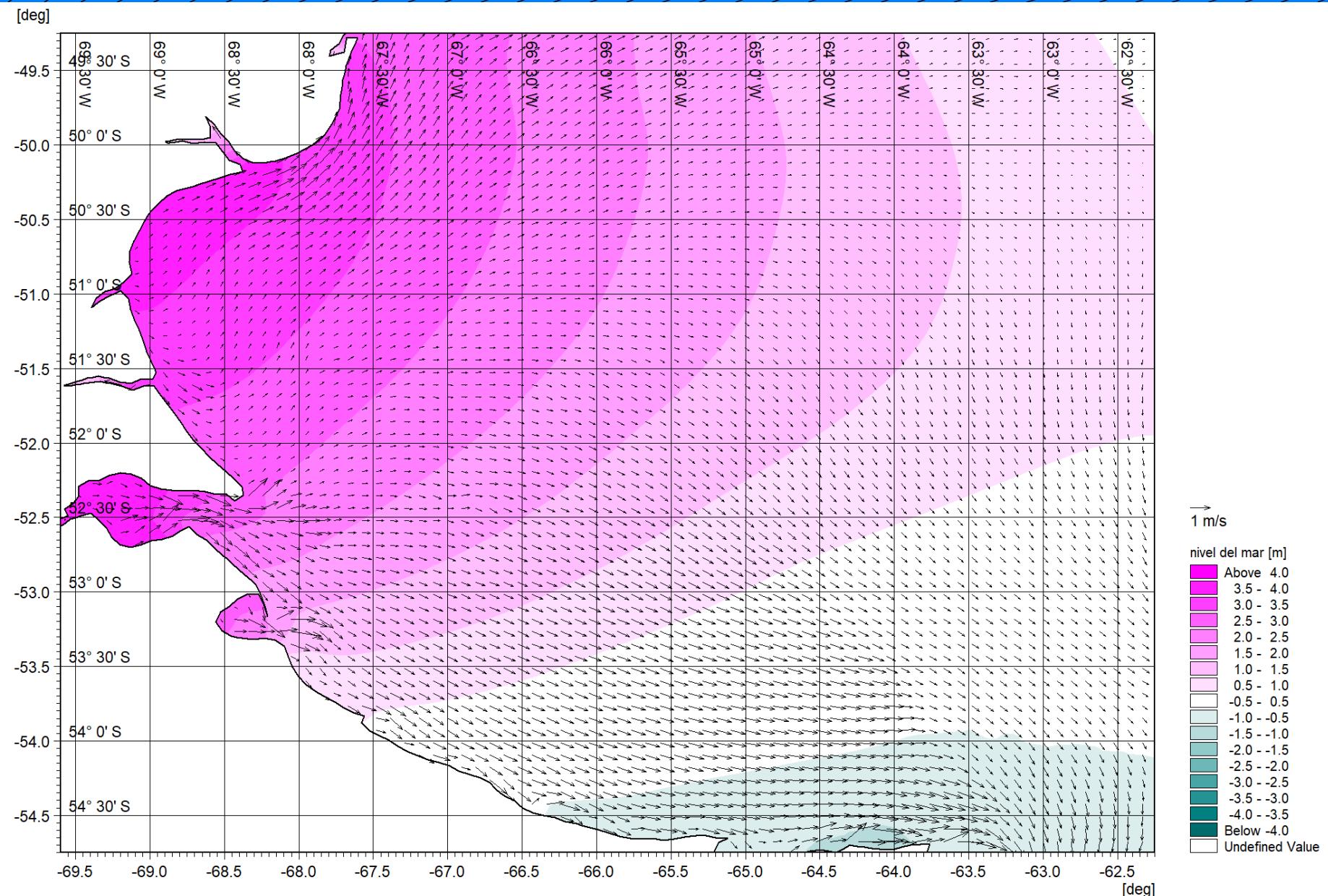


CORRIENTES

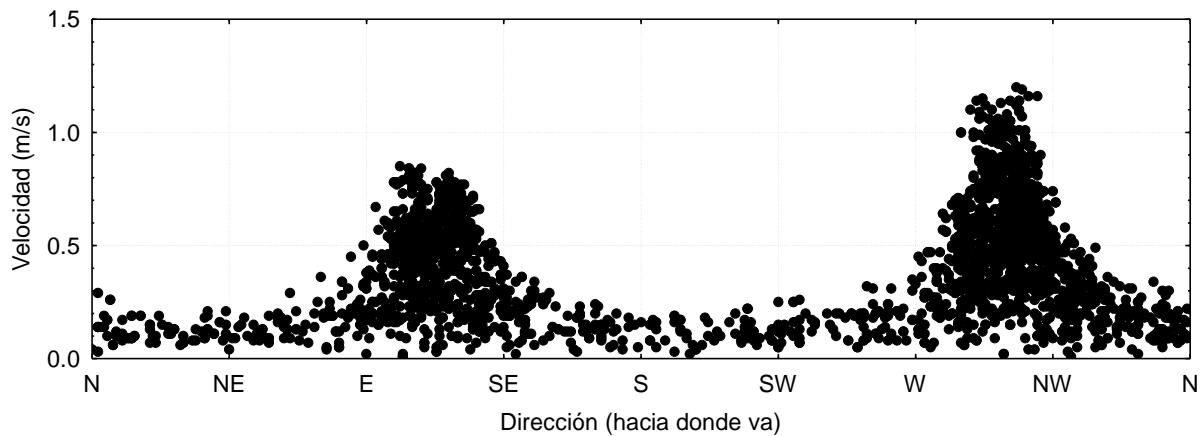
CORRIENTES



CORRIENTES

Introducción – NORMA 19901

Los parámetros de corriente que se utilizarán en el diseño de instalaciones portuarias son: la **velocidad** y la **dirección**. Se establecen las condiciones más severas, basándose en las mediciones de campo en el lugar de instalación de las instalaciones en cuestión o en la estimación numérica.



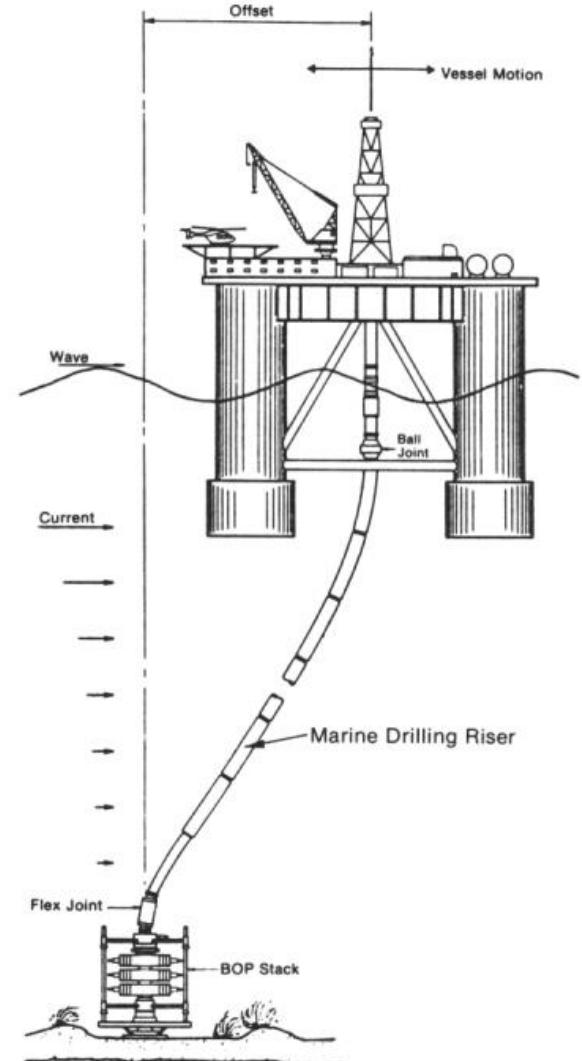
Para la fuerza de la corriente, se tienen en cuenta el arrastre y la elevación, **en función del tipo de instalaciones en cuestión y de la forma estructural**.

CORRIENTES

Introducción – NORMA 19901

En el caso de las estructuras situadas en un lugar en el que existen fuertes corrientes, como las de marea o las fluviales, es necesario realizar investigaciones sobre las fuerzas producidas por las corrientes de mayor velocidad de la dirección más desfavorable. Dependiendo del tipo de estructuras, también puede ser necesario considerar la distribución vertical de la velocidad de la corriente. Cuando las olas coexisten con las corrientes, es necesario utilizar la velocidad y la dirección de la corriente en el estado de coexistencia.

Los tipos de corrientes en la zona marítima incluyen las corrientes oceánicas, las corrientes de marea y las corrientes de deriva del viento, que se describen a continuación, junto con las corrientes de densidad causadas por las diferencias de densidad debidas a la salinidad o la temperatura del agua. Además, en la zona costera, hay corrientes causadas por las olas.



Marine Drilling Rig with Marine Drilling Riser

CORRIENTES

Grandes corrientes oceánicas. No muestran patrones de periodicidad evidentes, por lo menos a corto plazo. Transportan enormes masas de agua por largas distancias y tienen estructura vertical compleja. Ejemplos son la Corriente del Golfo, Humbolt, Malvinas, Brasil

Corrientes de marea. Son parte de la onda de marea, por lo tanto, son periódicas.

Corrientes de viento. Se generan por las tensiones que genera el viento sobre la superficie del mar, por ello son más grandes en superficie.

Corrientes de olas. No incluyen a las corrientes orbitales de las olas. Son corrientes muy evidentes cerca de la zona de rompientes sobre la costa



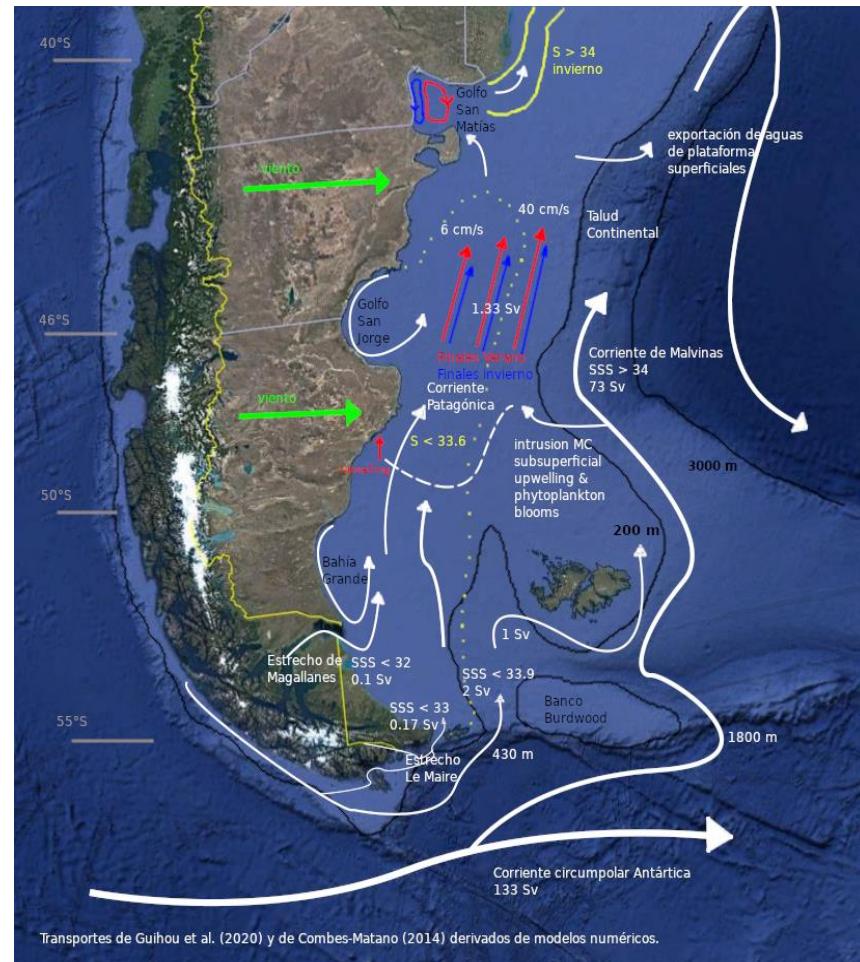
CORRIENTES

(1) Corrientes oceánicas

Las corrientes oceánicas son el fenómeno de la circulación del agua de mar en el conjunto del océano. Son el resultado de una combinación de las siguientes corrientes

- Corrientes a fenómenos de gran escala geostróficos barotrópicos y baroclínicos.
- Corrientes de asociadas a ondas largas (como ondas de Rossby o Kelvin) presentes en océano.
- Corrientes de compensación (corrientes de afloramiento y/o corrientes de hundimiento).

Las corrientes oceánicas mantienen la dirección y la fuerza casi constantes durante períodos de tiempo prolongados. No muestran patrones de periodicidad evidentes, por lo menos a corto plazo. Transportan enormes masas de agua por largas distancias y tienen estructura vertical compleja. Ejemplos son la Corriente del Golfo, Humbolt, Malvinas, Brasil



Transportes Guihou et al. (2020) y de Combes-Matano (2014) derivados de modelos numéricos.

CORRIENTES

Parte de las ecuaciones de conservación.

De acuerdo con la 2^{da} ley de Newton:

$$\Sigma F_i = m a$$

La ecuación de movimiento en un sistema rotante es:

$$m a = F_p + F_{CO} + F_g + F_r$$

Conservación de la masa

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Conservación de la cantidad de movimiento

$$\hat{x} \rightarrow \frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + fv + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\hat{y} \rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} - fu + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

$$\hat{z} \rightarrow \frac{dw}{dt} = \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} - g + A_h \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}$$

CORRIENTES

El establecimiento del balance se puede explicar en estas 3 partes:

Estado inicial

Inicia el movimiento debido a las diferencias de energía potencial (gradiente de presión). Movimiento desde la alta presión hacia la baja presión.

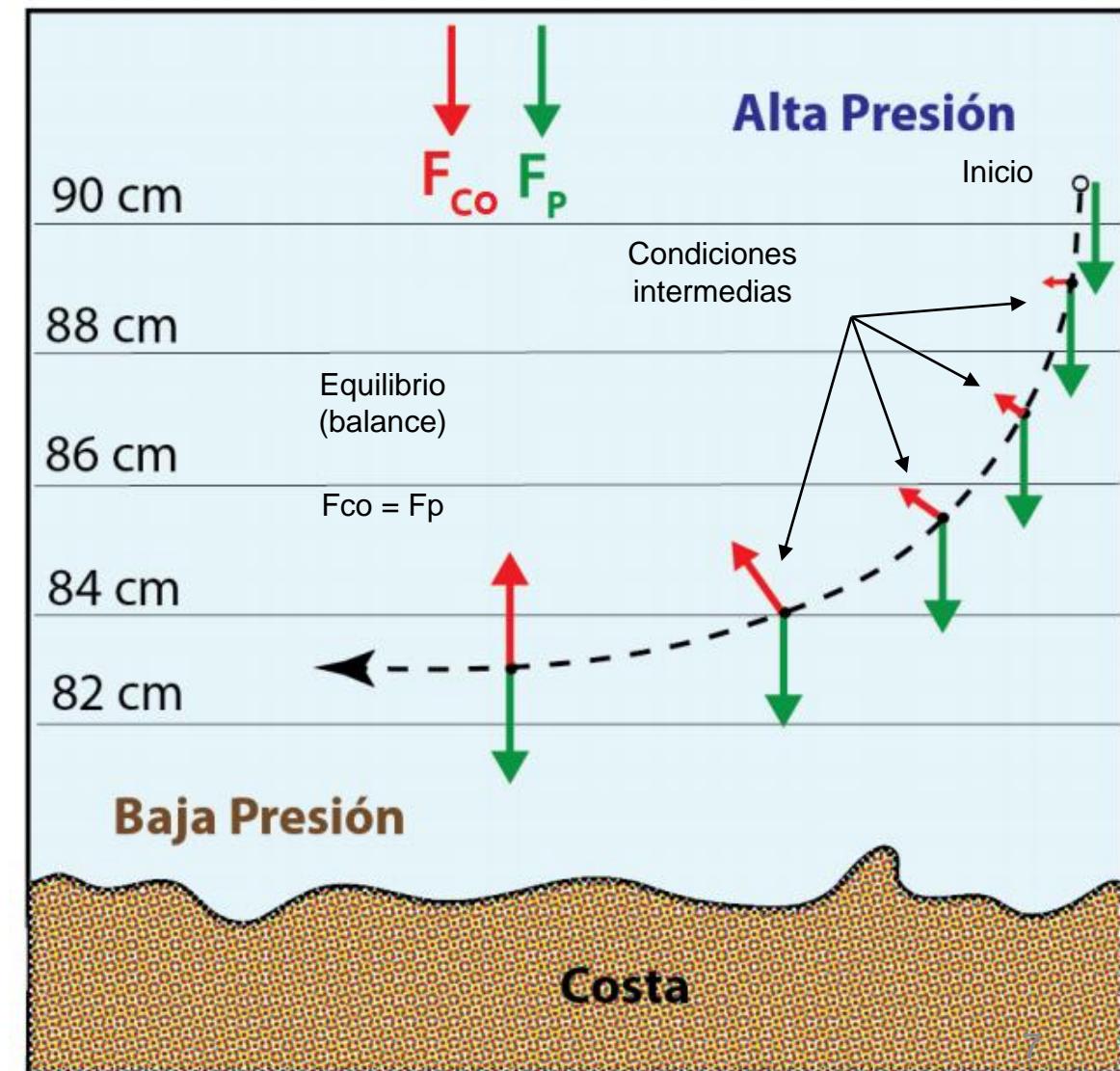
Estado intermedio

Con el movimiento aparece la fuerza de Coriolis. Que desvía el movimiento hacia la derecha (en este caso es HN). Existe aceleración que ocasiona mayor velocidad y por tanto mayor F_{Co} (depende de las velocidades).

Estado de equilibrio

Velocidad constante. La fuerza de Coriolis actúa a la derecha (en contra de la pendiente). La F_p hacia la izquierda. En esta condición se da el balance $F_{Co} = F_p$ (opuestas) y genera una velocidad geostrófica constante.

