



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS
CLAVES

POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO HIDRÁULICO

Carlos Granell. SPANCOLD

Javier Baztán. SPANCOLD

Francisco Javier Enseñat. SPANCOLD

CENTRALES REVERSIBLES

- **Bombean grandes volúmenes de agua desde un embalse inferior a un vaso superior** durante en horas de valle de días laborables y de fines de semana y lo turbinan durante las horas punta de demanda.
- **Tienen elevada garantía de funcionamiento y muy alta flexibilidad**, pudiendo arrancar en muy poco tiempo y parar o variar carga de forma prácticamente instantánea.
- Aprovechamientos hidroeléctricos que transforman energía de baja calidad y bajo coste en energía regulada de punta con un coste mucho más elevado.

- > Clave para garantizar la **seguridad del suministro**.
- > **Respaldo del despliegue renovable**, aportando flexibilidad al sistema y estabilidad a la red.

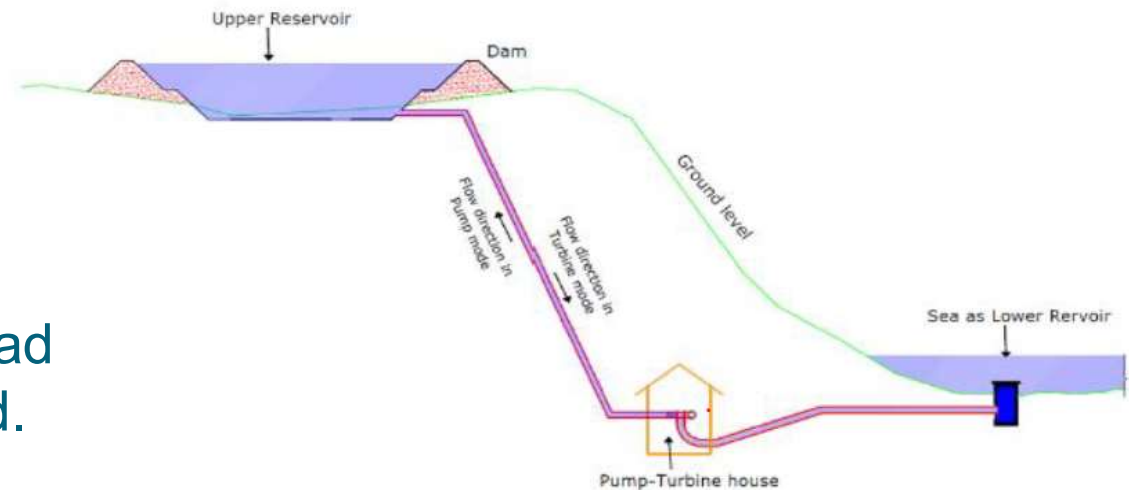


Figure A4-1: Typical sketch of seawater pumped storage system

CENTRALES REVERSIBLES. EL PNIEC

➤ **PNIEC 2021- 2030** España 42% de renovables sobre el consumo final de energía

Generación eléctrica renovable el 74% del total en 2030, **100% en 2050**

Previsión de potencia instalada **en 2030 de 157 GW** (50 GW eólicos, 37 GW Fotovoltaicos, 27 GW ciclos, 16 Hidráulicos y 8 GW bombeos, 7 GW solar térmica y 3 GW nuclear).

Implica **6 GW adicionales de almacenamiento (Bombeo y baterías)**

- **Estrategia de almacenamiento.** 09/02/2021 Construir un mercado de capacidad mediante subastas para fomentar las inversiones. 20 GW en 2030, 30 GW en 2050
- **Ayudas PERTE** 12/21 para proyectos innovadores de almacenamiento energético (hasta 150 millones de euros)

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES: AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA

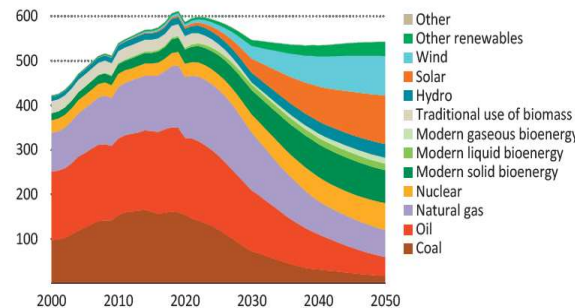
EL INFORME 'Net Zero' DE LA AIE PIDE DUPLICAR LA CAPACIDAD HIDROELÉCTRICA PARA 2050

El histórico informe de la Agencia Internacional de la Energía '**Net Zero by 2050**', publicado el 19 de mayo de 2019, indica que la energía solar fotovoltaica y eólica generarán la gran mayoría de la electricidad, la capacidad hidroeléctrica global también necesitará crecer significativamente, **“duplicándose para 2050”**.

El informe afirma que la energía hidroeléctrica de almacenamiento **“ofrece un medio atractivo para brindar flexibilidad en cuestión de horas y días”**.

“Dado el largo tiempo de espera para el desarrollo de la energía hidroeléctrica, hacemos **una llamada a los gobiernos** para que creen un **entorno propicio para la energía hidroeléctrica sostenible** a fin de optimizar la generación a partir de energías renovables bajas en carbono ahora”.

"La energía hidroeléctrica **es el gigante olvidado** de la electricidad limpia, y **debe volver a colocarse de lleno en la agenda energética y climática si los países** se toman en serio el cumplimiento de sus objetivos de cero emisiones", AIE, Fatih Birol, (2021).



CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES EN EL MUNDO



- **Potencia instalada**

En el mundo **158 GW**. Prevista la puesta en servicio de **78 GW adicionales antes de 2030**

En Europa la capacidad alcanza los 57 GW

En España actualmente 3,3 GW de bombeo puro + 2,7 GW mixto

- **Energía almacenada**

De acuerdo a IHA, existen en el mundo **9.000 GWh de almacenamiento por bombeo**, frente a los 7 GWh en almacenamiento de baterías. (**97% energía almacenada**)

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES EN EL MUNDO

Las 10 mayores centrales reversibles

- 1. Central de Bath County. 3.003 MW. Estados Unidos
- 2. Central de Huizhou. 2.448 MW. China
- 3. Central de Guangdong o Guangzhou. 2.400 MW. China
- 4. Central de Okutataragi. 1.942 MW. Japón
- 5. Central de Ludington. 1.872 MW. Estados Unidos
- 6. Central de Tianhuangping. 1.836 MW. China
- 7. Central de Tumut-3. 1.800 MW. Australia
- 8. Central de Grand'Maison. 1.800 MW. Francia
- 9. Cortes-La Muela. 1.772 MW. España
- 10. Central de Dinorwig. 1.728 MW. Reino Unido

