



---

**Universidad de Valladolid**



## **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

MASTER DE PROFESOR DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA,  
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS  
**ESPECIALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA**

---

### **PREPARACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE FÍSICA: PANEL SOLAR TÉRMICO**

---

Alumna: LAURA PÉREZ BARRIGÓN

Tutores: D. CARLOS TORRES

D. MARCO ANTONIO GIGOSOS

D. JOSE MARÍA MUÑOZ

Convocatoria: Junio '18



A mis dos hijas, mis mayores tesoros.

A mi marido y a mi padre,  
por el apoyo y la ayuda que incondicionalmente me han  
dado durante esta etapa académica.



<b>INDICE</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	7
1. INTRODUCCION .....	8
1.1. MOTIVACION .....	8
1.2. OBJETIVOS .....	9
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	9
1.2.2. OBJETIVOS DIDÁCTICOS .....	9
1.3. ALCANCE .....	9
2. ASPECTOS DOCENTES .....	10
2.1. CONTEXTUALIZACION DE LA PRÁCTICA .....	10
2.2. COMPETENCIAS ASOCIADAS A ESTA PRÁCTICA .....	11
2.2.1. COMPETENCIAS CLAVE .....	11
2.2.2. OTRAS COMPETENCIAS TRABAJADAS .....	12
2.3. PERFIL COMPETENCIAL DE LA MATERIA: CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE ASOCIADOS A ESTA PRÁCTICA .....	13
2.4. RELACION CON OTRAS ASIGNATURAS .....	17
2.5. TEMPORALIZACIÓN .....	18
2.6. ORGANIZACIÓN DEL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....	18
2.7. METODOLOGÍA Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS .....	21
2.8. EVALUACION .....	24
3. PRÁCTICA DE FÍSICA .....	25
3.1. MARCO TEÓRICO .....	25
3.1.1. ENERGÍA: ENERGIA INTERNA, CALOR Y TEMPERATURA .....	25
3.1.1.1. Energía Interna .....	25
3.1.1.2. Transferencia de Energía Interna .....	26
3.1.1.3. Calor .....	27
3.1.1.4. Temperatura .....	28
3.1.1.5. Calor y Cambio de Estado .....	29
3.1.1.6. Calor y Cambio de Temperatura .....	31
3.1.1.7. Mecanismos de Trasmisión de Calor .....	33
3.1.2. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	36
3.1.2.1. Tipos de Energía Solar Térmica .....	37
3.1.2.2. La Radiación Solar .....	38

3.1.3.	PANELES SOLARES TÉRMICOS .....	40
3.1.3.1.	Posición de los Paneles.....	41
3.2.	CONSTRUCCIÓN DE LA PRÁCTICA .....	43
3.2.1.	COMPONENTES .....	43
3.2.2.	PROCESO DE MONTAJE .....	50
3.2.3.	COSTE DEL MONTAJE .....	59
3.3.	EXPERIMENTACIÓN .....	60
3.3.1.	SUPERFICIE DEL CAPTADOR SOLAR .....	61
3.3.2.	CAPACIDAD DEL CAPTADOR SOLAR .....	61
3.3.3.	VARIACIÓN DE TEMPERATURAS CON EL TIEMPO .....	62
3.3.4.	POTENCIA ENERGÉTICA .....	64
3.3.5.	RENDIMIENTO .....	66
3.4.	GUION DE LA PRÁCTICA .....	66
3.5.	MEMORIA DE PRÁCTICAS.....	71
4.	APLICACIÓN DE LA PRÁCTICA DURANTE EL PRACTICUM .....	77
5.	CONCLUSIONES .....	81
6.	REFERENCIAS .....	82
	ANEXO 1 .....	84

## **RESUMEN**

El presente Trabajo Fin de Máster pretende desarrollar una Práctica de Física que sea dinámica, atractiva, actual y versátil, para que sirva como base experimental para la adquisición de los contenidos teóricos establecidos en el marco legislativo actual de Castilla y León para el curso de 4<sup>a</sup> de la ESO.

La práctica seleccionada ha sido la construcción de un panel solar térmico que sirva para calentamiento de agua por su exposición a la radiación solar. Se ha construido un panel de 1.20 x 1.20 m<sup>2</sup>, con tubería de polietileno empleada habitualmente para riego, en disposición circular con un sector de bombeo del agua el que se emplea una bomba de diafragma autocebante, alimentada a 12V y 6A.

El desarrollo de la práctica se ha incluido en la Unidad Didáctica de Energía Térmica y Calor, programada entorno a los meses de Mayo/Junio. Se diseñado como experiencia de cátedra participativa que se llevará a cabo en el laboratorio de física y en las instalaciones exteriores del centro educativo, empleando una metodología activa y participativa, dirigida hacia el alumno.

La práctica creada se ha puesto en práctica durante la etapa del Practicum del presente Máster, consiguiendo la oportunidad de comprobar el interés y aprendizaje de los alumnos del diseño didáctico propuesto.

## **ABSTRACT**

The present Master Thesis aims to develop a dynamic, attractive, current and versatile Physics Practice that it serves as an experimental basis for the acquisition of the theoretical contents established in the current Castilla y León legislative framework for the 4<sup>th</sup> course of ESO.

The construction of a Thermal Solar Panel that serves to heat water by its exposure to solar radiation has been developed. A panel of 1.20 x 1.20 m<sup>2</sup> has been built, with polyethylene pipe commonly used for irrigation, with a circular pipe arrangement and a pumping sector that uses a self-priming diaphragm pump, fed at 12V and 6A.

The development of the practice has been included in the Thermal and Heat Energy Didactic Unit, scheduled in May or June months. It is designed as a teaching experience that will be carried out in the physics laboratory and in the external facilities of the educational center, using an active and participative methodology, directed towards the student.

The practice created has been put into practice during the Practicum stage of the present Master, getting the opportunity to check the interest and learning of the students of the proposed didactic design.

## 1. INTRODUCCION

La inclusión de la Física y de la Química en el currículum, desde los primeros niveles del sistema educativo, se ha justificado por diversos motivos: contribuciones al desarrollo de determinadas capacidades y potencialidades que tienen los seres humanos; necesidades de un contexto social donde cada vez existe una mayor dependencia de la ciencia y la tecnología; el reto, para una sociedad democrática, de que los ciudadanos tengan conocimientos científicos y técnicos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas de incuestionable trascendencia; la creencia de que es imprescindible una participación activa y consciente en la conservación del medio y el desarrollo sostenible...<sup>[1]</sup>

### 1.1. MOTIVACION

Educar al hombre a lo largo de toda su vida y prepararle para vivir como ciudadano, como profesional, como un sujeto valioso para la sociedad, se ha convertido en la verdadera misión de la educación. La educación a lo largo de la vida representa para el ser humano una construcción continua de conocimientos y aptitudes, de su facultad de juicio y acción. Debe permitirle tomar conciencia de sí mismo y de su entorno y desempeñar su función social en el mundo del trabajo y de su función en la vida pública<sup>[2]</sup>.

Tras once años de dedicación profesional a la ingeniería, las circunstancias brindan oportunidades para cumplir objetivos pasados, continuar con esa educación a lo largo de la vida y dar la oportunidad de discernir si este nuevo posible camino, la docencia, es una opción a seguir.

Más concretamente, la selección de este Trabajo Fin de Máster (TFM) responde a esta trayectoria profesional de los últimos años, en el que las plantas de generación de energía eléctrica han sido el eje central de mi quehacer profesional. Y además, es mi gusto por construir, por hacer funcionar y tener siempre la mente muy ocupada, lo que decidieron que fuera una práctica lo que preparar.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este TFM es la construcción de una Práctica de Física dinámica, atractiva, actual y versátil, que sirva como base para la adquisición de contenidos teóricos establecidos en el marco legislativo actual, a partir del aspecto experimental.

### **1.2.2. OBJETIVOS DIDÁCTICOS**

- 1.** Utilizar terminología y notación científica y tecnológica. Interpretar y formular los enunciados de las leyes de la naturaleza, así como los principios físicos.
- 2.** Evidenciar que la obtención de resultados experimentales y la realización de buenas experiencias, requiere un conocimiento y una dedicación importante.
- 3.** Conocer y valorar las interacciones de la ciencia, la tecnología y la ingeniería con la sociedad y el medio ambiente, con especial atención a la problemática a la que nos enfrentamos actualmente la humanidad, y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, para avanzar hacia un futuro sostenible.
- 4.** Comprender la importancia de utilizar los conocimientos provenientes de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.
- 5.** Fomentar pensamiento crítico, fundamentado en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.

## **1.3. ALCANCE**

El presente Trabajo Fin de Máster abarca el diseño, construcción, diseño didáctico y puesta en funcionamiento durante la realización del Practicum del Máster, de una Práctica de Física que consiste en un panel solar por el que circula agua que se calienta.

Se trata de una de una práctica en la que habrá un sólo montaje para todos los alumnos y serán ellos los que manejen su funcionamiento, con la supervisión del docente.

## 2. ASPECTOS DOCENTES

### 2.1. CONTEXTUALIZACION DE LA PRÁCTICA

La práctica preparada permite trabajar numerosos contenidos de los establecidos en los distintos cursos tanto de Educación Secundaria como de Bachillerato. En el apartado 2.3 se indican los contenidos que se podrían trabajar en cada uno de los cursos, sin embargo el presente Trabajo Fin de Máster se centrará en 4ºESO para la elaboración del material didáctico.

Existen diversas razones por las que **se ha elegido el curso de 4º ESO**. En primer lugar, es el primer curso en el que la asignatura de Física y Química es de carácter optativo, por lo que partimos de la premisa de que el alumno cursa la asignatura con motivación por aprender. En segundo lugar, el alumno ya dispone de conocimientos previos sobre energía, calor, temperatura, etc., adquiridos en cursos anteriores que contribuirán a una mayor comprensión conceptual de contenidos de carácter más abstracto. Y por último, la edad madurativa del alumnado, pues el adolescente se encuentra en el periodo en que suele manejar un conjunto de estructuras cognitivas que le permiten encontrar una solución que requiere identificar varias variables <sup>[3]</sup>.

La realización de la práctica se incluirá en la Programación Didáctica del curso, dentro de la Unidad Didáctica de Energía Térmica y Calor.

Los espacios utilizados para llevar a cabo las sesiones previstas para la Unidad Didáctica en la que se engloba la práctica propuesta, son:

- En el aula: desarrollo de la parte teórico-práctica,
- Fuera del aula: en el Laboratorio de Física y en el patio del colegio para la realización de la práctica.

En función de las necesidades que plantee la respuesta a la diversidad y necesidades de los alumnos, y a la heterogeneidad de las actividades de enseñanza/aprendizaje, se plantean diferentes agrupamientos, siendo preferible que se realice un **desdoblamiento del grupo** para reducir el número de alumnos que asisten a las sesiones de prácticas fuera del aula (laboratorio y patio).

## **2.2. COMPETENCIAS ASOCIADAS A ESTA PRÁCTICA**

### **2.2.1. COMPETENCIAS CLAVE**

La última educativa, Ley Orgánica 8/2013 para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), concreta en el currículo siete **competencias clave** que pretende que los individuos logren a través de la enseñanza, para alcanzar un pleno desarrollo personal, social y profesional, que se ajuste a las demandas de un mundo globalizado y haga posible el desarrollo económico, vinculado al conocimiento.

De las Competencias Clave del Sistema Educativo Español, enumeradas y descritas en la Orden ECD/65/2015, el diseño de la práctica propuesta en este TFM contribuye al desarrollo competencial integrado de varias ellas y permite avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo, contribuyendo al logro de los objetivos de la etapa educativa en la que se realiza.

Esta práctica trata que lo alumnos adquieran las siguientes competencias clave:

#### **CMCT: Competencia Matemática y Competencias Básicas en Ciencia y Tecnología**

A lo largo de la unidad, los alumnos trabajan con herramientas relacionadas con la medición, el cálculo de magnitudes, la toma de datos y la representación de gráficas para la resolución de problemas basados en la aplicación de expresiones matemáticas.

#### **CD: Competencia Digital**

La búsqueda de información en Internet, tanto de forma individual como en grupo, trabaja esta competencia. Asimismo, también se trabaja con la preparación del informe de prácticas con las herramientas de ofimática.

#### **CPAA: Competencia para Aprender a Aprender**

El trabajo en el laboratorio permite a los alumnos construir su propio conocimiento mediante la aplicación sistemática del método científico.

Aprenderán a administrar el tiempo y el esfuerzo en su quehacer en el laboratorio, al igual que las diversas propuestas de búsqueda de información necesaria para la resolución de las cuestiones que se plantean.

### **SIE: Sentido de la Iniciativa y Espíritu Emprendedor**

Con el trabajo en el laboratorio, los alumnos deberán ser capaces de planificar, gestionar tiempos y tareas, afrontar los problemas de forma creativa, aprender de los errores, reelaborar los planteamientos previos, elaborar nuevas ideas, buscar soluciones y llevarlas a la práctica.

### **CSC: Competencia Sociales y Cívicas.**

La realización de trabajos en parejas permitirá a cada individuo descubrir las cualidades del otro, ser tolerante, trabajar el asertividad y respetar los valores para conseguir un objetivo común.

Asimismo, la reflexión final que se propone en el Guión que realicen los alumnos, promulgará la toma de conciencia de la necesidad de cuidado del medio ambiente, del consumo energético responsable y de las necesidades de poblaciones menos favorecidas y la posibilidad del posible aprovechamiento de la energía solar para mejorar sus vidas.

### **2.2.2. OTRAS COMPETENCIAS TRABAJADAS**

Resultará evidente el carácter científico, matemático y tecnológico de la práctica que se presenta, pero podríamos añadirle el carácter ingenieril pues tal como se define en la RAE, ingeniería es el conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial. Estaríamos por tanto contribuyendo a la adquisición de todas las disciplinas que componen la **competencia STEM**.

STEM es el acrónimo en inglés de los nombres de cuatro materias o disciplinas académicas: *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, que en nuestro sistema educativo corresponderían a Ciencias Naturales, Tecnología y Matemáticas.

En su programa marco 2014 – 2020, la comisión europea dedicará más de 13 millones de euros a subvencionar iniciativas que se dediquen a *“raise the attractiveness of science education and scientific careers and boost the interest of young people in STEM”* <sup>[4]</sup>.

Las iniciativas o proyectos educativos englobados bajo esta denominación pretenden aprovechar las similitudes y puntos en común de estas cuatro materias para desarrollar un enfoque interdisciplinario del proceso de enseñanza y aprendizaje, incorporando contextos y situaciones de la vida cotidiana, y utilizando todas las herramientas tecnológicas necesarias.

Y es que los cambios previstos en la economía y el mercado laboral en los próximos 10 años afectarán a la demanda de profesionales STEM, que va a crecer en mayor medida que la de profesionales de otros sectores <sup>[5]</sup>.

### **2.3. PERFIL COMPETENCIAL DE LA MATERIA: CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE ASOCIADOS A ESTA PRÁCTICA**

En las Tablas 2.1, 2.2 y 2.3 se recogen los contenidos curriculares de la legislación educativa autonómica actual, ORDEN EDU 362/2015 para Educación Secundaria Obligatoria, que con la realización de esta práctica se podrían trabajar los distintos cursos en los que se imparte Física y Química.

Cada contenido lleva asociados unos criterios de evaluación determinados, que se evaluarán a través de los estándares de aprendizaje correspondientes, ambos definidos en legislación educativa indicada anteriormente.

2º ESO - Física y Química		
CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<b>Bloque 1. La Actividad Científica</b>		
Medida de magnitudes. Unidades. Sistema Internacional de Unidades. Redondeo de resultados. El trabajo en el laboratorio.	2. Reconocer los materiales e instrumentos básicos presentes en los laboratorios de Física y de Química. Conocer, y respetar las Normas de seguridad en el laboratorio y de eliminación de residuos para la protección del medioambiente.	2.2 Identifica material e instrumentos básicos de laboratorio y conoce su forma de utilización para la realización de experiencias, respetando las normas de seguridad e identificando actitudes y medidas de actuación preventivas.
<b>Bloque 4. La Energía</b>		
Energía. Unidades. Tipos Transformaciones de la energía y su conservación. Energía térmica. El calor y la temperatura. Unidades. Instrumentos para medir la temperatura. Fuentes de energía: renovables y no renovables. Ventajas e inconvenientes de cada fuente de energía. Uso racional de la energía.	1. Reconocer que la energía es la capacidad de producir transformaciones o cambios. 2. Identificar los diferentes tipos de energía puestos de manifiesto en fenómenos cotidianos y en experiencias sencillas realizadas en el laboratorio. 3. Relacionar los conceptos de energía, calor y temperatura en términos de la teoría cinéticomolecular y describir los mecanismos por los que se transfiere la energía térmica en diferentes situaciones cotidianas. 4. Interpretar los efectos de la energía térmica sobre los cuerpos en situaciones cotidianas y en experiencias de laboratorio. 5. Valorar el papel de la energía en nuestras vidas, identificar las diferentes fuentes, comparar el impacto medioambiental de las mismas y reconocer la importancia del ahorro energético para un desarrollo sostenible. 6. Conocer y comparar las diferentes fuentes de energía empleadas en la vida diaria en un contexto global que implique aspectos económicos y medioambientales. 7. Valorar la importancia de realizar un consumo responsable de las fuentes energéticas.	1.1. Argumenta que la energía se puede transferir, almacenar o disipar, pero no crear ni destruir, utilizando ejemplos. 2.1. Relaciona el concepto de energía con la capacidad de producir cambios e identifica los diferentes tipos de energía que se ponen de manifiesto en situaciones cotidianas explicando las transformaciones de unas formas a otras. 3.1. Explica el concepto de temperatura en términos del modelo cinético-molecular diferenciando entre temperatura, energía y calor. 3.2. Conoce la existencia de una escala absoluta de temperatura y relaciona las escalas de Celsius y Kelvin. 3.3. Identifica los mecanismos de transferencia de energía reconociéndolos en diferentes situaciones cotidianas y fenómenos atmosféricos, justificando la selección de materiales para edificios y en el diseño de sistemas de calentamiento. 5.1. Reconoce, describe y compara las fuentes renovables y no renovables de energía, analizando con sentido crítico su impacto medioambiental. 6.1. Compara las principales fuentes de energía de consumo humano, a partir de la distribución geográfica de sus recursos y los efectos medioambientales. 7.1. Interpreta datos comparativos sobre la evolución del consumo de energía mundial proponiendo medidas que pueden contribuir al ahorro individual y colectivo.

**Tabla 2.1.** Contenidos, Criterios de Evaluación y Estándares de Aprendizaje de 2º ESO

**3º ESO - Física y Química**

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<b>Bloque 1. La Actividad Científica</b>		
<p>El informe científico. Análisis de datos organizados en tablas y gráficos.</p> <p>Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades. Notación científica.</p> <p>El trabajo en el laboratorio</p>	<p>1. Reconocer e identificar las características del método científico.</p> <p>2. Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y en el desarrollo de la sociedad.</p> <p>3. Conocer los procedimientos Científicos para determinar magnitudes. Utilizar factores de conversión. Expresar las magnitudes utilizando submúltiplos y múltiplos de unidades así como su resultado en notación científica.</p>	<p>1.2. Registra observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa, y los comunica de forma oral y escrita utilizando esquemas, gráficos, tablas y expresiones matemáticas.</p> <p>2.1. Relaciona la investigación científica con las aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana.</p> <p>3.1. Establece relaciones entre magnitudes y unidades utilizando, preferentemente, el Sistema Internacional de Unidades y la notación científica para expresar los resultados.</p>
<b>Bloque 4. La Energía</b>		
<p>Magnitudes eléctricas. Unidades. Conductores y aislantes (Nota 1).</p> <p>Asociación de generadores y receptores en serie y paralelo (Nota 1).</p> <p>Fuentes de energía convencionales frente a fuentes de energías alternativas.</p>	<p>3. Valorar la importancia de los circuitos eléctricos y electrónicos en las instalaciones eléctricas e instrumentos de uso cotidiano, escribir su función básica e identificar sus distintos componentes (Nota 1).</p> <p>4. Conocer la forma en la que se genera la electricidad en los distintos tipos de centrales eléctricas, así como su transporte a los lugares de consumo y reconocer transformaciones cotidianas de la electricidad en movimiento, calor, sonido, luz, etc.</p>	<p>3.1. Asocia los elementos principales que forman la instalación eléctrica típica de una vivienda con los componentes básicos de un circuito eléctrico (Nota 1).</p> <p>4.1. Describe el fundamento de una máquina eléctrica, en la que la electricidad se transforma en movimiento, luz, sonido, calor, etc. mediante ejemplos de la vida cotidiana, identificando sus elementos principales.</p>

**Nota 1:** contenido que normalmente se imparte en la Asignatura de Tecnología.

**Tabla 2.2.** Contenidos, Criterios de Evaluación y Estándares de Aprendizaje de 3º ESO

**4º ESO - Física y Química**

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
<b>Bloque 1. La Actividad Científica</b>		
<p>El Sistema Internacional de unidades. Ecuación de dimensiones.</p> <p>Carácter aproximado de la medida. Errores en la medida. Error absoluto y error relativo.</p> <p>Expresión de resultados.</p> <p>Análisis de los datos experimentales. Tablas y gráficas</p>	<p>1. Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto económico y político.</p> <p>5. Comprender que no es posible realizar medidas sin cometer errores y distinguir entre error absoluto y relativo.</p> <p>6. Expresar el valor de una medida usando el redondeo y el número de cifras significativas correctas.</p> <p>7. Realizar e interpretar representaciones gráficas de procesos físicos o químicos a partir de tablas de datos y de las leyes o principios involucrados.</p>	<p>1.1. Describe hechos históricos relevantes en los que ha sido definitiva la colaboración de científicos y científicas de diferentes áreas de conocimiento.</p> <p>5.1. Calcula e interpreta el error absoluto y el error relativo de una medida conocido el valor real.</p> <p>6.1. Calcula y expresa correctamente, partiendo de un conjunto de valores resultantes de la medida de una misma magnitud, el valor de la medida, utilizando las cifras significativas adecuadas.</p> <p>7.1. Representa gráficamente los resultados obtenidos de la medida de dos magnitudes relacionadas infiriendo, en su caso, si se trata de una relación lineal, cuadrática o de proporcionalidad inversa, y deduciendo la fórmula.</p>
<b>Bloque 4. La Energía</b>		
<p>Efectos del calor sobre los cuerpos. Cantidad de calor transferido en cambios de estado.</p> <p>Equilibrio térmico.</p> <p>Calor específico y calor latente. Mecanismos de transmisión del calor.</p>	<p>2. Reconocer que el calor y el trabajo son dos formas de transferencia de energía, identificando las situaciones en las que se producen.</p> <p>4. Relacionar cualitativa y cuantitativamente el calor con los efectos que produce en los cuerpos: variación de temperatura, cambios de estado y dilatación.</p> <p>6. Comprender la limitación que el fenómeno de la degradación de la energía supone para la optimización de los procesos de obtención de energía útil en las máquinas térmicas, y el reto tecnológico que supone la mejora del rendimiento de estas para la investigación, la innovación y la empresa.</p>	<p>2.1. Identifica el calor y el trabajo como formas de intercambio de energía, distinguiendo las acepciones coloquiales de estos términos del significado científico de los mismos.</p> <p>4.1. Describe las transformaciones que experimenta un cuerpo al ganar o perder energía, determinando el calor necesario para que se produzca una variación de temperatura dada y para un cambio de estado, representando gráficamente dichas transformaciones.</p> <p>4.2. Calcula la energía transferida entre cuerpos a distinta temperatura y el valor de la temperatura final aplicando el concepto de equilibrio térmico.</p> <p>4.4 Determina experimentalmente calores específicos y calores latentes de sustancias mediante un calorímetro, realizando los cálculos necesarios a partir de los datos empíricos obtenidos.</p> <p>6.2. Emplea simulaciones virtuales interactivas para determinar la degradación de la energía en diferentes máquinas y expone los resultados empleando las Tecnologías de la información y la comunicación.</p>

**Tabla 2.3.** Contenidos, Criterios de Evaluación y Estándares de Aprendizaje de 3º ESO

## 2.4. RELACION CON OTRAS ASIGNATURAS

La realización de esta práctica puede complementarse con otras asignaturas de 4º curso de ESO, cuyos contenidos están relacionados con la temática abarcada:

### Matemáticas:

La necesidad de observar el comportamiento del sistema durante la experimentación, la toma de datos y la representación gráfica que se pide de éstos, demuestra la importancia que tiene la aplicabilidad y funcionalidad de la matemática a otras ciencias y a la tecnología.

