o improbables que cambian la probabilidad de lograr el resultado deseado en el tiempo, la calidad o el coste del proyecto de investigación. En la siguiente tabla se muestran los riesgos identificados, su valoración y las acciones previstas para mitigarlos:

RIESGO	Impacto	Probabilidad	Nivel de riesgo	Acción para mitigar el riesgo
Los investigadores tienen opiniones diferentes en relación a los diseños y resultados obtenidos	1	1	Muy bajo	La discrepancia en el contexto científico se considera una parte de espíritu crítico necesario para llevar a cabo una investigación siendo enriquecedor la discusión de alternativas. Los investigadores principales se esforzarán en llegar a los acuerdos necesarios para que las posibles discrepancias no afecten al plan de trabajo.
Cambios en el plan de ejecución	2	2	Medio	Derivados de algunos desajustes en las fechas de realización de los hitos y/o entregables podría plantearse un desfase entre lo planificado en el proyecto y lo ejecutado. Corregir ese desfase en términos de re-enfocar y reajustar los recursos humanos y materiales es una de las funciones de los IPs
Retrasos y problemas en la construcción de los dispositivos experimentales (Prototipo de generador de gotas ultrasónico, adaptación de prototipo de laboratorio y traslado a edificio real)	3	2	Alto	El equipo de investigación solicitante tiene una larga experiencia en la construcción de prototipos y montajes experimentales. Sin embargo, como sabe cualquier experimentador, pueden surgir situaciones inesperadas como fallos de suministradores o problemas de ejecución imprevistas. En caso de que se detecte un retraso, se propone una reasignación de recursos humanos con el fin de reajustar los tiempos en la medida de lo posible.
Desfase entre los resultados obtenidos en la simulaciones y los datos experimentales	1	1	Muy baja	Se propondrá una modificación y mejora de los modelos, una nueva campaña de pruebas o el uso de datos de la literatura.
Restricciones de movilidad debido a razones sanitarias	2	1	Bajo	Aunque hace apenas un año parecería extraño incluir este riesgo, después de la pandemia del COVID-19 parece necesario hacerlo. Lo que aprendimos durante los meses de confinamiento nos llevó a diseñar instalaciones experimentales con acceso y operación remotos. En cuanto a la difusión de resultados, los trabajos se presentarán en congresos ya sea de forma presencial o a distancia.
Desviaciones en el presupuesto	1	2	Bajo	Los IPs adaptarán el presupuesto para cumplir con los objetivos del proyecto.

Tabla 3. Matriz de riesgo del proyecto y contingencias

7. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, F., Aledo, S., Quiles, P.V. (2017), Experimental analysis of an air conditioner powered by photovoltaic energy and supported by the grid, *Applied Thermal Engineering*, 123, 486 - 497.

Arun, B., Mariappan, V. (2019). Experimental study of an ultrasonic regenerative evaporative cooler for a desiccant cooling system. *Building Services Engineering Research and Technology* 40 (2) 151-175.

Clean energy for all Europeans package. Comisión Europea, 2019. ISBN 978-92-79-99839-3 doi:10.2833/252136.

Directiva (UE) 2018/844 Del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

Y. Li, R.Z. Wang, 10 - Photovoltaic-powered solar cooling systems, Editor(s): R.Z. Wang, T.S. Ge, *Advances in Solar Heating and Cooling*, Woodhead Publishing, 2016, Pages 227-250, ISBN 9780081003015, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100301-5.00010-2>.

Safaa H. Faisal, Salman H. Hammadi, Saif S. Mutlag, Experimental Study for the Effect of Pre-Cooling the Condenser Inlet Air of Split Type Air Conditioning Unit, *ENGINEERING JOURNAL* Volume 22 Issue 5, 2018 <https://doi.org/10.4186/ej.2018.22.5.67>

K. Harby, Fahad Al-Amri, An investigation on energy savings of a split air-conditioning using different commercial cooling pad thicknesses and climatic conditions, *Energy*, Volume 182, 2019, Pages 321-336, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.031>.

