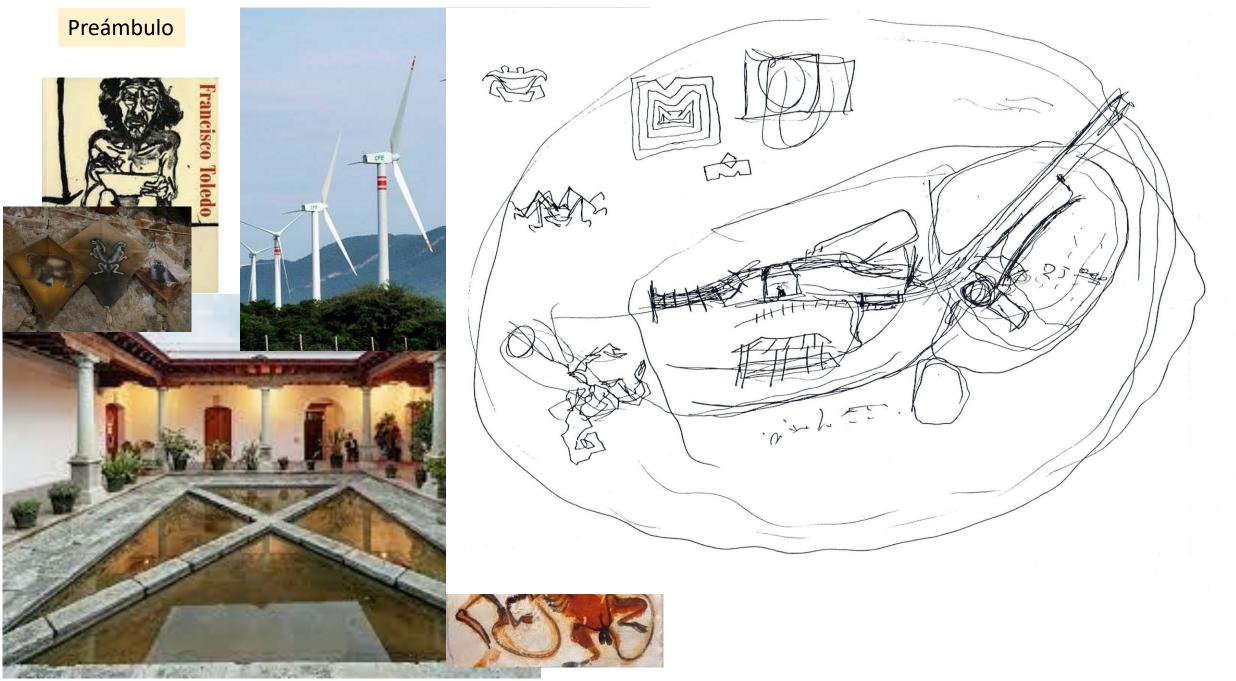
## Observatorio Ciudadano de Energía

El almacenamiento de Energía en la transición energética

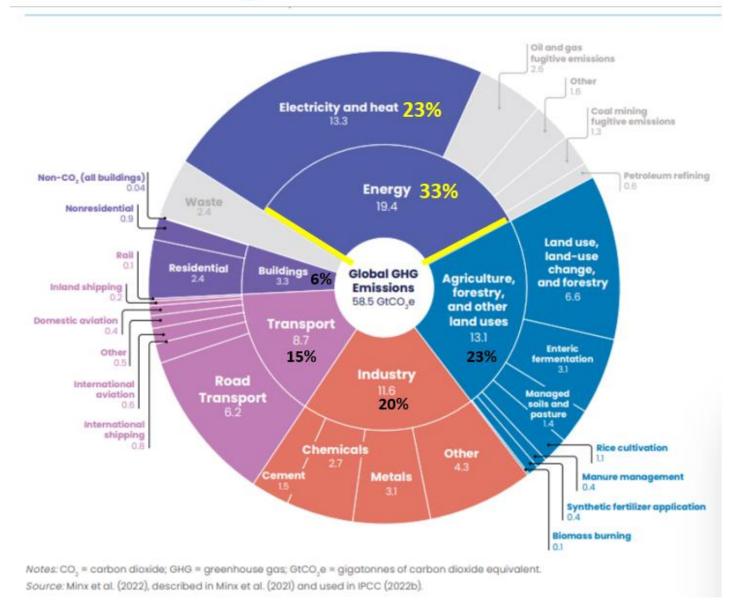
Gerardo Hiriart L 28 de enero 2023



Etla en el Centro de Artes San Agustín, IAGO nov 1972



#### Emisiones de CO2 anuales de los sectores y subsectores



El sector energético representa el 33% de las emisiones de GEI

El Sector Eléctrico representa el 23% del total de emsisiones de GEI

## Transición energética

1. Bajar al mínimo las emisiones de GEI

Irrumpe la Solar y Eólica, Apoya a Nuclear, hidro, geotérmica, biomasa, Ahorro de energía y eficiencia energética



2.- Que sea de la manera más económica possible

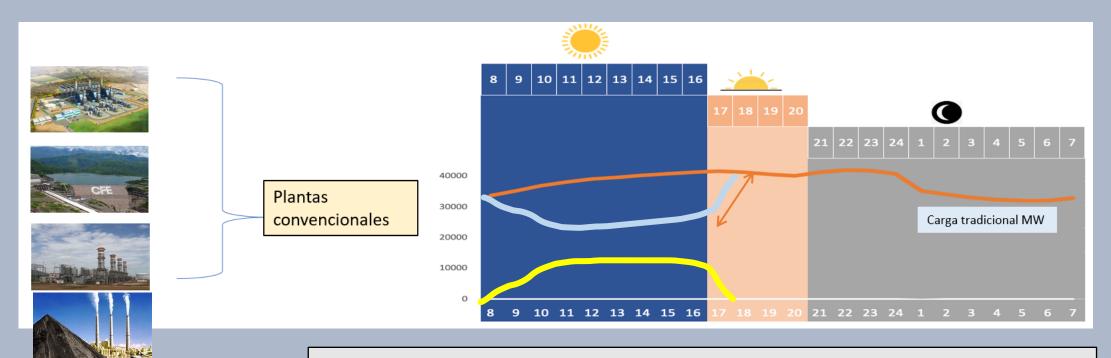
3.- Que se mantenga o mejore calidad del servicio eléctrico

Intermitencia, fluctuaciones, estabilidad, respaldo Almacenamiento de Energía y electronica de potencia

4.- Que se logre la mayor independencia energética possible del país

Las fuentes de Energía Nacionales y su Tecnología (nacional) para aprovecharla, son la base de la independencia energética (Solar, eólica, geotermica, biomasa, hidro...)

