

# Presentación Curso Hibridación, Almacenamiento y H2 Verde

Octubre 2024

Juan Antonio Tormo  
Javier Monfort  
Enrique Monfort



# ESTRUCTURA DEL CURSO

- **HIBRIDACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**
- **ALMACENAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES**
- **H2 VERDE**
- **MÓDULOS DE DESARROLLO, COMERCIAL Y FINANCIERO**





# Hibridación ERs

## PARTE 1

- Introducción
- Estado del Arte ERs
- Los Problemas de las ERs
- Hibridación
- Tipologías de Hibridación
- Tecnologías de Hibridación

## PARTE 2

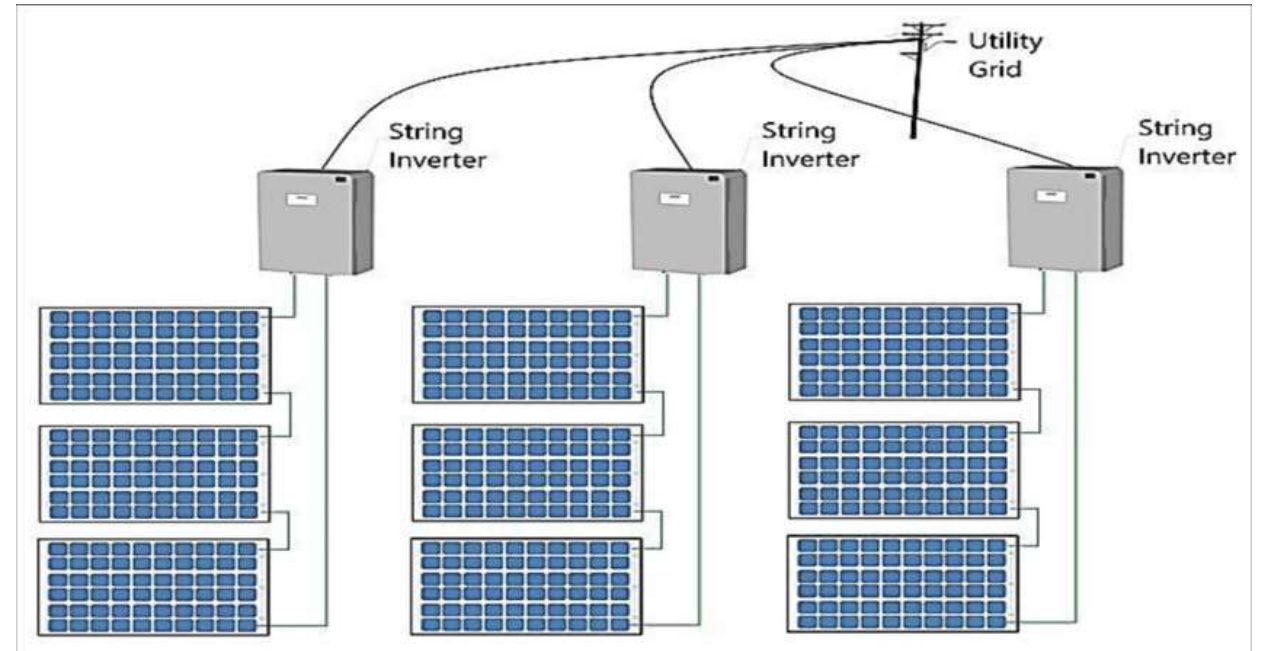
- Ejemplos de Hibridaciones
- Caso Práctico I: Hibridación y Repotenciación
- Caso Práctico II: Hibridación FV y Eólica

# Estado del Arte de las ERs



# ESTADO DEL ARTE ERs

- Parques FV
- Inversores
  - En 'String'
  - Centralizados



Fuente: Research Gate

# ESTADO DEL ARTE ERs

- Parques Eólicos Terrestres (Onshore)
- Aerogeneradores
  - Muchos parques antiguos, en fase de **Repotenciación (Repowering)** sustituyendo varios Aerogeneradores por uno de mucha mayor potencia nominal.



# ESTADO DEL ARTE ERs

- Parques Eólicos Marinos (Offshore) Flotantes
  - Mayor Complejidad
  - Menor Impacto Ambiental
  - Mejor Recurso Eólico
- Plataformas
  - Spar
  - Semi Sumergibles
  - TLP



