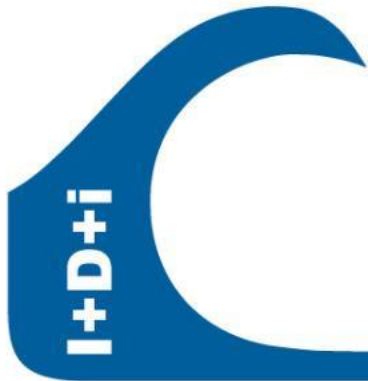




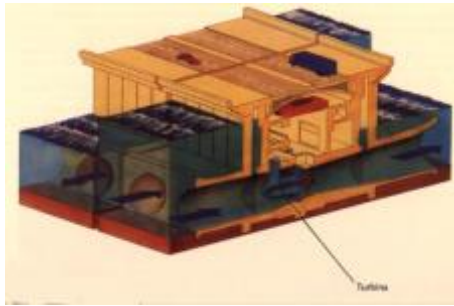
UTN.BA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES



ENERGÍA UNDIMOTRIZ

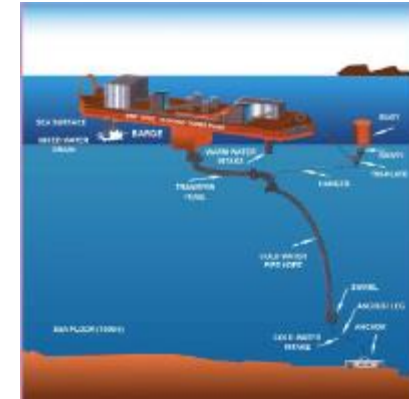
Tipos de energías marinas



Mareomotriz



Corrientes Marinas



Térmica Oceánica



Undimotriz



Osmótica

Datos comparativos de la densidad energética de los distintos tipos de energías renovables

- Biomasa: $0,6 \text{ W/m}^2$ [1]
- Solar: 200 W/m^2 [2]
- Eólica: 400 a 600 W/m^2 [2]
- Undimotriz: 2.000 a 3.000 W/m^2 [2]

- La energía de las ondas es una energía concentrada:
- 5 veces mas que la energía eólica [2]
- 10 a 30 veces mas que la energía solar [2]

[1] Ing. Agr. M. Sc. Jorge A. Hilbert, Clase Biomasa, Maestría Energías Renovables 2010 – UTN

[2] Pedro Ibáñez, Robotiker Tecnalia, España

Cálculo de la potencia de las ondas

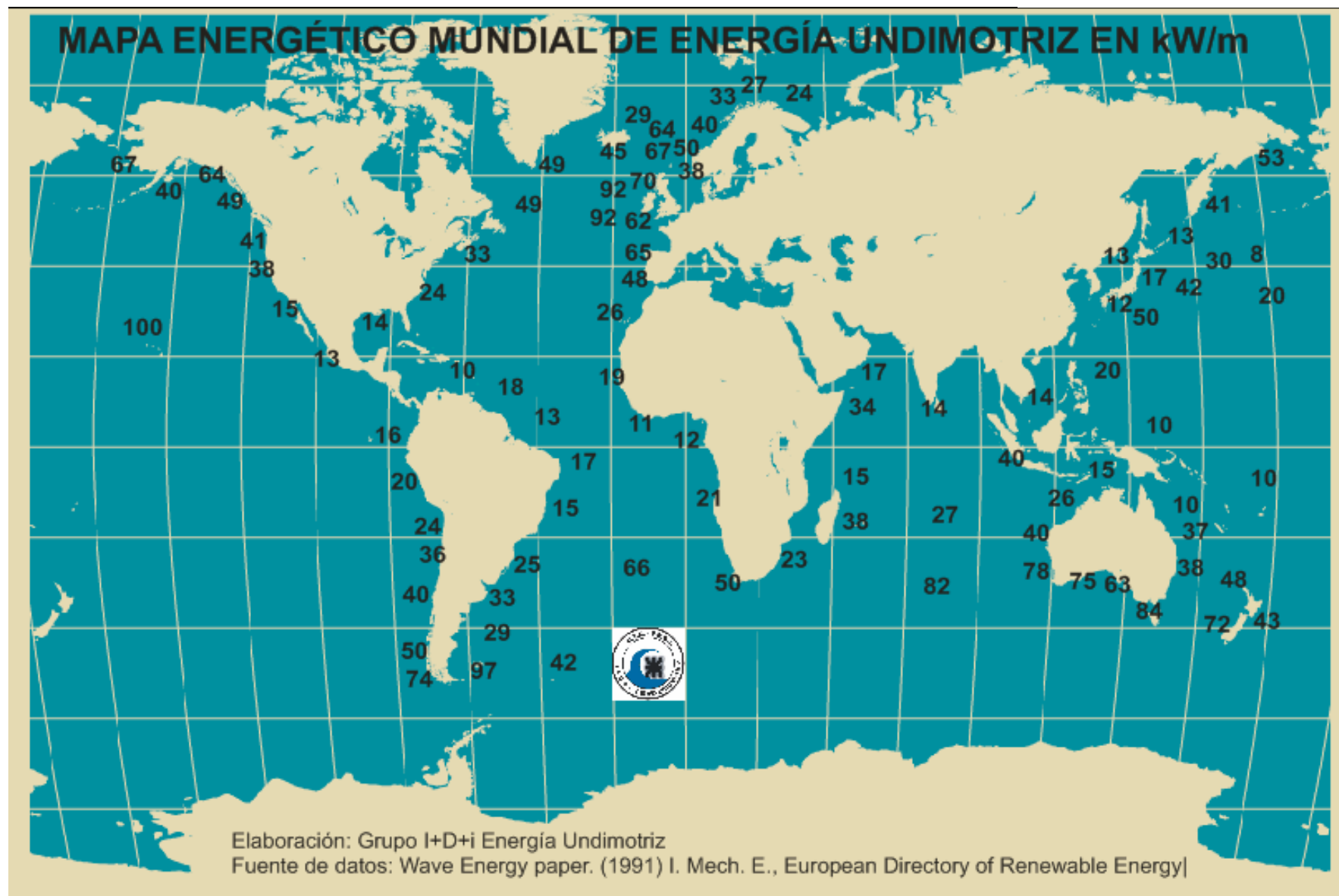
$$\text{Potencia por metro de frente de onda} = 1,963 H^2 \times T[*]$$

Siendo: T = período en segundos y H = altura de onda

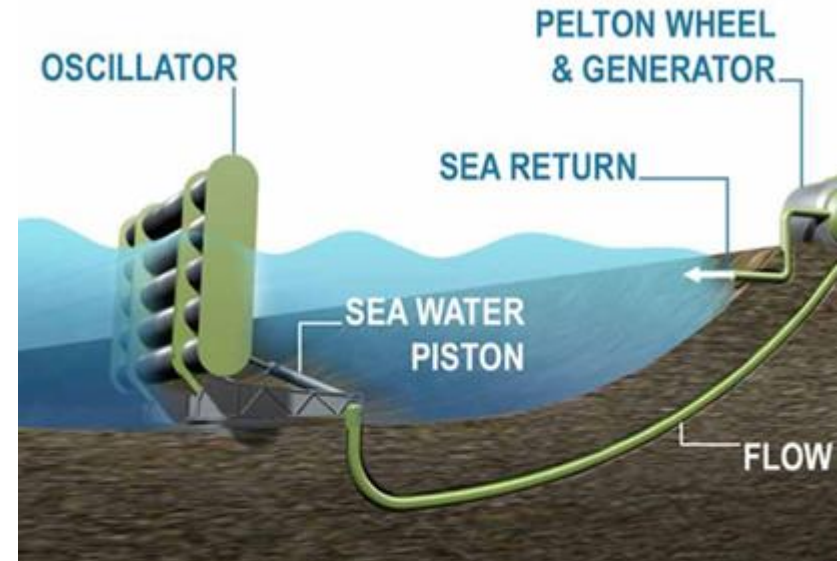
Ejemplo: H = 2 m ; T = 10 s

$$\text{Potencia} = 1,963 \times 10 \times 4 = 78 \text{ kW/metro de frente de onda}$$

[*] Pedro Ibáñez, Robotiker Tecnalia, España



Acua Marine Power



- **Potencia: 800 kW Estado: experimental (2012)**
- **Transformación: Undimotriz – hidráulica**
- **Ubicación: Reino Unido**

- País: Brasil - Ceará
- Estado: construcción
- Transformación:
Undimotriz –
hidráulica - Eléctrica



OPT (Ocean Power Technologies)

- **Ubicación:** Escocia , España - Santander
- **Potencia:** 150 kW
- **Transformación:** Sistema hidráulico – turbina hidráulica





CHILE
Valparaíso



<https://undimotriz.frba.utn.edu.ar/enel-chile-instala-su-primer-generador-de-energia-marina-en-valparaiso/>

CHILE

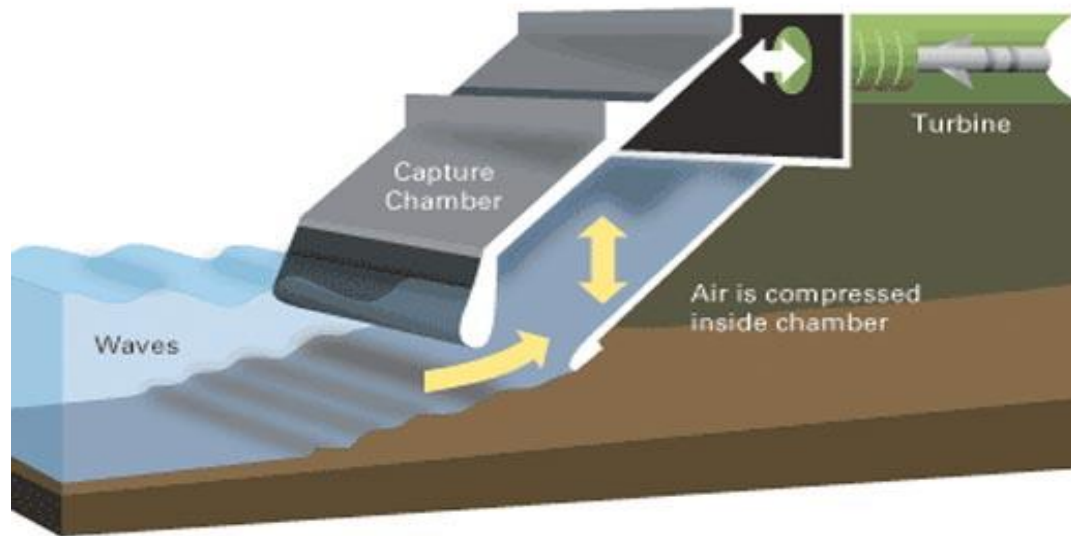
- País: Chile
- Estado: Prototipo de prueba
- Transformación: Undimotriz – hidráulica - Eléctrica



Para la puesta en marcha cuentan con recursos cercanos a los 340 millones de pesos, aportados por el Gobierno Regional (GORE) y el Consejo Regional (CORE) de la Región de Antofagasta, a través de un proyecto del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R).

VOITH WAVEGEN

En **2000**, en el **sur de Escocia** en la isla de Islay, la empresa Voith instaló un primer equipo de columna oscilante de agua (OWC) con una potencia de **500 kW**, conectado a la red de la isla. El dispositivo funciona a partir de una corriente de aire que se genera por el movimiento ondular del mar por debajo de una estructura de hormigón. Este aire ingresa a una turbina que hace girar un generador eléctrico.



