



---

# ¿Cuánto cuesta secarse el pelo?

*Creamos nuestro propio medidor de consumo inteligente*

---

**IES PEÑAMAYOR NAVA**

Premios Impulso TIC educación 2021

## Tabla de contenido

<b>1. Sobre nuestro Centro y responsables del proyecto .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Resumen del proyecto.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Objetivos del proyecto .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Descripción del proyecto .....</b>	<b>8</b>
<b>5.1. Definimos el problema .....</b>	<b>9</b>
<b>5.2. Buscamos información .....</b>	<b>9</b>
<b>5.3. Proponemos soluciones.....</b>	<b>10</b>
<b>5.4. Elegimos la mejor solución .....</b>	<b>13</b>
5.4.1. Elección del diseño.....	14
5.4.2. Elección de los componentes.....	15
<b>5.5. Construimos la solución elegida.....</b>	<b>18</b>
5.5.1. Montaje del dispositivo.....	18
5.5.2. Programación de la tarjeta controladora.....	20
<b>5.6. Evaluamos el resultado.....</b>	<b>24</b>
<b>6. Resultados obtenidos.....</b>	<b>25</b>
<b>7. ¿Cuánto cuesta secarse el pelo?.....</b>	<b>26</b>
7.1. ¿Cómo funciona el secador? .....	26
7.2. Calculamos el coste .....	27
7.3. ¿Y las emisiones?.....	28
<b>8. Exportamos el proyecto .....</b>	<b>30</b>
<b>9. Líneas de mejora.....</b>	<b>31</b>
<b>9.1. Subir datos a la nube .....</b>	<b>31</b>
9.1.1. Interfaz de comunicación.....	32
9.1.2. Servidores para subir la información .....	33
<b>9.2. Mejora de los cálculos del consumo.....</b>	<b>33</b>
<b>9.3. Añadir nuevas funciones.....</b>	<b>33</b>
<b>9.4. Rediseños con nuevos enfoques .....</b>	<b>33</b>
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
<b>11. Vídeo .....</b>	<b>35</b>
<b>12. Desarrollo de las competencias clave.....</b>	<b>35</b>
<b>13. Referencias.....</b>	<b>36</b>

## 1. Sobre nuestro Centro y responsables del proyecto

Mediante esta memoria haremos una descripción del proyecto “Cuánto cuesta secarse el pelo”, que presentamos en representación de nuestro instituto para participar en los premios Impulso TIC de 2021.

Nuestro Centro, el IES Peñamayor de Nava, participa con este proyecto tutelado por el profesor de tecnología, D. Iván Fernández, con la participación del alumnado de 4º de ESO. El diseño y construcción del proyecto lo ha llevado a cabo el alumnado matriculado en la asignatura de tecnología, aunque después se ha hecho una actividad conjunta en la que ha participado todo el alumnado.

- **Profesor tutor:** D Iván Fernández Huerta (Dpto. Tecnología).
- **Alumnado participante** (estudiantes de tecnología de 4º ESO): Martín Rodríguez, Juan del Valle, Miguel Aladro, Nel Ramos, Nacho Rodríguez, Unai Sánchez y Jairo Villa.



*El alumnado de tecnología responsable del proyecto.*

## 2. Resumen del proyecto

*Por Iván Fernández, profesor de tecnología y tutor del proyecto.*

A lo largo de mi experiencia docente, son incontables las veces que les he pedido a mis alumnos que apaguen las luces del aula cuando estamos a pleno sol o cuando salen al recreo, también las que les pido que apaguen los ordenadores cuando abandonamos el aula de informática o que desenchufen las pistolas de pegamento en el aula taller si ya no las van a utilizar.

Normalmente el alumnado obedece, pero uno nunca sabe si lo hacen por respeto o por convicción. Les decimos que es importante ahorrar energía (por respeto al medio ambiente y también por la economía), pero cuesta hacerse una idea de cómo de importante es aportar nuestro “granito de arena” cuando hablamos de un ahorro global como sociedad.

Cuando pensé en el proyecto, creí que lo mejor para sensibilizarles sería que analizaran sus rutinas tratando de escribir con cifras el coste energético de sus actividades. Así conseguiríamos un doble objetivo: que se sientan protagonistas en el ahorro energético y, si comparan sus rutinas, que tengan el criterio suficiente para decir cuáles son las mejores pautas de consumo.

Después de una lluvia de ideas, el alumnado consideró que para poder analizar su consumo fabricarían su dispositivo de medida, un sistema electrónico programado. Mi experiencia me dice que esta fase es una de las más enriquecedoras del proyecto como así ha sido. Para su fabricación han aplicado, como ellos mismos han dicho, “de todo”: instalaciones en viviendas, electricidad, electrónica, matemáticas y programación. Este último aspecto es el que les ha resultado más motivador y divertido, pues les hace sentir que dan vida a su pequeño “Frankenstein”.

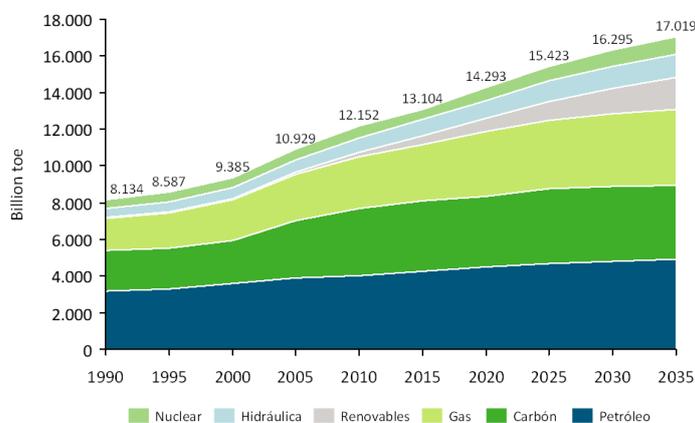
Al final del proyecto nos encontramos con un dispositivo de medida y muchas ganas de hacer experimentos y probar diferentes aparatos. Estamos un paso más cerca de dar respuesta a la pregunta que les lancé al inicio: ¿cuánto cuesta secarse el pelo? Gracias a los experimentos, asistimos al momento cumbre del proyecto: cuando son capaces de evaluar sus rutinas y aparecen las primeras deducciones, conclusiones y, más importante, sus propios argumentos razonados. La pregunta se nos ha quedado corta y vamos más allá: ¿en qué condiciones es más económico utilizar el secador?

El proyecto ha sido posible gracias al trabajo en equipo y buen ambiente del grupo, alumnos de “enseñanzas aplicadas” que habitualmente son estudiantes con bajo rendimiento académico y con más ganas de hacer que de estudiar. Para ellos el proyecto ha sido muy motivador y muchos han encontrado nuevos intereses para sus futuros estudios que hasta entonces desconocían. Además de transmitir conocimientos, no hay mayor satisfacción para un profesor que regar la semilla de la motivación y de la razón.

Y qué mejor que oír de boca de sus propios protagonistas cómo se ha desarrollado este proyecto. En el resto de la memoria, obra de los alumnos y revisada posteriormente, explicarán cómo se ha desarrollado el proyecto, desde que planté la semilla hasta que floreció el fruto.

### 3. Antecedentes

Vivimos en un mundo cada vez más dependiente de la tecnología. Ello conlleva que cada vez utilicemos más dispositivos electrónicos y eléctricos, con el consiguiente gasto energético. Así, el consumo eléctrico en nuestros hogares se ha venido incrementando paulatinamente en las últimas décadas. En la gráfica siguiente podemos ver cómo ha evolucionado el consumo energético en las últimas décadas y cuál es la previsión hasta 2035.



Consumo energético mundial [1].

Como se ve en la gráfica, una gran parte del consumo energético mundial proviene de la generación de electricidad con combustibles fósiles (gas, carbón y petróleo), los

cuales generan emisiones contaminantes. Es decir, a más consumo energético, más contaminación. Para tratar de evitarlo, se están investigando nuevas formas de generación energética para que no dependamos tanto de los combustibles fósiles, como las energías renovables o la fusión nuclear. Sin embargo, estas soluciones parecen todavía lejanas: las renovables no tienen todavía rendimientos elevados y la fusión nuclear por ahora es deficitaria en términos de energía.

Parece entonces que a corto plazo la mejor solución para limitar las emisiones contaminantes es ahorrar energía. En este sentido podemos comprar electrodomésticos de bajo consumo o sustituir las antiguas bombillas incandescentes por bombillas de bajo consumo o de tipo LED.

Por si fuera poco, en el momento de escribir esta memoria el consumo eléctrico es un tema de gran actualidad, pues cada día vemos cómo se incrementa el precio de la energía eléctrica. En la gráfica siguiente puede verse la evolución de las últimas semanas en 2021 y su comparación con 2020.



*Precio medio de la electricidad en España*

Este es un motivo más para promover un consumo energético responsable, además de para reducir las emisiones contaminantes del planeta para la economía familiar.

Nuestro Centro, el **IES Peñamayor de Nava**, lleva varios años comprometido con el ahorro energético y en el Centro hemos puesto en marcha muchas medidas para fomentarlo: desde hace muchos años contamos con un programa de “salud medioambiental”, con el que nos concienciamos con la educación en el respeto al medio ambiente. Además, compramos equipos informáticos energéticamente eficientes, hemos sustituido la mayoría de las luces y proyectores por tecnología LED y tenemos normas específicas para el encendido y apagado de luces en las aulas, los ordenadores y monitores en las aulas de informática, etc.

No obstante, el impacto de estas medidas es muy difícil de medir y aunque sabemos que son eficaces nos gustaría poder conocer mejor cómo es el consumo de los distintos aparatos eléctricos y no sólo los del instituto sino también los de nuestras casas, para que podamos seguir contribuyendo al cuidado del medio ambiente también a nivel individual.

Los alumnos de 4º de ESO utilizamos la tecnología para poder conocer qué impacto tiene nuestra actividad diaria en el consumo eléctrico.

Por ejemplo, nos preguntamos:

## ¿Cuánto cuesta secarse el pelo?



### 4. Objetivos del proyecto

En 2015, 193 países del mundo firmaron los “objetivos de desarrollo sostenible” (ODS) y su compromiso de cumplimiento para el año 2030. Son un conjunto de 17 objetivos que persiguen la igualdad entre las personas, proteger el planeta y asegurar la prosperidad como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible [2].

Mediante este proyecto trabajaremos algunos de ellos:

- Objetivo nº 3: salud y bienestar.
- Objetivo nº 4: educación de calidad.
- Objetivo nº 7: energía asequible y no contaminante.
- Objetivo nº 9: industria, innovación e infraestructura.
- Objetivo nº 12: producción y consumo responsables.

En la imagen siguiente se representan todos ellos.



Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU [3].

La propia ONU detalla en su página web [3] las metas de cada uno de estos objetivos. Fijándonos en el 7 y en el 12 tenemos algunas con las que podemos trabajar en este proyecto y que se recogen en la siguiente tabla:

Objetivo 2030	Metas
 <p>3 SALUD Y BIENESTAR</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.9. Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.</li> </ul>
 <p>4 EDUCACIÓN DE CALIDAD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.7. De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles,</li> </ul>
 <p>7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>7.3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.</li> <li>7.b. De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles.</li> </ul>
 <p>9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>9.5. Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.</li> </ul>
 <p>12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12.8. De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.</li> </ul>
 <p>13 ACCIÓN POR EL CLIMA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>13.3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.</li> </ul>

¿Por qué decimos que con nuestro proyecto trabajamos en los objetivos de desarrollo sostenible?