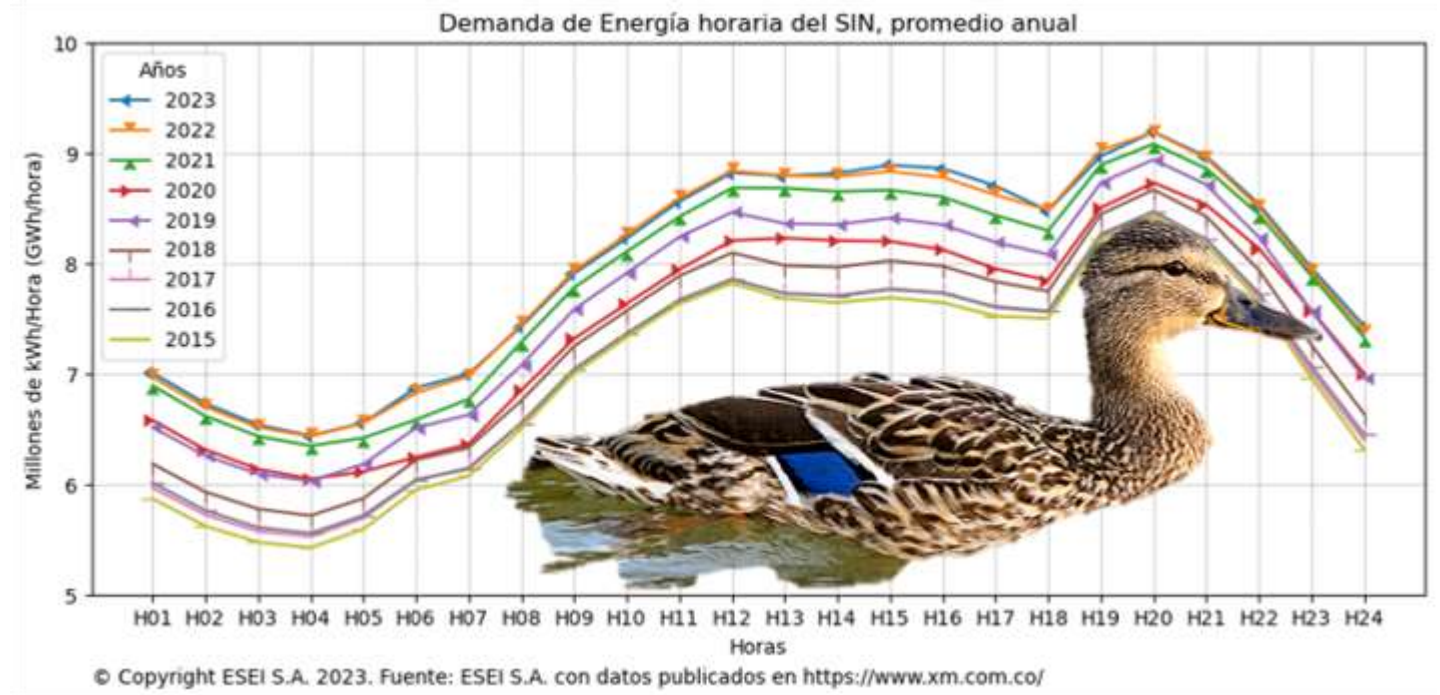
# Los problemas de las ERs





# LOS PROBLEMAS DE LAS ERs

- Desalineación Oferta con Demanda
  - La Curva del Pato
  - Es un fenómeno característico de la generación de energía renovable, especialmente de la energía solar y eólica. Esta curva representa la variación de la demanda de energía a lo largo del día.



# Hibridación



# HIBRIDACIÓN

- Definición Técnica de Hibridación
  - Consiste en generar electricidad, normalmente de origen renovable, a partir de dos o más fuentes en una misma ubicación compartiendo el mismo punto de conexión a la red. De hecho, la combinación de energías eólica y fotovoltaica en instalaciones híbridas está demostrando ser una de las herramientas más eficaces para optimizar el Punto de Acceso a Red.
  - Aunque la suma de las potencias de los módulos de generación híbrida sea superior a la capacidad de evacuación, la energía vertida a la Red nunca deberá sobrepasar el límite autorizado.



**Las Plantas a Hibridar no deben estar a una distancia mayor de 10 km del Punto de Conexión a REE**

# Tipologías de Hibridación



# TIPOLOGÍAS DE HIBRIDACIÓN

- Tipologías de Hibridación
- Algunos modelos posibles:
  - Hidro + FV
  - MiniHidro + FV
  - FV + Eólica
  - FV + Almacenamiento
  - Eólica + Almacenamiento
  - FV + Eólica + Almacenamiento
  - Biomasa + FV
  - Solar Térmica + ...

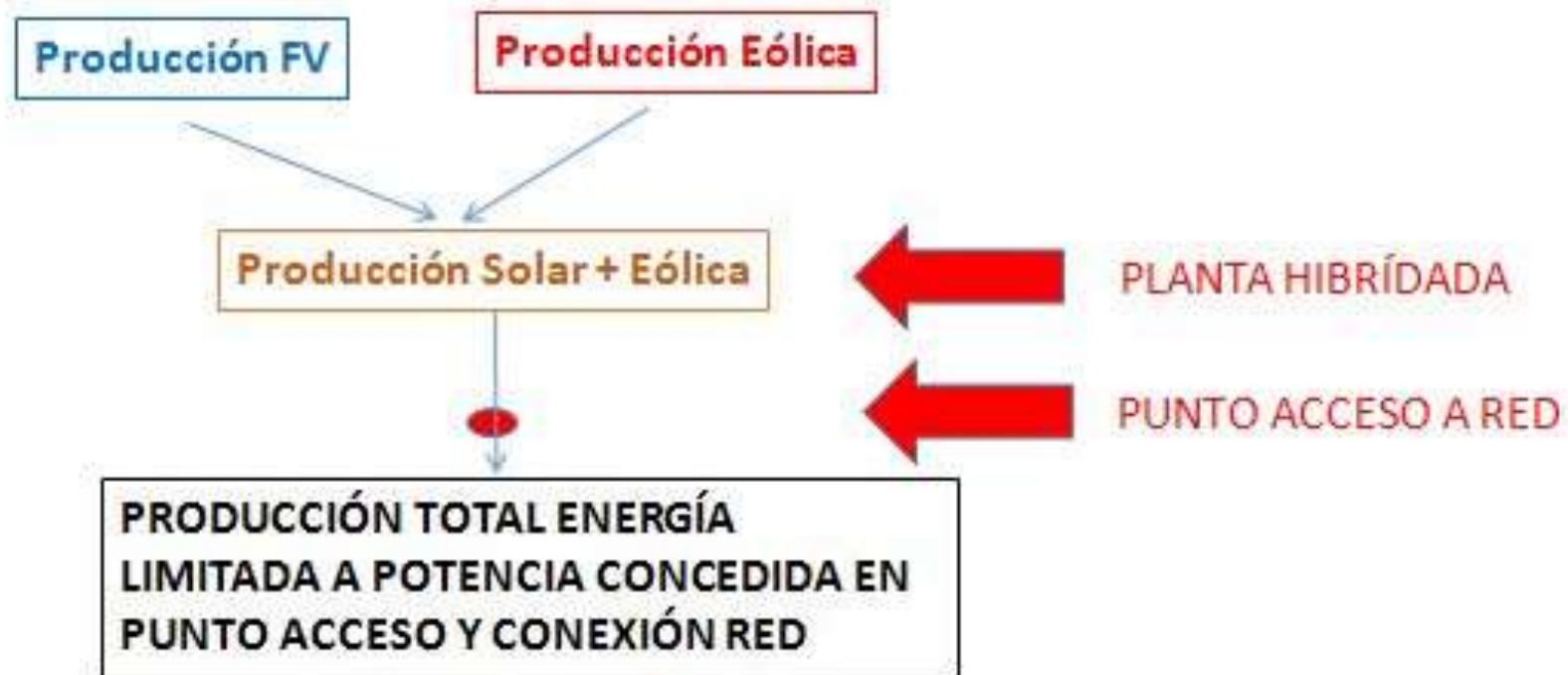


# Caso Práctico I Hibridación y Repotenciación



# CASO PRÁCTICO HIBRIDACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

- Escenario
- Hibridación y Repotenciación (Repowering)



# **Caso Práctico II**

## **Proyecto FV con**

### **Hibridación**

#### **Eólica**

**para**

## **Autoabastecimiento**

### **Energético**





# HIBRIDACIÓN FV + EÓLICA

---

- En calidad de Ayuntamiento, se desea implementar un parque de generación de energía eólica y fotovoltaica con el fin de beneficiar a la comunidad local.
- Ocurre que la distancia entre los terrenos del Ayuntamiento donde se piensa ubicar el Parque Solar y Eólico y los principales centros de consumo industrial es mucho mayor de 2 km.
- También ocurre que las diferentes empresas del municipio son alimentadas desde diferentes Centros de Transformación
- Todo ello hace bastante inviable el poder acogernos al Autoconsumo según el RD 244/2019...
- A menos que .... decidiéramos construir líneas propias, lo cual sería un proyecto bastante costoso y engorroso.

