

Energía Undimotriz

Curso Tecnologías Emergentes en Energías
Renovables.

Junio 2018

Rodrigo Alonso
ralonso@fing.edu.uy

Contenido clase 1:

- Energías Marinas
- Energía Undimotriz
 - Fortalezas y debilidades
 - Evolución histórica
 - Situación actual
- Oleaje
 - Definición
 - Oleaje monocromático
 - Oleaje real
 - Mediciones
 - Modelación
- Dispositivos de conversión (WEC's)

BLUE GROWTH

71%
of the Earth surface
is WATER

Why?

Blue Growth is the European Commission's initiative to further harness the potential of Europe's oceans, seas and coasts for:



Jobs



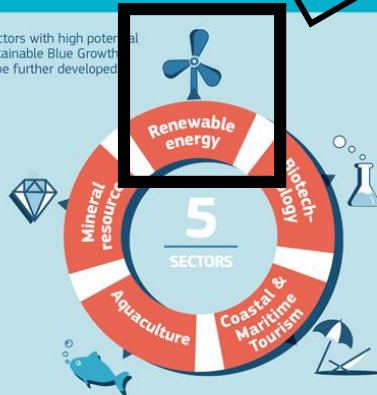
Value



Sustainability

Focus Area

Five sectors with high potential for sustainable Blue Growth are to be further developed:



other sectors of the blue economy crucial for value & jobs

Shipbuilding
& Ship repair

Transport
(cargo & ferry)

Fisheries

Offshore oil & gas

Energías Renovables Offshore (ORE)
=
Energías Marinas Renovables (MRE)
+
Eólica Offshore

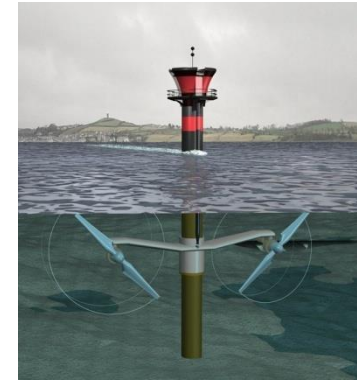
MRE: 5 Tipos

Energías Marinas Renovables: 5 Tipos

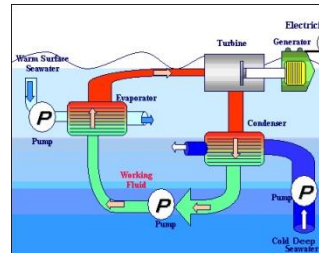
Mareas



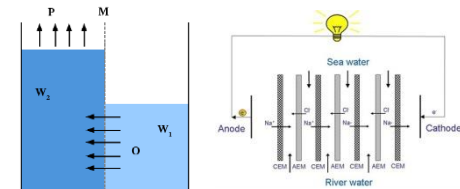
Corrientes



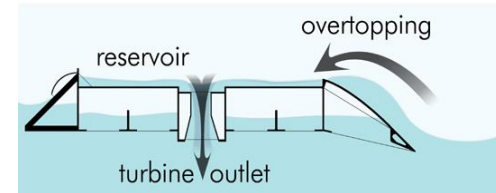
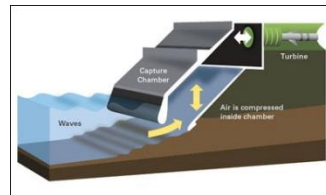
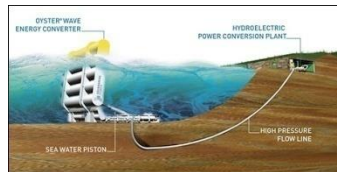
Gradiente Térmico



Gradiente Salino



**Oleaje
(Undimotriz)**

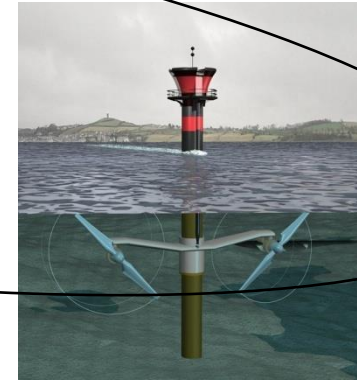


Energías Marinas Renovables: 5 Tipos

Mareas

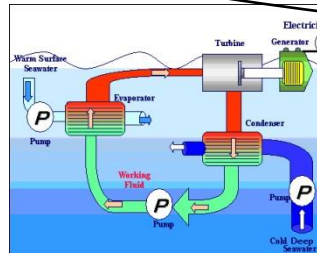


Mareomotriz

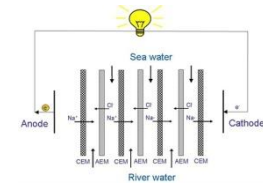
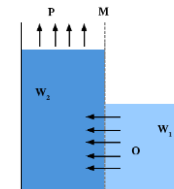


Corrientes

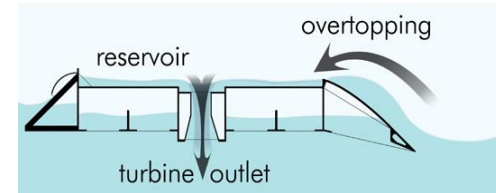
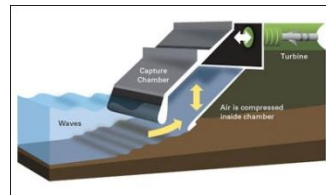
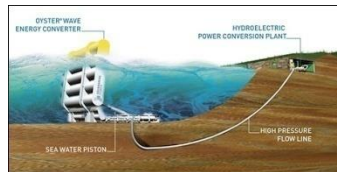
Gradiente Térmico



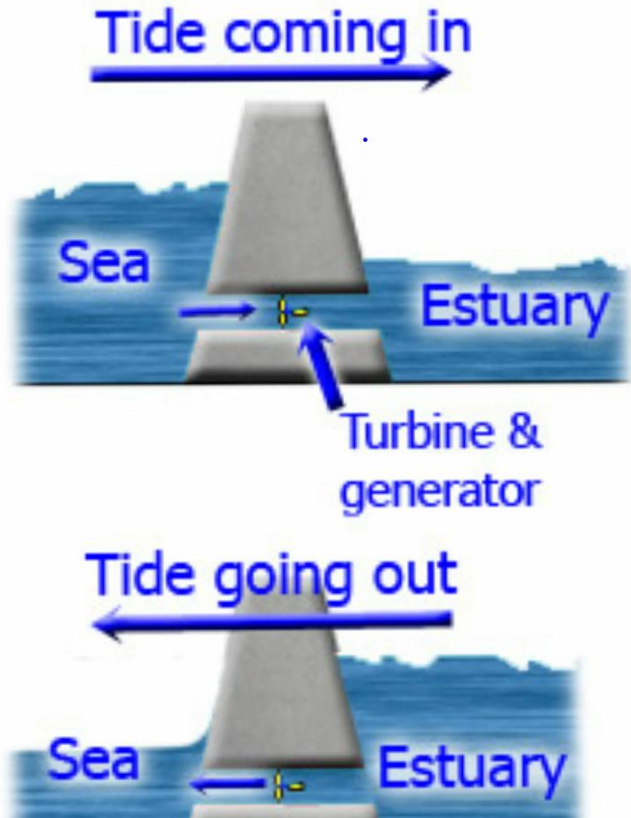
Gradiente Salino



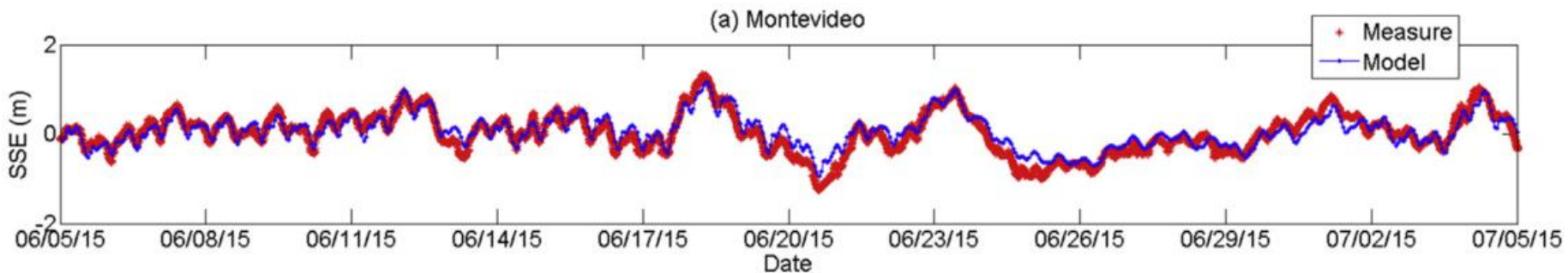
Oleaje
(Undimotriz)



Marea



Requiere rangos de marea $> 5\text{m}$
Nuestra costa es micro-mareal



Mareas



Le Barrage de la Rance

Data de 1966

240 MW (instalada)

Rango de marea promedio $\approx 8\text{m}$

Mareas

Shiwa Lake Tidal Power Station



La represa es de 1994, mientras que las turbinas datan de 2011. Tiene 254 MW de potencia instalada. Trabaja con flujo en una dirección. El rango de marea promedio es de 5.6m.

Corrientes

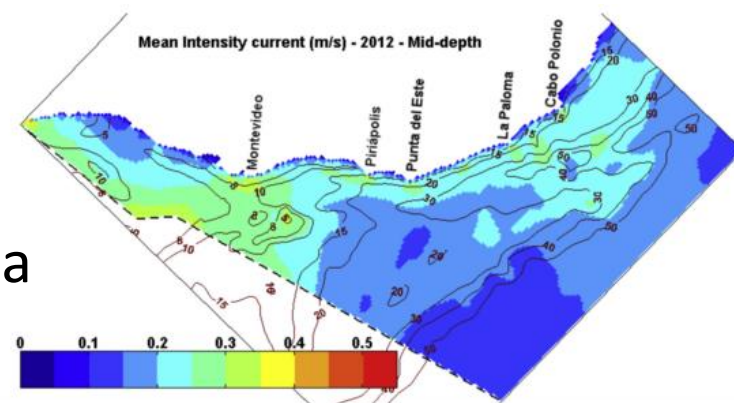
Strangford Lough
SeaGen
1.2 MW

Operó entre 2008 y 2017



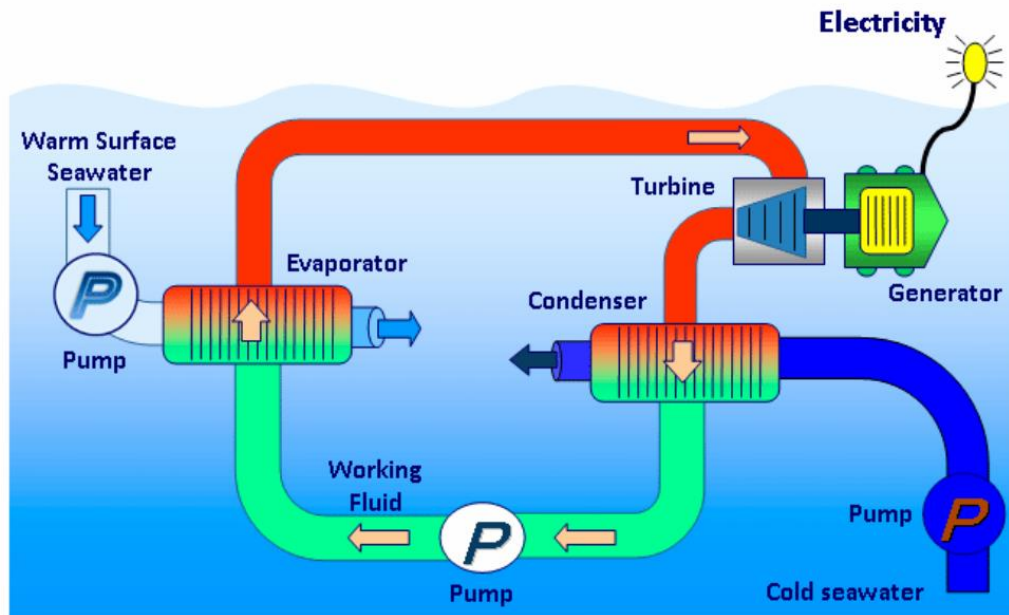
Requiere velocidades de al menos 1 m/s.

Con velocidades de 2-3 m/s presenta una performance similar a una turbina eólica

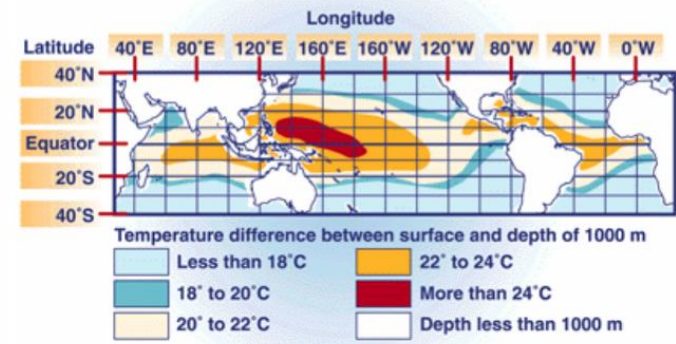


$V < 1 \text{ m/s}$

Gradiente térmico (OTEC)



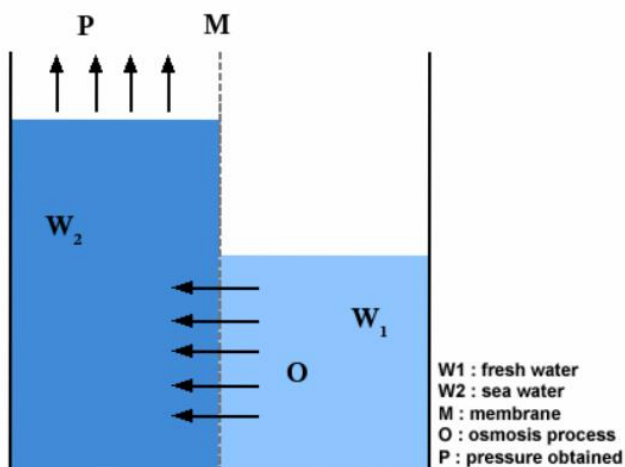
Los gradientes de temperatura necesarios se presentan solamente en zonas tropicales



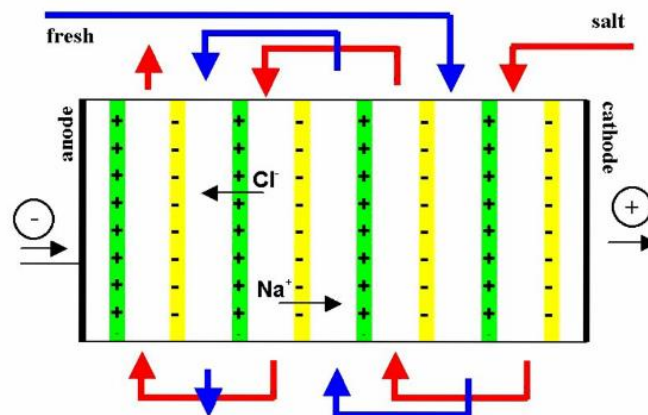
1. Warm seawater and Cold seawater are pumped to the evaporator and condenser.
2. The cold working fluid is pumped to the evaporator
3. The evaporator uses the warm sea water to vaporise the working fluid
4. The vapor rotates the turbine thereby generating electricity
5. The vapor then enters the condenser where the cold seawater cools it to a fluid
6. The fluid returns to the pump and the cycle is repeated

Gradiente salino

Ósmosis por presión retardada



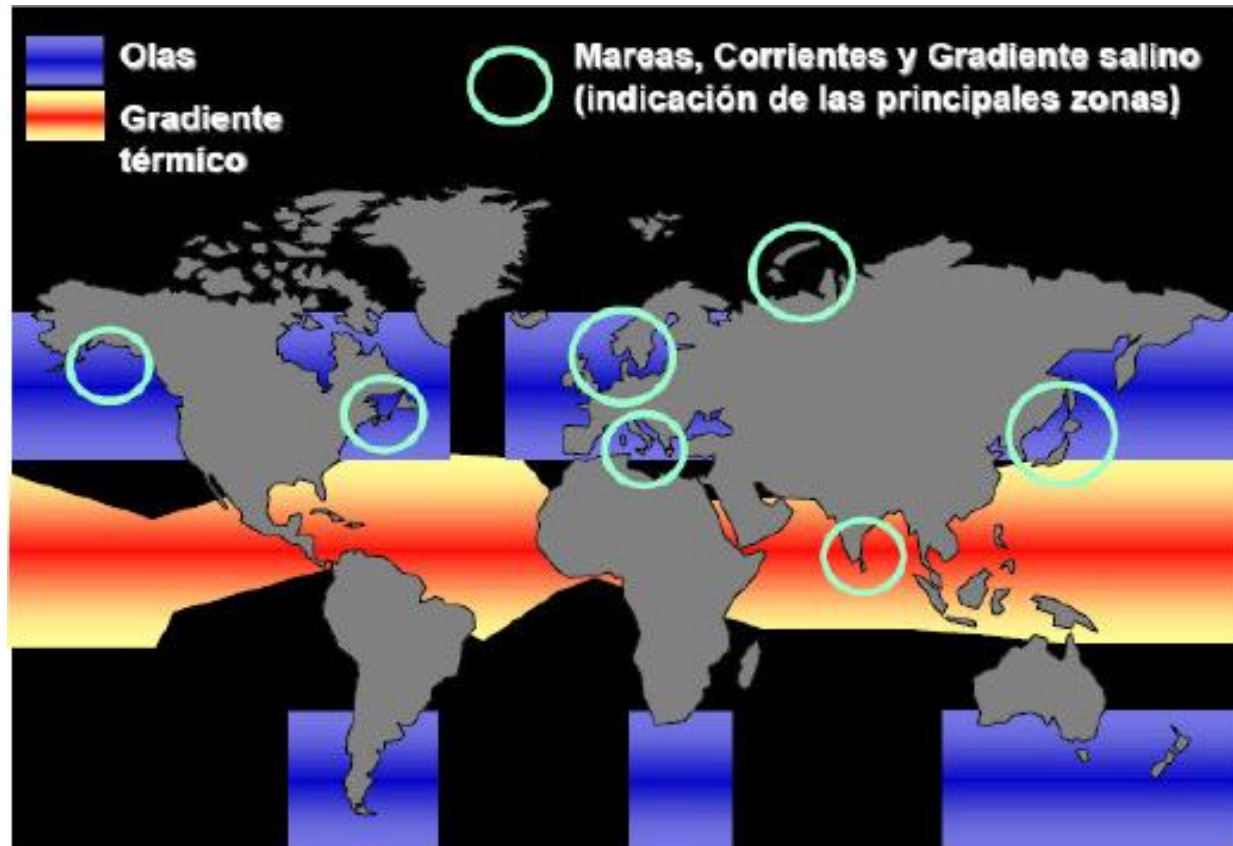
Electrodiálisis inversa



En Uruguay implicaría la construcción de una planta en las proximidades de alguna de las lagunas costeras, lo cual sería fuertemente desaconsejable por su impacto ambiental.