- Los objetivos 3 y 13 de los ODS los trabajamos gracias a la propia naturaleza del proyecto: si somos capaces de concienciarnos en el ahorro energético reduciremos la quema de combustibles fósiles y la contaminación del aire.
- Los objetivos nº 4 y nº 9 los trabajamos formándonos en tecnología. Esta asignatura, en 4º de ESO, además de proporcionarnos conocimientos técnicos nos ofrece una orientación académica para que conozcamos distintas profesiones relacionadas con la tecnología y podamos decidir cómo continuar nuestros estudios.

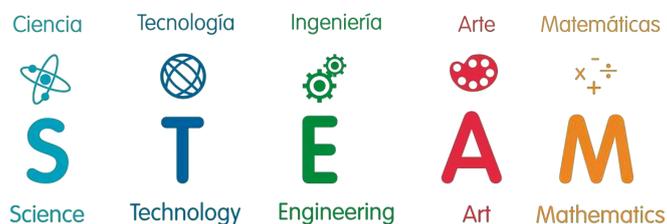
- El objetivo nº 7 lo trabajamos gracias a que concienciándonos de lo importante que es el ahorro energético daremos más importancia a la compra de aparatos eléctricos eficientes, lo cual a la larga obligará a que los fabricantes inviertan en el diseño de nuevos productos de menor consumo.
- El objetivo nº 12 lo trabajamos mediante los conocimientos adquiridos en el proyecto y gracias a la concienciación que adquirimos gracias a nuestra participación en él.

Concretamos ahora los objetivos de nuestro proyecto:

- 1) Aprender los fundamentos técnicos relativos a la corriente eléctrica, potencia, energía eléctrica y consumo.
- 2) Aprender los fundamentos de sistemas electrónicos sencillos, que incluyen las tarjetas controladoras y sensores.
- 3) Poner en práctica el pensamiento computacional para resolver un problema.
- 4) Trabajar en equipo.
- 5) Concienciarnos de cómo nuestra rutina diaria tiene un impacto directo sobre el consumo energético.
- 6) Cuantificar el consumo energético de algunos aparatos domésticos.

## 5. Descripción del proyecto

Este proyecto lo hemos trabajado siguiendo una metodología “STEAM” (siglas de *Science, Technology, Engineering, Arts and Maths*). Esto supone plantear el aula como una “comunidad de aprendizaje” y está inspirado en el trabajo colaborativo característico del mundo científico y de la ingeniería.



*Significado de la metodología STEAM [4].*

En el proyecto trabajaremos de manera complementaria en estas 5 disciplinas.

- La ciencia, concienciándonos sobre la problemática de la contaminación ambiental, de la importancia del consumo de energía y del desarrollo sostenible.
- La tecnología, adquiriendo conocimientos relacionados con la electricidad, la electrónica y el pensamiento computacional.
- La ingeniería, a través de la organización del trabajo en equipo, la definición de producto, el desarrollo del proyecto a partir de hitos y plazos definidos, etc.
- El arte, mediante el diseño del producto final que fabricaremos.
- Las matemáticas, puesto que para la codificación del algoritmo y el cálculo del consumo energético será necesario aplicar algunos conocimientos matemáticos.

Se ha desarrollado en diferentes etapas. Para ello, hemos tomado como base el método de proyectos con el que trabajamos en la asignatura de tecnología y que es característico de las metodologías STEAM. A partir de este método hemos dividido el proyecto en las siguientes fases [5]:

- 1) Definimos del problema.
- 2) Buscamos información.
- 3) Proponemos soluciones.
- 4) Elegimos la mejor solución.
- 5) Construimos la solución elegida.
- 6) Evaluamos el resultado obtenido.
- 7) Presentación.

Describiremos cada una de ellas en los siguientes apartados.



Las fases del método de proyectos [5].

En los apartados siguientes describimos lo que hemos hecho en cada una de ellas.

## 5.1. Definimos el problema

Ya comentamos en la introducción la dependencia que existe entre el consumo energético y la contaminación ambiental debida a la quema de combustibles fósiles, y llegamos a la conclusión de que a corto plazo nuestras acciones para contribuir a la disminución de las emisiones contaminantes pasan por el ahorro energético.

Para poder concienciarnos de este problema, debemos tener referencias de lo que supone un bajo consumo o un alto consumo energético, comparando diferentes actividades y diferentes aparatos. ¿Es cierta la información que facilitan los fabricantes respecto al consumo eléctrico de sus aparatos?

Todas estas cuestiones las concretamos en una pregunta más concreta que refleje nuestra actividad diaria, bastaría un ejemplo como el que comentamos anteriormente:

### ¿Cuánto cuesta secarme el pelo?

Que nosotros, nuestros compañeros y nuestras familias y amigos encuentren respuestas a preguntas como esta será el problema que intentaremos resolver con este proyecto.

## 5.2. Buscamos información

Una vez que tenemos claro el problema comenzamos con la fase de investigación. En esta fase nos documentamos sobre qué alternativas existen para dar respuesta al enunciado. En caso de que existan varias soluciones, las compararemos para encontrar sus fortalezas y debilidades.

De forma general, desarrollaremos nuestras ideas a partir de nuestras investigaciones. Las fuentes que hemos utilizado para la búsqueda de información son:

- Manuales de instrucciones de aparatos eléctricos.
- Páginas web de fabricantes.
- Otras páginas web divulgativas, relacionadas con los consumos de los aparatos domésticos, como la de la OCU (Organización de Consumidores y Usuarios).

De forma complementaria, también ha sido necesario buscar información sobre:

- Las características del suministro eléctrico de una vivienda, qué es la corriente alterna, etc.
- Las magnitudes eléctricas más importantes y cómo se relacionan entre ellas.
- Los instrumentos que existen para medir la corriente eléctrica.

Después de investigar, reflexionamos sobre lo que hemos encontrado y elaboramos nuestros argumentos, que debatiremos en clase con el resto del grupo: entramos en la fase de exposición de ideas.

Cuando tomemos la decisión, que será un diseño propio, necesitaremos volver a esta fase para completar nuestra búsqueda de información con los siguientes aspectos:

- Electrónica. Tarjetas controladoras.
- Sensores de corriente.
- Pantallas: conexas a las tarjetas controladoras. Librerías necesarias para manejarlas en nuestros programas.

Esta fase de búsqueda de información estará abierta y acudiremos a ella de forma permanente: primero para documentarnos e inspirarnos en nuestro diseño y después para buscar soluciones a las diferentes preguntas que nos vamos haciendo durante las fases de diseño y construcción.

### 5.3. Proponemos soluciones

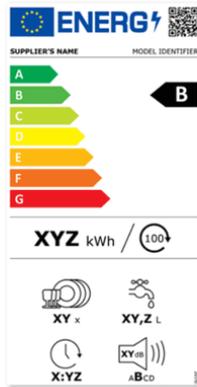
---

En este apartado recogemos las distintas soluciones que ha planteado el equipo. Enumeramos a continuación todas ellas y después explicaremos cómo hemos llegado a la solución final. Las propuestas han sido:

- Buscar el consumo en las etiquetas energéticas de los aparatos.
- Calcular el consumo a partir de la potencia proporcionada por el fabricante.
- Buscar el consumo en la factura eléctrica.
- Observación del contador de la vivienda.
- Calcular el consumo a partir de la corriente. Esta idea implica 2 propuestas:
  - o Medir la corriente con un amperímetro.
  - o Medir la corriente con una pinza amperimétrica.
- Diseñar nuestro propio dispositivo de medida a partir de un enchufe.

El desarrollo a partir del cual hemos llegado a la solución final ha sido el siguiente.

Lo más inmediato es evaluar distintos tipos de secadores, marcas y modelos, y tratar de averiguar su consumo. Muchos de los aparatos eléctricos que tenemos en nuestras casas incluyen una etiqueta energética (lavadoras, lavavajillas, hornos...) [6]. En esta etiqueta aparecen distintos datos relacionados con el aparato, entre ellos el consumo en kWh (ver ejemplo en la figura).



Un ejemplo de etiqueta energética [6].

Sin embargo, la normativa no obliga a que los secadores de pelo se vendan con etiqueta. No hemos encontrado ningún fabricante que la proporcione voluntariamente.

Descartada la etiqueta energética, observamos que el fabricante la única información que facilita es la potencia del aparato. Puesto que existe una relación entre potencia y energía consumida [7], puede ser una manera de calcular el consumo:

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow E = P \cdot t$$

Si la potencia la expresamos en kilovatios y el tiempo en horas tendremos el consumo en kWh.

La potencia del secador la podemos encontrar en la propia caja, a veces en un lateral y otras en letra grande (como en la imagen siguiente).



Información de potencia en una caja

Sin embargo, tampoco es una información fiable, ya que el secador no siempre trabaja en las mismas condiciones: tiene diferentes velocidades y diferentes temperaturas. Los fabricantes no facilitan información detallada de la potencia en cada situación, sino sólo un valor teórico. Nos tememos que puede ser una estrategia de marketing para favorecer su venta frente a otros competidores. Con este valor tampoco nos podemos hacer una idea del consumo real y no nos ofrece ningún tipo de fiabilidad, por lo que descartamos utilizarlo en nuestras estimaciones.

Otra opción que barajamos es buscar datos relativos al consumo en la factura eléctrica (ver imagen).

Potencia facturada	5,5 kW x 36 días x 0,065203 €/kW día	12,91 €
Energía facturada	386 kWh x 0,160529 €/kWh	61,96 €
Impuesto sobre electricidad	4,864% s/74,87 € x 1,05113	3,83 €
<b>TOTAL ENERGÍA</b>		<b>78,70 €</b>

Detalle de una factura eléctrica

En la factura la comercializadora nos informa del consumo en kWh dentro de un periodo, generalmente un mes. Sin embargo, este consumo es el de toda la vivienda. Sería interesante para hacernos una idea de todo el consumo a nivel global, pero no permite evaluar actividades concretas. Por ello, recurrir a la factura tampoco es una opción válida.

Otra posibilidad que se nos ocurre es mirar el contador. Este aparato, en continuo funcionamiento, nos informa del consumo de la vivienda en tiempo real en kWh (ver figura).



Contador eléctrico de una vivienda.

Si observamos su valor antes de enchufar el aparato y regresamos a mirarlo después de terminar de utilizarlo nos podríamos hacer una idea del consumo. Esta opción es la que nos ofrece un valor más fiable de todas las que hemos planteado hasta ahora. No obstante, seguimos teniendo limitaciones: no todos tenemos acceso a los contadores, especialmente aquellos que vivimos en bloques de viviendas (el cuarto de contadores está cerrado con llave), y además es posible que en la vivienda haya otros aparatos consumiendo al mismo tiempo. Por tanto, debemos seguir buscando otras soluciones.

