



Iniciación a la Investigación 2023

Accésit - Modalidad B

Equipo Roboluti_on de 4º de la ESO del IES Hermanos Amorós de Villena:

Mohamed Amine Lazaar, Yeray Canto, Kevin Fabián Ladino, Carlos Candela, Javier Azorín, Soraya Ugeda, Alvaro Sanjuan, Lucia Barceló, Gevorg Harutyunyan, Kevin Héctor Julián Pérez, Laura Pastor, Fernando Martínez y Andrea Francés.

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN

2.- NUESTRO PROYECTO

3.- ¿QUÉ CONSEGUIMOS?

3.1.- ENERGÍAS LIMPIAS Y REDUCCIÓN DE CO2 EN LA ATMÓSFERA

3.2.- CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
DE LA AGENDA 2030

4.- ANEXO I. CÁLCULOS REALIZADOS

5.- ANEXO II. ESTUDIO ECONÓMICO

6.- ANEXO III. VIABILIDAD

7.- BIBLIOGRAFÍA

7.1.- FUENTES ORALES

7.2.- WEBGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

Inquietos por el futuro que nos depara dadas las noticias medioambientales y sociales que nos bombardean diariamente, nos sentimos obligados a ayudar a este mundo que tanto lo necesita. ¿Qué puede aportar un grupo de estudiantes de 4º ESO?

Todos los días escuchamos lo importante que es para el medio ambiente el uso de energías limpias, el consumo razonable de las mismas y el almacenamiento sostenible de la energía.

La generación de esas energías, aun dependiendo de muchos factores, está en una fase avanzada de desarrollo, pero el almacenamiento a gran escala y sostenible no está lo suficientemente investigado y mucha energía limpia se desperdicia por no tener ni dónde ni cómo guardarla.

Movidos por ese desasosiego decidimos investigar cómo estaba la situación actual en nuestro entorno y buscar una solución viable y sostenible que hiciera nuestra vida mucho mejor.

“Lo que puedes hacer hoy, puede mejorar todos tus mañanas” (Ralph Marston)

2.- NUESTRO PROYECTO

El almacenamiento **de energía** es la gran asignatura pendiente para dar respaldo a las renovables, no solo cuando no haya sol y viento, sino para aprovechar el excedente que se produzca cuando generen por encima de la demanda.

No es la primera vez que se denuncia en redes sociales que se están **parando parques eólicos porque se está produciendo más generación eléctrica que demanda**. Lo relevante es que esta circunstancia se está produciendo con más frecuencia a medida que entran en operación **más parques fotovoltaicos que incorporan su producción solar** al sistema eléctrico.

Por eso, hay un movimiento cada vez más creciente de empresas que quieren invertir en almacenamiento.

Un tema muy interesante, que nos hizo ponernos manos a la obra, analizando la situación y posibilidades de nuestro entorno. Tenemos muy claro que queremos trabajar con energía limpia. No tenemos mar, no tenemos grandes gradientes de temperatura en el subsuelo, no tenemos una importante fuente de biomasa, por lo que poco podemos aportar a la producción de energía que no se esté utilizando ya. Sí que disponemos de mucho sol y viento.



La energía que producen estas fuentes es elevada, pero de todos es sabido que su producción depende de muchos factores: estación del año, hora del día, meteorología...



¿Sería posible disponer de esa energía limpia cuando esos factores no fueran favorables?