Oleaje. Energía Undimotriz

Mayor potencial a escala global.



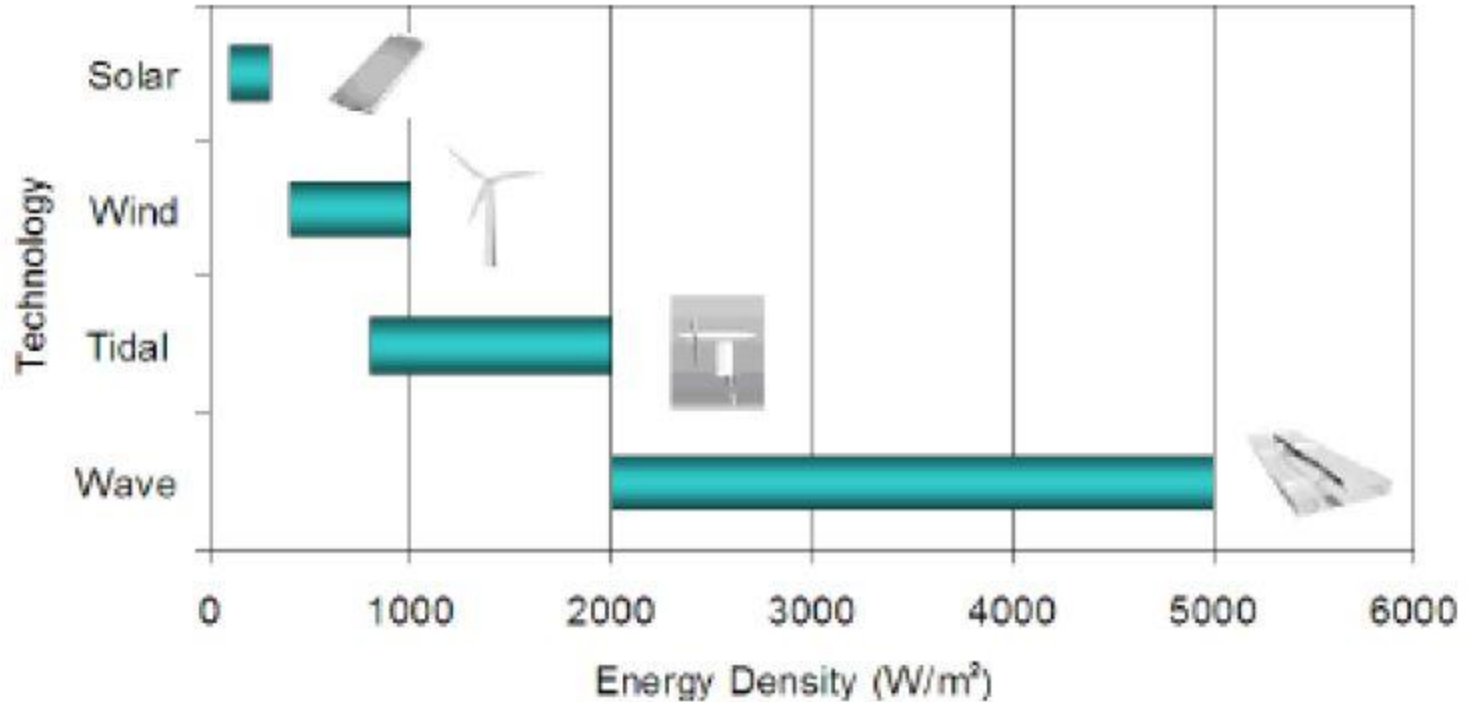
Uruguay dentro de las zonas donde el recurso presentaría condiciones mínimas necesarias para su explotación.

Fortalezas de la energía Undimotriz

- Renovable, limpia y autóctona

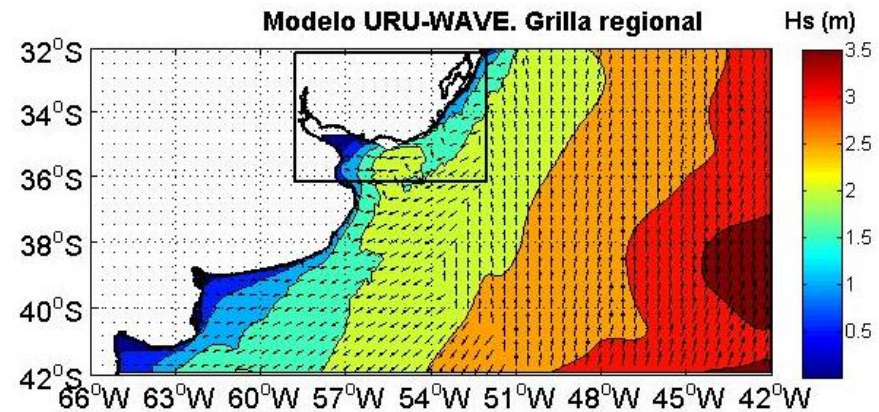
Fortalezas de la energía Undimotriz

- Renovable, limpia y autóctona
- Alta densidad energética



Fortalezas de la energía Undimotriz

- Renovable, limpia y autóctona
- Alta densidad energética
- Predicción fiable del corto plazo



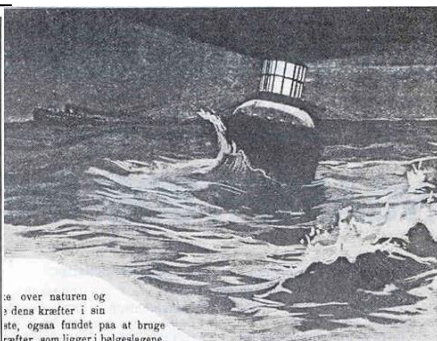
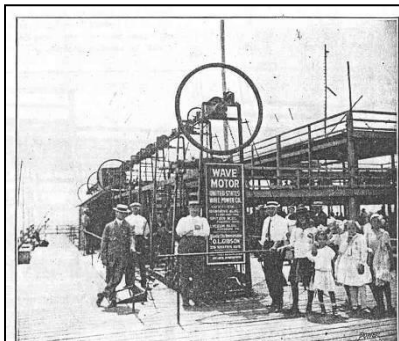
Fortalezas de la energía Undimotriz

- Renovable, limpia y autóctona
- Alta densidad energética
- Predicción fiable a ~1semana
- Poca variabilidad de corto plazo
- Disponible día y noche
- Proximidad entre generación y consumo
- Generación de puestos de trabajo
- Impulso al desarrollo de ramas anexas (e.g. Industria Naval)

Debilidades de la energía Undimotriz

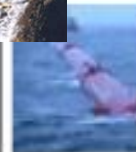
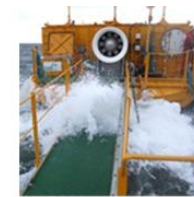
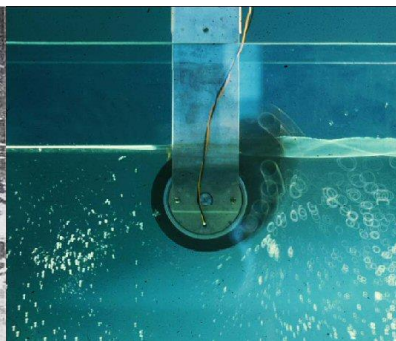
- Hostilidad del medio marino
Repercute en altos costos y gran incertidumbre sobre la fiabilidad de los emprendimiento.
- Impacto en un ambiente complejo y dinámico como la costa.
- Interferencia con otras actividades que hacen uso del espacio marítimo-costero.

Repaso histórico



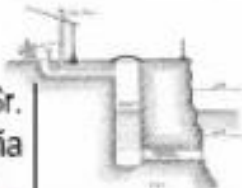
is over naturen og
dens kræfter i sin
ste, ogsaa fandt paa at bruge
kræfter, som liezer i bølgeslaetene.

Bouchaux-Praceique, Francia



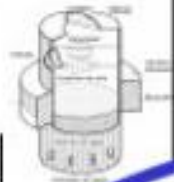
1799 Primera patente,
Sres. Girad, Francia

1885 "Marmotor", Sr.
Barrufet, España



1970 Investigadores Salter,
Budal y McCormick

1965 Boya de navegación
auto-alimentada



Pruebas en mar y
demo. tecnología

1972-1979 Primeros
prototipos



1800

1860-89
Interés creciente, 3
patentes/año

1890-1914
6 patentes/año

1900

1914-45
Pérdida de interés,
Petróleo se convierte en la
fuente de energía primaria

1945 Investigador
Masuda, Japón

1973
Resurge el interés,
Crisis del petróleo

1975-79
Programas de I+D,
> 1.000 patentes registradas

2000

1991
Programa
Europeo de I+D

1980 Pérdida de
interés, Bajada
precios del petróleo

Situación actual

Sigue siendo una industria inmadura, en la que se identifican diversas tecnologías,



las cuales presentan diversos niveles de desarrollo.

Technology Readiness Level. (Marine Energy Matters, 2011)

- TRL1: Concept released.
- TRL2: Concept validated by a university or engineering research organisation.
- TRL3: Tank testing (scale device).
- TRL4: Location testing (scale device).
- TRL5: Full/large scale (100 kW) grid connected prototype.
- TRL6: Pre commercial, grid connected array.
- TRL7: Fully certified (by a recognised certification body) commercial array.

Situación actual

Sigue siendo una industria inmadura, en la que se identifican diversas tecnologías,



las cuales presentan diversos niveles de desarrollo.

Technology Readiness Level. (Marine Energy Matters, 2011)

- TRL1: Concept released.
 - TRL2: Concept validated by a university or engineering research organisation.
 - TRL3: Tank testing (scale device).
 - TRL4: Location testing (scale device).
 - TRL5: Full/large scale (100 kW) grid connected prototype.
 - TRL6: Pre commercial, grid connected array.
 - TRL7: Fully certified (by a recognised certification body) commercial array.
- Importancia de los centros de testeo

Situación actual

Principales lugares de desarrollo: Europa, USA y Australia

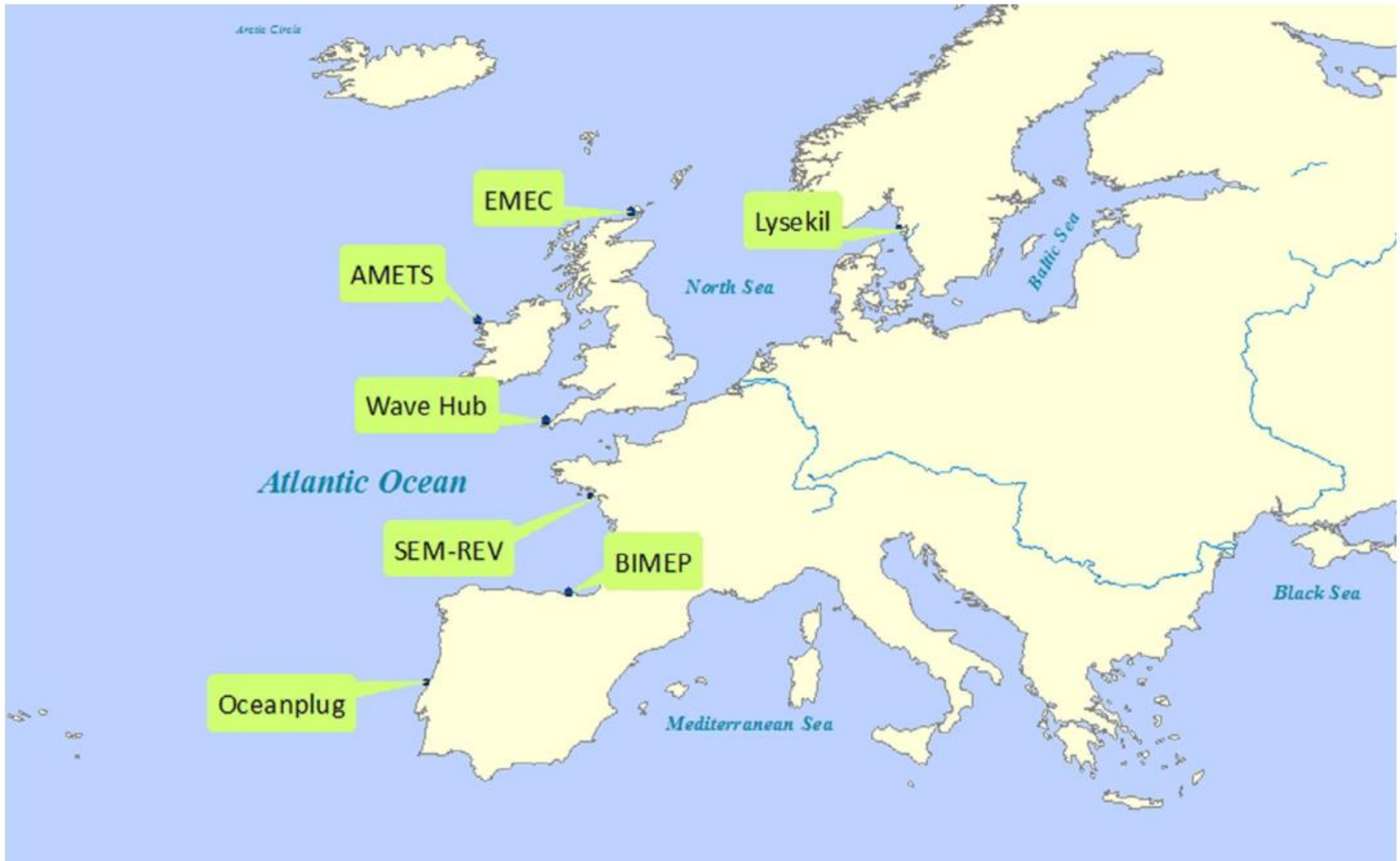


Fig. 1. Location of the wave energy test centres in Europe.