#### La energías intermitentes requieren atención



- Altera durante el día la generación de las plantas convencionales
- Aparece problema del "rampeo" xx MW/min
- Algunas que no pueden variar carga (Nuclear, otras )
- Regulan carga las Hidro, Gas, Diesel y Ciclo Combinado (si se dejan..)
- Si hay mucha generación solar, debe "verter" (curtailment)

Mostraremos el rol que juega el almacenamiento





## El rol que jugará el almacenamiento de energía en la matriz energética mundial de 2050

- > Panorama que nos espera para el 2050
  - Estados Unidos
  - Mundo
  - México
- ➤ El rol que jugará cada fuente de energía y el almacenamiento
- > Algo del rebombeo
- Algo de las energías marinas

**Gerardo Hiriart** Le Bert

Director General de GeoKeri

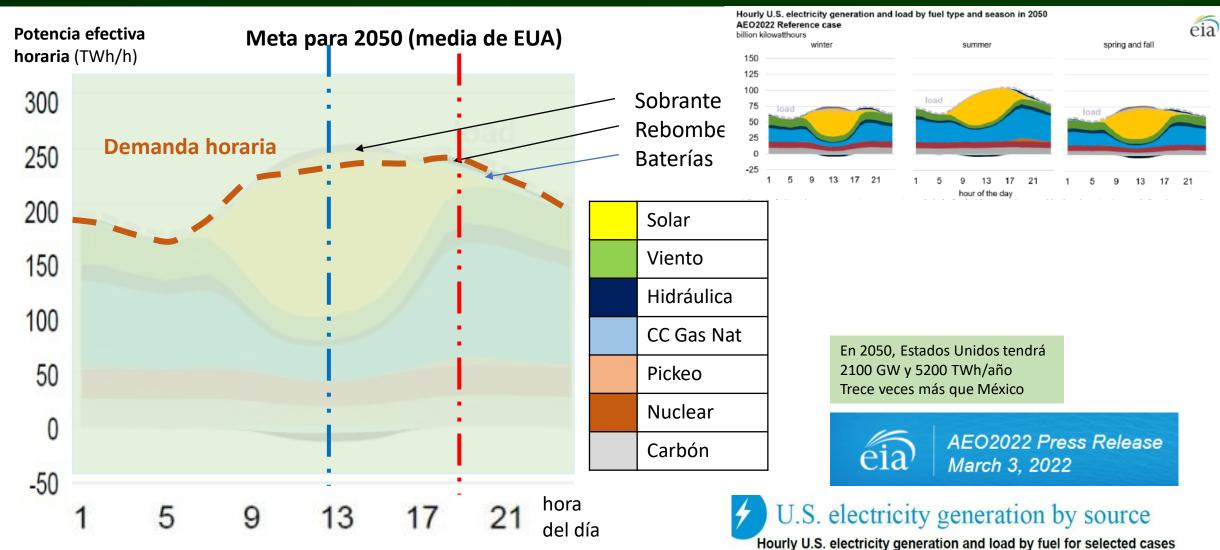
Miembro del Conservatorio Ciudadano de Energía