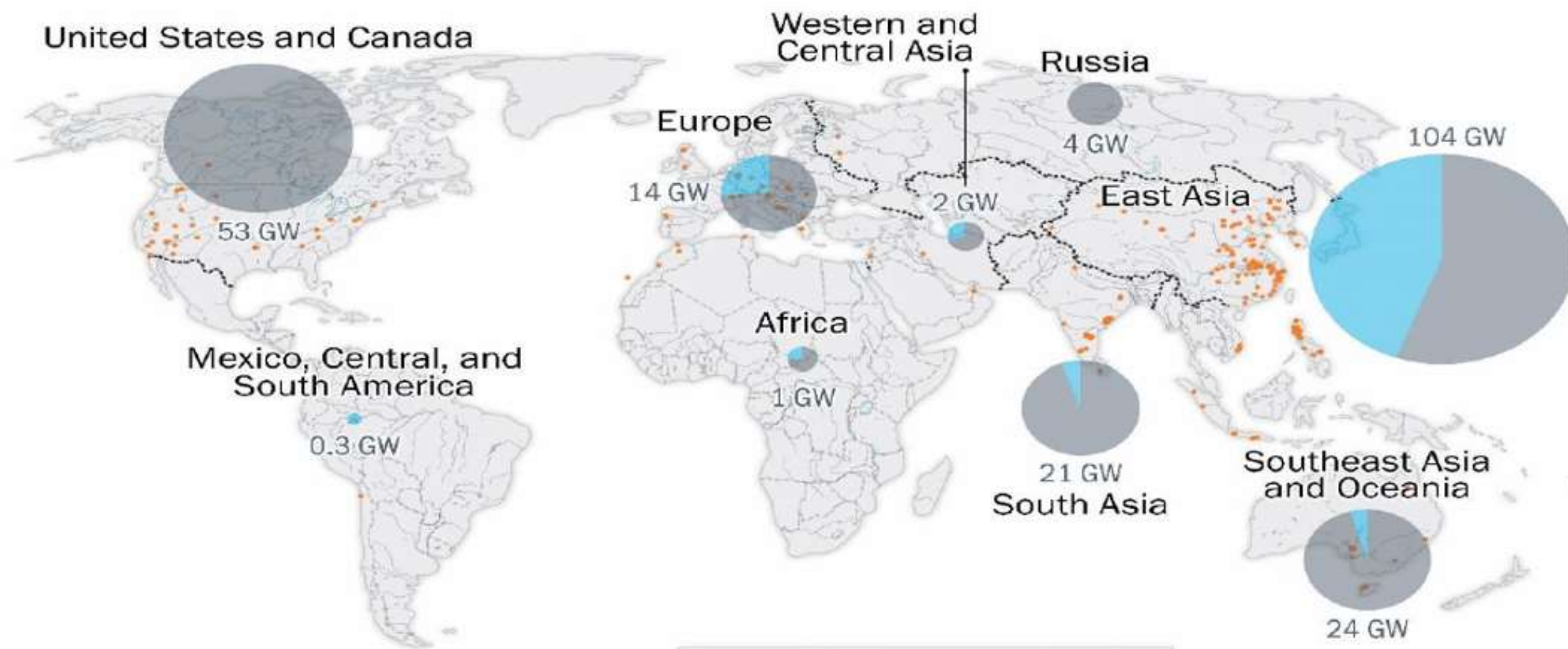


Cortes-La Muela I + II. 1.772 MW. España

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES EN EL MUNDO



Note: Geolocated points and pie charts only include projects ≥ 10 MW.

Development Stage

- Permitting and Development
- Under Construction

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES: CARACTERÍSTICAS

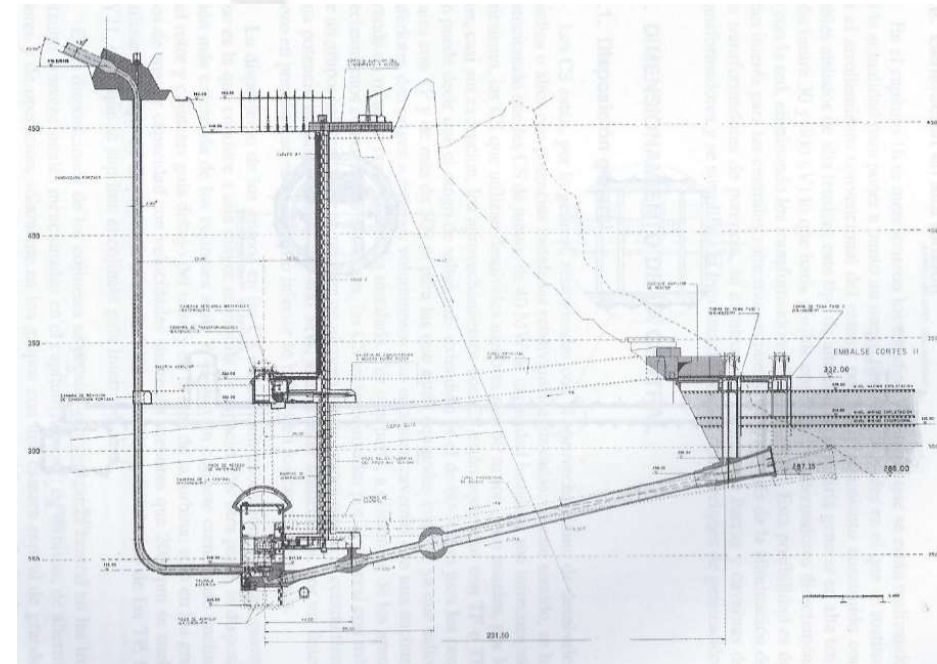
- **Diseño**

No existe dependencia con caudal natural, existe gran libertad de elección de emplazamiento