Situación actual

Principales lugares de desarrollo: Europa, USA y Australia

ADVANTAGES OF CETO

No Visual Impact - fully submerged

Developed & Proven - over 10 years with onshore, wave tank and tens of thousands of hours of in-ocean testing

Flexible -operates in variety of water depths, swell directions, tides & seafloor conditions, onshore & offshore power generation

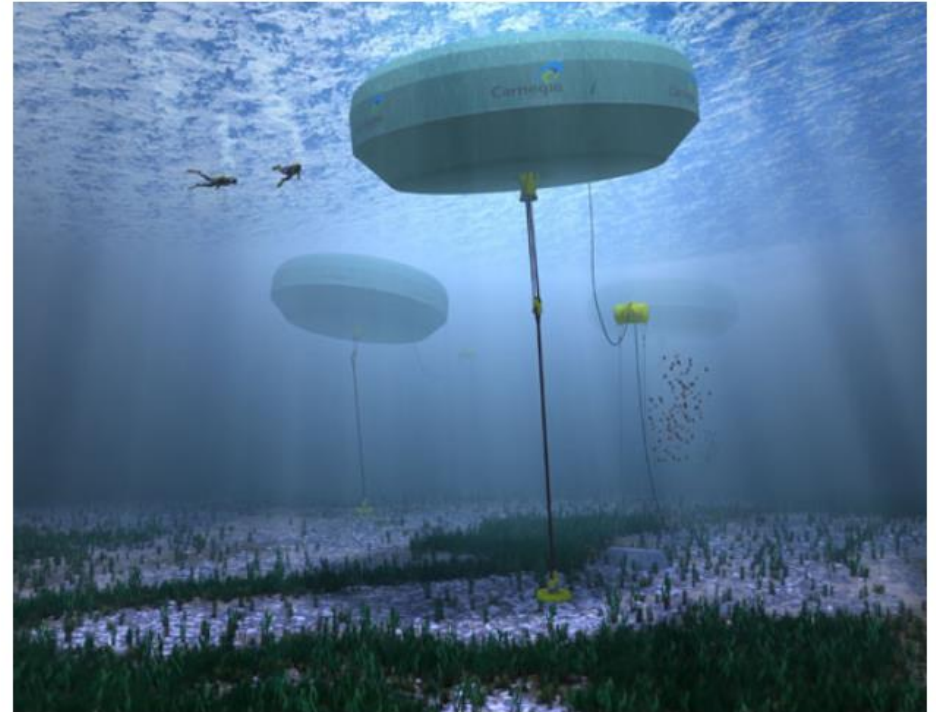
Storm Survivability - fully submerged & energy dampening system

Security - provides emissions free sustainable energy and water security to countries & islands

Scalable - modular array design

Minimal - environmental impact, co-exists with marine life.

Desalination - zero-emission freshwater & co-production possible



Situación actual

Principales lugares de desarrollo: Europa, USA y Australia

Renewable and Sustainable Energy Reviews 74 (2017) 1300–1313

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser



Fig. 2. U.S. Wave Energy Prize and Navy's test facility in Carderock [18].

Ocean wave energy in the United States: Current status and future perspectives

Marcus Lehmann^a, Farid Karimpour^a, Clifford A. Goudey^b, Paul T. Jacobson^c, Mohammad-Reza Alam^{a,*}

^a University of California, Berkeley, CA 94720, USA

^b C.A. Goudey & Associates, Newburyport, MA 01950, USA

^c Electric Power Research Institute, Glenelg, MD 21737, USA

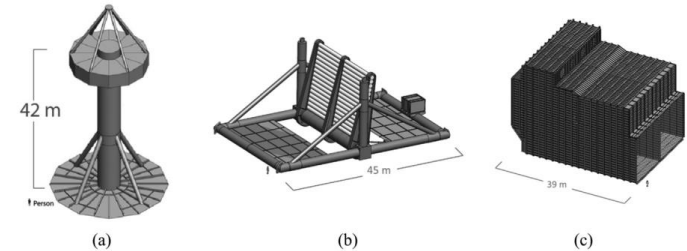


Fig. 3. DOE Reference Models, (a) RM 3 Point Absorber, (b) RM 5 Oscillating Surge and (c) RM 6 Oscillating Water Column [Sandia National Laboratory].

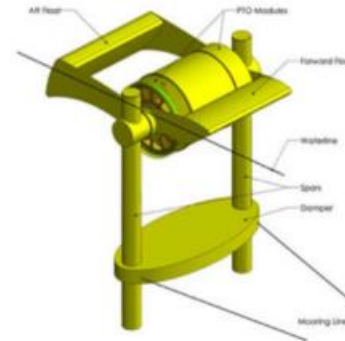
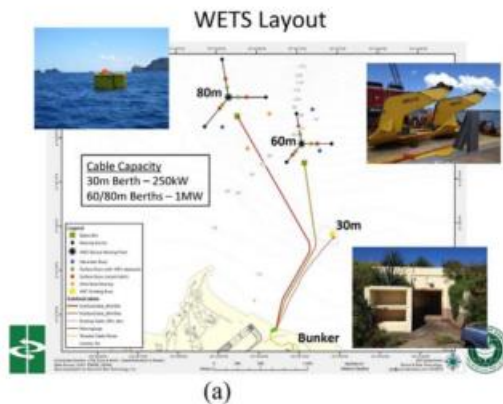


Fig. 4. Wave Energy Test Site (WETS) in collaboration with Navy Marine Corps Base Hawaii (MCBH), Kaneohe Bay (a) Layout, and current WECs funded to test are (b) Azura, (c) Sting Ray, (d) Lifesaver.

Situación actual

Recientes fracasos de emprendimientos promisorios, i.e. Oyster, Pelamis.

BBC Sign in News Sport Weather Shop Earth Travel Mo

NEWS

Home Video World UK Business Tech Science Stories Entertainment & Arts

Scotland Scotland Politics Scotland Business Edinburgh, Fife & East Glasgow & West

Google ha cerrado el anuncio

Dejar de ver anuncio ¿Por qué este anuncio? ⓘ

Aquamarine Power calls in administrators

28 October 2015



AQUAMARINE POWER

Aquamarine Power has developed the Oyster wave energy converter

Wave energy company Aquamarine Power has called in administrators.

The Edinburgh-based company blamed the current economic climate for the decision.

The move comes only weeks after the firm announced it had been **awarded a £580,000 grant from the European Union** to help it accelerate the development of commercial wave energy technology.

BBC Sign in News Sport Weather Shop Earth Travel Mon

NEWS

Home Video World UK Business Tech Science Stories Entertainment & Arts

Scotland Scotland Politics Scotland Business Edinburgh, Fife & East Glasgow & West

Wave power firm Pelamis calls in administrators

21 November 2014



EMEC

Wave power technology firm Pelamis has called in administrators KPMG after failing to secure development funding.

The Edinburgh-based firm has been testing its wave energy converters at the European Marine Energy Centre (EMEC) in Orkney for a number of years.

But in a statement Pelamis said it had "reluctantly" moved to appoint an administrator.

KPMG said it was seeking a buyer who could protect the business and its 56 employees.

Situación actual

Búsqueda de sinergias con otras actividades:

Principalmente Eólica Off-shore

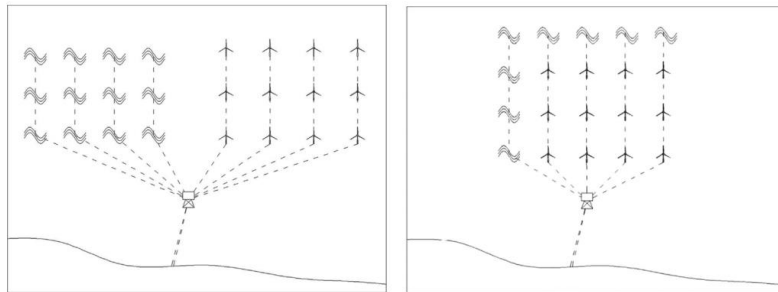


Fig. 2. Schematic of a co-located independent array.

También desalinización, acuicultura,



Aprovechamiento de infraestructura portuaria

Renewable and Sustainable Energy Reviews 42 (2015) 141–153

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser



A review of combined wave and offshore wind energy

C. Pérez-Collazo*, D. Greaves, G. Iglesias

School of Marine Science and Engineering, University of Plymouth, Marine Building, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK



Fig. 6. Artist's impression of a floating hybrid system, W2Power (courtesy of Pelagic Power AS [51]).

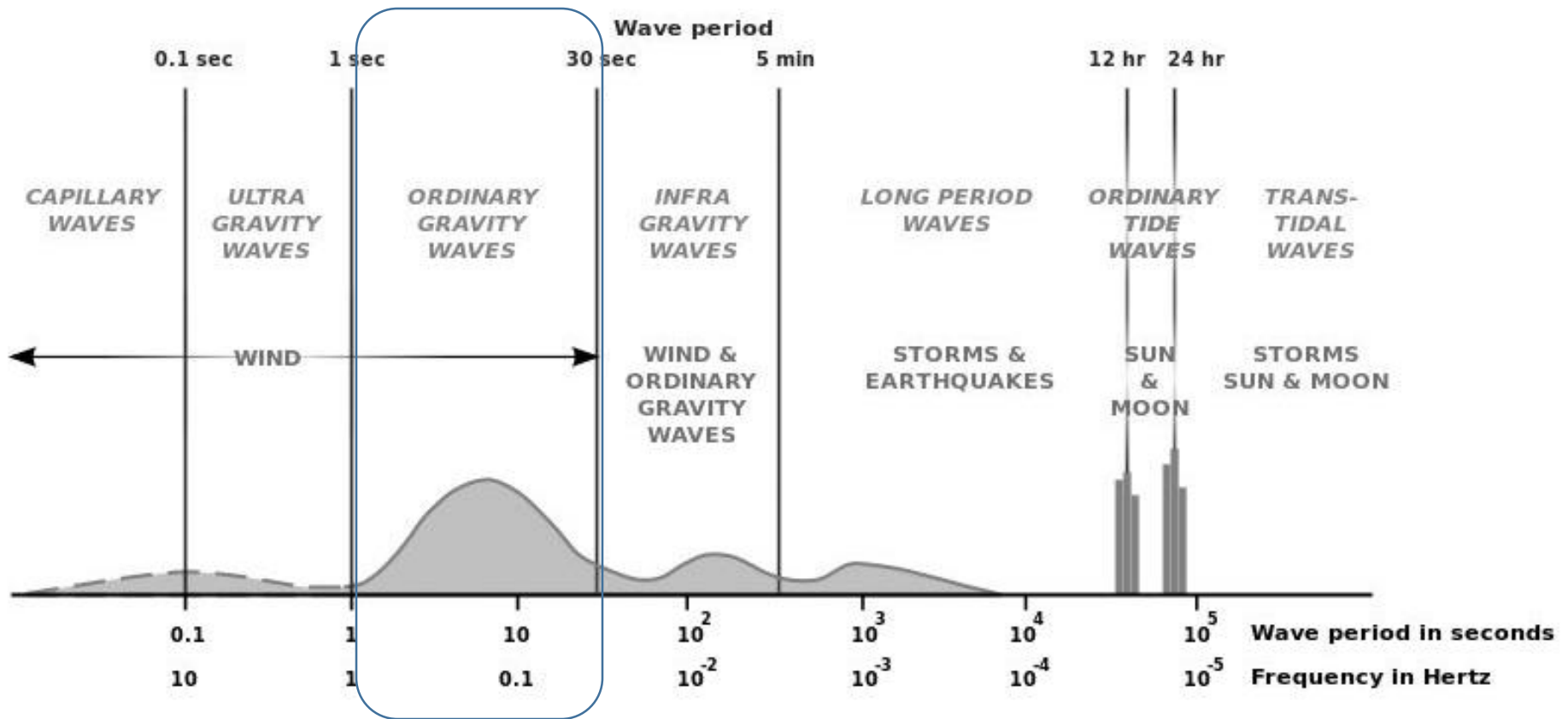
Mutriku. 300 kW. Inaugurada en 2011



Oleaje: Definición.

Oleaje: ▪ Forzante: Viento ▪ Fuerza restauradora: Gravedad ▪ Períodos: 1-30 seg.

Espectro de la superficie libre del mar (Munk ,1950)

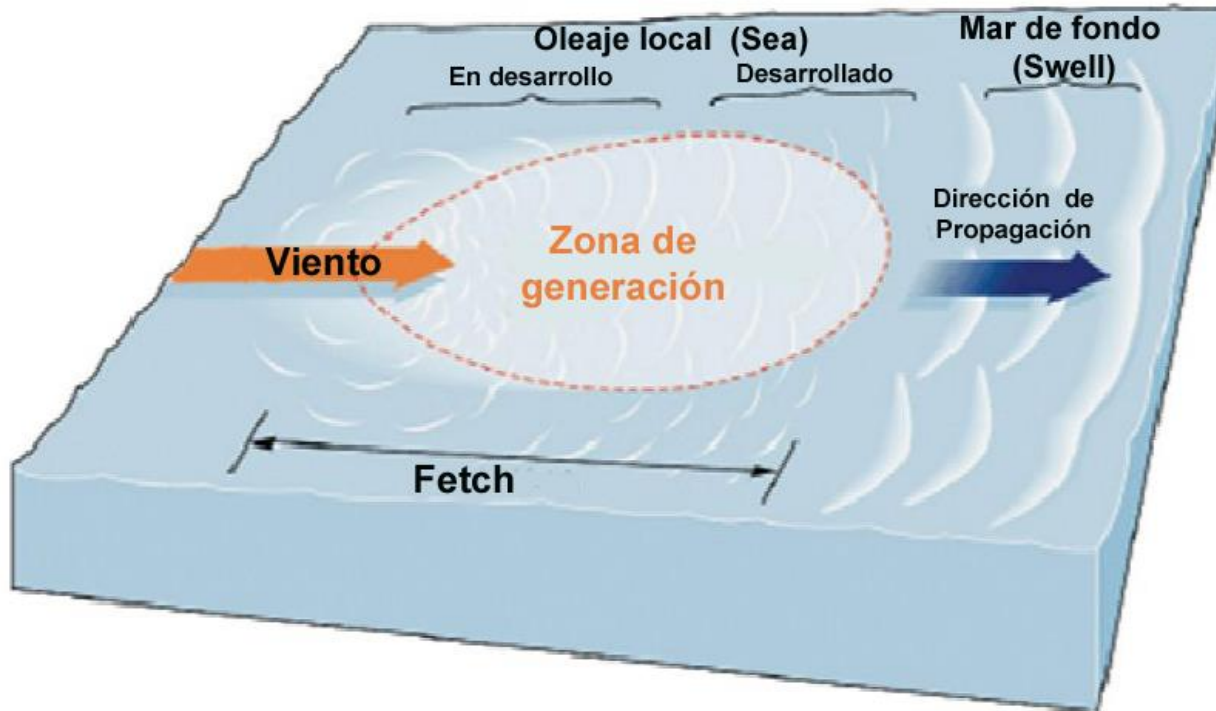


Oleaje: Diferenciación entre oleaje local y mar de fondo

Oleaje local (Sea)



Mar de fondo (Swell)

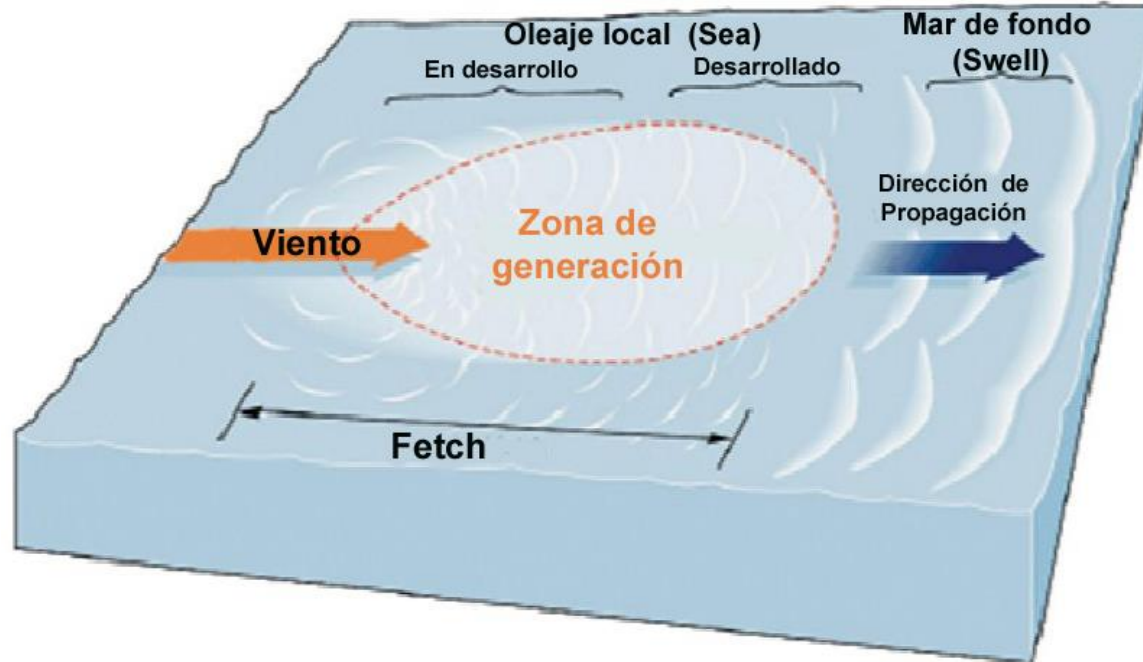


Oleaje local o tipo *Sea*

Oleaje local (Sea)



- Ocurre dentro de la zona de generación.
- Aspecto caótico. Se observan roturas.
- Las direcciones de propagación varían en un amplio sector entorno a la dirección del viento.
- En crecimiento hasta alcanzar un estado de equilibrio con el viento generador



Energía del oleaje

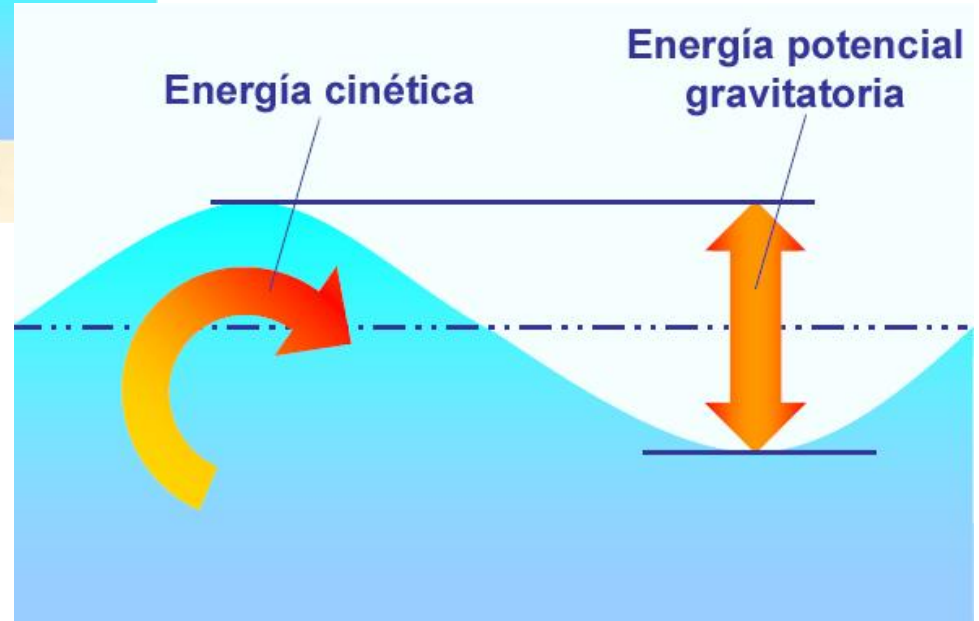
Forma indirecta de la **energía solar**



Propagan energía en términos de energía cinética y potencial.