Sábado 28 de enero 2023



## COLOQUIO 2022. La Ingeniería, Factor Clave para una Transición Energética Eficiente





billion kilowatthours

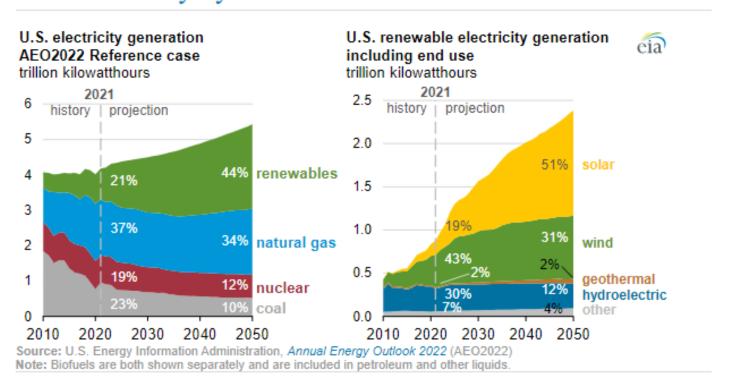


## COLOQUIO 2022. La Ingeniería, Factor Clave para una Transición Energética Eficiente



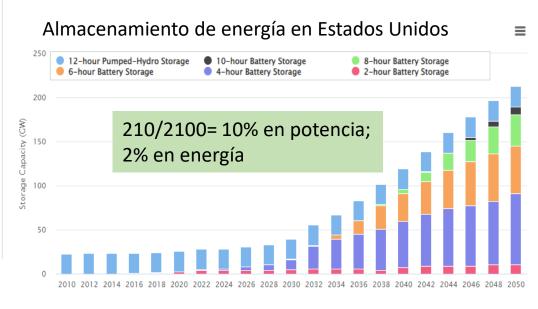
MARCH 18, 2022

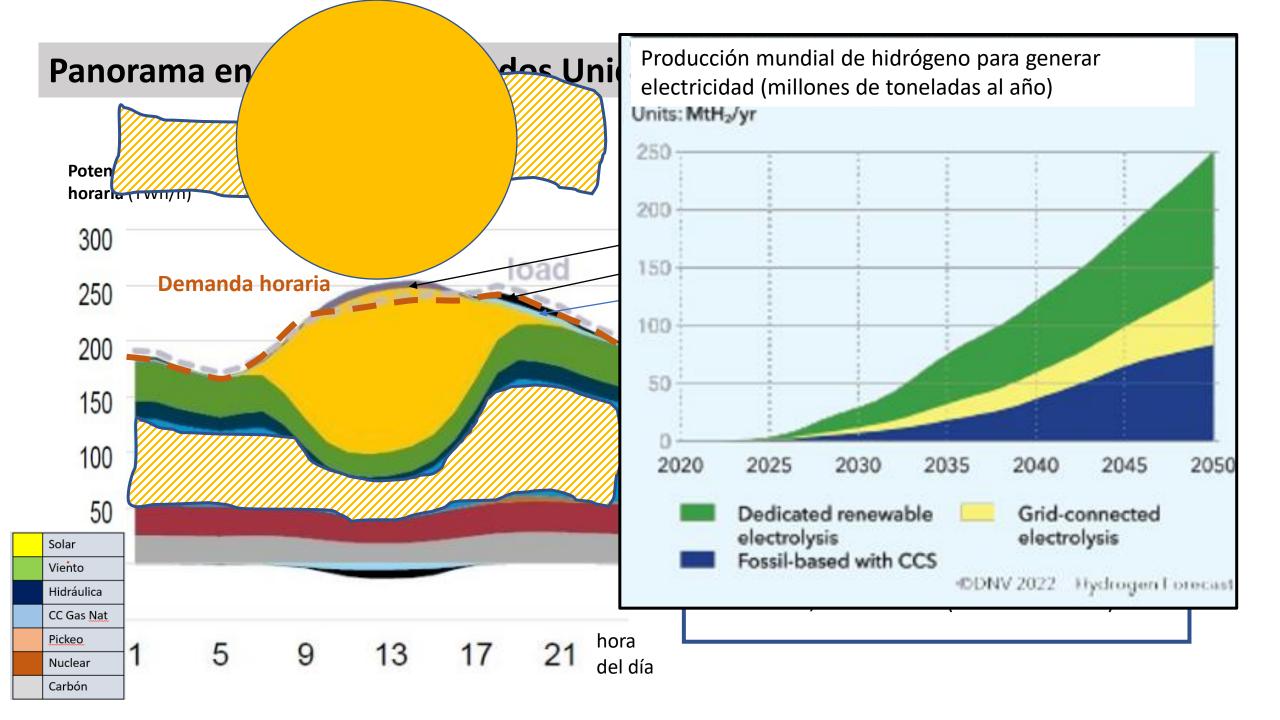
## EIA projects that renewable generation will supply 44% of U.S. electricity by 2050



#### Se pretende llegar en 2050 a:

- .. Energías Renovables crecen de 21 a 44%
- 2. Gas Natural baja solo un poco
- 3. Nuclear se mantiene, baja en %
- 4. Carbón baja de 23 a 10%



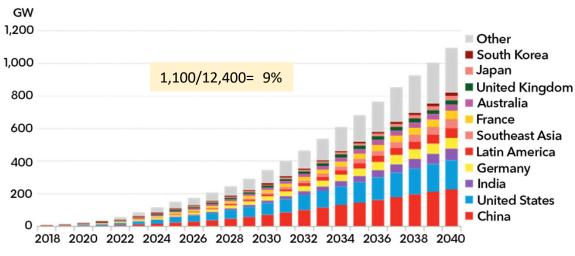


#### Global power capacity by source in the Stated Policies Scenario Solar PV 3 000 Coal 2 000 Wind Hydro 1 000 Nuclear 2000 2010 2020 2030 2040 World natural gas consumption (1990-2040) eia quadrillion British thermal units 2015 200 history projection 180 160 rest of 140 non-OECD 120 100 India 80 China 60 rest of OECD 40 **OECD Europe** 20 **United States** 1990 2000 2010 2020 2030 2040

#### Panorama energético en el Mundo

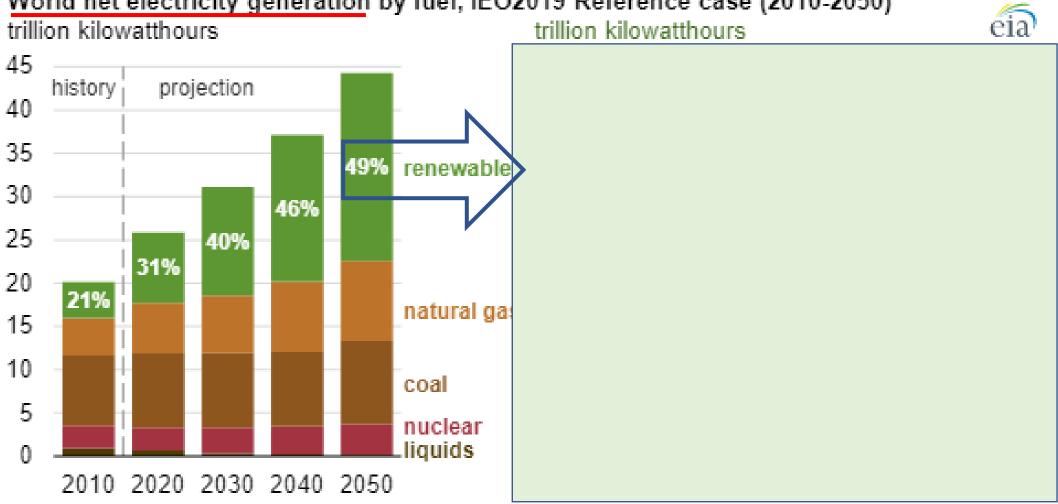
TOTAL	12400 GW	100%
Nuclear	500 GW	4%
Hidro	1900 GW	15%
Eólica	1950 GW	16%
Carbón	2150 GW	17%
Gas	2800 GW	23%
Solar	3100 GW	25%