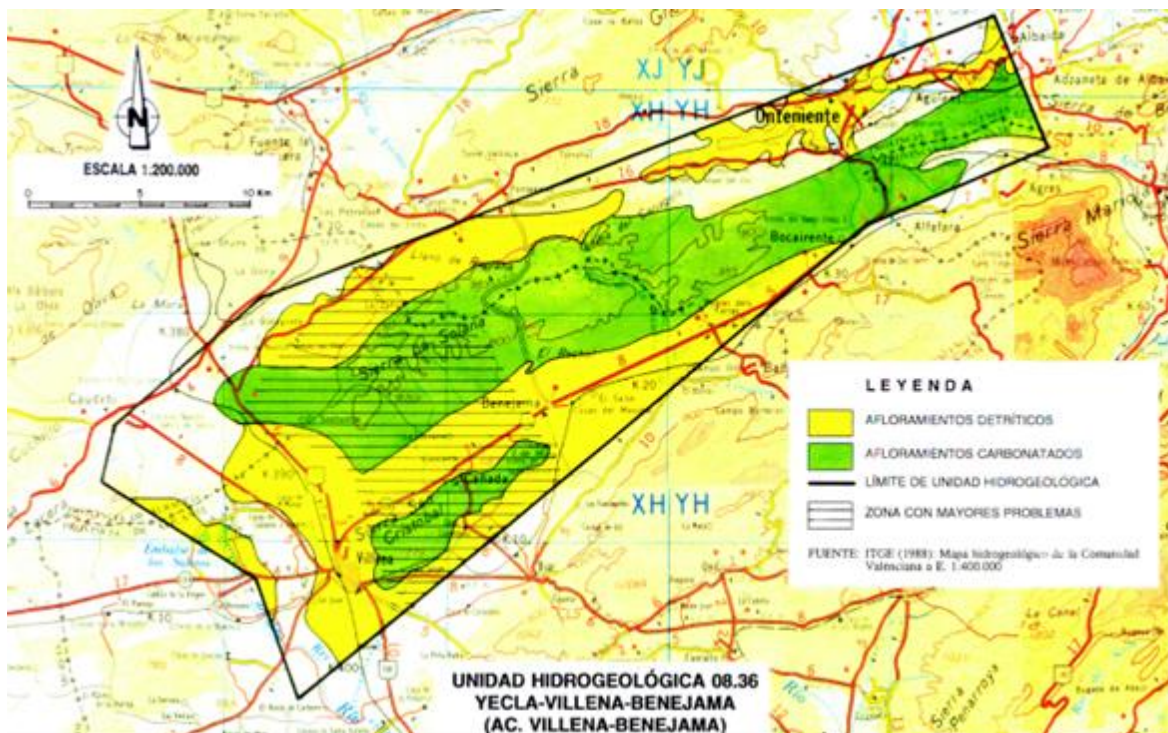
Las tecnologías de almacenamiento son fundamentales para el desarrollo de las renovables porque estabilizan la red energética.

TAN IMPORTANTE ES PODER GENERAR ENERGÍA COMO ALMACENARLA.

Actualmente el único sistema de almacenamiento de energía a gran escala y operativo es acumulándola en forma de agua. Las baterías son muy caras, poco sostenibles y sólo se pueden usar para pequeñas potencias.

Nuestro entorno no cuenta con grandes ríos. No es una zona de lluvias abundantes... ¿de dónde vamos a sacar el agua?

El subsuelo calcáreo de nuestra comarca almacena una gran cantidad de agua en sus acuíferos. Mediante bombeo, abastece a los numerosos embalses que existen. Esto nos abre una ventana al almacenamiento de energía. Sólo necesitamos el desnivel suficiente para mover una turbina.



Fuente:IGME 1985 Mapa Hidrogeológico de España

En un principio pensamos en utilizar el desnivel existente entre el acuífero y el embalse, soltando el agua desde el embalse hasta el acuífero en los momentos de mayor demanda de energía.

Tenemos la suerte de contar con la amistad y profesionalidad de Juanjo Rodes, ingeniero de minas y asesor técnico de aguas. Le contamos nuestra idea y se brindó a venir a nuestro centro acompañado de Ismael Gil, jefe de explotación de la comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó, a asesorarnos sobre nuestro proyecto. La idea les pareció muy buena pero no la veían viable. En primer lugar, por los problemas técnicos e incluso burocráticos que conlleva. Aun siendo ciertos esos problemas, con un buen presupuesto y mucha paciencia estábamos seguros de que podrían resolverse. El verdadero problema no lo habíamos tenido en cuenta y es mucho más grave. Si inyectamos agua del embalse al acuífero podríamos estar contaminándolo, con todo lo que puede implicar para la salud de las personas. Está totalmente prohibido revertir agua a un acuífero utilizando las conexiones con los embalses.

Tuvimos que buscar un plan alternativo.