Energía cinética: El agua está en continuo movimiento.

Energía potencial gravitatoria: Elevación de una masa de agua respecto a su situación de reposo



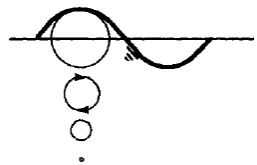
Ola Monocromática:

$$E = E_{potencial} + E_{cinética} = \frac{1}{2} \rho g a^2$$

$$P = E \cdot C_G$$

Aguas profundas:

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi}$$



($H = 2a$ y T : período)

Oleaje monocromático

Movimiento incompresible e irrotacional.
Planteamiento matemático: Problema de condición de borde.

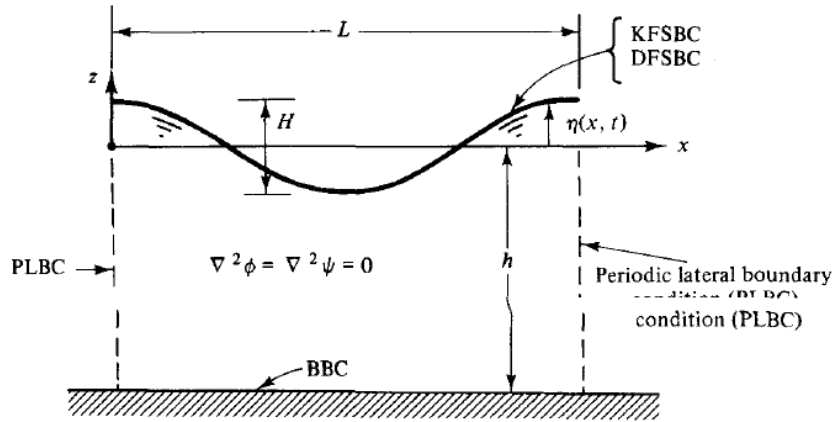


Figure 3.7 Boundary value problem specification for periodic water waves.

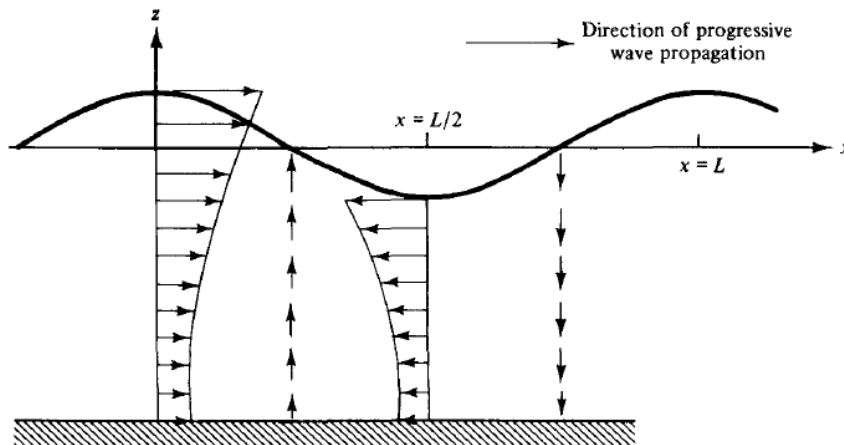


Figure 4.1 Water particle velocities in a progressive wave.

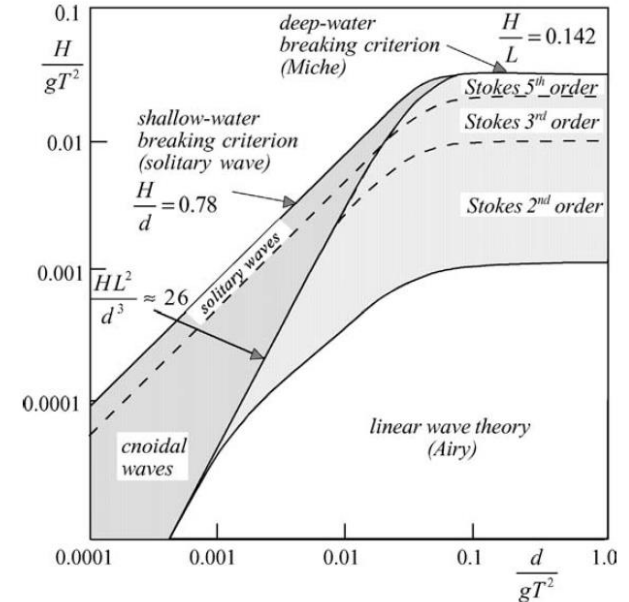


Figure 5.12 The ranges of applicability of the various wave theories (after LeMéhauté, 1976, Kamphuis, 2000, and SPM, 1973; see also Note 5C).

$$\phi = \frac{Hg \cosh k(h+z)}{2\sigma \cosh kh} \cos kx \sin \sigma t$$

Toda (o al menos gran parte) de la columna de agua involucrada, con mayor intensidad cerca de la superficie.

Oleaje monocromático

$$p = -\rho g z + \rho g \frac{H}{2} \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \cos(kx - \sigma t)$$

■ = wave-induced pressure

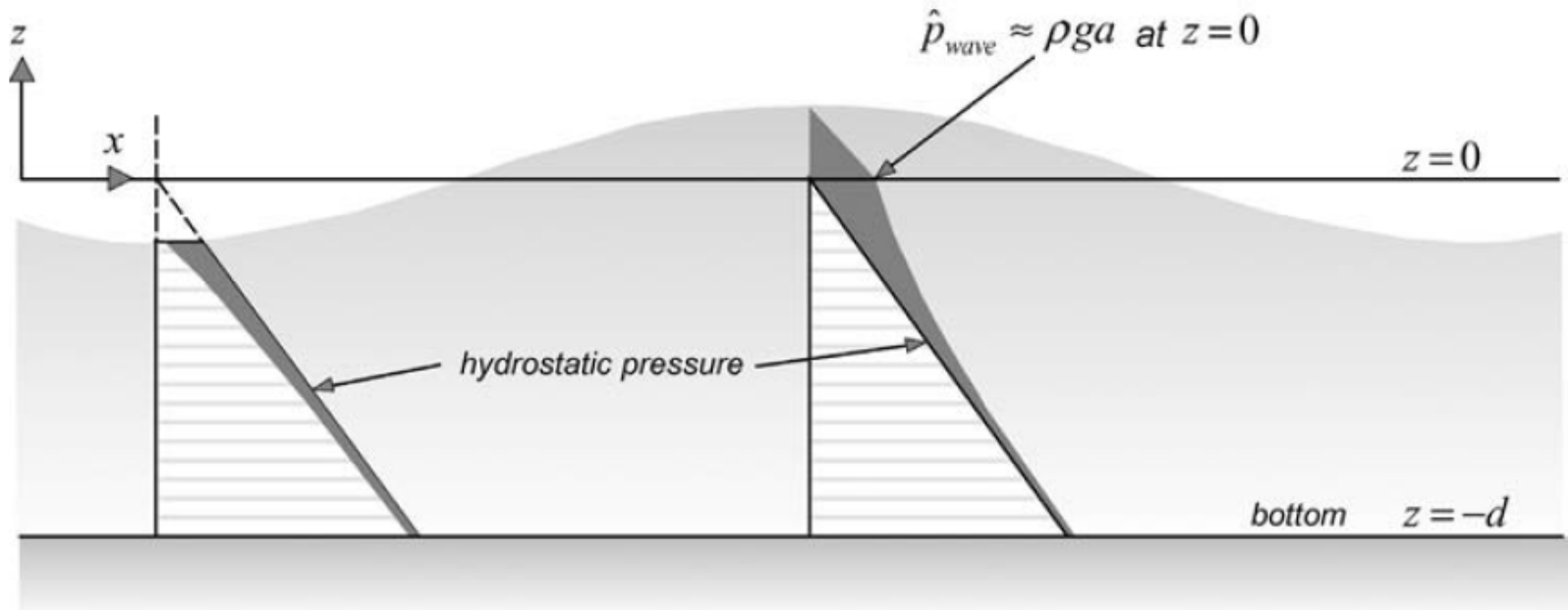


Figure 5.8 The wave-induced pressure superimposed on the hydrostatic pressure along the vertical, beneath a wave crest and beneath a wave trough (amplitude exaggerated for illustrative purposes) with a crude approximation above the still-water line (e.g., the kink in the pressure at $z = 0$ is not realistic).

Oleaje monocromático

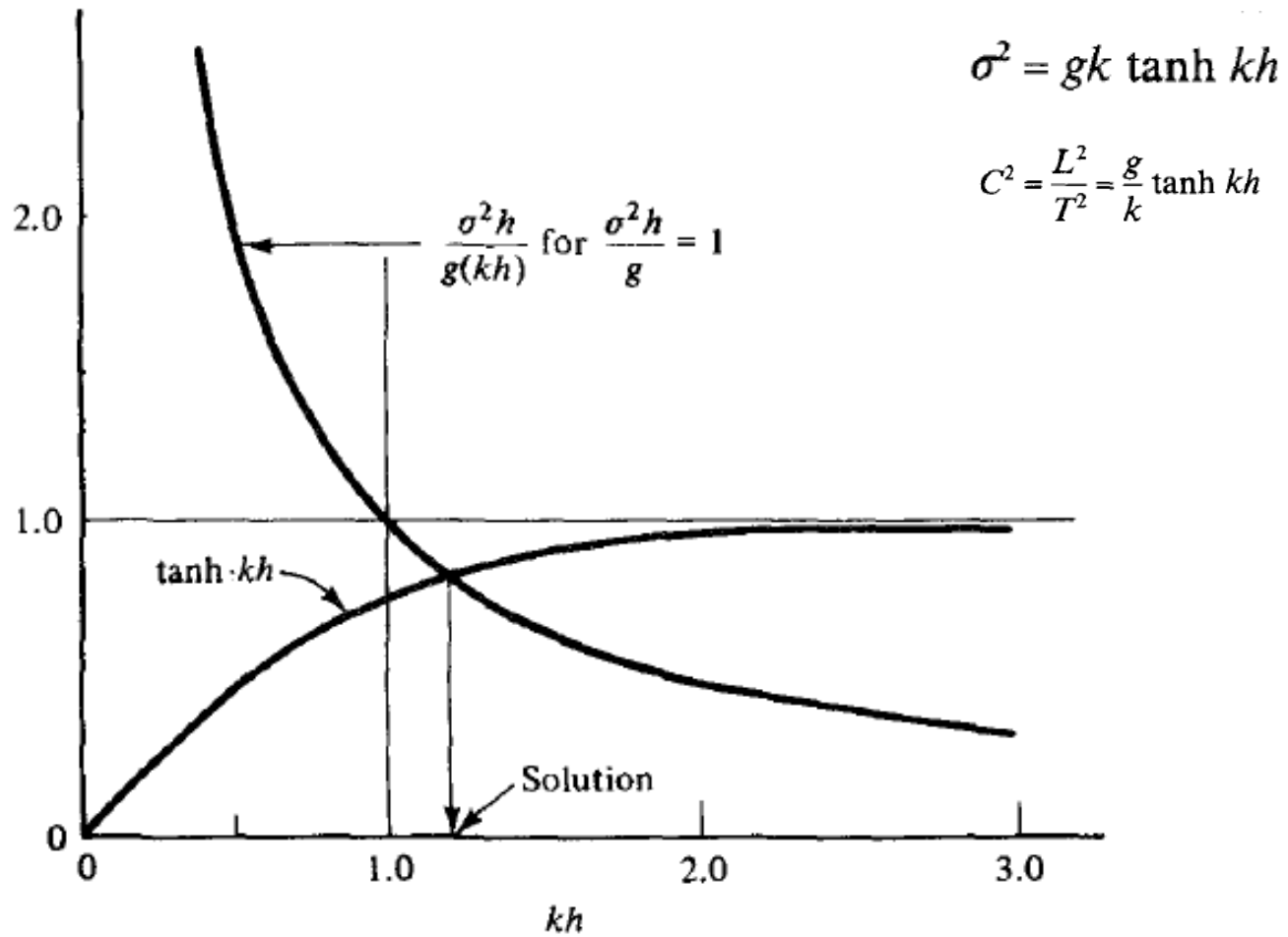


Figure 3.8 Illustrating single root to dispersion equation.

Oleaje monocromático

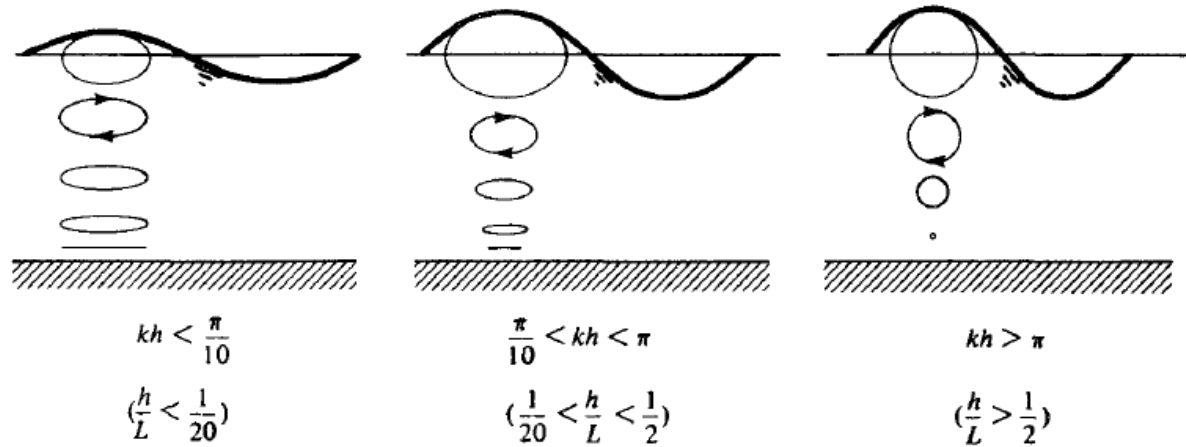


Figure 4.3 Water particle trajectories in progressive water waves of different relative depths.