#### Global cumulative energy storage installations

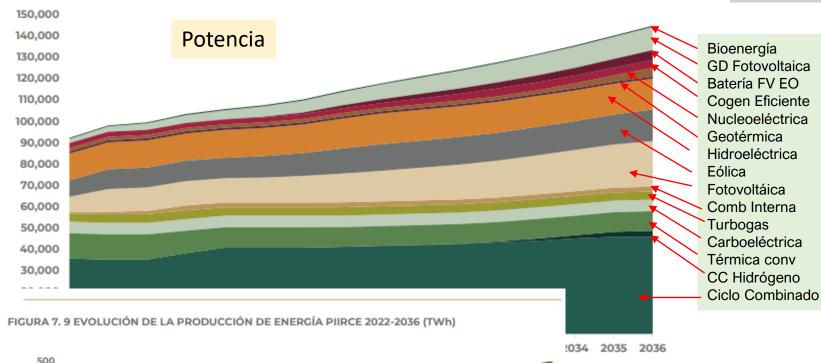


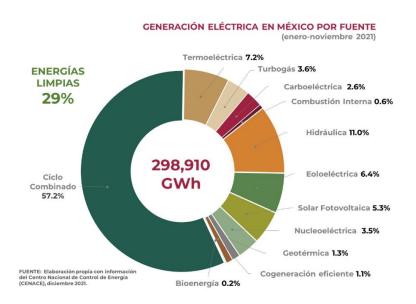
Source: BloombergNEF

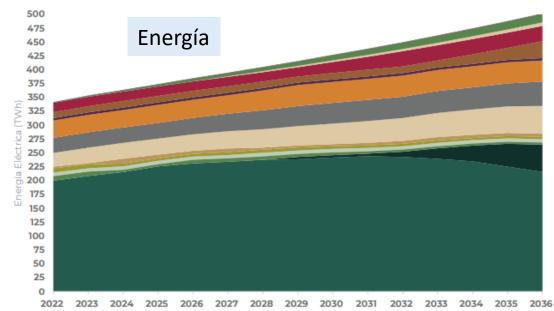
#### World net electricity generation by fuel, IEO2019 Reference case (2010-2050)



#### Panorama eléctrico en México













■ Bioenergía

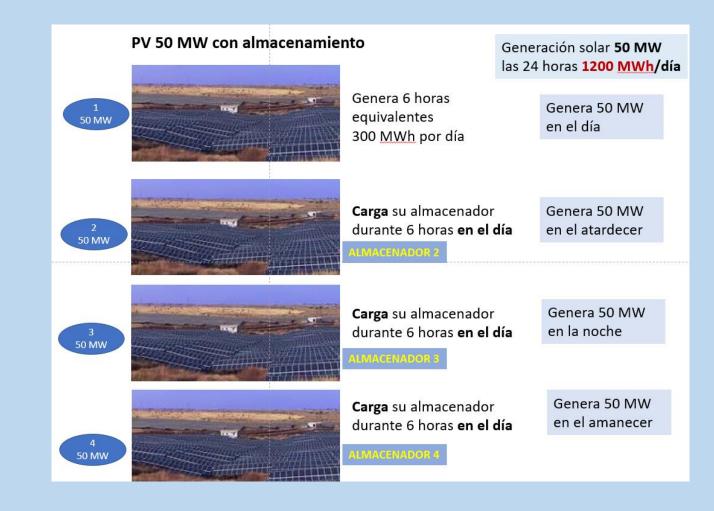
■ Carboeléctrica■ Eoloeléctrica■ Cogeneración Eficiente

## Algo de baterías

## Para generar 50 MW con solar durante 24 horas....

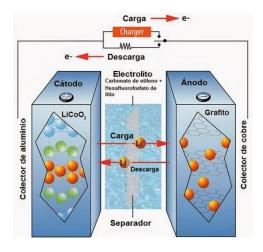


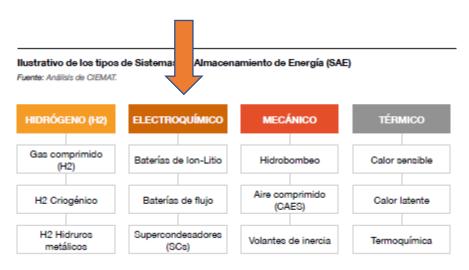
# Se requieren 4 plantas solares de 50 MW c/u y 3 bancos de baterías de 50 MW (y 300 MWh cada banco)



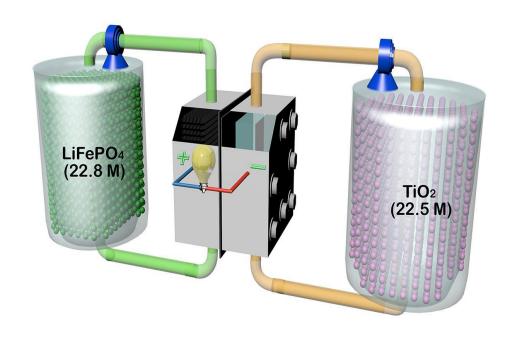
#### Las Baterías han evolucionado y bajado de precio

#### Baterías de Litio



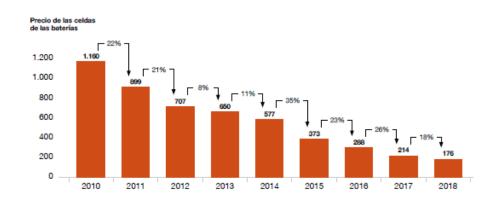


New type of 'flow battery' can store 10 times the energy of the next best device



#### Evolución del precio de las celdas de las baterías de lon-Litio [\$/kWh]

Fuente: BloombergNEF.



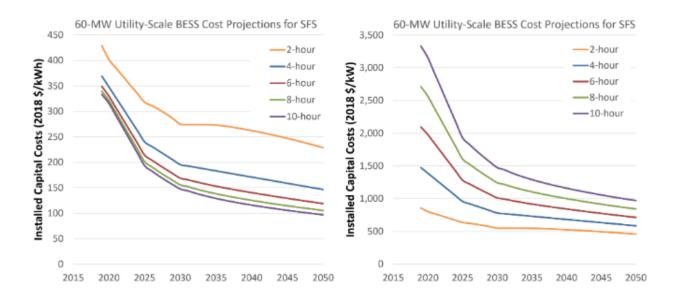
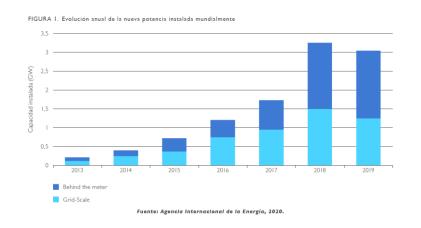


Figure 3. Utility-scale BESS Moderate Scenario cost projections, on a \$/kWh basis (left) and a \$/kW basis (right)

Projections assume a 60-MW<sub>DC</sub> project. Note that 2020 costs correspond to Figure -1 and Figure 2.