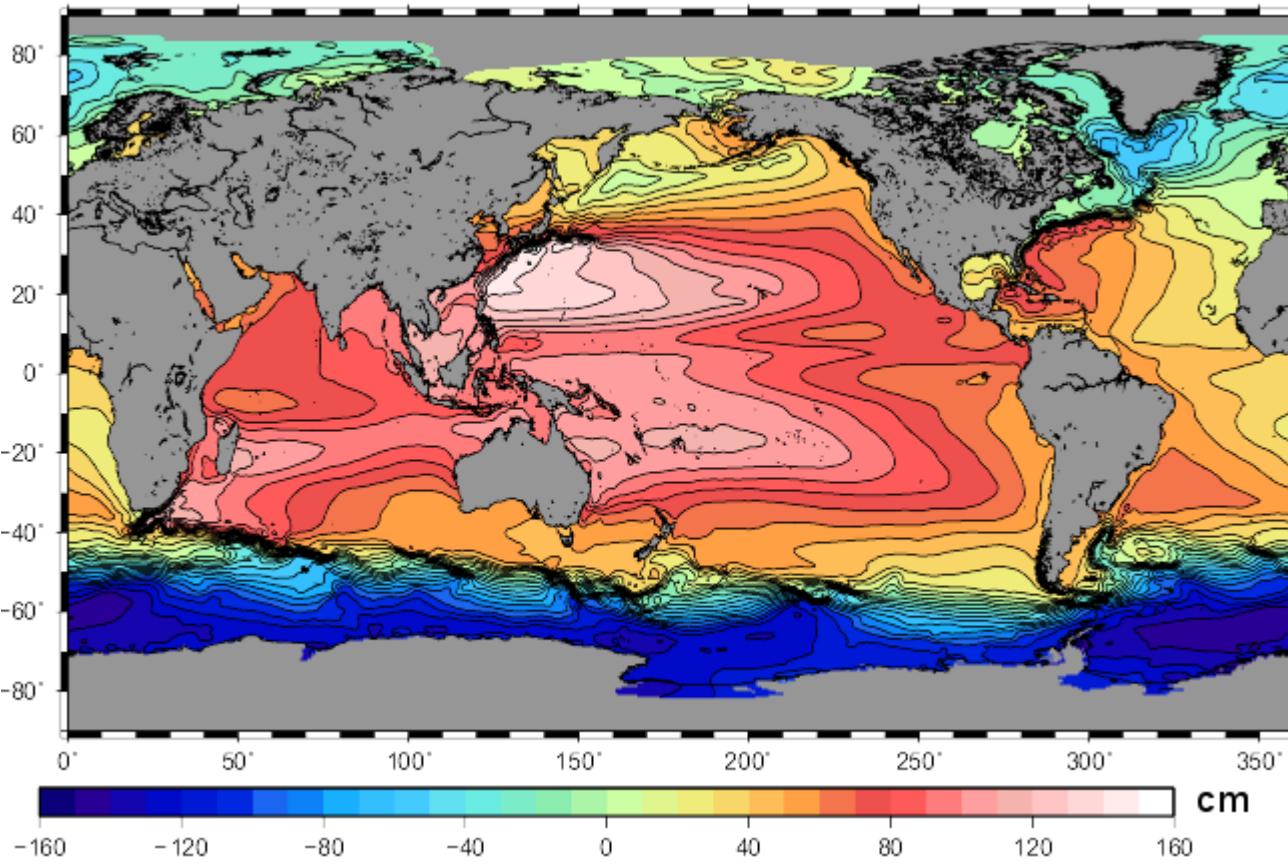
Corrientes Geostróficas



CORRIENTES

Corrientes Geostróficas

En base a información satelital <https://www.aviso.altimetry.fr/data/products/auxiliary-products/mdt/mdt-description/mdt-synthetic-estimate.html> puede construirse el siguiente mapa de alturas medias del océano.



El cálculo se realiza por medio de un método sintético que permite obtener "super-observaciones". Estas resultan de la combinación de una primera aproximación (Geoide) modificado por datos del altímetro (satélite) y datos in situ para contemplar el contenido físico consistente con el MDT (MEAN DYNAMIC TOPOGRAPHY). Este procedimiento elimina la variabilidad del océano medida por altimetría de cada observación para obtener una estimación de una media.

Perfiles de temperatura y salinidad se utilizan para calcular las alturas sintéticas. Se consideran todos los perfiles de temperatura y salinidad de la base de datos CORA que cubre el período 1993-2016.

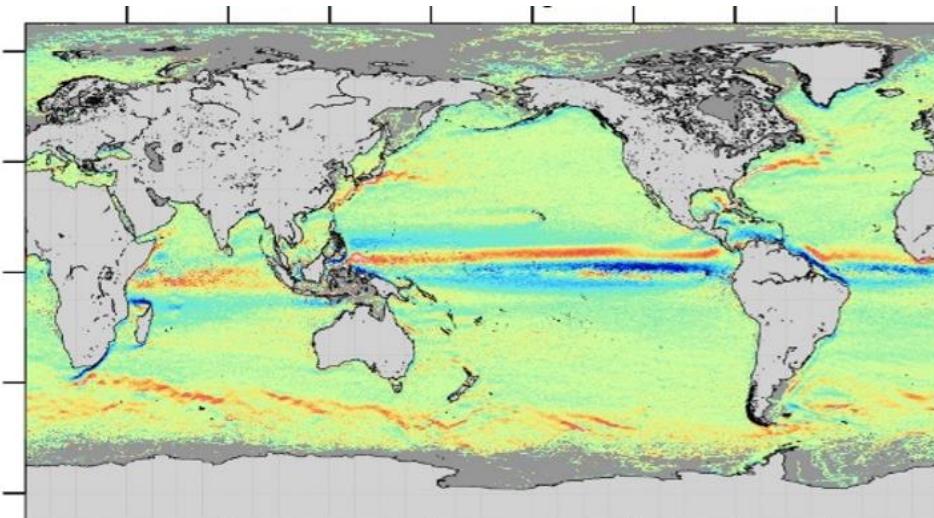
Las velocidades geostróficas de las boyas a la deriva (1993-2016) se utilizan para calcular las velocidades sintéticas.

CORRIENTES

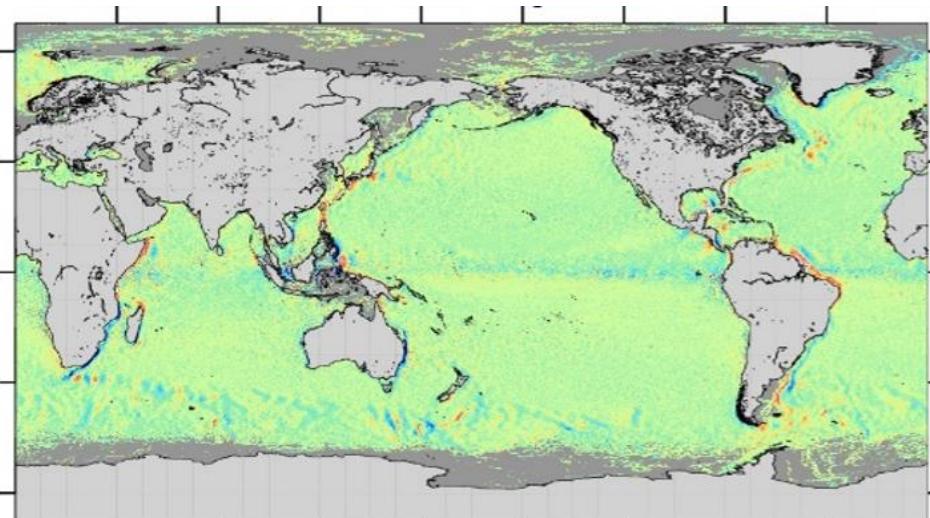
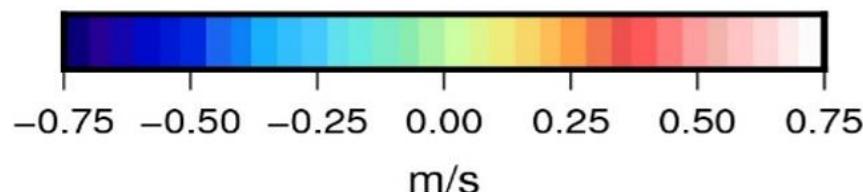
En base los niveles medios del mar es posible calcular las pendientes del océano y en base a esas pendientes del mar se pueden calcular las corrientes geostróficas. La velocidad es un vector que se puede escribir con dos valores uno asociado a la componente este-oeste (u) y otro a la componente norte-sur (v).

Corrientes Geostróficas

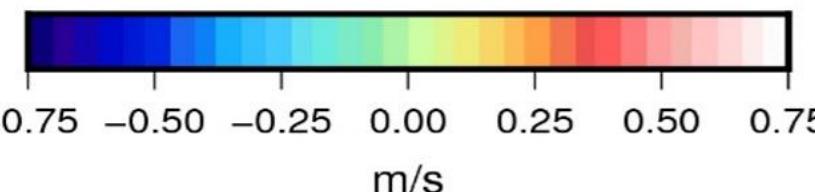
Estimaciones sintéticas de las velocidades geostróficas medias (en m/s) calculadas en una cuadrícula $1/8^\circ \times 1/8^\circ$ para los componentes este-oeste (izquierda) y norte-sur (derecha).



40° 80° 120° 160° -160° -120° -80° -40°



40° 80° 120° 160° -160° -120° -80° -40°



Corrientes más intensas en regiones de máximo gradiente de presión. Es decir, zonas donde las isolíneas de alturas están más juntas.

CORRIENTES

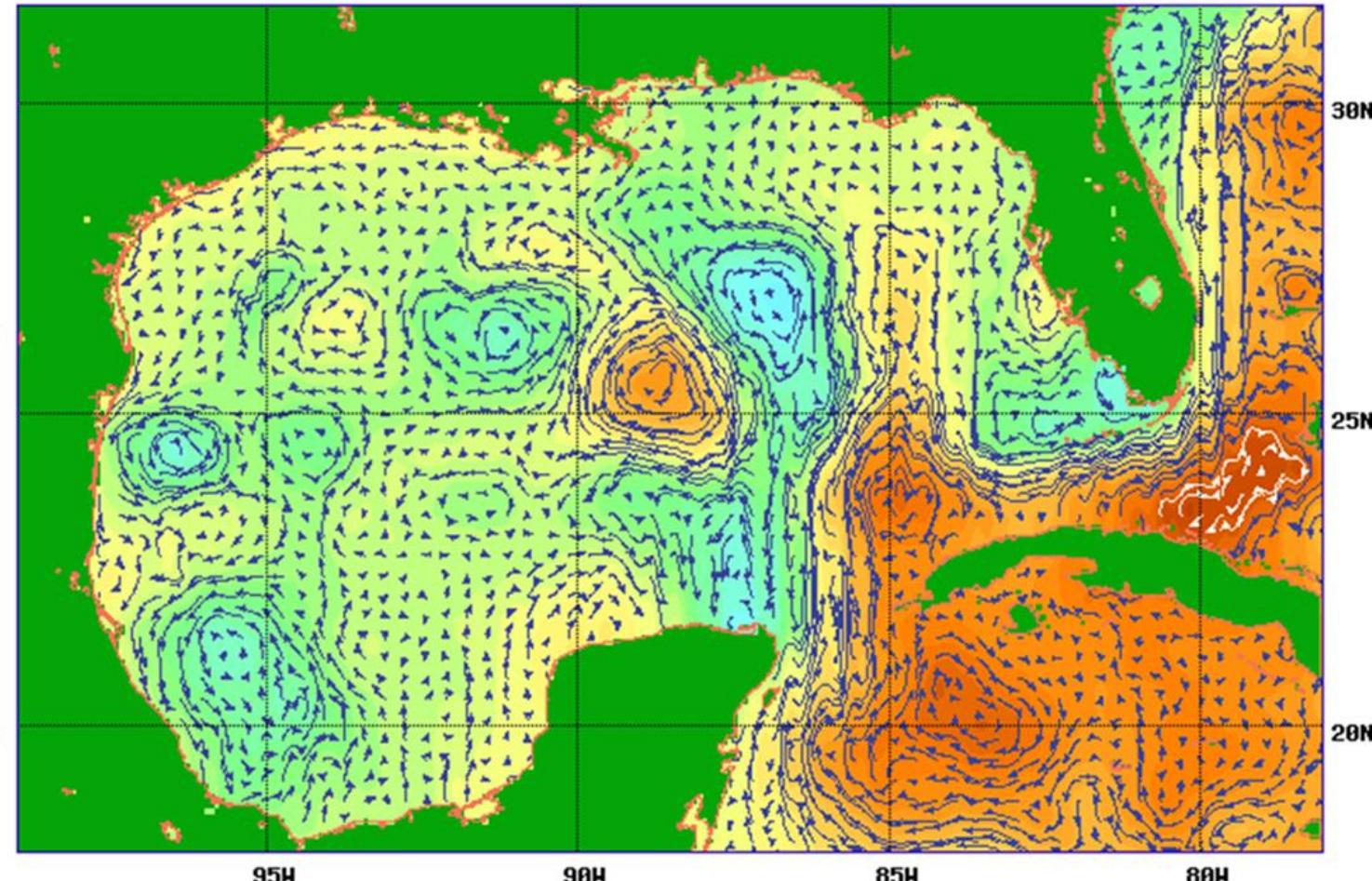
En base los niveles del mar es posible calcular las pendientes del océano y en base a esas pendientes del mar se pueden calcular las corrientes geostróficas

Corrientes Geostróficas

APR-12-2020

CoastWatch NOAA/AOML
Altimeter/GTS Interface

CoastWatch



Los satélites poseen altímetros que permiten la medición precisa de la altura del mar, para luego calcularse las corrientes. Los productos que se generan en base a la información satelital de altimetría incluyen campos de corrientes geostróficas, anomalía de la altura del mar (SHA) y altura del mar (SH) para la región del Golfo de México.

<https://www.aoml.noaa.gov/phod/dhos/altimetry.php>.

Golfo de México para el día 12 de abril de 2020 a las 00 hs.

CORRIENTES

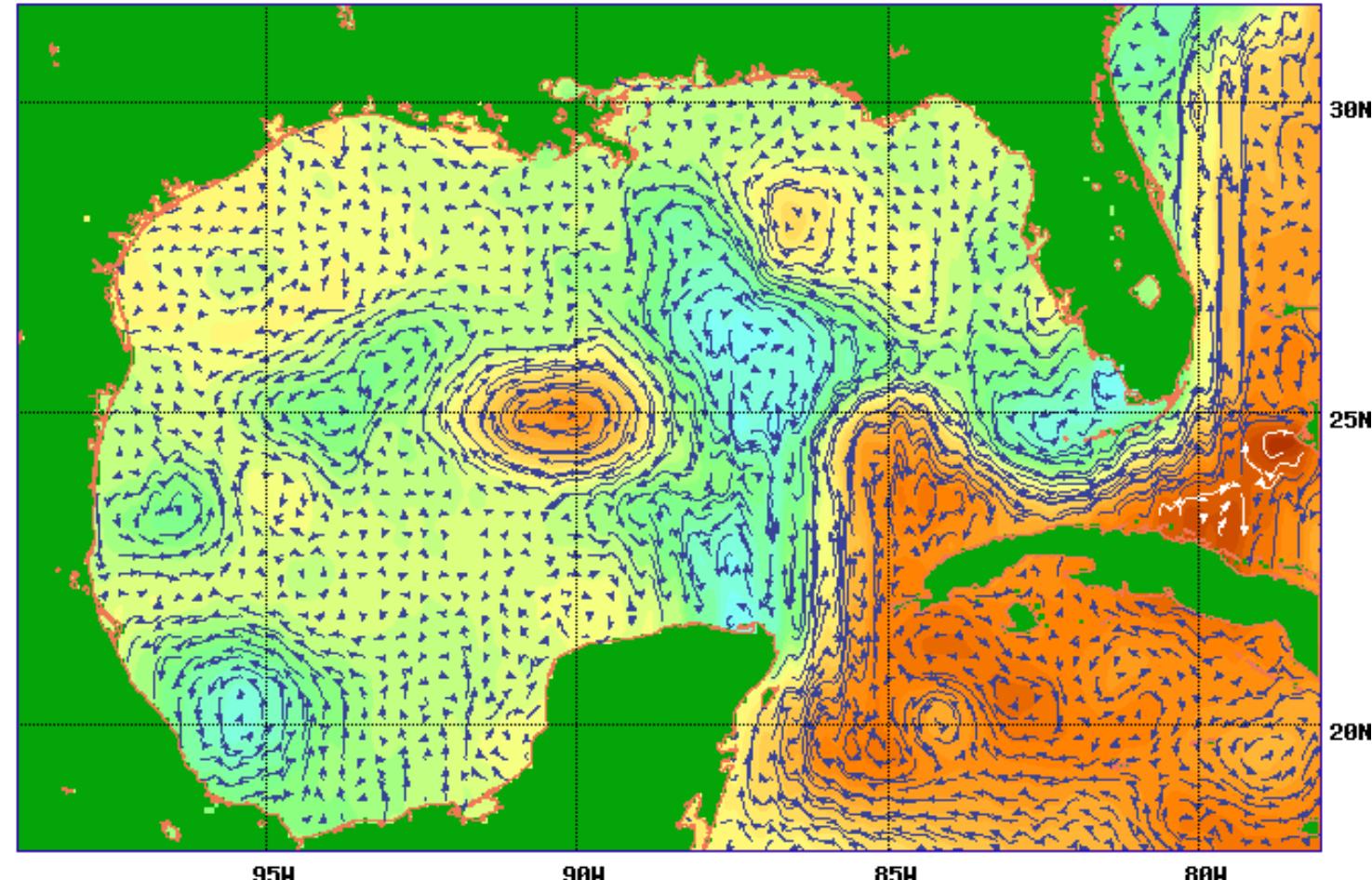
En base los niveles del mar es posible calcular las pendientes del océano y en base a esas pendientes del mar se pueden calcular las corrientes geostróficas

Corrientes Geostróficas

MAY-30-2020

CoastWatch NOAA/AOML
Altimeter/GTS Interface

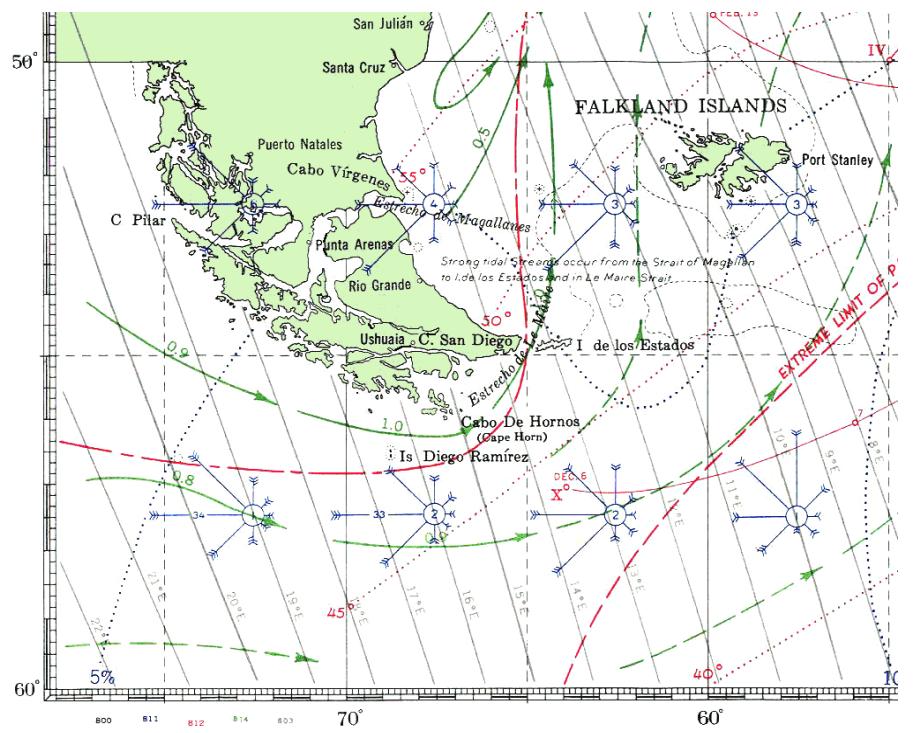
CoastWatch



Los satélites poseen altímetros que permiten la medición precisa de la altura del mar, para luego calcularse las corrientes. Los productos que se generan en base a la información satelital de altimetría incluyen campos de corrientes geostróficas, anomalía de la altura del mar (SHA) y altura del mar (SH) para la región del Golfo de México.