Pueden ser **de ciclo diario** (5-8 horas de turbinación); ciclo semanal (15-20 horas). O menos frecuente, **ciclo mensual y estacional** que permiten almacenar energía vertida en períodos de aguas altas (ej. Villarino con embalse superior de 2.475 Hm³ en el río Tormes recibe las aportaciones durante aguas altas del río Duero).

Desnivel utilizado grande, índice $L/H < 10$ (o incluso 5); La Muela $L/H = 2,4$ no dispone de túnel superior ni de chimeneas de equilibrio

Búsqueda de emplazamientos con grandes saltos, reduce el coste específico del aprovechamiento



CENTRALES REVERSIBLES: CARACTERÍSTICAS

- **Ubicación e impacto ambiental**

No consumen agua, no están ligadas a la hidrología y por tanto puede ubicarse en zonas muy áridas (p ej. Centrales en desarrollo en Israel, Arabia Saudí) o incluso fuera de los cauces de ríos (próximos a centros de consumo).

Para reducir su impacto ambiental, es posible aprovechar embalses existentes para la toma inferior, con la construcción de una balsa en puntos altos del valle. En muchas ocasiones pueden aprovecharse dos embalses próximos. **(En España tenemos más de 1200 grandes presas)**

- **Potencia instalada**

Permiten la instalación de grandes potencias (200-1.500 MW), sólo condicionadas por el desnivel topográfico (100-800 m), los diámetros constructivos de las conducciones, tiempo de almacenamiento (diario/semanal – estacional), tiempo de respuesta y el volumen máximo de las balsas requeridas.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES: CARACTERÍSTICAS

- **Madurez de la tecnología**

Fiabilidad demostrada en funcionamiento más de 50 años (construcción masiva décadas de los 70 y 80's).

Incluso los últimos desarrollos con velocidad variable cuentan con más de 10 años de funcionamiento. Empleo de tecnología punta de bajo riesgo

- **Vida útil**

La vida útil de la **obra civil es muy elevada (100 años)**

La vida útil de los **equipos (turbo-bomba, generador, transformador, etc.) alcanza los 50 años** sin apenas deteriorar su rendimiento, siendo necesario un mantenimiento muy reducido.

No se deteriora su capacidad de almacenamiento.



CENTRALES REVERSIBLES: CARACTERÍSTICAS

- **CAPEX y OPEX**

El coste de instalación en términos de **potencia puede oscilar dependiendo del emplazamiento entre los 500–1.500 €/kW**, muy inferior a una hidráulica convencional

El coste de instalación en términos de energía almacenada puede oscilar dependiendo de la capacidad de los embalses entre los **50–200 €/kWh almacenado**

Los **costes de operación y mantenimiento son bajos** en comparación con la alta potencia instalada y el alto volumen de energía almacenado



ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES: CARACTERÍSTICAS

Flexibilidad operativa

Contribuyen al control de la operación del sistema eléctrico, adecuando la potencia generada a la demanda instantánea y por lo tanto regulando la frecuencia de la red.

Facilitan el seguimiento de carga cuando se produce una variación brusca o muy rápida de la demanda del sistema, que puede ser motivada por el disparo de un grupo térmico grande.

Constituyen una reserva rodante de potencia de utilización inmediata, ya sea incrementando potencia de las turbinas sincronizadas o parando bombas en funcionamiento

Proporcionan reserva de potencia de utilización rápida (del orden de un minuto) arrancando turbinas desde situación de parada y válvula de guarda cerrada.