# Almacenamiento ERs

## PARTE 1

- Introducción
- Los Problemas de las ERs
- Necesidad de Almacenamiento
- Tecnologías de Almacenamiento
- Estado del Arte Tecnologías Almacenamiento
- Comparación Tecnologías

## PARTE 2

- Sistemas BESS
- Impacto en el sistema eléctrico
- Hibridación y Almacenamiento
- Almacenamiento como Modelo de Negocio
- Caso Práctico: Almacenamiento FV con BESS



# INTRODUCCIÓN

- El antiguo paradigma energético
- La energía eléctrica que se genera siempre se consume al mismo tiempo.
- No hay almacenamientos masivos de energía eléctrica.
- Excepciones:
  - Las pequeñas pilas domesticas
  - Los embalses hidroeléctricos (como energía potencial a convertir en energía eléctrica)
  - Los volantes de inercia



# INTRODUCCIÓN

- **El nuevo paradigma energético**
  - La energía eléctrica que se genera ya no necesita ser 'consumida' al mismo tiempo.
  - Puede haber almacenamientos masivos de energía eléctrica.
  - Existen diferentes métodos de almacenar energía a gran escala.
  - Las Energías Renovables solo logran su rendimiento óptimo cuando se combinan (hibridan) con el almacenamiento masivo.



# Tecnologías Almacenamiento

## Electro-Chemical



*(Flow battery / Lithium Ion)*

## Mechanical



*(Flywheel)*

## Bulk Mechanical



*(Compressed Air)*

## Thermal



*(Ice / Molten Salt)*

## Bulk Gravitational



*(Pumped Hydro)*

## Transportation



*(Electric Vehicles)*

# TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO

- Tecnologías de Almacenamiento

## Electro-Chemical



Proyecto EVLO  
Ion Li + FePO4

*(Flow battery / Lithium Ion)*

## Mechanical



TERALOOP :  
Volantes de  
Inercia +  
Rotor  
levitando

*(Flywheel)*

## Bulk Mechanical



*(Compressed Air)*

## Thermal



Proyecto MALTA

*(Ice / Molten Salt)*

## Bulk Gravitational



*(Pumped Hydro)*

## Transportation



*(Electric Vehicles)*

# Sistemas BESS



# Sistemas BESS

- Componentes Sistema BESS





# Hibridación y Almacenamiento



# HIBRIDACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- Tipologías Proyecto
- Los más comunes son los relacionados con diferentes tipos de hibridaciones, como por ejemplo:
  - Instalación FV + Almacenamiento
  - Instalación Eólica + Almacenamiento
  - Instalación FV + Eólica + Almacenamiento
  - Otras Hibridaciones + Almacenamiento
  - Almacenamiento para Servicios de Reserva



# Caso Práctico Almacenamiento FV con BESS



# CASO PRÁCTICO ALMACENAMIENTO

- Diseño de un Sistema de Almacenamiento por Baterías (BESS) para dar soporte a una Planta Fotovoltaica que se describe a continuación.
- Se va a suponer que la planta presenta una capacidad de 50 MWp que, considerando una ratio de conversión típico DC/AC de 1,2 aproximadamente, suponen unos 42 MWac:
- $50 \text{ MW}_{dc} \cdot 1,2 \text{ dc/ac} = 42 \text{ MW}_{ac}$



Ilustración 70. Instalación híbrida conectada a la red con sistema de almacenamiento (70)

# H2 Verde

## PARTE 1

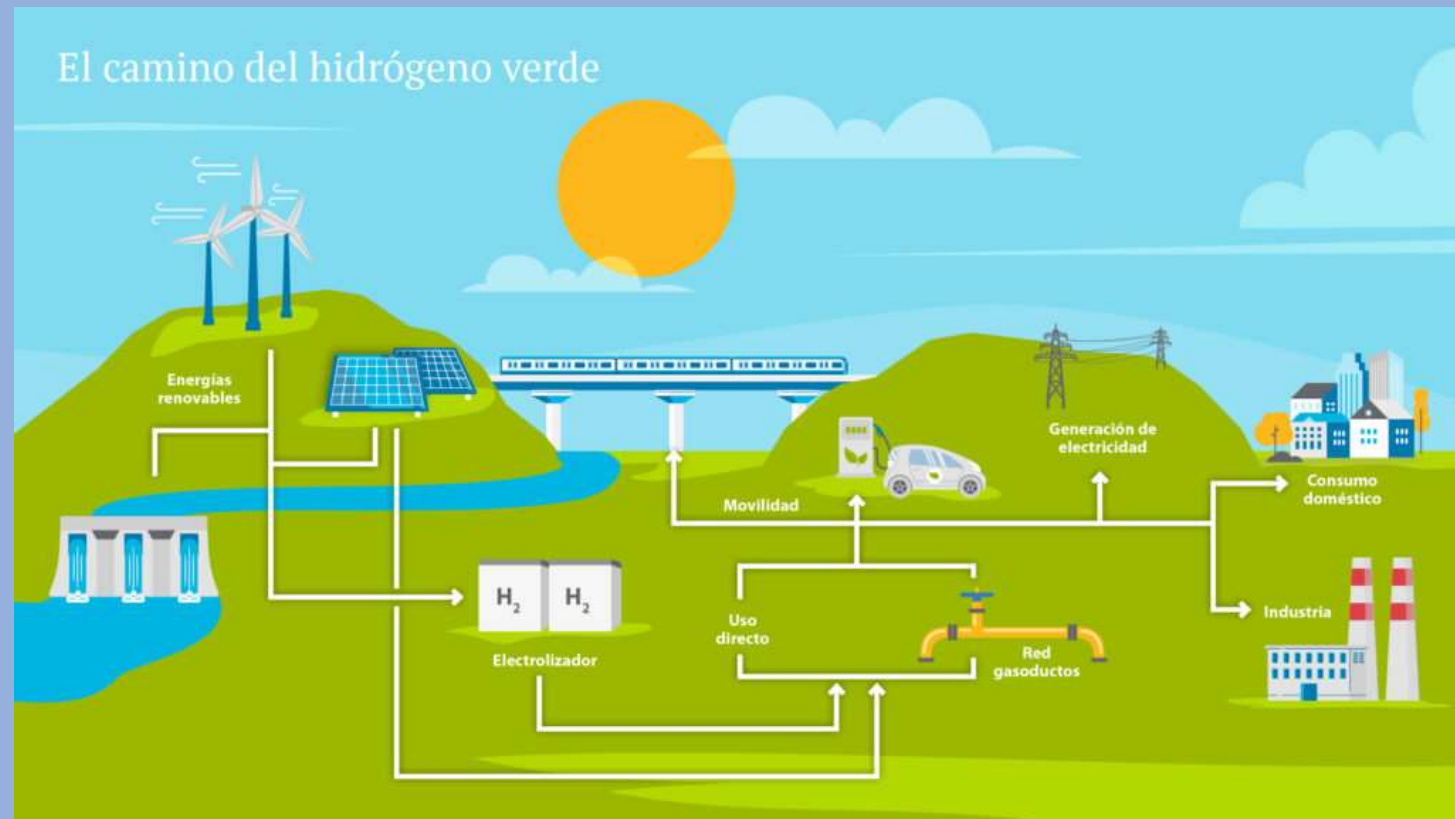
- Introducción
- Tipos de H2
- Métodos de obtención de H2
- H2 Verde
- Electrolizadores
- Almacenamiento H2 Verde
- Distribución H2 Verde
- Metanol Verde