Lo que sí es cierto es que tenemos una gran cantidad de agua almacenada en los embalses de riego. Por motivos estratégicos, algunos están situados a bastante altura. En lugar de devolver esa agua a los acuíferos como teníamos pensando inicialmente, podemos hacerlo hacia otros de menor cota en los momentos de mayor demanda, impulsando las turbinas y produciendo energía que inyectaremos a la red.

Cuando el consumo desciende, se produce en la red un excedente de energía eléctrica, período que aprovecharemos para volver a bombear agua hacia los puntos más altos. De esta forma conseguimos almacenar energía, algo que todavía no se había conseguido sin usar baterías.

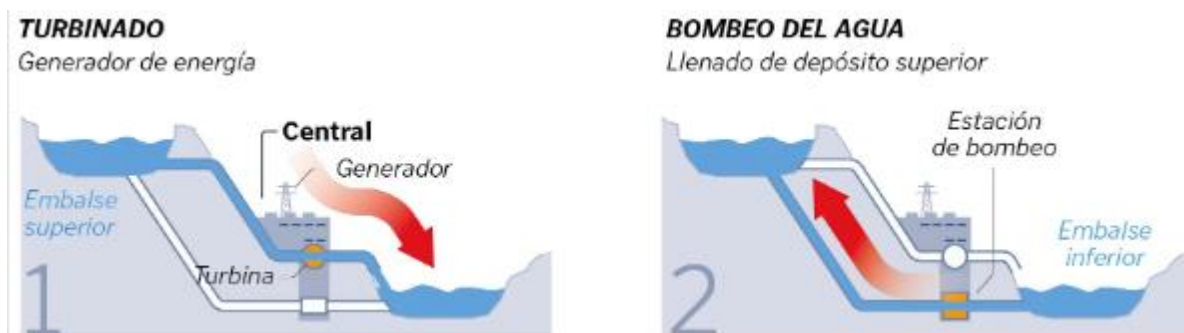
Intentamos pues, implementar esta idea en nuestra comarca, utilizando uno de los muchos embalses de agua de riego que hay, para convertirlo en una central hidroeléctrica de bombeo.



El Embalse de la Cuesta está situado en nuestro término municipal, una infraestructura que tiene una gran importancia estratégica, tanto para recibir los recursos hídricos del Júcar, como para abastecer de riego a los cultivos de su alrededor. Tiene una capacidad de 0,6 hm³, una superficie aproximada de 62000 m² y se encuentra a 570 m de altitud (coordenadas 38° 41' 47''N, 0° 54' 23''W)

Disponemos de otro embalse de unos 12000 m², 52 m más abajo (coordenadas 38° 41' 37''N, 0° 56' 10''W).

Nuestro proyecto consiste en utilizar el agua del embalse de La Cuesta para almacenar energía y utilizarla cuando sea necesaria. Para ello soltaremos agua al embalse inferior cuando haya demanda generando la energía mediante unas turbinas, y aprovecharemos los excedentes de energía de la red para bombear agua de la cota inferior a la superior.



3.- ¿QUÉ CONSEGUIMOS?

3.1. ENERGÍAS LIMPIAS Y REDUCCIÓN DE CO2 EN LA ATMÓSFERA

Con los cálculos que se muestran en el **ANEXO I**, se obtiene que el embalse de La Cuesta tiene 85 Mwh de energía potencial acumulada. Dejándola caer con un caudal de 5 m³/s y suponiendo un rendimiento del 80% conseguimos generar más de 2000 Kw. Si turbinamos durante 4 horas, las de mayor demanda, se puede generar más de 8000 Kwh al día, lo que supone una media de 2920000 Kwh/año, y evita más de 1700 toneladas de CO2.

Se calcula que el consumo medio diario de un hogar en España es de 9 Kwh, por lo que podremos abastecer a más 900 hogares al día. Si suponemos que en esas 4 horas que estamos turbinando (las de mayor demanda) en los hogares se consumen la mitad de la energía total (4,5 Kwh), en ese pico podríamos abastecer a 1810 viviendas. Calculando un hogar medio de 2.5 pax/hogar, podríamos abastecer a una población de 4545 personas. La mayoría de los pueblos de nuestra comarca tiene menos habitantes. Cañada tiene 1200 hab; Camp de Mirra, 400 hab; Beneixama, 1700; Biar 3600.

