

# INPATH-TES: Formación en almacenamiento de energía térmica

M. Segarra<sup>1,\*</sup>, A.I. Fernández<sup>1</sup>, C. Barreneche<sup>1,2</sup>, G. Zsembinski<sup>3</sup>, L.F. Cabeza<sup>3</sup>

## Resumen

En los últimos años se ha llevado a cabo el proyecto “*PhD on Innovation Pathways for TES*” (INPATH-TES), financiado dentro del programa europeo H2020, cuyo objetivo era crear una red de universidades, centros de investigación e industrias que permitiera la implementación de un programa conjunto de doctorado en almacenamiento de energía térmica (*Thermal energy storage, TES*). La red INPATH-TES está actualmente formada por 14 universidades europeas de prestigio, 2 centros de investigación y 4 empresas interesadas en la tecnología. Durante la ejecución del proyecto se han desarrollado e implementado una serie de cursos on-line que forman parte de un nuevo programa de máster en el que participan académicos de toda Europa, especialistas en las diversas disciplinas que se imparten. Este nuevo programa de máster

servirá de base para la formación de nuevos estudiantes de doctorado en el campo del almacenamiento de energía térmica. Se trata de un máster propio interuniversitario de 60 ECTS, implementado en la Universidad de Lleida y en la Universidad de Barcelona, y coordinado por la primera. El máster es totalmente on-line, lleva por título “*Master on Thermal Energy Storage*” y se imparte en inglés. El máster incluye las especialidades en materiales para TES, transferencia de calor, TES para aplicaciones en edificios y TES para aplicaciones industriales. En este artículo se explica la estructura del máster y de los cursos asociados. La red INPATH-TES continúa activa con la intención de seguir creciendo e incorporar nuevos miembros asociados, evolucionar y actualizarse con los nuevos avances de la tecnología. De este modo, este trabajo también incluye la presentación de las posibilidades de participar en la red INPATH-TES.

\* m.segarra@ub.edu

<sup>1</sup>Centro DIOPMA, Departamento de Ciencia de Materiales y Química Física, Facultad de Química, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.

<sup>2</sup>BCES, Birmingham Centre for Energy Storage & School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Birmingham B15 2TT, United Kingdom.

<sup>3</sup>GREiA Research Group, INSPIRES Research Centre, Universitat de Lleida, Lleida, España.

**Palabras clave:** Proyecto INPATH-*TES*, formación on-line, almacenamiento de energía térmica (*TES*), máster universitario, cursos de especialista y experto universitario.

### **Abstract**

*In recent years, the "PhD on Innovation Pathways for TES" project (INPATH-*TES*) has been carried out. Funded under the H2020 European program, its objective was to create a network of universities, research centres and industries, that would allow the implementation of a joint doctoral program in thermal energy storage (*TES*). The INPATH-*TES* network is currently made up of 14 prestigious European universities, 2 research centres, and 4 companies interested in the technology. During the execution of the project, a series of online courses have been developed and implemented as part of a new master program in which academics from all over Europe, specialists in the various taught disciplines, participate. This new master program will serve as the basis for the training of new PhD students in the field of thermal energy storage. This is an interuniversity master degree of 60 ECTS, implemented at the University of Lleida and the University of Barcelona, and coordinated by the first. The master, entitled "Master on Thermal Energy Storage", is entirely online and is taught in English. The master includes specialisation on materials for *TES*, heat transfer, *TES* for building applications, and *TES* for industrial applications. This article ex-*

*plains the structure of the master degree and associated courses. The INPATH-*TES* network continues active with the aim of continuing to grow and incorporate new associate members, evolving and updating with the new advances in this technology. In this way, this work also includes the presentation of the possibilities of participating in the INPATH-*TES* network.*

**Keywords:** *INPATH-*TES* project, online training, thermal energy storage (*TES*), university master degree, specialist and university expert courses.*

### **Introducción**

El Plan estratégico europeo de tecnología energética (*European Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan*) se estableció como una estrategia política para llevar al mercado tecnologías nuevas, eficientes y rentables de baja emisión de carbono de la forma más rápida y rentable, incluyendo medidas relacionadas con la planificación, la implementación, los recursos y la cooperación internacional en el campo de las tecnologías energéticas. Este plan estratégico incluye una hoja de ruta para la Educación y Formación [1] que tiene como objetivo lograr un cambio estructural en el panorama educativo de la Unión Europea mediante la mejora de la integración y coordinación del entorno empresarial y la investigación. Siguiendo esta hoja de ruta, se propuso el proyecto "*PhD on Innovation Pathways for TES*" (INPATH-*TES*) que se financió dentro del programa marco de

investigación e innovación Horizonte 2020 de la Comisión Europea (CE) [2].