#### **Grid-Scale Storage BOS Forecasts**

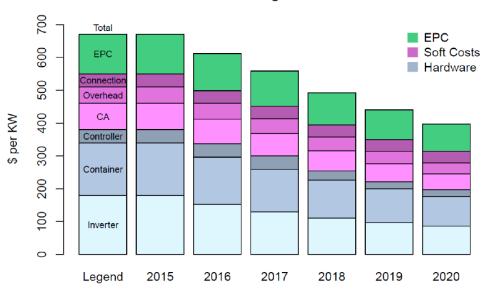


Figure 3. Recent and projected BOS cost declines. *Data from (Ortiz and Manghani 2016)*Note: CA is customer acquisition; EPC is engineering, procurement, and construction.

### Eficiencia total de las baterías (round trip) es de 85%

#### Servicios de red que pueden ofrecer los sistemas de almacenamiento (SAE)

Fuente: Análisis de CIEMAT.



- Capacidad de restauración del sistema (Black-Start)
- Arbitraje intradiario y estacional
- Apoyo a la generación convencional (cubrir paradas o rampas)



- Flexibilidad al considerar generación distribuida
- Estabilizar de forma transitoria la generación (firming)
- Reducción de las limitaciones en la generación renovable (curtailment)





- Reducción de puntas de consumo y término de potencia
- Gestión energética en los periodos de mejor tarifa
- Continuidad en el suministro de energía
- Interacción con vehículos eléctricos
- Interacción con almacenamiento térmico (electric heaters)



- Regulación y estabilización de la frecuencia (Servicios auxiliares)
- Evitar congestiones de líneas aplazando inversiones
- Control de la tensión



- Capacidad para dar puntas de potencia
- Control dinámico de la tensión local
- Apoyo a contingencias en la red
- Compensación de potencia reactiva
- Calidad de suministro en distribución
- Operación en isla intencionada

Regulación

Primaria: Frecuencia (<segundos)

Secundaria: Carga

Terciaria: días

#### COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS -

EVALUACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MEM

**INFORME 3** 

**DOCUMENTO IEB 1037-22-02** 

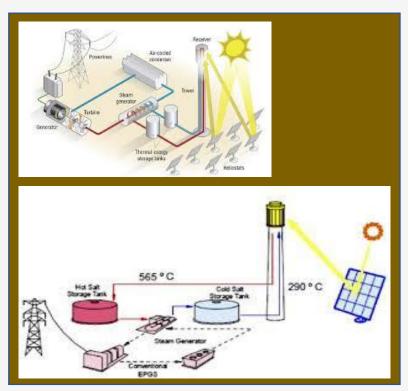
REVISIÓN 0





#### Energía solar CPS con almacenamiento













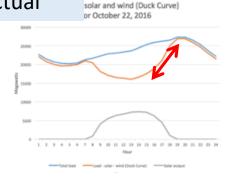


## Hablemos otras aplicaciones de baterías

#### "Algunos usos de Baterías que no alteran las emisiones de CO2"

Caso tipo: Moss Landing CA Respaldo a Termo actual





nia hourly electric load vs.

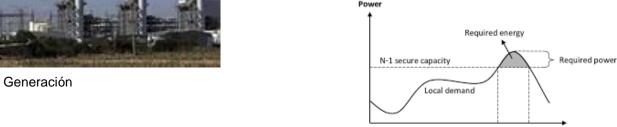


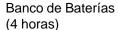
Potencia CC 1020 MW Baterías (4 horas) 567 MW / 2,270 MWh

Ahora vende: En el día 700 MW y 1587 MW en las 4 horas pico

Desahogar paso de energía en hora pico en una LT





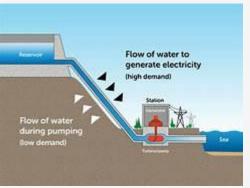


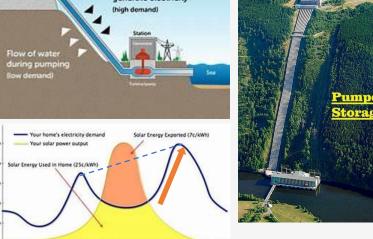


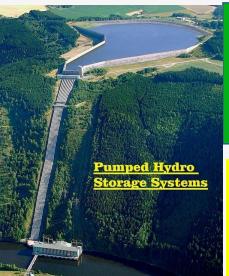
Gran Centro de Consumo

## Hablemos de rebombeo

#### Almacenamiento con Plantas de Rebombeo











#### Posibles casos a estudiar y su utilidad en tres sitios de ejemplo

- La Rumorosa 1000 MW
- La Paz 120 MW
- Monterrey 300 MW





Next Generation Pumped Storage facility is a 1,540 MW energy storage facility about five miles from Hoover Dam



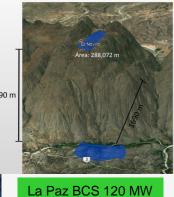
Atacama Chile Rebombeo 300 MW con agua marina Puede ser con agua desalada



Kidston Pumped Storage Hydropower Project in North Queensland, Australia





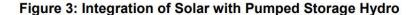


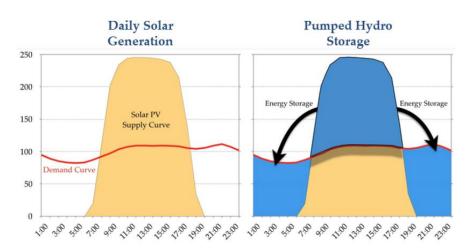
## Caso autónomo (Espejo Tarapacá)





Potencia Solar 510 MWp



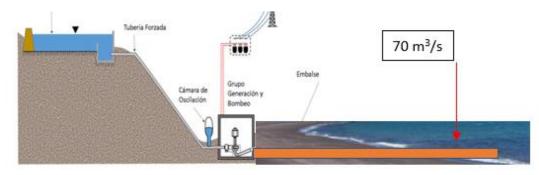


Potencia PAEB 300 MW con Carga de 600 m Almacenamiento Dos lagunas 166 y 208 Ha Generando 300 MW 1750 MWh/d (?) Bombeando 300 MW 2280 MWh/d (8 horas) Eficiencia total 75% (round trip) a

## Planta "tipo" de rebombeo de 100 MW con 200m de carga neta

Generando; P=100 MW durante 4 h E=400 MWh/d Gasto Q=70 m³/s; Vol=4x3600x70;= 1 Mm³ Bombeando P= 100 MW durante 6 horas; E= 600 MWh/d Balance de Energía Pérdidas= 600-400= 200 MWh/d (Ef= 0.67)