Se requerirá conocer y aplicar conceptos matemáticos para de estimación de superficies y volúmenes, longitudes de tubería incluso hacer uso de líneas de regresión en gráficas.

### Tecnología:

Como se precisa en la legislación educativa autonómica actual, la ORDEN EDU 362/2015, la asignatura de Tecnología en la etapa pretende que los alumnos observen en su entorno los objetos y los avances que les rodean y vean en ellos el resultado de un proceso que abarca la ciencia y la técnica, el pensamiento científico y las habilidades prácticas.

Algunos de los bloques temáticos de esta asignatura están relacionados directamente con la práctica de física propuesta en este TFM. Por ejemplo, el bloque de **Instalaciones en Viviendas** trabaja contenidos sobre agua caliente sanitaria y ahorro energético y el bloque de **Neumática e Hidráulica**, que incluye análisis de sistemas hidráulicos y sus componentes.

Por tanto, la realización de esta práctica complementa los contenidos impartidos en esta asignatura, pudiendo también ser complementada debido al carácter constructivo, pues puede plantarse la construcción por parte de los propios alumnos de paneles solares y poder interconectarlos para estudiar la influencia en el proceso.

Una posible aplicación adicional de esta práctica sería la posibilidad de construcción del panel por parte de los alumnos a lo largo del curso, para su competición en concursos, exposiciones o ferias de divulgación científica educativa.

## 2.5. TEMPORALIZACIÓN

La práctica, que podríamos clasificar como una experiencia de cátedra *participativa*, se llevará a cabo en **dos sesiones** de 50 minutos, en dos días consecutivos. Se elegirán estas dos sesiones de modo que la segunda coincida con la última hora lectiva del día (sobre las 13.30) para tener la mayor radiación posible.

De acuerdo a la Programación Didáctica del curso, la unidad didáctica correspondiente a la Energía Térmica y Calor, unidad en la que se incluye esta práctica, se desarrollará en el mes de Mayo, mes idóneo para disponer de una mayor radiación solar y mayor probabilidad de ausencia de nubosidad.

Tras la realización de la práctica se prevé iniciar la teoría de la unidad didáctica, con el fin de asociar los fenómenos que se explican con la realización de la práctica.

A cada pareja de alumnos se les pedirá que completen su Cuaderno de Prácticas con la correspondiente Memoria de ésta, como se indica en el apartado 2.8 Evaluación. El alumnado estará en disposición de poder iniciar la memoria tras la realización, pero existen conceptos que se piden, que será al finalizar toda la unidad didáctica, cuando puedan completarse.

La primera sesión se llevará a cabo en el laboratorio de física. La segunda sesión se llevará a cabo en el exterior del edificio, en la zona sur del patio. El desarrollo de ambas se detallan a continuación en el apartado 2.6.

## 2.6. ORGANIZACIÓN DEL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

En la primera sesión, en el laboratorio de física, antes de iniciar la práctica, se **activarán los conocimientos previos** de los alumnos haciéndoles una serie de preguntas sobre los contenidos a desarrollar. Algunas preguntas podrían ser:

*¿Identificaríais en este montaje algún equipo, instrumento de medida o aparato eléctrico?*

*Si es así, ¿te atreves a explicar cómo funciona?*

*¿Sabéis cómo se produce el agua caliente de vuestras casas?*

*¿Qué sabéis sobre la energía solar? ¿Veis algunas aplicaciones en vuestra vida diaria?*

*¿Qué tipo de fuente de energía es? ¿Primaria, secundaria, renovable, no renovable, convencional, alternativa, limpia, contaminante?*

Con la información que los alumnos hayan aportado, se procederá a presentar la práctica y mediante preguntas. Se tratará que sean los propios alumnos los que logren describir las **distintas partes de la que está compuesta la práctica**, para qué sirve cada elemento, cómo funciona, etc. siempre tratando de hacer la sesión dinámica y participativa.

Una vez conocido el montaje, **se entregará a los alumnos el Guión** preparado y se les dejará 5 minutos para que lo lean. Se explicará cómo se van a organizar las dos sesiones de laboratorio, se recordarán los criterios de evaluación y se pactará una fecha de entrega para la Memoria de Prácticas.

Al proponerse un desdoblamiento del grupo, el número de alumnos será entono a 11. Para la segunda sesión se organizarán **tres grupos**, uno de 5 personas y otros dos de 3 personas cada uno.

Es importante recordarles que en la memoria deben incluir tanto la resolución de las cuestiones planteadas en el guión como **formulario digital** que servirá como método de evaluación de la práctica y el docente, que deberán contestar a través de internet.

El formulario será creado con la aplicación Forms de Google. Ésta genera un link que se incluirá en el propio Guión, y a través de plataforma digital del centro. En el Anexo 1 se incluye el diseño del formulario propuesto para esta práctica, que se trata de preguntas tipo Likert con 5 niveles de respuesta y los resultados que aporta, que son exportables a una hoja de cálculo.

Tras la lectura del Guión, el profesor expondrá contenidos teóricos específicos de la práctica, como son el concepto de radiación solar, potencia o rendimiento, apoyado en el recurso de la pizarra del laboratorio.

Durante la sesión, debe decidirse entre todos cual deberá ser la **ubicación más apropiada** para la exposición al sol. El docente tratará de guiar a los alumnos para encontrar la relación entre áreas de conocimiento diferentes, a ser capaz de aplicar conocimientos previos y enfrentarse a experiencias en situaciones nuevas y desconocidas como ésta.

La elección de la ubicación es una tarea sencilla si se razona con lógica: que esté orientado hacia el sur, con cierta inclinación y sin elementos que puedan provocarle sombras al captador solar. Todas estas condiciones tienen una base teórica que las sustenta, que será hacia las cuales el docente guíe a los alumnos para llegar a conclusiones y soluciones bien razonadas.

En los últimos 10 minutos los procederán a la **puesta en marcha del sistema** y los alumnos podrían manipular las válvulas y ver los instrumentos, para familiarizarse con su funcionamiento, siempre con la supervisión del docente.

Será ya en la segunda sesión en la que el grupo salga del laboratorio y lleve el montaje al patio, en la ubicación que se haya acordado la sesión anterior.

En esta segunda sesión, el primer paso será **el llenado del sistema**. Como se verá en aparatados sucesivos, la posición adecuada para el funcionamiento óptimo del panel es con una cierta inclinación. Pero si el llenado del colector solar se realiza en una posición vertical, la cantidad de líquido que contendrá el sistema será reducido porque en cada espira quedará una gran cantidad de aire. Por tanto, el llenado deberá realizarse con el panel en posición horizontal. Se empleará una garrafa de agua llena a la entrada para llenar el circuito y una vacía a la salida para recoger el agua que sale.

En este momento inicial de llenado es cuando debe anotarse la temperatura inicial del agua y empezar a tomar valores del tiempo.

Un vez lleno, se cambiará el modo de operación para que el agua se recircule en el sistema y se colocará con la inclinación y orientación apropiadas. Se comenzará a tomar medidas de tiempo y temperatura cada 2-3 minutos durante unos 35-40min.

Las siguientes sesiones de esta unidad didáctica, serán **sesiones teóricas** en aula y se utilizarán los fenómenos observados en la práctica para explicar los contenidos y se propondrán como ejercicios las cuestiones planteadas en el Guión.

Haremos la suposición de que el centro en el que se realizará la práctica tendrá 2 aulas de unos 24 alumnos cada una. Cada aula se desdoblará en 2 grupos, por lo que la práctica será realizada por 4 grupos en total. Cuando los grupos tengan hechas sus Memorias de Prácticas y se haya impartido toda la unidad didáctica, habrá una última sesión en el que los grupos

pondrán en común los resultados obtenidos, las hipótesis consideradas y analizarán si hay diferencias y por qué se han producido.

## 2.7. METODOLOGÍA Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

De forma general, el docente tendrá como objetivo que en sus sesiones se emplee una **metodología activa y participativa**.

Dentro el **modelo constructivista** de Bruner y Ausubel, centrados en el estudio de enseñanza-aprendizaje en el que es el alumno el protagonista en su estudio y desarrollo, es Bruner el que destaca la función del profesor de establecer puentes entre el aprendizaje y el pensamiento, de manera que el adolescente no almacena la información tal y como venía ocurriendo en la educación tradicional, sino que se capaz de conectarla con lo aprendido. El procedimiento de actuación del profesor, según Bruner, deberá ser inductivo, es decir, tendrá que guiar al alumno para que vaya desde lo más próximo y cercano a lo general. En este sentido, el alumno será capaz de conectar todos los conocimientos aprendidos en la Unidad Didáctica con la práctica realizada <sup>[3]</sup>.

Por su valor intrínseco en el fomento de la adquisición y el desarrollo de habilidades como la autonomía, la toma de decisiones responsable y el trabajo en equipo, se considera importante que se conformen grupos de trabajo heterogéneos para realizar **trabajos cooperativos**. Para ello, previo a la realización de los trabajos, se proporciona al alumnado herramientas que les ayuden a organizar el trabajo de manera autónoma y consensuada: establecer plazos, realizar propuestas, debatirlas después de una escucha activa utilizando argumentos, tomar decisiones, consensuar propuestas, elegir los materiales necesarios y transformar las propuestas en productos concretos. Todo ello obligará al alumno a reflexionar sobre su propio aprendizaje, fomentará la convivencia y potenciará una de las herramientas más potentes y productivas para el aprendizaje: la enseñanza entre iguales.

En concreto en la asignatura de Física y Química, en el planteamiento de la materia destacan los siguientes aspectos desde el punto de vista didáctico:

– **La importancia de los conocimientos previos**

Hay que conceder desde el aula una importancia vital a la exploración de los conocimientos previos de los alumnos y al tiempo que se dedica a su recuerdo; así se deben desarrollar al comienzo de la unidad todos aquellos conceptos, procedimientos, etc., que se necesitan para la correcta comprensión de los contenidos posteriores. Este repaso de los conocimientos previos se planteará como resumen de lo estudiado en cursos o temas anteriores, con el propósito de obtener un **aprendizaje significativo**.

– **Experimentación adaptada a las necesidades de la materia**

En el ámbito del saber científico, la experimentación es clave en los avances en el conocimiento, adquieren una considerable importancia los procedimientos, que constituyen el germen del método científico, que es la forma de adquirir conocimiento en Ciencias. Prácticas como la que se propone favorecen los propios procesos de aprendizaje y contribuyen a la transmisión a los alumnos de los métodos habituales de la actividad científica.

Estos procedimientos se basan en:

- Organización y registro de la información.
- Realización de experimentos sencillos.
- Interpretación de datos, gráficos y esquemas.
- Resolución de problemas.
- Observación cualitativa.
- Explicación y descripción de fenómenos.
- Formulación de hipótesis.
- Manejo de instrumentos.

– **Aprendizaje basado en el pensamiento (Thinking Based Learning (TBL))** <sup>[6]</sup>

El diseño didáctico de esta práctica propone ser un punto de partida para la enseñanza de los contenidos curriculares de una unidad didáctica, tratando de convertir la experimentación en un aprendizaje basado en el pensamiento. Esta metodología activa, TBL, enseña a los alumnos a pensar, razonar, tomar decisiones y construir su propio aprendizaje a través del trabajo de los temas del currículo.

El aprendizaje mediante la exploración de contextos reales permite a los estudiantes aprendan a mirar a su alrededor, a interpretar el entorno que los rodea y aprenden haciendo, pues una adquisición de conocimiento mediante la práctica que perdura más que aquel alcanzado mediante enseñanza puramente teórica.

Como metodología se orienta hacia el desarrollo de habilidades tales como la contrastación, la clasificación o la formulación de hipótesis, entre otras. Los profesores ejercemos como guías que presentamos retos a nuestros alumnos para que “aprendan a pensar” y desarrollen sus pensamientos crítico, analítico y reflexivo.

Para ello, utilizan distintas herramientas y estrategias, como preguntas específicas y organizadores gráficos, y trabajan juntos en grupos cooperativos. Aprenden a pensar y tomar decisiones con destreza, teniendo en cuenta las opciones disponibles, las consecuencias positivas y negativas y su importancia, y seleccionando la mejor opción según ello.

Este método no sólo facilita que los alumnos comprendan y asimilen los contenidos curriculares, sino que les enseña a pensar, les mueve a la reflexión y les anima a dialogar, expresar sus puntos de vista y colaborar. En definitiva, en el proceso nuestros alumnos pondrán en práctica distintas estrategias y adquirirán multitud de destrezas y habilidades del pensamiento que les resultarán útiles a lo largo de toda su trayectoria estudiantil, laboral y personal.

#### – Referencia al conjunto de la etapa

El proyecto curricular de la materia de Física y Química contribuye a la consecución del itinerario para conseguir los objetivos generales de la etapa. Su orientación ha de contribuir a la formación integral de los alumnos, facilitando la autonomía personal y la formación de criterios, además de la relación correcta con la sociedad y el acceso a la cultura.

Para que todo el planteamiento metodológico sea eficaz, es fundamental que el alumno trabaje de forma responsable a diario, que esté motivado para aprender y que participe de la dinámica de clase.

Se utilizarán, por tanto, varios **métodos didácticos**, entremezclándolos:

- **Interrogativo**: preguntar frecuentemente a los alumnos conforme avanzamos en el desarrollo de cada unidad. Es una buena forma de conocer el punto de partida y animarles a participar.
- **Inductivo**: partiendo del análisis de fenómenos o manifestaciones particulares, llegamos a la generalización.
- **Deductivo**: aplicar a fenómenos concretos proposiciones de carácter general.
- **Investigativo**: propiciar procesos de búsqueda y elaboración de informaciones para favorecer la construcción de nuevos conocimientos.
- **Dialéctico**: llegar a conclusiones tras sucesivas fases de análisis y síntesis entre todos.

## 2.8. EVALUACION

Durante todo el curso de 4º de ESO, se realizarán tanto prácticas de Química como de Física. Se habrá establecido en la Programación Didáctica de la asignatura al inicio de curso, estos criterios e instrumentos de calificación: el trabajo en el laboratorio de cada trimestre, contabilizara un 20% de la calificación de la evaluación. De este 20%, un 75% corresponderá a la entrega de un **Cuaderno de Prácticas** por pareja (siempre la misma en todas las prácticas que se realicen), que contendrá las Memorias de Prácticas de todas las experiencias llevadas a cabo en el laboratorio. El 25% restante, corresponderá a la actitud y resolución individual del alumno en el laboratorio.

Con cada una de las prácticas que se realicen a lo largo del curso, se diseñará un **formulario digital** que tendrá el objetivo de valorar el nivel de aprendizaje que el alumno cree que ha adquirido, el interés que las prácticas han suscitado en los alumnos y el diseño didáctico propuesto, a fin de poder mejorar en cursos sucesivos.

Todos los **guiones de las prácticas** que se entreguen previos a la experimentación, contendrán al menos una pregunta de tratamiento de datos numéricos y representación de gráficas, una de razonamiento y otra de investigación para profundización de los contenidos estudiados y reflexión personal sobre el tema.

### 3. PRÁCTICA DE FÍSICA

#### 3.1. MARCO TEÓRICO

A continuación se incluyen los conceptos físicos teóricos básicos que se deben manejar para la enseñanza de la unidad didáctica en la que se incluye la práctica propuesta y la realización de la misma, de acuerdo a los contenidos curriculares indicados para 4ºESO.

##### 3.1.1. ENERGÍA: ENERGIA INTERNA, CALOR Y TEMPERATURA <sup>[7, 8]</sup>

El ser humano siempre ha sabido aprovechar la potencia generada por el calor. Desde las primeras máquinas de vapor hasta los motores de combustión interna o los aviones de propulsión, los ingenieros han encontrado formas de mejorar los rendimientos de sus maquinas para extraer de ellas la mayor cantidad posible de energía.

El concepto de **energía** es difícil de definir debido a que, si bien la energía está presente en todas las actividades, sólo podemos percibirla cuando cambia de forma o se transfiere de un sistema a otro. Así, cuando hablamos de energía, nos estamos refiriendo a alguna de las múltiples formas en que podemos observarla: energía solar, energía cinética, energía química, energía eléctrica, energía nuclear, etc. La unidad de energía definida en el Sistema Internacional (S.I.) es el Julio (J).

Una definición de **energía** ampliamente aceptada es aquella que la considera como la propiedad que tiene un sistema que le confiere la capacidad de realizar cambio sobre sí mismo o sobre su entorno. Las distintas maneras en las que un sistema puede cambiar o evolucionar dan lugar a diferentes manifestaciones de la energía. No todas las formas energéticas nos interesan, así que analizaremos sólo aquellas que tienen interés en este trabajo.

##### 3.1.1.1. Energía Interna

Las formas energéticas microscópicas se relacionan con la energía de las moléculas individuales. La suma de todas las formas energéticas microscópicas de un sistema recibe en nombre de **energía interna** y se denota por la letra **U**.

En ausencia de reacciones químicas y nucleares, la energía interna es la suma de las energías cinética y potencial de los átomos y moléculas que constituyen la sustancia. Esta energía cinética no contempla solo la correspondiente al movimiento de traslación, sino también al de rotación y a la vibración de las moléculas. Estos movimientos aumentan conforme lo hace la temperatura de la sustancia, de tal forma que un sistema tiene mayor energía interna cuanto mayor es su temperatura. Por esta razón, podemos encontrar que algunos autores llaman a la energía cinética de átomos y moléculas, **energía térmica**. En cambio, la energía potencial está asociada a las interacciones que existen entre las moléculas, que dependen, a su vez, de su posición relativa. Tales interacciones son mayores en los sólidos y menores en los líquidos. En el caso de los gases son muy débiles dado que las moléculas del gas están muy separadas entre sí. Para cambiar una sustancia de una fase sólida a una líquida, es necesario un parte energía para vencer las fuerzas intermoleculares del sólido.

La energía interna es una *magnitud extensiva*, esto es, depende de la cantidad de materia considerada. Evidentemente, la energía interna de un litro de agua será mayor que la de medio litro siempre que se den las mismas condiciones. También podemos admitir que la energía interna es una característica del estado en el que se encuentre el sistema, es decir, es una *función de estado*. Por tanto, el cambio de energía interna de un sistema para un proceso determinado dependerá solo del estado inicial y final, siendo independiente del proceso seguido para pasar de uno a otro.

### **3.1.1.2. Transferencia de Energía Interna**

La energía interna es una energía que almacena un sistema y su contenido puede aumentar o disminuir en función de que el sistema gane o pierda energía. Conocer cuánto varía la energía interna para un proceso dado y a que es debida esta variación, constituye uno de los contenidos de la Termodinámica.