MUTRIKU

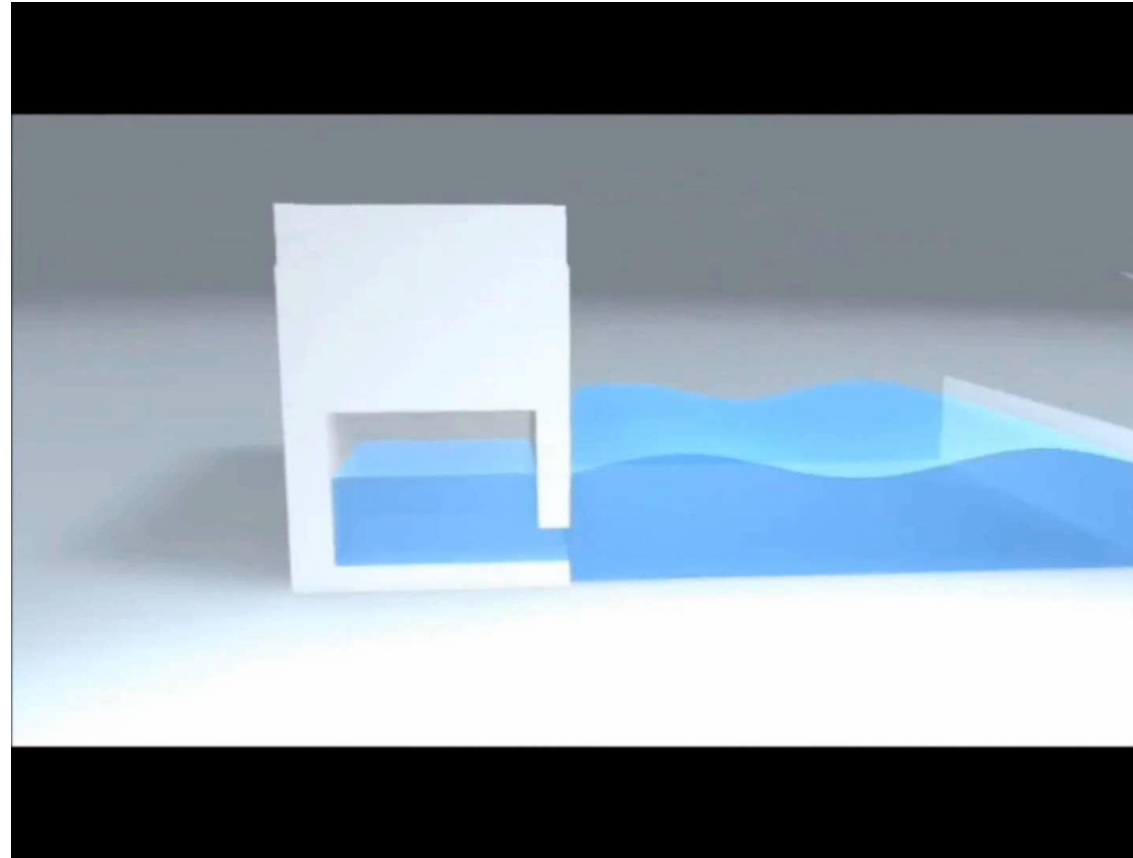
Sistema de columna de agua oscilante (OWS)



MUTRIKU

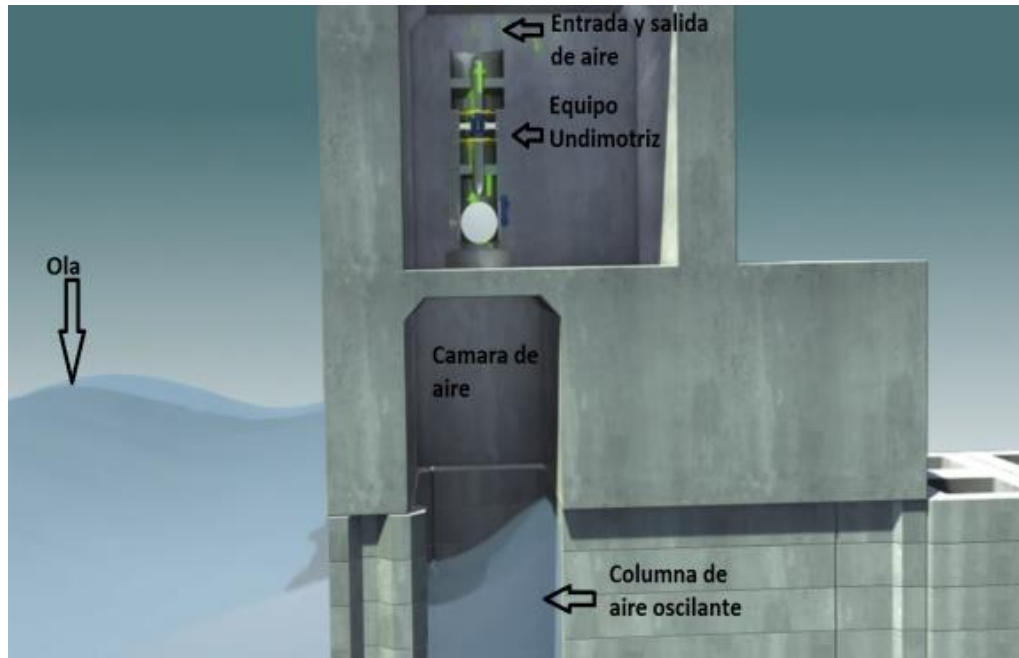
Sistema de columna de agua oscilante OWS

- Estado: Funcionando desde 08/07/2011
- País: España, región vasca
- Potencia: 269 kW
- Transformación: Undimotriz – aire a presión – turbina
- Costo: € 6,7 MM
- Abastecimiento: 600 personas
- Evita: 600 ton CO₂/año



Corte longitudinal de la planta Mutriku

MUTRIKU



Visita: Noviembre 2011



3 de las 12
turbinas

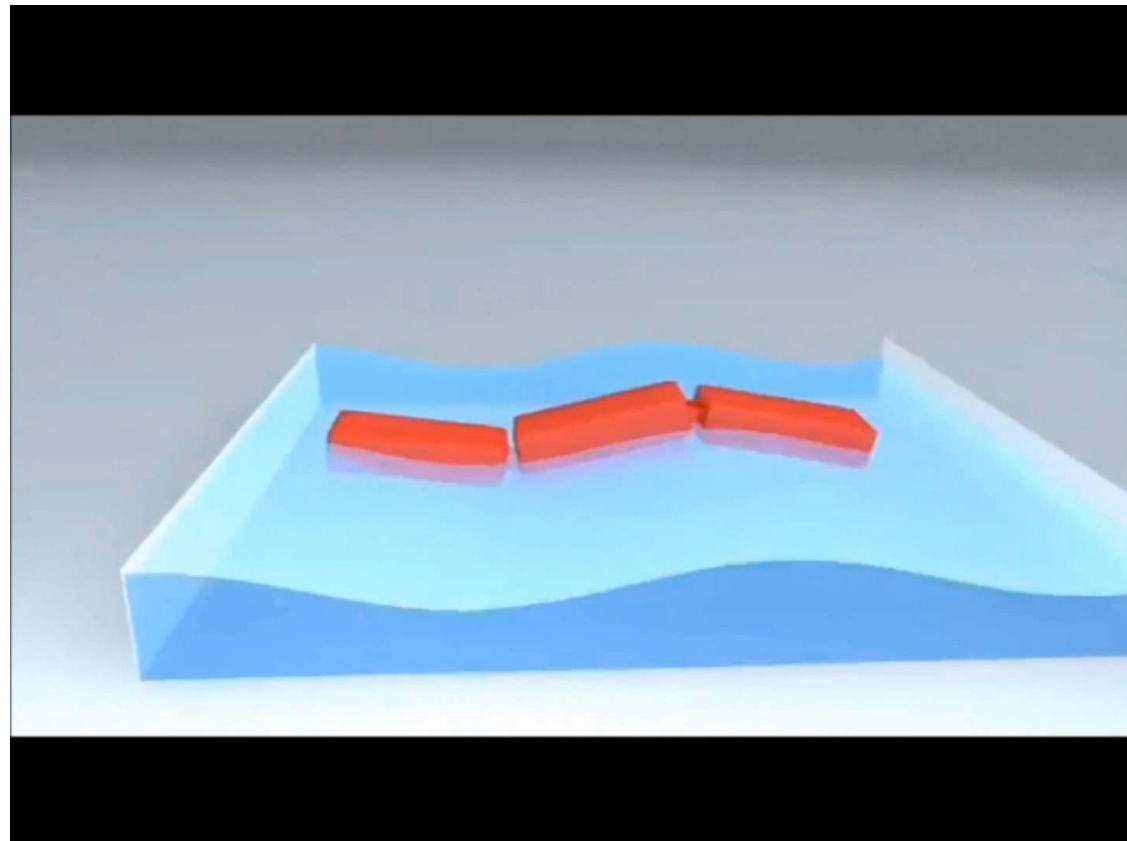
Mg. Ing. Haim – Ing. Pelissero



Corte longitudinal del equipo

Pelamis

- **Ubicación:** Portugal
- **Potencia:** 750 kW
- **Transformación:** Sistema hidráulico – turbina hidráulica



Wave Star

- **Ubicación:** Dinamarca
- **Transformación:** Sistema hidráulico – turbina hidráulica



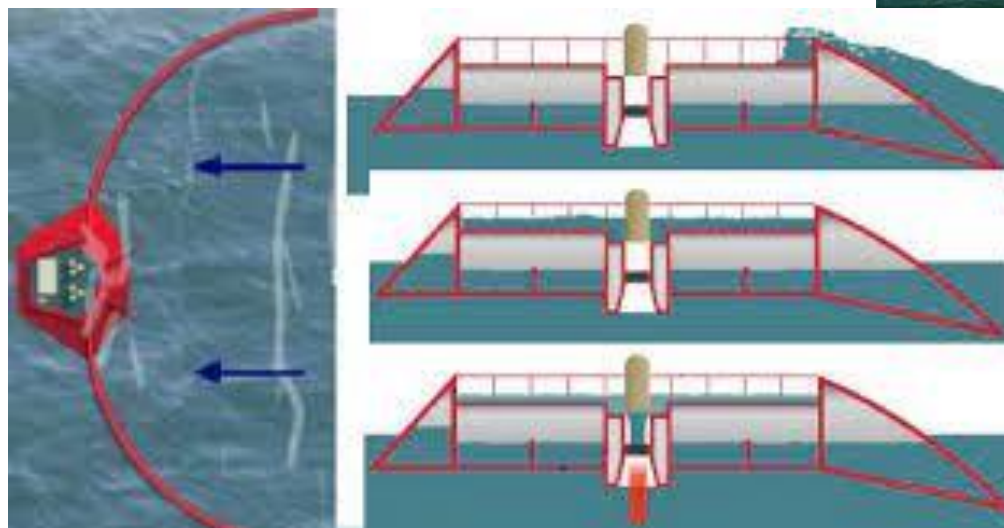
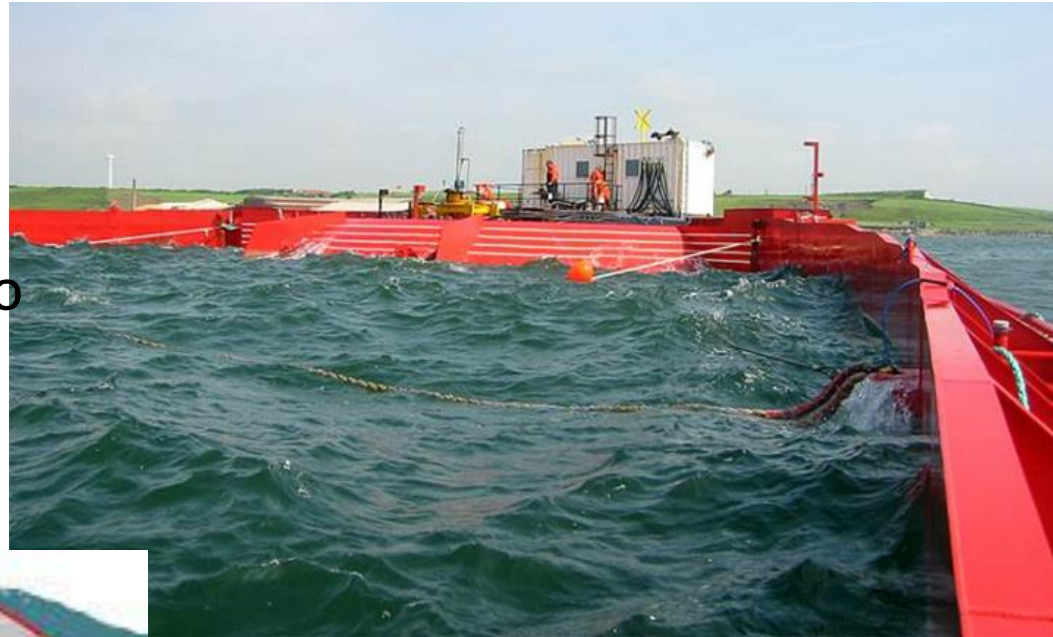
En 2006, un modelo a escala 1:10 fue probado en la localidad de Nissum Brending en Dinamarca; en el año 2007 la empresa Wave Star Energy y la Universidad de Aalborg de Dinamarca instalaron un equipo a escala 1:2 de 2 flotadores con una potencia de 25 kW.