Aguas Poco Profundas

Aguas Intermedias

Aguas Profundas

Fuerte interacción con el fondo

No hay interacción con el fondo

Medio no dispersivo: $c(T2) = c(T1) = \sqrt{gh}$

Trayectorias circulares

Medio dispersivo: $c(T2) > c(T1)$ si $T2 > T1$

Energía Oleaje monocromático

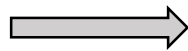
$$E = E_{potencial} + E_{cinética} = \frac{1}{2} \rho g a^2$$

$$P = E \cdot C_G$$

Resultado para oleaje monocromático en base a teoría lineal y para aguas profundas:

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi}$$

e.g. $H=1.5$ m, $T=9$ s



$P \approx 20$ kW/m

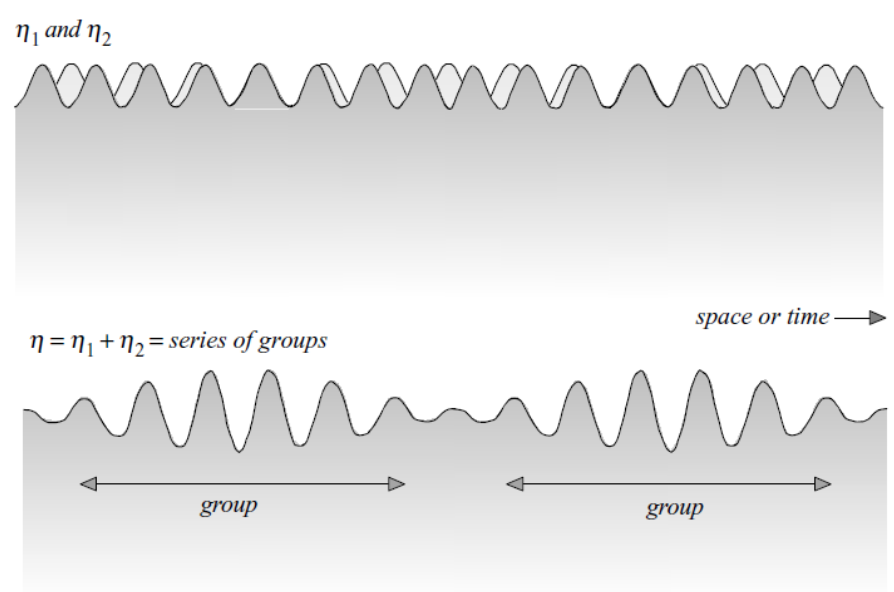
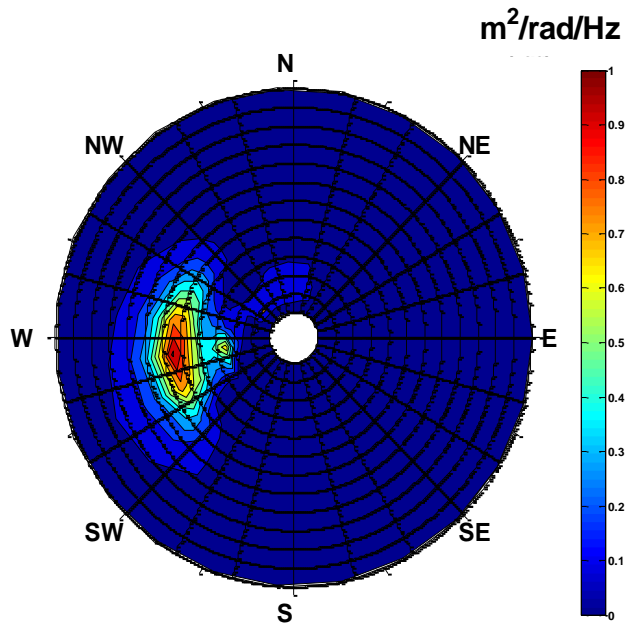
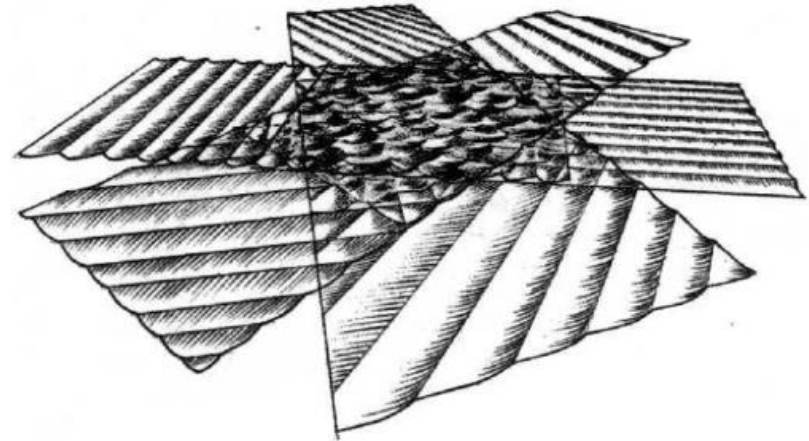


Figure 5.7 Two harmonic waves with slightly different frequencies (or wave numbers) add up to a series of wave groups.

Oleaje Real

Estado de mar (Modelo aleatorio en amplitud y fase)



El **espectro de oleaje** constituye una descripción estadística completa del estado de mar.

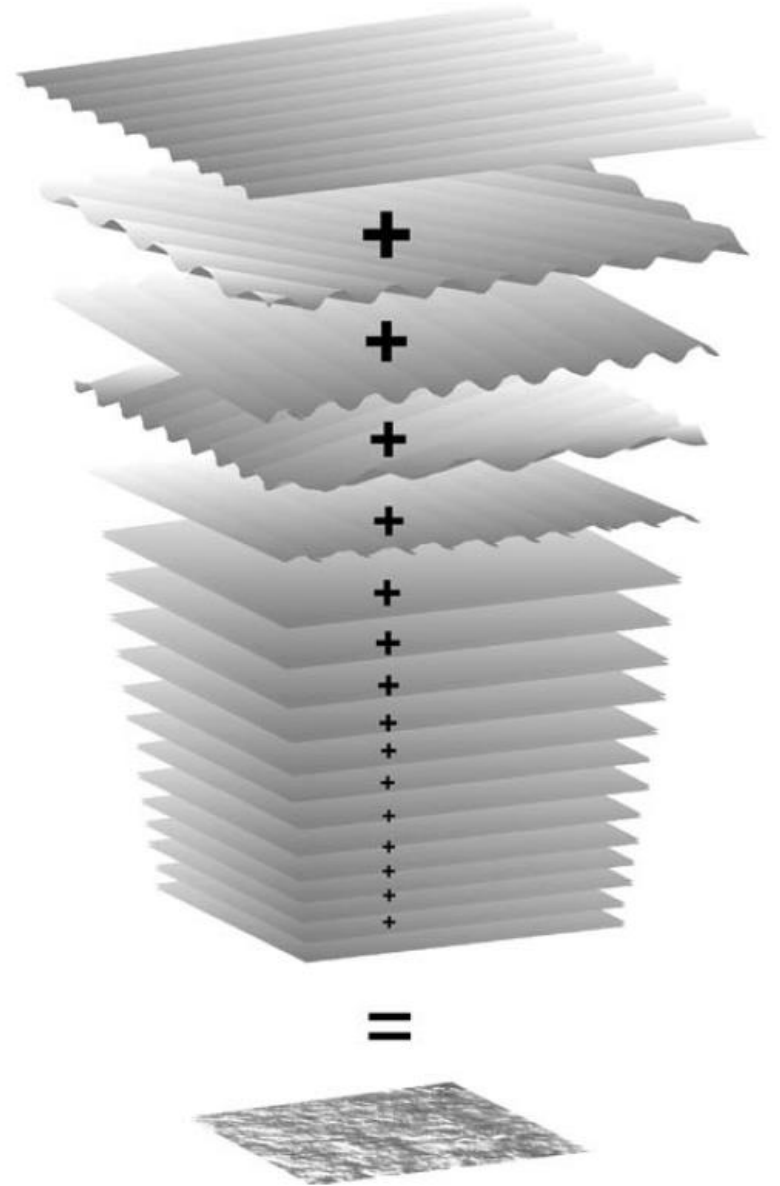
Usualmente se presenta resumido en:

H_s , T_m , T_p , D_m , D_p , ...

Oleaje Real

Estado de mar
(Modelo aleatorio en amplitud y fase)

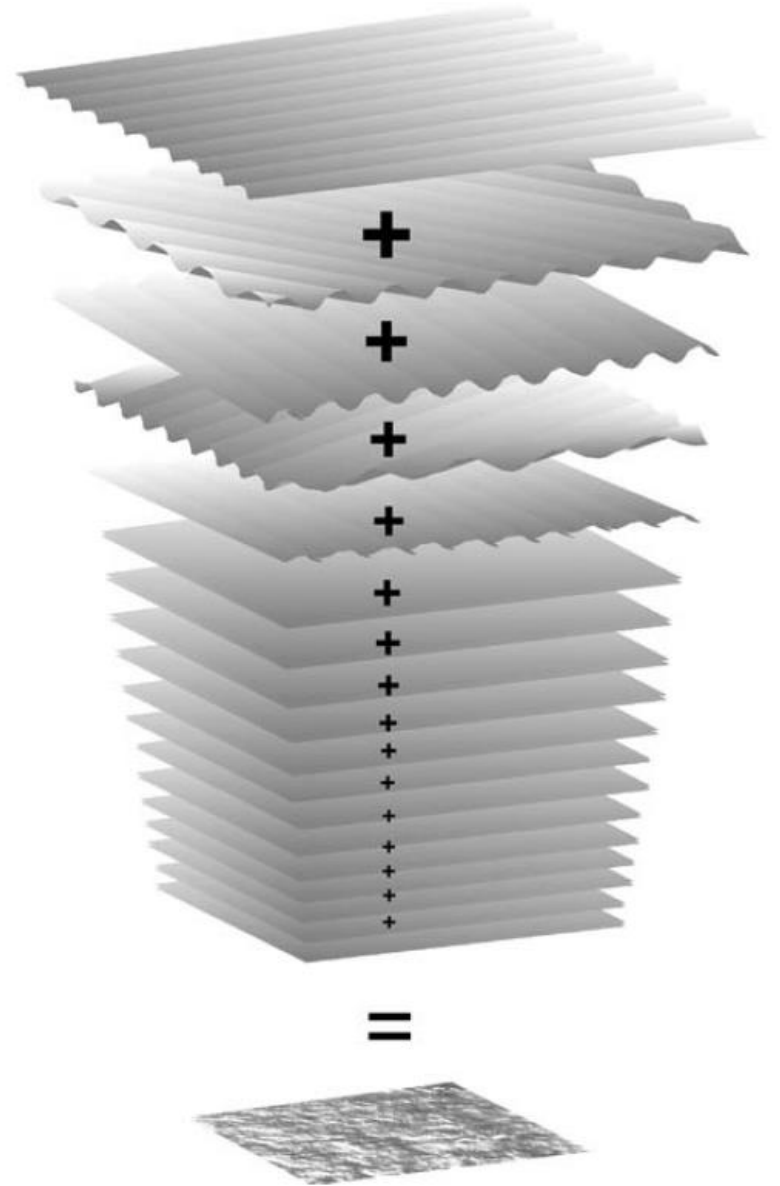
$$\eta(x, y, t) = a \cos(\omega t - kx \cos \theta - ky \sin \theta -$$



Oleaje Real

Estado de mar
(Modelo aleatorio en amplitud y fase)

$$\eta(x, y, t) = a \cos(\omega t - kx \cos \theta - ky \sin \theta -$$



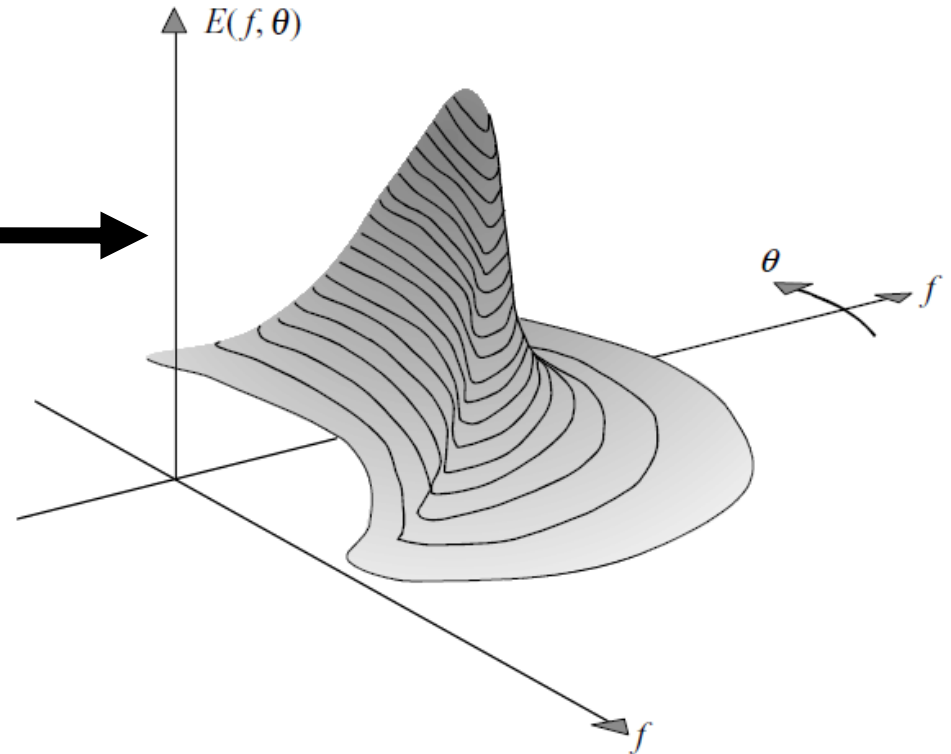
Oleaje Real

Estado de mar
(Modelo aleatorio en amplitud y fase)

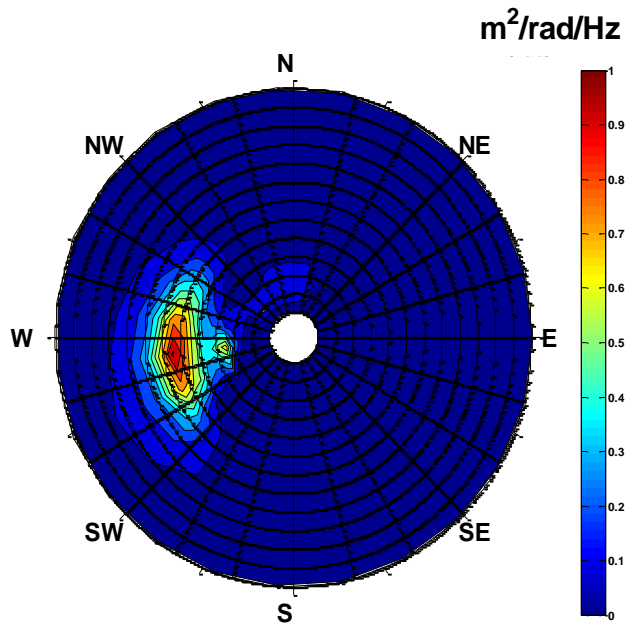
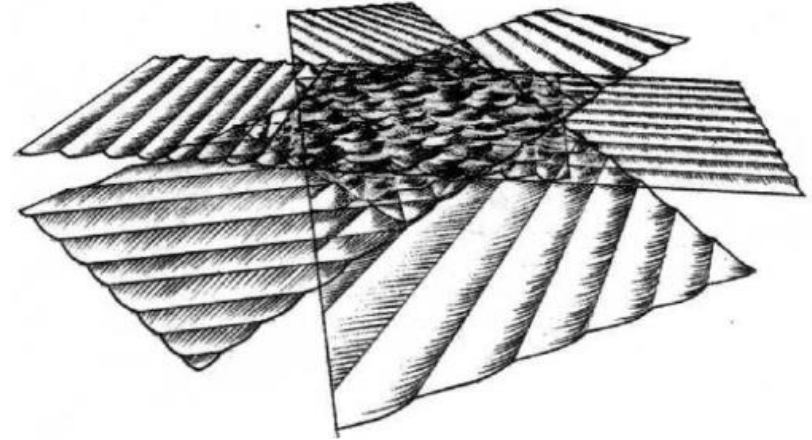
$$\underline{\eta}(x, y, t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \underline{a}_{i,j} \cos(\omega_i t - k_i x \cos \theta_j - k_i y \sin \theta_j + \underline{\alpha}_{i,j})$$



$$E(f, \theta) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \lim_{\Delta \theta \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta f \Delta \theta} E\left\{\frac{1}{2} \underline{a}^2\right\}$$



Oleaje Real



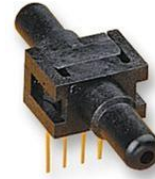
$$E = \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} \rho g E_{\text{varianza}}(f, \theta) df d\theta$$
$$P = \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} \rho g E_{\text{varianza}}(f, \theta) C_G(f) df d\theta$$
$$P = \frac{\rho g^2 H_s^2 T_E}{64\pi} \quad \left(\begin{array}{l} H_s: \text{Altura de ola significativa} \\ T_E: \text{Período de Energía} \end{array} \right)$$

Oleaje Real. Instrumentos de Medición

Nivel



Presión



Pressure gauge



Velocidad



Ultrasound Velocity Profiling



Acoustic Doppler Velocimeter



Acoustic Doppler
Current Profiler
(ADCP)

