

# OLAS

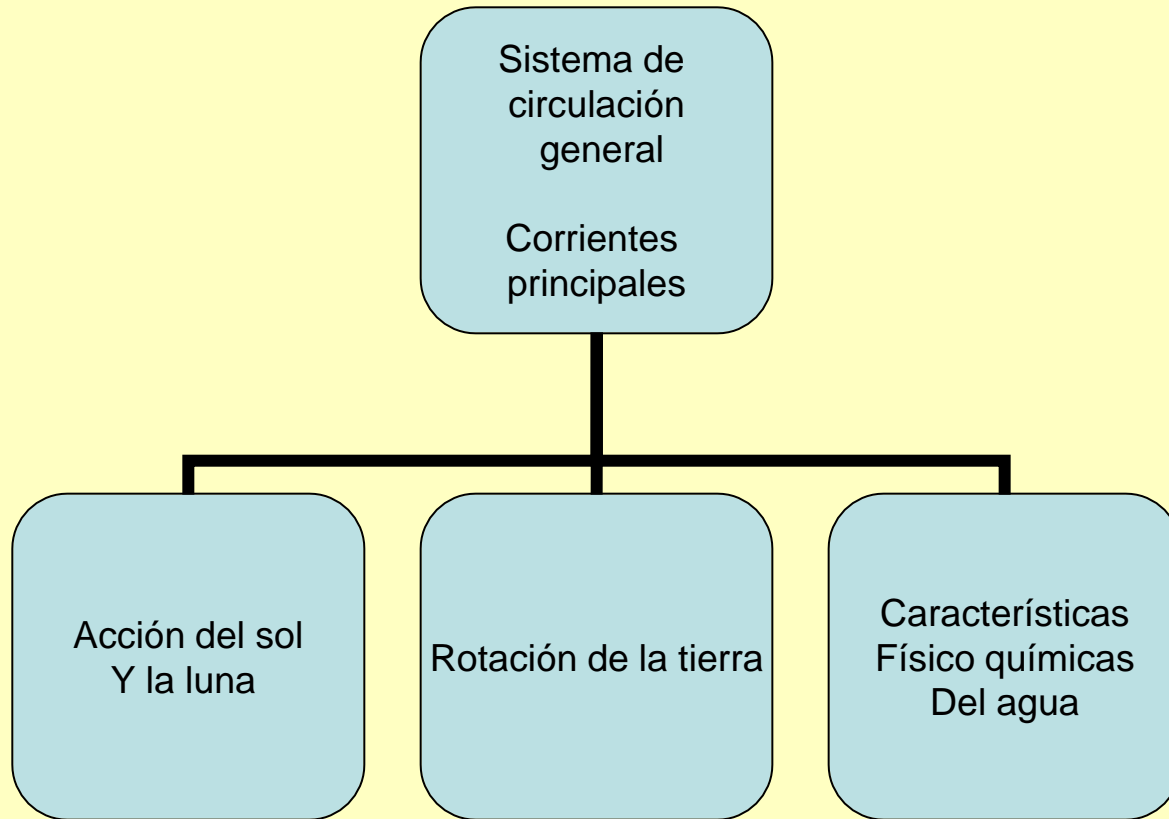


Las aguas en los mares están sujetas a distintos movimientos:

Corrientes marinas

Mareas

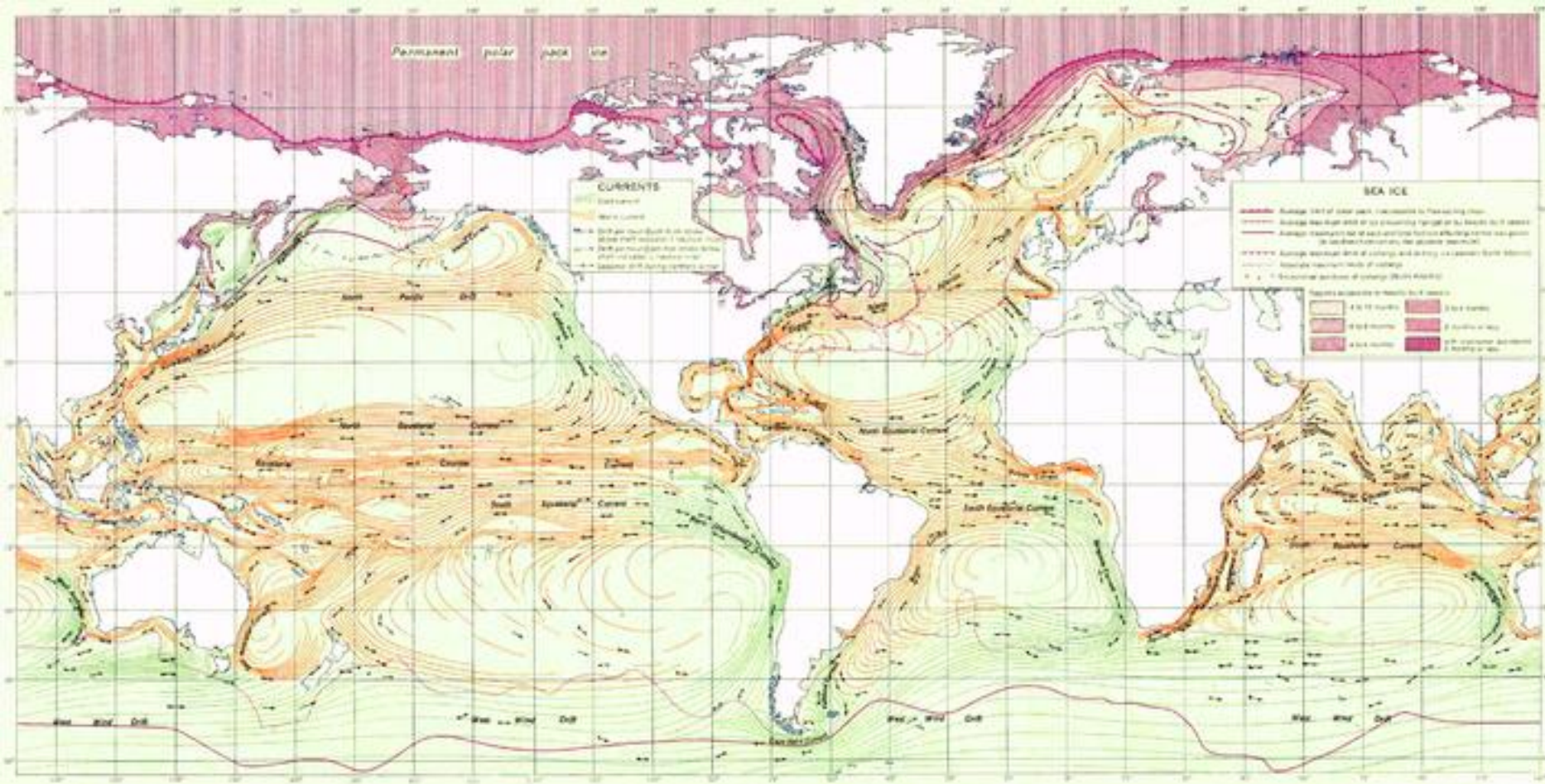
Olas



En su comportamiento influyen:

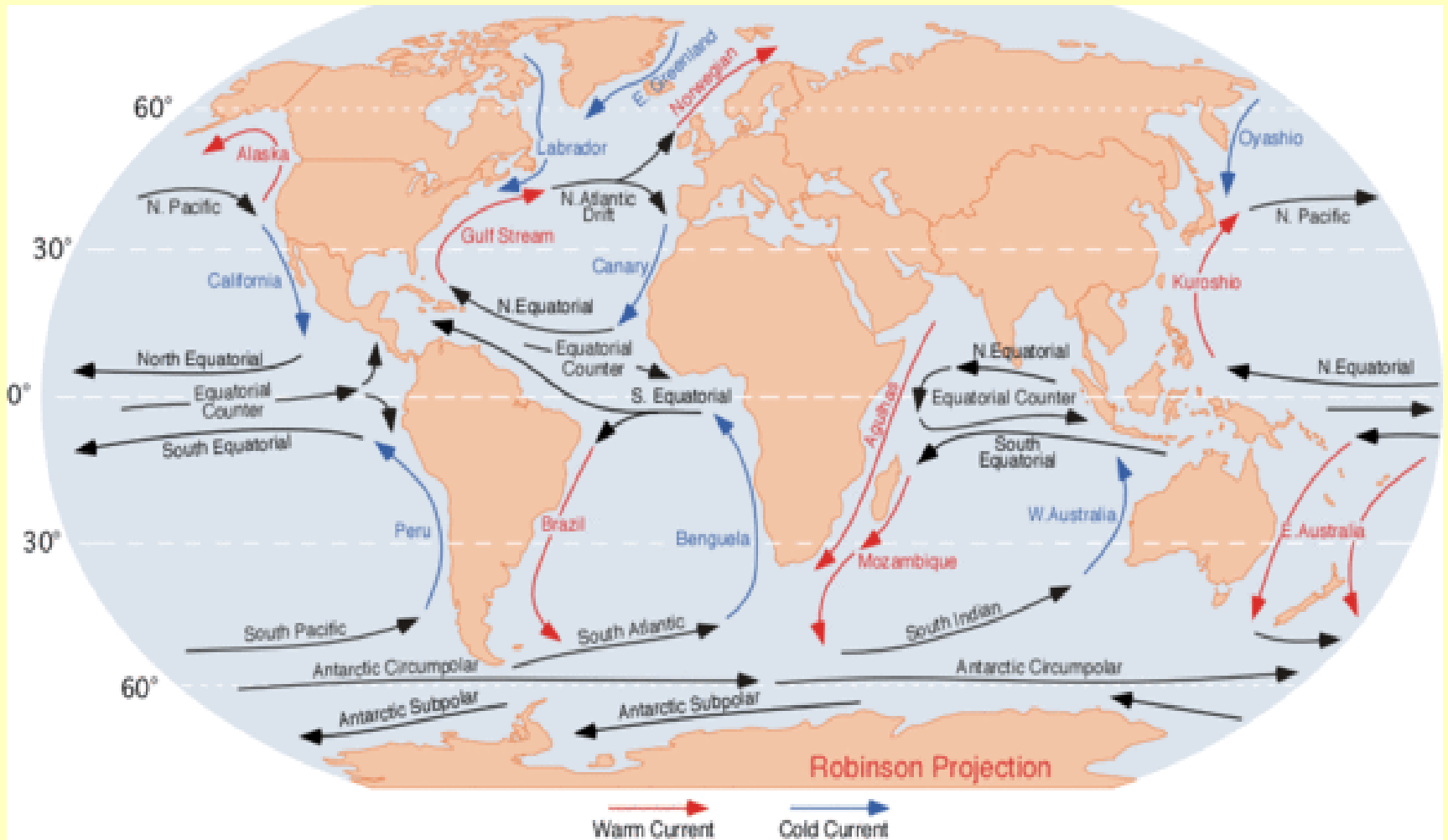
- las condiciones del fondo
- cercanía de continentes
- condiciones meteorológicas
- Vientos constantes o planetarios





corrientes

# Corrientes principales

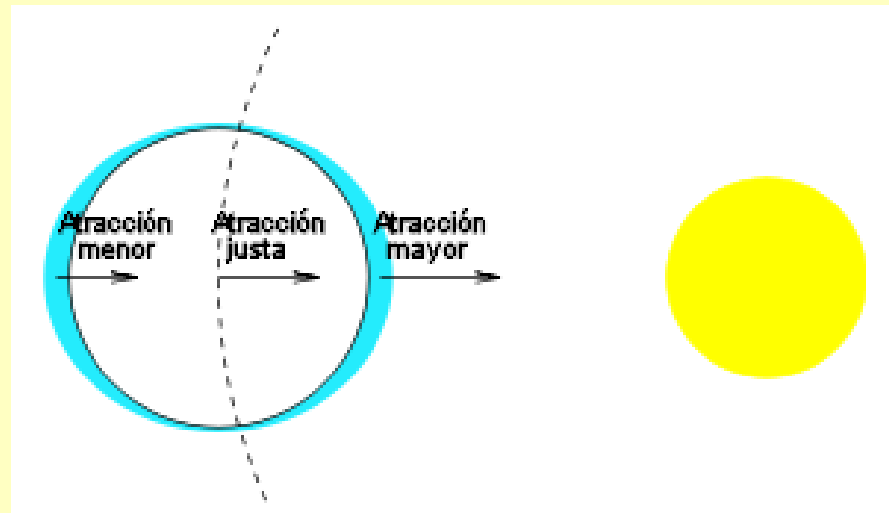


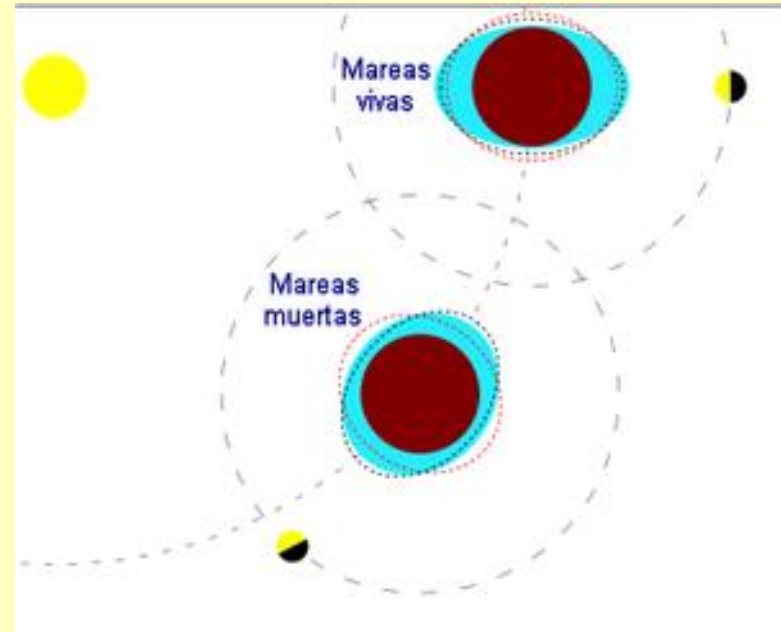
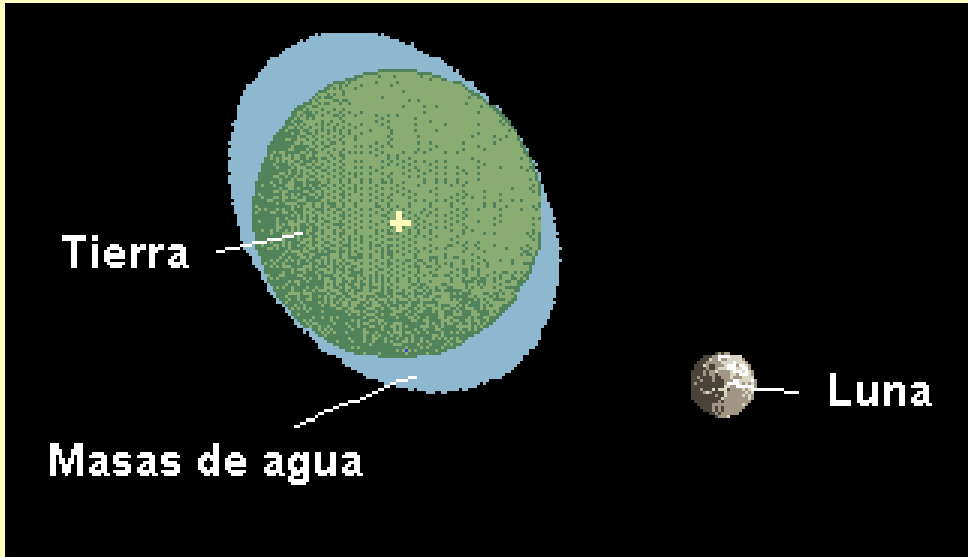
# MAREAS