Wave Dragon

Dinamarca 2003 hasta 2009

Potencia 20 kW.

Actualmente, se está planeando
instalar un equipo de 4 MW
Gales y en Portugal



Funcionamiento: El agua que
ingresa por la ola en la parte
superior retorna al mar pasando a
través de una turbina hidraulica
acoplada a un GE.

Recurso Nacional

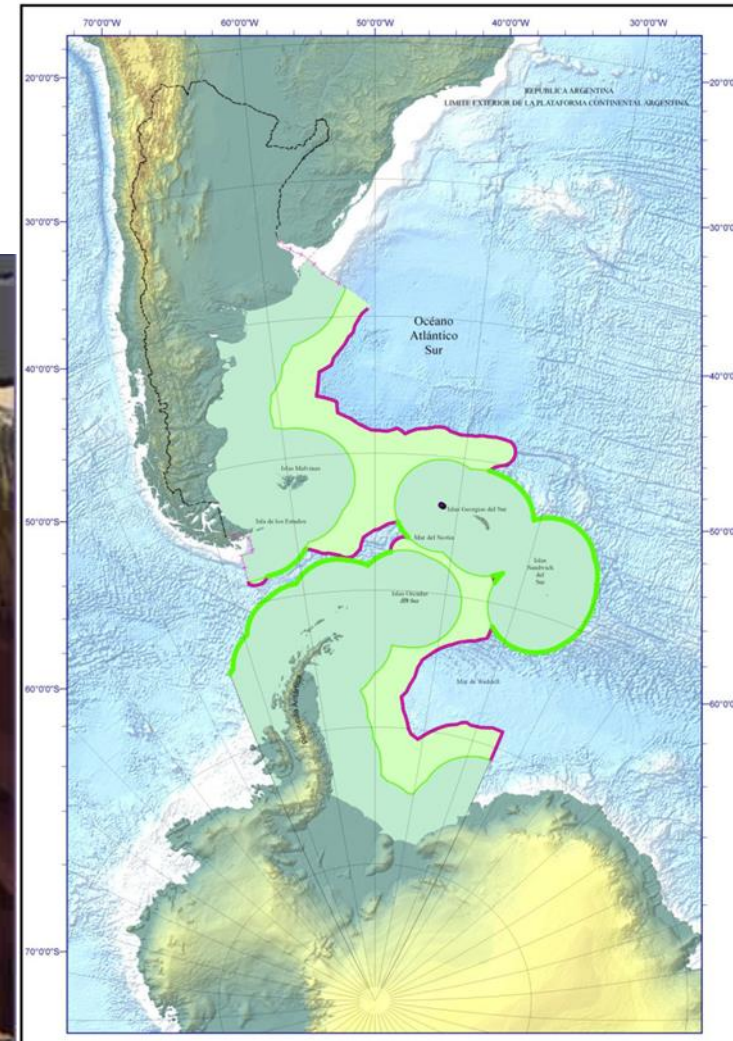
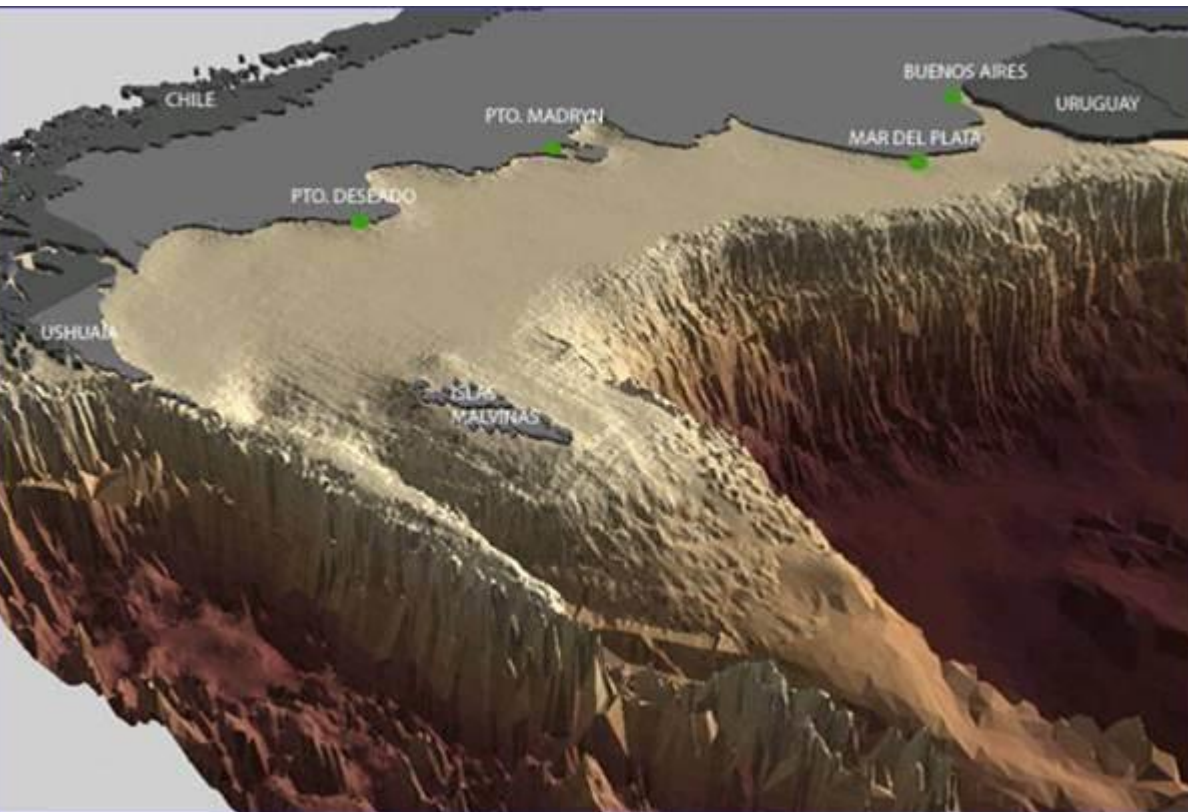
Potencial mundial: 200 a 500 GW

- **Costa Argentina: 29 a 97 kW/m de frente de ola.**
- **Costa Argentina: 5.087 km**
- **Plataforma marina de 200 millas de baja profundidad.**
- **Zona de explotación exclusiva del Mar Argentino: son 2.809.237km², una de las más grandes del mundo**



Recurso Nacional

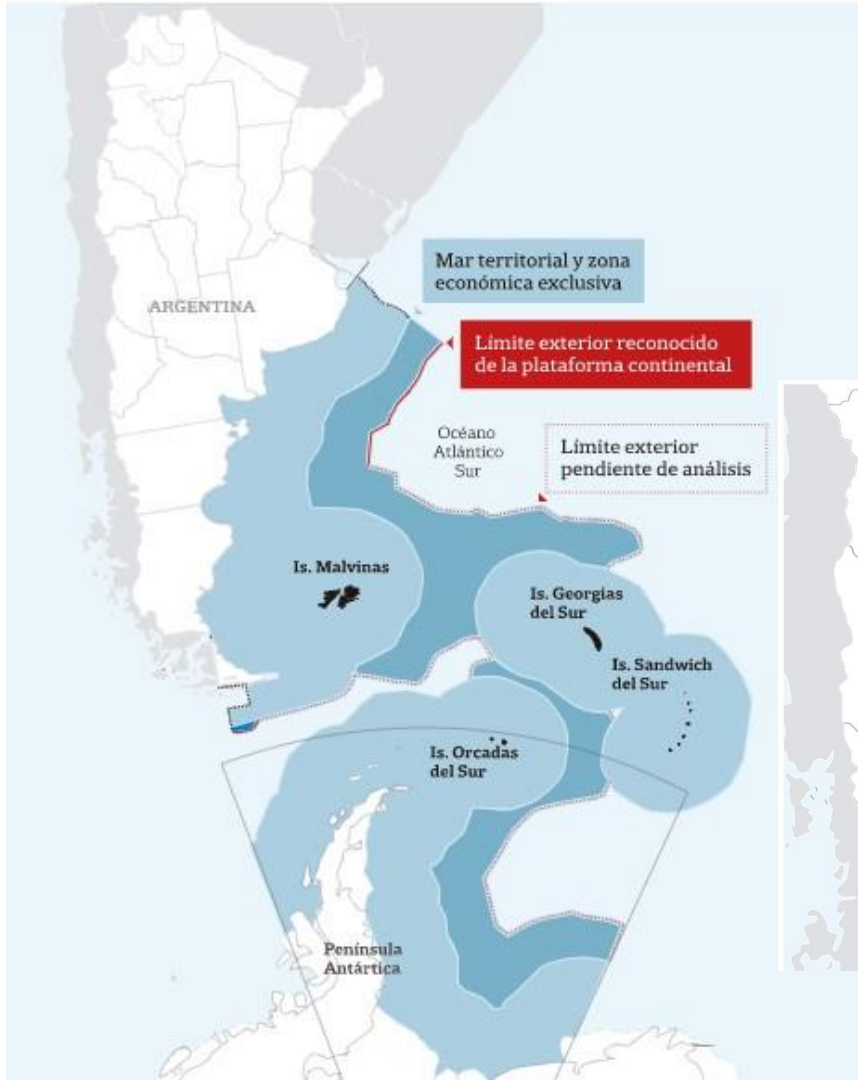
Superficie de 2 780 400 km², se considera solo la superficie continental sujeta a soberanía efectiva. Su [plataforma continental](#), reconocida por la [ONU](#) en 2016, alcanza los 6 581 500 km²,



Recurso Nacional

— Límite exterior del Río de la Plata
- - - Límite marítimo internacional

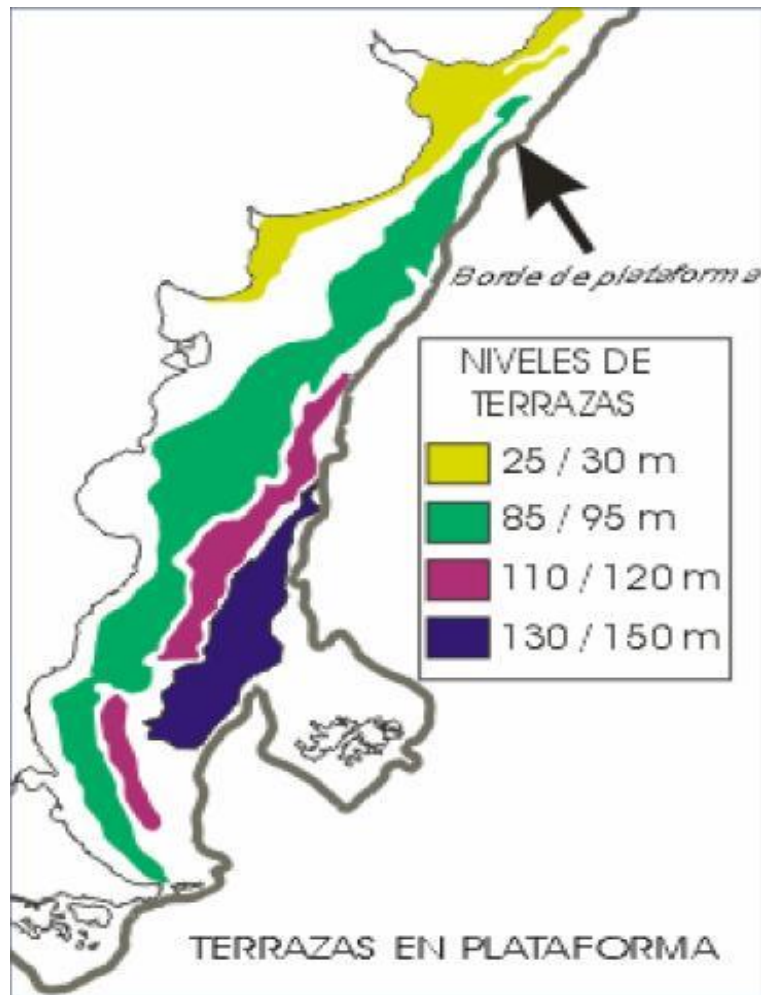
■ Desde 200 millas hasta el límite exterior de la plataforma continental