ADCP Up-looker



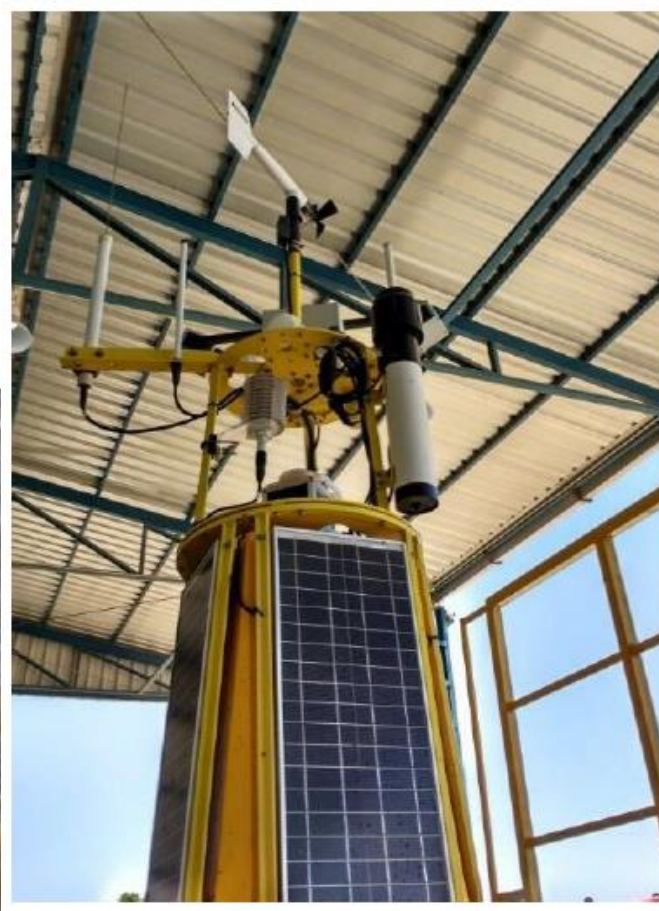
ADCP Up-looker



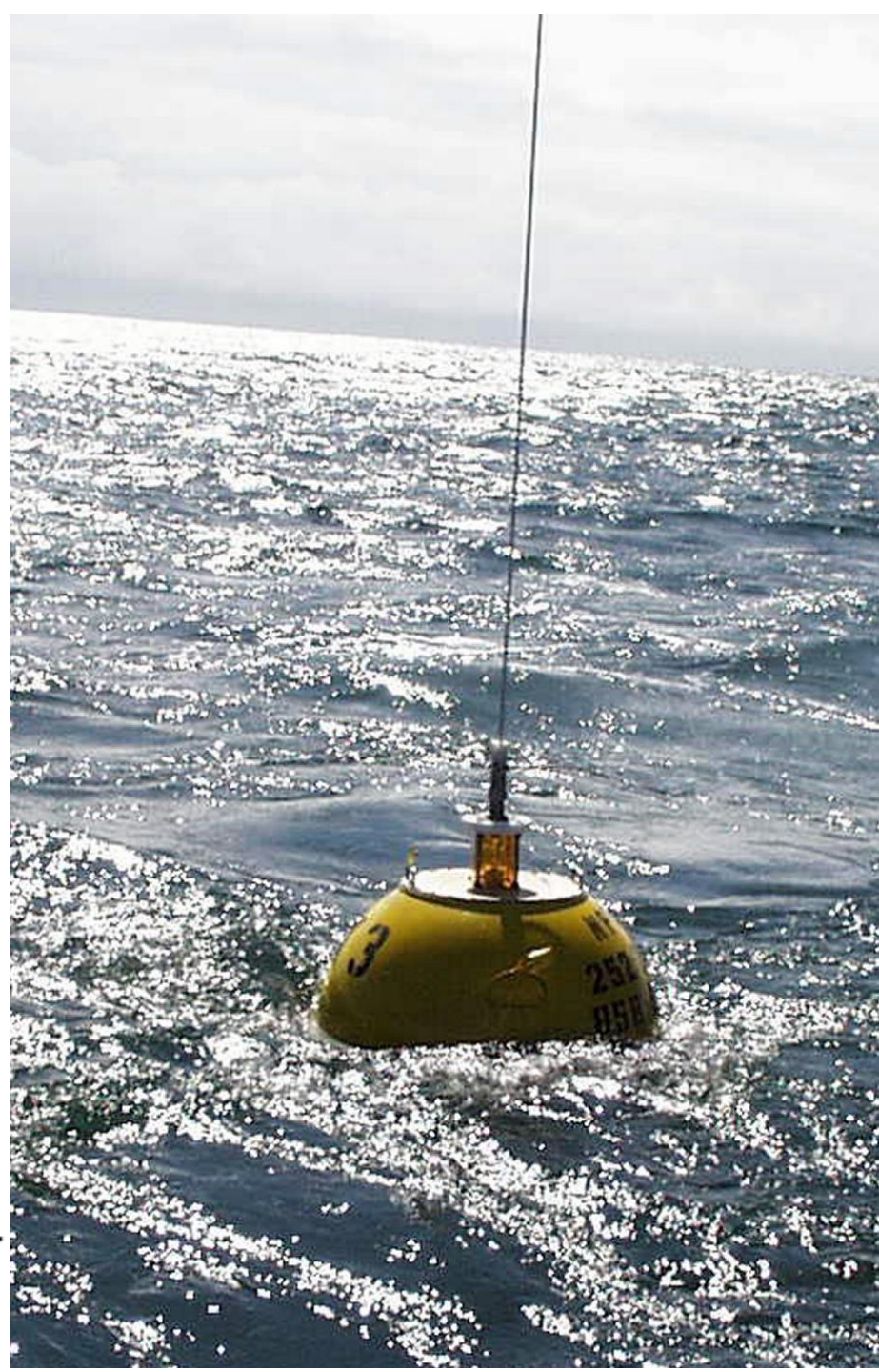
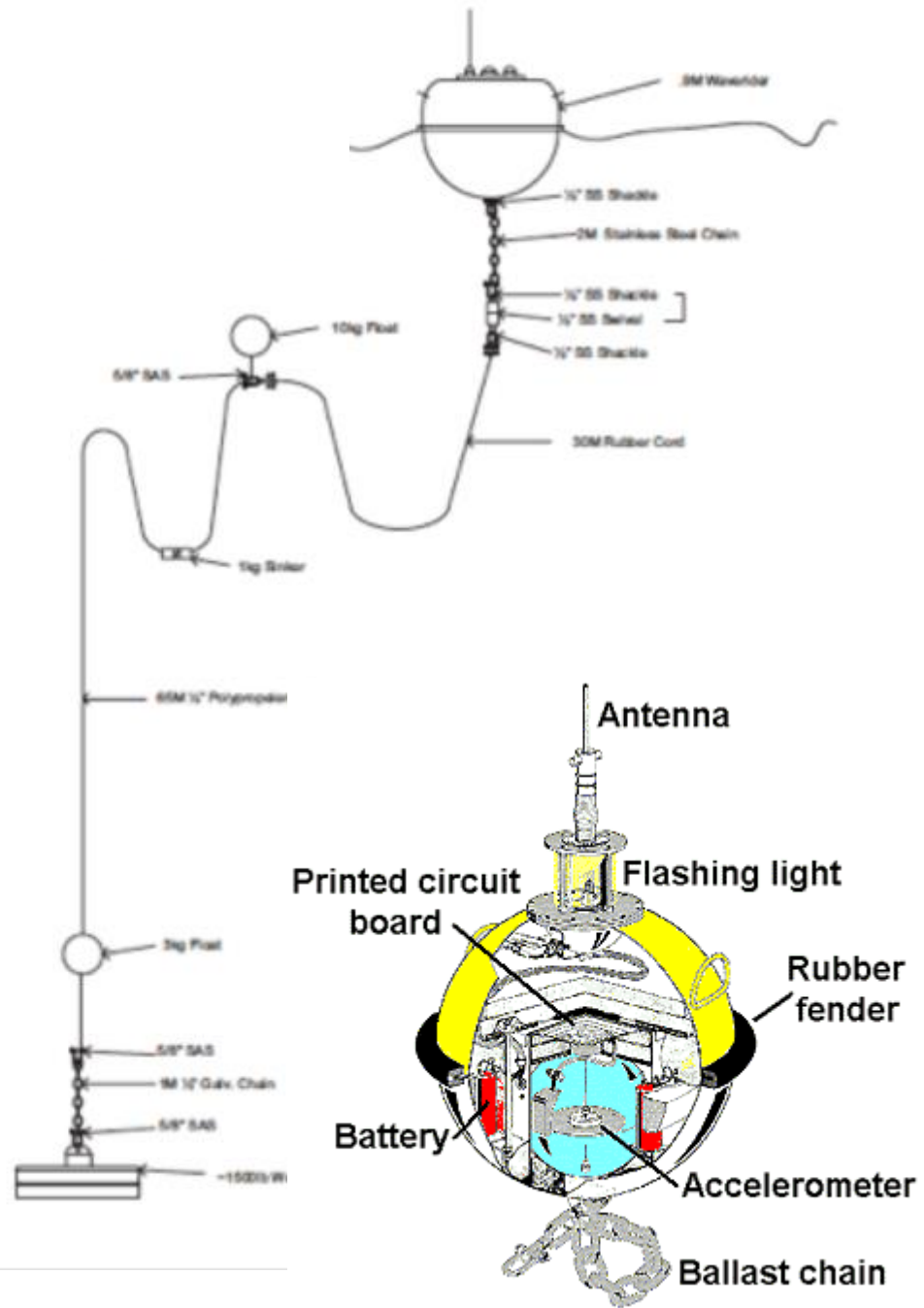
ADCP Side looker



Boya

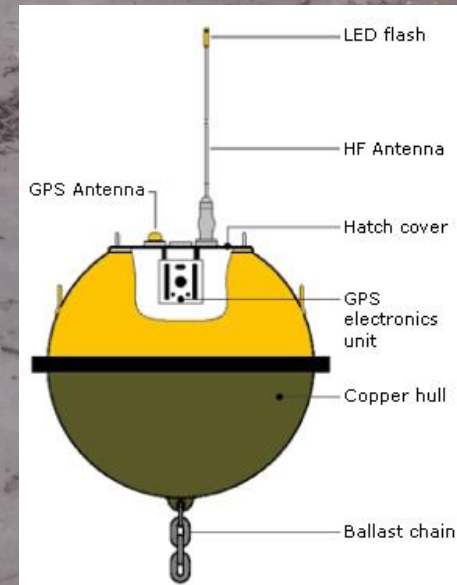


Waverider



Oleaje Real. Instrumentos de Medición

Boya GPS

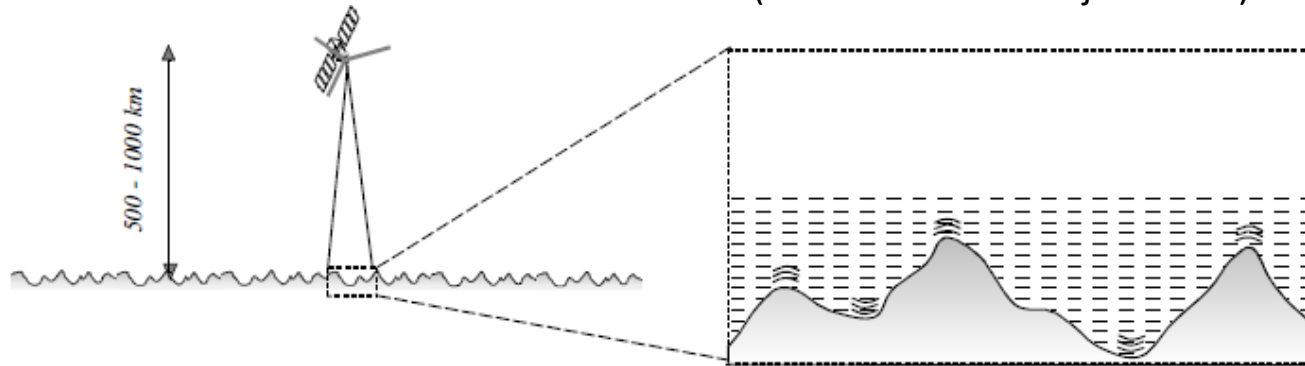


Oleaje Real. Sensoramiento Remoto

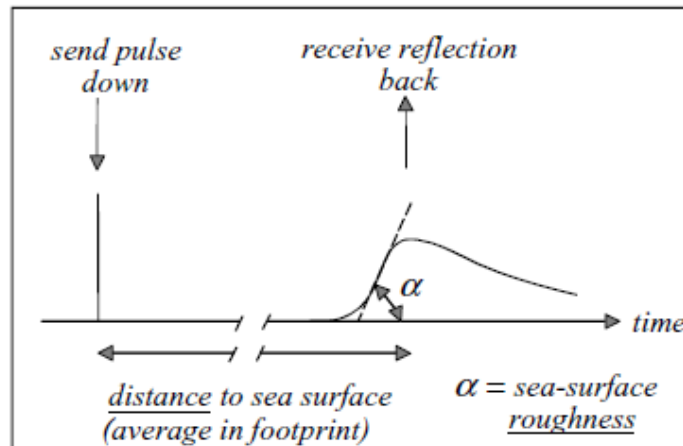
El radar manda pulsos de micro-ondas (1- 100 GHz) con alta frecuencia de repetición (i.e. 1000 Hz) y en sentido vertical descendente. Al recibir el eco, los pulsos reflejados son promediados para disminuir el ruido en la señal, resultando en una frecuencia final de muestreo de 1 Hz.

(Tomado de Holthuijsen 2007)

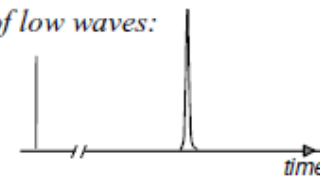
Altimetría por Radar



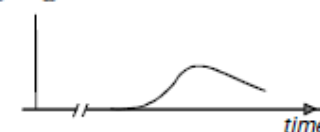
in the satellite



in case of low waves:



in case of high waves:



La forma del pulso reflejado (“waveform”) depende del estado del mar donde se reflejó

Altimetría por Radar

La forma del pulso reflejado (“waveform”) depende del estado del mar sobre el cual se reflejó

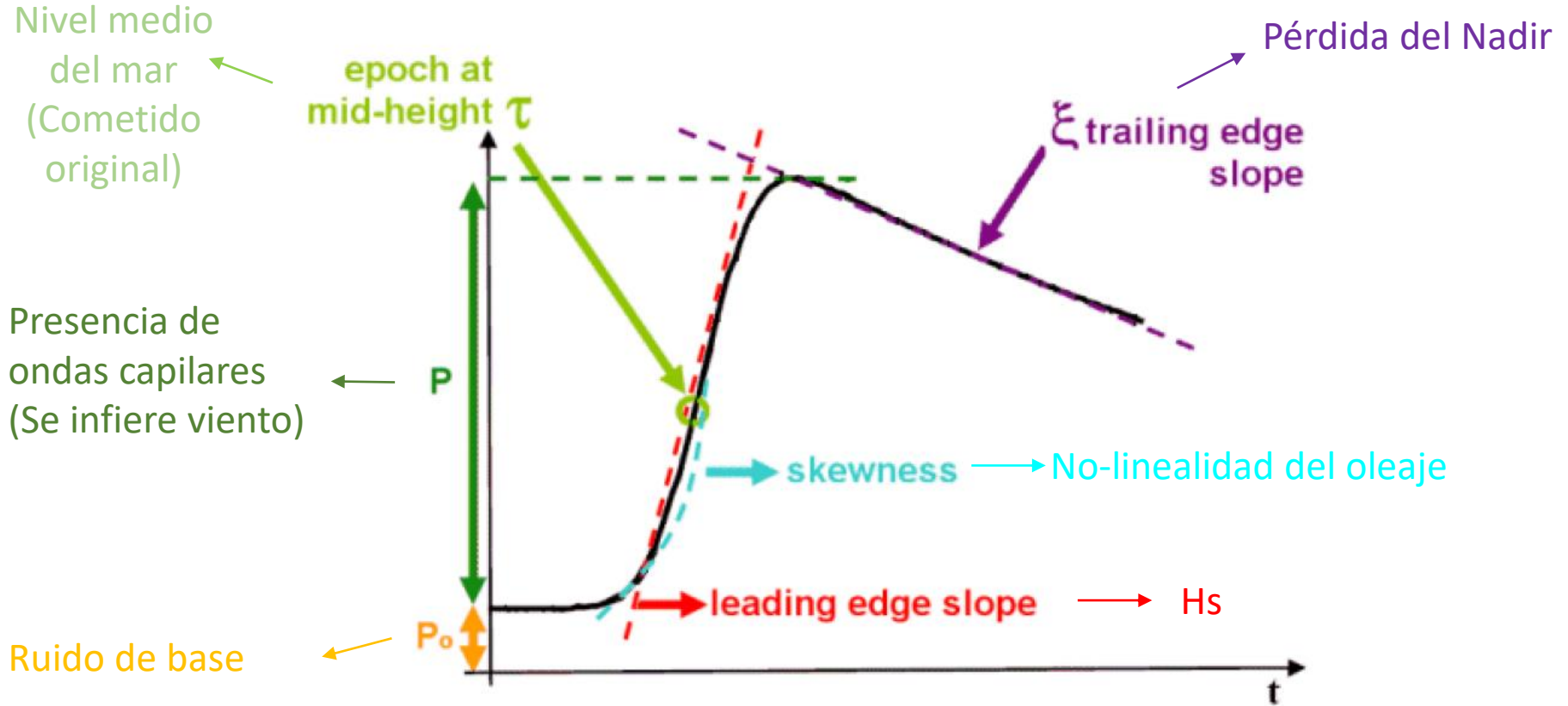


Figure 4-1: Idealised ocean waveform (from ESA Radar Altimetry Tutorial)

Altimetría por Radar

“Leading edge slope” → Permite medición directa de H_s . Cuanto más tendida la pendiente, mayor H_s .