Para que un sistema cambie su contenido energético, es necesario que se produzca una interacción entre el sistema y su entorno. Hay tres tipos de interacciones que pueden conducir al cambio den la energía de un sistema:

- **Interacción térmica:** es aquella que se produce como consecuencia de la existencia de una diferencia de temperatura entre el sistema y su entorno. La cantidad de energía que se transfiere recibe el nombre de **calor**.

- **Interacción mecánica:** es aquella que se debe a un desplazamiento como consecuencia de la acción de fuerzas. La energía que se transfiere durante una interacción mecánica recibe el nombre de **trabajo**.
- **Interacción másica:** se produce cuando un sistema y su entorno intercambian materia.

De manera que un sistema puede intercambiar energía con su entorno, como calor y/o trabajo. En el caso de esta unidad, nos centraremos en la transferencia de energía en forma de calor.

### 3.1.1.3. Calor

Podemos observar como un vaso con café que acabamos de calentar en el microondas acaba por enfriarse o como un vaso con hielo se calienta trascurrido un tiempo determinado. Si hablamos en términos termodinámicos, podemos decir que la temperatura, tanto del café como de agua con hielo, se ha modificado hasta alcanzar la misma temperatura que el ambiente, es decir, hasta llegar al **equilibrio térmico**.

La temperatura cambia porque se ha producido una transferencia de energía entre el sistema y su entorno. El café ha perdido energía y se la ha entregado al entorno, mientras que agua ha ganado energía que provenía del entorno (fig. 3.1). Este tipo de interacción energética, que tiene lugar siempre y cuando haya una diferencia de temperatura entre el sistema y el entorno, recibe en nombre de **calor**. Como energía de transferencia que es, el calor tendrá como unidad el Julio (J).



**Figura 3.1.** Transferencia de calor entre sistemas.

FUENTE: <https://www.fisic.ch>

Lo identificaremos con la letra Q. Y en lo que respecta al criterio de signos, hay que señalar que el calor será positivo ( $Q > 0$ ) si lo recibe el sistema y será negativo ( $Q < 0$ ) si lo cede al entorno.

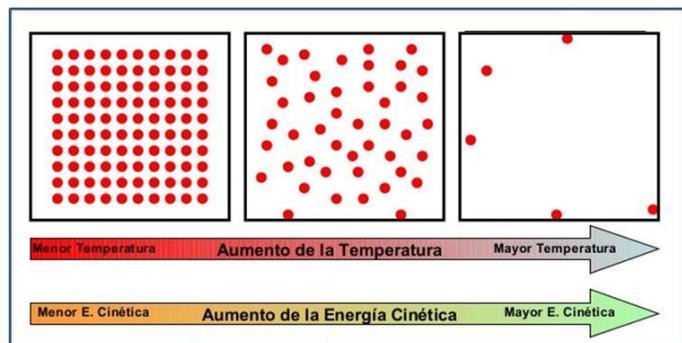
La energía transferida discurre siempre desde el sistema que está a mayor temperatura hacia el que está a menor. Una vez que se alcanza el equilibrio térmico, deja de transferirse energía en forma de calor.

Cuando una sustancia recibe calor, una parte de la energía se emplea para hacer que las moléculas se trasladen con mayor velocidad, para aumentar su rotación y la vibración de las moléculas, que se manifiestan con un cambio en su temperatura (calor sensible) y otra se emplea en relajar los enlaces y variar las interacciones que hay entre las moléculas, provocando un cambio en su estado de agregación (calor latente).

#### 3.1.1.4. Temperatura

La **temperatura** es una de las propiedades de la materia con la que mas familiarizamos estamos. La podemos definir como aquella propiedad de un sistema que determina si este se encuentra en equilibrio térmico con otro. Como se ha expuesto anteriormente, un sistema trasfiere su energía en forma de calor cuando hay una diferencia de temperatura entre dos cuerpo y se produce hasta que esas temperaturas se igual, es decir, se alcanza el **equilibrio térmico**.

La interpretación microscópica de la temperatura está asociada a la energía cinética promedio que tienen las moléculas y los átomos de la materia, pues las partículas se encuentran en constante movimiento. En virtud de que este movimiento sea mayor o menor, la temperatura del cuerpo será más o menos, respectivamente (fig. 3.2).



**Figura 3.2.** Variación de la energía cinética de las partículas que provocan una variación de la temperatura del cuerpo.

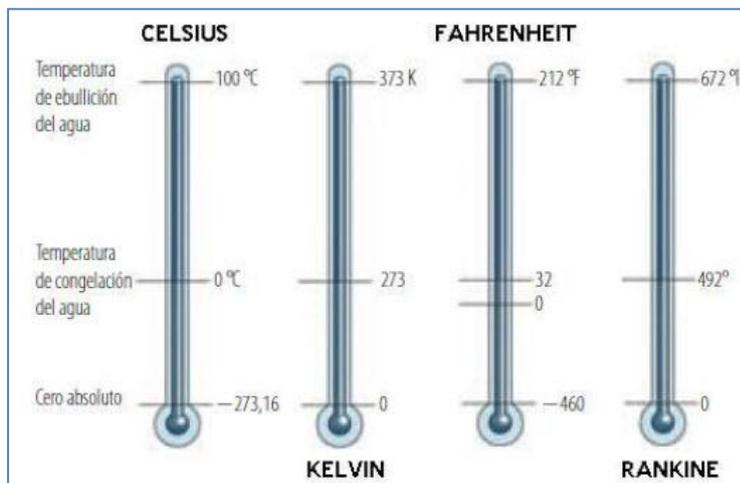
FUENTE: [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

La medida de la temperatura se produce con termómetros. Para definir una **escala de temperaturas** (fig. 3.3), se asignan valores numéricos a temperaturas que sean fácilmente reproducibles con precisión, que se llaman puntos fijos.

Existen varias escalas de temperaturas que se diferencian en que utilizan puntos fijos distintos. La escala más empleada es la **escala Celsius** o centígrada, que utiliza como puntos fijos la temperatura de fusión del hielo (0°C) y la del punto de ebullición del agua (100°C).

En el S.I. se emplea la **escala Kelvin** o escala absoluta de temperaturas, que emplea con punto fijo el punto triple del agua (punto en el que coexisten el equilibrio entre el vapor, el agua líquida y el hielo) al que se le asigna un valor de 273.16K. EL punto de fusión del hielo es 273.15K y el punto de ebullición del agua 373.15K. Esta escala define el cero absoluto (0K) como la temperatura a la que el nivel de energía interna del sistema es el más bajo posible, por lo que las partículas, según la mecánica clásica, carecen de movimiento.

Otras escalas empleadas son la **escala Fahrenheit** y la **escala Rankine**.



**Figura 3.3.** Diagrama de los cambios de estado entre los estado sólido, líquido y gaseoso.

FUENTE: [www.quimicafisica.com](http://www.quimicafisica.com)

Dado que la diferencia entre puntos fijos y los valores de éstos es diferente en cada escala, la relación entre ellas se rige de acuerdo a las ecuaciones mostradas en la Tabla 3.1.

	T°C	T°F	T°K	T°R
T°C	T°C	$\frac{TF-32}{1,8}$	T°K-273	$\frac{TR-492}{1,8}$
T°F	1.8T°C + 32	T°F	1.8°K-460	T°R-460
T°K	T°C+273	$\frac{TF-32}{1,8} + 273$	T°K	T°R/1.8
T°R	1.8T°C+492	T°F+460	1.8T°K	T°R

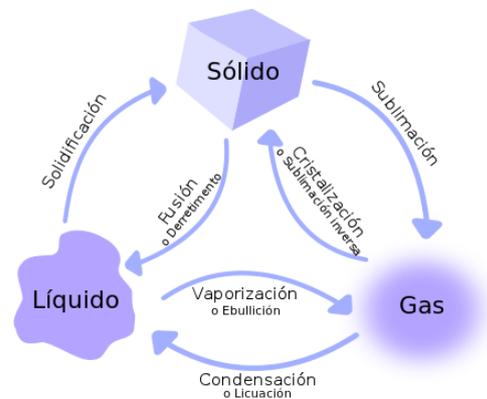
**Tabla 3.1.** Ecuaciones de transformación entre escalas de temperatura

FUENTE: [www.industriaquimica.net](http://www.industriaquimica.net)

### 3.1.1.5. Calor y Cambio de Estado

En condiciones ambientales el hierro es un sólido, el agua es un líquido y el nitrógeno es un gas. Sin embargo, según las condiciones de temperatura y de presión, estas sustancias

pueden existir en distintas fases. Las fases, denominados **estados de agregación de la materia**, más conocidas por su abundancia son la sólida, la líquida y la gaseosa. Es importante indicar que cuando se produce un cambio de estado, la sustancia no se transforma en otras sustancias, sólo cambia las fuerzas entre sus partículas modificando su estado físico.



**Figura 3.4.** Diagrama de los cambios de estado entre los estados sólido, líquido y gaseoso.

FUENTE: <https://es.wikipedia.org>

Cada paso de un estado de agregación a otro recibe nombres diferentes en función de la dirección del cambio (fig. 3.4).

La cantidad de calor que hay que comunicar a una unidad de masa de una sustancia para que se experimente un cambio de estado, a una determinada presión, se denomina **calor latente** y lo indicaremos con la letra L. De acuerdo a las unidades del S.I. se mide en J/kg. El calor transmitido para producir el cambio de fase vendrá definido por la expresión 3.1.

$$Q = m \cdot L \quad \text{Ec. 3.1}$$

Dependiendo de entre qué estados y en qué dirección se produzca el cambio, el calor latente necesario para que se produzca el cambio, podemos encontrarlo distinta terminología, como calor latente de condensación o **vaporización (L<sub>V</sub>)** y **fusión (L<sub>F</sub>)** o solidificación, aunque son vaporización y fusión los más empleados.

Dado que cada sustancia posee una determinada estructura molecular, el calor latente es particular para cada una, como puede observarse en los valores incluidos en la Tabla 3.2.

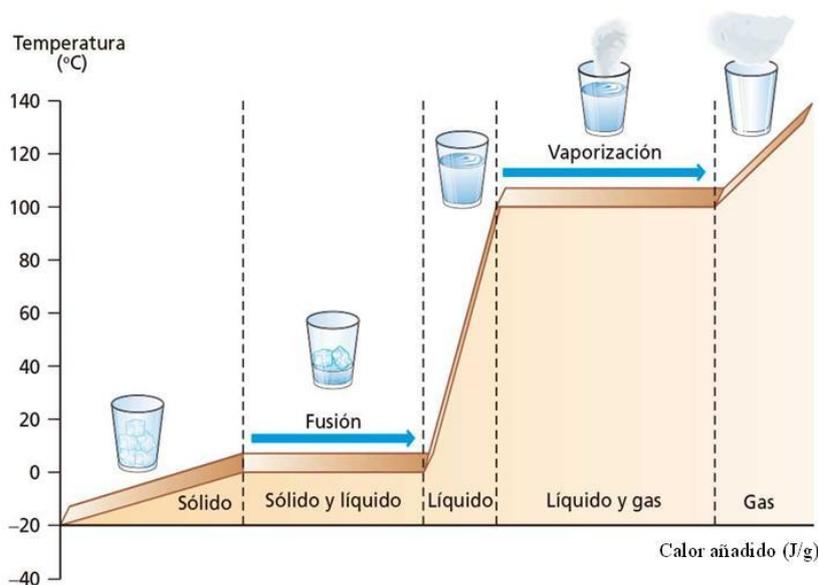
Sustancia	Punto de fusión (°C)	Calor latente de fusión (J/kg)	Punto de ebullición	Calor Latente de vaporización
Helio	-269.65	$5.23 \times 10^5$	-268.93	$2.09 \times 10^4$
Nitrógeno	-209.97	$2.55 \times 10^4$	-195.81	$2.01 \times 10^5$
Oxígeno	-218.79	$1.38 \times 10^4$	-182.97	$2.13 \times 10^5$
Alcohol etílico	-114	$1.04 \times 10^5$	78	$8.54 \times 10^5$
Agua	0.00	$3.33 \times 10^5$	100.00	$2.26 \times 10^6$
Azufre	119	$3.81 \times 10^4$	444.60	$3.26 \times 10^5$
Plomo	327.3	$2.45 \times 10^4$	1750	$8.70 \times 10^5$
Aluminio	660	$3.97 \times 10^5$	2450	$1.14 \times 10^7$
Plata	960.80	$8.82 \times 10^4$	2193	$2.33 \times 10^6$
Oro	1063.00	$6.44 \times 10^4$	2660	$1.58 \times 10^6$
Cobre	1083	$1.34 \times 10^5$	1187	$5.06 \times 10^6$

**Tabla 3.2.** Calores latentes de distintas sustancias.

FUENTE:

<https://hernanleon1002.wordpress.com>

Durante este proceso de cambio de fase, el calor aportado se emplea exclusivamente en producir ese cambio de estado y la presión y la temperatura permanecen constantes. Cuando finaliza el cambio de estado de toda la masa del sistema, comienza un nuevo proceso de cambio de temperatura (fig. 3.5).



**Figura 3.5.** Secuencia del proceso de calentamiento del agua.

Fuente:

[www.blinklearning.com](http://www.blinklearning.com)

### 3.1.1.6. Calor y Cambio de Temperatura

No todas las sustancias aumentan su temperatura igualmente al recibir la misma cantidad de calor. La variación de la temperatura al recibir calor depende de su estructura atómica y molecular.

Para relacionar la cantidad de calor sensible,  $Q$ , que intercambia un sistema con la variación de temperatura que experimenta ( $\Delta T$ ), usaremos una nueva magnitud que se conoce como **capacidad calorífica**,  $C$ , y que definiremos como *la cantidad de calor que hay que darle a un cuerpo para que ascienda su temperatura  $1^\circ C$* , y cuya relación entre  $Q$  e  $\Delta T$  es la siguiente:

$$Q = C \cdot \Delta T \quad \text{Ec. 3.2}$$

En unidades del S.I. la capacidad calorífica  $C$  se mide en J/K, pudiéndose expresar en otras unidades como cal/°C o J/°C.

La capacidad calorífica es una magnitud extensiva y por tanto depende tanto de la sustancia de que se trate, como de la masa considerada. Como la masa es un factor importante a la hora de describir el cambio de temperatura de un cuerpo, parece interesante definir la capacidad calorífica por unidad de masa, que será lo que llamaremos **calor específico**,  $c_e$ , y será la capacidad calorífica de una unidad de masa de ese cuerpo.

$$c_e = \frac{C}{m} \quad \text{Ec. 3.3}$$

En unidades del S.I. se mide en J/kg K pudiéndose expresar en otras unidades como cal/g °C o J/ kg °C. El calor específico pasa por tanto, a ser una magnitud intensiva que sólo depende de la naturaleza del cuerpo.

A partir de las ecuaciones 3.2 y 3.3, el calor,  $Q$ , que absorbe una masa,  $m$ , de un cuerpo cuando la temperatura pasa de un valor inicial  $T_0$  a otro valor  $T_F$  cumple esta relación:

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_F - T_0) \quad \text{Ec. 3.4}$$

Así vemos que el calor absorbido ( $Q > 0$ ) o emitido ( $Q < 0$ ) por un cuerpo, depende de la masa del cuerpo, de la variación de la temperatura y de la naturaleza del cuerpo (calor específico). El signo del valor de  $Q$  viene dado por los valores de las temperaturas inicial y final.

El calor específico de una sustancia se determina con un aparato conocido como calorímetro y es particular de cada sustancia. Se muestra a continuación en la Tabla 3.3 los valores de calores específicos de algunas sustancias.

**Calores específicos de algunas sustancias a 25°C y presión atmosférica**

Sustancia	Calor específico <i>c</i>		Sustancia	Calor específico <i>c</i>	
	J/kg · °C	cal/g · °C		J/kg · °C	cal/g · °C
<i>Sólidos elementales</i>			<i>Otros sólidos</i>		
Aluminio	900	0.215	Latón	380	0.092
Berilio	1 830	0.436	Vidrio	837	0.200
Cadmio	230	0.055	Hielo (-5°C)	2 090	0.50
Cobre	387	0.092 4	Mármol	860	0.21
Germanio	322	0.077	Madera	1 700	0.41
Oro	129	0.030 8	<i>Líquidos</i>		
Hierro	448	0.107	Alcohol (etílico)	2 400	0.58
Plomo	128	0.030 5	Mercurio	140	0.033
Silicio	703	0.168	Agua (15°C)	4 186	1.00
Plata	234	0.56	<i>Gas</i>		
			Vapor (100°C)	2 010	0.48

**Tabla 3.3.** Calor específico de distintas sustancias

FUENTE: <https://hernanleon1002.wordpress.com>

Como puede observarse en la Tabla 3.3, el agua posee un alto calor específico y por tanto posee una capacidad térmica muy grande. Esta característica, además de que es barata, inodora y no explota, convierte al agua en un material excelente para almacenar energía térmica, por lo que se usa por ejemplo en centrales solares o como refrigerante para el motor de un coche (aunque habitualmente se le añaden aditivos).

### 3.1.1.7. Mecanismos de Trasmisión de Calor

¿Por qué algunos alimentos permanecen calientes mucho tiempo mientras que otros se enfrían rápidamente? ¿Por qué soplamos cuando queremos enfriar alguna cosa? Para resolver estas preguntas deben conocerse los mecanismos por los que el trasfiere el calor, que son **conducción, convección y radiación**.

La **conducción** se produce siempre que hay una diferencia de temperatura dentro de un cuerpo o entre cuerpos que están en contacto directo. La conducción se produce debido a las colisiones de los átomos y de las moléculas y a los movimientos de los electrones débilmente unidos a los átomos.

No todos los cuerpos se comportan igual ante este mecanismo: los **metales** son buenos conductores y la **lana** o la **madera**, por ejemplo, transmiten muy mal el calor, por lo que se usan como aislantes.

En el caso de una barra de hierro que está sujeta en nuestra mano y en el otro extremo en contacto con una llama (fig. 3.6), los átomos vibran más lentamente en el extremo de nuestra mano que el que está en la llama. Éstos transmiten su vibración a los átomos adyacentes y así va transmitiendo energía desde un extremo al otro. El mecanismo de conducción es semejante a lo que ocurre cuando se empuja la primera de una fila de fichas de un dominó colocadas en posición vertical unas próximas a otras.

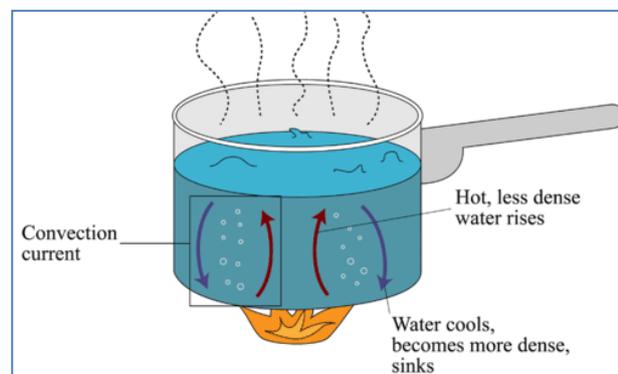


**Figura 3.6.** Transmisión de calor por conducción en una barra de hierro.

FUENTE: [www.educaycrea.com](http://www.educaycrea.com)

La magnitud que nos permite cuantificar la capacidad de conducir calor de un material es la **conductividad térmica (k)**. Un cuerpo con conductividad térmica alta será buen conductor del calor, como los metales, mientras que uno con capacidad térmica baja será mal conductor, como la madera o el plástico.

El segundo mecanismo de transmisión es la **convección**. Tiene lugar cuando un fluido, que puede ser líquido o gaseoso, está en contacto con una superficie sólida y ambos se encuentran a diferentes temperaturas. Esa diferencia de temperaturas provoca un cambio en la densidad del fluido, que produce el movimiento del fluido y crea corrientes que favorece la cantidad de calor intercambiado. Este mecanismo se da en muchas de nuestras situaciones cotidianas, como puede ser calentar agua en un cazo (fig. 3.7). La superficie del cazo y el agua, en contacto con él, se calientan por conducción directa del calor, pero el agua del interior se calienta por convección. El agua en contacto con el fondo está más caliente y la que está en la parte superior más fría, lo que provoca una diferencia de densidades que hace que se cree una corriente natural en que el agua



**Figura 3.7.** Transmisión de calor por convección en un cazo con agua.

FUENTE: [www.ck12.org](http://www.ck12.org)

caliente asciende y el agua frío desciende, produciéndose un calentamiento gradual de todo el fluido (agua). Entre 0 y 4°C no se puede calentar el agua por convección, debido a la anomalía que presenta su coeficiente de dilatación.

La convección es responsable de muchos fenómenos atmosféricos (fig. 3.8). Las **tormentas** se producen cuando existe mucha diferencia de temperatura entre capas inferiores y superiores de la atmósfera. El ascenso del aire húmedo y caliente arrastra el vapor de agua que se condensa al llegar a zonas más frías.

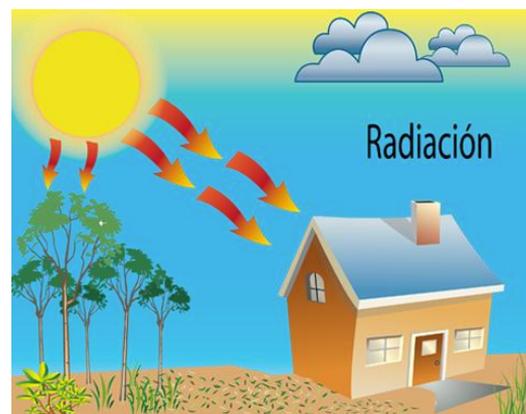


**Figura 3.8.**Corrientes de aire por diferencia de temperaturas en la atmósfera

FUENTE: <https://didactalia.net>

El último de los mecanismos es la **radiación**. A diferencia de los dos anteriores, éste no necesita presencia de materia, se puede transmitir en el vacío, entre dos cuerpos distantes. EL calor se emite en forma de ondas electromagnéticas. Esta emisión se hace normalmente en ondas infrarrojas, invisibles; pero cuando la temperatura es alta, se llega a emitir también radiación visible (el hierro al rojo o una bombilla incandescente, por ejemplo).