Algunas comercializadoras ofrecen a sus clientes la posibilidad de consultar datos de consumo en una página web [8]. El problema de esta solución es que la información que podemos consultar es para un día entero (en algún caso en tramos horarios de 1 h) y además se actualizan con retraso (generalmente 2-3 días) porque esos datos se los facilita la compañía distribuidora. Descartamos también esta solución.

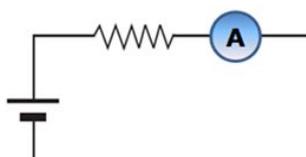
Volviendo al caso del contador, nos preguntamos si sería posible instalar un contador o algún aparato en el cuadro general de la vivienda. Encontramos que existen unos aparatos llamados vatímetros, que ofrecen información del consumo, aunque sucede algo parecido al caso del contador: nos ofrecen información en tiempo real, pero si hay más aparatos conectados en la vivienda funcionando al mismo tiempo no tenemos manera de distinguir el consumo. Decidimos buscar otras soluciones, centrándonos en medir el consumo de un aparato de manera individual.

La siguiente solución es utilizar amperímetros, aparatos que miden la corriente. A partir de la corriente es posible calcular el consumo de la siguiente manera [7]:

$$P = V \cdot I \rightarrow E = V \cdot I \cdot t$$

Donde V es el voltaje en la vivienda (220 V).

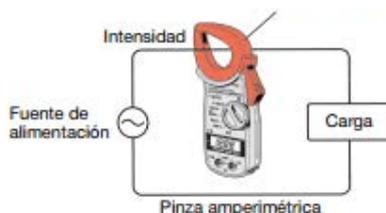
Para poder medir corriente con un amperímetro [9] como los del taller de tecnología necesitamos colocarlo en serie con el aparato, como indica la figura:



*Colocación de un amperímetro en un circuito [9].*

Esto nos plantea un problema: para medir tendríamos que cortar el cable de alimentación del aparato, lo cual no es una buena solución.

Existe otro dispositivo capaz de medir la corriente, las pinzas amperimétricas. Estos aparatos utilizan un principio físico según el cual la corriente eléctrica que circula a través de un conductor genera a su alrededor un campo magnético. Midiendo el campo es posible averiguar el valor de la corriente. Tienen la ventaja de que no es necesario abrir el circuito, tan sólo envolver el cable con la pinza [10] (ver figura).



*Medida con una pinza amperimétrica [10].*

Después de hacer pruebas con un cable observamos que la pinza marca siempre 0. Esto es así porque dentro de lo que nosotros vemos como un cable hay 3: fase, neutro y tierra. Por las características de la corriente alterna, por fase y neutro circulan 2 corrientes en sentidos contrarios. Como los campos magnéticos generados dependen del sentido de la corriente, uno anula al otro. Por tanto, para poder medir con la pinza sería necesario abrir el cable y medir únicamente en uno de ellos (por ejemplo, el de fase). Sin embargo, esta solución no nos parece la más apropiada: estropearíamos el cable, nos llevaría tiempo poder tomar la medida y además manipular estos cables puede ser peligroso. Descartamos por tanto esta idea.

Se nos ocurre entonces diseñar nuestro propio dispositivo de medida: será un “enchufe inteligente”, en el que mediremos la corriente que lo atraviesa. Con ella calcularemos la potencia y el consumo y mostraremos este resultado al usuario mediante una pantalla. Para tomar la medida conectaremos nuestro dispositivo a un enchufe y enchufaremos el aparato a medir a nuestro dispositivo (ver figura).



*Forma de medir con nuestro dispositivo de medida.*

## 5.4. Elegimos la mejor solución

La propuesta de ideas nos ha llevado a la conclusión de que la mejor opción es diseñar nuestro propio dispositivo de medida, creando un enchufe sobre el que tomar medidas. Esta será la solución elegida y en esta fase sólo nos queda definir los requisitos que deberá cumplir y cómo será su diseño.

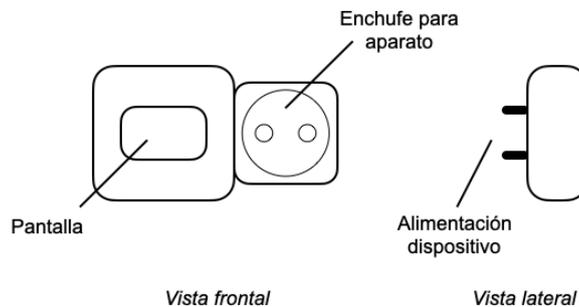
### 5.4.1. Elección del diseño

Definimos los requisitos que debe cumplir ese dispositivo:

- 1) Debe ser **económico**. Para ello tendremos que elegir componentes de bajo coste en la medida de lo posible. La mayoría de los sistemas electrónicos, como el que vamos a diseñar, incorporan una tarjeta controladora que, dependiendo de sus características, puede marcar enormemente el coste del producto. En este caso nos decantaremos por las tarjetas Arduino [11], una familia de controladoras con las que estamos habituados a trabajar en el taller de tecnología y que son de muy bajo coste, ya que se trata de hardware libre y existen muchos modelos compatibles con distintas características. También será importante elegir el resto de componentes electrónicos, buscando opciones baratas pero funcionales, como veremos más adelante (sensores, pantallas...).
- 2) Debe ser **portátil** y por tanto de **pequeño tamaño**. Buscaremos un diseño compacto y aquí cobrarán importancia también los materiales. Deberán ser ligeros, como por ejemplo utilizando carcasas de plástico.
- 3) Prestaremos mucha atención a la **usabilidad**. Debe ser **sencillo de utilizar**: procuramos que el usuario tenga que intervenir mínimamente para poder poner en marcha el dispositivo, siguiendo la filosofía de “enchufar y listo”. Cualquier usuario debe poder utilizarlo sin conocimientos técnicos. Así, el diseño no contendrá botones ni será necesario hacer ningún tipo de configuración inicial a través de menús ni nada parecido.

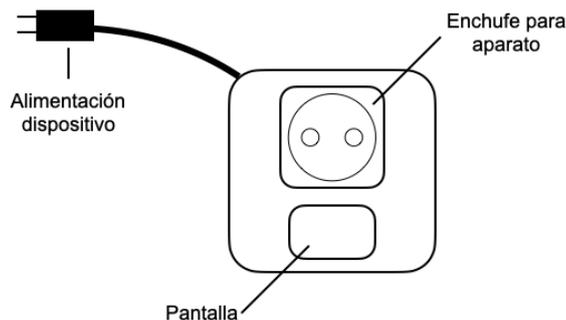
Con estas ideas realizamos bocetos, los ponemos en común y elegimos 2 diseños:

- Diseño “A”: sistema con enchufe adosado y alimentado directamente a la pared.



Diseño A.

- Diseño “B”: sistema con enchufe integrado en la caja y con alimentación a través de latiguillo y enchufe macho.



Diseño B.

Para decidir entre estas dos soluciones hicimos una presentación en un recreo, donde explicamos lo que queríamos hacer y nuestros compañeros votaron el diseño que les parecía más apropiado. El diseño ganador fue el “B” y los argumentos que más se repitieron fueron que con la alimentación trasera sería difícil conectarlo en una regleta si ya hay más cosas enchufadas y que es más pequeño y compacto, el enchufe adosado habría que pegarlo y sería más frágil porque se podría separar.

Por tanto, el diseño elegido es el “B”.

#### 5.4.2. Elección de los componentes

Para elegir los componentes empezamos definiendo el diagrama de bloques del dispositivo que queremos diseñar. Contendrá los siguientes elementos:

- **Sensores.** Son dispositivos encargados de tomar medidas de las magnitudes físicas del entorno y convertirlas a un valor de voltaje que puede ser interpretado por la tarjeta controladora. Para este caso concreto, necesitaremos un sensor de corriente.
- **Tarjeta controladora.** Contiene un procesador que ejecuta un determinado programa. Este programa se encargará de leer la información que le proporcionan los sensores, interpretarla y después ejecutar determinadas acciones. En este caso calculará el valor de la corriente a partir de la información proporcionada por el sensor y mostrará información en una pantalla.
- **Actuadores.** Son los elementos sobre los que actúa la tarjeta controladora. En este caso la controladora manejará una pantalla OLED donde se mostrará la información.

##### Sensores

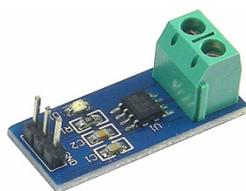
Para este dispositivo se necesita un único sensor, que sea capaz de medir la intensidad de corriente que demanda en tiempo real el aparato que queremos evaluar.

Tras la fase de investigación sabemos que existen muchos tipos de sensores de corriente. Unos son “no invasivos”, de tipo pinza amperimétrica y otros son “invasivos”, en los que es necesario abrir el circuito y colocar el sensor en serie.

Sabemos que no podemos utilizar los de pinza amperimétrica porque sería necesario desmontar el cable de alimentación del aparato para tomar sólo uno de los cables (fase o neutro), por lo que necesitamos uno invasivo, colocado en serie.

Puesto que nuestro dispositivo va a llevar un enchufe propio, es aquí donde tomamos la medida: desmontamos el enchufe y medimos en el cable de fase que llega.

De los sensores que hemos barajado elegimos el ACS712, el cual se fabrica en 3 modelos diferentes, en función de la corriente máxima que es capaz de medir: 5 A, 20 A y 30 A. Elegimos el sensor de 30 A para tener un mayor rango de medida.



Sensor ACS712 (30A)

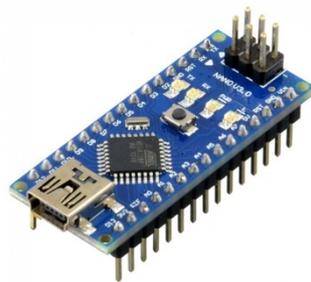
Este sensor tiene las siguientes conexiones:

- 2 bornes, para conectar un cable de fase de entrada y otro de salida.
- 3 pines para conectar a la tarjeta controladora: dos de alimentación VCC y GND y otro de “datos”, que se explicará más adelante.

### Tarjeta controladora

Dado que pretendemos que el dispositivo sea de bajo coste, decidimos elegir una tarjeta controladora Arduino, puesto que al ser hardware libre existen en el mercado muchos modelos que no son oficiales y que son muy baratos.

La diferencia entre todos ellos (nano, UNO, Mega, etc.) es la cantidad de memoria, su capacidad de procesamiento y el número de puertos que tenemos a nuestra disposición. Por las características del proyecto será suficiente el modelo “nano”, pues sólo necesitamos un pin analógico para la conexión con el sensor y 2 pines para manejar la pantalla OLED y no se necesita una gran capacidad de procesamiento.

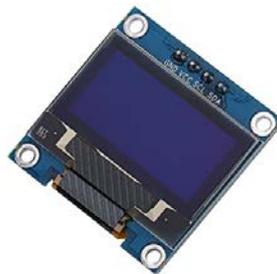


Tarjeta Arduino nano

### Sistema de visualización

Para la visualización existen varias alternativas: displays de 7 segmentos, pantallas LCD o las más modernas pantallas OLED. Decidimos mostrar al usuario la información en una pantalla OLED por los siguientes motivos:

- Tienen un consumo muy bajo.
- Muy poco cableado, pues sólo son necesarios 4 cables: 2 de alimentación y 2 para conectar al Arduino.
- La programación es sencilla, pues existen librerías para manejarlas.
- Estéticamente son más atractivas y se comercializan en pequeños tamaños (una de las especificaciones del proyecto es que sea un dispositivo pequeño. Elegimos una de un tamaño estándar de 0,96”.