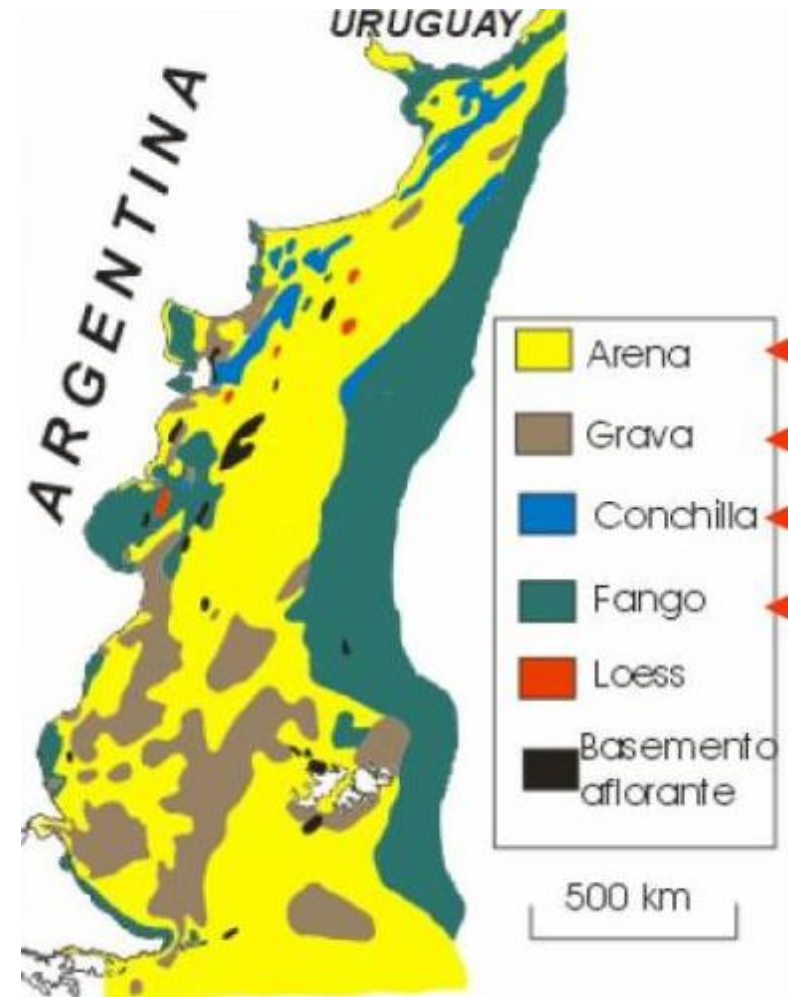
Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental (COPLA) (1997)
Se agregaron 377.000 km² en 2016
Aprobado por: la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Convemar)"



Características de nuestra costa

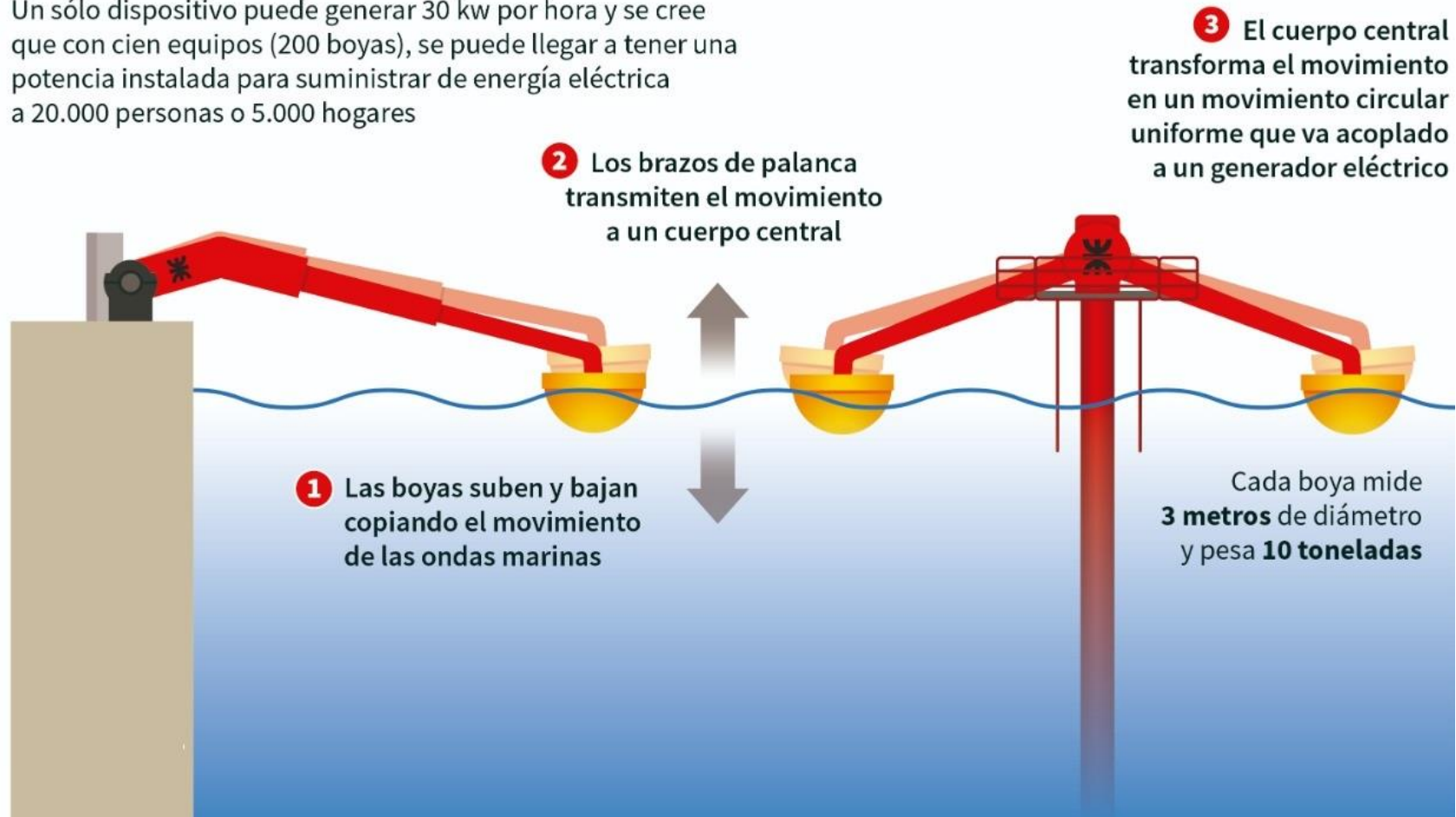


Sedimentos de la Plataforma Argentina



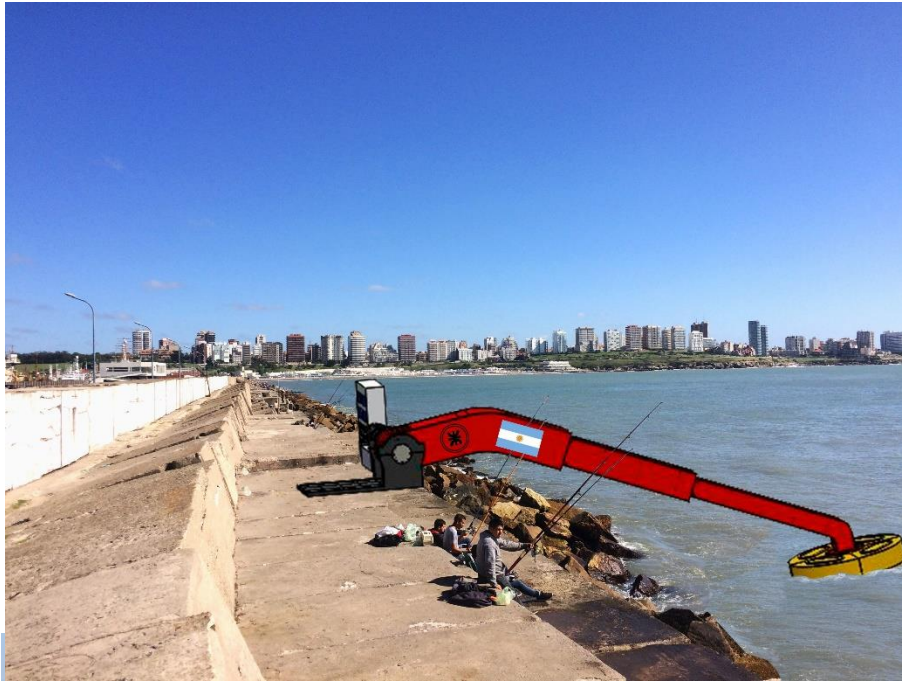
Energía Undimotriz en Argentina

Un sólo dispositivo puede generar 30 kw por hora y se cree que con cien equipos (200 boyas), se puede llegar a tener una potencia instalada para suministrar de energía eléctrica a 20.000 personas o 5.000 hogares