Cabe recordar que esta producción es instantánea y a demanda.

En la superficie del embalse de La Cuesta se instalarían paneles solares flotantes.



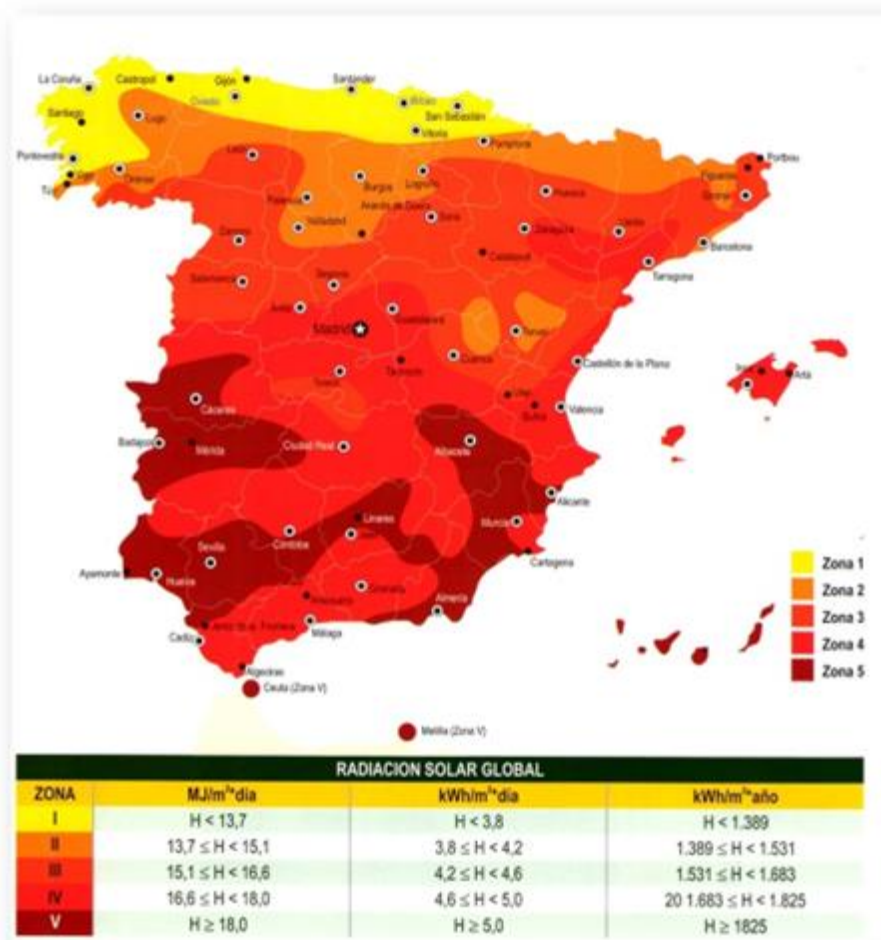
Con ello conseguimos:

- Reducir el consumo de energía en la extracción de agua.
- Evitar las elevadas tasas de evaporación, favoreciendo así el ahorro de agua, tan necesario en la situación de sequía que se sufre en nuestra comarca.
- Evitar la proliferación de algas no deseadas y así conseguir una mejora de la calidad del agua , algo fundamental para las instalaciones de riego.
- Aumentar el rendimiento de los módulos fotovoltaicos en torno a un 10% o un 15% por su efecto refrigerador.
- Mitigar la problemática del espacio terrestre, pues sabemos que hay una oposición social por las grandes plantas solares que ocupan territorio agrícola.

- Volcar a la red general el excedente de energía a través de los proyectos de interconexión existentes.

Y generamos lo siguiente:

La superficie total del embalse es de aproximadamente 62000 m². Por cada m² llegan a la tierra 1000 w de energía procedente del sol. Con las placas actuales obtenemos un rendimiento aproximado del 20%, por lo que tenemos capacidad para producir un total de 2400 kw



La provincia de Alicante tiene una media de 3397 horas de sol al año, lo que supone una media de 9 horas al día. De ellas, 6 horas corresponden a lo que los técnicos llaman HPS, horas de pico solar, en las que la producción es máxima, por tanto, la

energía que se obtiene al día con nuestra granja solar será de 74400 Kwh, que supone 27156 MWh/año, y evita casi 17000 toneladas de CO2 al año.