No tenemos más que acercar las manos a una chimenea para comprender el papel calorífico de su emisión. Otro uso habitual del mecanismo de radiación es el calentamiento en el microondas. Y el más relevante en nuestras vidas, el calentamiento de la atmósfera y de la superficie terrestre por el Sol (fig. 3.9).



**Figura 3.9.**Calentamiento por radiación solar

FUENTE: [www.educaycrea.com](http://www.educaycrea.com)

En muchos casos los tres mecanismos de transmisión se producen simultáneamente para producir un intercambio de calor en un mismo sistema.

### 3.1.2. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA <sup>[9]</sup>

La **energía solar** es la energía radiante producida por el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio. La energía radiante procedente del Sol proporciona excedentes de calor que superan con creces el suministro actual de energía. La radiación media solar que la Tierra y su atmósfera recibe del sol anualmente es  $1,73 \times 10^{17}$  W. Esa potencia, durante un año, corresponde a una energía total, medida en julios, de  $5,4 \times 10^{24}$  y que supone más de 12000 veces el consumo mundial de energía primaria en el año 2000.

La energía térmica solar es una fuente primaria de energía, clasificada como renovable y fuente limpia pues proviene de una fuente inagotable y su aprovechamiento tiene una muy baja producción de gases que contribuyen al efecto invernadero.

La cantidad de energía solar recibida en la Tierra es tan grande que supera ampliamente a otras fuentes de energía como la nuclear, geotérmica, mareomotriz o la que proporciona los combustibles fósiles. Sin embargo, sus altos costes de instalación y su bajo rendimiento, provoca que su expansión y aprovechamiento no sea tan elevado como debiera.

Entre los **beneficios** de la energía solar se encuentran ser una energía renovable, gratuita e inagotable. La energía solar implica un suministro seguro, supresión de las fluctuaciones del precio del petróleo, suministro de agua limpia, mitigación del cambio climático y la común creencia según la cual no habrá necesidad de enfrentamientos entre países a causa de la energía solar. Otro aspecto interesante, es la baja cantidad de energía necesaria y vertidos producidos en la fabricación de un colector, sobre todo en comparación con los generados en el caso de la energía fotovoltaica.

Los **inconvenientes** de la energía solar son bien conocidos: la radiación llega a la Tierra en forma dispersa, intermitente (disponible únicamente durante las horas del día) e inadecuadamente distribuida sobre la superficie terrestre. Existen, sin embargo, diversas

tecnologías que pueden superar estas dificultades y hacer que la energía solar sea útil para casi todos los propósitos.

### 3.1.2.1. Tipos de Energía Solar Térmica <sup>[10]</sup>

Podemos diferenciar básicamente dos formas de aprovechamiento de la energía solar: térmica y fotovoltaica. La **energía solar térmica**, que es la que nos ocupa, designa todas las tecnologías que, utilizando como fuente de radiación el Sol, transforma su energía en calor utilizable para satisfacer directamente cualquier necesidad calorífica. En función del rango de aprovechamiento térmico, se distinguen **tres tipos de energía solar térmica**: de baja, media y alta temperatura:

- La energía solar térmica **de baja temperatura** se aplica cuando las temperaturas no son superiores a 80°C, tal es el caso de la obtención de agua caliente sanitaria y la de agua o aire caliente para calefacción de viviendas.
- La **de media temperatura**, con temperaturas entre 80°C y 250°C, es la empleada en la producción de vapor para procesos industriales, producción de energía eléctrica a pequeña escala, destoxificación solar (descontaminación de gases y aguas residuales), desalación de agua de mar y refrigeración por absorción (compresores térmicos).
- Finalmente, la **de alta temperatura** es la que se utiliza cuando se requieren temperaturas superiores a 250°C, aplicándose, fundamentalmente, para la producción de electricidad a gran escala. No obstante, en este rango se contemplan otros usos como la síntesis y/o tratamiento superficial de materiales en hornos solares, producción de hidrógeno y otros combustibles solares (bioetanol, biodiesel, etc.) e, incluso, experimentos astrofísicos.

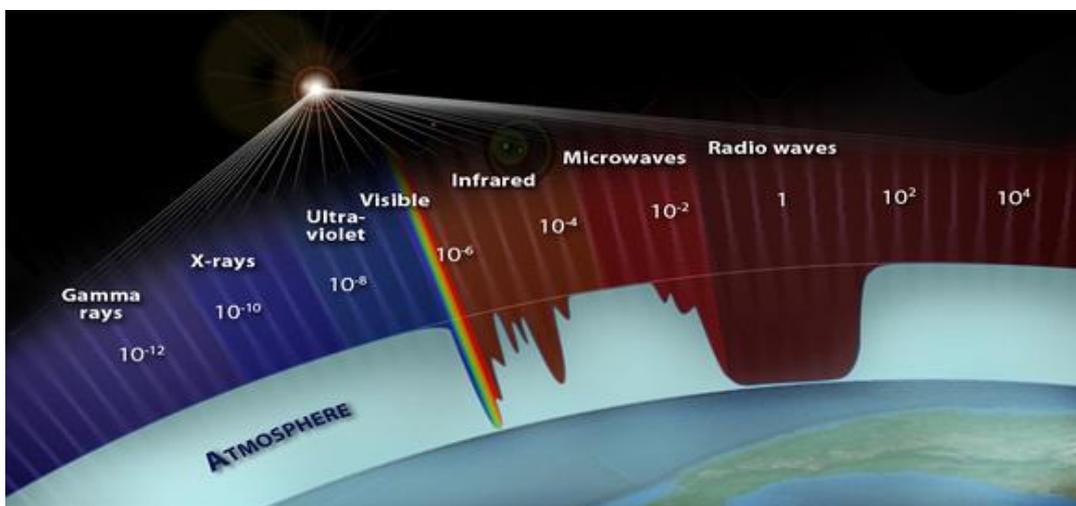
Este tipo de energía se puede aprovechar de forma activa y pasiva. La **energía solar activa** se relaciona con el uso de captadores solares cuyo propósito es calentar agua y aire, refrigeración solar activa, bombas de calor, desalación y calentamiento industrial de alta temperatura. La **energía solar pasiva** está relacionada con el diseño de construcciones que recogen y transforman la energía solar para un calentamiento pasivo, así como para proporcionar luz y ventilación natural sin la mediación de elementos mecánicos.

La presente práctica abordará el aprovechamiento de la energía solar térmica de baja temperatura en su forma activa.

### 3.1.2.2. La Radiación Solar <sup>[9, 11]</sup>

Se define la **radiación solar** como una corriente de energía que el sol irradia uniformemente en todas las direcciones del espacio en forma de radiación electromagnética. El Sol se comporta prácticamente como un Cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K.

La radiación del sol es emitida en todas las longitudes de onda y la atmósfera se comporta como un filtro selectivo a ciertas longitudes de onda (fig 3.10), haciéndola opaca a las radiaciones gamma, rayos X, buena parte de la radiación ultravioleta e infrarroja. Sin embargo, es muy “transparente” a la luz visible, por eso se dice que la atmósfera posee una “**ventana óptica**”, que permite que la luz visible llegue en un notable porcentaje hasta la superficie del planeta, debido a que los fotones de luz visible interactúan poco con los gases mayoritarios de la atmósfera, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>.



**Figura 3.10.** Espectro de radiación que alcanza superficie terrestre.

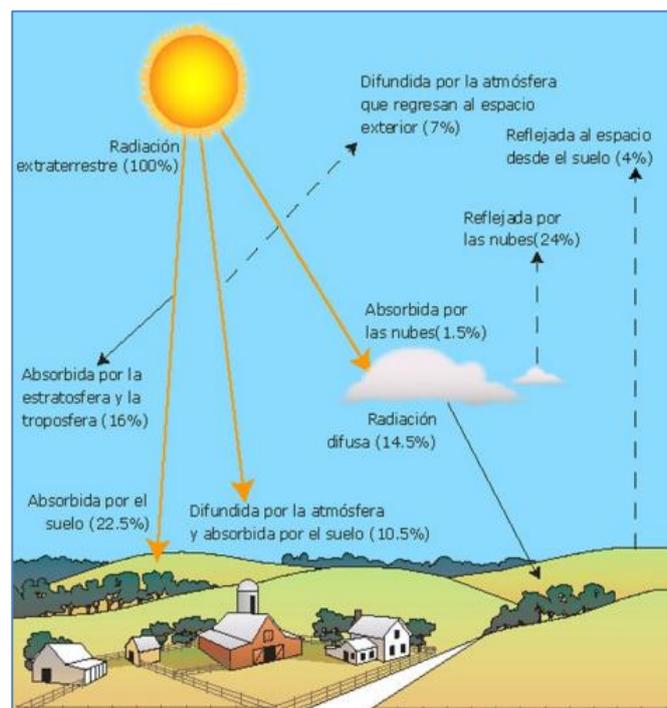
FUENTE: <https://naturalmenteciencias.wordpress.com>

Sobre la atmósfera externa de la Tierra, los rayos solares tienen una incidencia permanente de, aproximadamente  $1,367 \text{ kW/m}^2$ , que denominamos **constante solar ( $I_{CS}$ )** y que definimos como la irradiación solar sobre una superficie plana perpendicular al vector de posición del Sol ubicada en el límite superior de la atmósfera terrestre. Debido a la presencia de la atmósfera, en la superficie de la Tierra no se alcanza esta irradiación tan alta.

La magnitud que mide la radiación solar es la **irradiancia**, y se define como la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la superficie terrestre. Su unidad es el  $W/m^2$  y, aunque como veremos depende de distintos factores, se estima que el valor está en torno a  $1,0 \text{ kW}/m^2$  para la superficie terrestre.

En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir estos **tipos de radiación** (fig. 3.11):

- **Radiación directa.** Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.
- **Radiación difusa.** Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.
- **Radiación reflejada.** Es aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.



**Figura 3.11** Tipos de radiaciones solares que llegan a la tierra.

FUENTE: [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com)

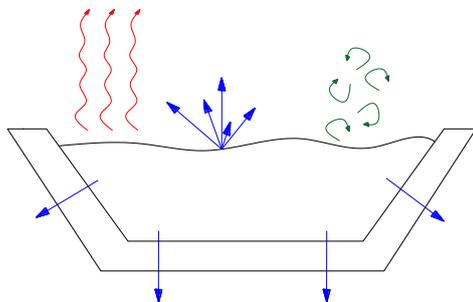
- **Radiación global.** Es la radiación total, la suma de las tres radiaciones descritas anteriormente.

### 3.1.3. PANELES SOLARES TÉRMICOS <sup>[9, 12]</sup>

El proceso de calentamiento de una placa solar se rige principalmente por el principio de transferencia de calor radiación, aunque la conducción y la convección también están presentes en mucha menor proporción.

Los paneles son aparatos sencillos que captan la radiación (directa y difusa) a través de una superficie generalmente plana, que inmediatamente absorbe y transforma en calor. Las temperaturas obtenidas van desde algunos grados sobre la temperatura ambiente (simple exposición al sol de la superficie absorbente) a algunas decenas de grados por encima de la temperatura ambiente (efecto invernadero simple o doble).

Si se expusiera agua directamente al sol, se puede constatar un aumento de la temperatura en algunos grados, seguida de una estabilización de esta temperatura. En esta posición de equilibrio, al agua pierde tanta energía como recibe, de las siguientes formas:

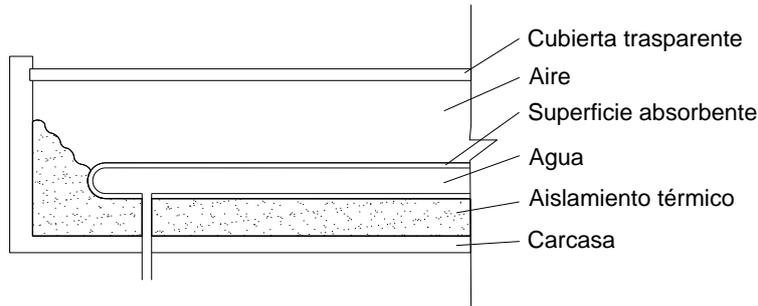


**Figura 3.12.** Mecanismos de trasmisión de calor

FUENTE: Elaboración propia.

- Por evaporación
- Por emisión hacia el espacio de radiación infrarroja
- Por convección del aire ambiente (las corrientes de aire sobre el agua la enfrían)
- Por conducción a través de los materiales que componen el recipiente que contiene el agua.

Para aumentar la temperatura de equilibrio alcanzada por el agua, es necesario disminuir las pérdidas. Esto se consigue colocando un vidrio sobre el agua y calorifugando al máximo el recipiente.



**Figura 3.13.** Sección panel solar

FUENTE: Elaboración propia.

Estos son los principios sobre los que se construyen los paneles solares para calentamiento de un fluido.

### 3.1.3.1. Posición de los Paneles <sup>[9, 12, 13, 14]</sup>

El aspecto fundamental que debemos plantearnos en el posicionamiento del panel solar, es conocer los factores que influyen para obtener la mejor exposición al sol y por tanto un mayor aprovechamiento de la radiación.

No todas las superficies de la tierra reciben la misma cantidad de energía (fig. 3.14). La intensidad de la radiación no es la misma cuando los rayos solares inciden perpendicularmente en la superficie irradiada que cuando el ángulo de incidencia sea más oblicuo, tal y como ocurre en los polos. Es por tanto la declinación del sol, grado de inclinación de nuestro planeta con respecto del sol ( $23.5^\circ$ ), la razón por la que los mayores valores de radiación se dan en latitudes por encima y por debajo de los trópicos de Cáncer y Capricornio, mientras que los polos son de los que menos radiación reciben.



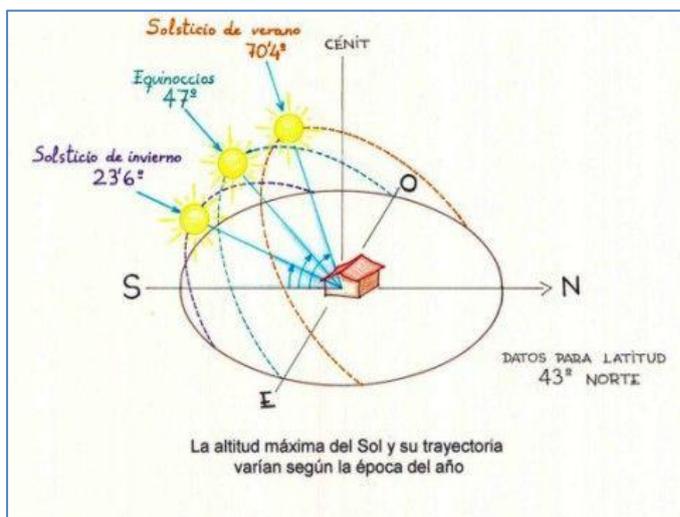
**Figura. 3.14** Variación de la radiación solar con la posición terrestre

FUENTE: [www.aprendeconenergia.cl](http://www.aprendeconenergia.cl)

Además de la posición terrestre, existen otros factores a tener en cuenta en la cantidad de radiación solar que se recibe, que son:

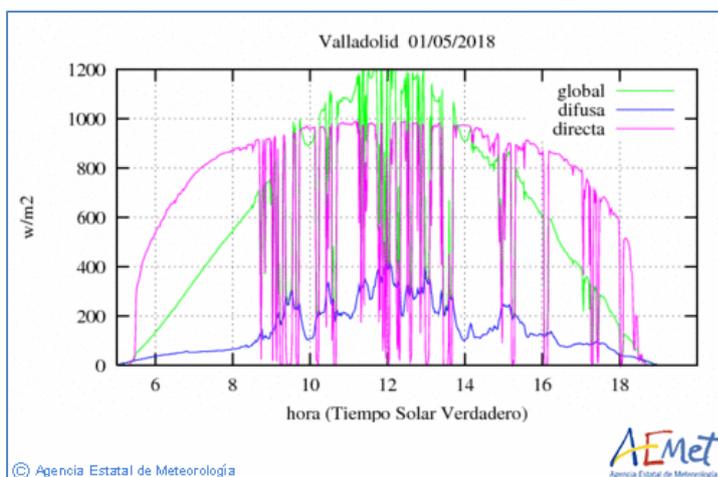
- La duración de la insolación
- La masa de atmósfera atravesada
- La inclinación de los rayos
- La nubosidad (nubes, nieblas, etc.)
- Sombras

Estos factores dependen de la estación del año (Fig. 3.15), la hora del día (Fig. 3.16), la altitud y el estado del cielo o de la existencia de vegetación o inmuebles adyacentes que proyecten sombras.



**Figura 3.15** Variación de la radiación solar con las estaciones del año.

FUENTE: [www.arqhys.com](http://www.arqhys.com)



**Figura 3.16** Variación de la radiación solar en Valladolid a lo largo del día (Mayo 2018).

FUENTE: [www.aemet.es](http://www.aemet.es)

No se puede prever exactamente la energía que recibirá una superficie dada durante un cierto tiempo, sólo se puede razonar sobre valores medios meteorológicos a partir de datos obtenidos durante años.

Y por tanto, la energía realmente recibida por el panel solar dependerá de su diseño, su disposición y de su entorno.

En España se dan todos los requisitos para ser una de los países de Europa con mayor capacidad para aprovechar la energía del Sol, debido a su situación geográfica, alta recepción de intensidad de radiación solar y gran cantidad de días sin nubes al año. Estas son las principales razones por la que España fue inicialmente uno de los primeros países a nivel mundial en investigación, desarrollo y aprovechamiento de la energía solar.

Un dispositivo sencillo como el diseñado en esta práctica, no permite seguir al sol en su trayectoria, por tanto se deberá escoger una posición fija que permita al captador obtener el máximo posible de energía. En el caso de Valladolid, el colector se ubicará orientado al sur y formando una inclinación sobre el plano horizontal de modo que los rayos caigan perpendicularmente el mayor tiempo posible, y esto se consigue con un ángulo igual a la latitud del lugar ( $41.65^{\circ}$  <sup>[14]</sup>) más  $10^{\circ}$  aproximadamente, es decir,  $52^{\circ}$ .

Se tratará de programar la actividad avanzada la estación de primavera para que el ángulo de los rayos incidentes sea mayor. Y se revisará, ya próxima la fecha de realización, la previsión meteorológica para elegir un día soleado, con la menor nubosidad posible.

Se tratará también de exponer el panel a la radiación el mayor tiempo posible y emplear las horas centrales del día (de 12 a 15h) para que la radiación global sea también la mayor posible.

Se evitarán elementos que proyecten sombras como edificio o árboles.

## **3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA PRÁCTICA** <sup>[9, 13, 15]</sup>

### **3.2.1. COMPONENTES**

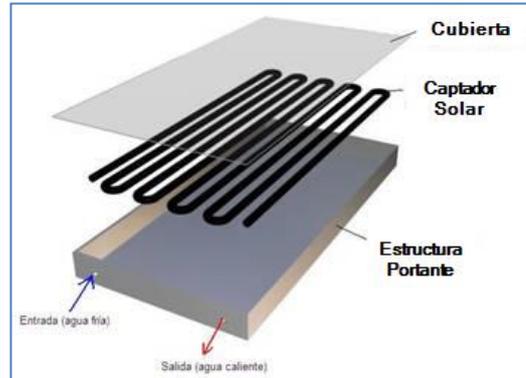
Los componentes empleados para configurar la instalación diseñada para obtener agua caliente, están organizado en **tres grupos**, que son los siguientes:

## GRUPO 1: Panel Solar

Los paneles solares constituyen una aplicación simple que no requiere necesariamente tecnología sofisticada ni costosos materiales.

Está formado por el captador solar, estructura portante y la cubierta.

Se sitúan en el exterior.



**Figura 3.17.** Partes de un panel solar

FUENTE: [www.unet.edu.ve](http://www.unet.edu.ve)

### A. Captador Solar:

El captador solar es una placa plana que se expone a la radiación solar con la finalidad de transformarla en energía térmica mediante el aumento de la temperatura del líquido que circula en su interior.

Debe poseer cualidades como durabilidad, hermeticidad e inalterabilidad, ante los efectos que produce la exposición al sol y los cambios de temperatura que provocarán variaciones en sus tres dimensiones por efecto de la dilatación y contracción, así como aparición de tensiones que pueden ser peligrosas.

Los colectores pueden construirse con distintas disposiciones y materiales, como metálicos, vidrio o plásticos polímeros.

En esta práctica las características del captador solar construido son:

- Material de Tubería: Polietileno de baja densidad (PEBD)  $\phi 16\text{mm}$
- Disposición Tubería: Circular ( $\phi_{\text{ext}} 1.2\text{m}$ )
- Superficie útil:  $1,06\text{m}^2$
- Presión nominal: 2.0 bar
- Presión máxima admisible: 4.0 bar

El Polietileno (PE) es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades

repetitivas de etileno, producto resultante del craqueo de la nafta del petróleo. Se designa como LDPE (por sus siglas en inglés, *Low Density Polyethylene*) o PEBD, polietileno de baja densidad. Entre sus características principales se encuentran propiedades como que es inerte, inodoro, no tóxico, insoluble, flexible, ligero, resistente a la mayor parte de agentes químicos, posee un bajo factor de fricción y bajo valor de sus módulos elásticos que le aporta la capacidad de asimilar sobrepresiones por golpes de ariete, entre otras <sup>[16]</sup>.