#### Con agua de mar

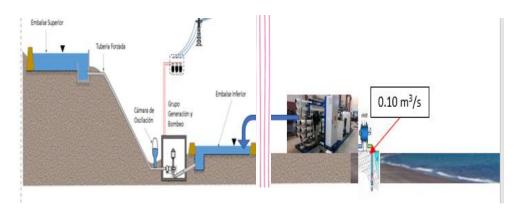


- 1 Millón de m³ de agua de mar suben y bajan diariamente (tritura y comprime 200m y expande y tritura otra vez)
- Tratamiento (Cloración tuberías).
- Obra de toma con escolleras para 70m<sup>3</sup>/s (el doble que Laguna Verde) o con varias tuberías submarinas
- Cárcamo para las bombas, diseñado para NBMMI
- Todas las tuberías y equipos diseñados para agua de mar





#### Con agua desalada



Planta Desaladora para llenado inicial y para reponer pérdidas por evaporación.

Cálculo de la desaladora:

- Llenado inicial; Producir 1 Mm<sup>3</sup> en 4 meses (100 lps) o bien 8 meses (50 lps)
- Pérdidas por Evaporación 1.5 m/y por 100 mil m²= 150 mil m³/año (10 lps promedio por los dos estanques). Puede reducirse cubriéndolos con membranas o con paneles PV
- <u>Tamaño desaladora</u>. Planta de 50 lps (unos \$5 mdd). Toma del agua de uno o dos pozos playeros. Planta eléctrica requerida 1 MW (puede usarse una hidroturbina de 1 MW [24 MWh] de la misma planta generando permanentemente)

Tubería para llevar 50 lps; 10 km; tubería PAD de 8". Bajo costo y poco bombeo

- Se requiere un estanque inferior de 1 Mm<sup>3</sup>.
  - Puede ser de 500x500x4m, impermeabilizado (1/12 del de la carboeléctrica de Río Escondido). Muy bajo costo
- Costo muy inferior al de un sistema que usa agua de mar ya que evita la obra de toma, cárcamo enterrado, impermeabilización especializada y corrosión marina
- Se puede surtir agua desalada (en horarios claves) al sistema local hotelero y ejidal
- Se pueden ubicar los embalses alejados de la costa (menor costo). La planta solar en gran parte con paneles flotantes (mejor eficiencia, disminuye evaporación)



Planta de rebombeo de Ojinaga 30 MW Única en el mundo con agua de mar

To date, only one marine PHS exists in the world, the Okinawa PHS in Japan. This is an experimental project built in 1999. The high, artificial reservoir is created on land about 600 m from the shore. The power plant is underground and its equipment consists of a 30 MWe reversible Francis pump-turbine unit operating under an average head of 138 m.

## Hablemos de Energías del Mar

# Potencial de uso de la energía oceánica en México

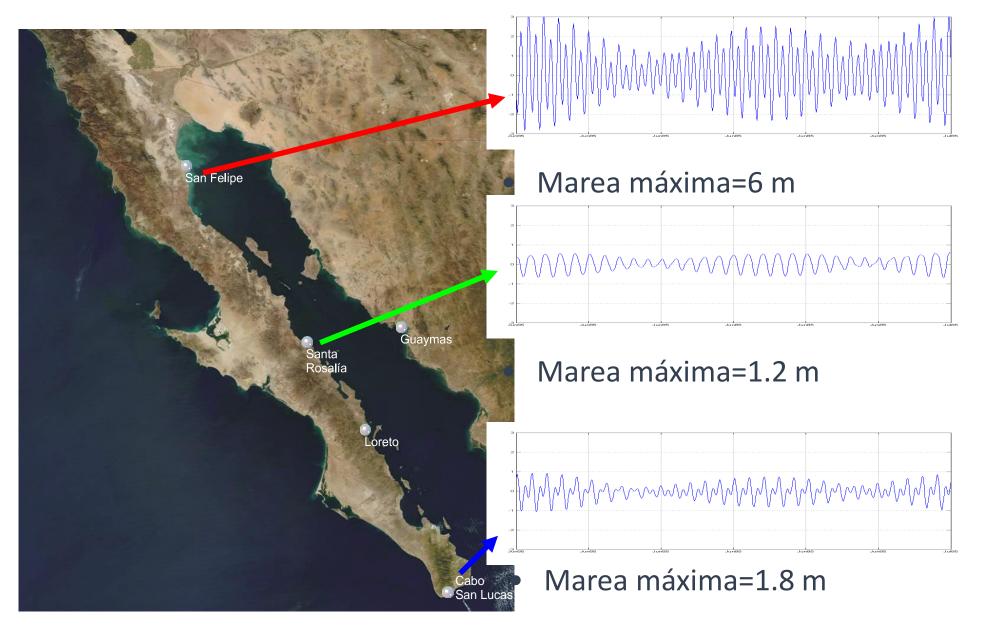
Este estudio se realizó en 2006 durante mi estadía en la UNAM a cargo del proyecto IMPULSA IV "Desalación de agua de mar con energías renovables"