<https://www.aoml.noaa.gov/phod/dhos/altimetry.php>.

Golfo de México para el día 30 de mayo de 2020 a las 00 hs.



Grandes corrientes oceánicas

*Pilot Chart (December, January, February).
Green lines indicate diverging Malvinas
(Falkland) current from south to north. The
SITE is located between Isla de los Estados
and Malvinas (Falkland) Islands*

*OCCAM 2 decades global model results at
the SITE, Each dot represents a five-day
average current velocity*

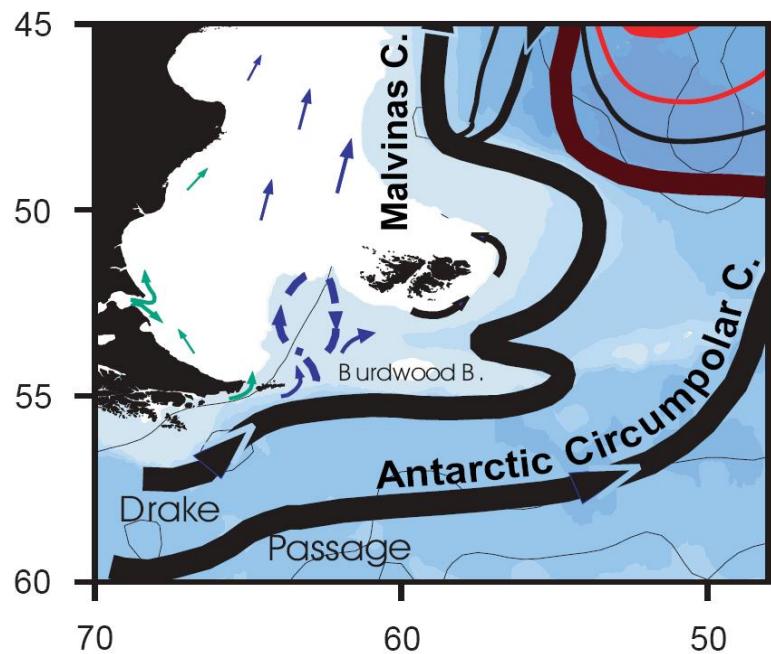
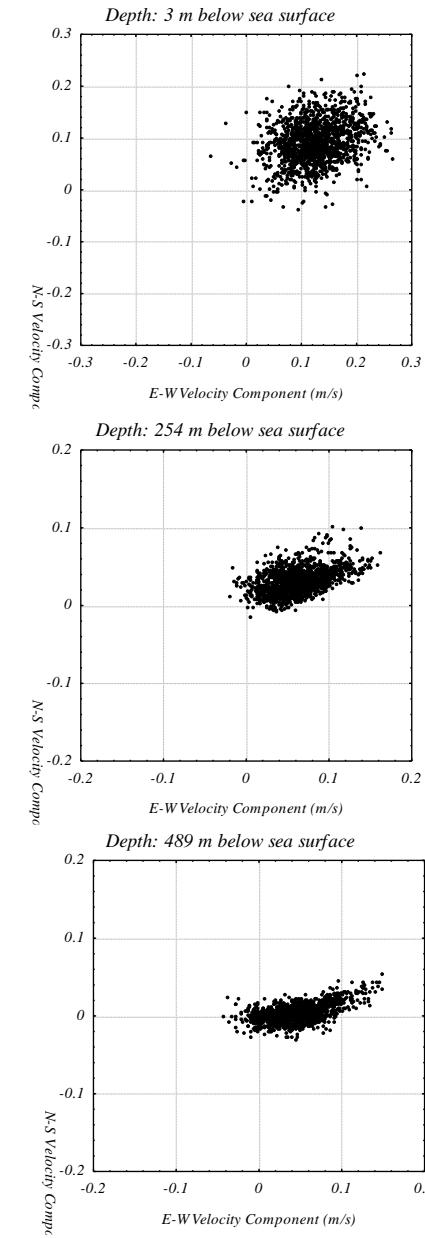
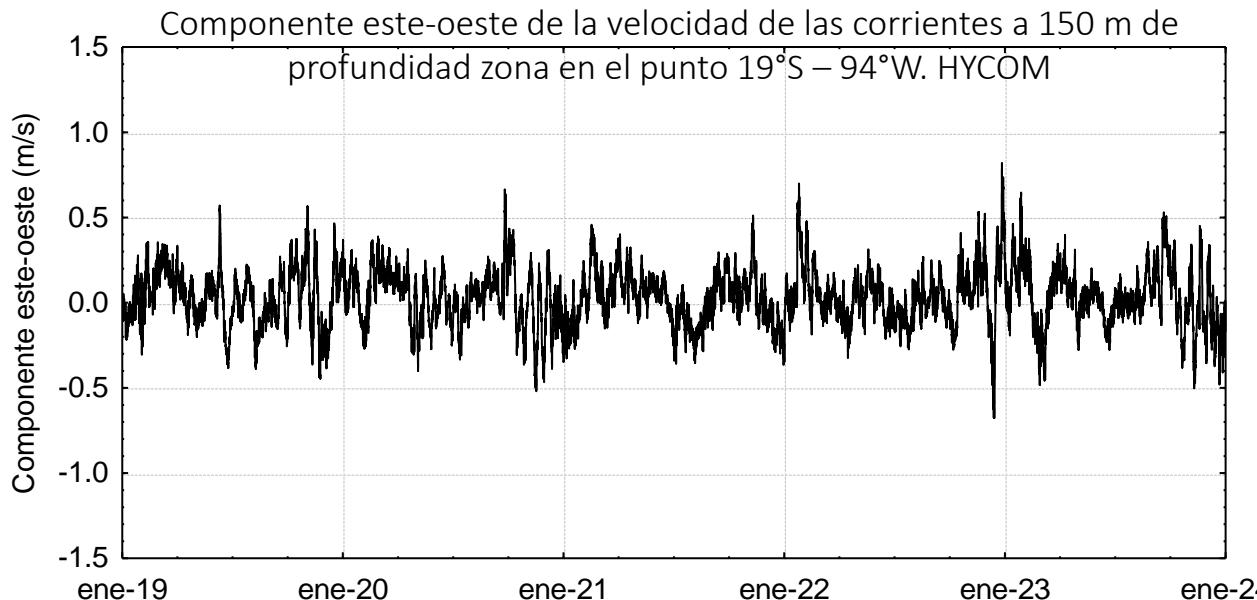
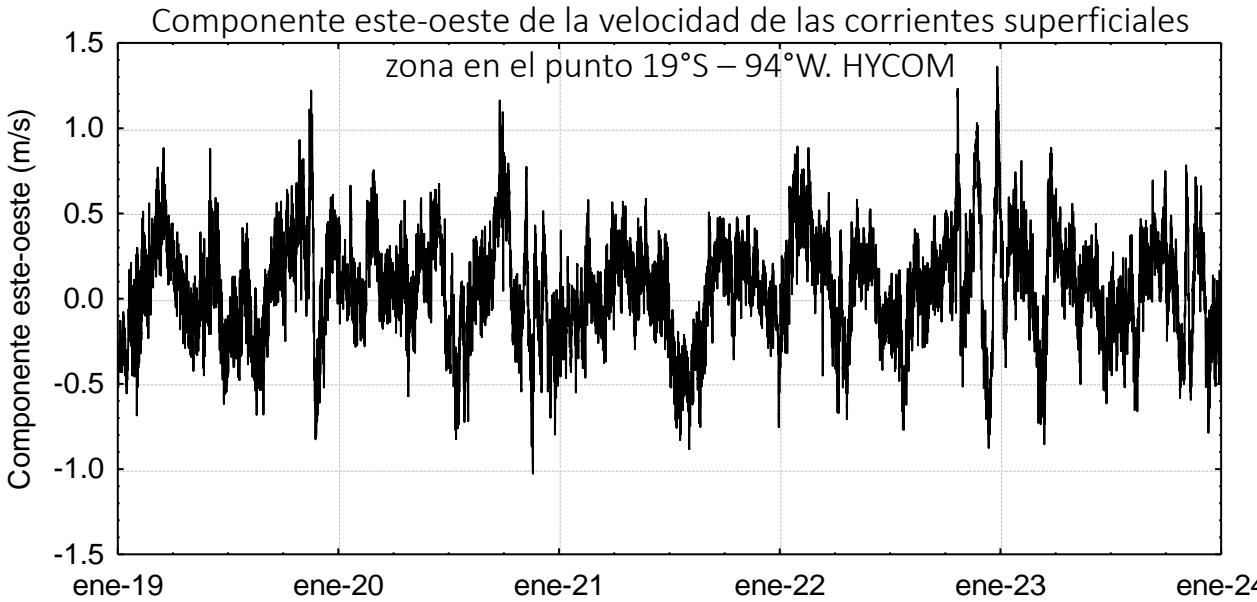


Diagram (a fragment of the original) of the upper layer circulation of the South Atlantic western boundary currents. Black lines are used for the Antarctic and subAntarctic water flows, associated with the Antarctic Circumpolar Current and the Malvinas Current. Red lines are used for the flow of the subtropical waters carried by the Brazil Current. Over the Patagonian continental shelf the arrows represent the mean surface currents. The background shading represents the bottom topography with darker shading corresponding to deeper waters. (Piola et al, 1997)

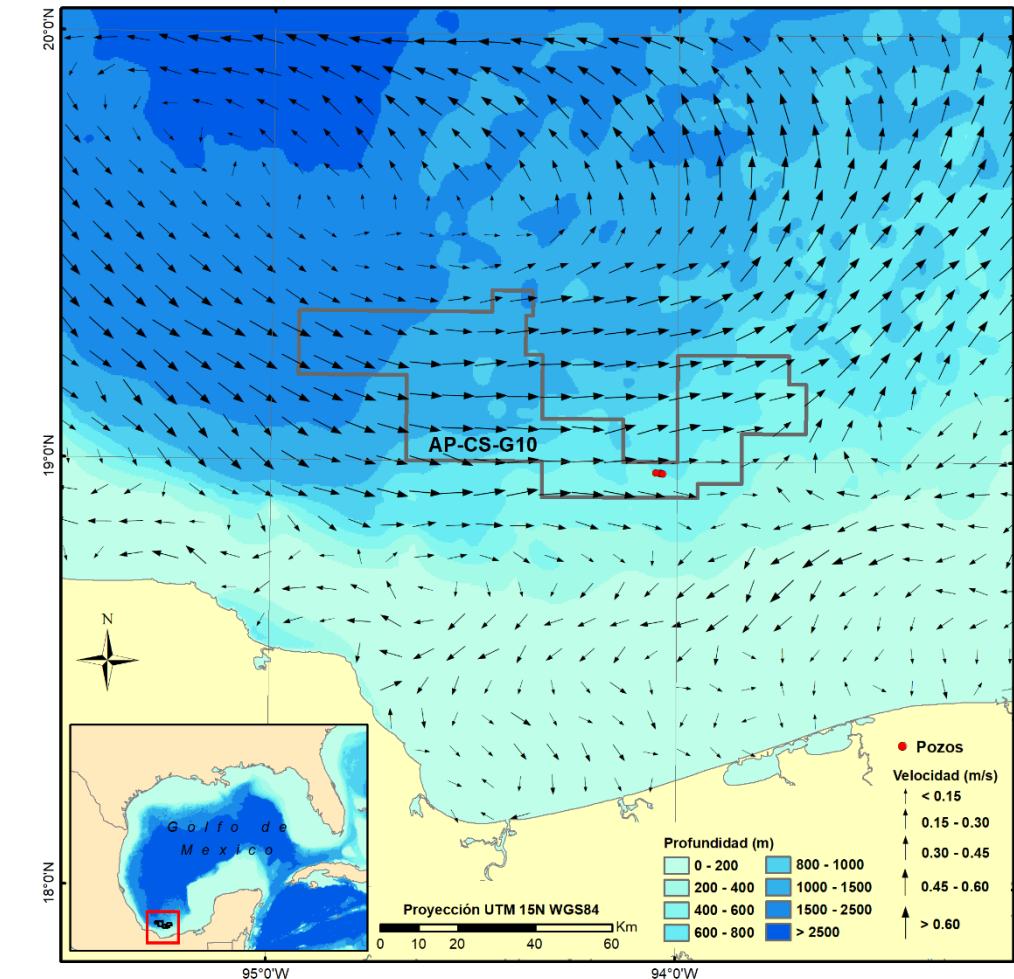


CORRIENTES



HYCOM

Campo de velocidades superficial entorno al Área Contractual 29, para el 1 de enero de 2023 0h. Los puntos rojos indican las posiciones de los pozos Polok.



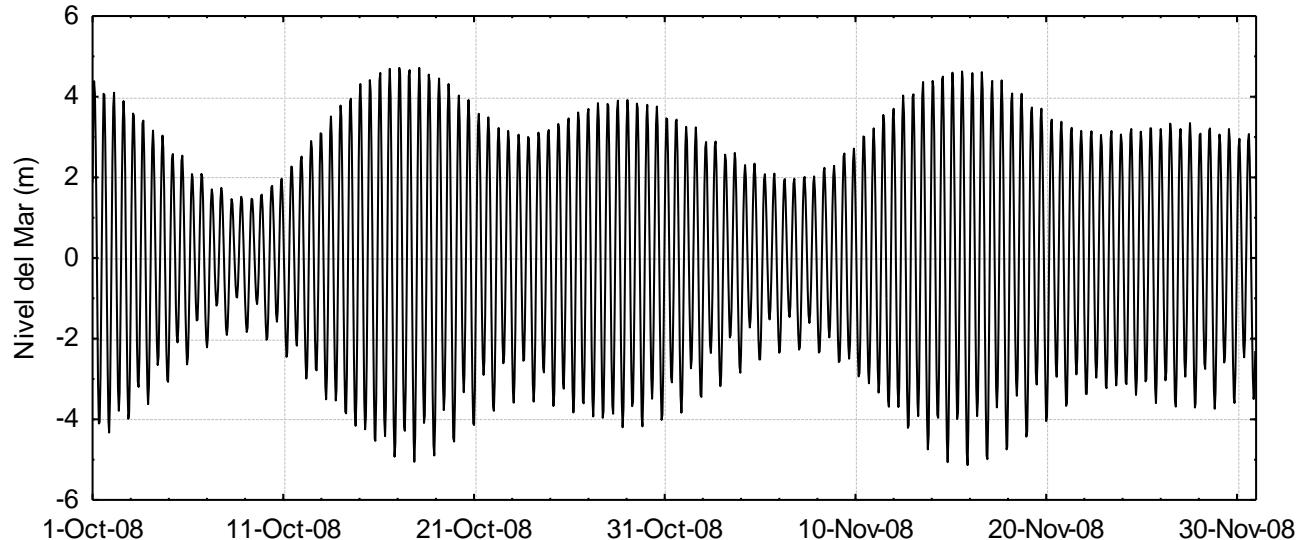
CORRIENTES

(2) Corrientes de marea

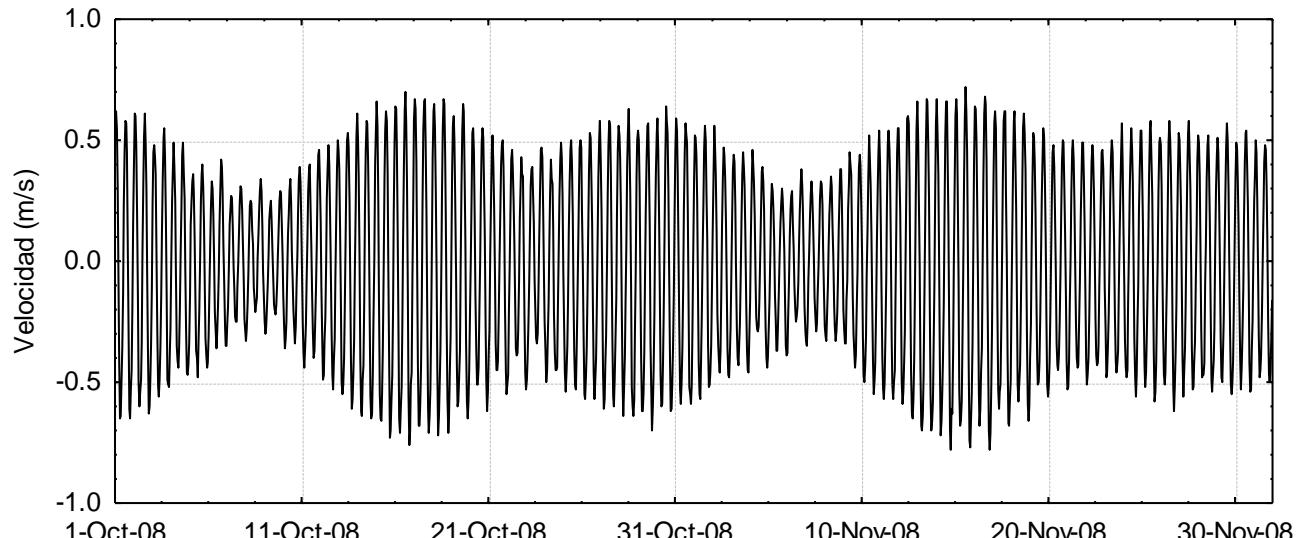
(a) Las corrientes de marea son el flujo de agua de mar en dirección horizontal que acompaña a una variación de marea del nivel del mar. Esta variación está constituida por las componentes mareas (marea diurna, marea semidiurna, etc.) del nivel del agua y, por tanto, es periódica.