M. Lucas, F.J. Aguilar, J. Ruiz, C.G. Cutillas, A.S. Kaiser, P.G. Vicente, Photovoltaic Evaporative Chimney as a new alternative to enhance solar cooling, *Renewable Energy*, Volume 111, 2017, Pages 26-37, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.087>.

M. Lucas, J. Ruiz, F.J. Aguilar, C.G. Cutillas, A.S. Kaiser, P.G. Vicente, Experimental study of a modified evaporative photovoltaic chimney including water sliding, *Renewable Energy*, Volume 134, 2019, Pages 161-168, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.008>.

M. Lucas, P. Martínez, C. G. Cutillas, P. J. Martínez, J. Ruiz, A. S. Kaiser, B. Zamora, Experimental optimization of the thermal performance of a dry and adiabatic fluid cooler, *Applied Thermal Engineering*, Volume 69, Issues 1–2, 2014, Pages 1-10, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.04.033>.

P. Martínez, J. Ruiz, C.G. Cutillas, P.J. Martínez, A.S. Kaiser, M. Lucas, Experimental study on energy performance of a split air-conditioner by using variable thickness evaporative cooling pads coupled to the condenser, *Applied Thermal Engineering*, Volume 105, 2016, Pages 1041-1050, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.01.067>.

P. Martínez, J. Ruiz, P.J. Martínez, A.S. Kaiser, M. Lucas, Experimental study of the energy and exergy performance of a plastic mesh evaporative pad used in air conditioning applications, *Applied Thermal Engineering*, Volume 138, 2018, Pages 675-685, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.04.065>.

P. J. Martínez, J. C. Martínez, M. Lucas, Design and test results of a low-capacity solar cooling system in Alicante (Spain), *Solar Energy*, Volume 86, Issue 10, 2012, Pages 2950-2960,

Nie, J., Yuan, S., Fang, L., Zhang, Q., Li, D., (2018) Experimental study on an innovative enthalpy recovery technology based on indirect flash evaporative cooling. *Applied Thermal Engineering* Vol. 129 22-30.

D. Mugnier, R. Fedrizzi, R. Thygesen, T. Selke, New Generation Solar Cooling and Heating Systems with IEA SHC Task 53: Overview and First Results, *Energy Procedia*, Volume 70, 2015, Pages 470-473, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.02.149>.

Yao, Y., (2016) Research and applications of ultrasound in HVAC field: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 58 52-68.

Yu, F., Ho, W., Chan, K., Sit, R. (2018) Theoretical and experimental analyses of mist precooling for an air-cooled chiller. *Applied Thermal Engineering*. Vol 130 112-119.

C **RELACIÓN DE INVESTIGADORES EN FORMACIÓN QUE REALIZAN EL DOCTORADO EN EL GRUPO**
RELACIÓ D'INVESTIGADORS EN FORMACIÓ QUE REALITZEN EL DOCTORAT EN EL GRUP

Dotorando	Título de la tesis doctoral	Director
Clemente García Cutillas	Estudio del comportamiento térmico de sistemas de disipación de calor para ciclos de potencia y refrigeración en distintas condiciones de operación	Manuel Lucas Miralles
Pedro Martínez Martínez	Análisis energético y exergético del comportamiento de paneles evaporativos empleados en sistemas de acondicionamiento de aire.	Manuel Lucas Miralles
Alfredo Velazquez Marín	Mejora del rendimiento de equipos de aire acondicionado tipo Split, mediante el uso del condensado para enfriamiento evaporativo de la unidad exterior.	Pedro Juan Martínez Beltrán
Andrés Soto Barrionuevo	Estrategias de ventilación como medida de ahorro energético en edificaciones	Pedro Juan Martínez Beltrán
Juan Carlos Roca Reina	Eficiencia energética en instalaciones de edificios de uso terciario con clima mediterráneo	Pedro G. Vicente Quiles
María Amorós González	Generación de agua caliente sanitaria mediante bomba de calor y apoyo solar térmico	Pedro G. Vicente Quiles
Manuel Romero Rincón	Investigación sobre las posibles estrategias para lograr Edificios de Consumo de Energía casi Nulo. Edificios con uso residencial vivienda en el clima cálido mediterráneo.	Pedro G. Vicente Quiles