Pantalla OLED 0,96”

Estas pantallas tienen 4 pines:

- Dos pines de alimentación (VCC y GND).

- Dos pines para la comunicación con la tarjeta controladora (SCL y SDA). Utiliza para ello el protocolo I2C.

### Carcasa

Contendrá en su interior toda la electrónica necesaria (tarjeta controladora, sensor, pantalla...) y el cableado. De acuerdo con las especificaciones tiene que ser de un material ligero y fácilmente manipulable, pues tendremos que agujerearla para hacer pasar el latiguillo de cable de alimentación y los cables del enchufe. También tendremos que abrir un hueco para la pantalla. Elegimos un material plástico y nos parece una buena idea utilizar una caja de registro eléctrico de superficie, pues es ligera, tiene tapa y un tamaño adecuado (90x90x40 mm).



Caja utilizada como carcasa

### Enchufes

Utilizaremos 2 enchufes como los que se pueden encontrar en cualquier ferretería, uno macho para colocar en el latiguillo y poder enchufar nuestro dispositivo a la corriente y uno hembra de superficie que irá colocado sobre la caja y que será donde enchufemos el aparato cuyo consumo queremos medir.

Serán con toma de tierra, para mayor seguridad.



Enchufes utilizados (hembra y macho).

Elaboramos un presupuesto. Para ello buscamos los precios de los componentes en distintos proveedores a través de Internet [15, 16]:

Componente	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Tarjeta controladora Arduino Nano	1	3,72 €	4,50 €
Sensor ACS712 de 30 A.	1	2,80 €	3,39 €
Pantalla OLED 0,96"	1	4,09 €	4,95 €
Cables Dupont H-H (paquete 40 uds).	1	1,15 €	1,39 €
Caja estanca electricidad	1	1,56 €	1,89 €
Enchufe hembra con toma tierra	1	2,03 €	2,46 €
Enchufe macho con toma tierra	1	1,74 €	2,10 €
Convertor AC/DC 220-5V/1A	1	1,21 €	1,46 €
Cable mini-USB 30 cm.	1	1,03 €	1,25 €
		Total (sin IVA)	23,39 €
		IVA (21%)	4,91 €
		<b>TOTAL</b>	<b>28,30 €</b>

Presupuesto de nuestro dispositivo.

## 5.5. Construimos la solución elegida

---

Una vez que totalmente definido cuál va a ser el diseño, comienza la fase de construcción, que es que nos ocupa más tiempo. Se compone de dos etapas y cada una de ellas implica varias acciones que hay que resolver separadamente:

- 1) Montaje del dispositivo. Las acciones por realizar son:
  - a. Preparar la parte “eléctrica”: enchufe “macho” del dispositivo con cable de alimentación y enchufe “hembra” incorporado al dispositivo.
  - b. Preparar la alimentación de la tarjeta controladora.
  - c. Conectar los componentes: alimentación, sensor, pantalla y tarjeta controladora. Este paso lo haremos utilizando cables de tipo “DuPont” para reducir el tiempo de montaje.
- 2) Programación de la tarjeta controladora. Las acciones por realizar son:
  - a. Diseño del algoritmo que resuelve el problema.
  - b. Codificación del programa.
  - c. Pruebas.

### 5.5.1. Montaje del dispositivo

---

#### *Alimentación de la tarjeta controladora*

---

Las tarjetas controladoras Arduino se pueden alimentar de varias formas:

- Mediante pilas: utilizando un portapilas con 4 pilas AA de 1,5 V o con una pila cuadrada de 9 V. En ambos casos se utiliza el conector de jack hembra que tiene la tarjeta. Un regulador interno convertirá este voltaje de alimentación a 5 V, que es el valor estándar de Arduino.
- Mediante el puerto USB. Las tarjetas se programan conectándolas mediante un cable USB al ordenador. En el caso del modelo “nano” que utilizamos la tarjeta incorpora un conector mini-USB. Este conector lo podemos utilizar también como alimentación (para pruebas, directamente al ordenador o con una batería tipo “powerbank” de las que se utilizan para cargar el teléfono móvil). Necesita un voltaje de 5 V.

Para otros proyectos que hemos hecho previamente con Arduino hemos utilizado pilas de 9 V o “powerbank” por USB. Sin embargo, en este caso dado que vamos a tener un enchufe a nuestra disposición, hemos pensado que podemos aprovechar la alimentación del dispositivo para “sacar” de ahí la alimentación de la tarjeta Arduino. Para ello, utilizamos un cargador de móvil, que transforma los 220 V de corriente alterna en 5 V/1A de corriente continua.

Desmontamos el cargador para quedarnos con la tarjeta de circuito impreso, que ya incluye un conector USB hembra. Interiormente en nuestro dispositivo conectaremos un cable USB-miniUSB para alimentar al Arduino. En dicha placa están soldados también las conexiones hembra del enchufe, que desoldamos con ayuda del soldador y a los que conectamos dos cables de alimentación que sacamos del enchufe. De esta manera ya tenemos alimentado nuestro Arduino a través del mismo enchufe en el que se conectarán los aparatos y no necesitamos una alimentación adicional.



Una parte del montaje, donde soldamos la alimentación al conversor AC/DC

### Preparación de la parte eléctrica

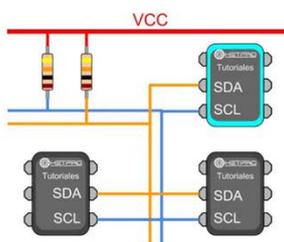
El dispositivo llevará incorporado un enchufe tipo “hembra” con toma de tierra, donde conectaremos los aparatos a medir. Es de tipo superficial para facilitar el montaje y las conexiones. Lo desmontamos y lo cableamos interiormente con cables de neutro, fase y tierra. Sacaremos dos de neutro y fase para alimentar el Arduino a través del cargador de móvil.

Preparamos también la alimentación de todo el dispositivo. Se barajan dos ideas: utilizar un enchufe macho empotrado directamente en la caja o dejar un “latiguillo”. Elegimos esta segunda opción porque permite hacer el dispositivo más pequeño, uno de los requisitos de diseño que nos habíamos planteado.

### Conexión de los componentes

La conexión del sensor es muy sencilla. Al ser de tipo analógico, el pin de datos se conectará a un puerto analógico de la tarjeta Arduino.

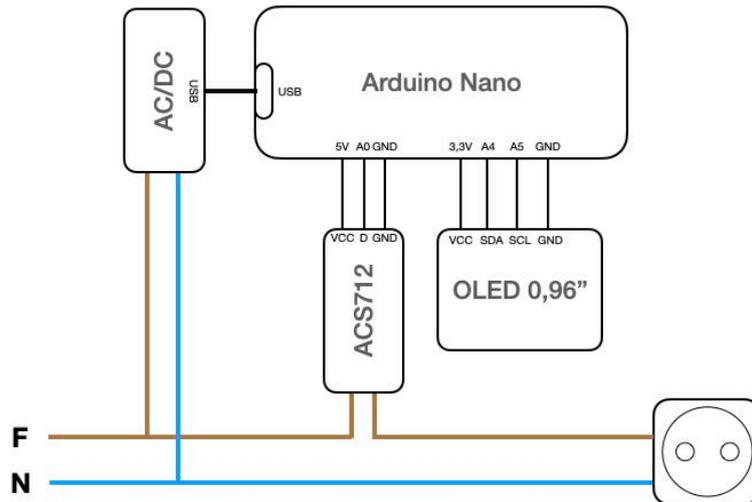
La pantalla OLED se conecta a la tarjeta Arduino utilizando el bus I2C, que es un protocolo de comunicaciones que nos permite conectar múltiples dispositivos a una misma tarjeta utilizando únicamente 2 pines, uno es una señal de reloj y otro es el pin de datos [17, 18]. Cada dispositivo conectado se distingue por una dirección propia y es a través del programa como decidimos con qué dispositivo nos comunicamos. En la figura se puede ver un ejemplo de cómo se realizan este tipo de conexiones.



Conexión mediante I2C [17].

En el caso del Arduino nano, que es compatible con este protocolo, se utilizan los pines A4 y A5 para la comunicación con la pantalla [18].

En la figura siguiente se puede ver un esquema de cómo se realizan las conexiones de todos los componentes para formar el dispositivo.



Esquema de conexiones del dispositivo.

### 5.5.2. Programación de la tarjeta controladora

En este apartado describimos el algoritmo con el cual conseguimos averiguar el consumo de un aparato eléctrico a partir de las sucesivas medidas que vamos tomando con Arduino. El algoritmo consta de 4 pasos:

- 1) Calcular la tensión pico-a-pico ( $V_{pp}$ ):
  - a. Durante 1000 ms muestrear la señal del sensor.
  - b. De entre las muestras determinar valores máximo y mínimo ( $M_{m\acute{a}x}$ ,  $M_{m\acute{i}n}$ ).
  - c. Calcular  $M_{m\acute{a}x}-M_{m\acute{i}n}$ . y obtener su valor de voltaje equivalente ( $V_{pp}$ ).
- 2) Calcular consumo (C):
  - a. Calcular  $V_{RMS}$ .
  - b. Calcular  $I_{RMS}$  según sensibilidad del sensor.
  - c. Corregir el ruido.
  - d. Calcular potencia a partir de  $V_{RMS}$ ,  $I_{RMS}$ .
  - e. Calcular consumo a partir del tiempo transcurrido desde la última medida.
  - f. Incrementar el contador de consumo.
- 3) Representar los datos en pantalla.

Los siguientes diagramas de flujo representan el algoritmo utilizado.

En primer lugar, el programa principal, que estará formado por 2 llamadas a funciones, una para hacer el cálculo del consumo y otra para representar los datos actualizados en pantalla.

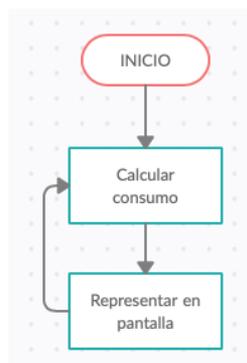


Diagrama de flujo programa principal.

El consumo se plantea como algo incremental, de modo que se calculará el consumo en esta iteración del bucle y se sumará al consumo anterior para tener así el total. En la imagen siguiente se muestra el diagrama de flujo de la función “calcular consumo”.

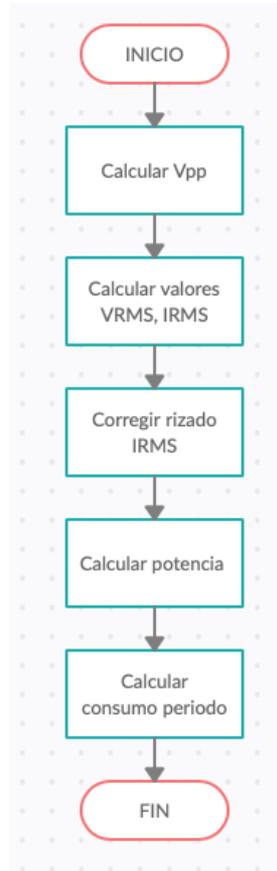


Diagrama de flujo calcular consumo.