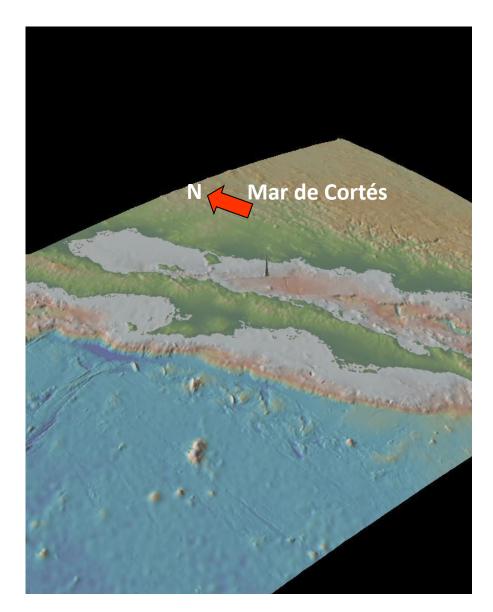
#### Marea en el Golfo de California

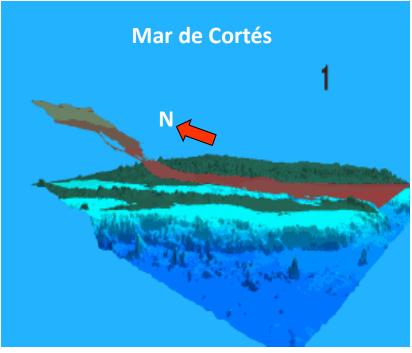












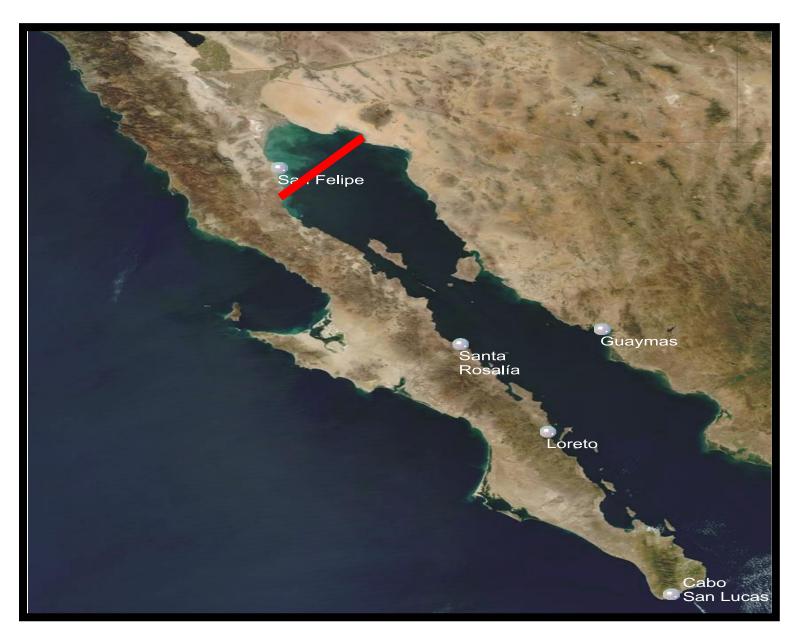
Cortesía del CICESE







#### Marea en el Golfo de California



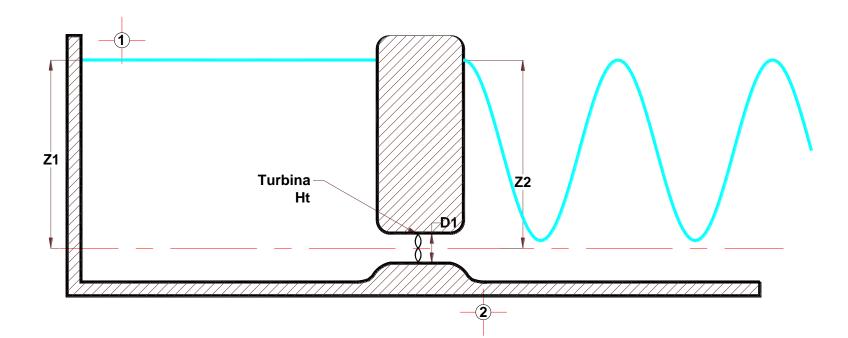






## Operación de maremotrices

- En Flujo
- En Reflujo
- Combinado, flujo y reflujo

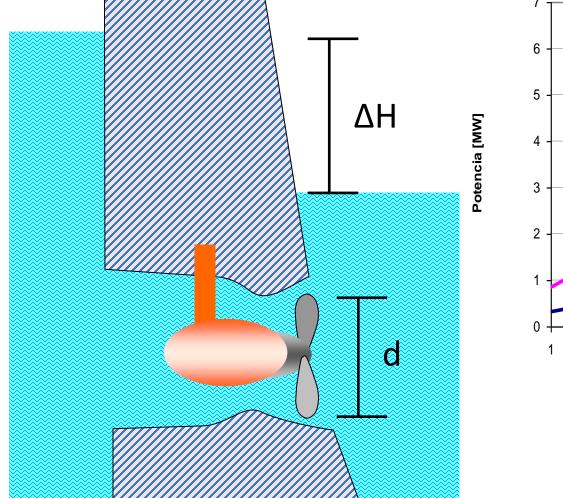


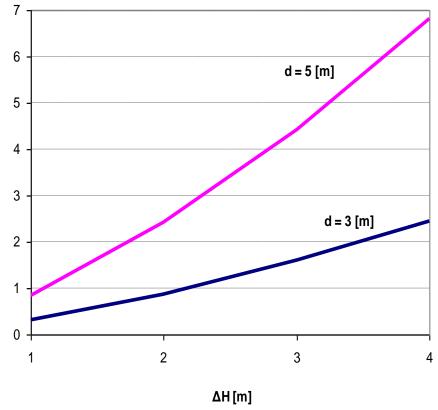






### Potencia Generada por una Turbina



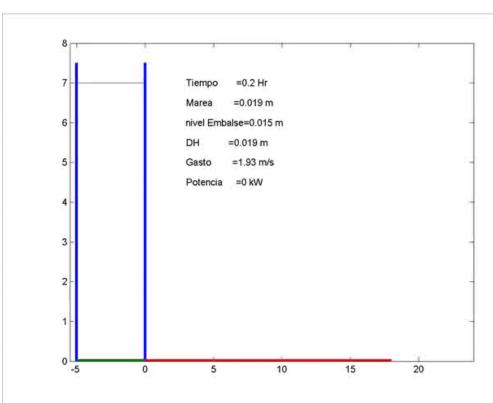


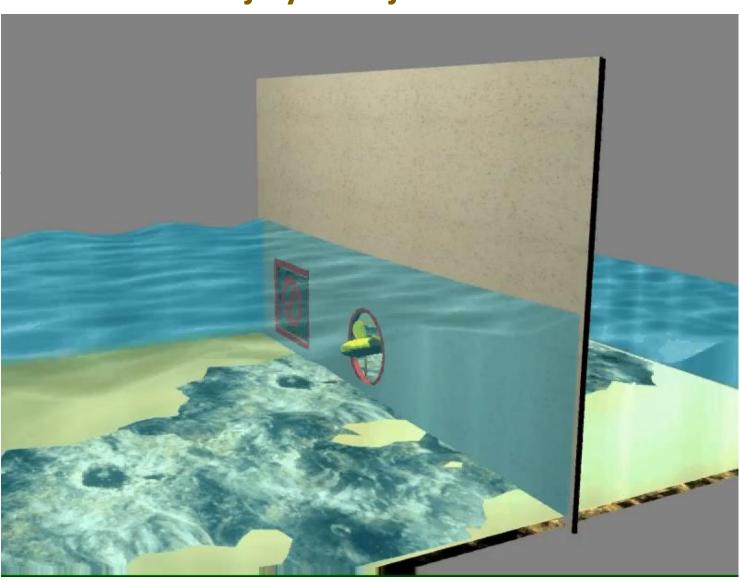






### Generación en modo de Flujo y Reflujo



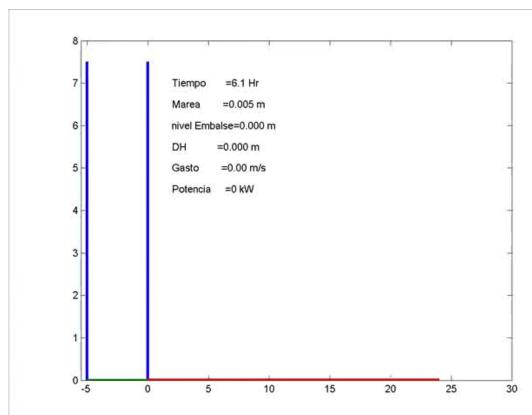


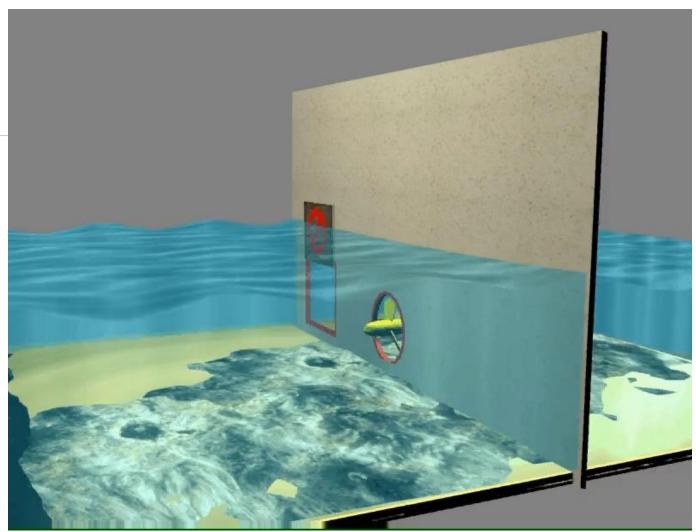






### Generación en modo de Reflujo



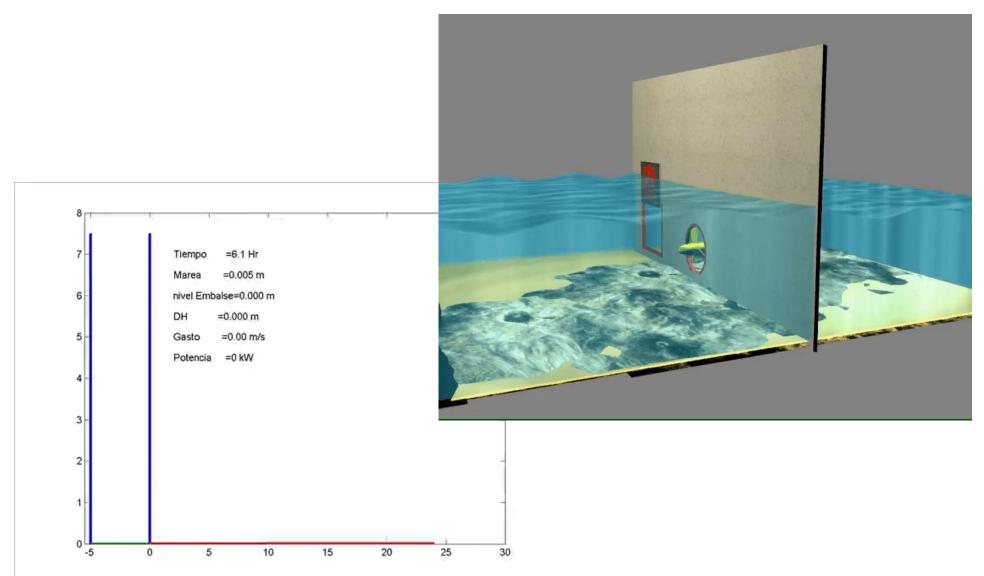