#### **B. Estructura Portante:**

La estructura portante servirá de base para el captador solar y limitará las pérdidas térmicas por conducción. Tiene unas dimensiones de 1.20m x 1.20m.

Se ha fabricado con dos láminas de poliestireno extruido de 60 x 120 x 10 cm (anch x alto x esp) pegadas con pegamento específico para este material. El color de estas láminas es amarillo claro, y para contribuir con la absorción de calor, se ha pintado con un spray especial de pintura refractaria para chimeneas. Se ha colocado en el perímetro de la base tiras de 7cm de anchura para cerramiento del colector y apoyo del panel superior.

El poliestireno extruido, extrudido o extrusionado, (*XPS o styrofoam*)<sup>[17]</sup> es una espuma rígida resultante de la extrusión del poliestireno en presencia de un gas espumante, que produce una estructura de burbuja cerrada, lo que lo convierte en el único aislante térmico capaz de mojarse sin perder sus propiedades. Posee elevada resistencia mecánica y gran tolerancia al agua y que se usa principalmente como aislante térmico en edificios.

#### **C. Cubierta:**

Para disminución de pérdidas de calor en el captador y protección del mismo de agentes atmosféricos, se colocará una cubierta, que puede ser de distintos materiales (vidrio templado, metacrilato, policarbonato celular, etc.). La lámina seleccionada ha sido de policarbonato celular y cubrirá todo el captador apoyándose sobre el perfil perimetral.

La colocación de este panel contribuye a una disminución de pérdidas de calor pues produce un efecto invernadero en el interior del panel y evita que el viento pueda robarle el calor que la radiación solar le aporta.

## GRUPO 2: Circuito Hidráulico

Es el conjunto de componentes de la instalación encargado de tomar el agua, conectarlo con el panel solar y conducirlo a su destino. Está formado por:

- A. Líquido portador de calor:** En este caso se empleará agua potable del grifo como líquido portador. En los paneles solares comerciales se añaden anticongelante y otros productos tendentes para reducir el deterioro de los conductos internos.
- B. Bomba de circulación:** Es la encargada de impulsar el líquido a través del circuito. Se ha seleccionado una bomba de diafragma autocebante, cuyas especificaciones del fabricante son:

- Caudal: 6 l/min
- Presión Máxima 9bar (130psi)
- Head height: 70m
- Rango de Temperaturas fluido: 0-100°C
- Voltaje: 12V
- Tensión: 6A.
- Consumo: 70 W



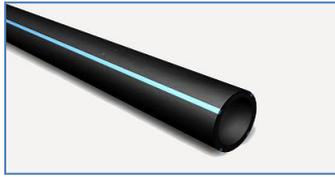
FUENTE: [www.amazon.es](http://www.amazon.es)

- C. Tuberías:** Las tuberías de las instalaciones deben ser compatibles con las condiciones higiénicas y temperaturas de los líquidos en circulación, ser adecuadas para la presión a soportar y tener condiciones de resistencia a la corrosión y otras características similares.



FUENTE:  
[www.abcbriocoten.com](http://www.abcbriocoten.com)

En la práctica, se ha seleccionado tubería de Polietileno de Baja Densidad (PEBD) de DN16mm con un espesor de pared de 1.2mm, que según la especificación de la norma de fabricación UNE 53367-2014, debe tener una Presión Máxima Admisible de 4.0bar a una Temperatura Máxima de 45 °C.



FUENTE:  
[www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)

La tubería actuará como absorbedor de la radiación, por lo que se ha optado por colores oscuros para obtener un mejor coeficiente de absorción. La tubería de PEBD seleccionada es de color negro mate, que contribuye a evitar la reflexión.

Para la inserción de accesorios en la tubería de PE, se requiere un ligero calentamiento en el extremo, pues el PE es un termoplástico que puede cambiar su forma una o varias veces por la acción combinada de temperatura y presión (de forma que cuando la temperatura se eleva se reblandece y al enfriar se endurece). El proceso de reblandecimiento de los termoplásticos comienza a temperaturas relativamente bajas (60 a 120 °C), lo cual introduce restricciones en determinadas aplicaciones.



FUENTE: *Elaboración propia*

- D. Accesorios de Tubería:** Los accesorios de tubería son necesarios para realizar cambios de dirección, división de flujos de los fluidos, empalmes de tubería, etc. Existe una gran variedad de accesorios en el mercado.



Están fabricados en polietileno, al igual que la tubería. FUENTE: [www.mercagarden.com](http://www.mercagarden.com)

Según la especificación de la norma de fabricación UNE

EN ISO 1167-2006, posee una Presión Máxima Admisible de 8.0bar (120 psi).

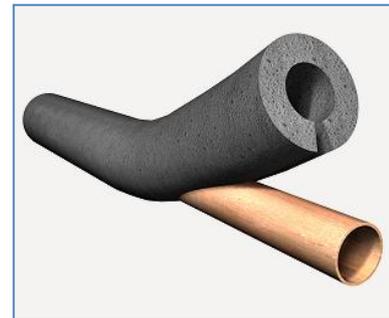
Su diseño dentado permite una fácil y rápida conexión a presión con la tubería, y el filo de los mismos garantiza un excelente anclaje de la tubería tras su inserción. Pueden incluir anillas de seguridad o no, en función del fabricante.



FUENTE: [www.abcbriocoten.com](http://www.abcbriocoten.com)

En la práctica se han empleado codos, empalmes, reducciones y tes del mismo diámetro que la tubería ( $\phi 16\text{mm}$ ).

**E. Aislante de Tuberías:** A la salida del panel solar, por las tuberías circulará agua caliente por lo que se podrá colocar aislante en las mismas para evitar pérdidas energéticas y quemaduras accidentales del personal que manipule el equipo.



Se emplearán aislante en forma de coquilla para tubería de espuma elastomérica (caucho sintético), que posee una baja conductividad térmica y es muy fácil de instalar.

FUENTE: [www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)



FUENTE: [www.tuberiassoler.cat](http://www.tuberiassoler.cat)

**F. Válvulas:** Estos componentes mecánicos se intercalan en las tuberías para actuar sobre el control del fluido.

Las que se han empleado son de corte, tipo mariposa, que restringe la circulación del fluido.

Están fabricadas en polietileno y según especificaciones de la norma de fabricación UNE EN ISO 16136-2007, tienen una presión máxima admisible de 5.0bar. En sus extremos dispone, al igual que los accesorios, de unos dientes de sierra que facilitan la entrada del accesorio en el interior del tubo y que impiden que se salga.

**G. Instrumentación:** los instrumentos empleados en la práctica son dos:

- **Manómetro:** dispositivo mecánico para la medida de la presión del fluido, agua, colocado en la impulsión de la bomba. El dispositivo comprado es de esfera seca y su rango de medida es 0-4bar.

La presión máxima de trabajo que debe alcanzarse en el montaje, es de 3.5bar pues la presión máxima admisible de las tuberías es 4.0bar.



FUENTE: <https://mei.es>



FUENTE: [www.amazon.es](http://www.amazon.es)

- **Termómetro:** se requiere disponer de medidas de temperatura tanto a la entrada del panel como a la salida del mismo. Se ha comprado un termómetro de doble pantalla digital LED con 2 sondas metálicas impermeables para medición de temperatura, rango de medición -20°C a 100°C, precisión de 1°C.

El termómetro requiere una fuente de alimentación DC 4-28V. En la práctica se ha colocado una pila alcalina de 9V con un interruptor intercalado para encendido y apagado del mismo.



FUENTE: [es.rs-online.com](http://es.rs-online.com)

### GRUPO 3: Área Eléctrica

La bomba requiere una alimentación eléctrica de corriente continua (DC) con un voltaje de 12V y una intensidad de 6A, para lo cual se ha provisto la instalación de un conjunto de componentes eléctricos. Está formado por:

- A. Transformadores de Corriente:** Se han empleado tres transformadores AC/DC 220-12V y 2A cada uno, dispuestos en paralelo para conseguir los 6A.

Podría haberse usado un único transformador, pero la disposición en paralelo proporciona más posibilidades didácticas a los contenidos curriculares.



FUENTE: [www.efectoled.com](http://www.efectoled.com)

**B. Interruptores:** Permiten encender y apagar los dispositivos con facilidad. Se han instalado dos, uno de tipo pulsador para la bomba junto a ella, y un segundo en junto al termómetro.



FUENTE: [www.fabricatulampara.com](http://www.fabricatulampara.com)



FUENTE: [www.electronicabf.com](http://www.electronicabf.com)

Todos los cables de la instalación se han protegido adecuadamente para evitar riesgo eléctrico en el manejo de la práctica.

### 3.2.2. PROCESO DE MONTAJE

El proceso de montaje ha sido largo, por lo que se indican a continuación los pasos de cada uno de los grupos designados en el apartado 3.2.1. de componentes:

#### CONSTRUCCION DEL PANEL SOLAR

---

**1º.** Se comienza con el ensamble de lo que será la **estructura portante** del panel solar.

Se pegan las dos láminas de poliestireno extruido con un pegamento especial para este tipo de materiales. Se deja secar al menos 24h.



**Figura 3.18.** Láminas de poliestireno extruido

FUENTE: Elaboración propia.

**2º.** Se pintan las láminas pegadas con un spray especial de pintura anticorrosiva, color negro mate, con el fin de que atraiga una mayor radiación al ser negro y que todo el calor que reciba sea reflejado hacia el captador solar provisto encima.

Se han evitado pintar los bordes de las láminas pues se va a pegar tiras de láminas de poliestireno extruido de menos espesor (3cm) a modo de marco perimetral.

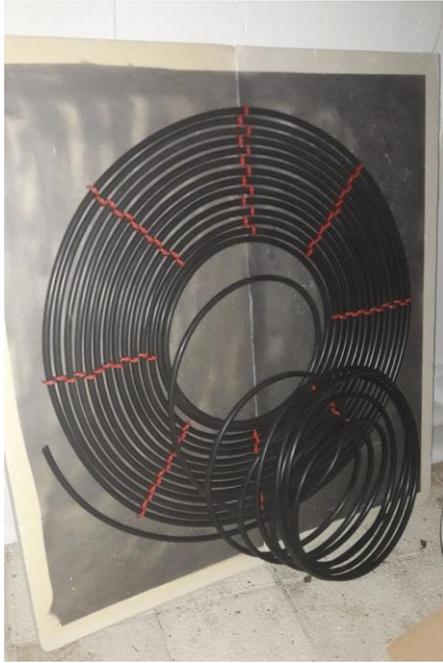


**Figura 3.19.** Láminas de poliestireno extruido pegadas y pintadas. Será la estructura portante.

FUENTE: Elaboración propia.

**3º.** Se comienza a disponer la tubería, que será **el captador solar**, en forma circular sobre la estructura portante. Se comienza por la parte exterior hacia el interior. La tubería tiene una cierta flexibilidad y puede ir enrollándose sobre sí misma en disposición circular pero tendrá un límite de doblado en la parte interior, por lo que no podrá completarse toda la circunferencia.

Para sujetar la tubería a la estructura soporte, se ha provisto de unas grapas de plástico, que se colocan 10 por cada vuelta.



**Figura 3.20.** Grapas para anclaje de la tubería a la base.

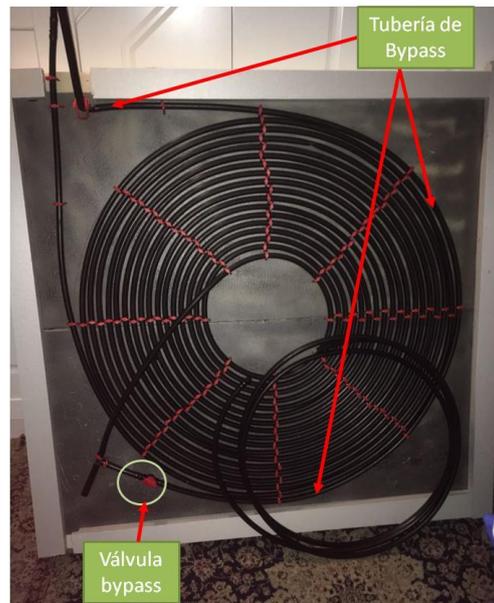
FUENTE: Elaboración propia.

**Figura 3.21.** Captador solar: Tubería enrollada y anclada a la estructura portante.

FUENTE: Elaboración propia.

Una vez que se ha llegado al límite interior de enrollado, se coloca la tubería para que sea la salida, por encima del resto de tubería enrollada.

**4º.** Antes de la salida de la tubería de la estructura soporte, se coloca una te con una válvula para disponer de un **bypass**. Las instalaciones convencionales funcionan en circuito cerrado con un acumulador y un cambiador de calor que transfiere la energía un circuito secundario, el cual sería el de uso sanitario. La práctica diseñada se ha simplificado construyéndola en circuito abierto e incorporando el bypass que permitirá un modo de operación en circuito cerrado. Este modo de operar permite que el agua esté circulando por el captador un mayor tiempo, aumentando su exposición a la radiación y por tanto que el líquido se caliente antes, es decir, que se alcance antes un equilibrio térmico.



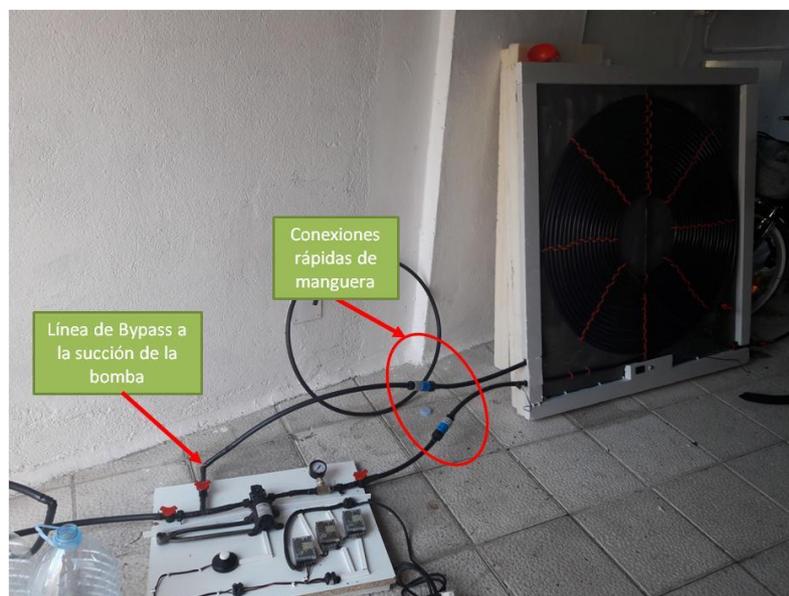
**Figura 3.22.** Captador solar: Tubería de bypass.

FUENTE: Elaboración propia

El bypass se redirigirá a la succión de la bomba, sujetándose con las mismas grapas que el resto de tubería del panel.

5º. Se finaliza la estructura portante poniendo el marco perimetral pegando las tiras de poliestireno de 3cm dejando espacio para la entrada y salida de tuberías.

6º. Para aislar el panel del sector de bombeo, se han colocado conexiones rápidas de manguera, provistas con válvulas antirretorno, tanto en la línea de bypass como la de la entrada al captador. Estas conexiones podrían permitir además la conexión en serie o en paralelo de paneles si se construyeran varios.

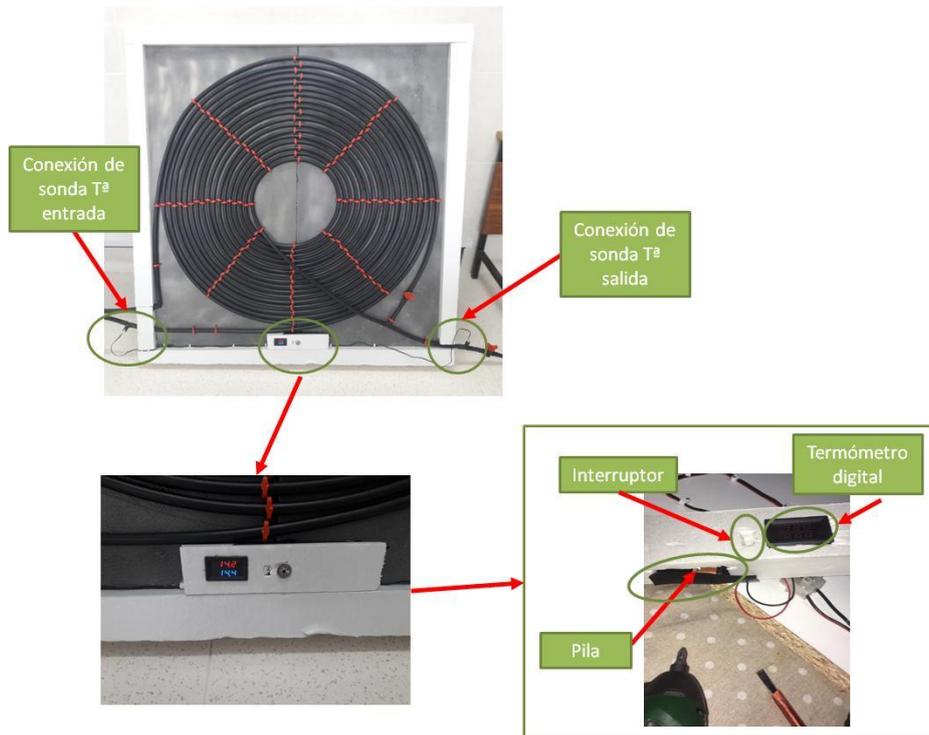


**Figura 3.23.** Conexiones rápidas de manguera para aislamiento de panel solar y sector de bombeo.

FUENTE: Elaboración propia

7º. A continuación se coloca el **termómetro** digital en la parte inferior central. Se ha empleado un trozo de las tiras perimetrales para encajar el termómetro y su interruptor, escondiendo la pila y los cables de conexión.

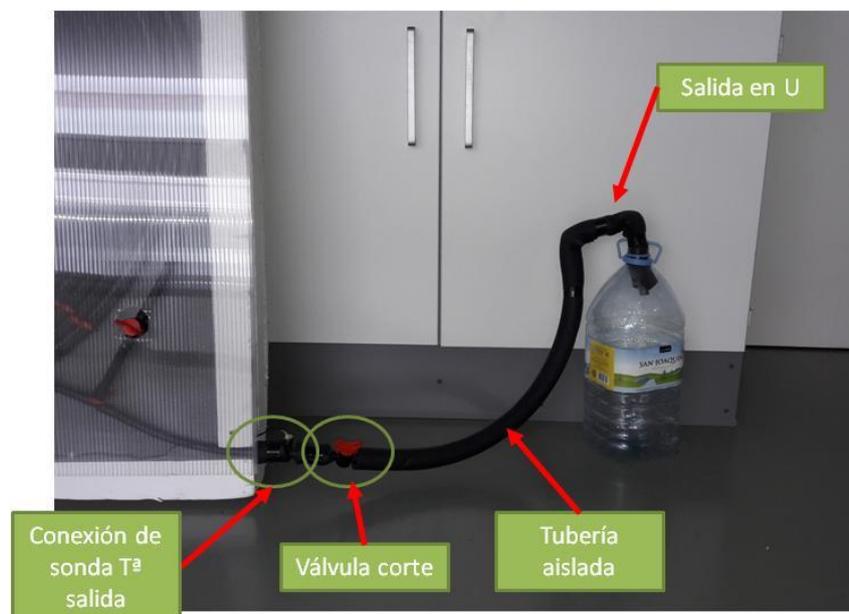
Se ha colocado centrado en el panel de modo que se puedan ubicar las sondas que miden las temperaturas de entrada y salida a ambos lados, colocándolas en una te.



**Figura 3.24.** Detalles de montaje de termómetro en el panel solar.

FUENTE: Elaboración propia

8º. Para finalizar, la **salida de agua** del panel solar, se ha colocado una válvula (que cerrará cuando esté operando en modo bypass) y una pieza en forma de U invertida para que el agua descargue en una garrafa de agua evitando salpicaduras. Por esta tubería sale el agua caliente tras su paso por el panel, por lo que se ha aislado con coquilla elastomérica.



**Figura 3.25.** Detalles de montaje de la línea de salida del panel.

FUENTE: Elaboración propia

9º. El último paso sería colocar la cubierta de policarbonato celular, que es un termoplástico, creado para el cerramiento de techos y superficies verticales, resistente a los rayos U.V., a los impactos, con gran ahorro energético y excelente transmisión luminosa [18]. Esta cubierta es transparente a la radiación visible, por lo que deja pasar la energía procedente del sol, pero es reflectante al infrarrojo lejano, por lo que evita la pérdida por radiación.



**Figura 3.26.**Detalle del perforado de la lámina para válvula de bypass.

FUENTE: Elaboración propia

**Figura 3.27.**Lámina de policarbonato celular a instalar como cubierta.

FUENTE: Elaboración propia

## CONSTRUCCIÓN DEL SECTOR DE BOMBEO y ELÉCTRICO

El **Sector de Bombeo** está formado por básicamente por la bomba, el manómetro y un conjunto de válvulas.

El **Sector Eléctrico** está formado por los transformadores, un interruptor y los cables de conexión.

Ambos sectores se han montado juntos sobre una base de aglomerado, como indica en la figura 3.28, separados por un perfil en L de plástico e inclinada hacia el lado del agua para evitar que pueda llegar agua a la zona eléctrica en caso de que se produzca alguna fuga.



**Figura 3.28.** Sector de bombeo y eléctrico sobre superficie de madera.

FUENTE: Elaboración propia

El montaje partirá de la bomba, pues es el elemento central y común de ambos sectores.