La función “mostrar pantalla” simplemente hace uso de las librerías de manejo de la pantalla OLED para posicionar un cursor e imprimir en pantalla el valor de las variables.



Fase de programación en tarjetas Arduino

En los apartados siguientes describimos el procedimiento que hemos seguido para averiguar ese valor de consumo.

### *Muestreo de la señal del sensor y conversión analógico/digital*

El sensor de corriente ACS712 tiene 3 pines, 2 de alimentación (VCC y GND) y uno de “datos”, que no es más que una señal de voltaje que varía en función de la corriente medida, desde 0 V hasta 5 V.

La corriente eléctrica absorbida por un aparato es una magnitud analógica, es decir, que teóricamente puede tomar cualquier valor. Por tanto, podemos medir esta señal de datos como una magnitud analógica a través de uno de los puertos analógicos de Arduino.

El Arduino nano tiene un conversor analógico-digital de 10 bits, lo que significa que el resultado de la lectura analógica será un número entre 0 y 1023.

- 0 corresponde a una tensión de 0 V.
- 1023 corresponde a una tensión de 5 V.
- 512 corresponde a una tensión de 2,5 V.
- ... y así sucesivamente con cualquier otro valor.

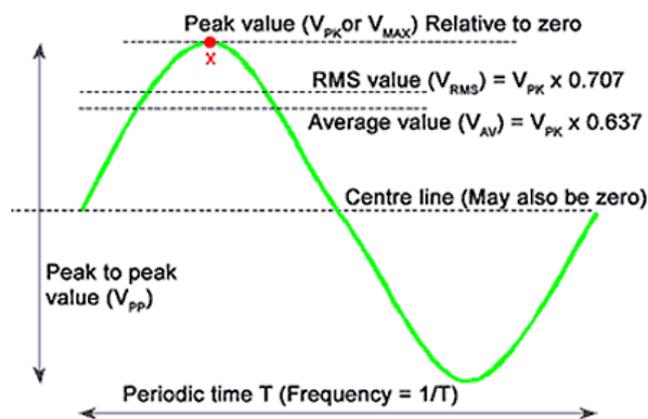
Para conocer el valor en V, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$V = lectura \cdot \frac{5V}{1023}$$

Aplicamos este concepto a las muestras que vamos a tomar de la señal de datos del sensor. La corriente que utilizan nuestros aparatos eléctricos es de tipo alterna, es decir, su variación a lo largo del tiempo es como la de una función de tipo seno o coseno. Su frecuencia es de 50 Hz o ciclos/s, por lo que cada 0,02 segundos la onda habrá tomado todos los valores posibles.

En este caso vamos a tener valores de 0 a 1023 que van a ir variando de forma periódica.

En la imagen siguiente se muestra un periodo de una señal de voltaje en alterna, con sus parámetros característicos [19]:



Parámetros característicos de una señal de alterna (un periodo) [19].

Como el sensor es capaz de medir también la parte negativa de la señal, cuando tengamos el valor 0 equivaldrá al pico negativo, 512 al paso por cero y 1023 al pico positivo.

Calculamos el valor eficaz de la señal muestra  $M_{RMS}$  a partir del valor de pico, y éste a partir del valor pico a pico:

$$MRMS = 0,707 \cdot Vp = 0,707 \cdot \frac{Vpp}{2}$$

El valor pico a pico es la diferencia entre el valor máximo y mínimo.

Muestreamos durante 1000 ms y nos quedamos con los valores máximo y mínimo, calculamos la diferencia y su valor en voltaje equivalente. A partir de él, obtenemos el valor de  $M_{RMS}$ .

El valor de voltaje al que corresponde ese nivel es:

$$VRMS = MRMS \cdot \frac{5V}{1023}$$

### *Cálculo de la corriente instantánea*

---

Una vez que hemos hecho la lectura analógica y tenemos el valor de tensión  $V$  en el pin de datos del sensor, podemos calcular la corriente medida.

Según el fabricante, el sensor ACS712, en su versión de 30 A, tiene una sensibilidad de 66 mV/A. Es decir, un incremento de 0,066 V en la lectura supone que la corriente se habrá incrementado en 1 A. Cualquier otra variación será proporcional.

También según el fabricante, el sensor está pensado para medir todos los valores de la señal de corriente, tanto los positivos como los negativos. Entonces:

- 2,5 V corresponden a una corriente de 0 A.
- Valores mayores de 2,5 V corresponden a valores positivos de corriente, que se va incrementando a razón de 66 mV/A.
- Valores menores de 2,5 V corresponden a valores negativos de corriente, que va disminuyendo a razón de 66 mV/A.

Matemáticamente lo podemos expresar como:

$$V = 0,066 \cdot I + 2,5$$

Despejando la corriente:

$$IRMS = \frac{V - 2,5}{0,066}$$

### *Cálculo de la corriente RMS*

---

La corriente calculada observamos que cuando no tenemos ningún dispositivo conectado marca un valor distinto de cero, positivo. Este valor es “ruido” producido por el propio sensor, que Arduino interpreta como datos.

Aplicaremos la condición de que si el valor de corriente está entre -0.05 y +0.05 lo corregiremos poniéndolo a 0. Hemos acordado utilizar este valor después de hacer pruebas experimentalmente.

### *Cálculo de la potencia consumida*

---

Una vez calculada la corriente, podemos calcular la potencia consumida por el aparato mediante la fórmula:

$$P=V_{RMS}\cdot I_{RMS}\cdot F_{PP}$$

- $V_{RMS}$  es el valor cuadrático medio de la tensión de alimentación, 220 V. Utilizaremos este valor constante, aunque sugerimos medirlo con otro sensor para estar siempre seguros de su valor real.
- $I_{RMS}$  es el valor de la corriente calculada anteriormente.
- $F_{PP}$  es el “factor de potencia”. La potencia absorbida de la red eléctrica es algo mayor que la que medimos, ya que parte de la energía que se absorbe no se transforma en trabajo útil (cargas inductivas). No lo mediremos sino que asumiremos que es un valor muy próximo a 1 (por ejemplo, 0.9). Una mejora puede consistir en calcularlo.

### *Cálculo del consumo eléctrico*

---

Conocida la potencia, podemos calcular la energía consumida mediante la fórmula:

$$E=P\cdot t$$

- P es la potencia calculada en el apartado anterior.
- t es el tiempo transcurrido desde que iniciamos la medida.

A medida que se utiliza un aparato eléctrico, dependiendo de las circunstancias, su potencia cambia y por tanto el ritmo al que se consume la energía también. Por ejemplo, cuando nos secamos el pelo con un secador vamos cambiando la velocidad y la temperatura, por lo que los consumos van cambiando.

Para tenerlo en cuenta, calculamos el consumo de forma periódica para pequeños intervalos de tiempo y vamos incrementando la cuenta. De esta forma obtenemos el consumo. Midiendo la potencia en vatios y el tiempo en horas, la medida que se obtiene es el consumo en Wh (varios-hora).

### *Representación de los datos en la pantalla*

---

Aunque la información verdaderamente interesante es el consumo eléctrico, nos parece buena idea mostrar también otros datos más “técnicos”, para poder hacer un estudio más detallado. Concretamente, representamos intensidad de corriente (A), potencia (W) y consumo (Wh).

La parte de representación de datos es muy sencilla, ya que utilizamos una librería para hacerlo. La información se refresca cada 1 s y se hace lo siguiente: borrar la pantalla, posicionar el cursor y escribir en una cadena de caracteres el texto con la magnitud seguido del cálculo realizado.

## 5.6. Evaluamos el resultado

---

Una vez que hemos terminado el montaje, probamos el funcionamiento de este primer prototipo. Debemos hacer varios ajustes:

- En primer lugar, sin conectar ningún aparato deberíamos medir una corriente de 0 A, pero en realidad medimos una corriente muy pequeña. Deducimos que se debe al “ruido” del propio sensor, por lo que lo corregimos modificando la programación de nuestro algoritmo. Así, todos los valores que estén incluidos en un rango muy pequeño próximos a cero serán sustituidos por cero.
- Ahora compararemos la corriente medida con un valor de referencia para comprobar si las medidas son correctas. Ya que tenemos acceso a través del enchufe, utilizaremos una pinza amperimétrica. Ponemos en marcha el secador en diferentes situaciones (frío/calor y diferentes velocidades) y comparamos las

medidas. Observamos que hay algunas diferencias y trataremos de corregirlas con el otro parámetro variable que tenemos, que es la sensibilidad del sensor. A pesar de que el fabricante proporciona un valor de 66 mV/A, este valor es variable en función de la fabricación del propio sensor, por lo que ajustamos ese valor. Para ello, creamos un programa sencillo que muestre por pantalla el voltaje medido por el sensor y lo comparamos con los valores de la pinza amperimétrica. A partir de ahí, utilizando Excel representamos gráficamente los resultados y calculamos una recta de regresión con un polinomio de grado 1. De esta manera, ajustamos aún más la medida.

- Aún así, se obtienen valores ligeramente superiores a los esperados. Para corregirlos, añadimos una nueva corrección: el factor de potencia. Hasta ahora la potencia la hemos calculado como el producto de tensión por corriente, aunque en realidad esa potencia es la absorbida de la línea pero no la útil (potencia activa), que es la que podemos medir. La diferencia entre ambas es un factor ligeramente menor que 1. Probamos distintos valores y nos quedamos con un valor de 0.9.

Observamos las medidas obtenidas con el secador en funcionamiento y llegamos a la conclusión de que son bastante parecidas. En el apartado de aspectos de mejora comentaremos otras posibilidades que se nos han ocurrido para ajustar aún más las medidas.

## 6. Resultados obtenidos

---

Una vez que le hemos dado el visto bueno al dispositivo, el primer paso ha sido ponerlo en práctica para diferentes aparatos dentro del aula-taller. Estos son los resultados que hemos obtenido:

- Con el secador de pelo observamos que aumentar o reducir la velocidad de giro en frío no modifica apenas el consumo. Apreciamos una subida de consumo cuando se pone en marcha el aire caliente, y ahí sí que cuando se aumenta la velocidad el consumo se dispara.
- En general, los aparatos que más energía consumen son aquellos que necesitan un calentamiento.
- Observamos también que en el arranque, algunos aparatos consumen más corriente. Intuimos que es por el funcionamiento intrínseco del propio motor.
- Intentamos medir el llamado “consumo fantasma”, pequeñas corrientes que presentan los aparatos que tenemos en casa en “stand-by”, pero con el sensor de corriente que tenemos es imposible. Un convertor A/D de 10 bits proporciona una resolución muy grande si utilizamos un sensor de 30 A, por lo que una unidad más de muestreo (de 0-1024) representa una cantidad de corriente muy grande. Deberíamos utilizar un sensor de menos amperios. Existen sensores de 5 A del mismo fabricante. Probamos a cambiarlo (modificando también la sensibilidad según la hoja de características) y lo que obtenemos son valores más precisos para corrientes pequeñas pero a cambio no podemos medir corrientes mayores de 5 A, con lo cual el dispositivo no sería capaz de medir el consumo de aparatos de mayor potencia. En el caso del secador, con el aire caliente a máxima velocidad el consumo es ligeramente superior a 8 A, con lo que no podemos ver esta medida. En resumen, sensores con límites altos no permiten evaluar con precisión aparatos con bajo consumo y sensores con límites más bajos nos limitan a que sólo se puedan utilizar con aparatos de bajo consumo. A la hora de elegir, hemos preferido la primera opción, desechando la posibilidad de medir el consumo fantasma, que se confunde con el rizado debido al ruido del propio sensor.