Estado del proyecto





Mg. Ing. Haim – Ing. Pelissero

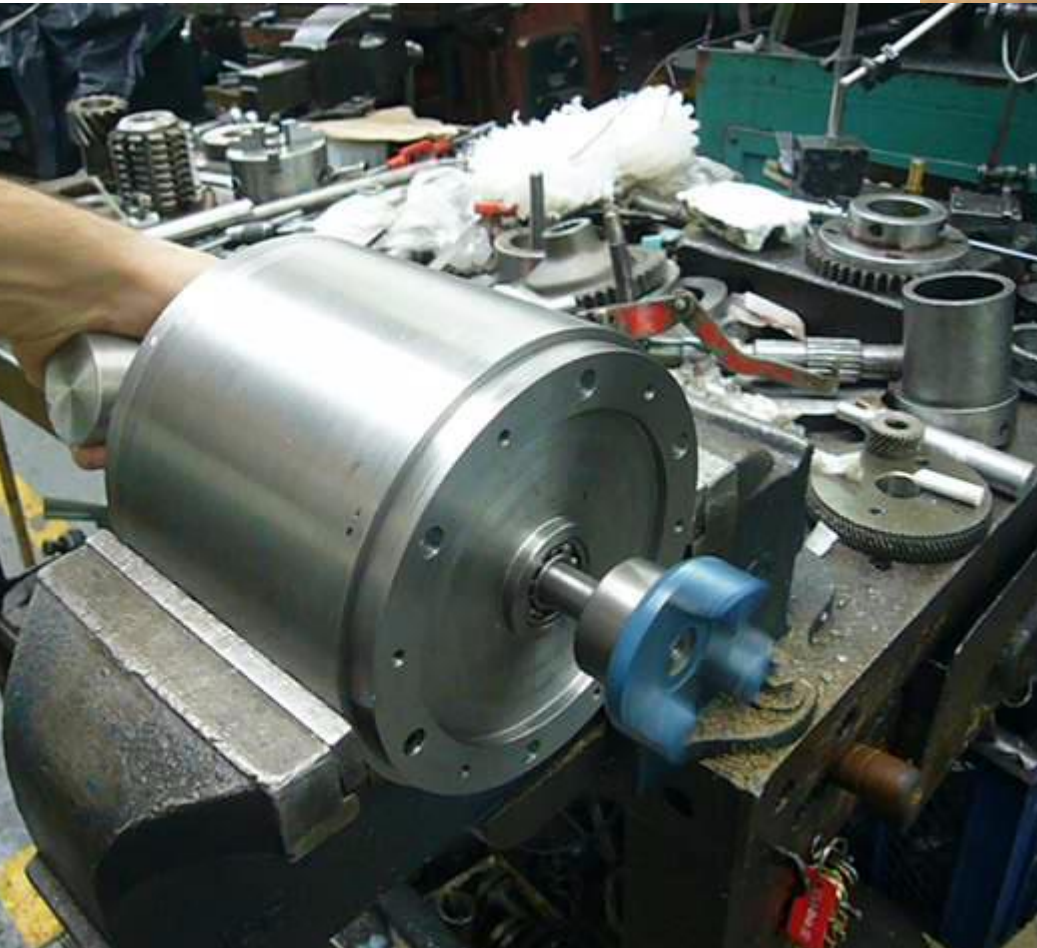


Simulación del equipo

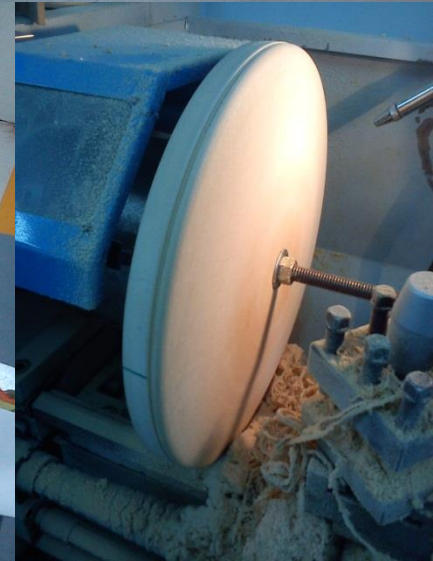
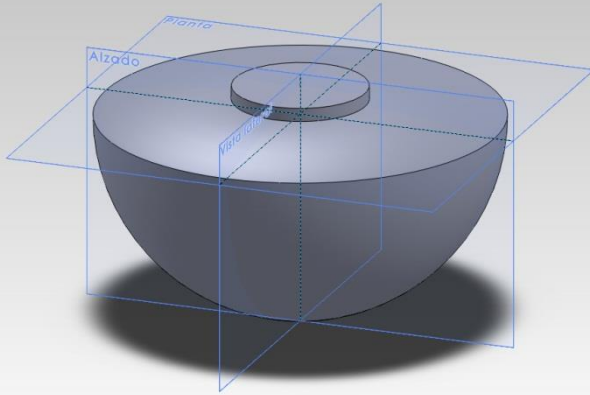
Equipo a escala 1:10 probado en el INA

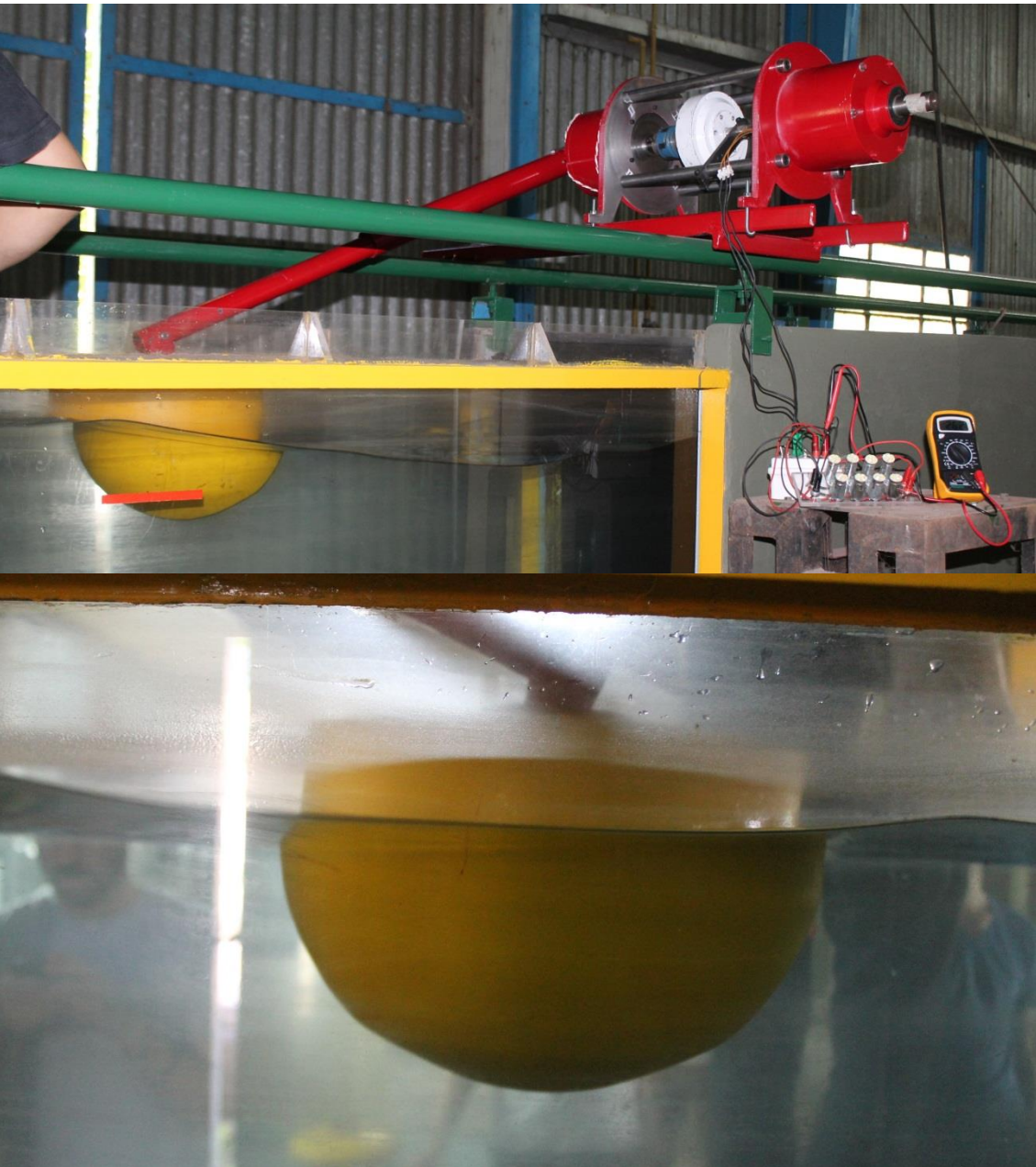


Equipo a escala 1:10



Equipo a escala 1:10 a probar en el INA





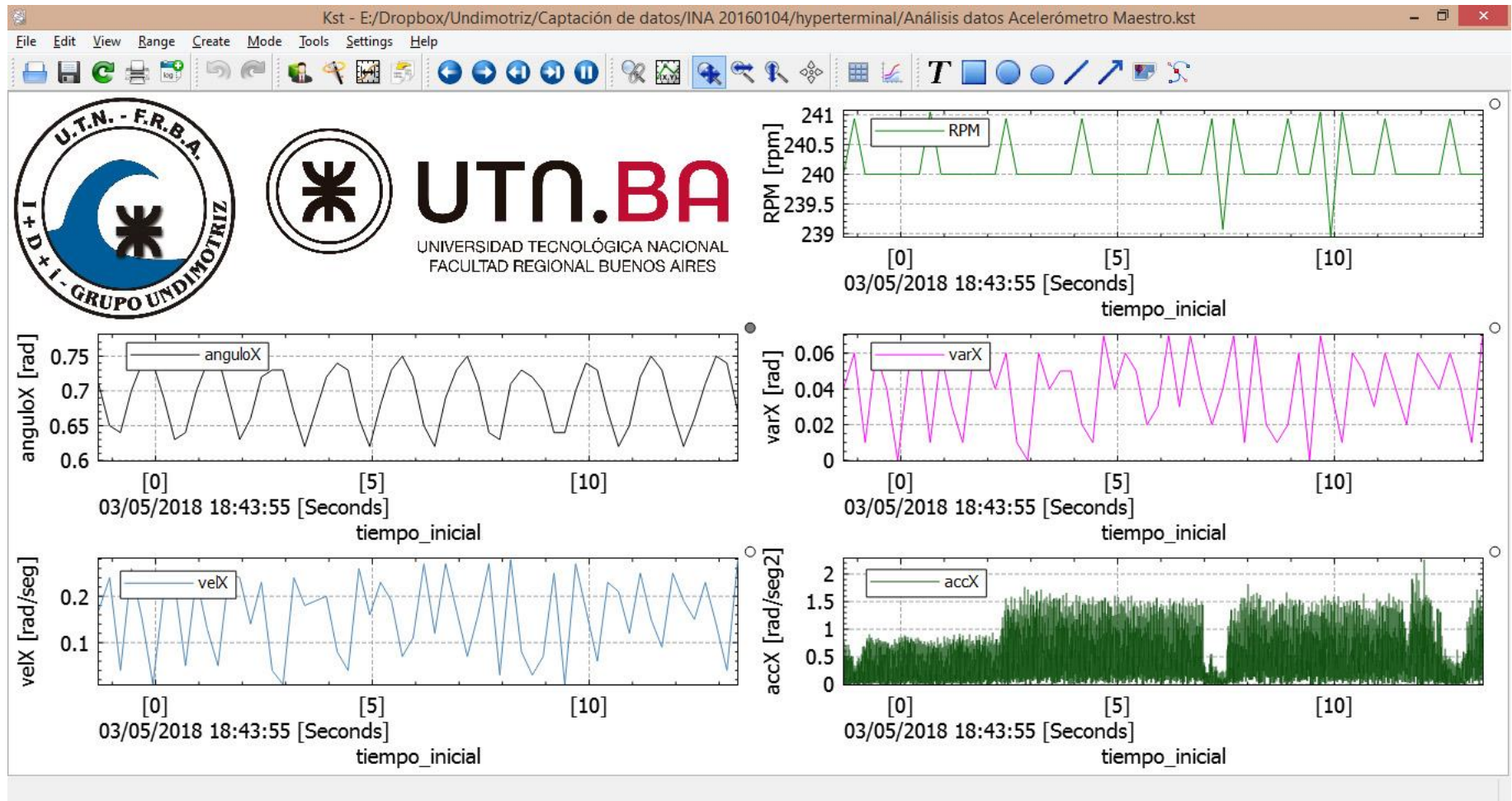
Equipo a escala 1:10 ensayo INA










Equipo a escala 1:10 Ensayo INA



Equipo a escala 1:10 a probar en el INA



Caso de un parque undimotriz

- Cantidad de boyas: 200      
- Pérdidas del 25%
- Potencia por boya: 30 kW 
- Potencia total: 6.000 kW = 6 MW.