El objetivo del proyecto INPATH-TES era crear una red de socios europeos en al menos catorce países, incluyendo universidades, centros de investigación e industrias que cooperaran en la definición de un programa de doctorado en tecnologías de almacenamiento térmico (TES), su implementación y despliegue. El resultado final de dicha red conduciría a profesionales calificados en estas tecnologías, capaces de satisfacer las necesidades de los institutos de investigación y las empresas industriales. Los principales objetivos del proyecto eran:

- establecer un programa de doctorado único en el campo de TES,
- desarrollar módulos de formación comunes y cursos de doctorado orientados a la tecnología,
- establecer un workshop anual para estudiantes de doctorado, e
- intercambiar estudiantes de doctorado entre la industria y el mundo académico.

Una vez finalizado el proyecto, los participantes en el mismo se han constituido como una red de universidades, centros de investigación y desarrollo e industrias para compartir capacidades e infraestructuras y fomentar la movilidad de los estudiantes.

### **La Red INPATH-TES**

Como resultado del proyecto europeo se creó la red INPATH-TES [3], coordinada por la Universidad de Lleida, con el objetivo principal de fomentar la cooperación entre universidades, institutos de investi-

gación y empresas y desarrollar material de aprendizaje de calidad para la educación y formación de profesionales en el campo del almacenamiento de energía térmica. La red está actualmente formada por 14 universidades europeas de prestigio, 2 centros de investigación y 4 empresas interesadas en la tecnología.

Se diferencian dos tipos de miembros de esta red:

- Socios principales, que tienen algunos privilegios tales como: acceso gratuito a todo el material de aprendizaje, la posibilidad de que sus estudiantes de doctorado obtengan la acreditación INPATH-TES (que reconoce su participación en las actividades de formación y capacitación de la red), la participación prioritaria y más económica en las escuelas/conferencias organizadas dentro de la red. Por otro lado, también tienen algunas obligaciones, como el compromiso de crear, mantener y actualizar el material de aprendizaje.
- Socios asociados, que tienen los mismos derechos que los socios principales, pero no tienen ninguna obligación con respecto al material de aprendizaje.

La red actual pretende extenderse acogiendo nuevas instituciones interesadas en cooperar en sus actividades principales como socios asociados.

### **Metodología**

Durante el desarrollo del proyecto europeo, los miembros de la red prepararon diferentes materiales de aprendizaje implementados en una plataforma para la ense-

ñanza en línea. Se desarrollaron un total de 14 cursos dirigidos principalmente a estudiantes de postgrado y jóvenes investigadores de diferentes perfiles formativos, como ingeniería, arquitectura, química, física y otros títulos similares, que estén interesados en adquirir conocimientos específicos o realizar una investigación sobre TES. Los cursos desarrollados se pueden agrupar en:

- cursos básicos de doctorado,
- cursos comunes de especialización tecnológica, y
- cursos relacionados con habilidades transversales (soft skills).

Cada uno de estos cursos está compuesto por varios temas que se componen de distintas lecciones que luego se pueden "empaquetar a medida" según las necesidades de cada estudiante de doctorado, bajo la supervisión del director de tesis, y con la aprobación de la junta del respectivo programa de doctorado de su Universidad.

El material de aprendizaje se ha desa-

rollado de acuerdo con la perspectiva de alineación constructiva del Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT) con la metodología pedagógica InnoEnergy del aprendizaje centrado en el estudiante, la enseñanza alineada y el aprendizaje activo [4]. La metodología se implementa en una perspectiva de e-learning y, como tal, se puede usar tanto en el aula tradicional como de forma remota a través del modelo de aula invertida.

La sección de autoaprendizaje de la plataforma en línea incluye videos de corta duración grabados por los desarrolladores de contenidos para un aprendizaje más eficiente. Con el fin de obtener un conocimiento más práctico de las tecnologías clave, los estudiantes tienen acceso a instalaciones de laboratorio remotas y también a simulaciones interactivas. Otros materiales adicionales son grabaciones de visitas guiadas a laboratorios, literatura en línea y materiales externos de acceso abierto.