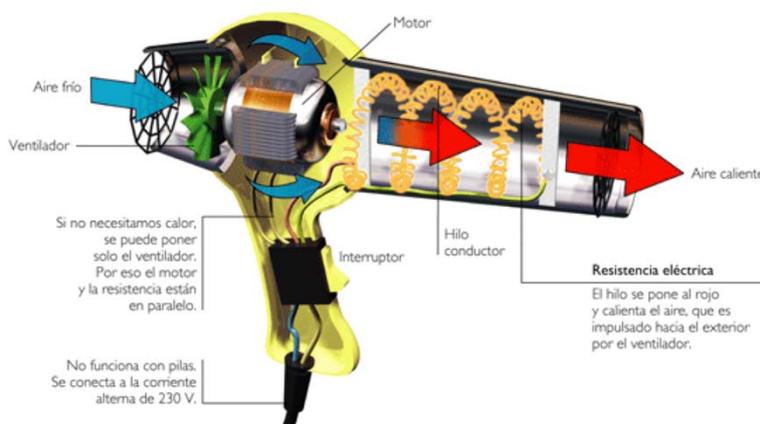
En el apartado siguiente explicaremos más concretamente los resultados obtenidos cuando intentamos responder a la pregunta que nos planteábamos al principio.

## 7. ¿Cuánto cuesta secarse el pelo?

### 7.1. ¿Cómo funciona el secador?

Ahora que hemos terminado nuestro prototipo y tenemos un dispositivo de medida que funciona, ya estamos en condiciones de responder a la pregunta inicial del proyecto: ¿cuánto cuesta secarse el pelo?

Par ello, debemos comprender antes cómo funciona este aparato. En la figura siguiente se puede ver el interior de un secador [20].



Interior de un secador [20].

- Lo primero que vemos es que la velocidad con la que se expulsa el aire por la boquilla depende de la velocidad de aspiración, que se produce gracias a un ventilador acoplado a un motor. Por tanto, cuanto más deprisa gire el motor más deprisa lo hará el ventilador y más rápido se aspirará el aire, lo que provocará que éste se expulse por la boquilla más deprisa. Normalmente los secadores están diseñados para funcionar a 2 o 3 velocidades. Por ejemplo, con 2 velocidades significa que el motor girará a 2 velocidades distintas.
- El motor de los secadores es eléctrico y funciona gracias a la corriente eléctrica que circula por sus devanados. Para girar más deprisa necesitan consumir más corriente. Así que en el mismo tiempo, se producirá un mayor consumo. Distintas velocidades implican entonces distintos regímenes de consumo. Los secadores profesionales utilizan motores de corriente alterna, mientras que los domésticos suelen ser de corriente continua. En todo caso, el consumo de corriente es superior en el arranque que una vez que la velocidad está estabilizada.
- El aire que expulsan puede ser frío o caliente. El aire se calienta gracias a unas resistencias colocadas en la boquilla del secador. Estas resistencias se calientan gracias al efecto Joule: la corriente circulando a través de ellas producirá calor que se disipa y calienta el aire a su paso.
- Los secadores suelen estar diseñados para trabajar a distintas temperaturas: aire frío (resistencias apagadas) y aire caliente a temperatura moderada y alta. Puesto que hay distintas opciones, también habrá distinto consumo energético en función de la temperatura del aire.

Por tanto, tenemos varias combinaciones posibles de dos variables por un lado la velocidad y por otro la temperatura del aire. Cada una de ellas sigue un ritmo de

consumo diferente. Esta información normalmente no la proporciona el fabricante, pues sólo facilita una potencia de referencia, pero ahora nosotros gracias a nuestro dispositivo sí que vamos a poder medirlo.

La tabla siguiente representa la potencia desarrollada por el motor para un secador de 2 velocidades y 3 temperaturas del aire (fría, moderada y fuerte):

Velocidad/Temperatura	Fría	Moderada	Alta
<b>1ª (lenta)</b>	I=0,45 A P=98 W	I=2,33 A P=510 W	I=4,19 A P=915 W
<b>2ª (rápida)</b>	I=0,71 A P=150 W	I=4,53 A P=990 W	I=8,27 A P=1807 W

*Potencias medidas con el secador de pruebas.*

Como se puede ver en la tabla, la potencia es diferente en cada caso. No obstante, no vamos a hacer uso de la tabla para hacer el cálculo: sólo la utilizamos para hacer una comparativa y poder sacar unas pautas de uso, que son las siguientes:

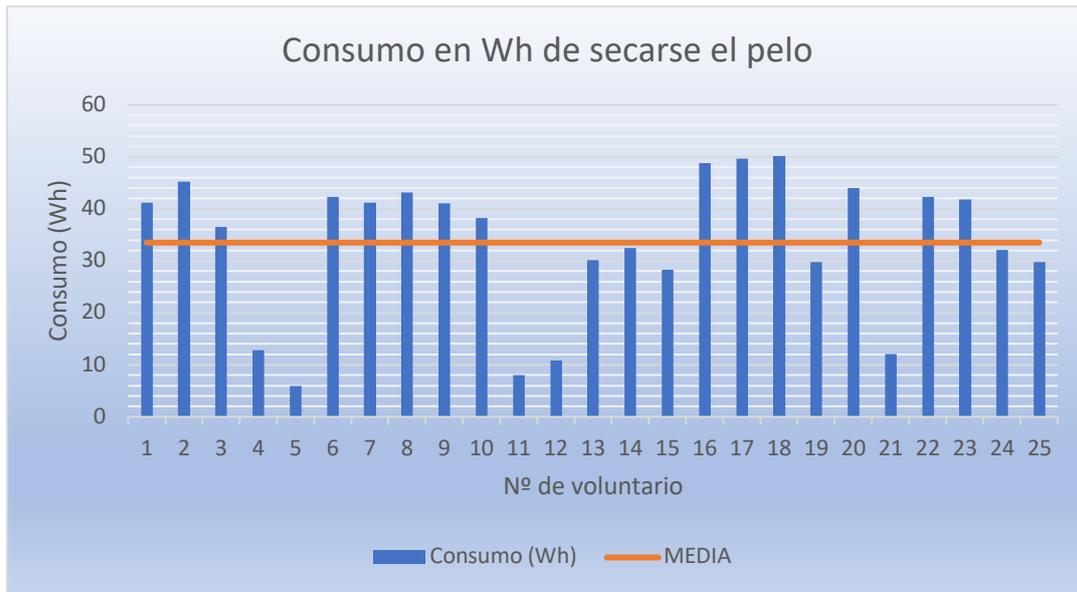
- Con el aire frío el coste energético es pequeño. Al cambiar de velocidad de lenta a rápida, el incremento de consumo de corriente es pequeño.
- Cuando la temperatura es elevada sí que se aprecia gran diferencia entre velocidades, llegando a consumir el doble de corriente en la velocidad rápida que en la lenta.

La pauta de uso que parece más económica es que es preferible secarse el pelo con el aire a una temperatura moderada, aunque nos lleve más tiempo que utilizar aire a alta temperatura.

## 7.2. Calculamos el coste

A partir de la tabla anterior podemos calcular la energía consumida por el secador conocidos el tiempo y la potencia. Esto es muy variable y depende del usuario, por ejemplo, no es lo mismo secar pelo corto que pelo largo. Además, es habitual que cuando nos secamos el pelo vayamos cambiando de velocidad o temperatura durante el secado. Así, puede suceder que si empezamos a secarnos con aire muy caliente la piel del cuero cabelludo se irrite y prefiramos bajar la temperatura sobre la marcha.

La ventaja de nuestro dispositivo es que podemos calcular la energía consumida en tiempo real, incluso cambiando velocidad y temperatura durante el secado. Así, independientemente de las preferencias de los usuarios podemos establecer un consumo medio. Se ha hecho un estudio con 25 voluntarios que llevaron el dispositivo medidor a casa y lo utilizaron (ellos mismos, padres, hermanos...). El gráfico siguiente recoge los resultados:



Cálculo del consumo medio con 5 usuarios.

Con esos datos, el **consumo medio** es de **C = 33,5184 Wh = 0,0335 kWh**

A partir del consumo medio se puede calcular el coste. Necesitamos conocer las condiciones del contrato, la cual depende la comercializadora.

- En el mercado regulado (precio PVPC), el precio de la energía cambia cada hora y depende de una subasta realizada el día anterior a partir de la demanda prevista para el día siguiente. Por tanto, cambia en función de la hora del día y de si es día festivo o laborable. Evidentemente será más económico hacerlo en un día festivo o en horario “valle”.
- En el mercado libre, el precio de la energía depende de la tarifa contratada. Algunas comercializadoras ofrecen tarifa plana para todo el día y otras ofrecen precios variables en función de las franjas horarias (punta, valle, etc.).

Supongamos que nos lavamos el pelo por la mañana antes de ir al instituto, por ejemplo, a las 7 de la mañana. El precio del kWh a esa hora en el momento de escribir este informe es de 0,2330 €/kWh.

Por tanto, el coste de secarse el pelo es de:

$$\text{Coste} = 0,0335 \text{ kWh} \cdot 0,2330 \text{ €/kWh} = \mathbf{0,0078 \text{ €}}$$

Así que secarse el pelo a las 7 de la mañana costaría, por persona: 0,0078 €.

Supongamos una familia de 4 personas que se lavan el pelo 4 días a la semana cada uno. A lo largo del año habrán gastado:

$$C_{\text{familia,año}} = 0,0078 \text{ €} \cdot 4 \text{ personas} \cdot 4 \text{ días} \cdot 52 \text{ semanas} = \mathbf{6,49 \text{ €}}$$

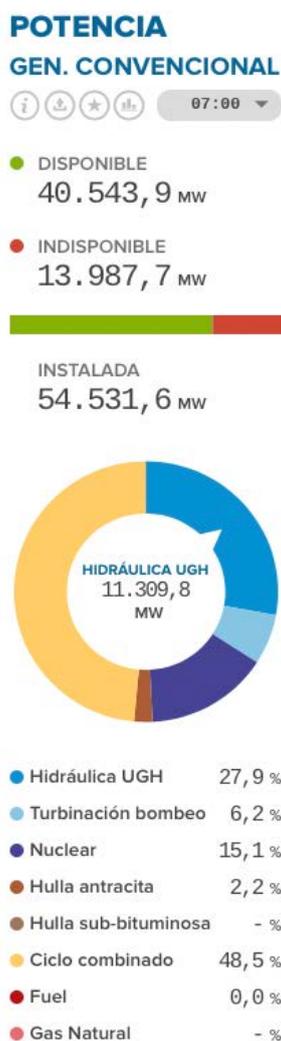
### 7.3. ¿Y las emisiones?