Actúan como compensadores síncronos pudiendo generar o absorber potencia reactiva, mejorando el factor de potencia y el voltaje de la red.

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

CENTRALES REVERSIBLES: BARRERAS Y DESAFÍOS

Lentitud administrativa

Largo período de construcción

Incertidumbre en la retribución

El proceso de aprobación administrativa de las nuevas inversiones y el desarrollo de la nueva regulación del mercado eléctrico se configuran como los mayores riesgos

Gran incertidumbre sobre la rentabilidad de las inversiones futuras

- ✓ Desempeñarán un papel distinto al actual en un sistema eléctrico “renovable”
- ✓ Ingresos inciertos , ligados a nuevas regulaciones y servicios que presten
- ✓ Incremento previsible del costes de equipos y materiales.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

> 24 nuevos proyectos de centrales hidroeléctricas reversibles (>19.000 MW).

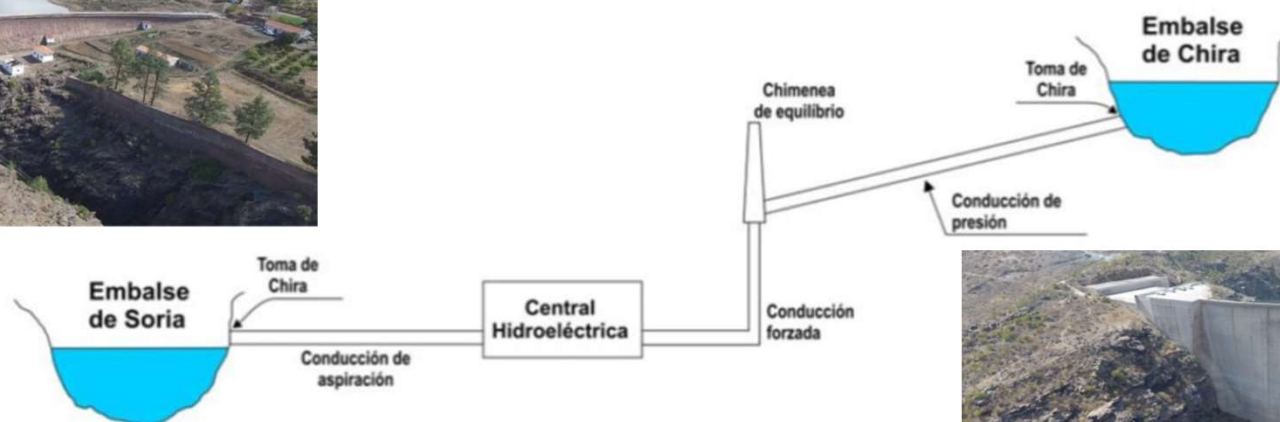
Centrales Reversibles en desarrollo (2021)

Central	Ubicación	Potencia (MW)	Promotor
Navaleo	Leon	552	Lamelas Vitoria
Gironés	Cataluña	3400	Romero & Polo
Mont Negre	Zaragoza	3300	Ingeniería Potificia
Velilla del río	Palencia	144	CDR Tremor
Mar de Aragón	Aragón	318	
Los Guajares	Granada	356	Villar Mir Energía
Doiras	Asturias	400	Magtel
La Barca	Asturias	300	Magtel
Salime	Asturias	265	Magtel
El Batán	Navarra	2160	Atalaya Generación
La Serrana	Cuenca	1456	Atalaya Generación
Gavilán 3	Teruel	652	Atalaya Generación
La Barca	Asturias	453	EDP
Meirama	A coruña	366	Capital Energy
Salto del Navia	Asturias	300	Capital Energy
Prada	Ourense	160	Magtel
As pontes	A coruña	570	Reganosa y EDP
As pontes	A coruña	500	Endesa
Vilariño de Conso	Ourense	900	Iberdrola
Chira-Soria	Gran Canaria	200	REE
Aguayo II	Cantabria	994	Repsol
El atazar	Madrid	125	Magtel
O Valadouro	Lugo	936	Atalaya Generación
Salas - Conchas	Ourense	375	Naturgy