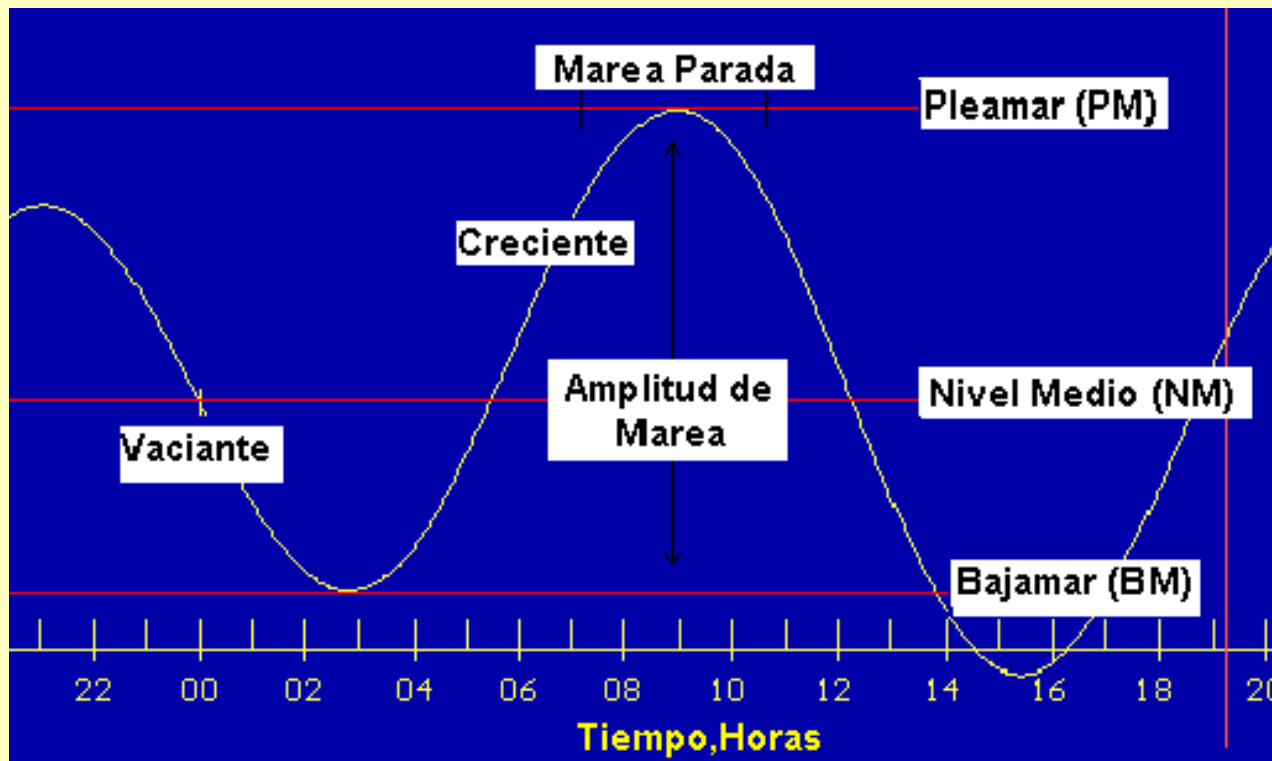
Cambio periódico del nivel del mar

Causa:

Las fuerzas gravitacionales que ejercen el sol y la luna sobre la tierra



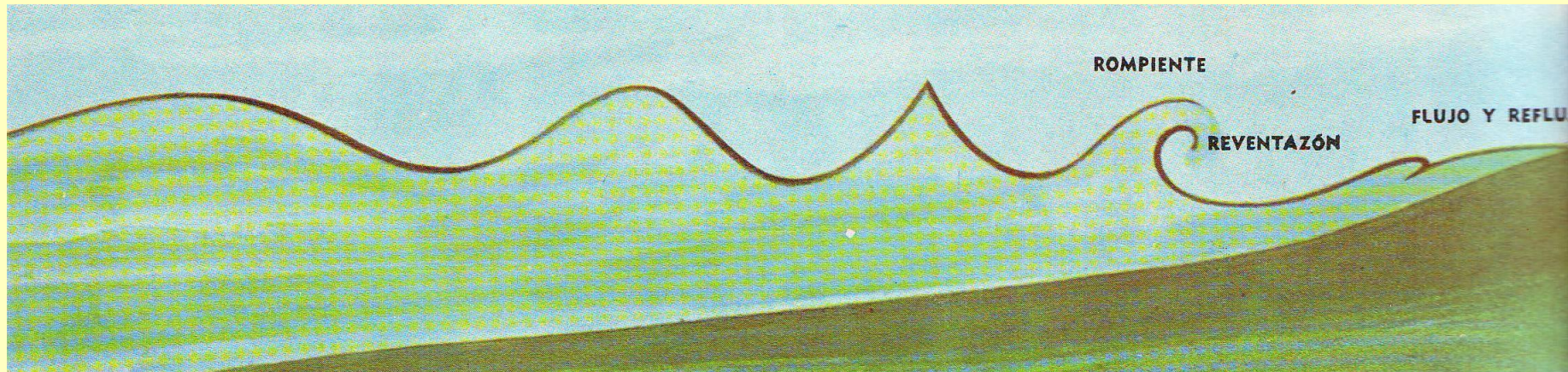






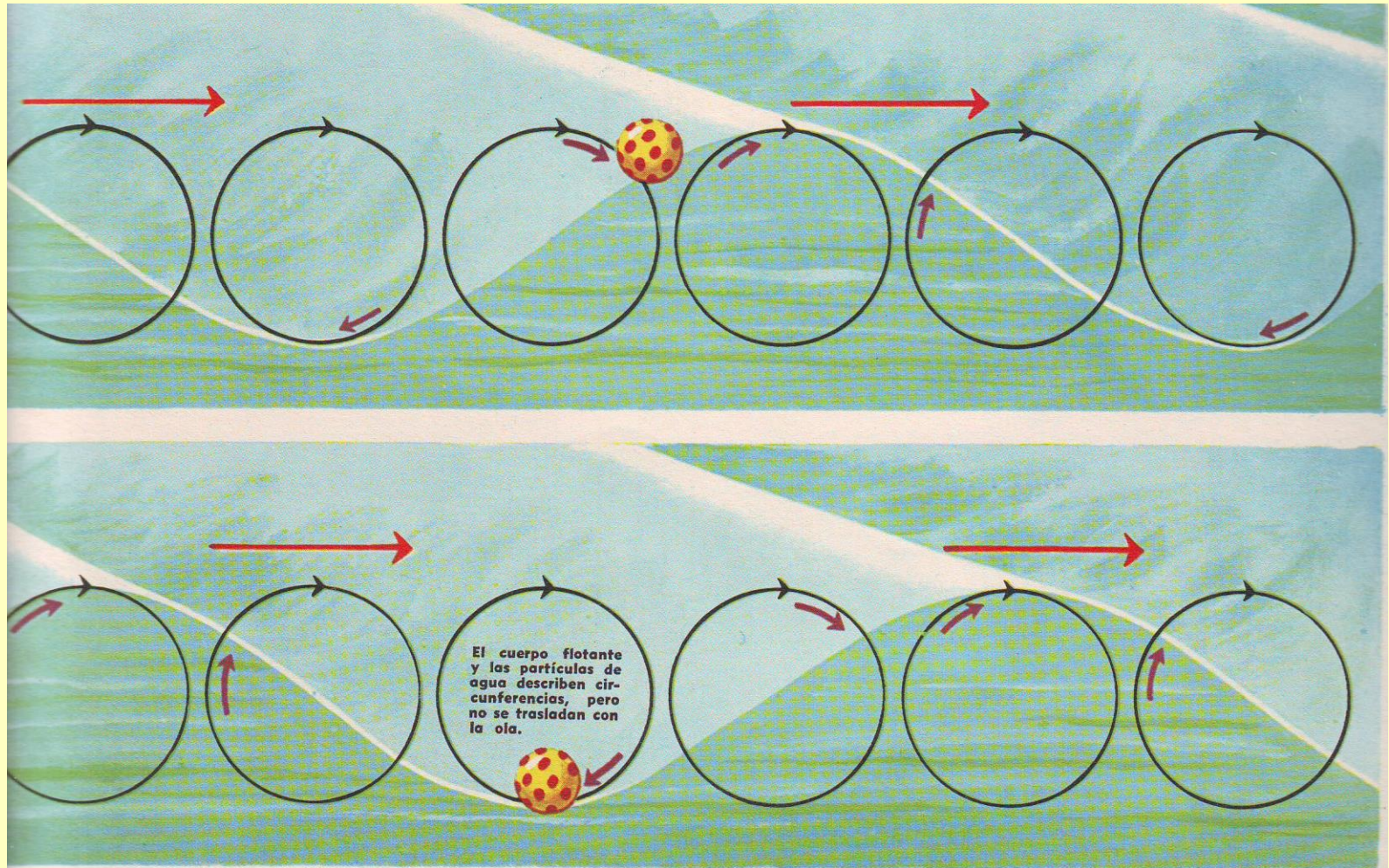
# OLAS

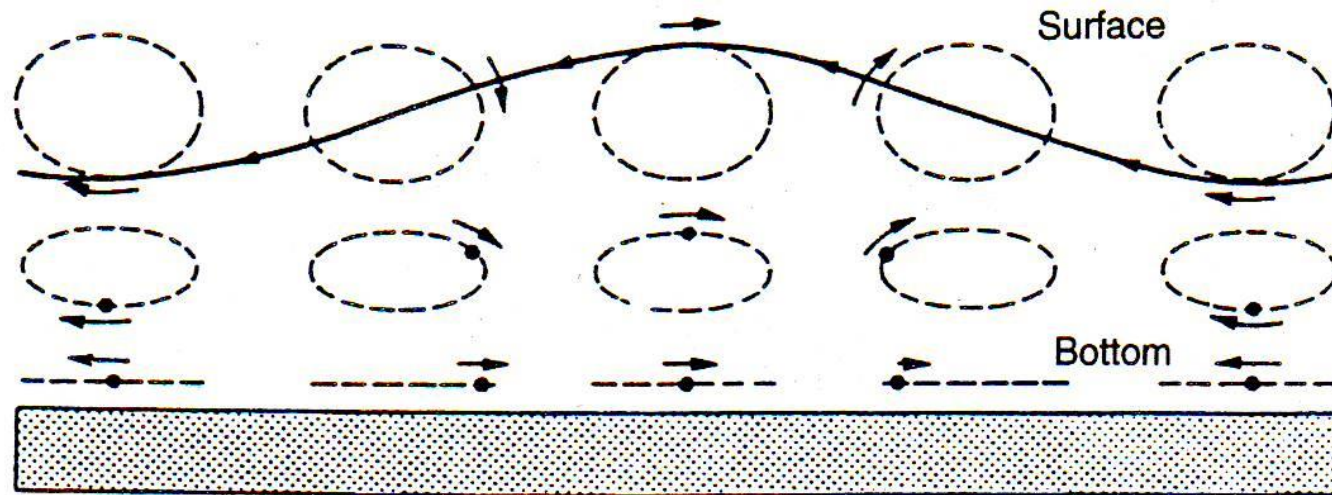
Ondas que se propagan entre dos medios materiales  
Atmósfera y mar





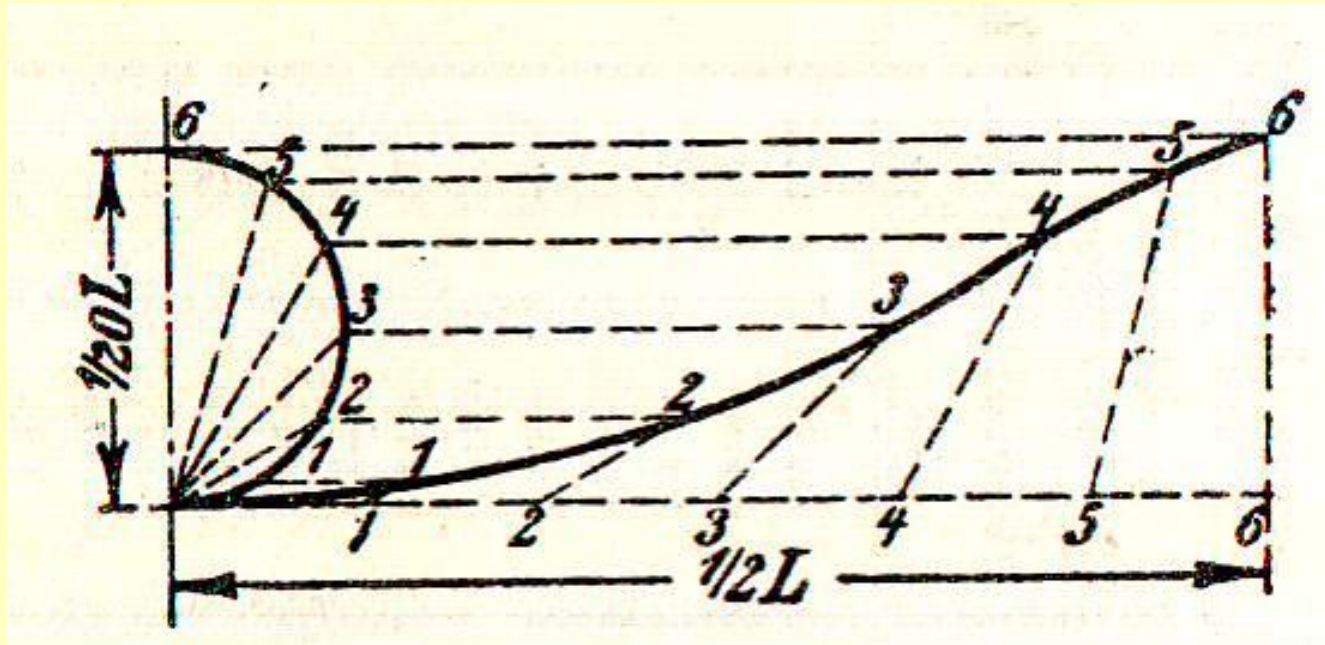
## En mar profundo







# Teoría Tricoidal



## Ec. De Navier-Stokes

No incluyen las variaciones de tensión de segundo orden

$$\frac{DV_x}{Dt} = B_x + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\delta\sigma}{\delta_x} + \mu \nabla^2 V_x \right)$$