__ELCHE__, 23 d __DICIEMBRE__ de 2020
L'investigador responsable/El investigador responsable

Signat/Firma: MANUEL LUCAS MIRALLES

(*)Les dades contingudes en esta sol·licitud podran ser incorporades a un fitxer informatitzat amb una finalitat exclusivament administrativa (art. 10 al 13 del Decret 96/1998, de 6 de juliol, del Govern Valencià, i la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre)./(*) Los datos contenidos en esta solicitud podrán ser incorporados a un fichero informatizado con una finalidad exclusivamente administrativa (art. 10 al 13 del Decreto 96/1998, de 6 de julio, del Gobierno Valenciano, y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre).

La persona firmant es fa responsable de la veracitat de totes les dades contingudes en este document, sense perjudi de la possible comprovació, si és procedent, per part de la Direcció General.
La persona firmante se hace responsable de la veracidad de todos los datos contenidos en este documento, sin perjuicio de la posible comprobación, si procede, por parte de la Dirección General.

INVESTIGADOR PRINCIPAL DEL PROYECTO: MANUEL LUCAS MIRALLES

INVESTIGADOR PRINCIPAL DEL PROYECTO:

PRESSUPOST AICO/2021 I PRESUPUESTO AICO/2021

CONCEPTE DE DESPESA / CONCEPTO DE GASTO	2021	2022	2023
A) DESPESES DE CONTRACTACIÓ PERSONAL A) GASTOS CONTRATACIÓN DE PERSONAL	20000	20000	20000
B) DESPESES DE EXECUCIÓ B) GASTOS DE EJECUCION			
Material fungible i bibliogràfic (no podrà finançar-se material d'oficina ni accessoris informàtics. Material fungible y bibliográfico (no podrá financiarse material de oficina ni accesorios informáticos.	6000	4000	3000
(Material fungible para construcción de sistemas de generación de gotes por ultrasonidos y adaptación al túnel de viento, pequeño material eléctrico y electrónico para conexión de instrumentación, material hidráulico para puesta a punto de la planta piloto, etc.) Despeses per utilització i accés a Infraestructures Científiques i Tècniques Singulares i grans instal·lacions científiques nacionals i internacionals. Gastos por utilización y acceso a Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares y grandes instalaciones científicas nacionales e internacionales.			
Despeses per viatges, manutenció i allotjament dels membres del grup. Gastos para viajes, manutención y alojamiento de los miembros del grupo.	1500	2000	2500
Despeses de viatges, manutenció i allotjament d'investigadors doctor invitats. Gastos de viajes, manutención y alojamiento de investigadores doctores invitados.			
Despeses de viatges, manutenció i allotjament e inscripció en congressos internacionals d'investigadors en formació. Gastos de Viajes, manutención y alojamiento e inscripción a congresos Internacionales de investigadores en formación.	1000	1000	1500
Despeses de difusió de les activitats del grup. Gastos de difusión de las actividades del grupo.	1500	3000	3000
(Gastos de publicación en Open Access)			
Despeses derivades de la participació dels membres del grup en activitats de formació específiques de la temàtica del projecte. Gastos derivados de la participación de los miembros del grupo en actividades de formación específicas de la temática del proyecto.			
Despeses d'organització de congressos, jornades i activitats científicotècniques. Gastos de organización de congresos, jornadas y actividades científico-técnicas.			
Altres despeses necessaris per a l'activitat del grup. Otros gastos necesarios para la actividad del grupo.			
TOTAL (Import màxim: 30.000 € per anualitat) (Importe máximo: 30.000 € por anualidad)	30000	30000	30000