## PARTE 2

- Proyectos H2 Verde
- Caso Práctico I: Producción H2 Verde a partir de Planta Eólica
- Caso Practico II: Integración Planta FV + BESS con Planta Eólica + Producción H2 Verde

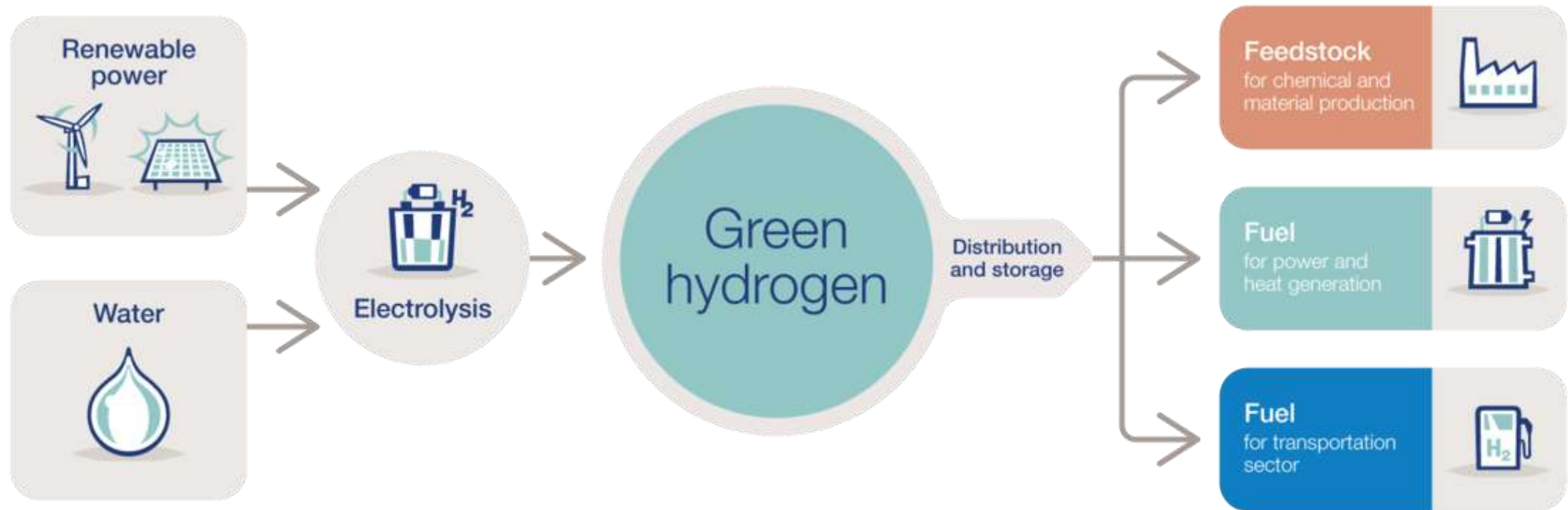


# H2 Verde



# H2 VERDE

- El camino del H2 Verde



¿Hay alguna ER especialmente adecuada para la producción de H2 Verde?

# Electrolizadores





# ELECTROLIZADORES

- Comparación de Electrolizadores

Alkaline electrolysis	PEM electrolysis	SOEC electrolysis
<b>Advantages</b>		
Well-established technology Nonnoble catalysts	High current densities High-voltage efficiency	Efficiency up 100% Efficiency >100% w/hot steam
Long-term stability Relative low cost Stacks in the MW range Cost effective	Good partial load range Rapid system response Compact system design High gas purity dynamic operation	Nonnoble catalysts High-pressure operation
<b>Disadvantages</b>		
Low current densities Crossover of gases (degree of purity) Low partial load range Low dynamics	High cost of components Acidic corrosive environment Possibly low durability Commercialization	Laboratory stage Bulky system design
Low operational pressures Corrosive liquid electrolyte	Stacks below MW range	Durability (brittle ceramics) No dependable cost information

**Alcalinos y PEM trabajan con temperaturas próximas a los 100 °C**

**SOEC trabajan con temperaturas alrededor de los 1000° C**

# Almacenamiento H<sub>2</sub> Verde



# ALMACENAMIENTO H<sub>2</sub> VERDE

- Formas de Almacenamiento:

- Como Gas comprimido
- Como Líquido
- En forma sólida dentro de otros compuestos
- Formas experimentales:
  - Microesferas de vidrio
  - Nanomecánica
  - En Cavernas
  - Otras formas ...