(b) La naturaleza y la fuerza de las corrientes de marea varían según las condiciones geográficas de la zona marítima en cuestión y los movimientos celestes. Para analizar los componentes armónicos de las corrientes de marea, es necesario llevar a cabo una observación continua durante al menos 25 horas o, de forma aconsejable, durante 28 días.

Punto del Borde Norte - Octubre y noviembre 2008



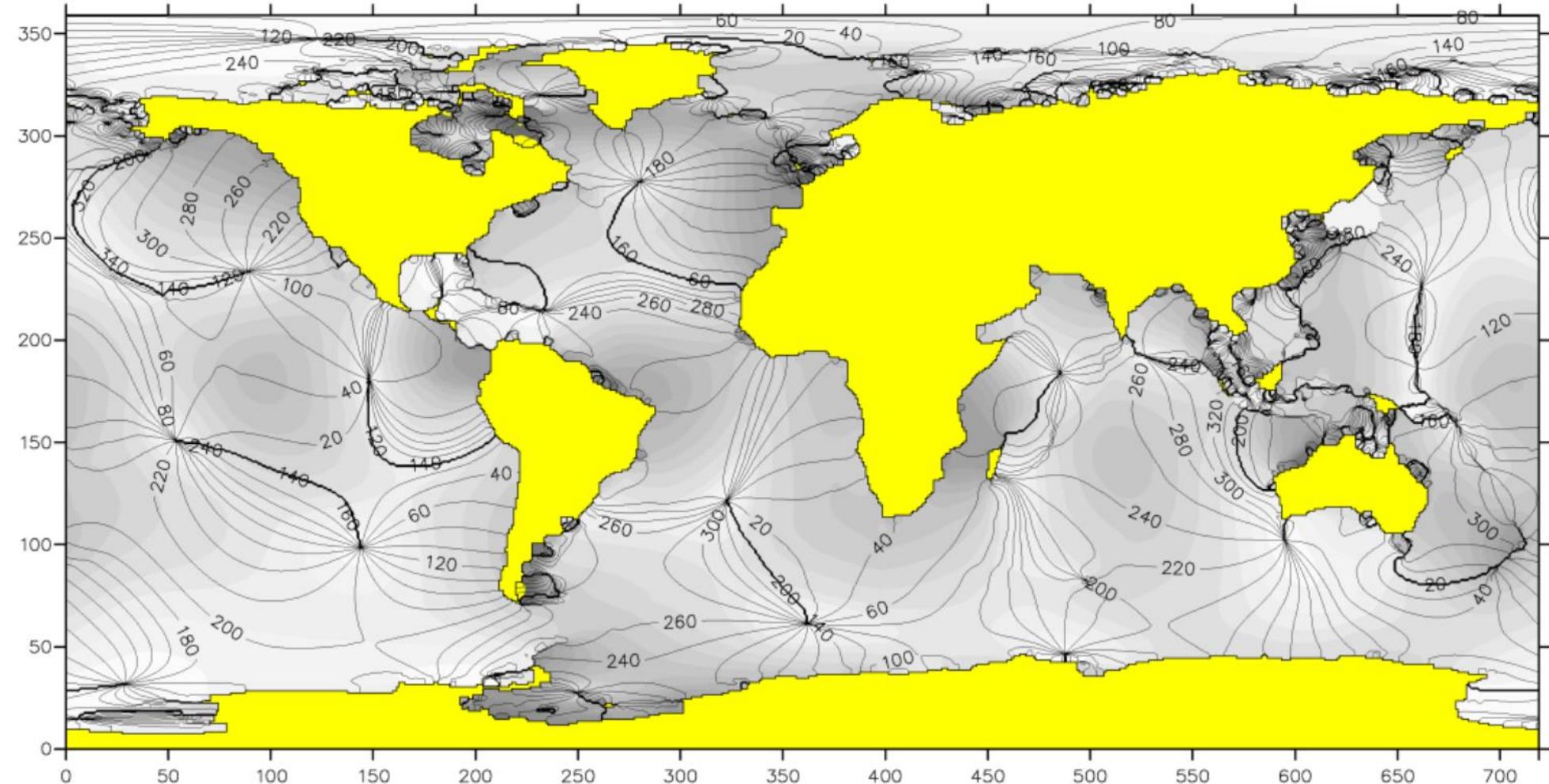
Componente Este-Oeste **MEDIA AGUA** - Octubre y noviembre 2008



CORRIENTES

Corrientes de marea

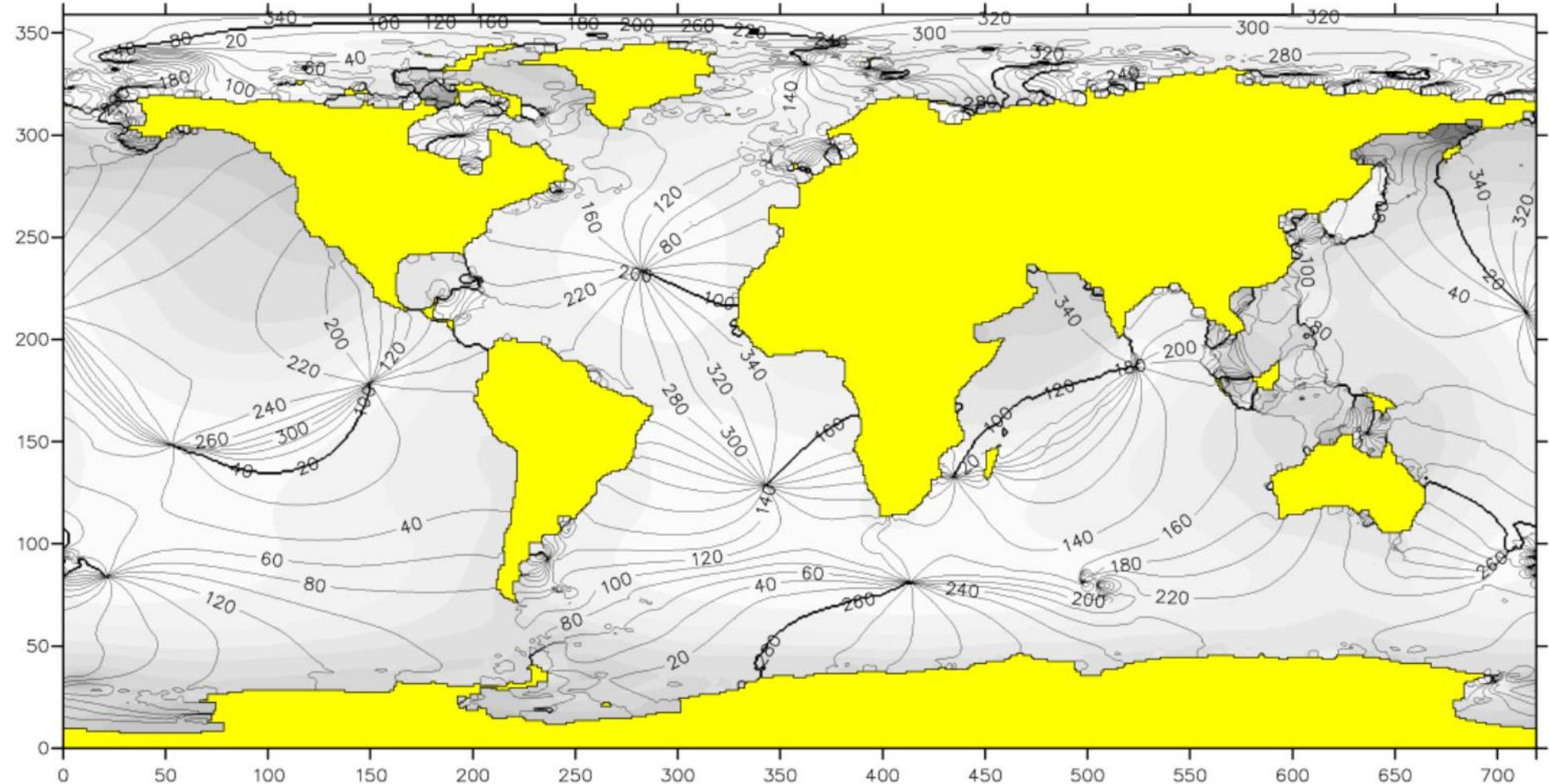
Cartas de las cotidales para las componentes M2 calculadas por el TPXO Global Tide Model para todo el planeta.



CORRIENTES

Corrientes de marea

Cartas de las cotidales para las componentes K1 calculadas por el TPXO Global Tide Model para todo el planeta.



CORRIENTES

Corrientes de marea: Puerto Deseado

Carta/s Argentina/s: H-360, H-361 y N° 19 - ENC/CNE AR203170 y AR403600

Lat. 47° 45' S Long. 65° 55' W

Huso Horario: +3

Régimen de marea: Semidiurno

Establecimiento de puerto medio: 0h 14min

Nivel medio: 3,2 m

Las alturas están referidas al plano de reducción que pasa 3,20 m debajo del nivel medio.

Alturas en metros sobre el plano de reducción, correspondientes a la predicción 2024			Amplitud		
Pleamar		Bajamar			
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media
6,11	5,03	0,15	1,43	5,79	3,60

https://www.hidro.gov.ar/oceanografia/tmareas/form_tcorrientes.asp

PUERTO DESEADO

LATITUD: 47° 45.000' S LONGITUD: 65° 54.000' W

HUSO +3

INTENSIDAD: EN NUDOS

DIRECCION: EN GRADOS

DIA	HORA:MIN	ALTURA (m)	DIA	HORA ESTOA	HORA MAX	INT MAX	DIR MAX
01	02:50	1,74	01		04:13	1,10	109
	08:47	4,77			09:15	1,70	289
	15:27	1,13		12:00	16:25	1,40	116
	21:44	4,92		19:10	21:48	1,90	287
02	03:55	1,58	02	00:49	05:04	1,40	109
	10:00	4,79			10:12	1,90	289
	16:29	1,16		13:05	17:19	1,60	115
	22:40	5,01		20:02	22:41	2,10	287
03	05:01	1,33	03	01:43	05:48	1,60	111
					11:05	2,20	289

CORRIENTES

Corrientes de marea

Huso Horario +3

Régimen de marea: Semidiurno

Establecimiento de puerto medio: VII^h 25^m

Nivel medio: 5,4 m

Las alturas están referidas al plano de reducción que pasa 5,4 m debajo del nivel medio.

Alturas en metros sobre el plano de reducción, correspondientes a la predicción 2009					
Pleamar		Bajamar		Amplitud	
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media
10,4	8,7	0,2	2,1	10,1	6,6

Long.: 68° 30' W

LATITUD : 53° 15' S

HUSO +3

INTENSIDAD EN NUDOS

DIRECCION EN GRADOS

Octubre 2009						Noviembre 2009						Diciembre 2009					
DIA	HORA	ALT	DIA	HORA	ALT	DIA	HORA	ALT	DIA	HORA	ALT	DIA	HORA	ALT	DIA	HORA	ALT
h min	m	m	h min	m	m	h min	m	m	h min	m	m	h min	m	m	h min	m	m
01	0116	2,9	16	0116	1,6	01	0154	2,4	16	0229	1,7	01	0202	2,4	16	0256	2,4
J	0735	7,8	V	0731	9,2	D	0800	8,6	L	0834	9,4	MA	0806	8,9	MI	0857	8,9
1339	3,1		1343	1,5		1413	1,8		1450	0,9		1425	1,3		1516	1,3	
1944	8,1		1954	9,5		2027	8,9		2107	9,6		2043	9,1		2137	9,1	
02	0158	2,5	17	0207	1,2	02	0232	2,1	17	0313	1,7	02	0246	2,1	17	0339	2,4
V	0809	8,3	S	0818	9,6	L	0837	9,1	MA	0917	9,4	MI	0849	9,3	J	0939	8,9
1415	2,5		1430	1,0		1451	1,3		1532	0,8		1509	0,9		1557	1,2	
2021	8,6		2042	9,9		2106	9,4		2150	9,6		2128	9,5		2218	9,1	
03	0233	2,1	18	0253	1,0	03	0310	1,8	18	0355	1,8	03	0330	1,8	18	0419	2,4
S	0841	8,7	D	0901	9,9	MA	0914	9,4	MI	0956	9,4	J	0933	9,6	V	1018	8,9
1448	1,9		1512	0,7		1529	0,8		1612	0,9		1553	0,6		1636	1,3	
2057	9,1		2126	10,1		2145	9,6		2231	9,4		2212	9,7		2256	9,0	
04	0306	1,8	19	0334	1,0	04	0348	1,6	19	0434	2,1	04	0414	1,7	19	0457	2,5
D	0912	9,1	L	0939	9,9	MI	0952	9,7	J	1034	9,2	V	1018	9,8	S	1056	8,8
1521	1,4		1553	0,5		1608	0,6		1652	1,1		1637	0,4		1714	1,5	
2132	9,4		2207	10,1		2225	9,8		2311	9,1		2256	9,8		2332	8,8	
05	0339	1,5	20	0414	1,2	05	0428	1,6	20	0513	2,4	05	0459	1,6	20	0533	2,6
L	0943	9,5	MA	1018	9,8	J	1032	9,8	V	1112	8,9	S	1104	9,8	D	1132	8,7
1554	1,0		1632	0,6		1650	0,5		1731	1,4		1723	0,5		1750	1,7	
2207	9,7		2247	9,8		2307	9,7		2351	8,8		2342	9,7				
06	0413	1,4	21	0452	1,5	06	0510	1,6	21	0551	2,7	06	0546	1,6	21	0007	8,6
MA	1017	9,7	MI	1055	9,5	V	1115	9,7	S	1150	8,5	D	1151	9,7	L	0608	2,7
1629	0,7		1710	0,9		1734	0,6		1810	1,8		1811	0,7		1209	8,5	
2244	9,8		2327	9,4		2353	9,5								1826	2,0	

Noviembre 2009												Diciembre 2009																
ESTOA MAXIMA CORR.						ESTOA MAXIMA CORR.						ESTOA MAXIMA CORR.						ESTOA MAXIMA CORR.										
01	0230	0518	1,0	273	16	0018	1,3	081				01	0248	0536	1,1	272	16	0042	1,2	081								
D	0824	1154	1,1	085	L	0312	0606	1,1	270			02	0018	1,1	085		0336	0624	1,0	270								
1448	1736	1,1	269		0918	1236	1,3	080	2048			03	0054	1,2	086	2142		0936	1254	1,2	079							
												04	0130	1,3	086	2200												
02	0018	1,1	085		0900	1230	1,2	085	MA	0354	0642	1,1	269	0118	1,2	081		0330	0618	1,2	270	0412	0654	1,0	269			
L	0312	0554	1,1	271	1524	1818	1,2	267	0954	1318	1,3	080	1548	1836	1,4	266	2112	0118	1,2	081	0448	0724	1,0	268				
1524	1818	1,2	267		2130			0954	1318	1,3	080	2148			2230		1548	1836	1,4	266	1624	1912	1,1	264				
												03	0112	1,3	086	2300												
03	0054	1,2	086		0936	1306	1,3	085	MI	0436	0718	1,1	268	0154	1,1	082		0412	0700	1,3	268	1000	1324	1,4	084			
MA	0348	0636	1,2	269	1606	1854	1,4	266	0939	1306	1,3	085	1000	1324	1,4	084	2230	0448	0724	1,0	268	1630	1918	1,5	265			
1606	1854	1,4	266		2206			1606	1936	1,4	265	1030	1406	1,1	080	2320	0448	0724	1,0	268	1700	1942	1,1	264				
												04	0154	1,4	086	2324												
04	0130	1,3	086		1018	1342	1,4	084	1018	1418	1,3	084	1042	1406	1,4	083	2324	0454	0742	1,4	267	1712	2006	1,5	264			
MI	0430	0718	1,3	268	1509	1532	0,8	1509	1532	0,8	1557	1,2	079	1042	1406	1,4	083	2324	0518	0800	1,0	267	1100	1436	1,0	081		
1509	1532	0,8		2248			1509	1532	0,8	1557	1,2	079	1054	1430	1,1	079	2324	0518	0800	1,0	267	1730	2018	1,0	264			
												05	0206	1,3	087	2324												
05	0206	1,3	087		1054	1418	1,3	084	1054	1418	1,3	084	1124	1500	1,0	080	2354	0536	0824	1,3	266	1124	1448	1,4	083			
J	0506	0754	1,3	267	1730	2018	1,4	264	1730	2018	1,4	264	1124	1448	1,4	083	2354	0536	0824	1,3	266	1754	2048	1,4	263			
1554	1812	1,3	263		2324			1554	1812	1,3	263	1124	1500	1,0	080	2354	0536	0824	1,3	266	1130	1500	0,9	083				
												06	0248	1,3	087	2354												
06	0248	0842	1,3	266	1136	1500	1,3	084	1136	1500	1,3	084	1206	1536	1,2	083	2354	0618	0900	0,9	265	1206	1536	1,2	083			
V	0554	0842	1,3	266	1812	2106	1,3	263	1812	2106	1,3	263	1206	1536	1,2	083	2354	0618	0900	0,9	265	1842	2136	1,3	263			
1136	1500	1,3	084		1811	2106	1,3	263	1811	2106	1,3	263	1206	1536	1,2	083	2354	0618	0900	0,9	265	1842	2136	1,3	263			
1136	1500	1,3	084		1826			1826				07	0012	0330	1,2	087	1826	2136	1,3	263	1842	2136	1,3	263	1842	2136	1,3	263
S	0636	0924	1,2	265	1826			1826				07	0042	0406	1,1	086	1826	2136	1,3	263	1842	2136	1,3	263	1842	2136	1,3	263
0636	0924	1,2	265		1826			1826				07	0712	0954	1,1	264	1826	2136	1,3	263	1842	2136	1,3	263	1842	21		

CORRIENTES

Corrientes de marea



LATITUD: 53° 15.000' S LONGITUD: 68° 13.800' W

https://www.hidro.gov.ar/oceanografia/tmareas/form_tcorrientes.asp

BAHÍA SAN SEBASTIÁN

HUSO +3

INTENSIDAD: EN NUDOS

DIRECCION: EN GRADOS

Carta/s Argentina/s: H-424, H-425 y H-460 - ENC/CNE AR204160, AR304250 y AR404600

Lat. 53° 10' S Long. 68° 30' W

Huso Horario: +3

Régimen de marea: Semidiurno

Establecimiento de puerto medio: VIIh 25min

Nivel medio: 5,4 m

Las alturas están referidas al plano de reducción que pasa 5,40 m debajo del nivel medio.