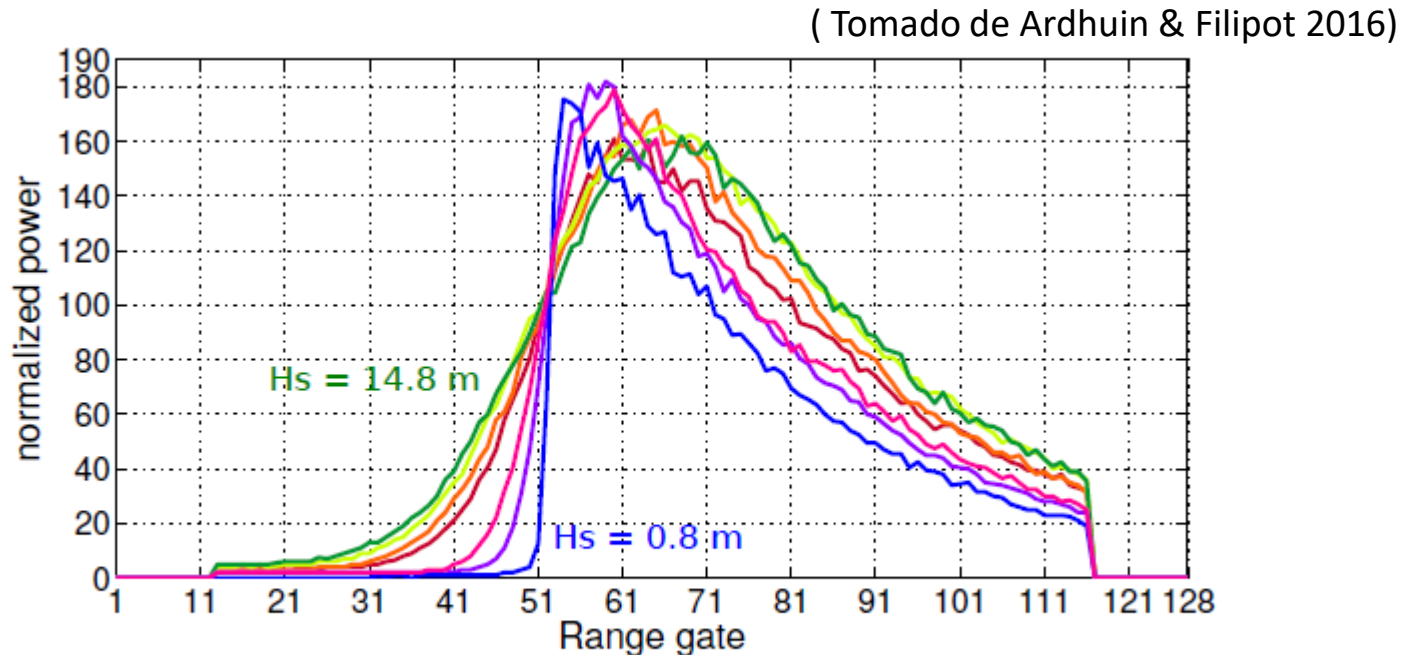


Figure 3.9: Altimeter waveform

Velocidad del satélite: 6-7 km/s
Frecuencia de toma de muestra: 1Hz

1 dato cada 6-7 km

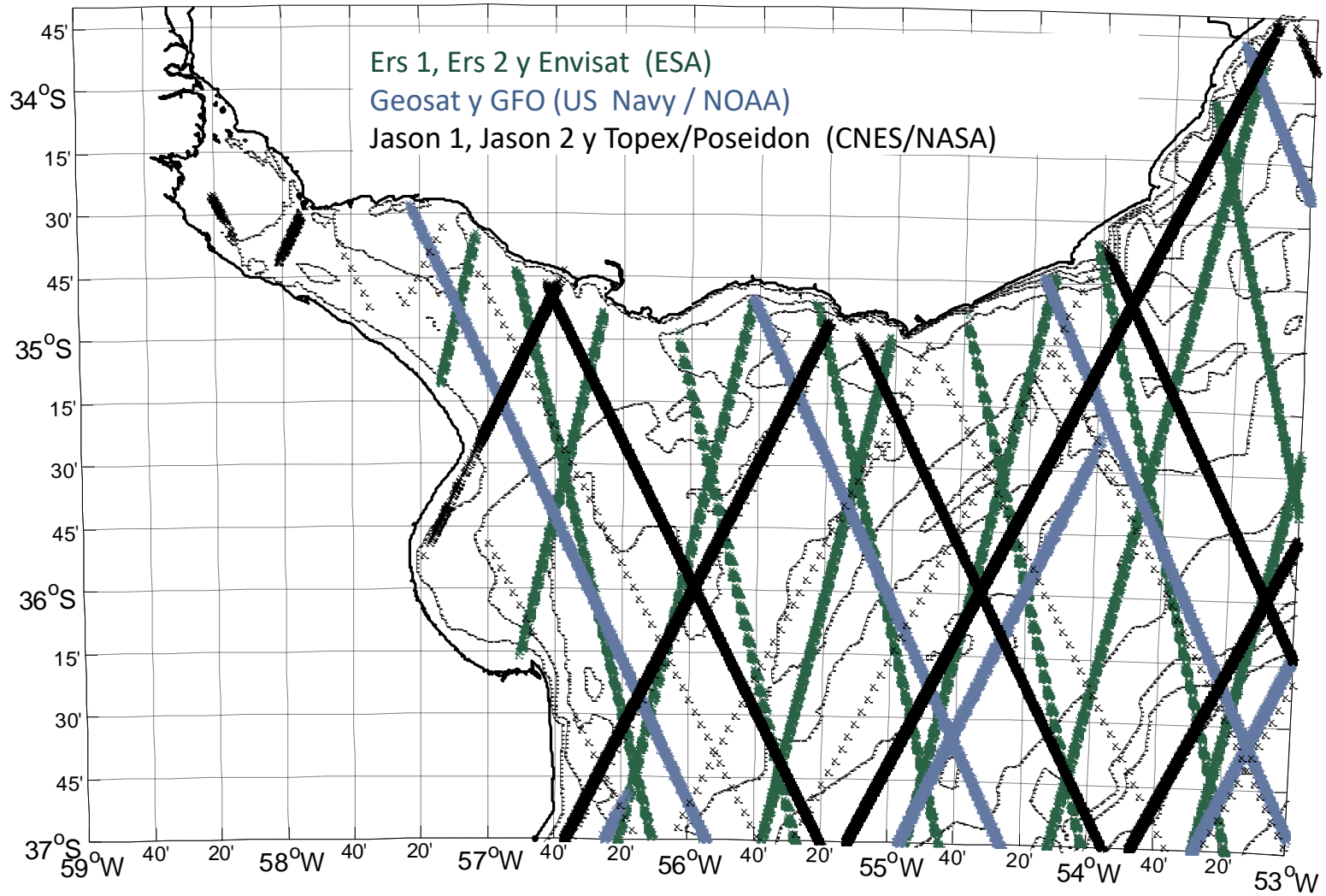
Además de H_s ...

- Velocidad del viento a partir de P
- T_z a partir de P y H_s

(Usando algoritmos empíricos)

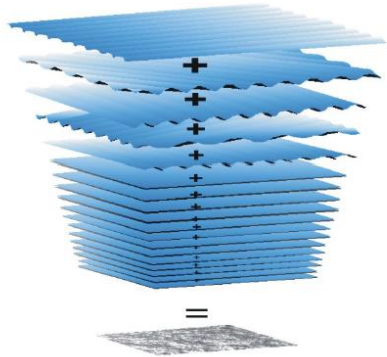
Altimetría por Radar

Utilización en el proyecto URU-WAVE



Oleaje Real. Modelado numérico

Modelos de base física promediados en la fase



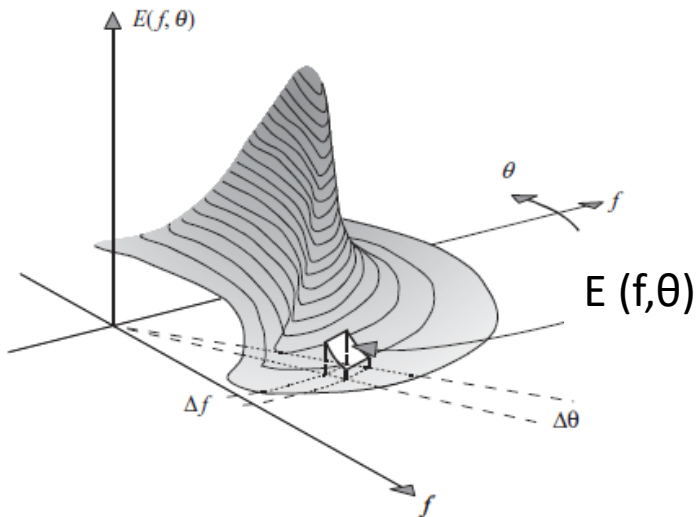
Resuelven para cada componente del espectro, una ecuación diferencial que gobierna la evolución del mismo

$$E(f, \theta) \rightarrow E(f, \theta, x, y, t)$$

En ausencia de corrientes:
$$\frac{dE(f, \theta, x, y, t)}{dt} = S_t(f, \theta, x, y, t)$$

Término fuente.

Incluye procesos de generación, disipación e intercambio de energía entre componentes



Con presencia de corrientes

la variable conservativa es :
$$N(f_r, \theta, x, y, t) = E(f_r, \theta, x, y, t) / f_r$$

Wave action balance equation:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(\dot{x}N)}{\partial x} + \frac{\partial(\dot{y}N)}{\partial y} + \frac{\partial(\dot{f}_r N)}{\partial f_r} + \frac{\partial(\dot{\theta}N)}{\partial \theta} = S_t(f_r, \theta, x, y, t) / f_r$$

Oleaje Real. Modelado numérico

Modelos de base física promediados en la fase

Wave action balance equation:
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(\dot{x}N)}{\partial x} + \frac{\partial(\dot{y}N)}{\partial y} + \frac{\partial(\dot{f}_r N)}{\partial f_r} + \frac{\partial(\dot{\theta}N)}{\partial \theta} = S_t(f_r, \theta, x, y, t) / f_r$$

$$f_a = f_r + 2\pi \vec{k} \cdot \vec{U}$$

(Efecto Doppler, siendo U la velocidad de la corriente)

$$\underline{\sigma^2 = gk \tanh kd},$$

(Ecuación de dispersión, $\sigma=2\pi f_r$)

$$(\dot{x}, \dot{y}) = \underline{\vec{C}_g} + \vec{U}$$

y $\underline{\dot{\theta}}$

Se usa teoría lineal

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(\dot{x}N)}{\partial x} + \frac{\partial(\dot{y}N)}{\partial y} + \frac{\partial(\dot{f}_r N)}{\partial f_r} + \frac{\partial(\dot{\theta}N)}{\partial \theta} = S_t(f_r, \theta, x, y, t) / f_r = \frac{1}{f_r} [S_{viento} + S_{ds} + S_{nl}]$$

Aporte de energía por parte del viento

Procesos disipativos de distinta índole

Transferencia de energía entre componentes

Oleaje Real. Modelado numérico

Visualización de los flujos de energía en un espectro

Aguas profundas

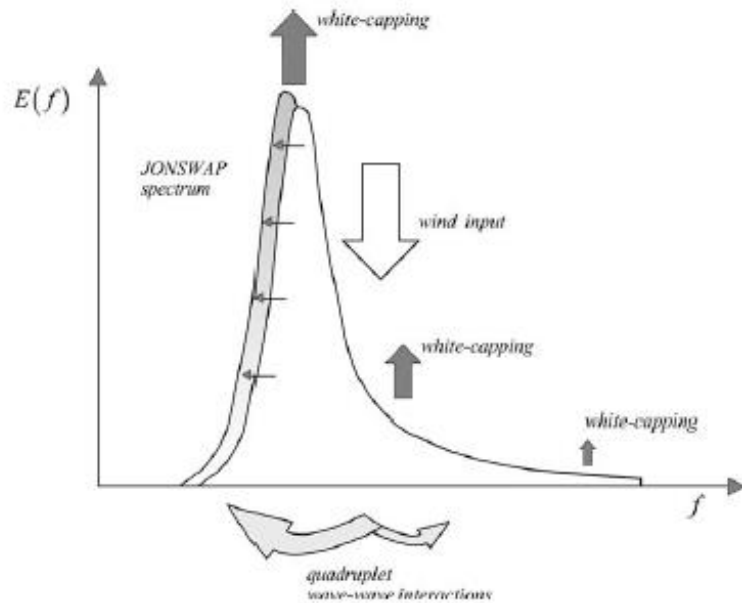
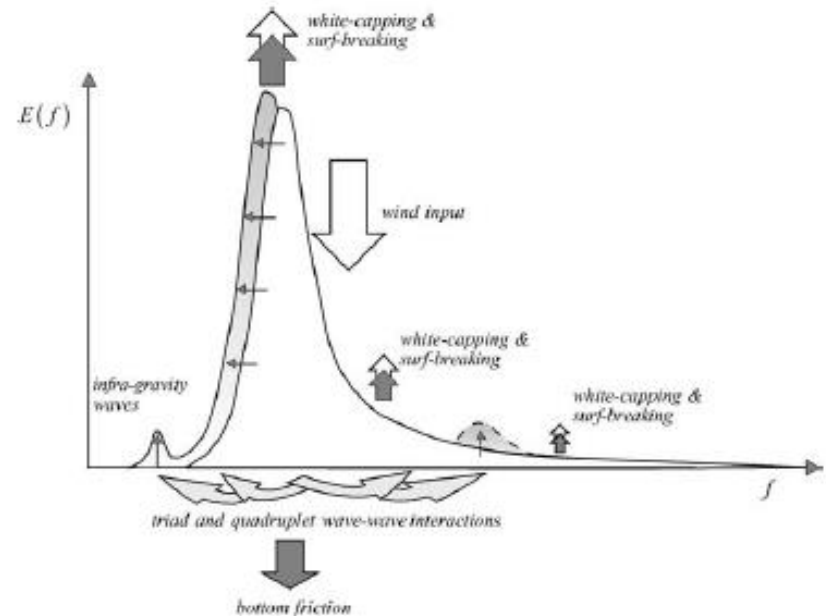


Figure 6.27 The flow of energy through an evolving JONSWAP spectrum (deep water).

Aguas intermedias y poco profundas



(Tomado de Holthuijsen 2007)

Oleaje Real. Modelado numérico

Tabla 2.-Importancia relativa de los procesos que afectan la evolución del oleaje. Tomado de Battjes (1994).