3.2. CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030



Como es obvio, nuestro proyecto tiene un impacto muy importante y una repercusión directa en los agricultores, en los consumidores, en el medio ambiente.....contribuyendo de forma extraordinaria a conseguir muchos de los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030:

- Rebajando los costes de la energía conseguimos ayudar al fin de la pobreza (1)
- Conseguimos energía asequible y no contaminante (7) colaborando a conseguir el objetivo del 70% de generación renovable.
- Infraestructura e innovación para producir energía sin emisiones de CO2 (9)
- Ciudades y comunidades sostenibles(11)

-Producción sostenible que contribuye a cuidar la naturaleza y frenar el cambio climático (12)

- Con el uso de energías limpias ayudamos a paliar el cambio climático (13)

-Con las placas solares flotantes detenemos la degradación de las tierras y la biodiversidad (15)

4.- ANEXO I

CÁLCULOS REALIZADOS.

Para hacer los cálculos de nuestro sistema de almacenamiento de energía vamos a partir de los siguientes datos:

El embalse superior tiene una capacidad de 0.6 Hm^3 , existiendo un desnivel de 52 m entre este y el inferior. Con estos datos podemos calcular la energía acumulada en forma de energía potencial:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0.6 \cdot 10^9 \cdot 9.8 \cdot 52 = 85000 \text{ kWh}$$

Esta es la energía que tenemos almacenada en nuestro embalse superior solo por el hecho de estar a una altura de 52 m.

Si la dejamos caer con un caudal de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, podemos calcular la potencia que somos capaces de generar por segundo:

$$\Delta E_p / \Delta t = 5000 \text{ kg/s} \cdot 9.8 \text{ m/s} \cdot 52 \text{ m} = 2548000 \text{ J/s}$$

Considerando un rendimiento del sistema del 80%, y pasando los J/s a kW, obtenemos la potencia que podemos generar por hora

$$P \text{ generada} = 2548 \cdot 0.8 = 2038 \text{ kW}$$

Turbinando una media de 4 horas diarias, generaríamos

$$\text{Energía al "día"} = 2038 \cdot 4 = 8152 \text{ kWh}$$

Se calcula que el consumo medio diario de un hogar en España es de 9 kWh, por lo que podremos abastecer a

$$8152 / 9 = 905 \text{ hogares "al día"}$$

Si suponemos que en esas 4 horas que estamos turbinando (las de mayor demanda) en los hogares se consumen la mitad de la energía total (4,5kWh), en ese pico podríamos abastecer a $8152/4,5 = 1810$ viviendas.

O lo que es lo mismo, calculando un hogar medio de 2.5 pax/hogar, podríamos abastecer a una población de 4545 personas (cualquier pueblo de nuestra comarca tiene menos habitantes).

Cabe recordar que esta producción es instantánea y a demanda.

Con respecto a la cubierta solar, los cálculos son los siguientes:

La superficie total del embalse es de aproximadamente 62000 m². Por cada m² llegan a la tierra 1000 w de energía procedente del sol. Con las placas actuales obtenemos un rendimiento aproximado del 20%, por lo que tenemos capacidad para producir un total de

$$62000 \text{ m}^2 * 0.2 \text{ kW/ m}^2 = 12400 \text{ kW}$$

La provincia de Alicante tiene una media de 3397 horas de sol al año, lo que supone una media de 9 horas al día. De ellas, 6 horas corresponden a lo que los técnicos llaman HPS, horas de pico solar, en las que la producción es máxima, por tanto, la energía que se obtiene al día con nuestra granja solar será de

$$12400 * 6 = 74400 \text{ kWh.}$$

De acuerdo con la Federación Europea de la Industria Solar Térmica, **por cada kWh que produzcamos de energía renovable y dejemos de comprar de la red eléctrica, estaríamos evitando la emisión de 600 gramos de CO2**. La central de bombeo de nuestro proyecto produce 2920000 kWh/año, por lo que permite ahorrar:

$2920000 * 0,6 = 1752000 \text{ Kg} = 1752 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ al año.}$

Con la granja solar se produce 27156 MWh/año, y esto permite ahorrar:

$27156000 * 0,6 = 16293600 \text{ Kg} = 16293,6 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ al año.}$

En total ahorraríamos 18675,6 toneladas de CO₂ al año con nuestro proyecto

5.- ANEXO II

ESTUDIO ECONÓMICO

Presupuesto

Obra civil: conexión soterrada de polietileno entre los dos embalses y edificación:	820000,00 €
Instalación flotante (incluye placas solares más instalación): 75 €/m ² Para una superficie total de embalse de 62000 m ² :	4650000,00 €
Instalación de conjunto de bombeo y turbina:	2450000,00 €
Transformadores y líneas de alta tensión:	760000, 00 €
<u>Total presupuesto:</u>	8680000, 00 €

6.- ANEXO III

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD

En una instalación de esta naturaleza es difícil y en parte engañoso hablar de ingresos, ya que la legislación es cambiante y sobre todo porque los precios de mercado sufren una alta fluctuación. A modo de ejemplo, la evolución de los precios del Mw en España ha sido la siguiente:

AÑO	PRECIO Mw	VALOR ENERGÍA PRODUCIDA
2022	200	6000000€
2021	112	3360000€
2020	34	1020000€
2019	48	144000€

Si nuestra central es capaz de generar 30000 Mw al año y el precio medio de este en España en 2022 ha sido de 200 € el Mw, generarían 6 millones de euros anuales, con lo que su amortización se conseguiría en poco más de un año.

7.- BIBLIOGRAFÍA.

7. 1.- FUENTES ORALES

- **M^a CARMEN MAYORAL.** Científica Titular. Jefa del Departamento de Procesos Químicos y Nanotecnología en Instituto de Carboquímica ICB-CSIC. Vicepresidenta Ejecutiva de la Comisión de Mujer y Ciencia del CSIC. Vicepresidenta de AMIT.
- **JUANJO RODES MARTÍNEZ.** Ingeniero de Minas. Consultor de aguas, Minería, Seguridad y Salud y Trabajos Especiales: subacuáticos, confinados y verticales.
- **ISMAEL GIL HERNÁNDEZ.** Ingeniero Agrónomo. Jefe de explotación de la comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó.
- **JULIÁN VÉLEZ DEL REY.** Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Valencia, Profesor de Física del IES Hermanos Amorós.
- **MARTÍ COMAS SEGURA.** Ingeniero de Diseño. Trabajo fin de Grado, UPV 2022.
- **ALBERTO PASCUAL MOLINS.** Ingeniero de Obras Públicas. Profesor de Tecnologías en el IES Hermanos Amorós.
- **WLADIMIR LÓPEZ DE ZAMORA HERRERO.** Ingeniero Mecánico. Director del equipo ROBOLUTI_ON. Profesor de Tecnologías del IES Hermanos Amorós y director del actual proyecto.
- **ENCARNA MORA GONZÁLEZ.** Licenciada en Ciencias Matemáticas por la Universidad de Valencia. Directora del equipo ROBOLUTI_ON. Profesora de Matemáticas del IES Hermanos Amorós y directora del actual proyecto.

7. 2.- WEBGRAFÍA

- RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA. <http://www.ree.es>
- ISIFLOATING. <https://www.isifloating.com>
- IBERDROLA. <http://www.iberdrola.es>
- WOELD ENERGY TRADE. <https://www.worldenergytrade.com>
- GENERADOR DE PRECIOS. <http://generadordeprecios.info>
- FUNDACIÓN DESQBRE. <https://fundaciondescubre.es/>
- CSIC INSTITUTO DE BARBOQUÍMICA. <https://www.icb.csic.es/>
- ENERGÍAS RENOVABLES. <https://www.energias-renovables.com/>
- [Problema del almacenamiento renovable](#)
- [Almacenamiento a gran escala](#)
- [Formas de almacenar energía](#)
- [Parque solar flotante](#)