Predicciones de Corrientes de Marea para: "06 / 2024"

DIA	HORA ESTOA	HORA MAX	INT MAX	DIR MAX
01	01:01	03:36	1,00	235
		10:54	0,80	067
	13:34	16:09	0,90	236
	19:44	23:30	0,80	068
02	02:06	04:40	0,90	237
	08:22	12:03	0,90	065
	14:39	17:12	0,90	237
	20:57			
03		00:35	0,90	066

DIA	HORA:MIN	ALTURA (m)
01	04:07	8,34
	10:27	2,27
	16:47	8,48
02	23:03	2,36
	05:18	8,52
	11:34	2,20
03	17:50	8,71
	00:07	1,94
	06:23	8,84

Alturas en metros sobre el plano de reducción, correspondientes a la predicción 2024				Amplitud	
Pleamar		Bajamar			
Máxima	Media	Más baja	Media	Máxima	Media
10,54	8,69	0,13	2,12	10,23	6,57

CORRIENTES

Corrientes de marea: Puerto Deseado

ESTUDIO DE CORRIENTES EN PUERTO
DESEADO,
PROVINCIA DE SANTA CRUZ

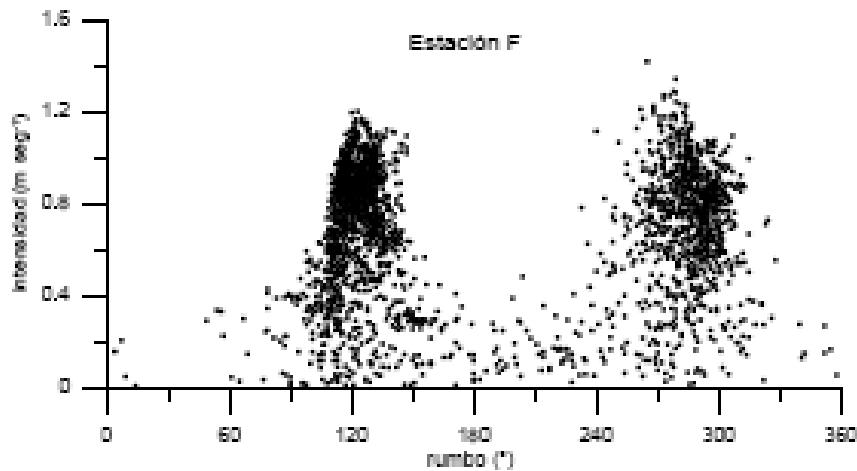


Figura 8. Diagrama de dispersión de la corriente para la estación F.

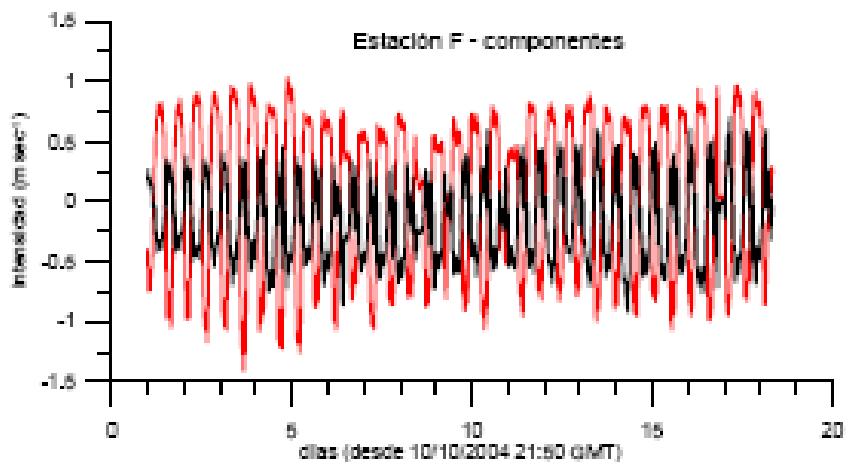


Figura 9. Componentes Este (rojo) y Norte (negro) de la corriente para la estación F.

CORRIENTES

(3) Corrientes impulsadas por el viento

Cuando un viento sopla sobre la superficie del mar, la fricción en el límite entre el aire y la superficie del mar produce una tensión de corte (shear stress) que hace que se induzca un flujo en la superficie del mar. A medida que este flujo se desarrolla, la viscosidad turbulenta del agua de mar hace que las capas inferiores empiecen a ser arrastradas por las superiores. Si la velocidad y la dirección del viento permanecen constantes durante un periodo de tiempo prolongado, se alcanza finalmente un estado estable de las corrientes se alcanza un estado estable de las corrientes. Estas corrientes se denominan corrientes impulsadas por el viento. Se generan por las tensiones que genera el viento sobre la superficie del mar, por ello son más grandes en superficie.

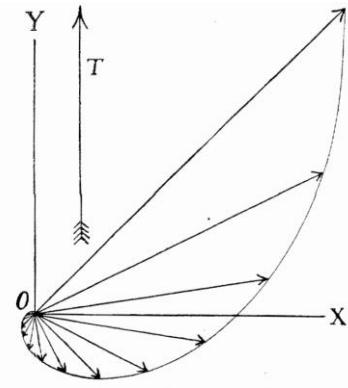
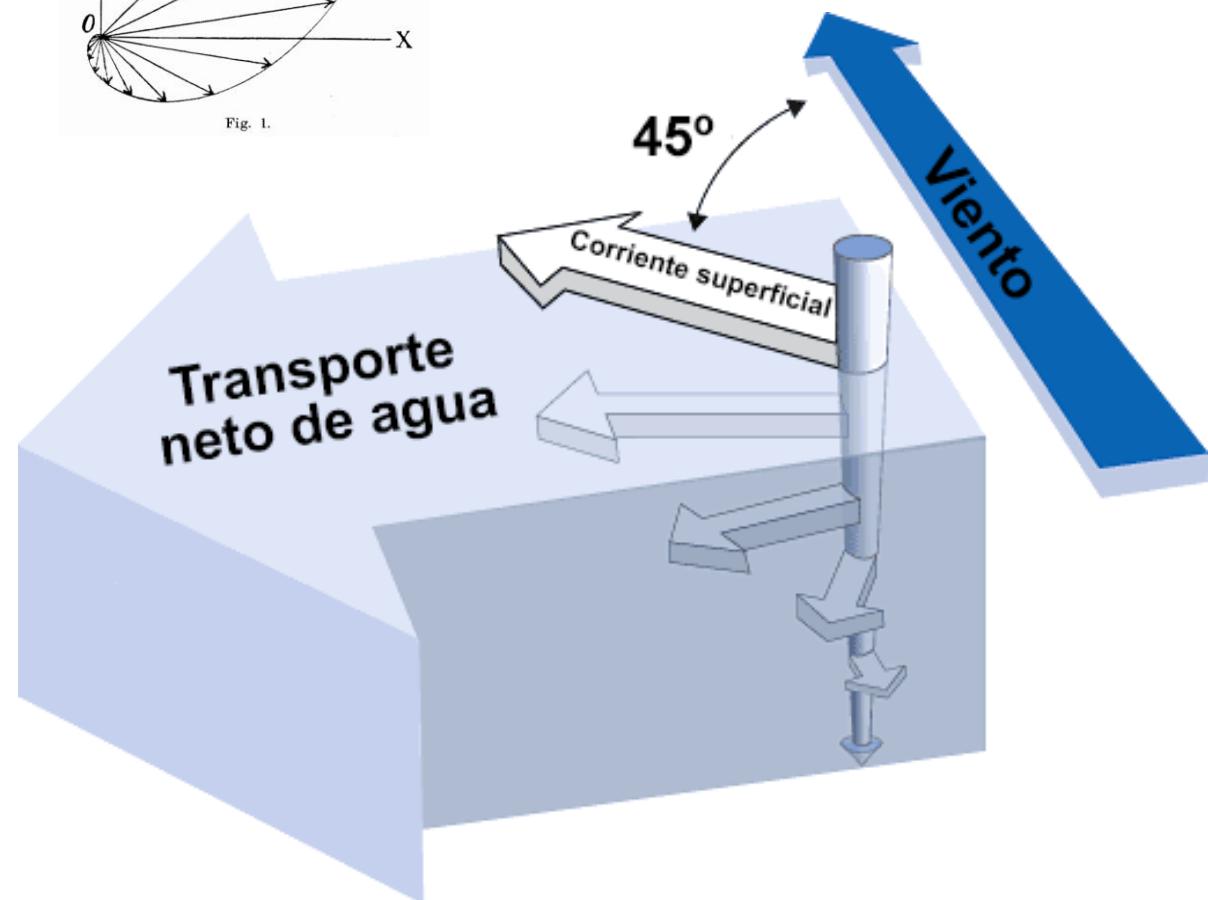


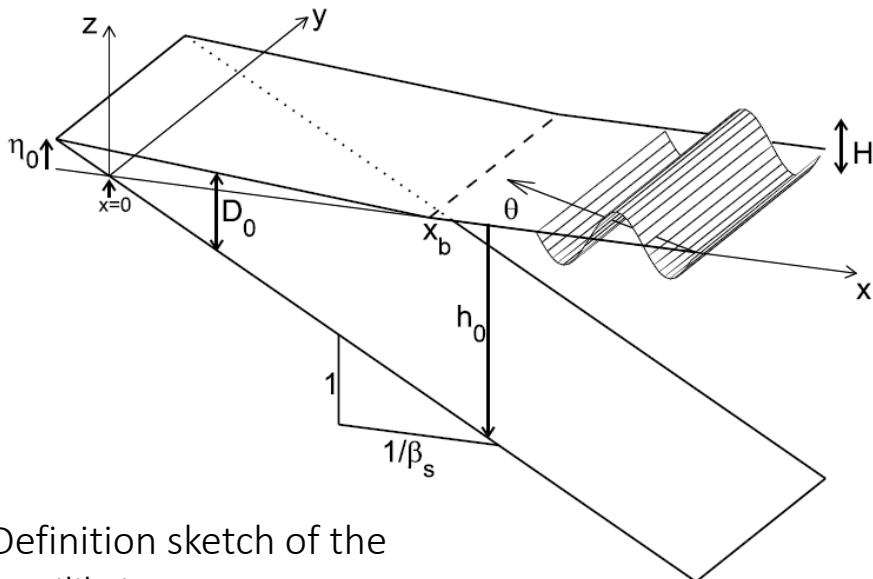
Fig. 1.



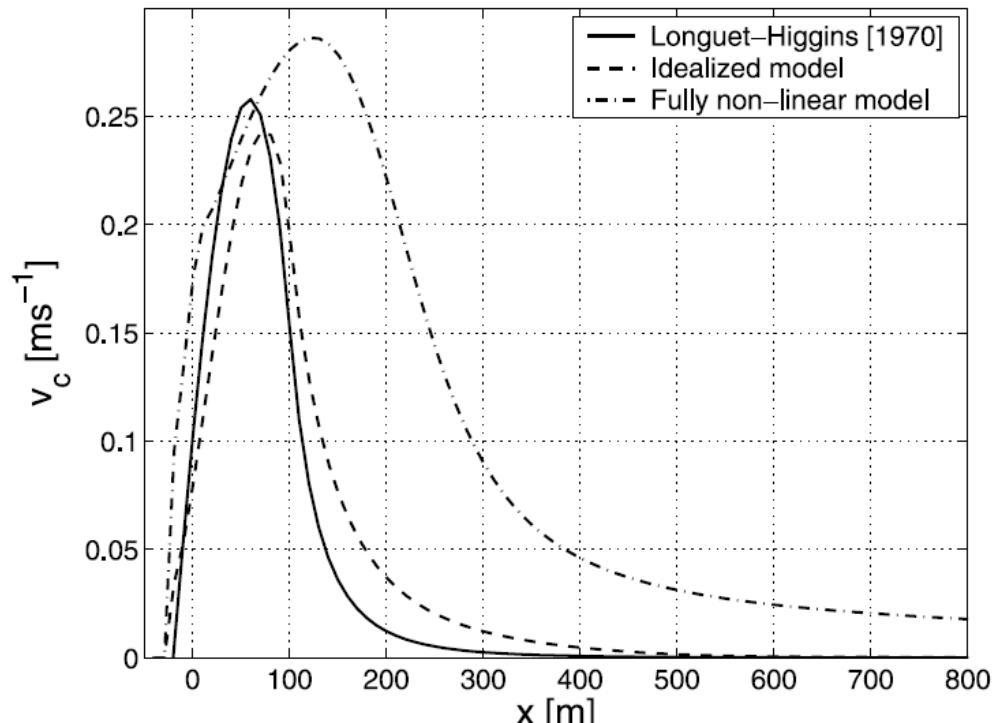
CORRIENTES

(4) Corrientes cercanas a la costa

En la zona de surf, existen las corrientes llamadas corrientes inducidas por las olas. Estas corrientes, cercanas a la costa (nearshore), son inducidas dentro de la zona de surf, transportan sedimentos en suspensión y causan cambios topográficos en las playas. Por consiguiente, la comprensión del patrón de las corrientes cercanas a la costa conduce a al entendimiento del cambio topográfico. Estas corrientes no incluyen a las corrientes orbitales de las olas.



Definition sketch of the equilibrium state. For a discussion of the symbols, see the text.



Longshore current velocity profiles, according to Longuet-Higgins [1970] and obtained with the idealized and fully nonlinear model.

ÍNDICE DE ROMPIENTES DE OLAS

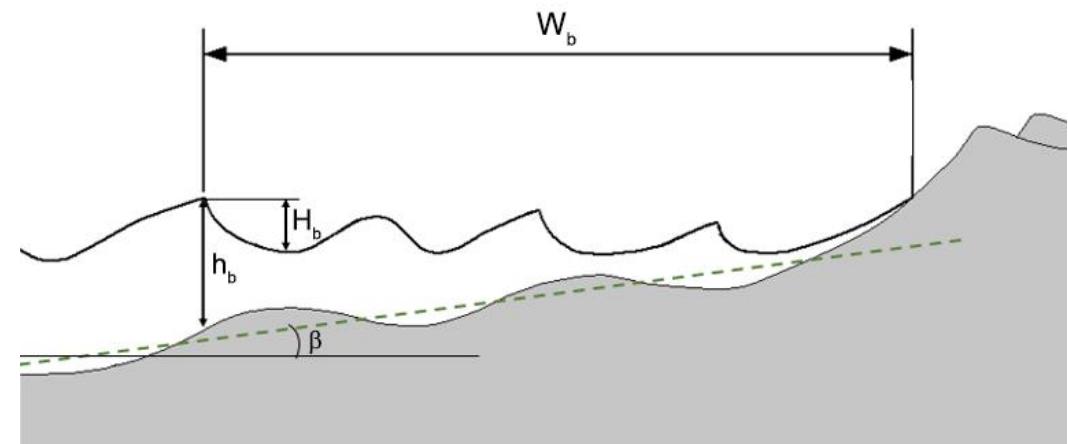
El cálculo de las **corrientes en la zona de rompientes** requiere de cierta información que se presenta a continuación.

En ausencia de un modelo que calcule las rompientes de olas, es posible utilizar las olas calculadas por un modelo propagación y generación, como el SWAN, para disponer de olas a cierta distancia de la zona de rompientes (1 km por ejemplo, vinculado a la grilla del modelo), que se propagarán hacia la costa hasta romper. El punto donde las olas rompen puede ser calculado como se explica a continuación.

El índice de rompiente (γ) es el coeficiente de rotura de la ola y se define como el cociente entre la altura de la ola en rompiente (H_b) y la profundidad a la que rompe (h_b).

$$\gamma = H_b/h_b$$

Para estudiar las variaciones que pudieran introducir la utilización de diferentes índices de rompientes deben considerarse diferentes coeficientes, en base a estudios experimentales que cuadren con el proyecto a realizarse.



OLAS

ROMPIENTES DE OLAS

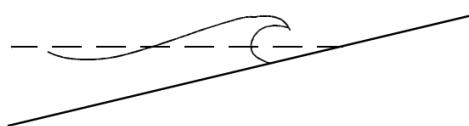
En muchas de estas fórmulas se considera el número de Iribarren como principal parámetro:

$$\xi_o = m/(H_o/L_o)^{1/2}$$

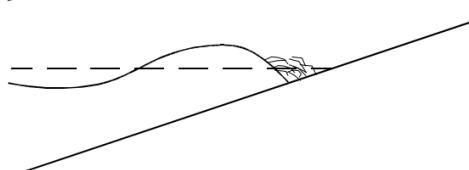
Donde m ($\tan(\beta)$) es la pendiente de la playa, H_o es la altura de la ola y L_o es la longitud de onda en aguas profundas.