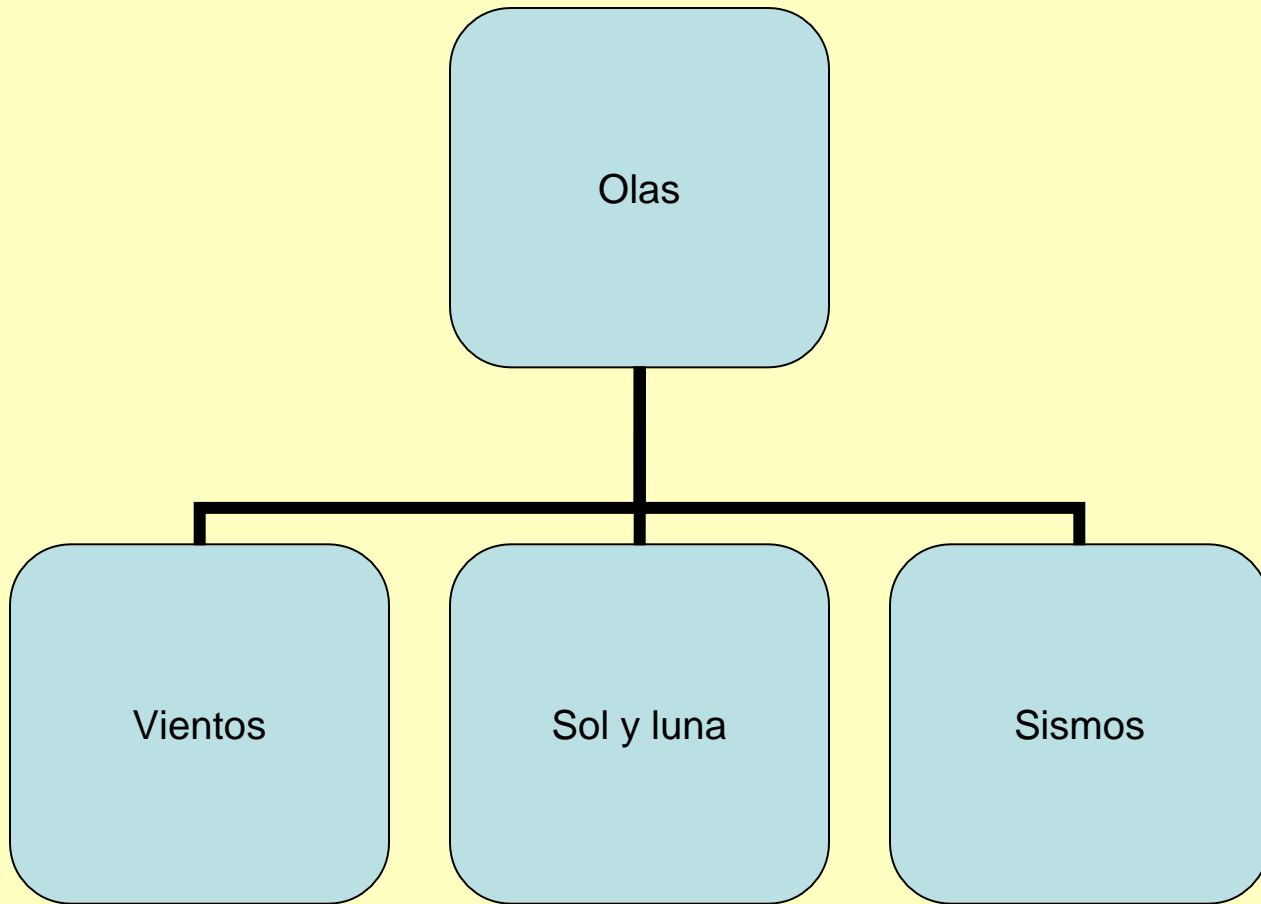
$$\frac{DV_y}{Dt} = B_y + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\delta\sigma}{\delta_y} + \mu \nabla^2 V_y \right)$$

$$\frac{DV_z}{Dt} = B_z + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\delta\sigma}{\delta_z} + \mu \nabla^2 V_z \right)$$



Para olas de pequeña magnitud:

Teoría lineal de Stokes, que emplea el primer término de la ecuación.  
anterior genera olas sinusoidales



Viento:

La fricción sobre el agua produce arrastre

Generando:

rizaduras en la superficie del agua  
olas capilares, de unos mm de altura  
hasta una longitud de onda de 17mm.

La tensión superficial del agua tiende a restaurar  
La lisura.

En efecto de arrastre se intensifica por la mayor rugosidad  
generada por las rizaduras

Generando:

Olas gravitacionales

La gravedad es la que tensa y mueve este tipo de ola

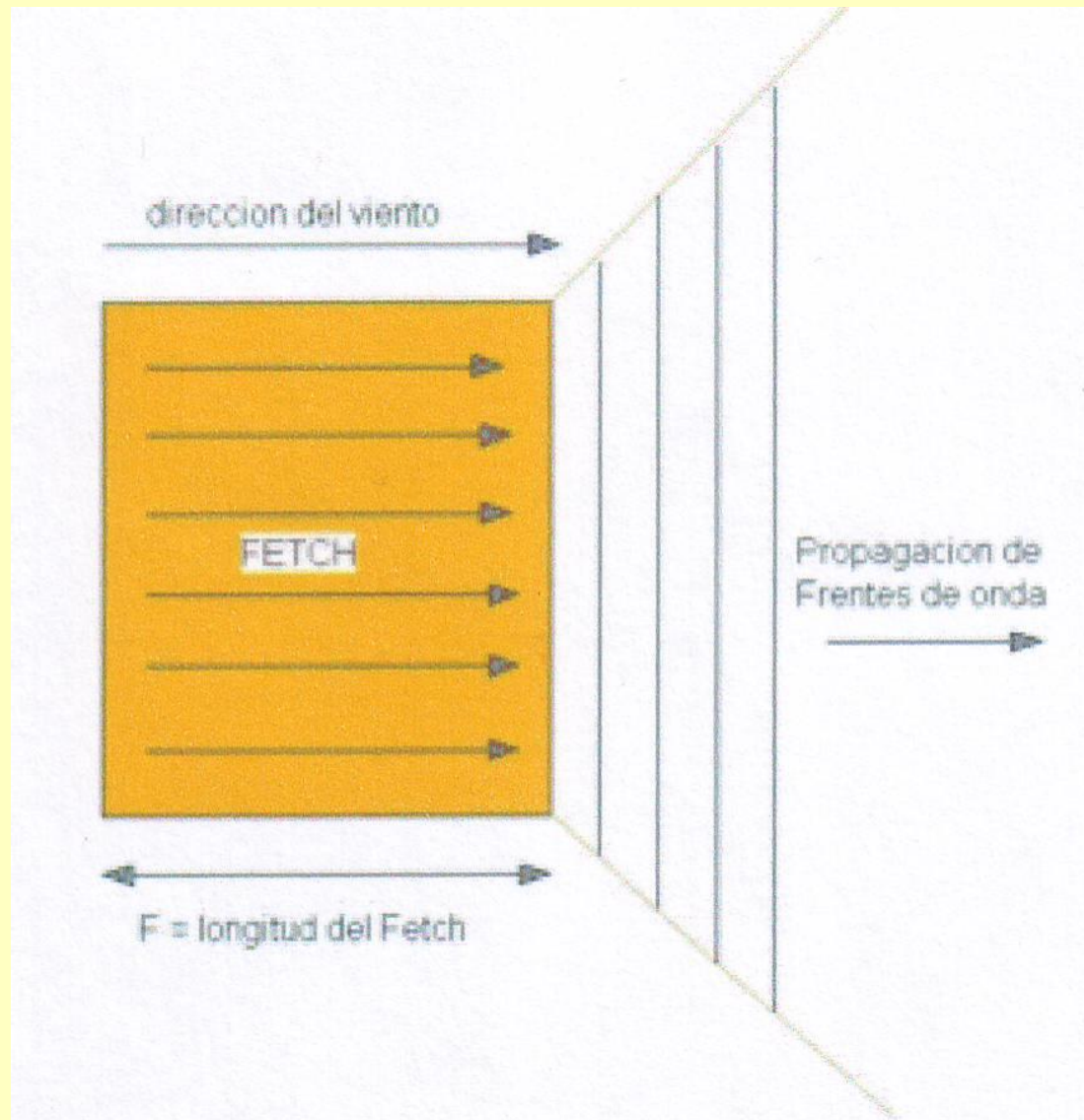
A mayor altura de la ola, mayor energía extrae del viento produciéndose una retro alimentación positiva

La altura de la ola depende de tres parámetros del viento:

Velocidad

Persistencia en el tiempo

Estabilidad en la dirección





El sol y la luna producen olas de mareas:

Son predecibles en magnitud y en el tiempo

El oleaje producido por los vientos:

Viajan en “trenes” que contienen olas de diversos tamaños y períodos

La longitud del tren y la magnitud de las olas dependen:

- Dirección y velocidad del viento
- Localización y tamaño del Fetch

Las olas generadas por sismos, maremotos:

- Se producen en mares profundos
- Gran longitud de onda
- Poder destructivo en aguas poca profundas

## TIPOS DE OLAS:

Libres u oscilatorias. Son superficiales y se deben a las variaciones de nivel del mar. Periodo menor a 30 [s]

Forzadas. Se originan por la acción del viento

De traslación. Se producen cercanas a las costas rozando con el fondo generando el flujo y resaca.