Además de lo económico, también podemos hacer una estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes para ese consumo. Se calcula a partir de los llamados “factores de emisión” y “masa equivalente de CO<sub>2</sub> (normalmente expresado en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>)”.

La energía eléctrica en España se produce gracias a una combinación de diferentes tecnologías (nuclear, hidráulica, térmica de ciclo combinado, renovables...). Es lo que se conoce como “mix energético”. Algunas de estas tecnologías producen gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>. Por tanto, podemos decir que cada kWh generado tiene un equivalente estadístico en emisiones de CO<sub>2</sub>.

En cada momento del día este mix energético va cambiando, ya que por ejemplo por la noche no tenemos aporte de energía solar fotovoltaica pero sí podemos tenerlo por el día.

Tomando como referencia las 7 de la mañana, como hicimos antes, observamos un mix tipo para un día laborable. Estos datos se pueden consultar en la página web de Red Eléctrica Española (REE) [21]. En la imagen siguiente se puede ver un ejemplo para el día que estamos escribiendo este informe:



Mix energético un día laborable a las 7 de la mañana [21].

Así, generar un kWh puede llevar aparejada la emisión de gases de CO<sub>2</sub> en mayor o menor medida, dependiendo del mix y de la demanda de energía en ese momento. Por ejemplo, las 7 de la mañana de un día laborable, según la web de REE, el factor de emisión es de:

$$FE=0,154 \text{ TeqCO}_2/\text{MWh} = 154 \text{ g eq CO}_2/\text{kWh}$$

es decir que para producir 1 kWh se necesita un mix energético que en ese momento supondría emitir 154 g eq de CO<sub>2</sub> (gramos equivalentes de CO<sub>2</sub>).

Es importante saber que no sólo el CO<sub>2</sub> es un gas de efecto invernadero. También están el metano, el óxido nitroso, los hidrofluorocarburos, etc. Todos ellos se convierten a su valor equivalente en dióxido de carbono. Se elige el CO<sub>2</sub> como el equivalente total de los gases de efecto invernadero porque, a pesar de tener un potencial de calentamiento mucho menor que el de otros gases, como el metano o los óxidos nitrosos, es el que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y es el más abundante en porcentaje de todos ellos [22].

Por tanto, secarse el pelo a las 7 de la mañana supone emitir a la atmósfera, debida a la producción de la energía que calculamos antes:

$$\text{Emisiones} = 154 \text{ g/kWh} \cdot 0,0335 \text{ kWh} = \mathbf{5,159 \text{ g eq de CO}_2}.$$

Finalmente, una familia de 4 miembros que se lava el pelo 4 días a la semana supone al año:

$$\text{Emisiones}_{\text{familia,año}} = 5,159 \text{ g} \cdot 4 \text{ personas} \cdot 4 \text{ días} \cdot 52 \text{ semanas} = 4292,29 \text{ g} = \mathbf{4,29 \text{ kg}}$$

Es decir, la energía que consume una familia por secarse el pelo supone al año 4,29 kg eq de CO<sub>2</sub>.

Evidentemente este resultado debemos tomarlo como una estimación, pues como comentamos anteriormente el factor de emisiones depende del día y del año.

## 8. Exportamos el proyecto

---

Una vez que el proyecto está terminado lo publicitamos en el Centro. Para ello, organizamos unas charlas en el recreo para presentar el producto a nuestros compañeros y buscamos voluntarios que lo utilizarán para evaluar el consumo energético de sus actividades en casa.

Gracias a ello, queremos que nuestros compañeros tomen conciencia sobre el ahorro energético y que sean capaces de evaluar sus rutinas y tener un mejor criterio a la hora de comprar y utilizar los aparatos eléctricos.

Durante varios días, algunos compañeros se llevaron el medidor a su casa. Así pudimos evaluar también el producto, escuchando sus opiniones. A todos les pedimos que cubrieran un formulario con los siguientes datos:

- Actividad y tipo de aparato.
- Horario de uso (necesario para conocer la tarifa de la comercializadora y el factor de emisión para calcular las emisiones).
- Energía consumida (en Wh).

Con estos datos calculamos el coste económico y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Estas son algunas de las actividades que se registraron.

Actividad	Horario de uso	Energía consumida (Wh)	Coste kWh (€)	Coste económico (€)	Factor de emisión (g CO2/Wh)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (g eq)
Cargar el teléfono móvil	18:00 – 20:00	150,05 Wh	0,2693 €	0,0404 €	0,139	20,85 g
Puré de frutas con robot de cocina.	19:00	8,25 Wh	0,2693 €	0,0022 €	0,179	1,48 g
Purificador de aire en el salón	20:00 – 21:00	55,20 Wh	0,2561 €	0,0141 €	0,181	9,99 g
Hacer dos cafés con espuma en máquina expreso.	15:30	45,22 Wh	0,2094 €	0,0095 €	0,149	6,73 g
Taladrar 3 agujeros en una pared.	17:50	5,11 Wh	0,2518 €	0,0013 €	0,185	0,95 g
Freír patatas en una freidora	20:00	542,72 Wh	0,2561 €	0,1390 €	0,181	98,23 g

*Actividades registradas por nuestros compañeros.*

Con estos datos, una vez calculados los costes económicos y en emisiones, imprimimos unos carteles para colocar en el instituto.

## 9. Líneas de mejora

Además del dispositivo fabricado y que hemos utilizado en el proyecto, hemos hecho otros intentos para tratar de mejorarlo. Contaremos en este apartado nuestros progresos en algunos aspectos que consideramos pueden mejorar el proyecto, como son:

- 1) Subir los datos a la nube.
- 2) Mejorar la precisión en el cálculo del consumo.
- 3) Incluir nuevas funcionalidades.
- 4) Rediseñar el proyecto con nuevos enfoques.

En los subapartados siguientes explicamos nuestros logros y nuestras propuestas de mejora con los que intentaremos hacer una nueva versión del proyecto en cursos futuros.

### 9.1. Subir datos a la nube

Nos parece una opción muy interesante, pues nos permitiría controlar el consumo desde cualquier lugar con conexión a Internet, desde un ordenador o desde el móvil o tablet.

Para ello trabajamos en 2 líneas: la comunicación y los servidores para alojar la información.

### 9.1.1. Interfaz de comunicación

Para la interfaz de comunicación hemos barajado y probado las siguientes opciones:

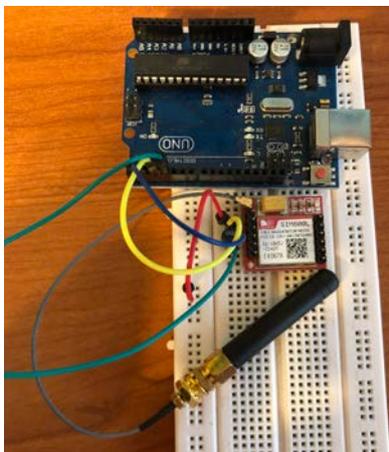
- Utilizar otras tarjetas Arduino. Nuestro profesor tenía una tarjeta Arduino Yun propia, con puerto Ethernet, pero su coste es elevado y tras examinarla hemos visto que tiene un mayor tamaño, lo que nos obligaría a rediseñar la caja y haría el dispositivo mayor, en contra de los requisitos de diseño. También hemos pensado en una tarjeta de expansión con puerto Ethernet (sólo las hay compatibles con Arduino UNO, lo que nos obliga también a aumentar el tamaño),
- Utilizar otras tarjetas controladoras que no sean Arduino. Las más comunes son las basadas en el ESP8266, que incorporan conectividad por WiFi o las WeMos.
- Utilizar Arduino nano, pero añadiéndole un módulo de comunicaciones externo, por ejemplo un módulo con tarjeta SIM para conexión de datos móviles.



*Tarjetas evaluadas para mejorar el proyecto.*

Las opciones con puerto Ethernet las descartamos porque suponen llevar otro cable hasta un router y no siempre es posible (puede que incluso el lugar donde estamos midiendo no tenga conexión cableada). Por tanto, nos decantamos por una solución inalámbrica.

- Hemos hecho pruebas con la tarjeta basada en ESP8266. Su programación es muy similar y hemos conseguido conectarnos a la red WiFi del Centro y resolver problemas más sencillos.
- También hemos hecho pruebas con un módulo GSM (módulo SIM800L). Hemos conseguido manejarlo con programas sencillos e incluso hemos podido subir datos sencillos a la nube. Esta idea tiene 2 problemas: consume mucha corriente y además se necesita contratar una línea de datos. Además, no es muy versátil a la hora de enviar los datos, ya que las librerías que utilizamos no son compatibles con muchos servidores de datos en la nube.



*Circuito de prueba para enviar datos a la nube mediante red móvil.*

### 9.1.2. Servidores para subir la información

---

Para alojar la información en la nube necesitamos un servidor. Barajamos las siguientes opciones:

- Utilizar nuestro propio servidor. Nos parece una solución muy compleja para nuestros conocimientos actuales. Necesitaríamos un equipo informático específico, contar con una dirección IP fija y programar el servidor. Necesitaríamos un servidor con base de datos por ejemplo de tipo SQL.
- Utilizar un servicio en la nube de una empresa. Existen varias, aunque la mayoría de las opciones son de pago. Hemos conseguido subir datos sencillos a ThingSpeak, ya que es la única plataforma con la que hemos conseguido comunicarnos con el módulo GSM SIM900. No hemos tenido la oportunidad de probar otras plataformas, pues son de pago. Arduino tiene su propia plataforma de IOT (Internet Of Things), pero su uso está restringido a algunos modelos originales de Arduino.

### 9.2. Mejora de los cálculos del consumo

---

Aunque el cálculo que realizamos es bastante preciso, pensamos que se puede hacer de manera más exacta si calculamos el valor del voltaje en cada momento, ya que en nuestro programa utilizamos siempre un valor constante de 220 V.

Para ello podríamos añadir un segundo sensor, en este caso de voltaje. De esta manera, calcularíamos la potencia de forma mucho más precisa. No hemos hecho intentos en esta línea de trabajo.

### 9.3. Añadir nuevas funciones

---

También pensamos que es posible mejorar las prestaciones del aparato de la siguiente manera:

- Utilizando una pantalla de mayor tamaño, donde podríamos representar más información o incluso incorporar una gráfica de cómo cambia la corriente en función del tiempo.
- Incluyendo un botón de “reset”, ya que el consumo comienza a contar cuando se enchufa el dispositivo y no el aparato. Si queremos probar un segundo aparato, necesitamos desenchufar y enchufar el dispositivo de medida.
- Utilizar un botón de “puesta a cero” para eliminar el valor inicial. En lugar de restarle un valor fijo, hacerlo con el valor que existe en vacío en el momento de pulsarlo. Sería una función similar a la que tienen algunas básculas.

### 9.4. Rediseños con nuevos enfoques

---

Se podría cambiar el diseño completamente. Tenemos algunas ideas que se nos han ido ocurriendo durante el desarrollo del proyecto.