# Distribución H2 Verde

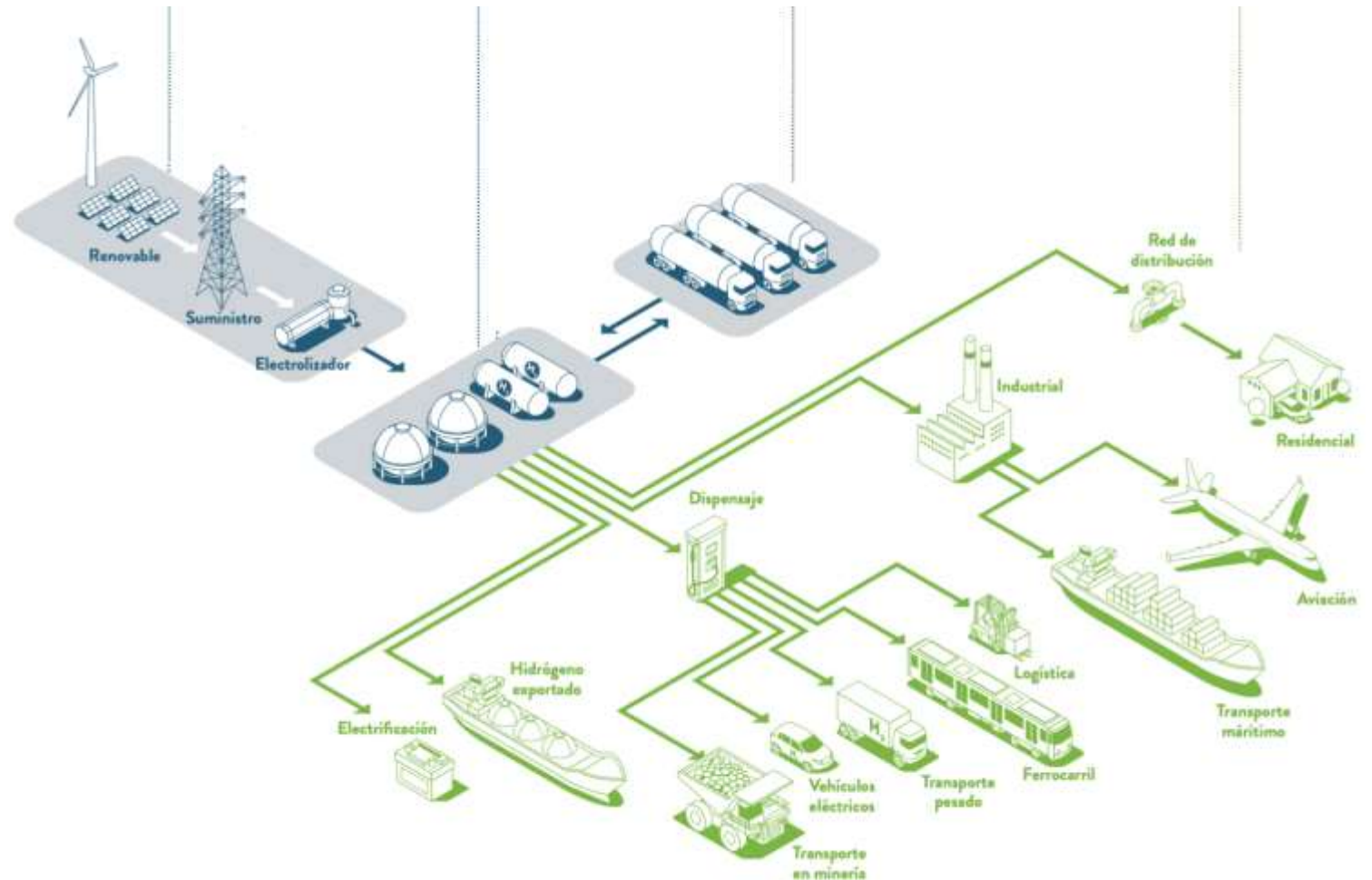


# DISTRIBUCIÓN H<sub>2</sub> VERDE

- Esquemas Distribución

- Camiones
- Buques
- Tuberías
  - Gasoductos
  - Hidroductos

- El transporte del hidrógeno puede llevarse a cabo por medio de camiones, barcos, gasoductos o hidroductos. Pero para ello, debe **comprimirse o licuarse, o bien ser transportado mediante líquidos orgánicos portadores de hidrógeno (LOHC) y Amoniac (NH<sub>3</sub>)**



LOHC = Liquid Organic Hydrogen Carriers, (portadores orgánicos líquidos de hidrógeno) son compuestos orgánicos que pueden absorber y liberar hidrógeno, pudiendo emplearse como medio para su transporte y almacenamiento.

# **Caso Practico I**

## **Producción H<sub>2</sub> Verde**

### **a partir de la**

### **producción de Planta**

### **Eólica**



# CASO PRÁCTICO H2 Verde a partir de Planta Eólica

---

- Se supone un escenario en que existe un exceso de potencia renovable instalada y se desea evitar los problemas de la 'canibalización' de precios en horarios de máxima producción renovable.
- Analizar el proceso de producción de H2 Verde en base a la producción de una Planta Eólica a desarrollar.
- La Planta Eólica se supondrá de unos 100 MW.

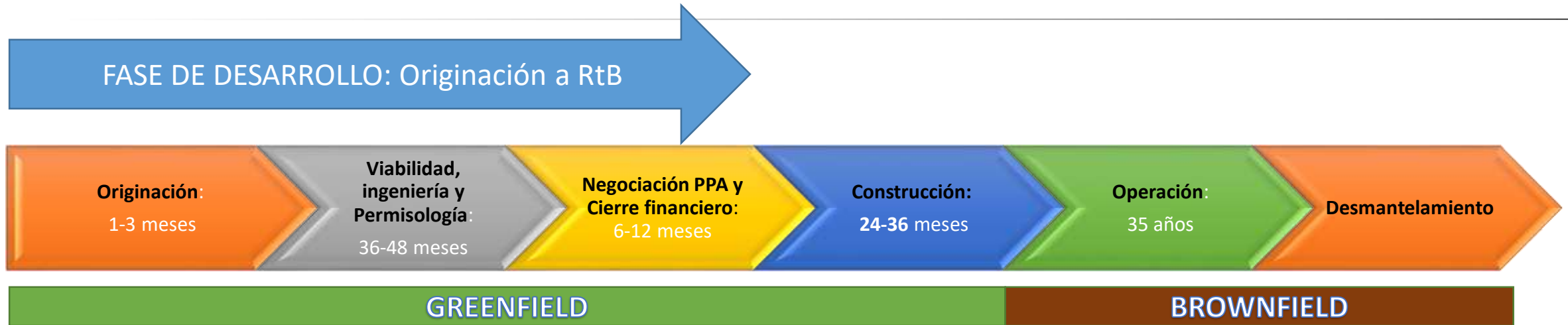


# Módulo de Desarrollo

- Origenación y Tipos de Desarrolladores
- Análisis de Viabilidad
- Fase Permisos
- Selección EPC, OM, PPA. Cierre Financiero