5.000



20.000



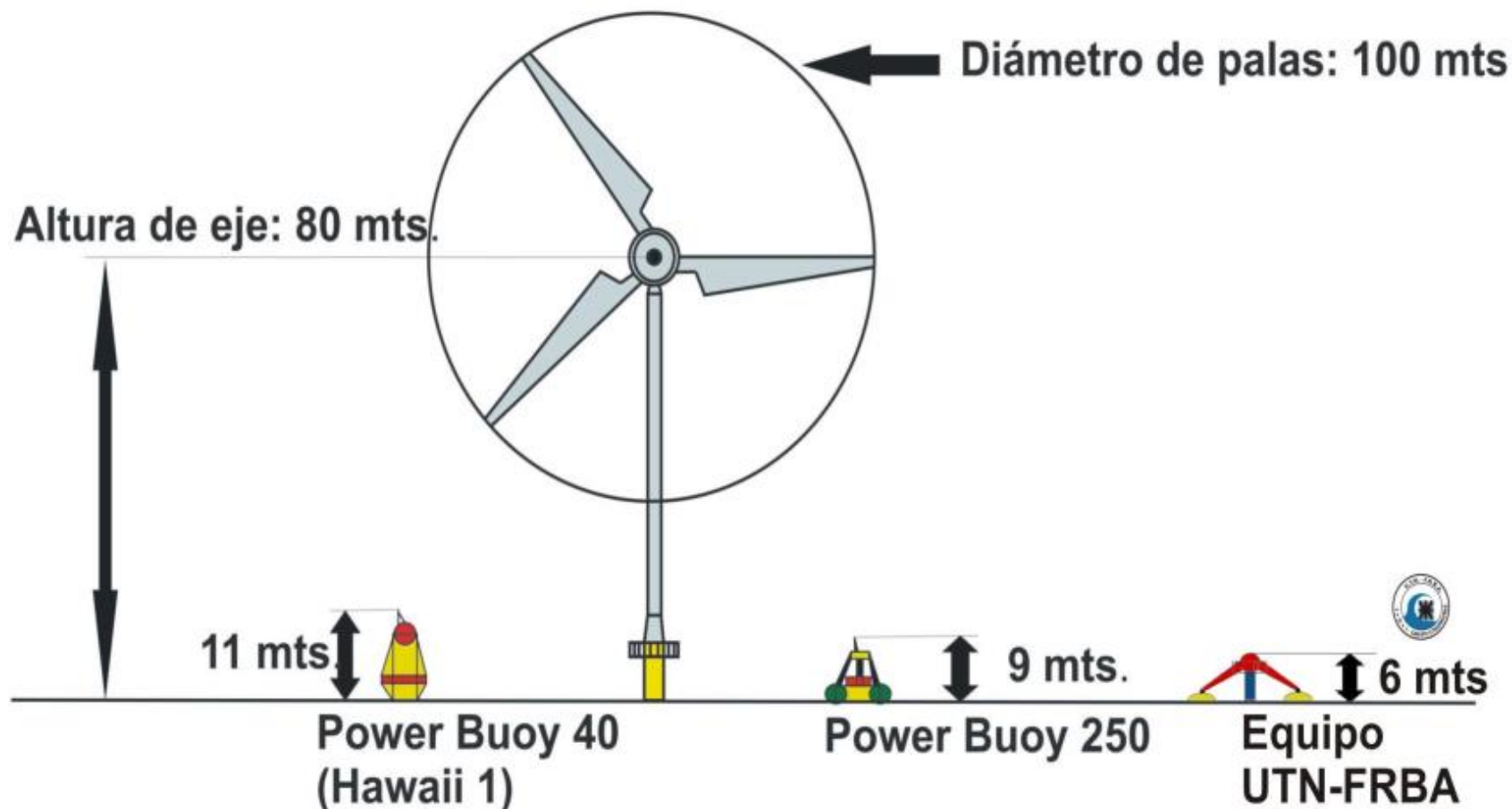
2.000 ha

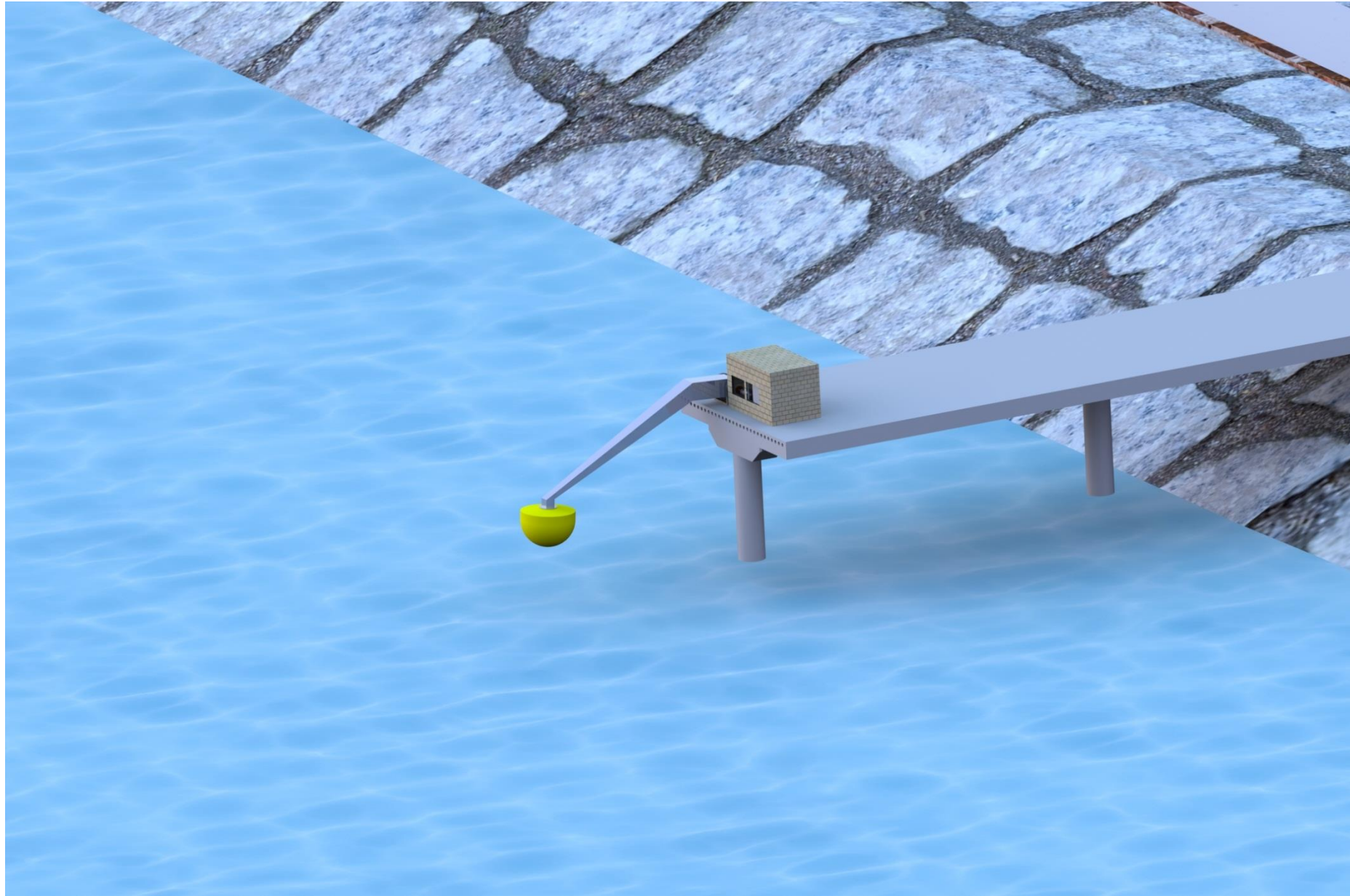


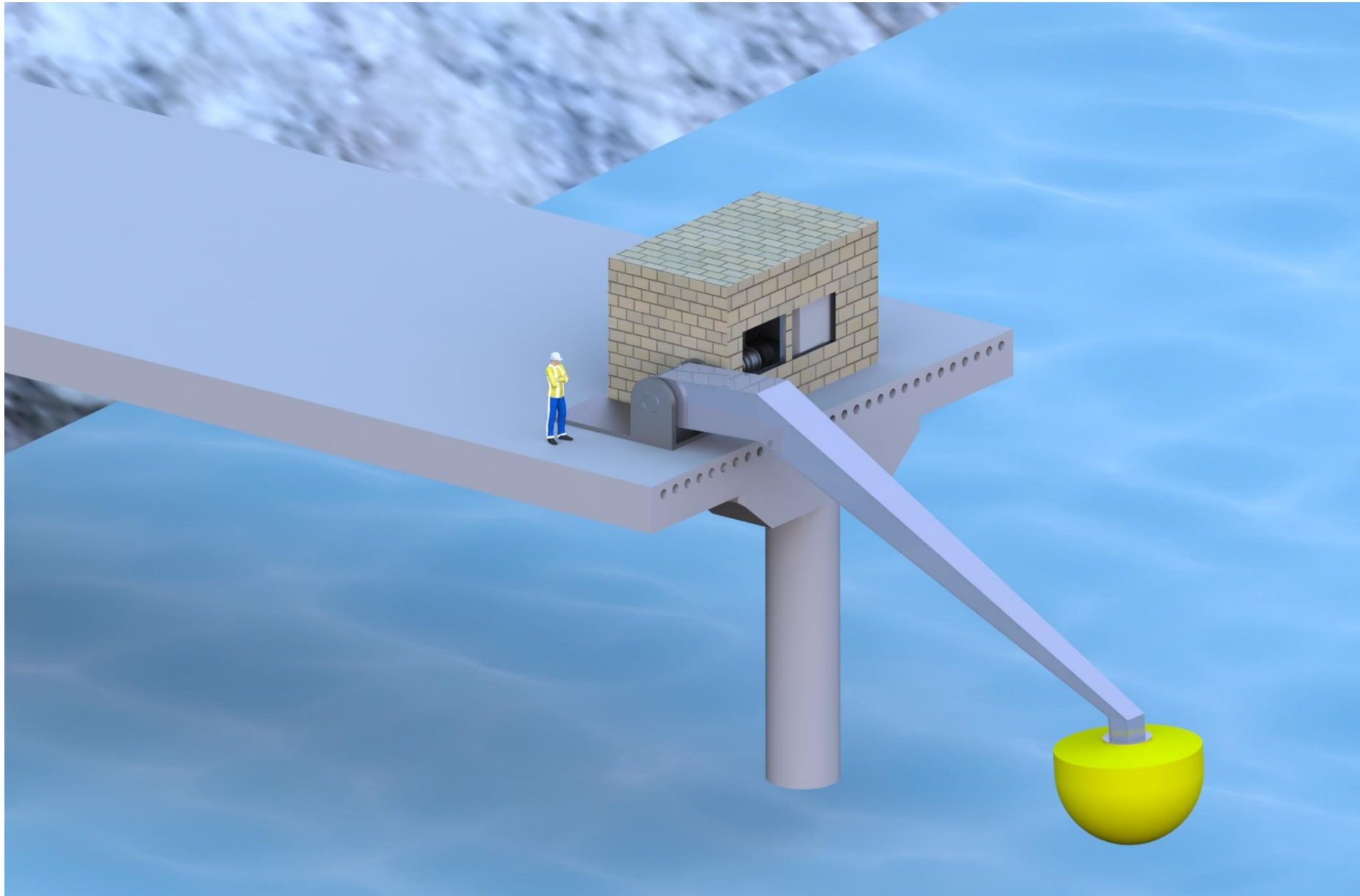
15.000 ton CO₂/año

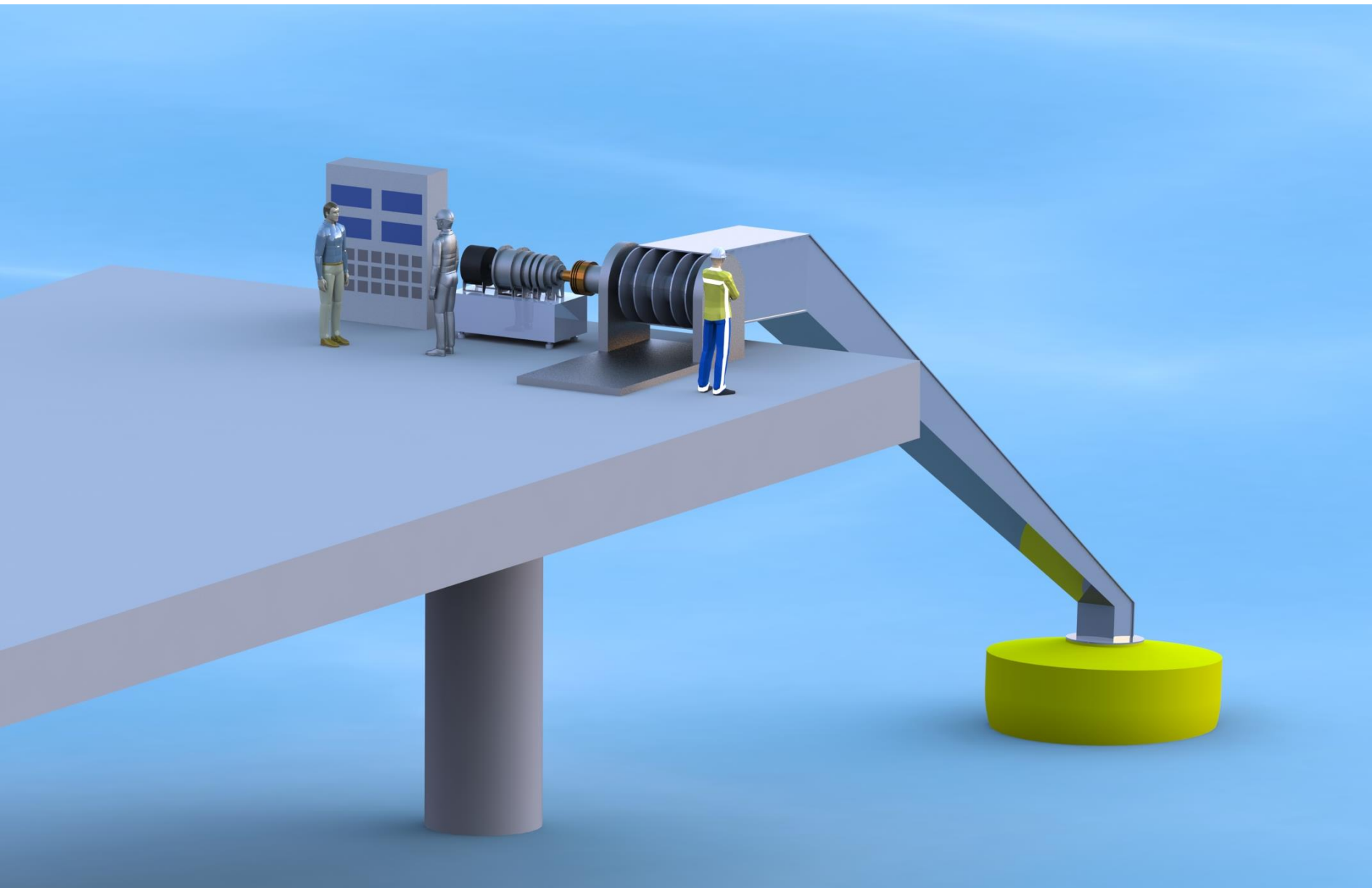
Impacto Visual

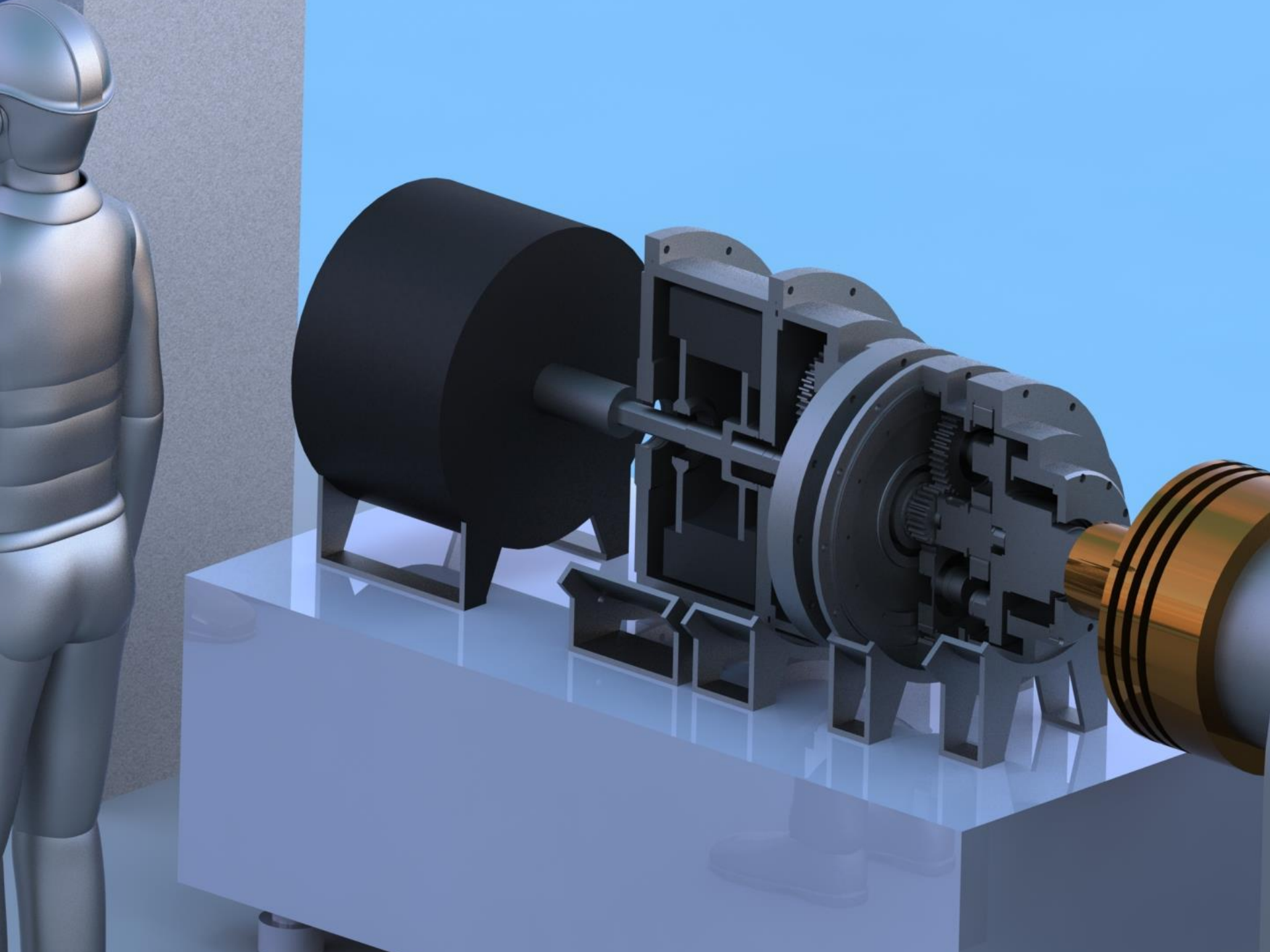
Comparación de impacto visual: Energía Eólica Off Shore - Undimotriz











Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

- **Costos de fabricación y ensamblaje del equipo**
 - **Costos Obra Civil e Instalación**