La opción que destacamos porque nos parece más divertida es incluir un contador de monedas como los que se utilizan en las máquinas expendedoras. Configurando en el programa una tarifa, el usuario introduciría una moneda y se calcularía a cuántos Wh de energía tiene derecho. Utilizaría el enchufe y después de consumir esos Wh el enchufe se desactivaría. Para ello necesitaríamos incluir dos elementos nuevos: el contador de monedas y un relé, además de hacer cambios en la programación. Sin duda si continuásemos con el proyecto el próximo curso intentaríamos hacer este diseño.

## 10. Conclusiones

Una vez terminado el proyecto nos reunimos en el aula taller para debatir y comentar nuestras conclusiones. Las explicamos a continuación, primero las relacionadas con los conocimientos adquiridos y aplicados y después las relacionadas con la experiencia.

Desde el punto de vista de los conocimientos adquiridos, después de realizar el proyecto podemos decir que:

- 1) **Los fabricantes ofrecen información insuficiente** para que el consumidor pueda determinar el consumo de un aparato eléctrico. En muchos casos no es posible hacer una comparativa rigurosa porque ofrecen datos de potencia, pero no especifican en qué condiciones. Cuando un aparato tiene varios modos de uso con nuestro dispositivo medimos diferentes potencias y diferentes corrientes absorbidas, por lo que el consumo es en realidad diferente, aunque el fabricante lo oculta. **Pensamos que una buena práctica sería obligar a los fabricantes a concretar con más detalle los consumos de los aparatos en todas las circunstancias.**
- 2) **No es sencillo conocer el consumo en tiempo real de un aparato eléctrico** recurriendo a los métodos actuales: contador, factura o web de las empresas distribuidoras. **Se hace necesario contar con dispositivos especiales, como el que hemos fabricado nosotros.**
- 3) Hemos podido comprobar que **el mayor consumo de un aparato eléctrico se produce cuando se activa alguna función de calentamiento.** Por ejemplo, en el caso del secador se produce cuando se pide aire caliente y no tanto con la velocidad de giro del ventilador. Es preferible secarse el pelo con el aire a una temperatura moderada, aunque nos lleve más tiempo. Secarlo con prisas con el aire muy caliente supone consumir el doble de energía.
- 4) El coste económico de secarse el pelo va a depender de la hora del día y de la tarifa que nos aplique nuestra comercializadora de electricidad. Será más económico en horas valle que en horas punta. Por ello, es preferible secárselo a primera hora de la mañana, antes de ir al instituto.
- 5) En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, dependerá del momento del día, ya que la producción de energía eléctrica está cambiando continuamente en función de las condiciones climatológicas y de la demanda. Sería preferible hacerlo cuando el factor de emisión fuera más bajo. Este dato es impredecible porque el mix energético en España actualmente varía muchísimo de una hora del día a otra.
- 6) El factor de emisión es un dato muy variable. Su valor mínimo no coincide necesariamente con la hora más barata porque depende de muchos factores. Por tanto, nos vemos obligados a decidir entre economía y emisiones.
- 7) Existen muchas tarjetas controladoras para realizar este proyecto. En el caso de que fuese útil subir datos a la nube, es una buena idea utilizar una conectividad inalámbrica (como WiFi o datos móviles). Hay que tener en cuenta que no todas las librerías que se usan para manejar estos dispositivos son compatibles con todas las plataformas.
- 8) Al año, una familia de 4 miembros gasta un promedio de **6,49 €** en secarse el pelo y la energía necesaria requiere emitir a la atmósfera **4,29 kg. de CO<sub>2</sub>.**

Desde el punto de vista del desarrollo del proyecto, nos gustaría resaltar las siguientes conclusiones:

- 9) La **fase de investigación** ha sido muy extensa pero productiva. En el temario de 4º de ESO existe un tema dedicado a las instalaciones en viviendas donde se estudia la instalación eléctrica, por lo que este proyecto ha servido para repasar las magnitudes eléctricas, los conceptos de potencia y energía, hemos

manipulado y montado tomas de enchufe y hemos aprendido a medir corrientes con diferentes equipos de medida (polímetros y pinzas amperimétricas). Nos ha servido también para ver una aplicación práctica de estos conocimientos.

- 10) También en el temario hemos visto **componentes electrónicos y programación con Arduino**. El proyecto nos ha servido para repasar estos conceptos y para practicar el diseño de algoritmos y la programación. También hemos podido ver una **aplicación práctica de la programación en un caso real**.
- 11) **Creemos que el proyecto aporta algo nuevo** a la sociedad. Hemos visto un ejemplo de cómo gracias a la tecnología, la informática y la programación podemos crear algo útil y que aporta valor. Además, aprender estos conocimientos y poder ir más allá de la teoría nos ha motivado mucho y ahora conocemos mejor cuáles son las salidas profesionales.
- 12) **Hemos trabajado en equipo** en todo momento, aportando nuestras ideas, defendiéndolas y escuchando y respetando las ideas de los demás. Hemos comprobado cómo un buen clima de trabajo y de compañerismo favorece el éxito del proyecto.
- 13) Gracias al medidor **podemos tomar más conciencia de en qué medida nuestras rutinas diarias incrementan el consumo eléctrico**. Hemos comprobado diferentes situaciones y hemos hecho varios experimentos con aparatos domésticos y hemos comprobado en qué circunstancias se producen los mayores picos de consumo.
- 14) Al presentar el proyecto al resto de nuestros compañeros hemos podido practicar cómo hacer una **presentación**. Tuvieron mucho interés en el proyecto y algunos quisieron llevar nuestro dispositivo a sus casas para evaluar su consumo, aumentando así el interés y la sensibilización por nuestro impacto en el consumo energético. Se hizo una puesta en común en tutoría con diferentes aparatos eléctricos, incluso comparando marcas, lo cual fue muy motivador para todos.
- 15) Gracias al proyecto, todo el alumnado de 4º de ESO pudimos trabajar estos **contenidos también en otras materias**: otros profesores hicieron mención del proyecto y trabajaron con él en sus asignaturas, como por ejemplo física y química y biología.

## 11. Vídeo

---

En el canal de YouTube del departamento de tecnología hemos colgado un vídeo con nuestra primera prueba en el taller: hemos medido el consumo de energía del compresor de aire. Se pueden consultar en la dirección:

<https://youtu.be/nexeCHqDUqY>

## 12. Desarrollo de las competencias clave

---

Como toda actividad didáctica, se ha perseguido que con este proyecto el alumnado trabaje y desarrolle la adquisición de las diferentes competencias clave que marca la legislación [23].

Así, este proyecto ha contribuido a desarrollar estas competencias clave mediante las siguientes acciones:

- **Comunicación lingüística (CL):** mediante la lectura comprensiva de las referencias que se han consultado en la fase de investigación, mediante la expresión oral en la fase de ideas y en la presentación a los compañeros y la expresión escrita mediante la elaboración de esta memoria.
- **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT):** mediante la adquisición de los contenidos técnicos con los que se sustenta el proyecto, la electricidad, las magnitudes eléctricas, los conceptos de potencia y energía, las instalaciones eléctricas en las viviendas, los circuitos eléctricos, los sistemas electrónicos, las tarjetas controladoras, el diseño de algoritmos y la programación.
- **Competencia digital (CD):** mediante el diseño del algoritmo que resuelve el problema, la posterior codificación en un lenguaje de programación, mediante la búsqueda de información durante la fase de investigación y mediante la elaboración de gráficos con hojas de cálculo, carteles con programas de diseño y procesadores de textos para la elaboración de esta memoria.
- **Aprender a aprender (CPAA):** se fomenta la autonomía del alumnado mediante la fase de investigación, de lluvia de ideas y durante la de la solución elegida, su construcción y sus pruebas de funcionamiento.
- **Competencias sociales y cívicas (CSC):** mediante la sensibilización en el ahorro energético y el cuidado del medio ambiente, mediante el respeto a las ideas de los demás y una defensa cordial de las ideas propias, mediante el trabajo diario en equipo y la comunicación con el resto de los compañeros.
- **Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE):** mediante la definición y fabricación de un producto tecnológico que no existía, basado en ideas propias.
- **Conciencia y expresiones culturales:** mediante la definición de la estética del producto, la comunicación de ideas al grupo y al resto de los compañeros.

## 13. Referencias

---

1. BP Energy Outlook (informe sobre energía).  
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>
2. Objetivos de desarrollo sostenible (página web del Gobierno de España).  
<https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/home.htm>
3. Objetivos de desarrollo sostenible (página web de la ONU).  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
4. La metodología STEAM.  
<https://aulica.com.ar/educacion-modelo-steam/>
5. El método de proyectos  
M. Hacker y otros, “*Living with Technology*”. Delmar Technology Series, ed. Glencoe/McGraw-Hill.
6. Las etiquetas energéticas. Página de la Organización de Consumidores y Usuarios explicando en qué consisten.  
<https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/equipamiento-hogar/noticias/cambio-certificacion-energetica>
7. Relación entre energía eléctrica y potencia y forma de calcularlas.  
<https://www.portaleducativo.net/octavo-basico/829/potencia-y-energia-electrica>
8. Cómo conocer el consumo eléctrico de una vivienda (consulta a través de web)  
<https://www.genbeta.com/web/como-saber-consumo-electrico-tiempo-real-casa>
9. Instrumentos para la medida de la corriente eléctrica.

- <https://es.scribd.com/document/373048938/Formas-de-medir-electricidad-y-sus-instrumentos>
10. Cómo utilizar una pinza amperimétrica.  
[https://www.thesergioscorner.com/post/como-usar-una-pinza-amperimétrica](https://www.thesergioscorner.com/post/como-usar-una-pinza-amperimetrica)
  11. Tarjetas controladoras Arduino (página web oficial).  
<https://www.arduino.cc>
  12. Hoja de características sensores ACS712.  
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/174116/ALLEGRO/ACS712.html>
  13. Comparativa diferentes tarjetas controladoras Arduino.  
<https://solectroshop.com/es/blog/comparacion-de-placas-arduino-con-recomendaciones-de-solectroshop-n5>
  14. Tipos de pantallas.  
<https://solectroshop.com/es/blog/lcd-led-oled-conoces-la-diferencia-y-que-son-n88>
  15. Tienda de componentes “solectroshop”.  
<http://www.solectroshop.com>
  16. Tienda de componentes “el electrón perdido”.  
<https://electronperdido.com>
  17. Comunicaciones a través del puerto I2C.  
<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/>
  18. Arduino y comunicaciones I2C.  
<https://www.luisllamas.es/arduino-i2c/>
  19. Cálculo de parámetros circuito corriente alterna.  
<https://electronica.guru/questions/66984/como-calculo-o-mido-todos-los-valores-en-un-circuito-de-ca-s>
  20. Cómo funciona un secador de pelo.  
<https://comofunciona.co.com/el-secador-de-pelo/>
  21. Página web de Red Eléctrica Española.  
<https://www.esios.ree.es/es/generacion-y-consumo>
  22. Concepto de CO<sub>2</sub> equivalente.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/CO<sub>2</sub>\\_equivalente](https://es.wikipedia.org/wiki/CO2_equivalente)
  23. Competencias clave en el sistema educativo.  
<https://educagob.educacionyfp.gob.es/curriculo/curriculo-actual/competencias-clave.html>