# ESQUEMA BÁSICO DESARROLLO



El desarrollo de un parque eólico exige la alineación de diferentes disciplinas

- **Técnica-ingeniería:** Selección site, recurso-producción, logística, capex/opex
- **Supply chain:** Logística, medios para la fabricación (eólica marina)
- **Ambiental:** Selección site, costes operacionales del PMA
- **Social-comunidades-lobby:** Relación con el territorio y medios (prensa-eventos-redes sociales)
- **Legal:** Creación sociedades, avales
- **Comercial:** Selección OEM, EPC y operador OM, negociación del PPA, estructura de ingresos
- **Financiera:** Avales, estructura de financiación
- **Riesgos:** Contingencias, exposición ingresos Merchant

---

# **Selección EPC, OM, PPA. Cierre Financiero**



# ESQUEMA BÁSICO DESARROLLO: Permisología

## Parámetros fundamentales éxito desarrollo

### ACCESO A RED: INFRAESTRUCTURA COMÚN

- Fiabilidad de los socios: Acuerdos socios infraestructura compartida: Subestación Elevadora
- Distancia subestación transporte-distribucion al parque eólico
- Convenios de resarcimiento cuando se conecta a posiciones existentes
- Entendimiento con líneas con otros promotores que dificulten el procedimiento ambiental

### TERRENOS

- Mínimo número de propietarios → Broker local
- Opción sobre los terrenos en fase de Desarrollo a precio reducido
- Contrato de arrendamiento con precios diferentes en fase permisología, fase construcción y fase operación
- Duración: 35 años operación + 4 años Desarrollo
- Precios: 1000 -3000 €/ha o pago por aere €/WTG

### AFECCIONES AMBIENTALES

- Documento Inicial Ambiental recomendable para parques > 50 MW con tramitación nacional
- Screening Ambiental previo sobre mapas para evitar ZEPAS, LIC y yacimientos arqueológicos
- Estudios de campo de flora, avifauna y arqueología
- Afecciones con otras infraestructuras existentes

### DISEÑO TÉCNICO

- Múltiples simulaciones para evaluar pérdidas
- Torres de medición
- Evitar localizaciones con potencial de 'curtailment' futuro
- Acceso fácil
- No escatimar en estudios de geotecnia y topografía,

### CONVENIOS AYUNTAMIENTO

- Comunicación transparente a las comunidades; siempre informar previamente. Nunca que una entidad se entere de un Proyecto por el proceso de información pública
- Negociación ICIO y reducciones



# Módulo Comercial

- Modalidades de Negocio
- Mercado Mayorista SPOT
- Contratos PPA
- Servicios de Ajuste
- Subastas y Concursos







# INGRESOS: PRODUCTOS Y MERCADOS

---

## ¿Qué puedo vender?

- Energía
- Garantías de origen GdO
- Servicios de ajustes (capacidad de verter o quitar energía del Sistema)

## ¿Cómo y donde lo puedo vender?

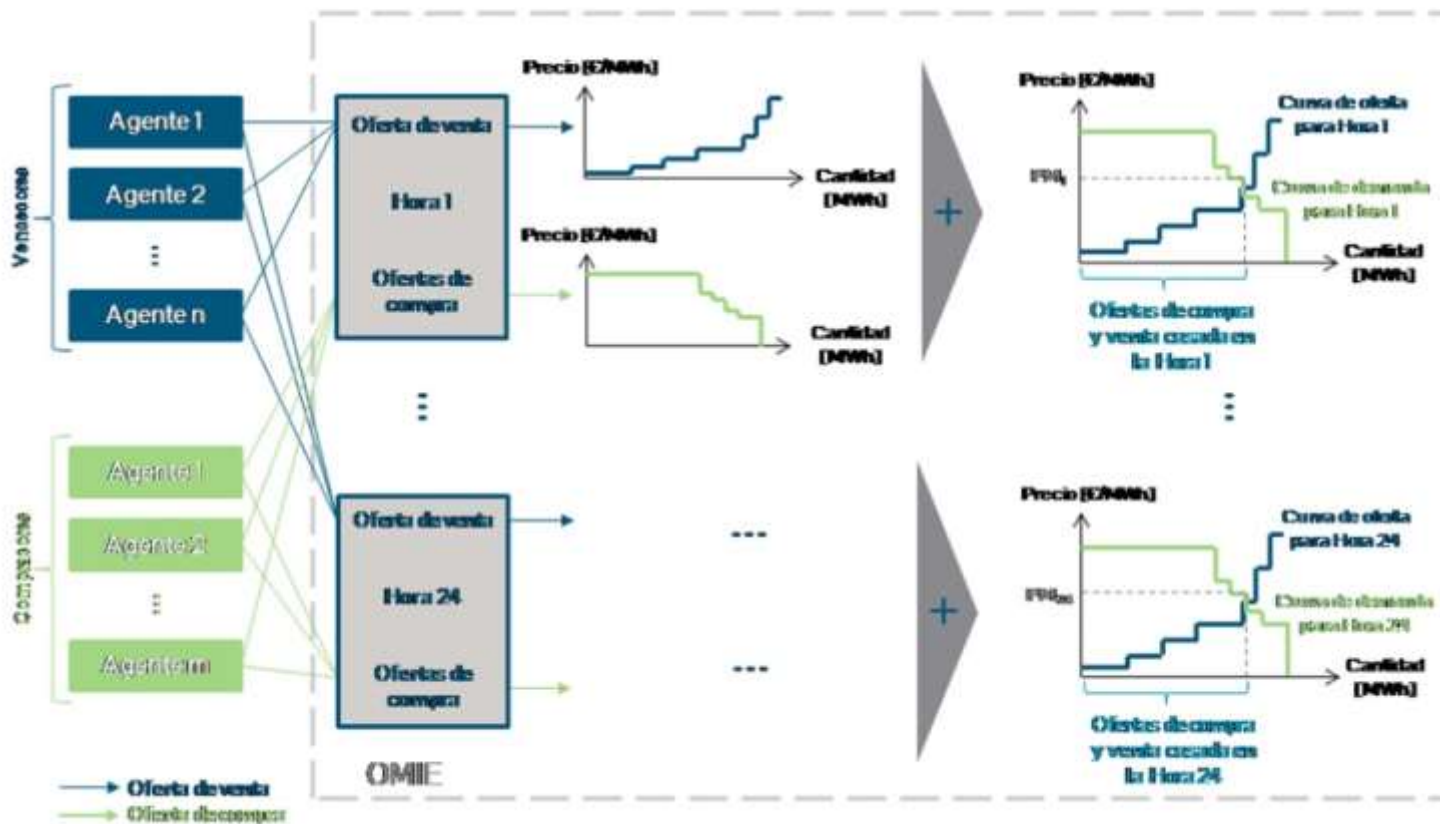
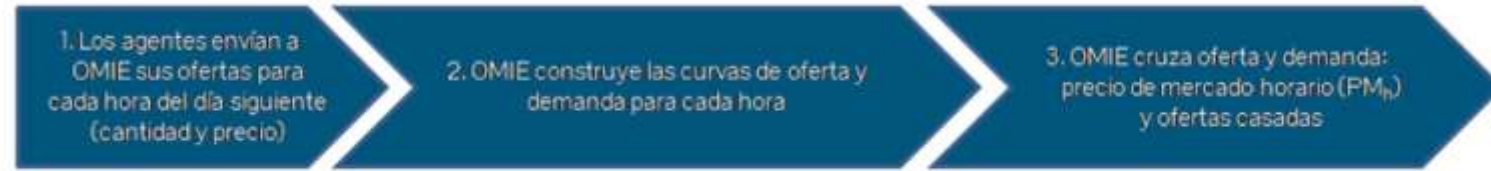
- Mercado mayorista (OMIE-Spot) 
- Mercado de futuros (OMIP y otros)
- PPA o contrato bilateral (Financieros y Físicos)  
- Regimen económico vía Subasta   
- Mercados del operador del Sistema (REE)