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

SALTO DE CHIRA



- Potencia nominal en turbina 200 MW
- $Q=68,4 \text{ m}^3/\text{s}$
- Salto Bruto: 357,23 m

CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

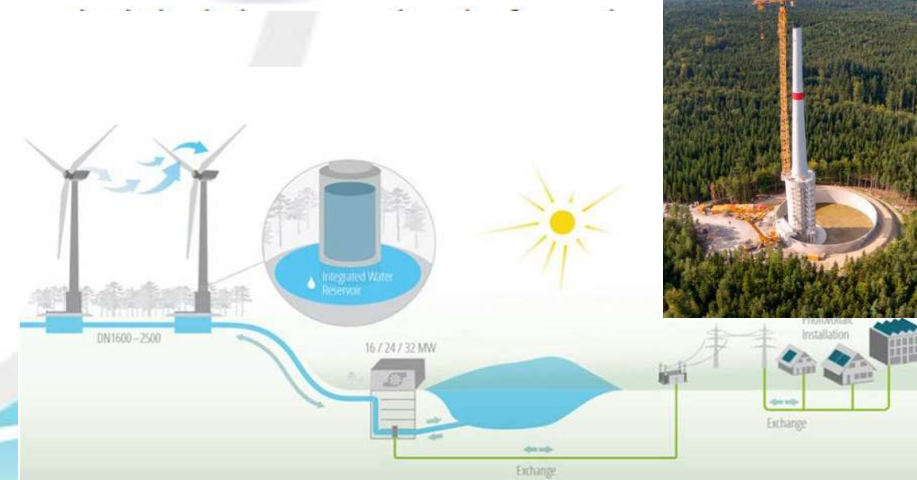
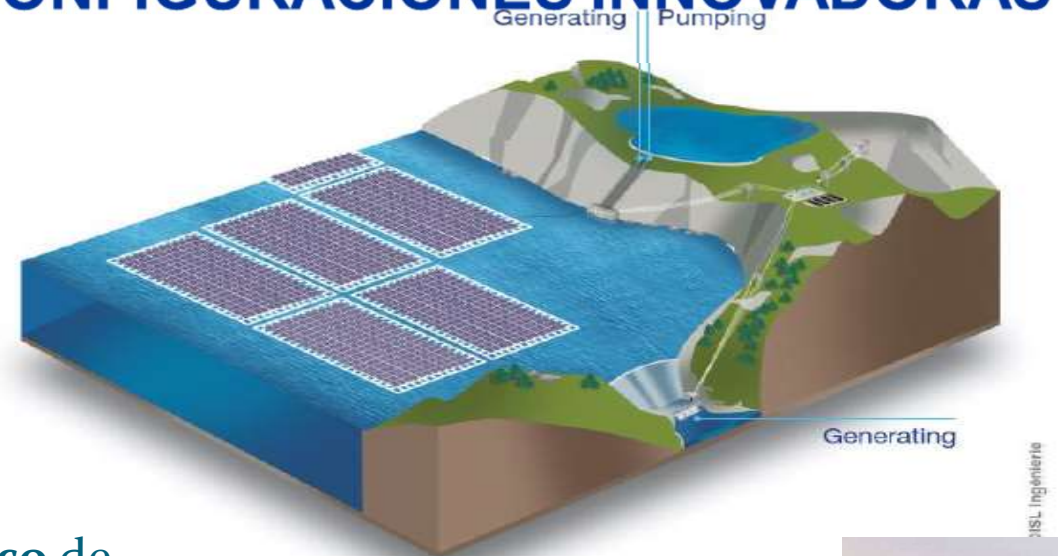
CENTRALES REVERSIBLES. CONFIGURACIONES INNOVADORAS

Híbridación de energía solar fotovoltaica

Con energía solar para proporcionar energía con mínimo impacto ambiental.