 - **Costos de Operación y Mantenimiento**

Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

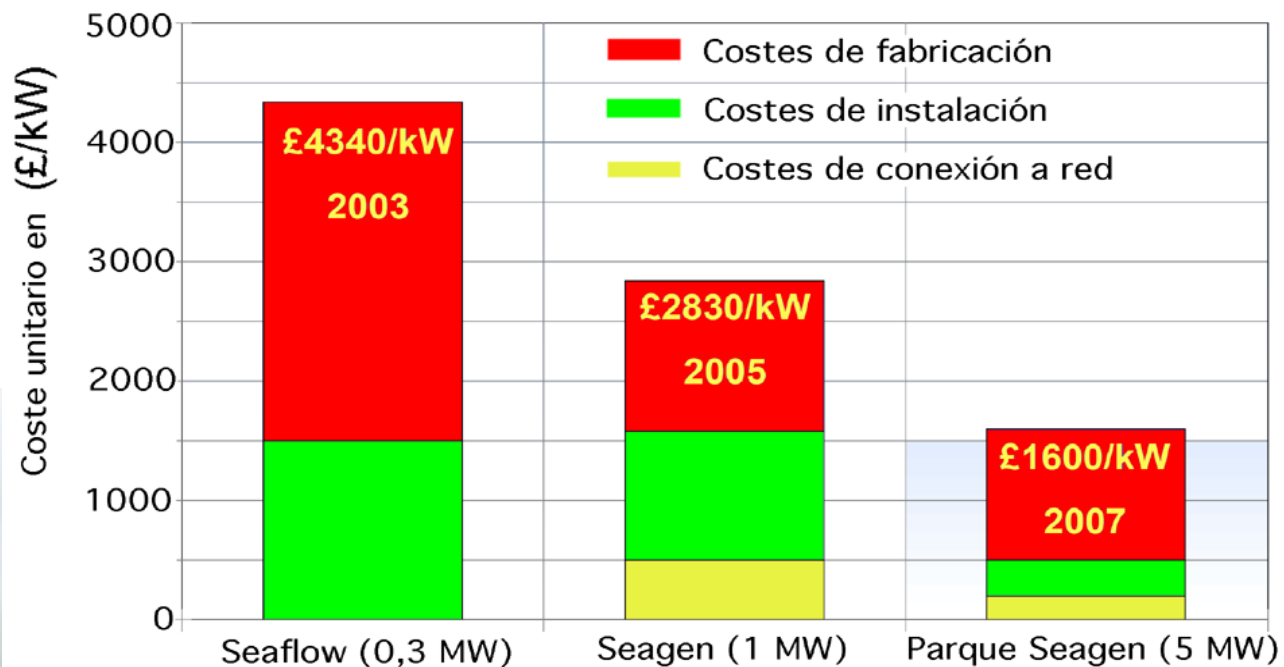
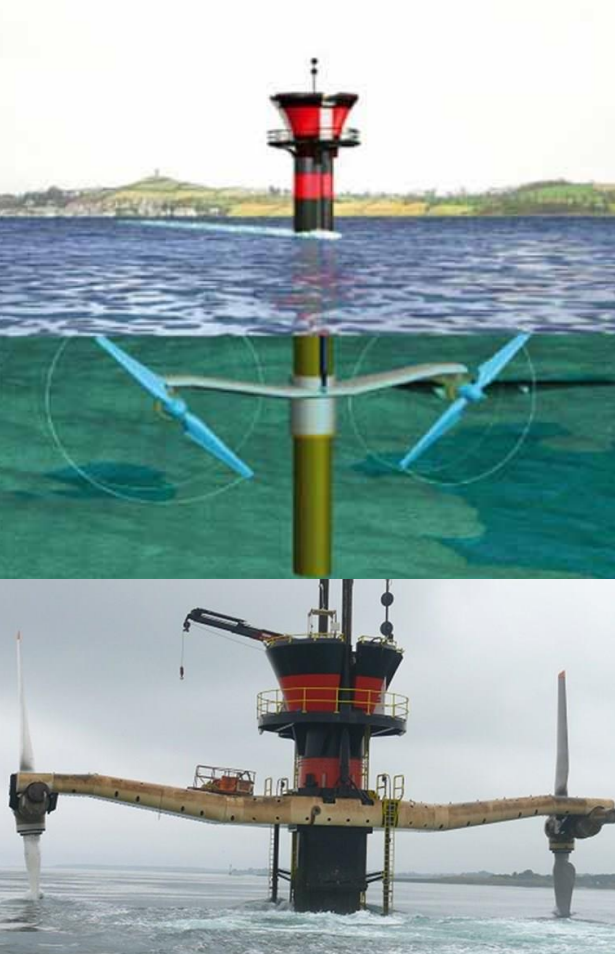
- **Costos de fabricación y ensamblaje del equipo:**

Boya - Brazo - Estructura soporte – Mecanismos –

Generador eléctrico – Electrónica de potencia y control –

Conexión a Red

Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina



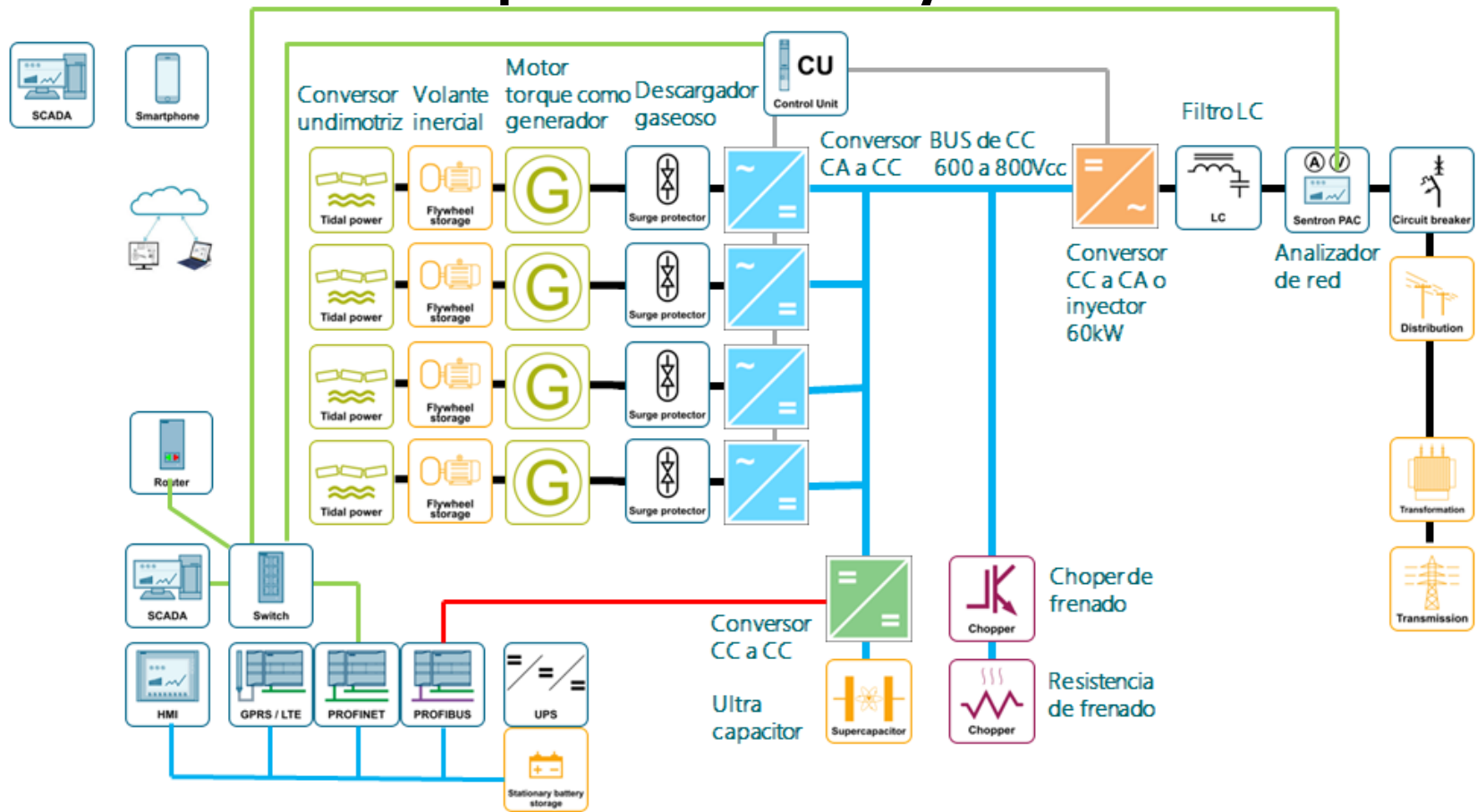
Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