---

# **Mercado mayorista SPOT**



# MERCADO SPOT: ESQUEMA MARGINALISTA



ALGORITMO CASACIÓN: EUPHEMIA

- Se subastan las 24 horas del día siguiente (24 productos, cada uno un precio).
- Compradores y vendedores envían sus ofertas antes de las 12:00.
- Se ordenan por precio de menor a mayor la curva de ofertas de generación
- Se ordenan por precio de mayor a menor la curva de ofertas de compra
- Se cruzan las curvas y se determina el punto de casación, cerrando precio y volumen para cada hora
- **¿SISTEMA VÁLIDO PARA UN MERCADO DOMINADO POR OFERTAS DE GENERACIÓN RENOVABLE?**

---

# Contratos PPA






# PPA POWER PURCHASE AGREEMENT

**PPA: Contrato de compraventa de energía entre un vendedor (Generador) y un comprador (Consumidor-Offtaker) por un plazo, volumen y precio**

## Tipos de PPAs

- **Bilaterales o Físicos (no participan en OMIE y se registran en REE)**
  - Con conexión física directa generador-consumidor (autoconsumo)
  - **Con conexión al mismo Sistema eléctrico “Sleeved” (en nodos diferentes del Sistema) y a través de una comercializadora** 
- **Financieros-Virtuales-Sintéticos (participan en OMIE y se liquidan por diferencias Cfd)**
  - **Con respaldo físico (existe activo de generación)**
  - Sin respaldo físico (puramente especulativo)

**Los contratos financieros exigen un tratamiento contable especial y garantías (Mark to Market)**

---

# Subastas y Concursos



# RÉGIMEN ECONÓMICO SUBASTA

## Régimen económico: Subastas del Gobierno de España

Noviembre 2022: solar & Eólica terrestre

**Fracaso absoluto en la subasta de renovables:  
sólo se adjudican 50 MW de los 3.300 MW  
puestos en liza**

Forestalia y Elawan, entre los adjudicatarios con energía eólica

Octubre 2022: Termosolar, biomasa, solar distribuida

Energía

**La subasta renovable solo adjudica el  
30% y deja el cupo de la termosolar  
desierto**

El Gobierno puso sobre la mesa 520 megavatios de los que ha conseguido colocar 177, la mayoría de biomasa

Una vez más el pequeño productor no ha logrado hacerse con una porción grande al captar solo 31 megavatios