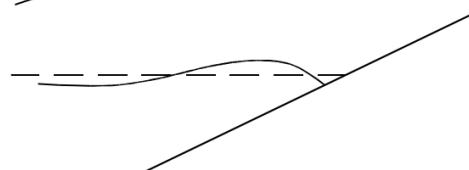
SPILLING $\xi_o < 0.5$



PLUNGING $0.5 < \xi_o < 3$



COLLAPSING $\xi_o \approx 3 \text{ a } 3.5$



SURGING $\xi_o > 3.5$

Dimensionless parameters applied to wave breaking include:

$$\frac{H_o}{L_o}, \quad \frac{H_b}{h_b}, \quad \frac{H_o}{gT^2}, \quad \frac{H_o}{L_o m^2}, \quad \frac{H_b}{gmT^2},$$

$$\xi_o = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_o/L_o}} = \frac{m}{\sqrt{H_o/L_o}} \quad (\text{Surf similarity or "Iribarren" parameter})$$

$$\xi_b = \frac{m}{\sqrt{H_b/L_o}} \quad (\text{Inshore version, also refers to deep water wavelength})$$

Breaker type	$H_o/L_o m^2$	H_b/gmT^2	ξ_o	ξ_b
Spilling	0.09	0.033	$\xi_o < 0.5$	< 0.4
Plunging	4.8	0.068	$0.5 < \xi_o < 3.3$	$0.4 < \xi_o < 2.0$
Surging	∞	∞	$\xi_o > 3.3$	$\xi_o > 2.0$

	Primary relationship	Secondary relationship	Applicability	Study conditions	Wave type
McCowan [1894]	$\gamma_b = 0.78$		$m = 0, \eta_c = 1.78h_b$	Constant depth	Solitary wave
Miche, 1944	$H_b = 0.142L_b \tanh\left(\frac{2\pi h_b}{L_b}\right)$		$m = 0$	Constant depth	Small amplitude
Le Mehaute and Koh [1967]	$H_b = 0.76H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.25} m^{1/7}$		$1/50 < m < 1/5$ $0.002 < H_o/L_o < 0.093$	Laboratory and field data. Plane slope with converging width	Energy flux equations
Galvin [1968]	$\gamma_b = \frac{1}{(1.40 - 6.85m)} \quad \text{if } m < 0.07$ $\gamma_b = 1.09 \quad \text{if } m > 0.07$		$0.001 < H_o/L_o < 0.051$ $0.001 < H_o/L_o < 0.051$	Laboratory data. Plane, emergent slope.	Regular waves
Collins and Weir [1969]	$\gamma_b = 0.72 + 5.6m$		Undetermined	Laboratory and historical data. plane, emergent slopes	Linear wave theory and empirical fitting
Camfield and Street [1968]	$\gamma_b = 0.75 + 25m - 112m^2 + 3870m^3$		$0 < m < 0.045$	Laboratory and historical data. multi-slope, nonemergent beach	Solitary wave
Yamada <i>et al.</i> [1968]	$\gamma_b = 0.8261$		$m = 0, \eta_c = 1.78h_b$	Plane slope	Solitary wave
Goda [1974]	$\gamma_b = 0.17 \frac{L_o}{h_b} \left(1 - e^{\left(\frac{-1.5\pi h_b}{L_o} \left(1 + 15m^{\frac{4}{3}} \right) \right)} \right)$		$0.05 < m < 0.2$ $0.001 < H_o/L_o < 0.051$	Laboratory data. plane, emergent slope.	Regular waves
Weggel [1972]	$\gamma_b = b(m) - a(m) \frac{H_o}{gT^2}$ $a(m) = 43.8(1.0 - e^{-19m})$ $b(m) = 1.56(1.0 + e^{-19.5m})^{-1}$		$1/50 < m < 1/5$ $H_o/L_o \leq 0.06$ $\eta_c = 1.78h_b$	Laboratory data. Plane slopes	Solitary wave

	Primary relationship	Secondary relationship	Applicability	Study conditions	Wave type
Komar and Gaughan [1972]	$H_b = 0.56H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-1/5}$		Undetermined	Laboratory and field data	Linear wave empirical fitting
Battjes [1974]	$\gamma_b = 1.062 + 0.137 \log(\xi_o)$		$0.05 < m < 0.2$	Plane, emergent slope.	Irregular waves
Sunamura and Horikawa [1974]	$H_b = H_o m^{0.2} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.25}$		$0.03 < m < 0.1$	Laboratory data. Plane, emergent slope.	Regular waves
Madsen [1976]	$\gamma_b = 0.72(1 + 6.4m)$		Undetermined	Laboratory and field measurements	Regular waves
Van Dorm [1979]	$H_b = 0.4H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-1/3}$		$H_o/L_o < 0.07$	Laboratory data. Plane slope	
Ostendorf and Madsen [1979]	$\gamma_b = 0.14(L_b/h_b) \tanh\left((0.8 + 5m)\frac{2\pi h_b}{L_b}\right)$ $\gamma_b = 0.14(L_b/h_b) \tanh\left(\frac{2.6\pi h_b}{L_b}\right)$		$m < 0.1$ $m > 0.1$	Laboratory data. Barred slope	Regular waves
Singamsetti and Wind [1980]	$\gamma_b = 0.937m^{0.155} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.13}$		$0.03 < m < 0.2$ $0.018 < H_o/L_o < 0.079$	Plane, emergent beach.	Regular waves
Sunamura [1981]	$\gamma_b = 1.1(m/\sqrt{H_o/L_o})^{1/6}$		$0.02 < m < 0.3$	Laboratory and field data. Plane slope.	Regular and irregular waves
Ogawa and Shuto [1984]	$\gamma_b = 1.48m^{0.21} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.05}$	$h_b = 0.46H_o m^{-0.012} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.2}$	$0.01 < m < 0.1$ $0.02 < H_o/L_o < 0.065$	Laboratory data. Barred, plane and stepped beaches.	Regular waves
Dean <i>et al.</i> [1985]	$H_b = y_b mx_b = \left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/5} \left[\frac{(H_o^2 C_o \cos \vartheta_o)}{2}\right]^{2/5}$	$h_b = 0.64H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.2}$	$m < 0.05$ $0.007 < H_o/L_o < 0.1$	Laboratory data. Plane and stepped beach.	Linear theory and energy balance equation

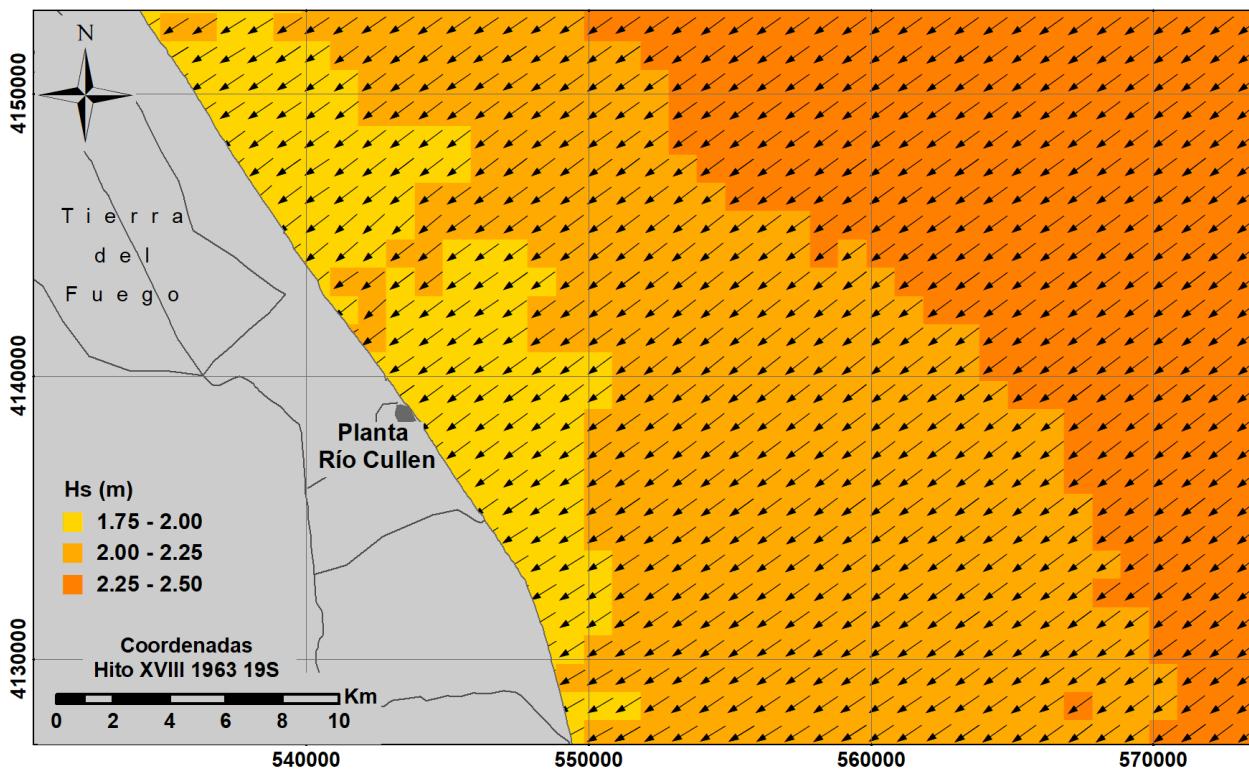
	Primary relationship	Secondary relationship	Applicability	Study conditions	Wave type
Battjes and Stive [1985]	$H_b = 0.14L_b \tanh \left(0.5 + 0.4 \tanh \left[33 \frac{H_o}{L_o} \right] \frac{2\pi h_b}{0.88L_b} \right)$		$m \leq 0.05$ $0.01 < H_o/L_o < 0.032$	Laboratory and Field data. Plane and barred slopes.	Regular and irregular waves
Nelson and Gonsalves [1992]	$\gamma_{b,\max} = 0.55 + \exp(-0.012 \cot(m))$		$m \leq 0.01$	Laboratory and field data	Regular and irregular waves
Svendson [1987]	$\gamma_b = 1.05(\tan \beta / (h_b/L_b))^{\frac{1}{5}}$		$0.25 \leq \tan \beta / (h_b/L_b) \leq 1$	Laboratory data plane slope	Regular waves
Smith and Kraus [1991]	$\gamma_b = b(m) - a(m) \left(\frac{H_o}{L_o} \right)$ where $a(m) = 5.00(1.0 - e^{-43m})$ $b(m) = 1.12/(1.0 + e^{-60m})$		$0.0125 < m < 0.1$ $0.0007 < H_o/L_o < 0.0921$	Laboratory data. Plane slope	Regular waves
Gourlay [1992]	$H_b = 0.478H_o \left(\frac{H_b}{L_o} \right)^{-0.28}$	$h_b = 0.259 \left[\tan^2 \alpha \left(\frac{H_o}{L_o} \right) \right]^{-0.17}$	$0.022 \leq m \leq 0.15$ $0.001 < H_o/L_o < 0.066$	Laboratory data. Plane slope	Regular waves
Kaminsky and Kraus [1993]		$\gamma_b = 1.20\xi_o^{0.27}$	$0.009 \leq m \leq 0.2$ $0.001 < H_o/L_o < 0.092$	Laboratory data	
Komar [1998]	$H_b = 0.39g^{0.2}(T_w H_o^2)^{0.4}$	$d_b = H_b \{1.2[m / (H_b/L_o)]^{0.5}\}^{0.27}$			
Rattanapitikon Shibayama [2000]		$\gamma_b = 0.17 \frac{L_o}{h_b} \left(1 - e^{\left(\frac{\pi h_b}{L_o} (16.21m^2 - 7.07m - 1.55) \right)} \right)$	$0 \leq m \leq 0.44$ $0.001 < H_o/L_o < 0.1$	Laboratory data. Barred and plane slopes.	Linear wave theory — regular waves
Rattanapitikon <i>et al.</i> [2003]		$H_b = (-1.40m^2 + 0.57m + 0.23)L_b \left(\frac{H_o}{L_o} \right)^{0.35}$	$0 < m < 0.38$ $H_o/L_o < 0.112$	Laboratory data. Barred and plane slopes.	

	Primary relationship	Secondary relationship	Applicability	Study conditions	Wave type
Tsai <i>et al.</i> [2005]		$H_b = 0.79H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.19} m^{1/7}$	$m > 0.2$	Laboratory data — plane, nonemergent beach	
Rattanapitikon and Shibayama [2006]	$H_b = (-0.57m^2 + 0.31m + 0.58) \times L_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{0.83}$	$h_b = (3.86m^2 - 1.98m + 0.88)H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.16}$ $h_b = (3.86m^2 - 1.98m + 0.88)H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.34}$	$\frac{H_o}{L_o} \leq 0.1$ $\frac{H_o}{L_o} > 0.1$	Laboratory data. Barred and plane slopes.	Linear wave theory — Regular waves
Camenen and Larson [2007]		$\gamma_b = 0.284 \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.5} \tanh \left(\left[0.87 + A \sin \left\{ \frac{\pi}{2} \left(\frac{m}{m_{\max}} \right)^\alpha \right\} \right] \pi \left[\frac{H_o}{L_o} \right] \right)$ $m_{\max} = 0.10 + 1.6 \left(\frac{H_o}{L_o} \right)$ $\alpha = 1 + 14 \left(\frac{H_o}{L_o} \right)$ if $m \leq m_{\max}$ $A = 0.32 + 14 \left(\frac{H_o}{L_o} \right)$ $\alpha = - \left[1 + 20 \left(\frac{H_o}{L_o} \right) \right]$ if $m > m_{\max}$	$0 \leq m \leq 2$ $0.001 < H_o/L_o < 0.117$	Laboratory data. Barred, plane and stepped slope	
Le Roux [2007]		$\gamma_b = 0.835 + 0.0843m - 0.0036m^2$	$m \leq 0.2$	Laboratory data.	
Goda [2010]		$H_b = 0.17L_o \left(1 - e^{\left(\frac{-1.5\pi h_b}{L_o} \left(1 + 11m^{\frac{4}{3}} \right) \right)} \right)$	$0.005 \leq m \leq 0.11$	Laboratory data.	Regular waves
Liu <i>et al.</i> [2011]		$0.69 = \left\{ 1.21 - 3.30 \left(\frac{H_b}{L_b} \right) \right\} \left\{ 1.48 - 0.54 \left(\frac{H_b}{h_b} \right) \right\} \left\{ \frac{gH_b}{C_b} \right\}$ where $C_b = \sqrt{\frac{gL_b}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi}{L_b} \left[h_b + \frac{H_b}{2} \right] \right)}$	$0.005 \leq m \leq 0.38$	Laboratory data. Barred, plane and stepped slope	Regular waves
Yao <i>et al.</i> [2012]		$\gamma_b = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} \left\{ \tanh \left(\frac{\alpha}{1.4} \left(1.4 - \frac{h_r}{H_o} \right) \right) + \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2} \right\}$	$m \leq 0.33$ $0.003 < H_o/L_o < 0.088$	Laboratory data.	Regular waves

EJEMPLO DE ANALISIS CON DIFERENTES ÍNDICES DE ROMPIENTE

No hay disponibles mediciones de olas en la zona. Se ha obtenido información de olas de la base de datos GROW de Oceanweather Inc. (www.Oceanweather.com) en un punto offshore. La base de datos incluye datos de olas, con un número de valores de 306816 e intervalo de muestreo igual a 1 h (35 años, aproximadamente).

Se utilizó el modelo generación y propagación de olas SWAN para llevar el campo de las olas cerca de la costa, pero fuera de la zona de rompientes (a 1 km de la costa).



La figura presenta un instante de un campo de olas en la zona de interés. Altura y dirección de las olas obtenidas con el modelo SWAN. Condiciones offshore $H_s = 2.5 \text{ m}$, $T_p = 8.7$ desde el NE.

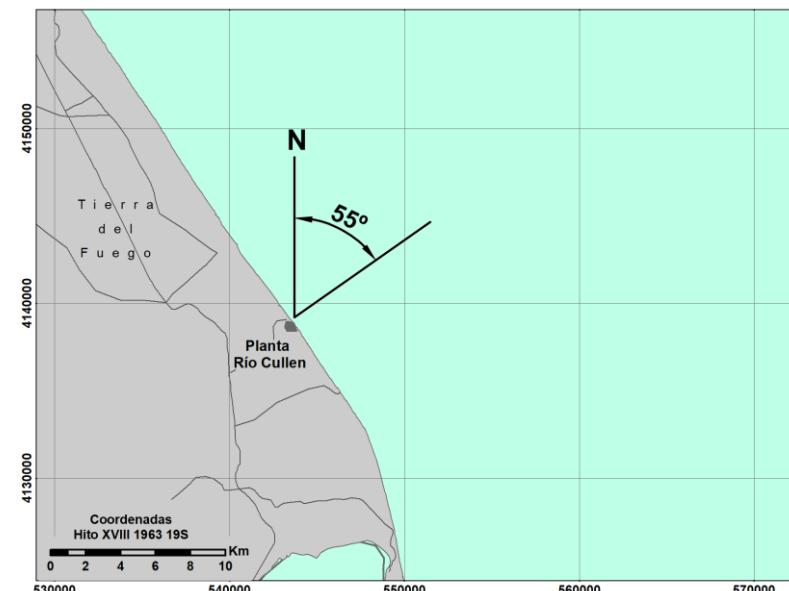
Algo menos del 80% de las alturas de las olas (a 1 km de la costa) son menores a 1m y algo menos del 90% de los períodos se encuentran en la banda 4 a 10 s.

EJEMPLO DE ANALISIS CON DIFERENTES ÍNDICES DE ROMPIENTE

Histograma altura significativa (H_s) - dirección de las olas (a) a 1 km de la costa. Dos años de datos horarios (2012 y 2013). N = 17540.

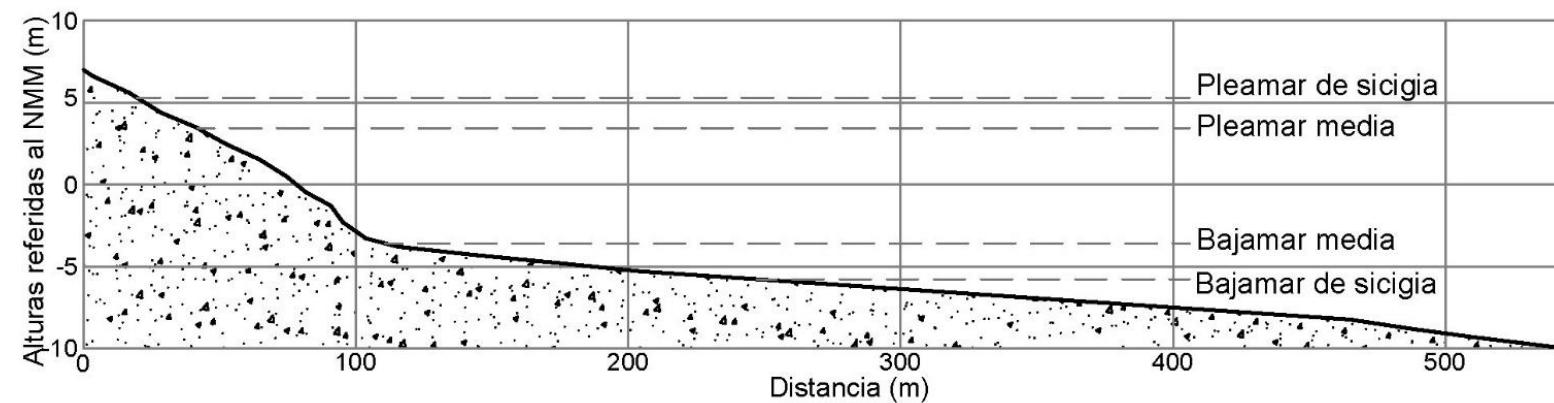
H_s (m)	α (°)							Suma
	(-70, -50)	(-50, -30)	(-30, -10)	(-10, 10)	(10, 30)	(30, 50)	(50, 70)	
0 – 0.5	0.192	0.160	5.051	2.621	11.124	35.738	0.256	55.141
0.5 – 1.0	0.991	1.375	1.407	4.763	9.228	4.923	0.735	23.420
1.0 – 1.5	0.416	0.991	1.534	3.069	4.976	2.397	0.831	14.214
1.5 – 2.0	0.128	0.352	0.512	0.575	1.566	1.151	0.160	4.443
2.0 – 2.5	0.064	0.032	0.256	0.192	0.607	0.575	0.064	1.790
2.5 – 3.0	0.128	0.032	0.096	0.128	0.096	0.160		0.639
3.0 – 3.5	0.064	0.032	0.064	0.064	0.064			0.288
3.5 - 4.0								0
4.0 – 4.5			0.032					0.032
4.5 – 5.0				0.032				0.032
5.0 – 5.5								
5.5 – 6.0								
Suma	1.982	2.973	8.951	11.412	27.693	44.944	2.046	100

Los ángulos son medidos entre las crestas de las olas y las isobatas. Ángulos positivos corresponden a las olas que llegan desde la izquierda mirando hacia el mar.