- Detalle parte mecánica**

Detalle parte Mecánica	Costo en US\$
Materiales para la construcción de la boya	7500
Materiales para la construcción del brazo y soporte	14000
Materiales para la construcción del unificador de giro y volante de inercia	11000
Servicio técnico especializado para la construcción de boya, brazo y soporte, unificador de giro y volante de inercia. Ensamblado, puesta a punto del equipo, instalación de la parte mecanica, operación y mantenimiento mecanico durante un año	180000
TOTAL	212500

Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

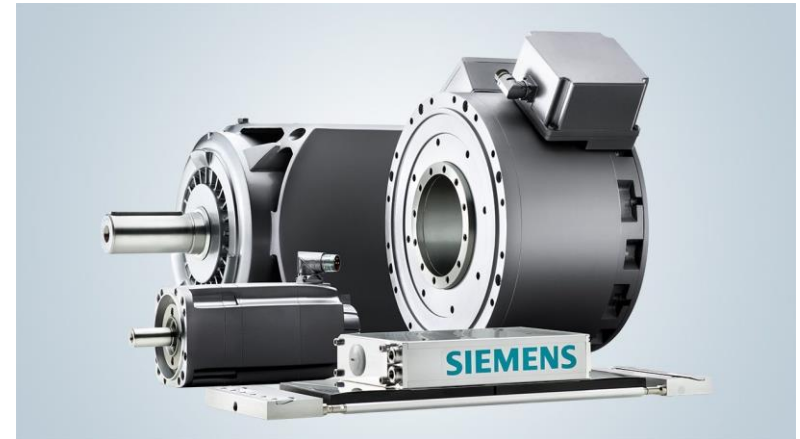
- Detalle parte eléctrica y electrónica**



- **Detalle parte eléctrica y electrónica**

Sección Potencia electrónica:

- 1 Servo motor Torque de 16kW y 150 RPM, 1000Nm, IP54, enfriado por liquido. (No está contemplado el sistema de enfriamiento, esto se desarrollara por el proveedor mecánico o lo proveerá SoluTIA)
- 1 MoMo o modulo lado motor de 60 Amperes y 750 Vcc AC/DC, componente lado motor.
- 1 Modulo de inyección a la red de 36kW y 400 Vca 50HZ.
- 1 Modulo de filtro de red 3% harmónicos de 36kW y 400 Vca 50HZ.
- 2 módulos de capacitores de 4mF.
- 1 modulo de freno y su resistencia de freno.
- 1 modulo de supervisión de red.
- 1 controladora o CU, con licencias.



Sección de potencia maniobra:

- 1 Interruptor principal de 4 x 160 Amperes.
- 1 seccionador manual para el corte de motor, para dar mantenimiento 125 Amperes.
- Interruptores varios de baja tensión, alimentación 400Vca y 24Vcc.
- 3 transformadores tipo TI para analizador de red.
- 1 analizador de red, para reel DIN.
- 1 contactor desacople de red de 105 Amperes.
- 1 descargador gaseoso de alta energía 1,2,3

• Detalle parte eléctrica y electrónica

Sección control y supervisión:

- 1 HMI 9" color.
- 1 PLC micro sistemas.
- 1 modulo de ampliación 16+16 I/O.
- 1 modulo COM RS 485 para batería de Litio 48Vcc
- 1 Modulo de comunicación 3G/4G para tele control y tele supervisión, con antena omnidireccional IP65, cable 5 mts. (Requiere CHIP celular 5Gbyte mensuales 200 variables cada 1 minuto).
- 1 Modulo de comunicación 3G/4G para tele servicio, con antena omnidireccional IP65, cable 5 mts. (Requiere CHIP celular 5Gbyte mensuales programación remota).
- Licencia para tele servicio. KEY PLUG.
- 1 switch industrial de 8 bocas 10/100Mbits.
- 1 caja de 10 conectores industriales, Profinet.
- 20 metros de cable Profinet industrial.



Sección alimentación de baja tensión:

- 1 fuente de alimentación entrada 400Vca y otra de 48Vcc, con UPS incluida y 4 salidas de 24Vcc a 10 Amperes C/U.
- 1 modulo de batería de liFePo para respaldo de los sistemas de comunicación por mas que se corte la energía. (Tiempo estimado 24/48 Hs.).
- 1 sistema MPPT de 48Vcc y 30 amperes para recarga solar de la batería de Litio.
- 3 paneles fotovoltaicos de 400Wp C/U.

- Licencia para RUN TIME, software de supervisión 512 variables. ampliable (Requiere PC para ser instalado).
- Licencia de software VPN industrial para telecontrol, 8 estaciones, ampliable. (Requiere PC para ser instalado).
- Licencia de software servidor VPN industrial para tele servicio 8 enlaces, ampliable. (Requiere PC para ser instalado).

Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

• Costos Obra Civil e Instalación

OBRA: "Undimotriz - Quequén"						
PRESUPUESTO OFICIAL - OCTUBRE 2021 - 1 USD = 105						
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	(\$) PRECIO TOTAL	(USD) PRECIO TOTAL
1	Estudios preliminares y Proyecto Ejecutivo	1	Gl	\$ 1.050.000	\$ 1.050.000	USD 10.000
2	Movilización y Desmovilización de Equipos	1	Gl	\$ 525.000	\$ 525.000	USD 5.000
3	Provisión y Colocación de Rocas	10.500	Ton.	\$ 5.000	\$ 52.500.000	USD 500.000
4	Bloques de Hormigón de Fundación	180	m3	\$ 17.500	\$ 3.150.000	USD 30.000
6	Instalaciones complementarias	1	Gl	\$ 1.050.000	\$ 1.050.000	USD 10.000
				SUBTOTAL SIN IVA	\$ 58.275.000	USD 555.000

Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

- Costos Obra Civil e Instalación**

OBRA: "Undimotriz - Mar del Plata"						
PRESUPUESTO OFICIAL - OCTUBRE 2021 - 1 USD = 105						
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	(\$) PRECIO TOTAL	(USD) PRECIO TOTAL
1	Estudios preliminares y Proyecto Ejecutivo	1	Gl	\$ 682.500	\$ 682.500	USD 6.500
2	Movilización y Desmovilización de Equipos	1	Gl	\$ 210.000	\$ 210.000	USD 2.000
3	Alquiler grúa e izaje de equipo	1	Gl	\$ 656.250	\$ 656.250	USD 6.250
4	Provisión y colocación de estructura	1	Gl	\$ 892.500	\$ 892.500	USD 8.500
6	Instalaciones complementarias	1	Gl	\$ 1.050.000	\$ 1.050.000	USD 10.000
Mg. Ing. Haim – Ing. Pelissero				SUBTOTAL SIN IVA	\$ 3.491.250	USD 33.250

COMPARATIVA OBRA: MDP VS. QUEQUÉN					
	MDP	QUEQUEN			
TOTAL (sin IVA)	USD 33.250	USD 555.000		17	veces mas costosa
Plazo de obra	2,5 meses	10 meses		4	veces mas rápido

No se tuvo en cuenta lo siguiente en ambos proyectos:

1. Provisión e instalación del sistema de Señalización Marítima (boya/baliza cadena, muerto de anclaje ni linterna), lo cual deberá definir el Servicio de Hidrografía Naval (SHN).
2. Instalaciones eléctricas y casilla de control.
3. Accesos y delimitación de la zona de seguridad.
4. Declaratoria de Obra en la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables es de 5 por mil del costo de la obra.
5. Los Gastos Generales de la Empresa, Gastos Indirectos de la Obra, Gastos Financieros, Beneficio ni Impuesto al Valor Agregado (IVA), lo cual oscila en más del 50%, aproximadamente, dependiendo de la empresa.
6. La instalación mecánica para sacar el equipo fuera de funcionamiento, si bien se podría considerar en el una parte del ítem 6. "Instalaciones Complementarias".

• **Costos Obra Civil e Instalación**

	PUERTO MAR DEL PLATA	PUERTO QUEQUÉN
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Menor costo de obra.• Accesibilidad.• Trabajo desde tierra.• Impacto visual positivo en la Sociedad.• Facilidad para sacar el equipo fuera de funcionamiento.• Protección del oleaje Sur (sudestada).• Mínima intervención sobre la Escollera.• Menor plazo de obra (2,5 meses).	<ul style="list-style-type: none">• Accesibilidad.• Trabajo desde tierra.• Impacto visual positivo en la Sociedad.• Facilidad para sacar el equipo fuera de funcionamiento.• Interés en el Proyecto de la Autoridad Portuaria.• Protección del oleaje Norte.• Buena energía del oleaje.

- **Costos Obra Civil e Instalación**

DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">• Poca energía del oleaje.• Impacto directo del oleaje por energía del viento Norte.• Interferencia con los pescadores de la zona y posible vandalismo.• Sin interés de la Autoridad – Base Naval.	<ul style="list-style-type: none">• Alto costo de obra• Impacto directo del oleaje Sur (Sudestada).• Interferencia con los pescadores de la zona y posible vandalismo.• Intervención sobre la escollera de rocas.• Extenso plazo de obra (5 meses).• La diferencia de marea sumada a la ola máxima de diseño genera estructuras con un talud más tendido aumentando el costo de la obra.• Mayor plazo de obra (10 meses).
--------------------	---	---

Costos de inversión en I+D+i de construcción e instalación del 1er Equipo de Energía Undimotriz de la Argentina

- Resumen**

Resumen Costos Inversión en I+D+i	US\$	
	MDP	Necochea
Parte Mecánica	\$ 212.500	\$ 212.500
Parte Electrica y electrónica	\$ 150.000	\$ 150.000
Obra civil	\$ 40.233	\$ 671.550
Total	\$ 402.733	\$ 1.034.050

Conclusiones finales

La energía undimotriz resulta de:

- **Elevada densidad energética**
- **Consistencia en la disponibilidad energética durante todo el año**
- **Gran potencial de nuestro mar**
- **Tecnológicamente accesible**



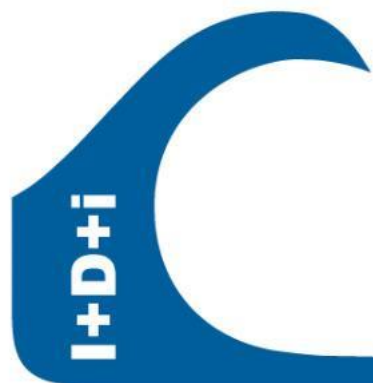
NUESTRO SUEÑO





UTN.BA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES



ENERGÍA UNDIMOTRIZ

Mg. Ing. Alejandro Haim – Ing. Pelissero

undimotriz@gmail.com

<https://undimotriz.frba.utn.edu.ar/>