#### Generación en modo de reflujo









#### Generación usando un embalse

Área del embalse de **2,590** km²
Longitud cortina **74** km
Potencia instalada **38,828** MW (FP 6%)
Energía total **21,657** GWh/año

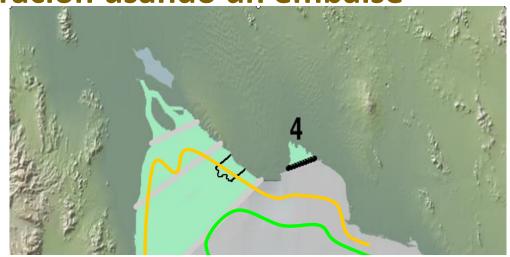
Área del embalse de **630** km²
Longitud cortina **47** km
Potencia instalada **9,451** MW (FP 6%)
Energía total **5,260** GWh/año

- Área del embalse de **130** km²

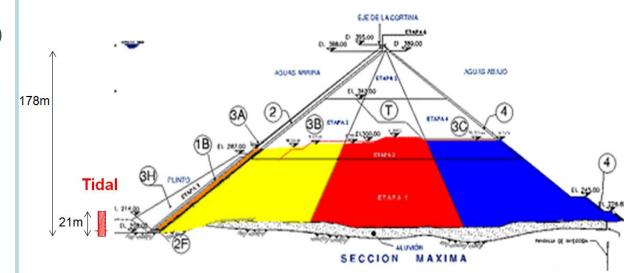
  Longitud cortina **16** km

  Potencia instalada **1,979** MW (FP 6%)

  Energía total **1,090** GWh/año
- Área del embalse de 53 km²
  Longitud cortina 11 km
  Potencia instalada 766 MW (FP 7%)
  Energía total 438 GWh/año



Comparación del dique de MAREAS(10 000 MW) con la presa El Cajón (750 MW)







## Muchas gracias