Maremotos generadas por sismos, erupciones volcánicas o desprendimientos de tierra. Su velocidad es muy alta y pueden alcanzar alturas sobre los 20 [m].

## DISIPACIÓN DE LA ENERGÍA

En aguas profundas,  $d/\lambda > 1/2$ , la energía se disipa muy lentamente. Alcanza lugares muy distantes de su punto de formación, incluso donde las condiciones meteorológicas son muy distintas.

Ej.: Marejadas en Viña

El proceso de disipación natural es de varias formas.

Se puede convertir en una corriente superficial.

Un desplazamiento de masa considerable y profunda

La fricción con el aire, inversión de su origen

La ruptura de la cresta por un viento excesivo

Por la interacción con el fondo marino

Por el choque contra la costa

El proceso de disipación artificial es de varias formas.

Rompeolas:

Fijos  
Flotantes

Molos

Generan zonas protegidas sin oleaje

Protegen la costa de su destrucción



Al llegar a aguas poco profundas la ola se encrespa

Por efecto de frenado que ejerce el fondo marino

Formaciones rocosas

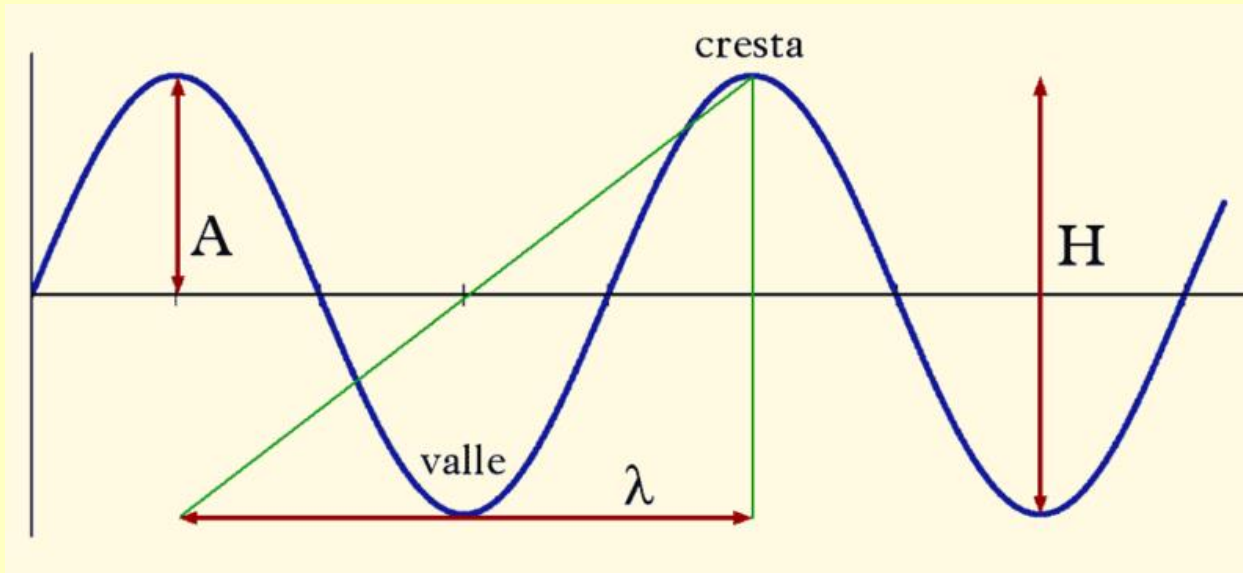
Arrecifes

Dependiendo de la marea

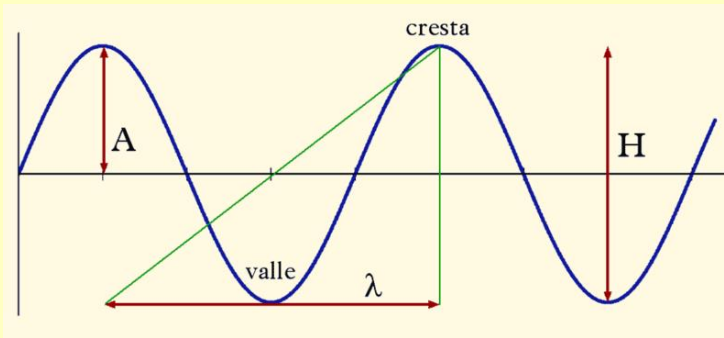
Se genera una contra ola, resaca, que es una ola que se forma en la playa y viaja en sentido contrario a las que le dieron origen.

Se disipan generalmente porque se encuentran con una nueva ola entrante

# PARÁMETROS



Longitud de onda	$L_0$ o $\lambda$
Altura de la ola	$H$
Amplitud	$A$ o $a$
Pendiente	$\delta$
Período	$T$ o $\tau$
Celeridad, velocidad de la onda o de fase	$c$
Profundidad	$d$



$$A = a = H/2$$

$$\delta = \text{arc tg } (H/\lambda)$$

$$c = \lambda / \tau$$

Las olas en las costas generan fuerzas

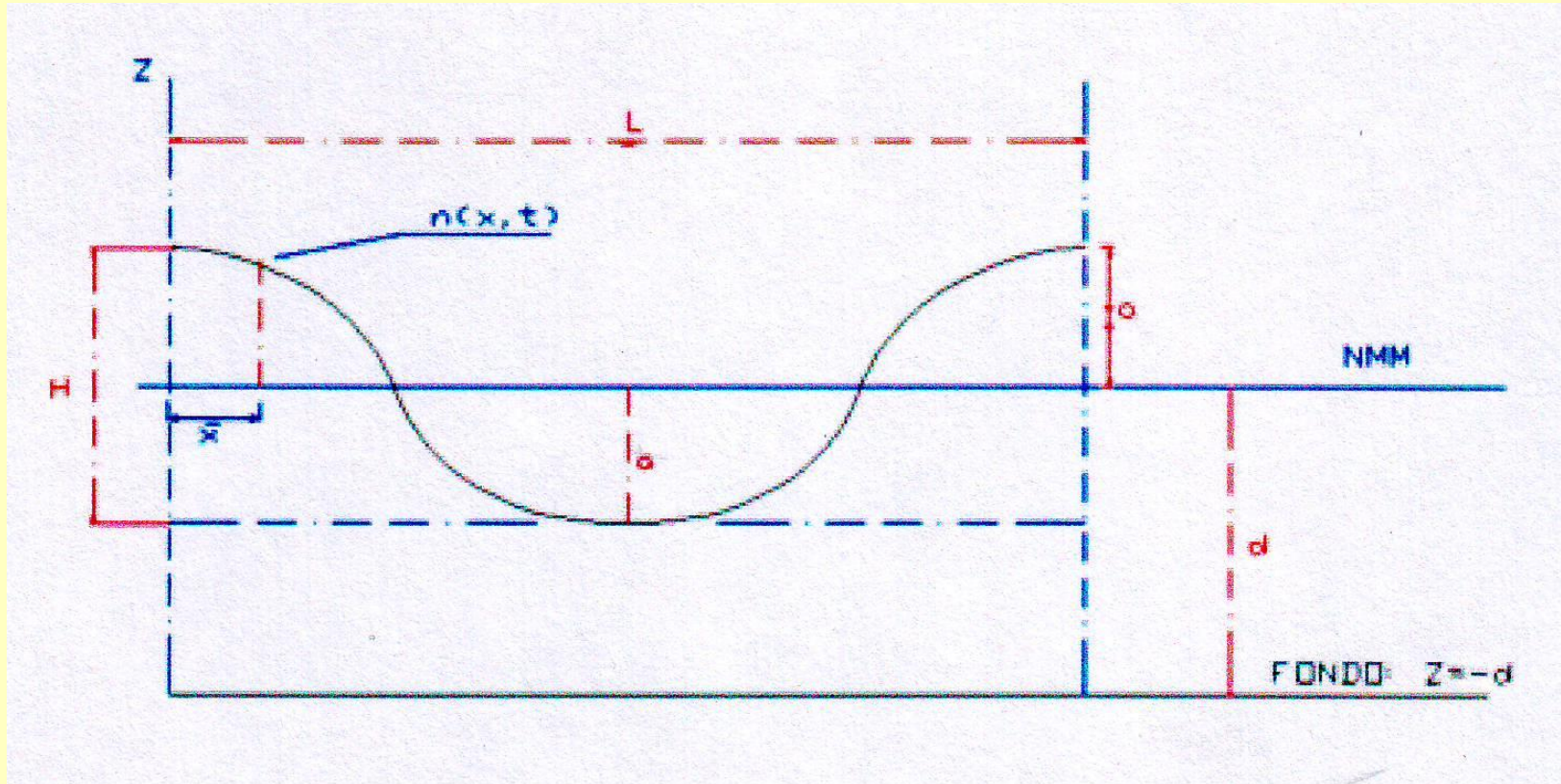
- » Amplitud
- » Período
- » Dirección

Estas variables dependen:

- » En que condiciones se generaron
- » Las pérdidas de energía en su recorrido
- » Modificaciones por difracción y refracción

Un tren de olas se representa por una ola “significativa”

# Ola de pequeña magnitud



MMM = nivel medio del mar

$d$  = profundidad del mar

$H = 2 a$  = altura de la ola

$n(x,t) = a \cos(K x - S t)$

$S$  = frecuencia angular =  $2 \pi / T$

$n(x,t)$  = Variación instantánea de la superficie

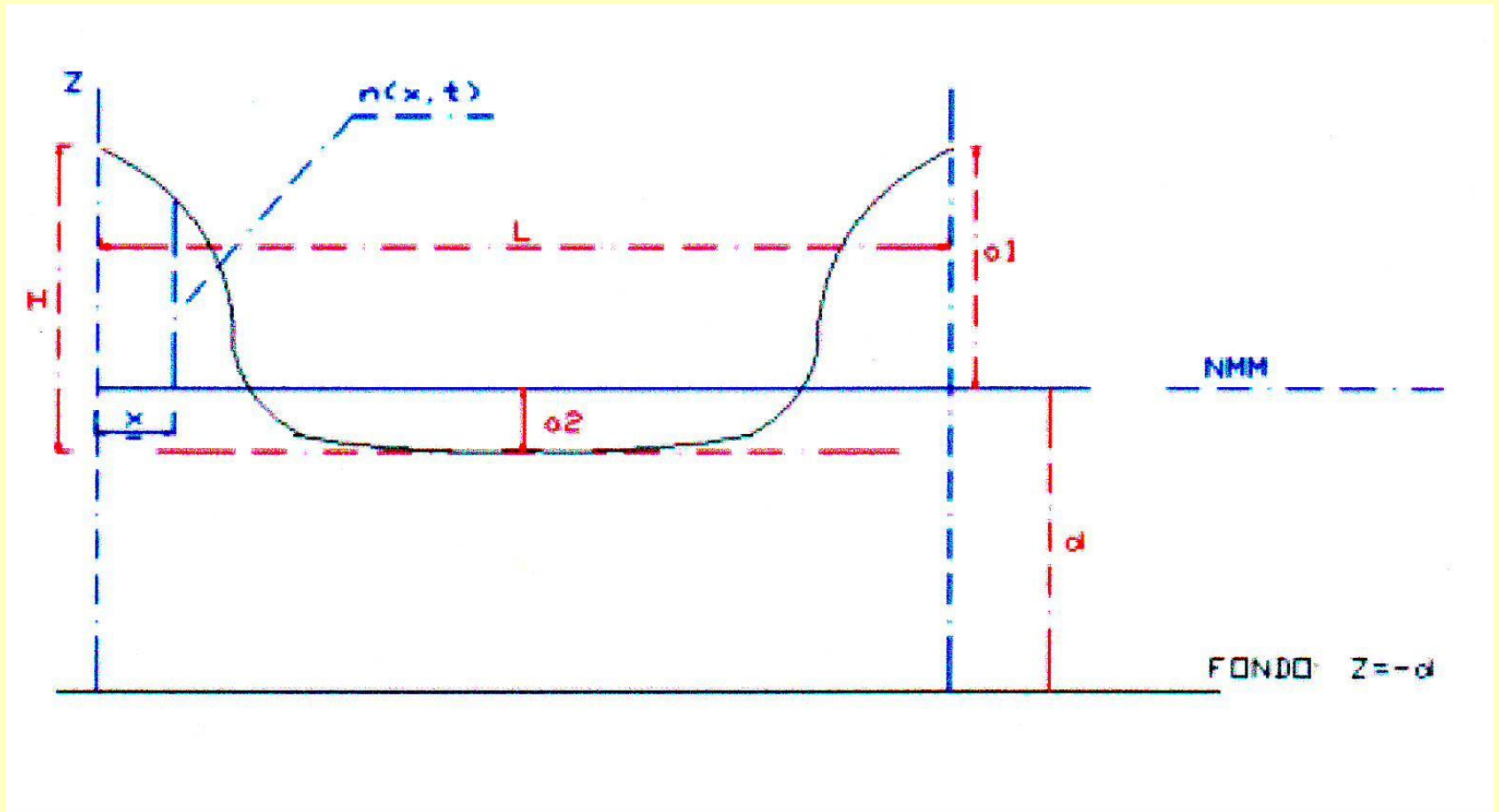
$a$  = amplitud de la ola

$L$  = longitud de la ola

$K$  = número de la ola =  $2 \pi / L$

$T$  = período de la ola

# Ola finita

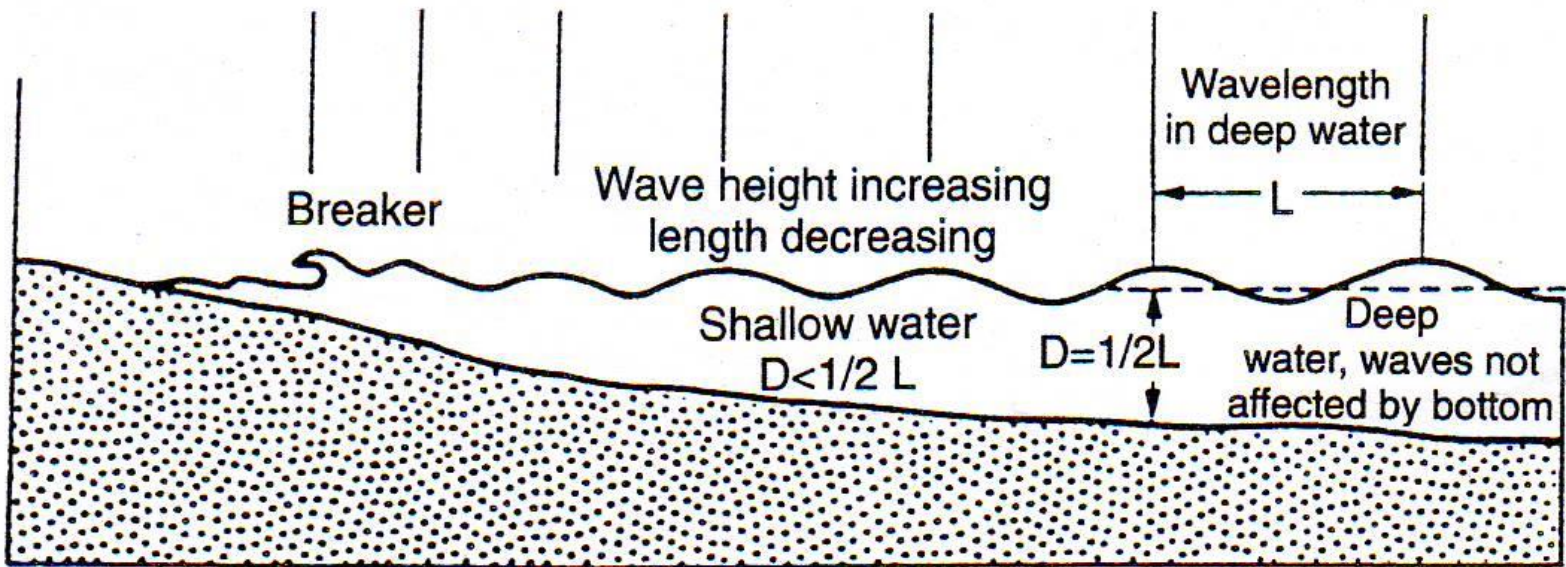


MMM = nivel medio del mar

$n(x,t)$  = Variación instantánea de la superficie

- $d$  = profundidad del mar
- $a_1$  = amplitud superior de la ola
- $a_2$  = amplitud inferior de la ola
- $H = a_1 + a_2$  = altura de la ola
- $L$  = longitud de la ola
- $n(x,t) = n_1 + k_1 k_2 k_3$
- $n_1 = 0,5 H \cos(K x - S t)$
- $k_1 = \pi H / 4 L$
- $k_2 = H ( 1+3/(2\sinh K d)$
- $k_3 = \text{Ctgh}( K d )\cos^2(K x-S t)$
- $K$  = número de la ola =  $2 \pi / L$
- $S$  = frecuencia angular =  $2 \pi / T$
- $T$  = período de la ola







Las olas se caracterizan por

- H altura
  - L longitud
  - T período
- 
- El período es el valor constante durante la existencia de la ola
  - La altura y la longitud se modifican con el tiempo

- Mar profundo:  $L_0 / d > 2$

$L_0$  longitud de la ola en mar profundo

$H_0$  altura de la ola en mar profundo

$C_0$  celeridad o velocidad de fase

$$C_0 = L_0 / T$$

$d$  profundidad

$T$  período

$$C_0 = 1,56 T$$

- Mar medianamente profundo:  $1 / 2 > d / L_0 > 1 / 10$

$$L = L_0 T \operatorname{tgh} ( K d )$$

$$C = / C_0 T \operatorname{tgh} ( K d )$$

$$C_0 = L_0 / T$$

- Mar poco profundo:  $d / L_0 < 1 / 10$

$$L = T ( g d )^{1/2}$$

$$C = ( g d )^{1/2}$$

En la construcción y operación de obras costeras se debe conocer: cual es el posible oleaje, en los valores máximos y medios:

- Amplitud
- Período
- Longitud y
- Celeridad

Existen dos métodos:

1. Análisis estadístico. Recopilación histórica del oleaje en la zona del proyecto  
Existe un tratamiento especial para estos datos y determinar la ola “significativa”
2. Empírico. Se extrapola lo estudiado en otros lugares. Se necesita
  - El Fetch
  - Profundidad del agua en el Fetch
  - Magnitud, direcciones y duración de los vientos
  - Distancia del Fetch a la costa
  - Batimetría en zona de mar poco profundo y en costas
  - Magnitud de ciclones

El método determina las características de la ola  
a la salida del Fetch

La ola se prolonga hacia la costa y se modifica por:

- » Gasto de energía. No existe viento que la alimente.  
puede llegar a desaparecer.
- » Refracción. La variación de la profundidad, entre otras cosas, producen refracción y se modifican las características de las olas.
- » Difracción. Los obstáculos a la entrada de un puerto, pueden generar nuevas olas de mayor amplitud.

La energía que puede contener una ola es muy variable, desde prácticamente cero para mares en calma, sobre los 10000 [kW/m] para grandes y profundas olas.

Lo más frecuente puede ser una media de 60 a 80 [kW/m] (valores para las costas del Pacífico en USA.).



## OLAS - PERÍODO T

El período varía entre 2 y 20 [s], y la  