**1º.** La bomba dispone de conexiones roscadas tanto en la tobera de succión como en la de impulsión. Ambas son de un diámetro inferior ( $\phi 12\text{mm}$ ) al de la tubería seleccionada, por lo que se emplearán accesorios de reducción o ampliación a ambos lados.



**Figura 3.29.**Detalle de la tobera roscada de la bomba.

FUENTE: Elaboración propia

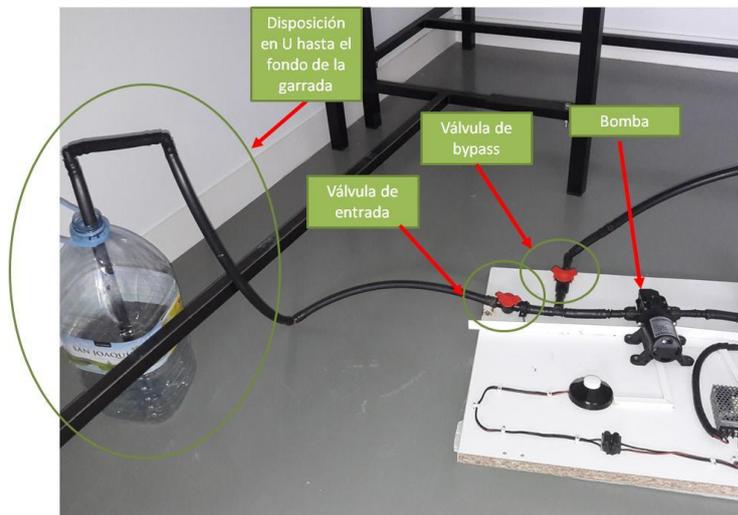
En toda conexión roscada se proveerá una capa de tejido teflón que evita fugas de líquido.



**Figura 3.30.**Aplicación de teflón en conexiones roscadas.

FUENTE: Elaboración propia

2º. La **tubería de succión** empieza en forma de U invertida pues debe aspirar del fondo de una garrafa de agua. Se han empleado tres codos para darle forma y se ha colocado una válvula de corte antes de la bomba y de la conexión con la línea de bypass que vuelve del panel.

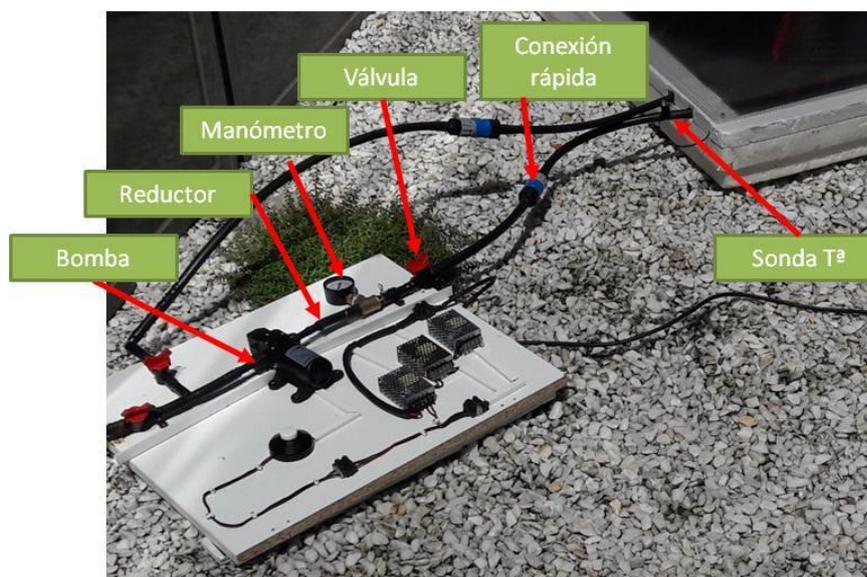


**Figura 3.31.** Detalle de línea de succión al panel.

FUENTE: Elaboración propia

3º. La **tubería de impulsión** al igual que en el resto del montaje, se ha empleado tubería y accesorios de PEBD. Para la instalación del manómetro, que se conecta roscado, se ha necesitado una te de latón. A continuación se ha colocado una válvula para regulación de la presión y el caudal de entrada al panel.

En la línea de impulsión se ha dispuesto, por este orden, un reductor (que amplía de 12mm a 16mm), manómetro, válvula y una de las conexiones rápidas de manguera indicadas anteriormente, para llegar ya a la entrada del panel solar que tiene la sonda de temperatura.

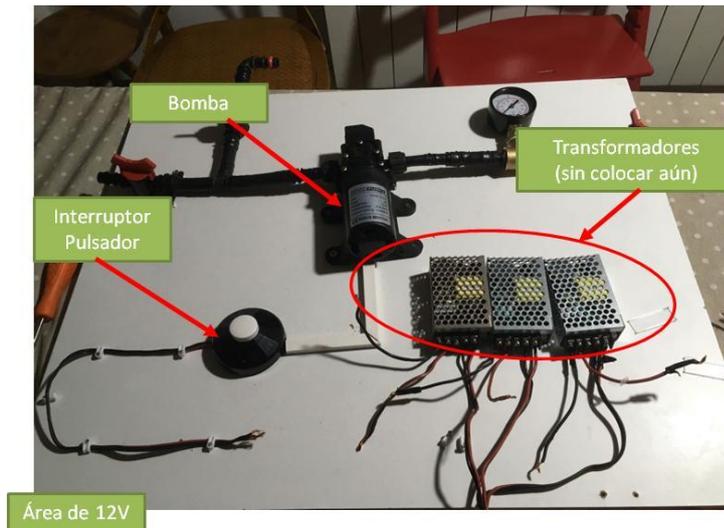


**Figura 3.32.** Detalle de línea de impulsión al panel.

FUENTE: Elaboración propia

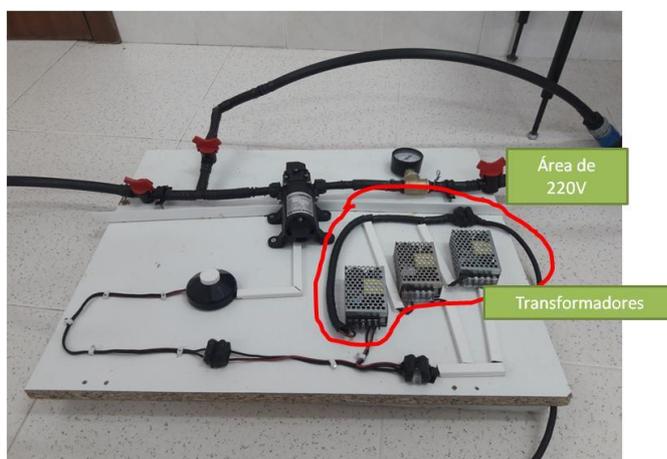
4º. En cuanto al Sector Eléctrico, en primer lugar se han presentado los elementos necesarios y en función de la curvatura que permiten los cables y sus conexiones, se han pegado con cinta de doble cara a la base de madera.

5º. Se ha cableado la bomba al interruptor pulsador y éste a una regleta, a la cual se conectan las tres salidas de los transformadores. El cable empleado en la conexión de estos elementos es de 1.5mm de sección.



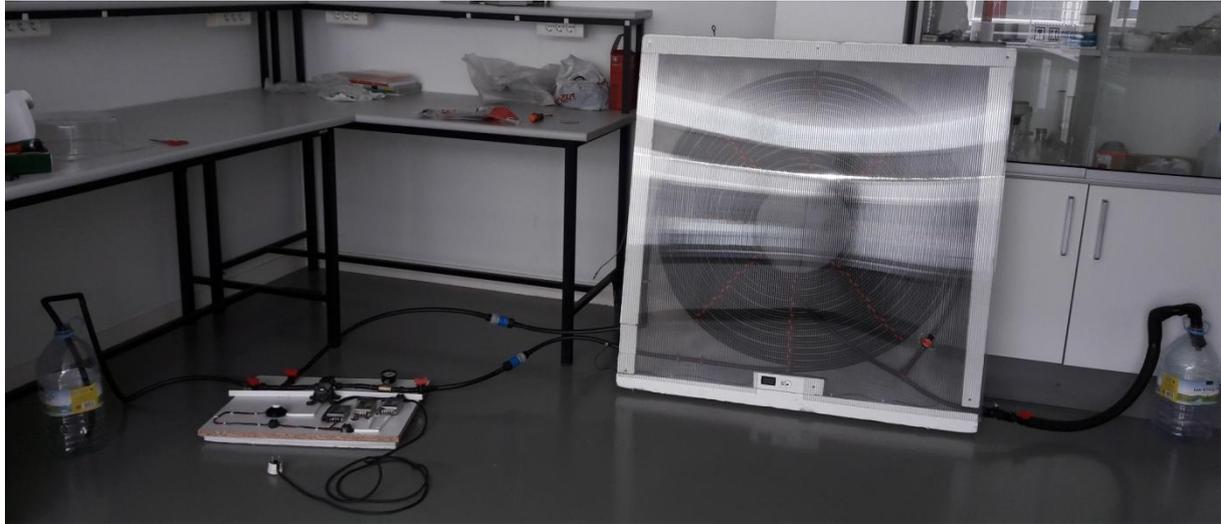
**Figura 3.33.** Partes del sector eléctrico.  
FUENTE: Elaboración propia

6º. Para finalizar este sector, se cablea desde la entrada a los transformadores a una regleta con cable de 2.5mm de sección, y de la regleta se cablea a un enchufe final que se conectará a la red. Esta parte tiene un voltaje de 220V, por lo que es la que debe estar especialmente protegida.



**Figura 3.34.** Partes del sector eléctrico.  
FUENTE: Elaboración propia

Tras el proceso de montaje, el resultado final se muestra en la Figura 3.35 a continuación:



**Figura 3.35.** Montaje completo de la práctica.  
FUENTE: Elaboración propia

### 3.2.3. COSTE DEL MONTAJE

El coste del montaje de la práctica ha sido el que se indica a continuación en la Tabla 3.4:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total
1	Placas Poliestireno Extruido (e=10cm)	2	17.50	35.00
2	Placa Poliestireno Extruido (e=3cm)	1	5.25	6.50
3	Tubería Polietileno $\phi$ 16mm	50 m	9.50	9.50
4	Bomba diafragma autocebante	1	19.80	19.80
5	Transformadores 220/12V	3	4.50	13.50
6	Sondas y Termómetro Digital Doble	1	13.09	13.09
7	Válvulas	5	1.25	6.25
8	Accesorios tubería PE			
8.1	Codos	7	0.13	0.91

8.2	Tes	4	0.12	0.48
8.3	Manguitos/ Empalmes	3	0.09	0.27
8.4	Manguitos reductor	2	0.18	0.36
8.5	Conexiones rápidas manguera	2	3.62	4.12
9	Manómetro y accesorios de conexión latón	1	3.48	3.48
10	Interruptores (pulsador + palanca termómetro)	1	2.50	2.50
11	Pila 6LR61 termómetro digital 9V	1	3.99	3.99
12	Placa de policarbonato celular 1.20 x 1.20	1	23.10	23.10
13	Pegamento poliestireno extruido	1	4.95	4.95
14	Grapas fijación	450	0.01	4.50
<b>TOTAL</b>				<b>152.30 €</b>

**Tabla 3.4.** Relación de elementos, cantidades y coste de los componentes de la práctica

### 3.3. EXPERIMENTACIÓN

Se ha llevado a cabo la experimentación de la práctica de acuerdo al procedimiento indicado en el Guión propuesto, con el fin de hacer un diseño didáctico correcto, conocer los valores experimentales que se esperan en su realización y los resultados que los alumnos deberán proporcionar.

Se describen a continuación las experiencias realizadas junto con los cálculos y resultados obtenidos:

### 3.3.1. SUPERFICIE DEL CAPTADOR SOLAR

Como se ha indicado en apartados anteriores, el captador tiene disposición circular con un diámetro externo 1m (sin incluir la línea del bypass) y uno interno de 0,30m (fig. 3.35). Por simplificación para los alumnos, se parte de la hipótesis de que la superficie de captación de radiación es el área comprendida entre ambos diámetros.



**Figura 3.36.** Area del Captador Solar.

FUENTE: Elaboración propia.

$$A_{\text{Captador}} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (1.0^2 - 0.3^2) = \mathbf{0.715 \text{ m}^2}$$

### 3.3.2. CAPACIDAD DEL CAPTADOR SOLAR

Distinguiremos entre la capacidad teórica del sistema y la capacidad experimental.

La **capacidad teórica** la calcularemos como el volumen de fluido total que es capaz de contener el sistema, es decir, en el diámetro interior de la tubería (16mm – 1.2mm de espesor) en el total de longitud de tubería del sistema (40m en la espiral + 10m del resto de tubería).

$$V_{\text{agua}} = \frac{\pi}{4} d_i^2 L = \frac{\pi}{4} 0,0136^2 \cdot 50 = 7.26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \mathbf{7.26 \text{ l}}$$

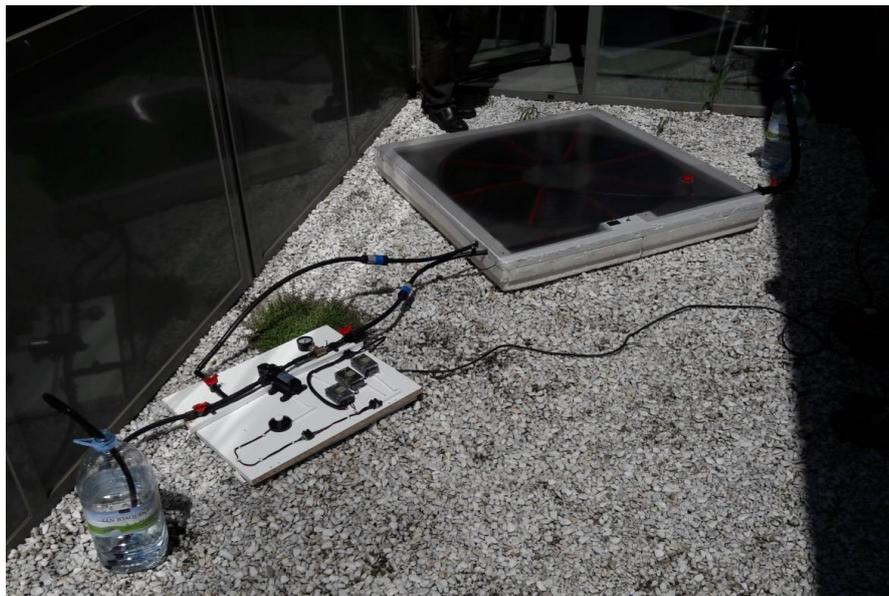
La **capacidad experimental** se ha medido como el volumen de agua recogido tras la realización de la experiencia, al vaciar el sistema con aire comprimido. El volumen obtenido

ha sido **5.8 litros**, teniendo dos posibles fuentes de error: la primera es que la sección del tubo disminuye al enrollarse y la segunda es que el dispositivo no es completamente estanco y tiene pequeñas fugas.

Existen distintos procedimientos por el que podríamos haber calculado el volumen. Durante la experiencia en el laboratorio con los alumnos, se ha propuesto una forma más sencilla que es por cálculo de diferencias de volúmenes. Otra posible alternativa es por pesada de las garrapas vacías, llenas inicialmente y llenas con el líquido que no está contenido en el sistema. Ambas alternativas son sencillas e intuitivas y podría ser una de las cuestiones a plantear para que los alumnos piensen en el modo de conseguir el dato que necesitan.

### **3.3.3. VARIACIÓN DE TEMPERATURAS CON EL TIEMPO**

La experiencia final de la que se incluyen los datos, es la experiencia realizada el día 21 de mayo a las 13.00h en la Facultad de Ciencias de Valladolid.

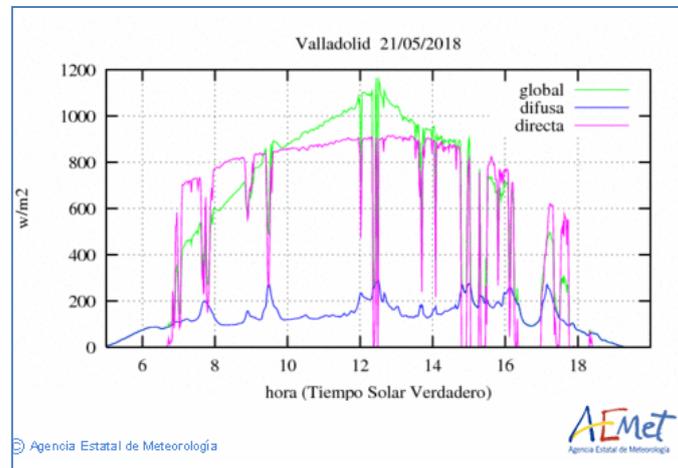


**Figura 3.37.** Experimentación realizada.

FUENTE: Elaboración propia.

La variación de la radiación solar en Valladolid según la AEMET se muestra en la figura 3.36 en tiempo solar verdadero. La diferencia entre la hora de Valladolid y la hora solar verdadera es -2h15min, por lo que a las 13.00h, el tiempo solar verdadero era 10.45h <sup>[19]</sup>.

A esa hora, la radiación solar directa era de entorno a  $850 \text{ W/m}^2$  y radiación difusa en torno a  $150 \text{ W/m}^2$ , teniendo una **radiación teórica de entorno a  $950 \text{ W/m}^2$** . Debido a la estrechez del patio en el que se realizó la experiencia, este valor teórico se vería incluso reducido.

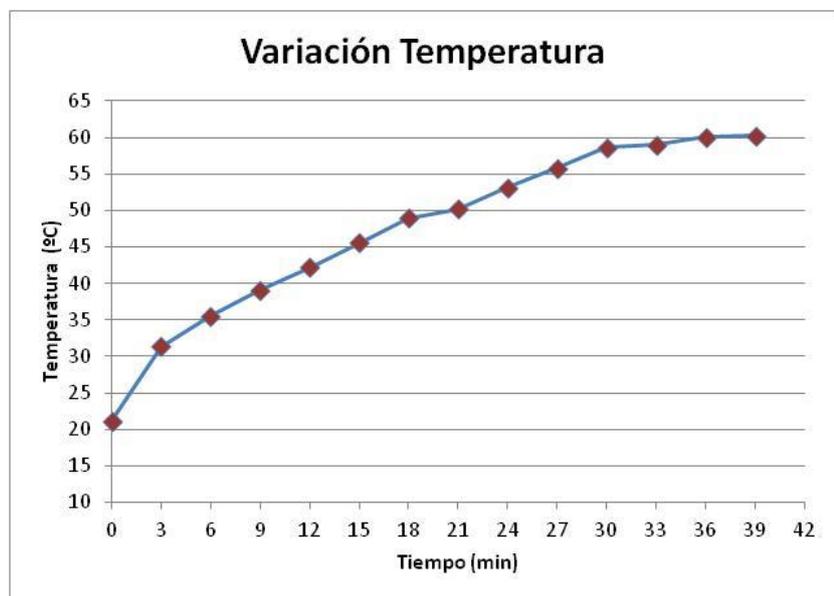


**Figura 3.38.** Valores de radiación directa, difusa y global en Valladolid el 21/05/2018.

FUENTE: [www.aemet.es](http://www.aemet.es)

Los datos recogidos de la variación de la temperatura con el tiempo se muestran en la Tabla 3.5 y Figura 3.39. Se han tomado datos cada 3min hasta una estabilización de la variación de la temperatura, alcanzada a los 30min del inicio y finalizada a los 39min.

Tiempo (min)	Tª (°C)
0	21,1
3	31,4
6	35,5
9	39,1
12	42,2
15	45,6
18	49,0
21	50,2
24	53,2
27	55,8
30	58,6
33	59,0
36	60,1
39	60,3



**Figura 3.39.** Gráfico de la variación de la Temperatura del agua durante la exposición solar.

FUENTE: Elaboración propia.

**Tabla 3.5.** Valores experimentales de la variación de Tª con el tiempo.

Durante la experimentación, en el minuto 19 se produjo la ocultación del sol por una nube, que se recuperó en el minuto 22. Puede observarse en el gráfico la influencia, pues el valor en el minuto 21 rompe la tendencia de ascenso de la temperatura. Lo mismo ocurrió en del 32 al 34.

El tiempo que tarda en alcanzarse una temperatura estable, es muy apropiado para poder llevar a cabo esta práctica en una sesión educativa de los 50 minutos establecidos.

La temperatura incluida en la Tabla 3.5 es la medida por el termómetro digital incluido en el montaje. Para comprobar el dato se ha medido también la temperatura del agua extraída con un termómetro convencional, obteniéndose un valor de 59°C como puede observarse en la fotografía de la Figura 3.40.



**Figura 3.40.** Medida del temperatura con termómetro convencional del agua extraída.

FUENTE: Elaboración propia.

Asimismo, se han tomado datos de temperatura de varias superficies del montaje con un termómetro infrarrojo. Los valores recogidos son:

$T^a$  tubería fuera captador: 56°C

$T^a$  superficie policarbonato: 41°C

#### **3.3.4. POTENCIA ENERGÉTICA**

La potencia energética de nuestro panel la calcularemos como el calor generado con la transformación de la radiación solar, en el tiempo expuesto y con la superficie de exposición que tenemos.