EJEMPLO DE ANALISIS CON DIFERENTES ÍNDICES DE ROMPIENTE

Se estimó la pendiente de la playa, para hacerlo se han utilizado datos batimétricos de la zona provistos por el cliente. La figura presenta el perfil considerado para calcular la pendiente de la playa.



En el perfil se observan 2 pendientes: una costera hasta los 100 m del inicio del perfil con valor de 0.088 y otra de 100 a 400 m con valor de 0.012. Un valor representativo medio de 0.034 se ha obtenido considerando la variación de profundidad entre la pleamar de sicigias y 1 m por debajo de la bajamar de sicigias.



EJEMPLO DE ANALISIS CON DIFERENTES ÍNDICES DE ROMPIENTE

Formulación	Pendiente de playa	Gamma medio
MCowan, 1894	-	0.78
Galvin, 1968	0.012	0.76
	0.034	0.86
	0.088	1.09
Collins & Weir, 1969	0.012	0.79
	0.034	0.91
	0.088	1.21
Campfield & Street, 1968	0.012	1.04
	0.034	1.62
	0.088	4.72
Madsen, 1976	0.012	0.78
	0.034	0.88
	0.088	1.13
Nelson & Gonsalves, 1992	0.012	0.92
	0.034	1.25
	0.088	1.42
Kamphuis, 2000	0.012	0.58
	0.034	0.63
	0.088	0.76
Le Roux, 2007	0.012	0.84
	0.034	0.84
	0.088	0.84

Formulaciones que sólo dependen de la pendiente de la playa

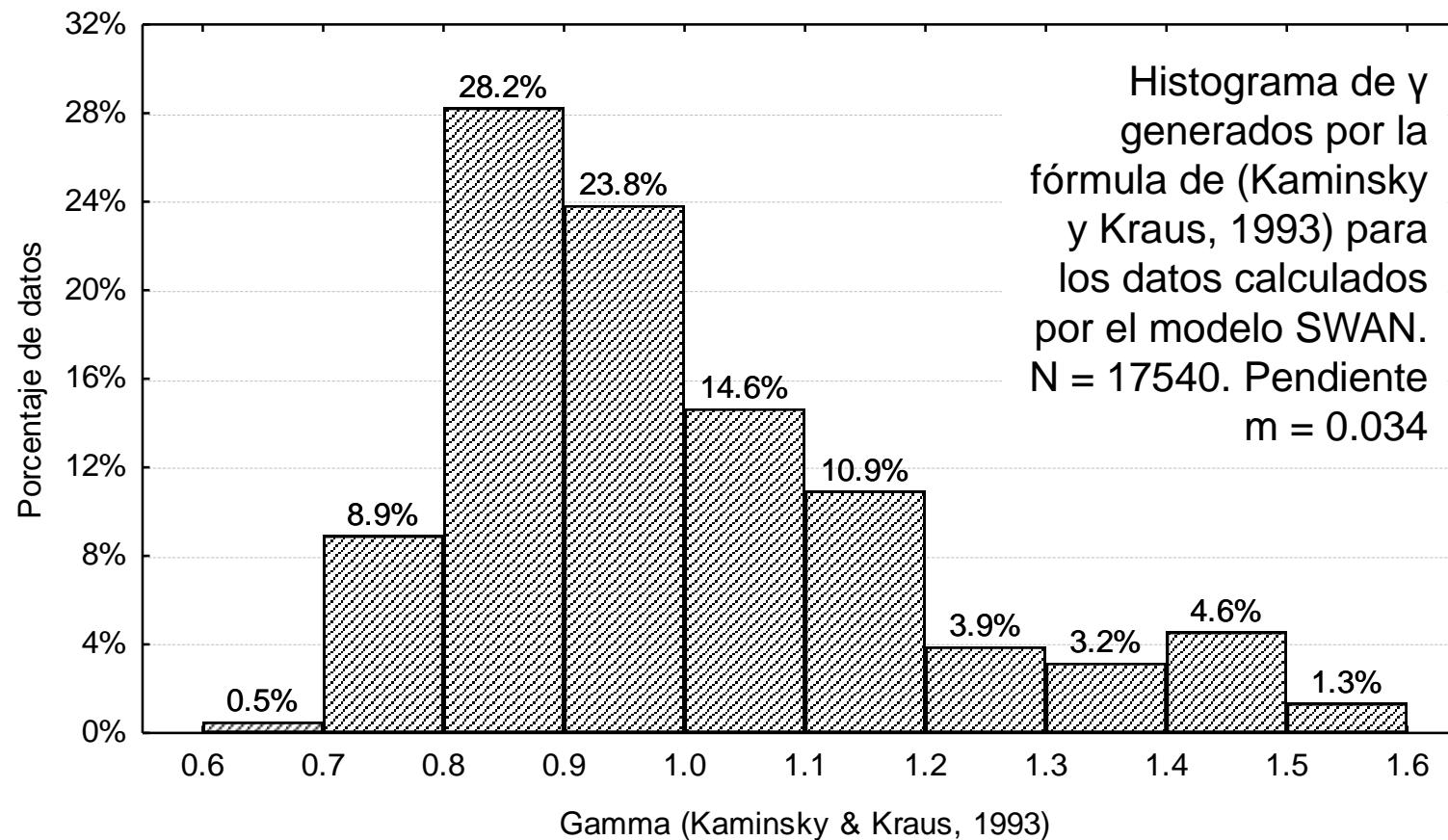
EJEMPLO DE ANALISIS CON DIFERENTES ÍNDICES DE ROMPIENTE

Formulaciones que dependen del número de Iribarren.

$$\xi_o = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_o/L_o}} = \frac{m}{\sqrt{H_o/L_o}} \text{ (Surf similarity or "Iribarren" parameter)}$$

Formulación	Pendiente de playa	Gamma medio	Desvío Estándar
Singamsetti & Wind, 1980	0.012	0.95	0.17
	0.034	1.12	0.20
	0.088	1.29	0.23
Ogawa & Shuto, 1984	0.012	0.76	0.05
	0.034	0.95	0.06
	0.088	1.16	0.08
Battjes, 1974	0.012	0.82	0.09
	0.034	0.96	0.09
	0.088	1.09	0.09
Sunamura, 1981	0.012	0.82	0.09
	0.034	0.98	0.11
	0.088	1.14	0.13
Kaminsky & Kraus, 1993	0.012	0.75	0.14
	0.034	1.00	0.18
	0.088	1.29	0.24

EJEMPLO DE ANALISIS CON DIFERENTES ÍNDICES DE ROMPIENTE



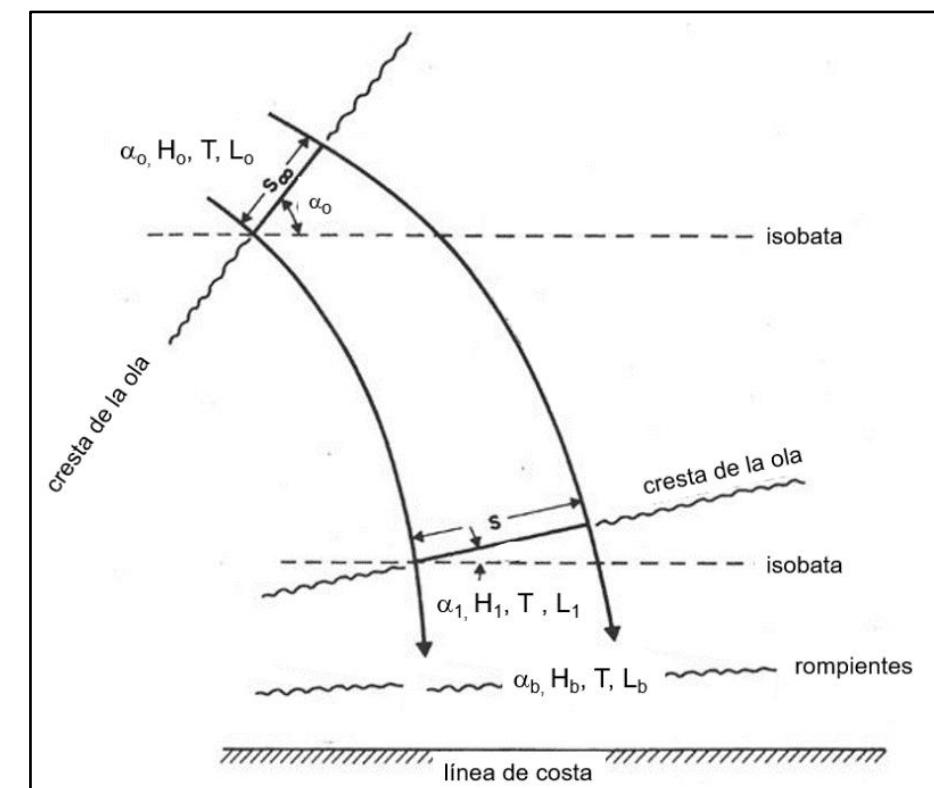
El valor medio de γ para todas formulaciones que dependen de la pendiente de la playa y del número de Iribarren es $0.93 (\pm 0.33)$ y el promedio de aquellos valores que dependen solamente de la pendiente es $1.0 (\pm 0.18)$. La figura muestra un histograma con valores de γ (Kaminsky y Kraus, 1993) y su frecuencia de ocurrencia para los datos de olas calculados por medio de la modelación con SWAN.

EJEMPLO DE CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DEBIDAS A OLAS DENTRO DE LA ZONA DE ROMPIENTES

A partir de los valores del índice de rompiente, γ , y los valores de alturas y períodos de las olas calculados por el modelo SWAN fuera de la zona de rompientes, se calcularon los valores de la altura de la ola en rompiente, H_b , y el ángulo de incidencia, α_b , necesarios para el cálculo de las corrientes paralelas a la costa inducidas por las olas dentro de las rompientes, por medio de los coeficientes de bajío (shoaling) y refracción a partir de las ecuaciones que se derivan de la conservación del flujo de energía (U.S. Army Corps of Engineers, 2002). La figura muestra las variables y su transformación por medio de los procesos de bajío y refracción.

Una vez seleccionado el valor de γ (Kaminsky & Kraus, 1993), para los 2 años de datos de olas disponibles de modelación, se puede utilizar la formulación de (Longuet-Higgins. 1970) para el cálculo de las corrientes paralelas a la costa dentro de la zona de rompientes.

Convención de parámetros para la transformación de las olas. Notas: los valores con el subíndice (0) son valores en aguas profundas, (1) cerca de la costa y (b) en el punto de rompiente.



EJEMPLO DE CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DEBIDAS A OLAS DENTRO DE LA ZONA DE ROMPIENTES

$$U_{LH} = \frac{0.15 \pi m}{C_f} \gamma \sqrt{gh_b} \sin(2\alpha_b) \quad (\text{Longuet-Higgins, 1970})$$

Donde U_{LH} corresponde a la velocidad máxima ubicada cerca del punto de rompiente, m es la pendiente de playa, C_f es el coeficiente de fricción (tiene valores en el rango 0.005 a 0.01, depende de la rugosidad del fondo), $\gamma = H_b/h_b$, donde h_b es la profundidad y α_b el ángulo de incidencia de olas en el punto de rompiente.

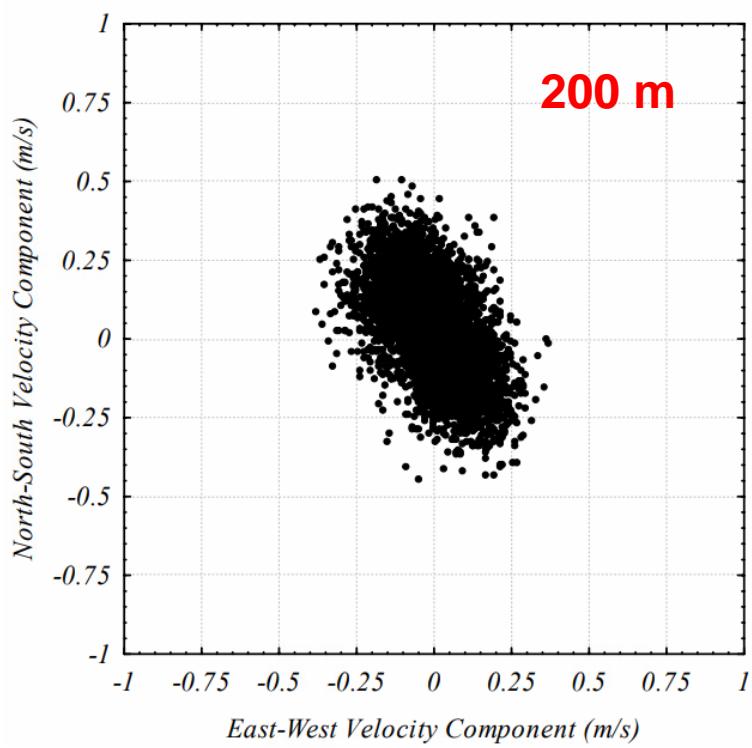
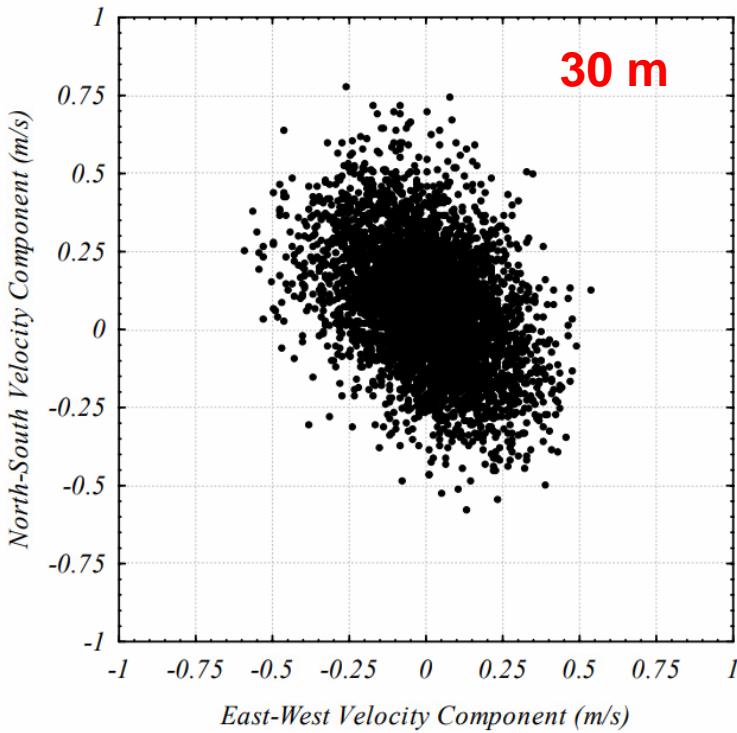
La velocidad calculada (máxima, U_{LH}) se dividió por 2 para que represente el valor medio de la velocidad dentro de la zona de rompientes (U_{LHM}), asumiendo que tiene una distribución lineal. La Tabla muestra las corrientes medias a lo largo de la costa calculadas con la formulación de (Longuet-Higgins, 1970).

Ocurrencia de las corrientes medias (U_{LHM}) a lo largo de la costa calculadas con la formulación de (Longuet-Higgins, 1970).

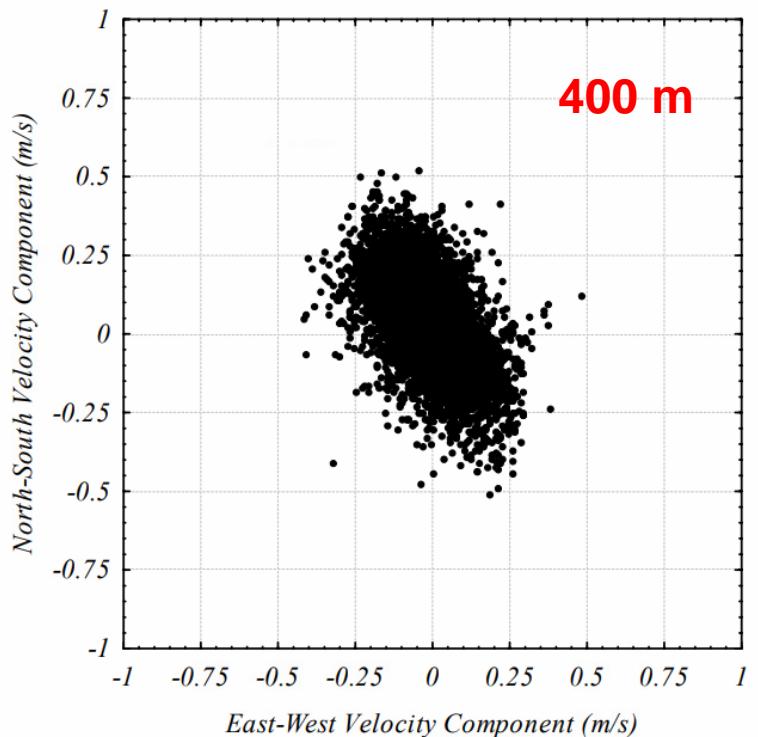
Dirección	Ocur.	Velocidad (m/s)						
		3.5-3	3-2.5	2.5-2	2-1.5	1.5-1	1-0.5	0.5-0
Hacia el NW (18.66%)	(%)	0.06	0.06	0.32	0.96	3.16	3.55	10.55
Hacia el SE (81.34%)	(%)	0	0.16	0.80	2.69	8.22	20.31	49.16