 La velocidad de las olas fluctua entre 300 y 600 [km/h]  
 La potencia de las olas es de 0 a 10000 [kW/m]  
 La potencia media de las olas es de 60 a 80 [kW/m]

Ejemplos

Altura	Período	Observaciones
H	T	
[m]	[s]	
8	10,5	
5	9,5	
4 a 8	8	Muchas
3,4	10,5	
2,8	6,8	
2,5	13,5	Largo
2,1	4,2	
2	6	
1,62	5,35	
1,3	8,1	
0,7	11,2	

**Tabla 9. Escala de Beaufort internacional**

Fuerza del viento					Estado del mar		
Grado	Designación del viento	Velocidad m/seg	Presión viva Kg/m <sup>2</sup>	Presión efectiva Kg/m <sup>2</sup>	Grado	Designación del mar	Altura de las olas m
		1)	2)	3)			
0	Calma . . . . .	0 - 0,5	< 0,02	< 0,02	0	Calma chicha. . .	0
1	Brisa . . . . .	0,6 - 1,7	0,02 - 0,2	0,03 - 0,2	1	Muy tranquilo . .	< 1
2	Flojito . . . . .	1,8 - 3,3	0,2 - 0,7	0,3 - 0,9	2	Tranquilo . . . .	1 - 2
3	Flojo. . . . .	3,4 - 5,2	0,7 - 1,7	1,0 - 2,2	3	Marejadilla . . .	2 - 3
4	Bonancible . . . .	5,3 - 7,4	1,8 - 3,5	2,3 - 4,5	4	Marejada . . . . .	3 - 4
5	Fresquito . . . . .	7,5 - 9,8	3,6 - 6,1	4,6 - 7,9	5	Marejada fuerte (mar picada) . . .	4 - 5
6	Fresco . . . . .	9,9 - 12,4	6,2 - 9,7	8,1 - 12,6	6	Marejada muy fuerte . . . . .	6 - 7
7	Muy fresco . . . .	12,5 - 15,2	9,9 - 14,6	12,8 - 19,0	7	Mar gruesa (muy picada) . . . . .	8 - 9
8	Frescachón . . . .	15,3 - 18,2	14,8 - 20,9	19,2 - 27,2	8	Mar muy gruesa	10 - 12
9	Duro. . . . .	18,3 - 21,5	21,2 - 29,2	27,5 - 38,0	9	Mar furiosa . . .	> 12
10	Muy duro . . . . .	21,6 - 25,1	29,5 - 39,8	38,3 - 51,8			
11	Huracanado . . . .	25,2 - 29,0	40,1 - 53,2	52,2 - 69,1			
12	Huracán . . . . .	> 29	> 53,2	> 69,1			

Presión viva es la que se produce sobre una superficie expuesta al viento, considerando su acción solamente por barlovento.

Presión efectiva considera, además, la depresión que se genera por sotavento.

## Un rompe olas tiene por objetivo

- mejorar el régimen marítimo de la localidad y en lo posible no introducir alteraciones en dicho régimen.
- Prestar abrigo de marejadas, oponiendo la mayor resistencia al embate de las olas.

Cualquier obstáculo que se levante en el mar produce detrás de si una calma, que provoca depósitos de los arrastres de las olas y las corrientes, cuya magnitud dependerá de la naturaleza del fondo marino.

Si es roca dura y poco atacable los depósitos serán mínimos, pero si se trata de arena y atacable los depósitos serán considerables.

Se justifican, entonces, en lugares abiertos en que el oleaje choqa con ímpetu contra la costa que se quiere defender.

La experiencia indica que en un mar agitado se disminuye considerablemente la altura de las olas haciendo flotar objetos, que al parecer no debieran tener ninguna influencia.

Por ejemplo: una red de pesca, tablas de madera unidas formando una especie de reja, aceite o petróleo esparcido.

De aquí nace la idea de rompeolas flotantes, se consideran como un elemento provisorio, no permanente, ya que difícilmente podría resistir el embate de un temporal.

Los rompeolas flotantes no deben impedir el paso del agua

constan de la parte flotante y de las amarras que lo sujetan al fondo.

Los rompeolas flotantes no deben ser una construcción continua,

- formada por una serie de cuerpos flotantes, dispuestos apropiadamente,
- sumergidos para proveer de mayor efectividad
- la parte sobresaliente del agua menos expuesta a la acción del viento.