Empezaremos con el **calor generado**. Realizaremos una hipótesis sencilla que los alumnos del nivel educativo hacia el que se dirige la práctica serán capaces de comprender, que es que el calor generado por la radiación solar ha contribuido al calentamiento del agua que circula y la tubería del captador solar. Aplicando la expresión 3.4 a ambos componentes, tendremos:

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot C_{e\text{-agua}} \cdot (T_f - T_0) + m_{\text{tubería}} \cdot C_{e\text{-tubería}} \cdot (T_f - T_0) \quad \text{Ec. 3.5}$$

Expresión para la cual necesitamos los siguientes datos:

- $\rho_{\text{agua}}$  a 20°: 998 kg/m<sup>3</sup> [20]
- $C_{e\text{-tubería}}$ : 1900 J/kg K [21]
- $C_{e\text{-agua}}$ : 4186 J/kg K [20]
- $\rho_{\text{PEBD}}$ : 920 kg/m<sup>3</sup> [21]

Una opción alternativa al cálculo de la masa a través de la densidad del material, que podría resultar complejo a los alumnos, es medirlo experimentalmente por extrapolación. A partir de una longitud determinada de tubería (se ha tomado 28.5cm), lo pesamos (13.8g) y extrapolaremos a los 40m que tienen el captador solar.

$$0,0138kg \times \frac{40m}{0,285m} = 1,94kg$$

Estableceremos también la hipótesis de que las temperaturas final e inicial de tubería con las mismas.

Sustituyendo los datos en la ecuación 3.5, tendremos por tanto un calor de:

$$Q = 5.8l \times \frac{998 \text{ kg}}{m^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \times 4186 \frac{J}{kg \text{ K}} \times (60,3 - 21,1) \text{ K} \\ + 1,94 \text{ kg} \times 1900 \frac{J}{kg \text{ K}} \times (60,3 - 21,1) = 1,094 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Entendemos la **potencia**, medida en vatios (W), como la cantidad de trabajo generado por unidad de tiempo. Podemos definir igualmente la potencia energética (W) conseguida como el calor generado (J) por unidad de tiempo (s).

$$P(W) = \frac{Q(J)}{t(s)} = \frac{1,094 \cdot 10^6 J}{39 \text{ min} \times \frac{60s}{\text{min}}} = 467,66W = 0,468 \text{ kW} \quad \text{Ec. 3.6}$$

### 3.3.5. RENDIMIENTO

La radiación recibida del sol en el exterior de la atmósfera es 1,36 kW en un área de 1m<sup>2</sup>. La atmósfera absorbe parte de esta radiación, por lo que la energía que alcanza la superficie terrestre se estima que es de en torno a 1,00 kW/m<sup>2</sup>. Un panel con un rendimiento del 100% transformaría toda esta radiación en calor pero como todas las máquinas que se construyen, no tienen un rendimiento pleno y sólo una parte de la energía es aprovechada.

Definiremos por tanto el rendimiento del panel como el cociente entre la radiación captada por nuestra práctica y la radiación solar total que recibida del sol en la tierra, ambas medidas sobre un mismo área de 1m<sup>2</sup>.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Radiación experimenta captada}}{\text{Radiacion teórica emitida sol}} \times 100 \quad \text{Ec. 3.7}$$

Por tanto, la potencia calculada es obtenida en un área de 0.715 m<sup>2</sup>, dato que hemos calculado anteriormente, por lo que la radiación captada experimental será:

$$\frac{0.468 \text{ kW}}{0.715 \text{ m}^2} = 0.655 \text{ kW/m}^2$$

La radiación global medida por AEMET el día y a la hora en la que se realizó la experimentación, fue de 950 W/m<sup>2</sup>, dato que tomaremos como valor teórico.

Con estos datos, aplicando la ecuación 3.7, obtendremos un rendimiento o eficiencia de nuestro panel solar de:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{0,655 \text{ kW/m}^2}{0,95 \text{ kW/m}^2} \times 100 = 68,95\%$$

### 3.4. GUION DE LA PRÁCTICA

Se incluye a continuación el Guión que recibirán los alumnos para el desarrollo de esta práctica de física en el laboratorio.

## PRÁCTICA DE FÍSICA.

### FUNCIONAMIENTO DE UN PANEL SOLAR TÉRMICO

#### 1. INTRODUCCION

La energía solar es, actualmente, una de las fuentes de energía limpia y renovable más rentable y fiable para satisfacer las demandas energéticas del planeta. Además, uno de sus grandes beneficios es que al utilizarla no emite gases contaminantes a la atmósfera, lo que ofrece una alternativa ecológica sostenible para todos los seres vivos.

El **panel solar** es una aplicación eficiente para este tipo de energía. Puede ser utilizado para producir, tanto agua caliente a través de paneles solares, como electricidad por medio de paneles fotovoltaicos.

En esta práctica se ha construido un panel solar de uso directo cuyo receptor está formado por tubería de riego por el que circula un líquido (agua) que se calienta al estar expuesta al sol. El calentamiento se produce por la transformación de la radiación solar en calor. Su eficiencia es limitada y no podemos disponer de más agua caliente que la que cabe en el circuito, pero este tipo de solución tiene una relación calidad-precio inmejorable.

Es importante identificar cual debe la posición y orientación del panel para la exposición al sol, pues de ello depende el rendimiento que se obtenga.

Debes conocer que sobre los rayos solares tienen una incidencia permanente de, aproximadamente  $1,367 \text{ kW/m}^2$ , medida sobre una superficie plana perpendicular al vector de posición del Sol y ubicada en el límite más exterior de la atmósfera terrestre, que denominamos **constante solar ( $I_{cs}$ )**. Debido a la presencia de la atmosfera, que absorbe distintos tipos de radiación, la irradiación solar máxima que alcanza la superficie terrestre, se estima que es de  $1,00 \text{ kW/m}^2$ .

#### 2. MATERIAL

Se dispone de un montaje compuesto por:

- Captador solar térmico con una base de poliestireno expandido de  $1,20 \times 1,20 \text{ m}^2$ , con tubería de riego de  $\phi 16 \text{ mm}$  de polietileno dispuesto en espiral de diámetro de 1m.

- Bomba de diafragma autocebante, de bajo consumo a 12V y de caudal 6L/min@130psi.
- Tres garrafas de agua de 6,5l marcadas cada 0.5l.
- 3 transformadores de 220V/AC a 12V/DC a 2A.
- Manómetro 1-4 bar.
- Termómetro doble de pantalla digital de rango -20°C a 100°C.

### 3. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden con la realización de esta práctica son los siguientes:

- Conocer, comprobar y manipular el funcionamiento de un panel solar térmico para calentamiento de agua.
- Conocer instrumentos de medida cotidianos. Identificar errores instrumentales.
- Identificar las variables de funcionamiento del sistema.
- Toma de datos experimentales (variación de la Temperatura con el tiempo) y representación gráfica de los mismos.
- Cálculo numérico de las distintas variables para obtención del rendimiento energético.

### 4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Saca el montaje al exterior en la ubicación más apropiada.

Llena dos de las garrafas de agua marcadas hasta de 6,5L. Coloca las garrafas llenas a la entrada de la bomba y la vacía en la zona de la descarga del panel, bajo la manguera y sujetándola.

Comprueba que las válvulas están correctamente accionadas.

Enciende el termómetro. Conecta a la red eléctrica el montaje.

Ojo cuando se realice el llenado del sistema, este paso es importante para obtener un buen rendimiento.

Activa el interruptor de la bomba.

Anota la temperatura que marcan los termómetro, será ésta la

<b>Temperatura Inicial (<math>T_0</math>)</b>

Temperatura Inicial.

Primero se llenará el circuito de agua. Operaremos en circuito abierto hasta asegurarnos que el sistema contiene el máximo volumen de agua posible y que sale poco aire en la línea de descarga del panel. Una vez lleno, podemos accionar las válvulas para comenzar la operación en circuito cerrado. Para ello debemos abrir las dos válvulas de la línea de bypass, cerrar la de salida y finalmente cerrar la de entrada. Este es el inicio de la experiencia y deberán empezar a tomar datos de  $T^a$  y tiempo.

Desde que el agua circula en circuito cerrado, un grupo irá anotando las medidas de temperatura y tiempo (se recomienda tomarlas cada 2-3min).

Tiempo (min)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Temperatura final (°C)

En paralelo habrá otros dos grupos. Uno se encargará de tomar las medidas necesarias para conocer la masa de de agua que contiene sistema.

Y un segundo grupo se encargará de calcular la masa de tubería que contiene el captador solar.

**PRECAUCIONES:**

Las precauciones que deben tomarse en la realización de esta práctica son:

- No mojar la zona eléctrica (transformadores),
- Observar la presión del sistema para que no rebase los 3,0 bares,
- El agua que sale tras el calentamiento puede estar demasiado caliente.

## 5. CÁLCULOS Y CUESTIONES

- A.** Identifica los equipos e instrumentos de medida que se están utilizando en la práctica. Indica los errores instrumentales de cada uno.
- B.** Haz un sketch de los componentes del panel solar e identifica que tipos de transmisión de calor principal se dan en cada zona.
- C.** Calcula:
- a.** Rendimiento del panel solar.  
Para este apartado necesitarás conocer o calcular datos como:
    - La masa de agua que contiene el sistema,
    - La cantidad de calor (J) que es capaz de proporcionar la placa solar,
    - La potencia (W) que es capaz de generar,
    - La superficie de captación,
    - Masa de la tubería del captador solar.
  - b.** ¿Qué tipo de calor está siendo recibido por el agua? Calcula la cantidad de calor que habría que aportar a la masa calculada para transformar el agua en vapor.
  - c.** ¿Cuántos paneles como el empleado, necesitarías poner en el tejado de tu casa para calentar el agua caliente que usáis?
- D.** Con los datos tomados de la variación de la temperatura (T) de salida con el tiempo (t), representa en una gráfica la variación de T frente a t.
- E.** Reflexiona sobre el uso de la energía solar, sus aplicaciones y/o su accesibilidad (máx. 1 folio).

NOTA: Cuando hayas realizado la Memoria de Prácticas, deberás rellenar el cuestionario que encontrarás en el siguiente enlace <https://goo.gl/forms/Oft3ljMnJHBzE50q1>.

### 3.5. MEMORIA DE PRÁCTICAS

La memoria de esta práctica que el alumno incluya en el Cuaderno de Prácticas, deberá responder a todas las cuestiones planteadas en el Guión.

El Cuaderno de Prácticas estará realizado en formato digital, empleando programas específicos tanto para el escrito como para la realización de los cálculos y gráficos necesarios. Aunque el cuaderno completo se entregará al finalizar la evaluación, cada memoria se entregará para su corrección en torno a dos semanas después de la realización de la práctica, tiempo necesario para completar la unidad didáctica completa.

Se incluye a continuación la resolución de las cuestiones planteadas en el guión, para que sirva como referencia de lo que se pediría a los alumnos que entreguen tras la ejecución de la práctica. Los datos que se muestran coincidirán con los experimentales indicados anteriormente en el apartado 3.3.

#### **A. Identifica los equipos e instrumentos de medida que se están utilizando en la práctica. Indica los errores instrumentales de cada uno.**

Los equipos de los que dispone la práctica son de tipo eléctrico y de tipo mecánico. Son los que se enumeran a continuación:

- Tipo Mecánico: Bomba de agua
- Tipo Eléctrico: Transformadores

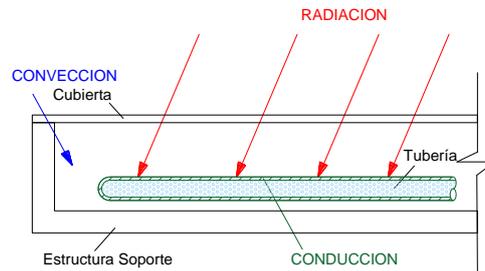
Los instrumentos incluidos en la práctica son los siguientes:

- **Manómetro**: instrumento que sirve para medir la presión. Mide desde 0 hasta 4 bares. Tiene dos escalas pues mide en dos unidades de presión diferentes, bares y psi.

El error instrumental que tiene es la medida más pequeña que es capaz de medir, que es 0.1 bar aunque durante la realización de la práctica vibra tanto que es difícil distinguir con exactitud la medida.

- **Termómetro**: instrumento digital que sirve para medir temperaturas. En la práctica es doble y mide antes del captador solar y después. La unidad de medida es el grado Celsius. Su error instrumental es 0.1 °C que es la medida más pequeña que es capaz de medir.

B. Haz un sketch de los componentes del panel solar e identifica que tipos de transmisión de calor principal se da en cada zona.



C. Calcula:

a. Rendimiento del panel solar.

Para obtener el rendimiento del panel solar, necesitamos conocer la masa de agua que circula en el sistema, con ello y la diferencia de temperatura, calcularemos el calor generado. Con el tiempo empleado en ese calentamiento, obtendremos la potencia y con la superficie de calentamiento, la capacidad del captador. Una vez calculado este dato, obtendremos el rendimiento como el cociente entre la capacidad experimental y la constante solar considerada ( $I_{CS} = 1.36 \text{ kW/m}^2$ ).

La **masa de agua** que contiene el sistema, se ha calculado por diferencia del volumen inicial y el que contienen la garrafa situada antes de la bomba y la situada a la salida del panel.

Volumen Garrafas Inicial ( $V_0$ ) (l)	Volumen Garrafa Entrada ( $V_1$ ) (l)	Volumen Garrafa Salida ( $V_2$ ) (l)	Volumen circuito $V_c$ (l)
13,0	3,0	4,2	$13,0 - 3,0 - 4,2 = 5,8$

Se toma el dato de la densidad del agua de  $998 \text{ kg/m}^3$  a  $20^\circ\text{C}$ :

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 998 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{m \text{ (kg)}}{0,0058 \text{ m}^3} \rightarrow m = 5,79 \text{ kg}$$

Para calcular la **cantidad de calor**, en este caso sólo sensible, que es capaz de captar del sol la placa solar, empleamos la expresión matemática que relaciona el calor con la variación de la temperatura experimentada para la masa de agua que contiene y para la tubería del captador:

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot C_{e-\text{agua}} \cdot (T_F - T_0) + m_{\text{tubería}} \cdot C_{e-\text{tubería}} \cdot (T_f - T_0)$$

En nuestra experiencia, los datos que disponemos para su cálculo son:

Masa de Agua (kg)	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)
5.79	21.1	60.3

Se toman los valores del calor específico (Ce) del agua 4,186 kJ/(kg·K) a la presión de 101.325 Pa (1 atm) y de la tubería  $C_{e-tubería}$  1,900 kJ/kg K:

$$Q = 5.79l \times \frac{998 \text{ kg}}{m^3} \times \frac{1 m^3}{1000 l} \times 4,186 \frac{kJ}{kg K} \times (60,3 - 21,1) K$$

$$+ 1,94 \text{ kg} \times 1,900 \frac{kJ}{kg K} \times (60,3 - 21,1) = 1094,32 \text{ kJ}$$

Con el valor del calor, calcularemos la **potencia** como el calor aportado en el tiempo expuesto, pues la potencia se define como la cantidad de energía intercambiada por unidad de tiempo.

$$P (w) = \frac{Q (J)}{\text{tiempo (s)}} \rightarrow P = \frac{1094,32 \text{ kJ}}{39 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,468 \text{ kW}$$

Esa potencia se obtiene en una **superficie** determinada, que es la del captador solar:

$$A_{\text{captador}} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (1,0^2 - 0,3^2) = 0,715 \text{ m}^2$$

Por tanto, **la radiación** en kW/m<sup>2</sup> absorbida por el panel será:

$$\text{Radiacion} \left( \frac{kW}{m^2} \right) = \frac{P (kW)}{A_{\text{captador}} (m^2)} \rightarrow \text{Radiacion} = \frac{0,468 \text{ kW}}{0,715 \text{ m}^2} = 0,655 \text{ kW/m}^2$$

Para calcular el **rendimiento**, compararemos la radiación absorbida en la práctica, con la irradiancia en la superficie terrestre, que es la radiación teórica que llega a la superficie terrestre procedente del sol. Este dato, tras consultarse en la AEMET, se toma 950 W/m<sup>2</sup>.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Radiacion experimental}}{\text{Radiacion solar teorica}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,655}{0,95} \times 100 = 68.95\%$$

**b. ¿Qué tipo de calor está siendo recibido por el agua? Calcula la cantidad de calor que habría que aportar a la masa calculada para transformar el agua en vapor.**

El agua se está calentando manteniendo su fase líquida, por lo que el calor recibido es únicamente sensible.

Para calcular la cantidad de calor que deberíamos aportar a los 5.79kg de agua que contiene el sistema para que toda la masa pasara a estado vapor, debemos considerar la contribución de un calor sensible desde los 21.1°C hasta los 100.0°C y un calor latente para la transformación a estado vapor.

Se toma el dato del calor latente de vaporización del agua de 2257 kJ/kg.

Los cálculos serían:

$$Q = m_{agua} \cdot C_e \cdot (T_f - T_0) + m_{agua} \cdot \lambda = 5,79 \cdot 4,186 \cdot (100,0 - 21,1) + 5,79 \cdot 2257 \\ = \mathbf{14980,32 \text{ kJ}}$$

**c. ¿Cuántos paneles como el empleado, necesitarías poner en el tejado de tu casa para calentar el agua caliente que usas?**

Vivo en una vivienda unifamiliar con 5 miembros. Según el Código Técnico de la edificación <sup>[22]</sup>, está estipulado que se consumen 28 l/día por persona de agua caliente sanitaria a 60°C en una vivienda. Se necesitan por tanto:

$$28 \frac{l}{\text{dia} \cdot \text{miembro}} \times 5 \text{ miembros} = 140 \frac{l}{\text{dia}}$$

Se plantea la hipótesis de que el panel funciona con el rendimiento calculado (5.8l cada 39min) entre las 12.00h y las 17.00h, es decir durante 5h/día.

$$\frac{5,8l}{39 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1h} \times 5 \frac{h}{\text{dia} \cdot \text{panel}} = 44,62 \frac{l}{\text{dia} \cdot \text{panel}}$$

Si lo que necesitamos son 140 l/día:

$$140 \frac{l}{\text{dia}} \times \frac{\text{dia} \cdot \text{panel}}{44,62 l} = 3,14 \text{ paneles}$$

Necesitaremos 4 paneles, pues no ponemos construir 3.14 paneles, se toma el número entero inmediatamente superior.

El área total ocupada por cada panel es  $1.2 \times 1.2 = 1.44 \text{ m}^2$ , por tanto el área total ocupada por los 4 paneles será:

$$1.44 \frac{\text{m}^2}{\text{panel}} \times 4 \text{ paneles} = 5,76 \text{ m}^2$$

Necesitaremos una superficie de tejado orientado al sur de 5.76 m<sup>2</sup>.

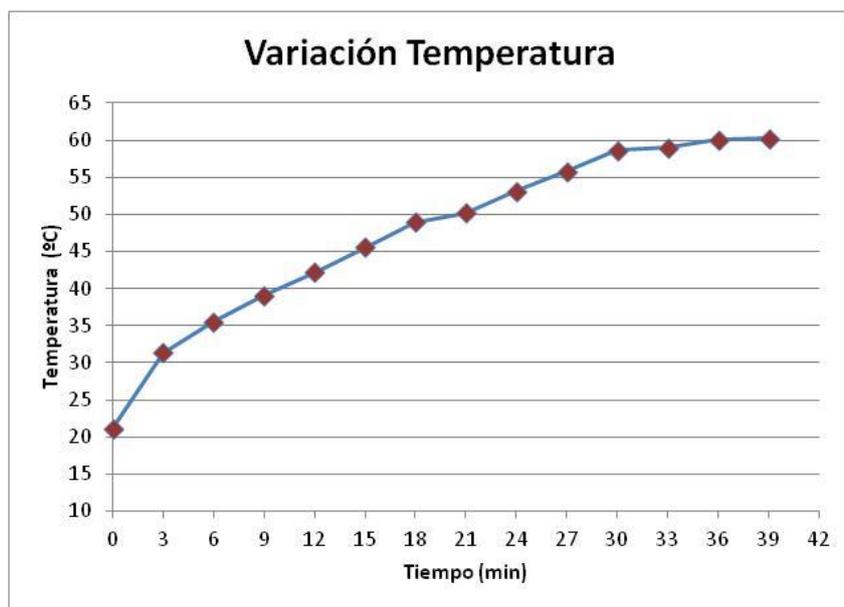
**D. Con los datos tomados de la variación de la temperatura (T) de salida con el tiempo (t), representa en una gráfica la variación de T frente a t.**

Los datos de Temperatura tomados a lo largo de toda la jornada desde que se ha expuesto al sol la práctica a las 13.00h, se muestra a continuación:

Tiempo (min)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Temperatura final (°C)
0	21.1	15	45.6	30	58.6
3	31.4	18	49.0	33	59.0
6	35.5	21	50.2	36	60.1
9	39.1	24	53.2	39	60.3
12	42.2	27	55.8		

La temperatura inicial del agua es la temperatura que marcaba el termómetro digital al inicio que son 21.1°C.

Con estos datos, la representación gráfica que se obtiene, se muestra a continuación:



**E. Reflexiona sobre el uso de la energía solar, sus aplicaciones y su accesibilidad (máx. 1 folio)**

Puesto que el tema es muy amplio, a continuación se sugieren algunos aspectos en torno a los cuales podrían plantear sus argumentos los alumnos:

- Qué solución dar cuando el panel solar no recibe suficiente luz del Sol. Sería preferible evitar que los alumnos den como única o mejor respuesta la consabida batería de almacenamiento, e impulsarlos a proponer otras ideas que podrían solucionar el problema de forma creativa.
- Plantear las ventajas y desventajas del uso de los paneles solares, así como de las posibilidades para que más las personas puedan beneficiarse de la energía solar.
- Recapacitar sobre la forma en la que podríamos hacer más accesible este tipo de energía a más personas en el mundo. Existe una realidad en la que muchas escuelas u hospitales no disponen de agua caliente o luz y valorar la posibilidad de contar con paneles solares térmicos o eléctricos en su centro educativo u hospitalario.
- Valorar como se produce el agua caliente en nuestras viviendas actualmente y cómo podrían contribuir a una reducción de consumo energético empleando una solución energética sostenible.
- Valorar la contribución que tiene la energía solar a la reducción de la emisión de gases que provoca el efecto invernadero en la atmósfera.