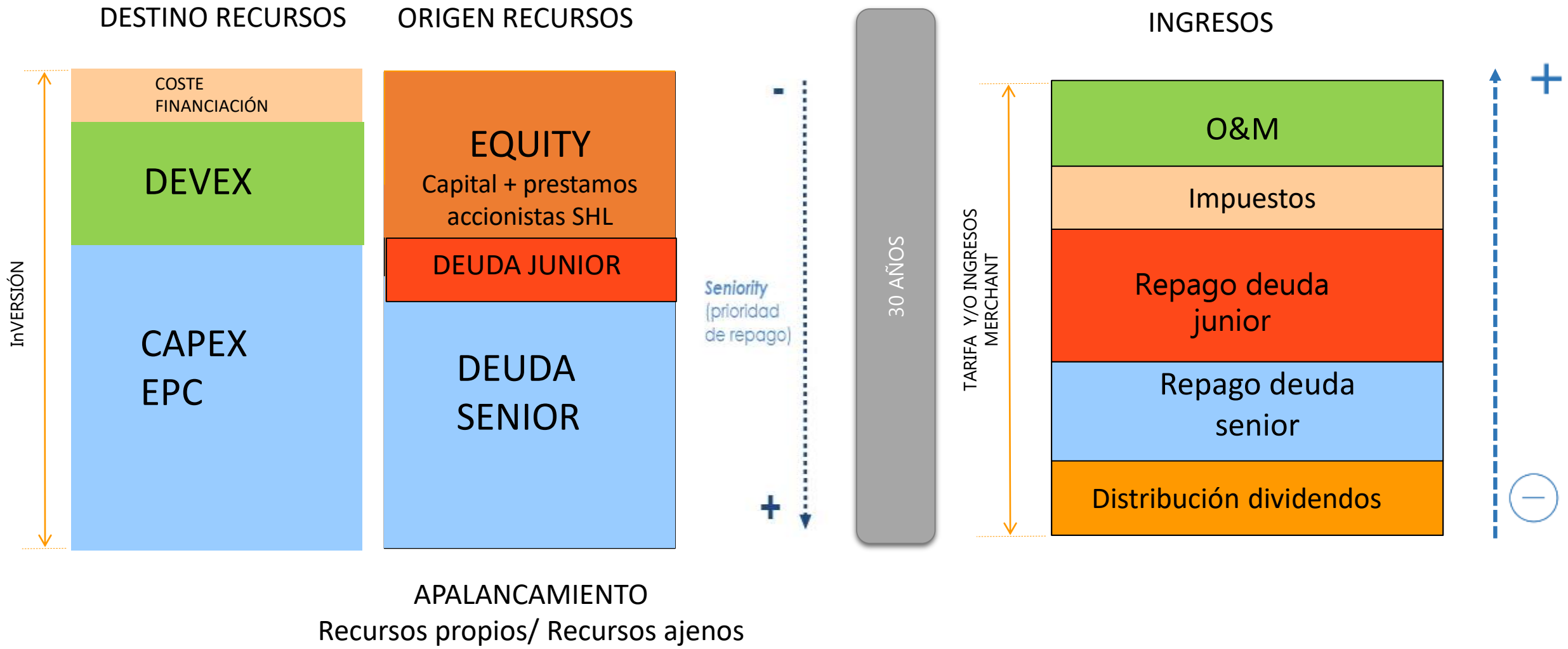


# Módulo Financiero

- **Introducción**
- **SPV**
- **Estructuras de financiación**

# INTRODUCCIÓN

## Estructura de la inversión y flujos de caja



---

# Estructuras de financiación



# ESTRUCTURACIÓN Y FINANCIACIÓN

---

**¿Cuándo financiar?** Cuando genere valor, es decir, cuando la TIR apalancada  $>$  TIR Proyecto... y los riesgos compensen. Es decir cuando el coste de la deuda sea menor al coste de capital del accionista

**Financiar reduce las necesidades de desembolso de capital (bien escaso y a coste de oportunidad) pero...**

- Encarece la inversión
  - Costes de asesores, IDC, fondeo de la cuenta de reserva
- Aumenta el riesgo (llegar al cierre financiero con los parámetros esperados) y riesgo de refinanciación si aplica

Existen 2 tipos de financiación:

**Sin recurso al accionista (Project Finance)**

**Con recurso (Corporate Finance)**

Q & A

---

Q&A



# DATOS DE CONTACTO

Javier Monfort



[javiermonfort@gmail.com](mailto:javiermonfort@gmail.com)

[jmonfort@bluefloat.com](mailto:jmonfort@bluefloat.com)



<https://www.linkedin.com/in/javier-monfort-66b2782>

/

## Experience



### Country Manager

BlueFloat Energy  
Jul 2021 – Present - 3 mos  
Spain

Responsible for offshore wind project development in the Iberian Region, from early stage development through to Final Investment Decision and beyond.



### Director of Strategy & Origination

AAGES Global Energy Solutions  
Feb 2018 – Jul 2021 - 3 yrs 6 mos

AAGES is a newly formed joint venture between Algonquin Power & Utilities Corp. and Abengoa. The company's mandate is to invest in renewable and infrastructure projects globally, using Algonquin's financial strength and Abengoa's international construction presence.



### Abengoa

5 yrs 2 mos

#### Business Development Director, Global Energy & Water concessions

Apr 2014 – Feb 2018 - 3 yrs 11 mos  
Seville, Spain

Director of the Integrated Product Department, responsible for the Business Development of Energy & Water projects with a PPA / WPA scheme (concessions or direct agreements, under non recourse project financing)

...see more

#### Business Development Manager - Global Renewable & Conventional IPP projects

Jan 2013 – Apr 2014 - 1 yr 4 mos

Responsible for the coordination & leadership of IPP projects under a PPA scheme (integrated product), for renewable and conventional energy sources, such as CSP & Solar Tower, and Combined Cycle Gas Turbine power plants.

...see more



### Business Development Manager Utilities-Offgrid EMEA&LATAM

SunEdison  
Jul 2011 – Dec 2012 - 1 yr 6 mos  
Madrid Area, Spain

Business Development Manager for utilities & offgrid applications for LATAM & EMEA.

Responsible for the development and structuring of Power Purchase Agreements and merchant sale (ongrid-utility scale) and for EPC sales for off grid opportunities.

...see more

# DATOS DE CONTACTO

Juan Antonio Tormo  
Ingeniero Industrial



[jatormovento@gmail.com](mailto:jatormovento@gmail.com)

[juan-antonio.tormo@engineers.net](mailto:juan-antonio.tormo@engineers.net)

[juanantonio.tormo@iqs.url.edu](mailto:juanantonio.tormo@iqs.url.edu)



[linkedin.com/in/jatormo](https://www.linkedin.com/in/jatormo)



## Experiencia

**IQS Barcelona**  
Profesor Asociado  
septiembre de 2011 - Present (10 años 4 meses)  
Departamento Eléctrico

**Empresa Privada**  
Consultor  
enero de 2013 - Present (9 años)  
Consultoría e implantación de Proyectos en el entorno de los Sistemas Eléctricos de Potencia y en el ámbito energético.

**Xastel Trade**  
Socio Director  
enero de 2002 - Present (20 años)  
Ayudamos a Empresas y Profesionales a promover sus actividades, productos y servicios utilizando Internet como medio y a través de técnicas que constituyen lo que llamamos Internet & Mobile Marketing System. Las principales herramientas que usamos son:  
Videostreaming & Live TV

**Aristos**  
Director Técnico  
enero de 1990 - diciembre de 2000 (11 años)  
Desarrollo de proyectos en las áreas de Gestión, Sistemas e Ingeniería.

**SCAN Seguridad Informática y de Sistemas**  
Consultor  
enero de 1986 - diciembre de 1989 (4 años)

**INFONET - INDRA**  
Consultor Tecnológico  
enero de 1978 - diciembre de 1985 (8 años)  
Desarrollo de proyectos de Sistemas, Comunicaciones e Ingeniería.