El MITECO ha sacado a información pública el Real Decreto que regulará la instalación de plantas fotovoltaicas flotantes (Marzo 2022)

El **proyecto de hibridación eólico-hidráulico** de Gaildorf, ubicado en el bosque de Swabian Franconian de Alemania en las tierras altas de Limburger Berge entró en servicio en Enero de 2018. Es un buen ejemplo de dos tecnologías **físicamente integradas** para suministrar energía renovable confiable, y con **muy buena integración medioambiental**.

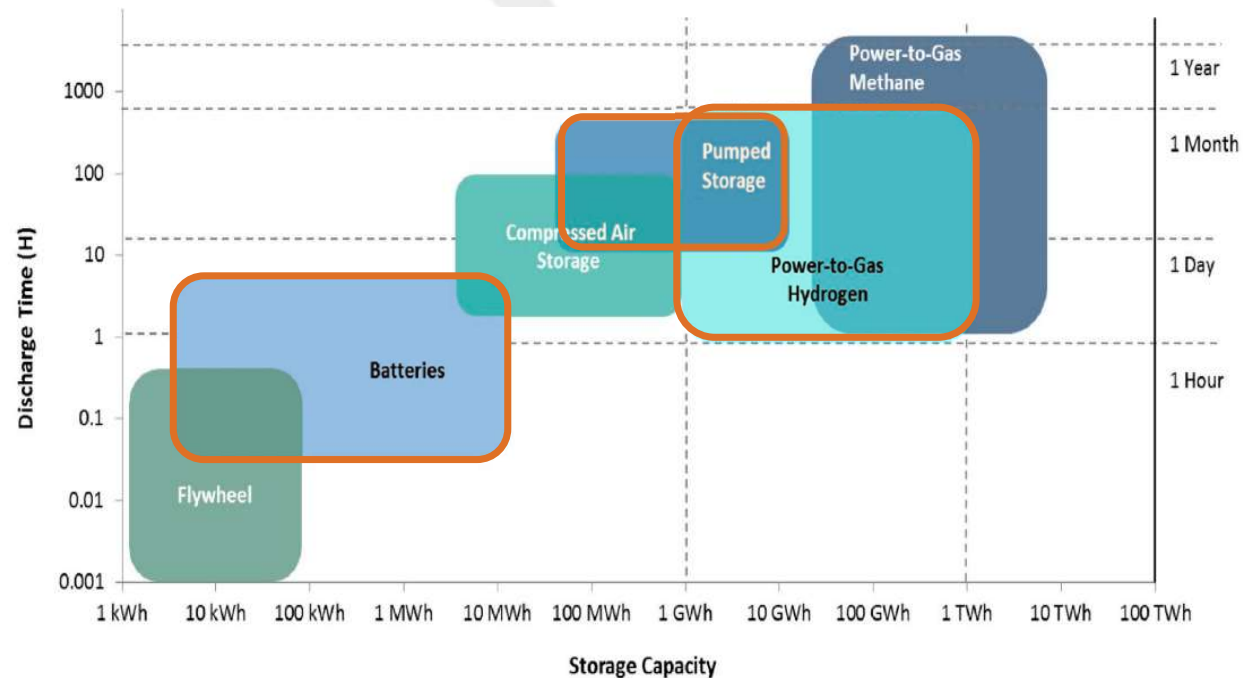


CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

OTROS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

- Los rangos de aplicación según capacidad de almacenamiento, tiempo de descarga y potencia requerida **varían según la tecnología de almacenamiento**
- El **conjunto de servicios** que una tecnología de almacenamiento puede proporcionar en una ubicación definida determina **qué solución es la más adecuada**.
- Por lo que aun cuando compiten todas las **tecnologías son complementarias en el tipo de servicio que pueden proporcionar y de su ubicación en la red**.
- El **tiempo de respuesta es una variable importante** a considerar en el nuevo diseño de los sistemas hidráulicos, que aunque no llega a ser tan inmediato como los sistemas de baterías, alcanzan valores de segundos.





CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. TEMAS CLAVES

MUCHAS GRACIAS