#### 4. APLICACIÓN DE LA PRÁCTICA DURANTE EL PRACTICUM

Cuando contacté con el colegio concertado en el que quería desarrollar el Practicum, el colegio Nuestra Señora del Pilar, en Valladolid, a la profesora de 4º ESO le comenté que mi TFM consistiría en la construcción de una práctica de Física relacionada con la energía y que me gustaría ponerla en práctica durante mi estancia en el centro educativo, trabajar la unidad didáctica correspondiente a la energía térmica y exponer algunas nociones sobre aspectos profesionales de la energía solar y su situación en España. La propuesta le pareció fantástica ya que las prácticas de física en su centro están más limitadas que las de química y a los alumnos les serviría de contribución en la orientación de su elección en su futuro académico.

De acuerdo a la unidad didáctica del libro que emplean, esta práctica tema se englobaría en la Unidad 12, La Energía Térmica y Calor.

Se usaron dos sesiones para el desarrollo de las actividades: una primera para la realización de la práctica y una segunda para la exposición teórica del tema. Y desde el principio del Practicum, la docente indicó que la intervención tendría lugar en la última semana del mismo, de acuerdo a la programación de su asignatura.

El desarrollo de la práctica debe realizarse en el exterior, encontrar una ubicación apropiada, sin elementos que provoquen sobras y preferiblemente a horas centrales del día. Debido a las condiciones meteorológicas del momento en el que debía llevarse a cabo la práctica, no pudo ser así. Por tanto se desarrolló en el laboratorio, sin tener la posibilidad de observar el calentamiento del agua al exponerlo al sol. Por ello, hubo que modificar los contenidos a explicar y las actividades a realizar, como por ejemplo fabricando una “probeta casera” con garrafas de agua para poder saber qué cantidad de agua tenemos en el panel para calcular su capacidad calorífica. En condiciones normales, estas estarían ya disponibles para la práctica. No obstante, el resultado igualmente fue interesante para los alumnos.

Asimismo, ya que la práctica se engloba dentro una unidad didáctica con todo un desarrollo teórico y práctico posterior, el guión que se les entregó a los alumnos, contenía cuestiones más sencillas que las planteadas para este TFM.

Ya en el laboratorio se les entregó un Guión de la práctica para su realización y seguimiento, que incluía unas cuestiones finales que se contestaron en los últimos 5min de la sesión.

Lo que más impresionó a los alumnos es el montaje de gran tamaño, que ellos podían funcionar y que ellos pensaban que podría entrañar algún riesgo, aunque en realidad como mucho podrían mojarse.

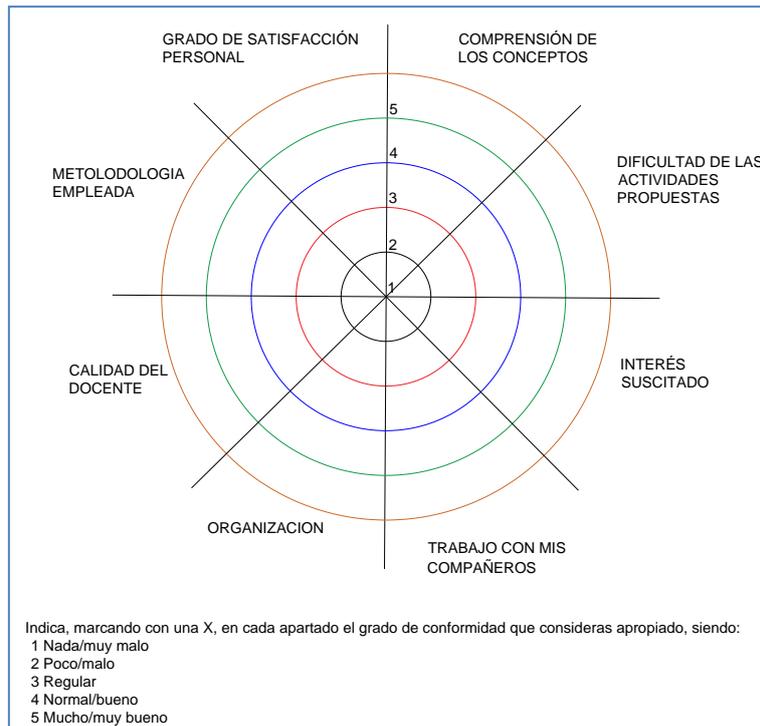
El centro publicó en su cuenta de Twitter la actividad:

<https://twitter.com/ElPilarVa/status/975743735618265088?s=03>

La segunda sesión se realizó en el aula para explicar en una exposición magistral los conceptos asociados a la práctica, con apoyo de una presentación Power Point. Se trató de poner un rigor científico y matemático, a los fenómenos observados en el laboratorio el día anterior. Teniendo una experiencia vivida es más fácil e intuitivo asimilar los conceptos ya que lo asociado a una experiencia real. Se incluyeron varios ejercicios prácticos a realizar durante la sesión.

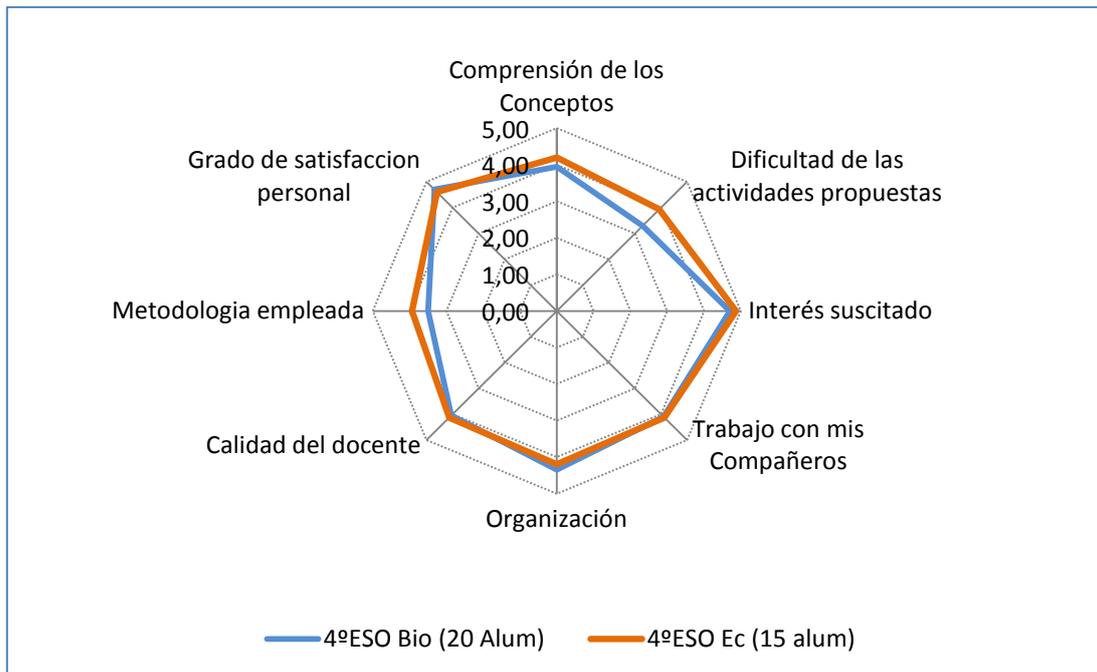
Finalmente se incluyó un apartado sobre la energía solar, su situación en España y aspectos prácticos de centrales de generación de energía eléctrica desde un aspecto más profesional, pues en los últimos años mi experiencia profesional ha estado centrada en la ingeniería internacional de estos tipos de centrales. Se incluyó la visualización de un video con una descripción sencilla de una central solar andaluza, Africana, en Córdoba.

Para concluir las actividades se le entregó a cada alumno de los dos grupos con los que se llevo a cabo la práctica, una diana de evaluación (fig. 4.1) con el fin de conocer la opinión de los alumnos sobre diversos aspectos de la actividad. Los resultados recogidos en ambos grupos, son los que se muestran en la Figura 4.2. La figura abierta que se obtiene en el gráfico de araña representa que la mayoría de las respuestas estaban en valores próximos a 5, lo que indica que el nivel de satisfacción general era entre bueno y muy bueno.



**Figura 4.1.** Diana de Evaluación propuesta.

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 4.2.** Resultados de la Diana de Evaluación propuesta.

FUENTE: Elaboración Propia

Tras la recogida de los resultados, detecté que los alumnos no habían entendido bien algunas preguntas, por lo que para la preparación de este TFM se ha modificado la propuesta de evaluación a un cuestionario digital, tratando de que las preguntas sean más

sencillas y les parezca mas interesante hacerlo a través de internet. Otra ventaja más del cuestionario digital es que los resultados los proporciona el sistema directamente.

A continuación se incluyen algunas fotografías de la sesión en el laboratorio.



**Figura 4.3.** Disposición del montaje en el Laboratorio.

FUENTE: Elaboración Propia

**Figura 4.4.** Sesión 1ª. Distribución de tareas a los alumnos para la realización de la práctica en el laboratorio.

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 4.5.** Alumnos fabricando probetas con las garrafas de agua.

FUENTE: Elaboración Propia

## 5. CONCLUSIONES

Se ha construido una práctica de **gran tamaño**, pues es un tamaño real de aplicación, que sorprende a los alumnos cuando la ven por primera vez. Es **versátil**, pues puede adaptarse a los contenidos curriculares de los cursos de 2, 3 y 4ª ESO. Y por último, lo alumnos la ven **atractiva** por poder participar en su funcionamiento.

El enfoque didáctico propuesto difiere de la enseñanza tradicional en cuanto que se propone que la **experimentación sirva como punto de partida** para el aprendizaje posterior de los conceptos teóricos. Que sea el alumno tras pensar, razonar, tomar decisiones y haber experimentado un hecho real, capaz construir su propio aprendizaje como resultado del análisis, de la observación y de la experiencia.

Se ha pretendido proponer una **metodología activa y participativa** que atraiga el interés de los alumnos y **constructivista** pues el aprendizaje de nuevos conceptos se asentará en conocimientos previos, tanto de cursos anteriores como de otras asignaturas con las que tiene gran relación, como son **Matemática y Tecnología**, que son apoyo y complemento a la vez.

La realización de esta práctica se ha enmarcado en una **unidad didáctica con impacto social**, la energía, pues que permite trabajar, además de los contenidos curriculares, otros contenidos de carácter transversal como la sostenibilidad, la importancia en la conservación del medio ambiente y la importancia de los **avances tecnológicos** para el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.

El desarrollo de esta práctica cubre las competencias en ciencias, matemáticas, tecnología e ingeniería, la llamada **competencia STEM**, que es uno de los objetivos actuales de la educación para el futuro.

Por último, el hecho de haber llevado a cabo la práctica durante la **etapa del Practicum**, ha servido como oportunidad de tener una visión real de cómo los alumnos reciben la información, cómo reaccionan y ser consciente de la necesidad de flexibilidad que la enseñanza requiere. Asimismo, ha servido para detectar elementos que se debería mejorar.

## 6. REFERENCIAS

- [1] De Pro Bueno, A., *Algunas reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química*, Educar en el 2000: Revista de formación del profesorado Murcia, nº7, Septiembre 2003; p. 12-17.
- [2] Cruz García, R., *La educación a lo largo de la vida*, El Siglo de Torreón, Enero 2009. -
- [3] Martín Bravo, C., Navarro Guzmán, J.I., *Psicología para el Profesor de Educación Secundaria y Bachillerato*, 2011, Ediciones Pirámide. ISBN 978-84-368-2563-3.
- [4] <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/seac-1-2014.html>
- [5] Diario EL COMERCIO: <http://www.elcomercio.com/tendencias/competencias-stem-desafio-educacion.html>.
- [6] <https://www.realinfluencers.es/2017/01/03/5-ventajas-aprendizaje-basado-pensamiento/>
- [7] Sidrach de Cardona Ortín, M., Molina Bolívar, J.A., *Nociones Fundamentales de Termodinámica*, Anaya Educación, 1ª Edición, 2005. ISBN 978-84-667-4390-7.
- [8] Tipler, Paul A, Mosca G., *Física Para la Ciencia y la Tecnología Vol.1*, Editorial Reverté, 6ª Edición. ISBN 978-74-291-44-29-1.
- [9] Romero Tous, M., *Energía Solar Térmica*, Monografías de la Construcción. Ediciones CEAC, 2009. ISBN 978-84-329-2035-6.
- [10] Pérez-Martínez, M.; Cuesta Santianes, Mª.J., Cabrera Jiménez, J.A., *Energía Solar Térmica*, Informes Técnicos CIEMAT, 1154, Julio 2008.
- [11] [https://www.ecured.cu/Radiación\\_solar](https://www.ecured.cu/Radiación_solar)
- [12] Cabirol T.; Pelissou A., Roux D., *El calentador Solar de agua.*, Ediciones Marzo 80 Manuel Company Editores, Barcelona, España. 2ª edición, 1984. ISBN 84-85725-21-2.

- [13] Perales Benito, T., *Como... montar tu propia instalación de energía solar para poder obtener agua caliente sanitaria, climatizar una vivienda y... ¡otras aplicaciones!* *Energía Solar Térmica*, Creaciones Copyright SL, 2009. ISBN 978-84-96300-79.9.
- [14] <http://www.antipodas.net/coordenadaspais/espana/valladolid.php>
- [15] Colectivo, *La Energía Solar. Aplicaciones Prácticas*, publicado por Centro de Estudios de la Energía Solar, Editorial Progensa, 3ª Edición, 1999. ISBN 84-86505-80-1.
- [16] <http://www.fundicionductilmolina.com/CFEC/tuberiadepolietileno.htm>
- [17] [https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno\\_extruido](https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno_extruido)
- [18] <https://www.macoglass.com/policarbonato-celular>
- [19] <https://suelosolar.com/utiles/horasolar.asp>
- [20] Perry, Robert H., Green Don W., *Manual del Ingeniero Químico.*, Vol. I, 7ª edición, 2001, McGraw-Hill. ISBN 84-481-3342-0.
- [21] <http://www.goodfellow.com/S/Polietileno-Baja-Densidad.html>
- [22] <https://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-acs-certificado-energetico>

ANEXO 1

**Cuestionario Digital de Evaluación**

El formulario digital se ha creado con la aplicación Forms de Google. Ésta genera un link que se distribuye a través del correo electrónico o redes sociales.

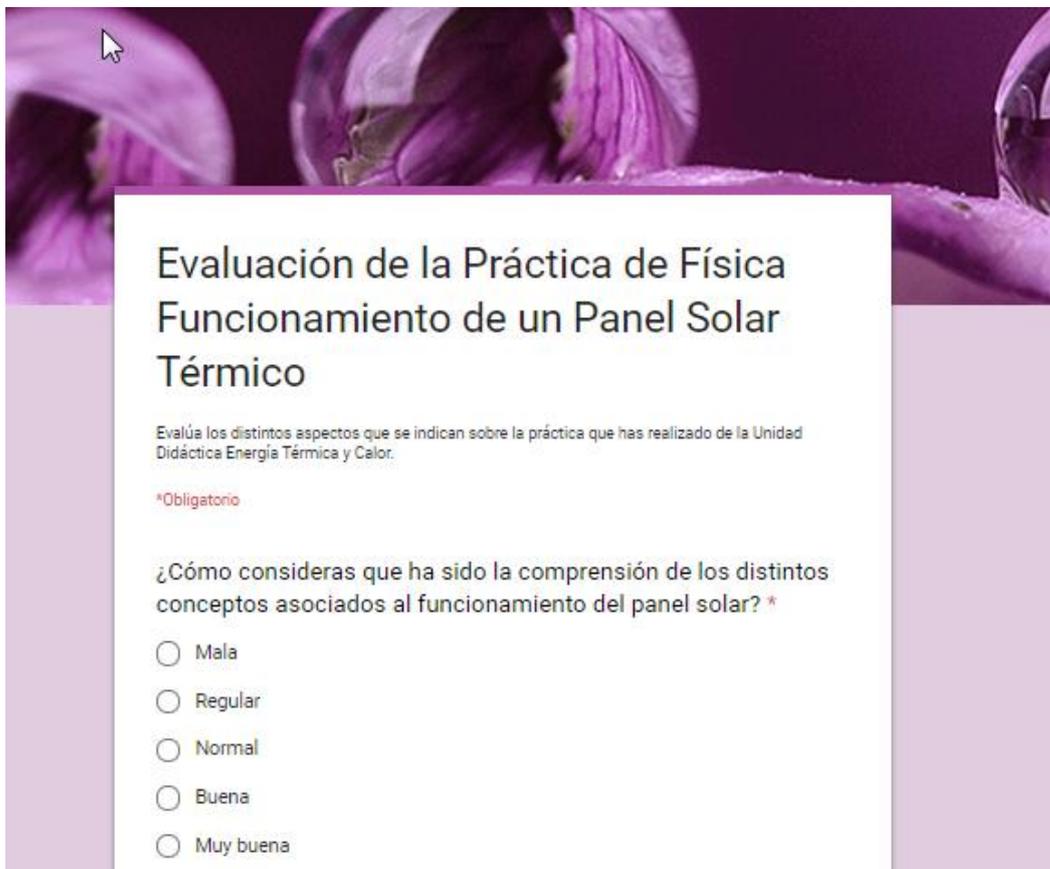
El diseño del formulario propuesto para esta práctica, es un cuestionario de ocho preguntas tipo Likert con 5 niveles de respuesta, en que se trata que los alumnos califiquen, de forma anónima, aspectos de la práctica como el interés suscitado por ellos, la labor del docente, el trabajo en equipo o la satisfacción propia en el aprendizaje.

A medida que los usuarios van rellenando el cuestionario, la aplicación aporta resultados gráficos y cuyos datos son exportables a una hoja de cálculo.

El enlace para rellenar el cuestionario digital es el siguiente:

<https://goo.gl/forms/snTZ9mr1ypyogFWB2>

Las preguntas planteadas se muestra a continuación sobre el aspecto que se tiene cuando se clica el link anterior, bien en un dispositivo móvil o bien en un ordenador.



The image shows a screenshot of a Google Forms questionnaire. The background is a purple-tinted photograph of a person's hands working on a solar panel. The form is white and centered on the screen. The title is 'Evaluación de la Práctica de Física Funcionamiento de un Panel Solar Térmico'. Below the title, there is a subtitle: 'Evalúa los distintos aspectos que se indican sobre la práctica que has realizado de la Unidad Didáctica Energía Térmica y Calor.' A red asterisk indicates that the question is mandatory. The question is: '¿Cómo consideras que ha sido la comprensión de los distintos conceptos asociados al funcionamiento del panel solar? \*'. There are five radio button options: 'Mala', 'Regular', 'Normal', 'Buena', and 'Muy buena'.

## Evaluación de la Práctica de Física Funcionamiento de un Panel Solar Térmico

Evalúa los distintos aspectos que se indican sobre la práctica que has realizado de la Unidad Didáctica Energía Térmica y Calor.

\*Obligatorio

¿Cómo consideras que ha sido la comprensión de los distintos conceptos asociados al funcionamiento del panel solar? \*

- Mala
- Regular
- Normal
- Buena
- Muy buena

¿Como consideras que han sido las actividades propuestas en la práctica? \*

- Muy dificiles
- Dificil
- Normales
- Fáciles
- Muy fáciles

¿Te gustaría realizar más prácticas del tipo de la realizada con el panel solar? \*

- No, nada
- No mucho, me da igual
- Tal vez, por qué no
- Si, ha sido interesante
- Si, porque me ha gustado mucho

¿Volverías a trabajar con las mismas personas de tu grupo? \*

- Preferiría trabajar con otras, no me han dejado hacer nada
- Si no queda mas remedio...
- Si, por qué no...
- Si, he estado a gusto.
- Si, claro, volvería a trabajar con ellos sin dudarlo.

¿Cómo crees que ha sido la organización de la práctica? \*

- Fatal, nada ha salido como debía tener previsto.
- Mala, hay que mejorar mucho aun.
- Normal, como todas las demás.
- Buena, pero siempre hay algo que mejorar.
- Muy buena, no cambiaría nada

Si tuvieras que calificar a tu profesor por como os ha dado este tema, ¿que nota le pondrías? \*

- 1 - Muy mal
- 2 - Mal
- 3 - Normal
- 4 - Bien
- 5 - Muy bien

¿Encuentras alguna diferencia respecto a los otros temas vistos, en la forma en la que se ha impartido este tema, haciendo la práctica primero e ir viendo la teoría y haciendo los ejercicios posteriormente? \*

- No, igual que otras veces.
- Tal vez, pero el resultado para mí ha sido el mismo.
- Normal, una forma más.
- Si, me ha gustado.
- Si, me siento que he entendido y aprendido mejor los conceptos.

¿Cómo calificarías tu satisfacción personal con la comprensión y el aprendizaje de este tema? \*

- Muy malo, no me gustaría que se volviera a hacer así.
- Mal, no he asociado la práctica con lo que luego hemos visto en clase.
- Normal, me ha resultado igual que el resto de temas.
- Satisfecho, he aprendido pero algunas cosas eran complicadas de entender.
- Estoy muy satisfecho, me siento que he aprendido cosas interesantes y no me ha resultado difícil.

ENVIAR

Página 1 de 1

La ventaja principal de este tipo de formularios, además de que los alumnos pueden realizarlo en cualquier momento y desde cualquier dispositivo que tenga conexión a internet, es que proporciona los resultados directamente tras la respuesta de los usuarios. Se muestra a continuación la imagen de la forma en que da los resultados, exportables a hoja de cálculo.