**Tabla 1. Estructura del máster en almacenamiento de energía térmica.**

MÓDULO	ECTS
OBLIGATORIO	25
ELECTIVO	20
TRABAJO FIN DE MÁSTER	15
TOTAL	60

## Contenidos de los cursos

En la siguiente tabla se describen los contenidos de cada módulo.

**Tabla 2. Contenidos de los módulos del Máster y de los cursos de especialización.**

<b>MODULO OBLIGATORIO</b>	<b>ECTS</b>
El sistema energético y sus impulsores políticos	5.5
Introducción al almacenamiento de energía y al TES	2
Tecnologías para TES	4.5
Propiedad intelectual y patentes	3
Gestión y emprendimiento	10
<b>Especialización</b>	<b>ECTS</b>
<b>1. MATERIALES PARA TES</b>	
Introducción a los materiales para TES y su caracterización	6
Desarrollo de compuestos TES	6
Métodos de caracterización y ensayo	5
Caracterización de propiedades relacionadas con procesos	3
<b>2. TRANSFERENCIA DE CALOR</b>	
Transferencia de calor multidimensional: modos básicos y análisis	4
Transferencia de masa: modos básicos y análisis	3
Transferencia de calor con cambio de fase: fundamentos teóricos y métodos de solución	3.5
Diseño y optimización de TES y modelización de componentes	2
Modelización a micro y <b>nanoescala</b> de materiales para TES	3.5
Simulación de sistemas TES	4
<b>3. APLICACIONES DE TES EN EDIFICIOS</b>	
Aplicaciones del almacenamiento de energía térmica en edificios	7.5
Simulación de TES en aplicaciones de edificios	2
TES en edificios: aspectos medioambientales y económicos	2
Introducción, implementación y estrategias de la gestión de la demanda (DSM)	3.5
Legislación, aspectos sociales y económicos de la gestión de la demanda (DSM)	5
<b>4. TES PARA APLICACIONES INDUSTRIALES</b>	
Integración de TES en grandes instalaciones industriales	4.5
Avances recientes en investigación y líneas científicas prometedoras	3
Demostración experimental y rendimiento de TES en aplicaciones a gran escala	2
Simulación de TES en aplicaciones a gran escala	8.5
TES para aplicaciones industriales: aspectos medioambientales y económicos	2

La información relativa a los períodos de preinscripción, enseñanza, así como los trámites a realizar para cursar el máster o alguno de los cursos de experto o especialista que se ofertan se encuentra en la página web <http://www.inpathtes.eu/master/>.

### Conclusiones

El resultado del proyecto INPATH-  
TES, financiado por la CE, ha sido la creación de una red de universidades, centros de investigación y empresas relacionadas con el almacenamiento de energía térmica, que tiene el propósito de crecer e incorporar otras organizaciones e iniciativas globales, con el objetivo de capacitar profesionales en estas tecnologías y favorecer la colaboración entre instituciones.

Una de las primeras actuaciones de la red ha sido la creación de un máster en almacenamiento de energía térmica, de 60 ECTS, totalmente on-line, que se imparte con la colaboración de docentes de toda Europa de gran prestigio dentro de esta temática.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por fondos del programa de investigación e innovación de la Unión Europea, Horizonte 2020, mediante el acuerdo de subvención No. 657466. Los autores agradecen al Gobierno de la Generalitat de Catalunya el reconocimiento de los grupos de investigación DIOPMA (2017SGR118) y GREiA (2017SGR1537). Este trabajo ha sido fi-

nanciado por fondos del Gobierno de España (ENE2015-64117-C5-1-R (MINECO/FEDER) y ENE2015-64117-C5-2-R (MINECO/FEDER)). GREa y DIOPMA son agentes certificados en la categoría desarrolladores tecnológicos del Gobierno de la Generalitat de Catalunya.

### Referencias

- [1] A. Georgakaki, U. von Estorff, S.D. Peteves, Strategic Energy Technology ( SET ) Plan Roadmap on Education and Training, 2014. doi:10.2790/16458.
- [2] INPATH-  
TES Project: [https://cordis.europa.eu/project/rcn/195450\\_en.html](https://cordis.europa.eu/project/rcn/195450_en.html).
- [3] INPATH-  
TES Network: [www.inpathtes.eu](http://www.inpathtes.eu).
- [4] J. Biggs, C. Tang, J. Kirby, Teaching for Quality Learning at University, 2011.
- [5] EIT, “ Quality for learning ” EIT Quality Assurance and Learning Enhancement Model, 2017.
- [6] Master on TES: [www.inpathtes.eu/master](http://www.inpathtes.eu/master).