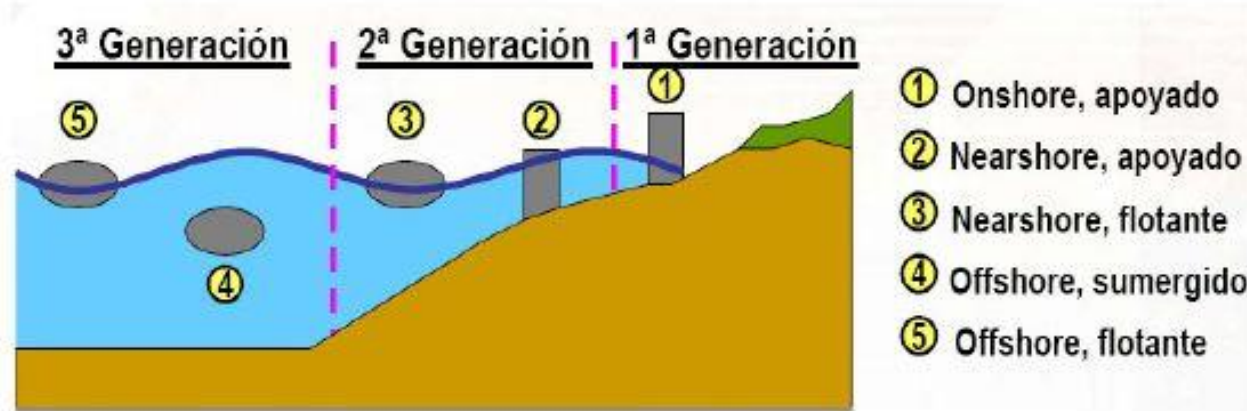
Procesos	Aguas Oceánicas	Aguas Costeras		
		Plataforma Continental	Proximidad de la Costa	Rada Portuaria
Generación por viento	XXX	XXX	X	O
Interacción no lineal entre cuadrupeles	XXX	XXX	X	O
<i>White-capping</i>	XXX	XXX	X	O
Fricción de fondo	O	XX	XX	O
Refracción y asomeramiento debido a una corriente	O/X	X	XX	O
Refracción y asomeramiento debido a variaciones del fondo	O	XX	XXX	XX
Rotura por fondo	O	X	XXX	O
Interacción no lineal entre tríadas	O	O	XX	X
Reflexión	O	O	X/XX	XXX
Difracción	O	O	X	XXX

XXX=Dominante, XX=Significativo pero no dominante, X=Importancia menor, O=Irrelevante

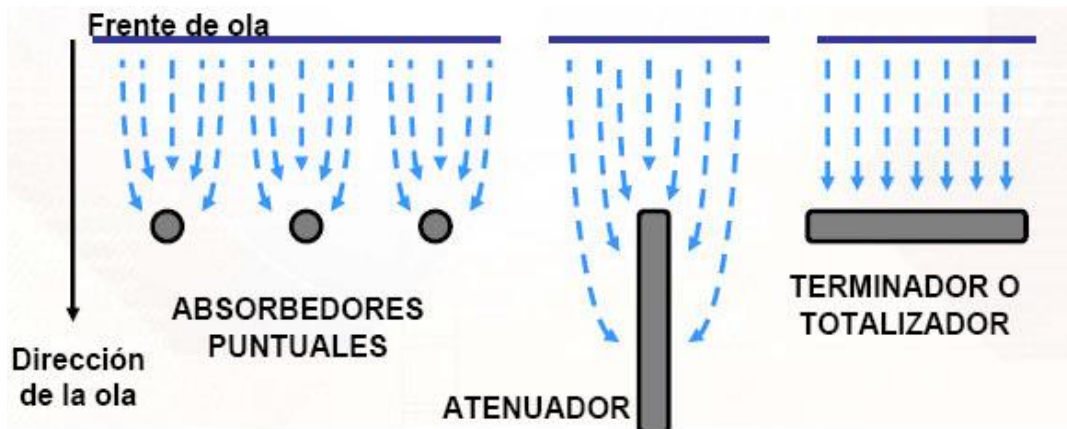
Dispositivos de conversión

Diversidad de dispositivos de conversión

Clasificación según ubicación:



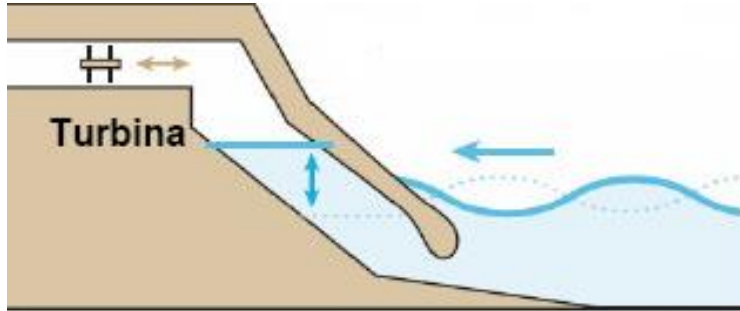
Clasificación según tipo de impacto:



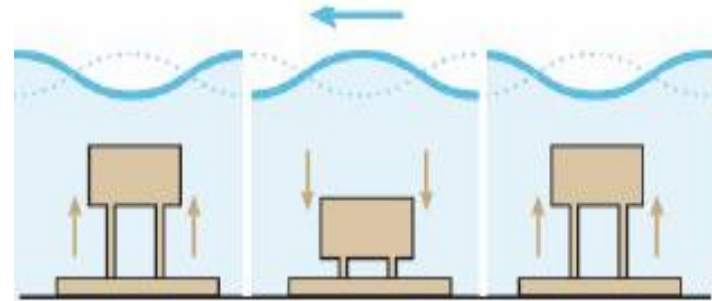
Dispositivos de conversión. WEC

Clasificación según principio de funcionamiento:

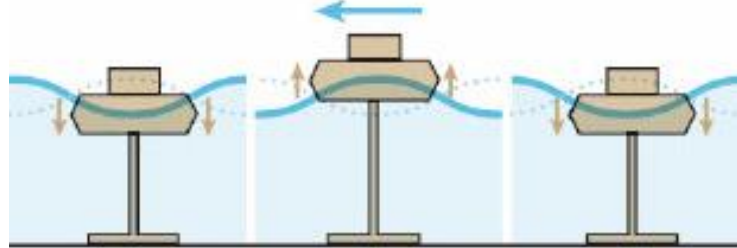
Columna de agua oscilante



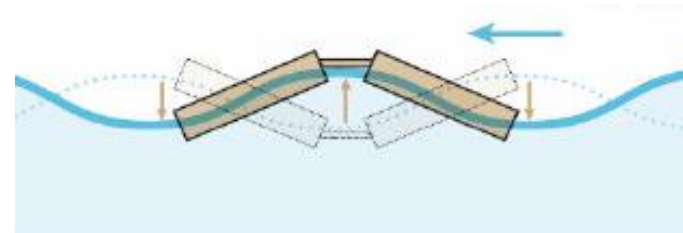
Efecto Arquímedes



Cuerpo boyante con referencia fija



Cuerpo boyante con referencia móvil



Rebosamiento



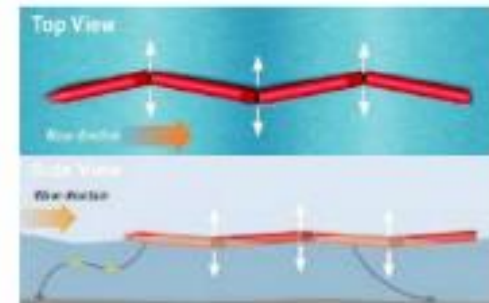
Impacto



Dispositivos de conversión. WEC

Pelamis

- Offshore
- Cuerpo boyante con referencial móvil
- Atenuador

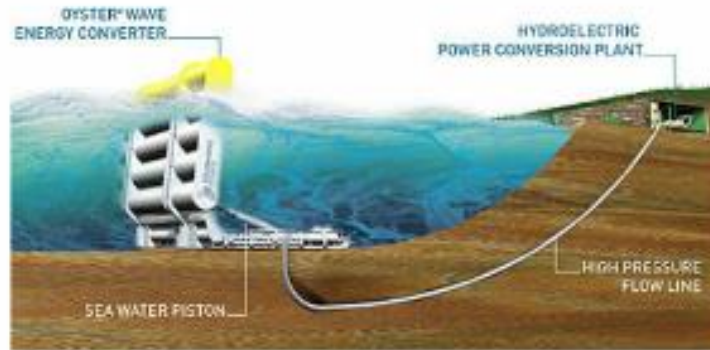


<http://www.pelamiswave.com>

Dispositivos de conversión. WEC

Oyster

- Nearshore
- Tipo Impacto
- Totalizador

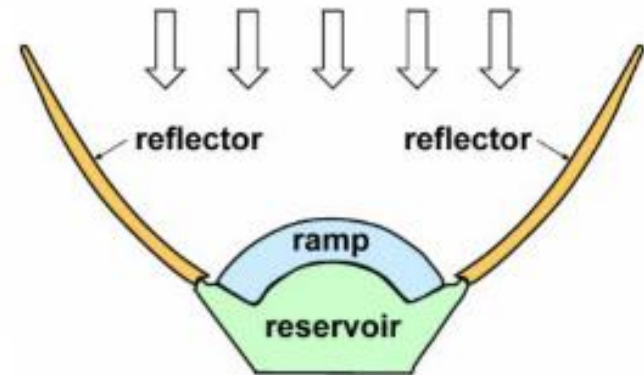
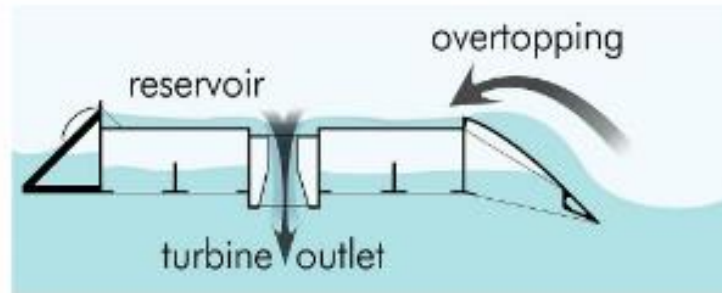


<http://www.aquamarinepower.com/>

Wavedragon



- Nearshore u Offshore
- Rebosamiento
- Totalizador



<http://www.wavedragon.net/>

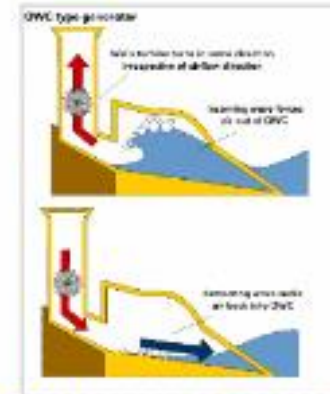
Dispositivos de conversión. WEC

Columna de agua oscilante (OWC)

Onshore: Limpet



<http://www.wavegen.co.uk/>



Nearshore u Offshore: OE Buoy

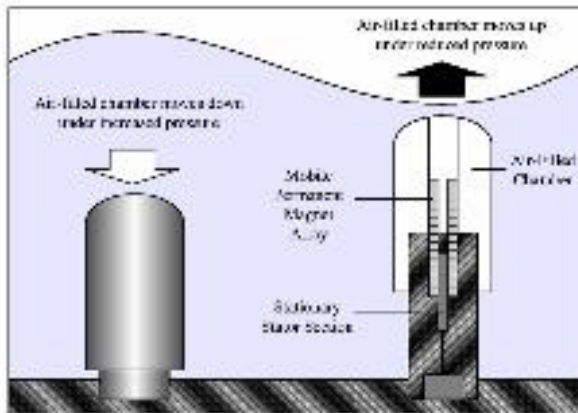


<http://www.oceanenergy.ie>

Dispositivos de conversión. WEC

AWS

- Nearshore u Offshore
- Efecto Arquímedes
- Absorvedor puntual



Notes: The air-filled chamber moves with the frequency of the waves above. The change in water height above the device changes the pressure on the device resulting in reciprocating motion.



<http://www.awsocean.com/>

Dispositivos de conversión. WEC

Clasificación según principio de funcionamiento:

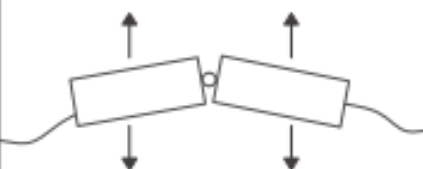
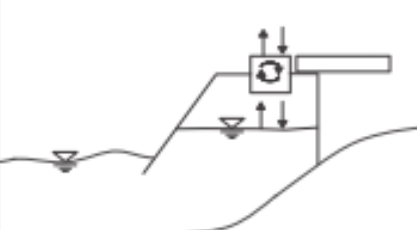

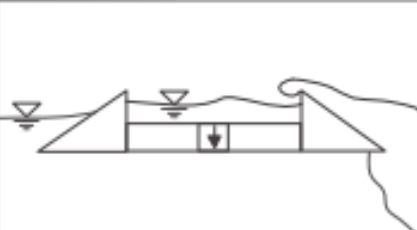

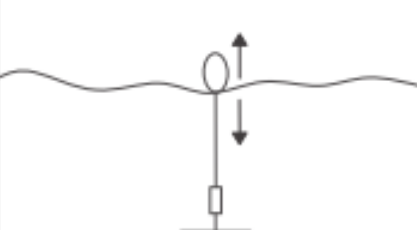

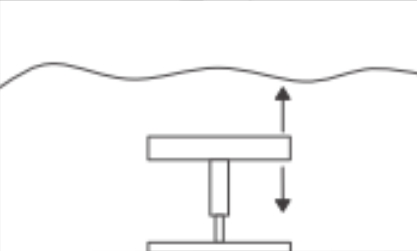

I. Working Principle	Schematic	Wave Activated Bodies	
Oscillating Water Column		Bulge Wave	
Overtopping Device		Oscillating Wave Surge	
Heave Buoy		Rotating Mass	
Submerged Pressure Differential		Cycloidal Wave Absorber	

Fig. 5. Wave Energy Converter classification – working principles (based on OSD).

Dispositivos de conversión. WEC

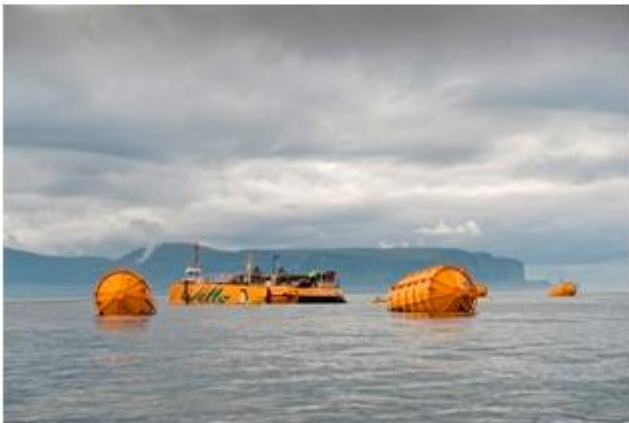
Ensayándose actualmente en EMEC



CORPOWER OCEAN



LAMINARIA



WELLO OY

EMEC 
THE EUROPEAN MARINE ENERGY CENTRE LTD

Dispositivos de conversión. WEC

Distintas etapas de conversión

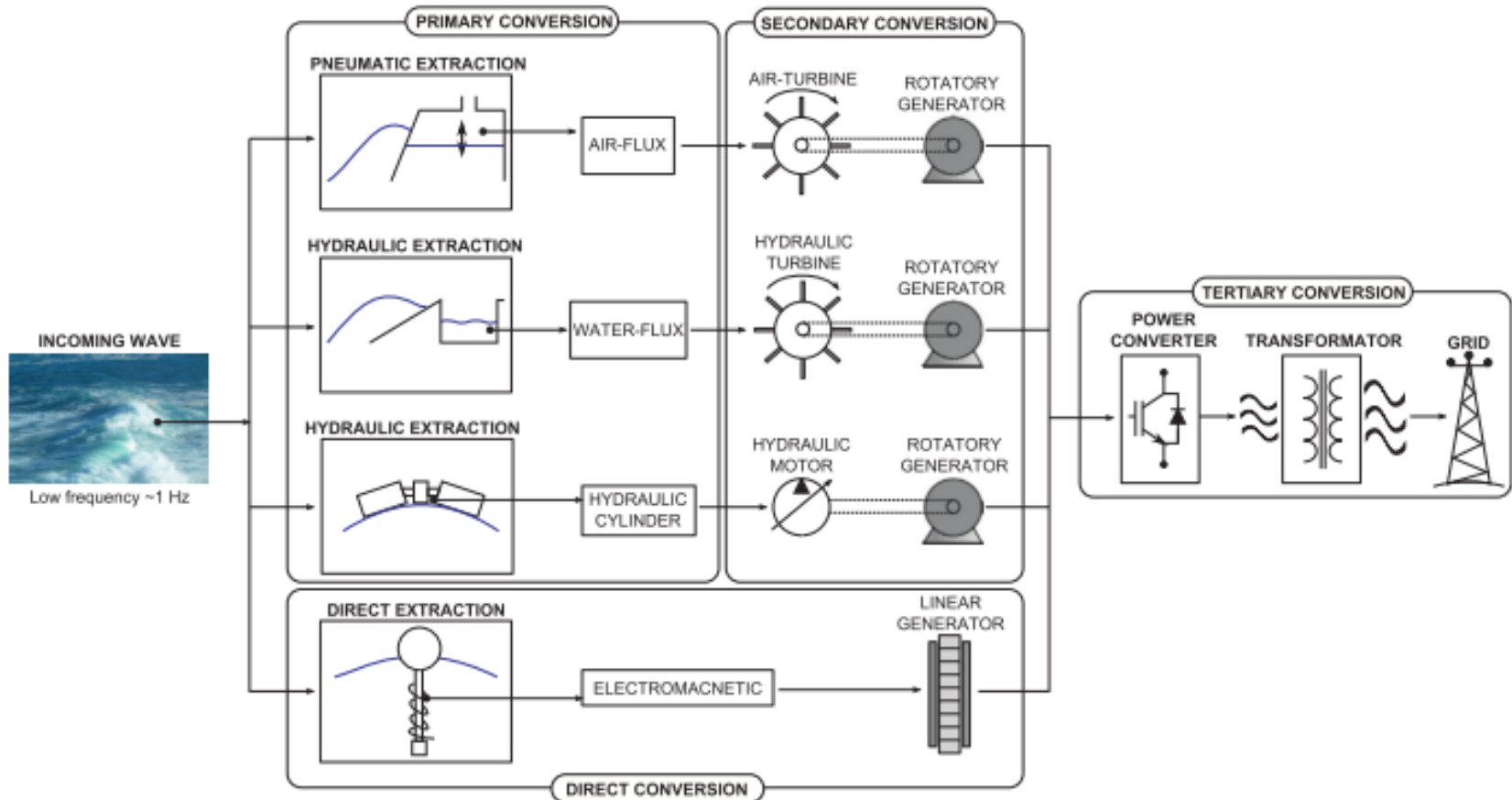


Fig. 9. Energy conversion stages.