CORRIENTES

Corrientes de marea y viento: Sur Argentino

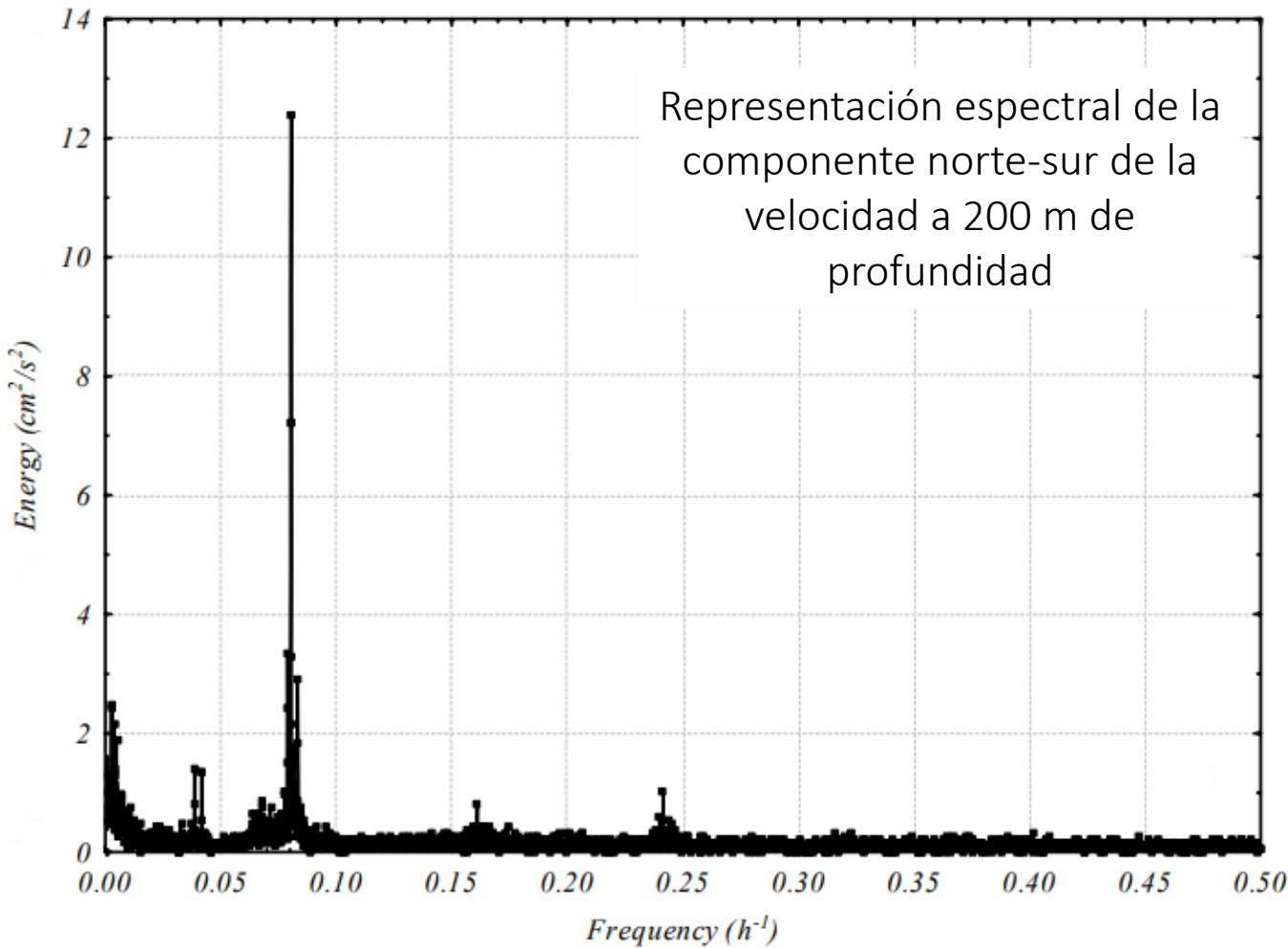


Diagramas de dispersión con mediciones en un sitio de 480 m de profundidad. Punto entre Malvinas e isla de los Estados



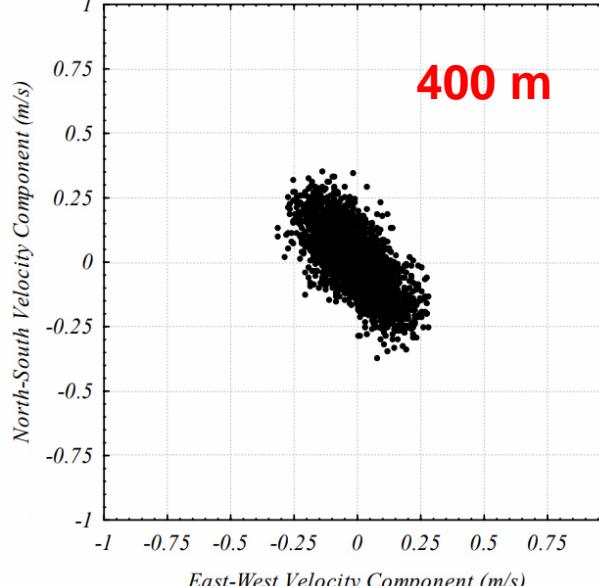
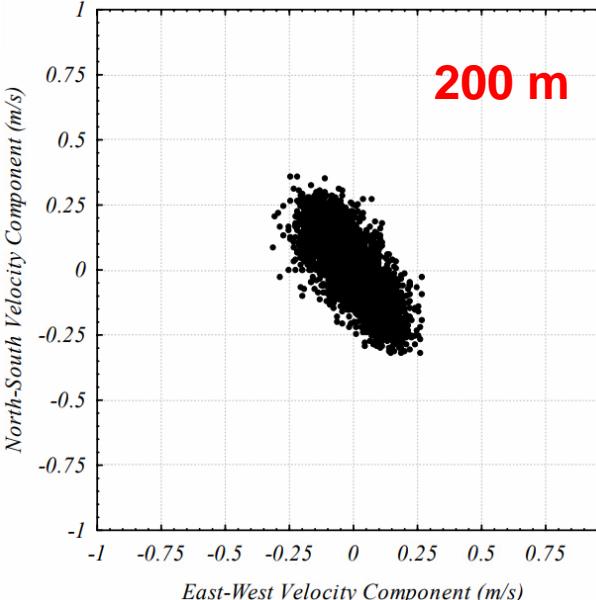
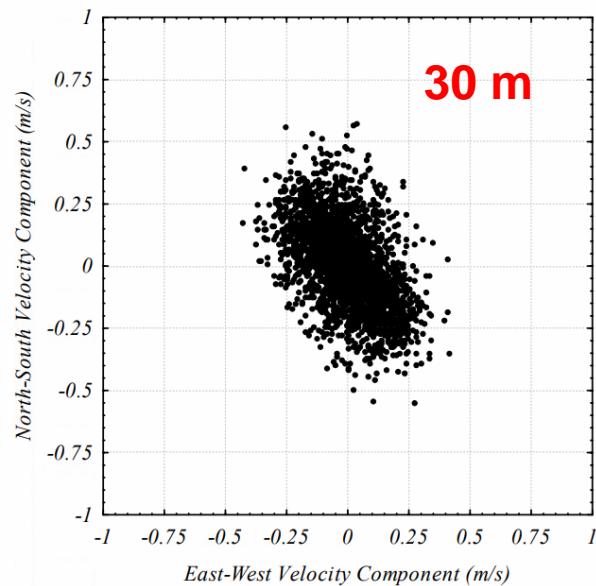
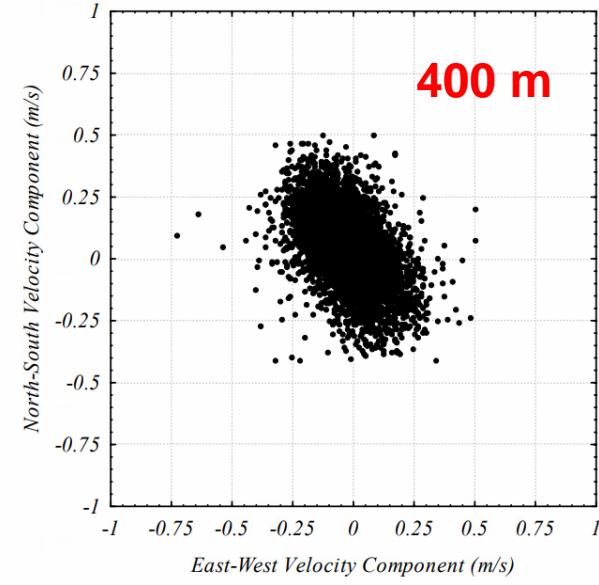
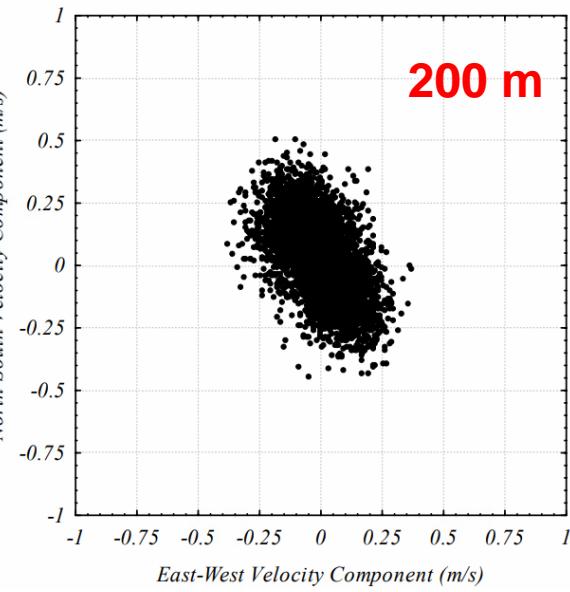
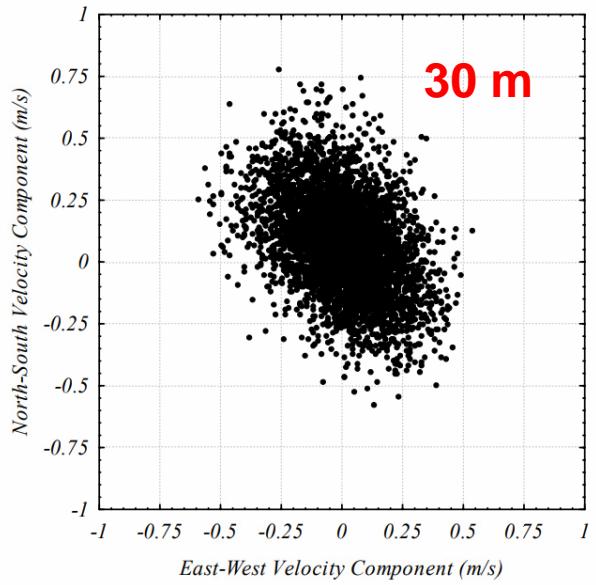
CORRIENTES

Corrientes de marea y viento: Sur Argentino



CORRIENTES

Diagramas de dispersión con mediciones de corrientes en un sitio de 480 m de profundidad.
Mediciones completas (arriba) y filtrando las variaciones mayores a 30 h (abajo)



Derrame de
hidrocarburos

Corrientes y
niveles del mar.

Forzantes:

- Vientos
- Mareas
- Corrientes
oceánicas

CORRIENTES

Corrientes de marea y viento: Sur Argentino

[deg]

-51.0

-51.5

-52.0

-52.5

-53.0

-53.5

-54.0

-54.5

69° 0' W

68° 0' W

67° 0' W

66° 0' W

65° 0' W

64° 0' W

63° 0' W

-51.0

-51.5

-52.0

-52.5

-53.0

-53.5

-54.0

-54.5

-51.0

-51.5

-52.0

-52.5

-53.0

-53.5

-54.0

-54.5

Derrame de hidrocarburos

-69.0

-68.0

-67.0

-66.0

-65.0

-64.0

-63.0

-62.0

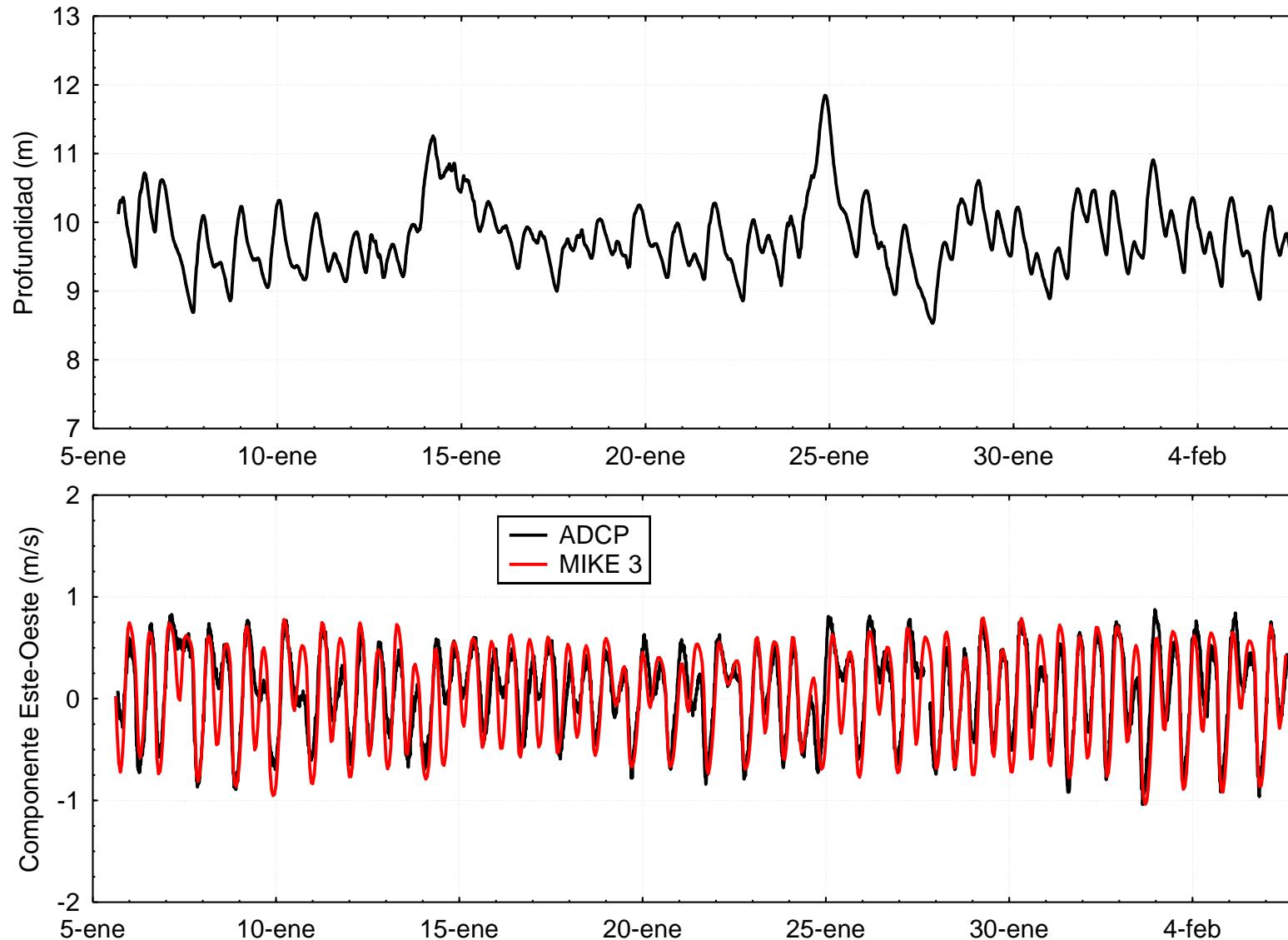
[deg]

Densidad de película
[g/m²]

- Above 5.0
- 1.0 - 5.0
- 0.1 - 1.0
- Below 0.1
- Undefined Value

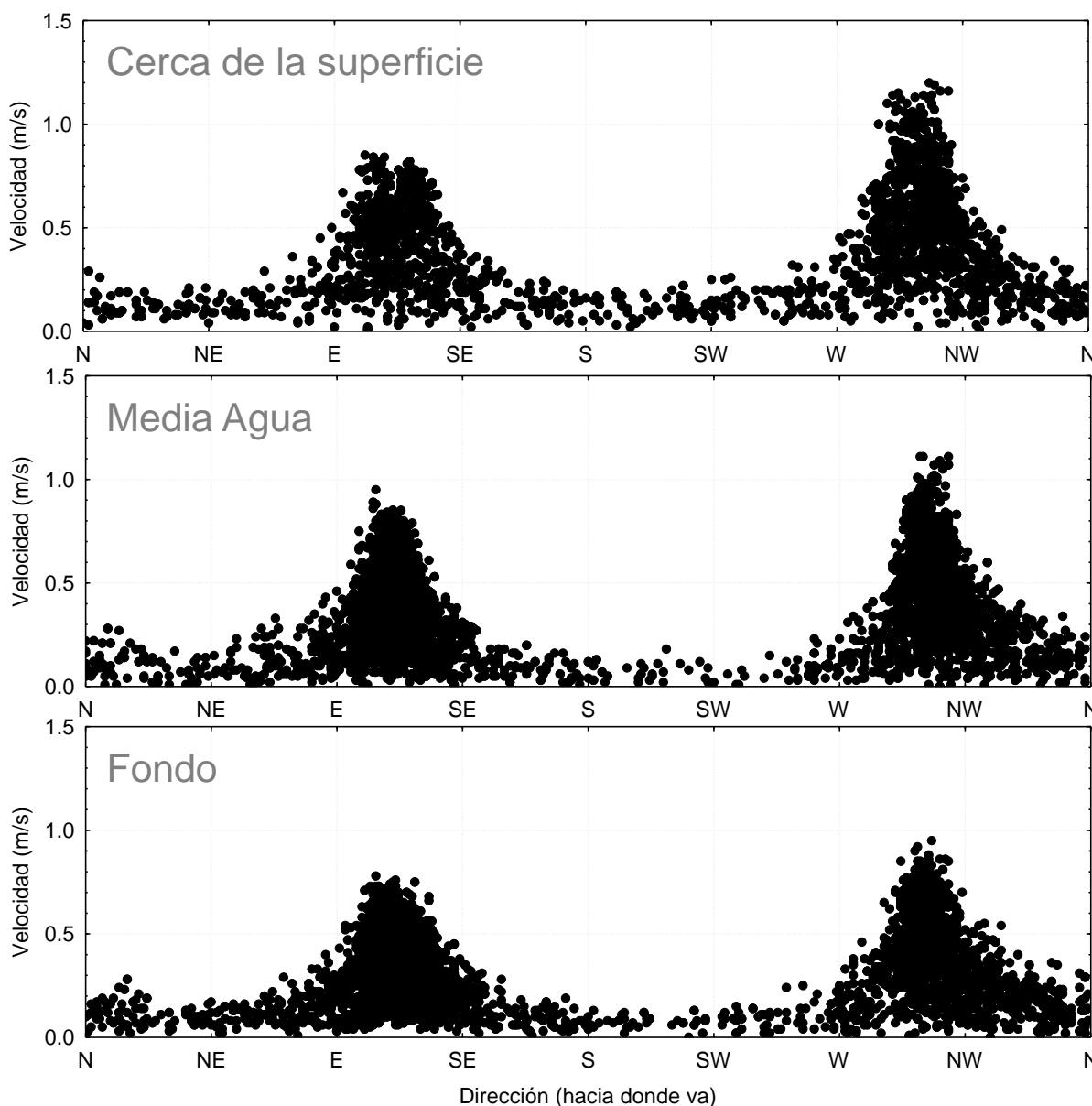
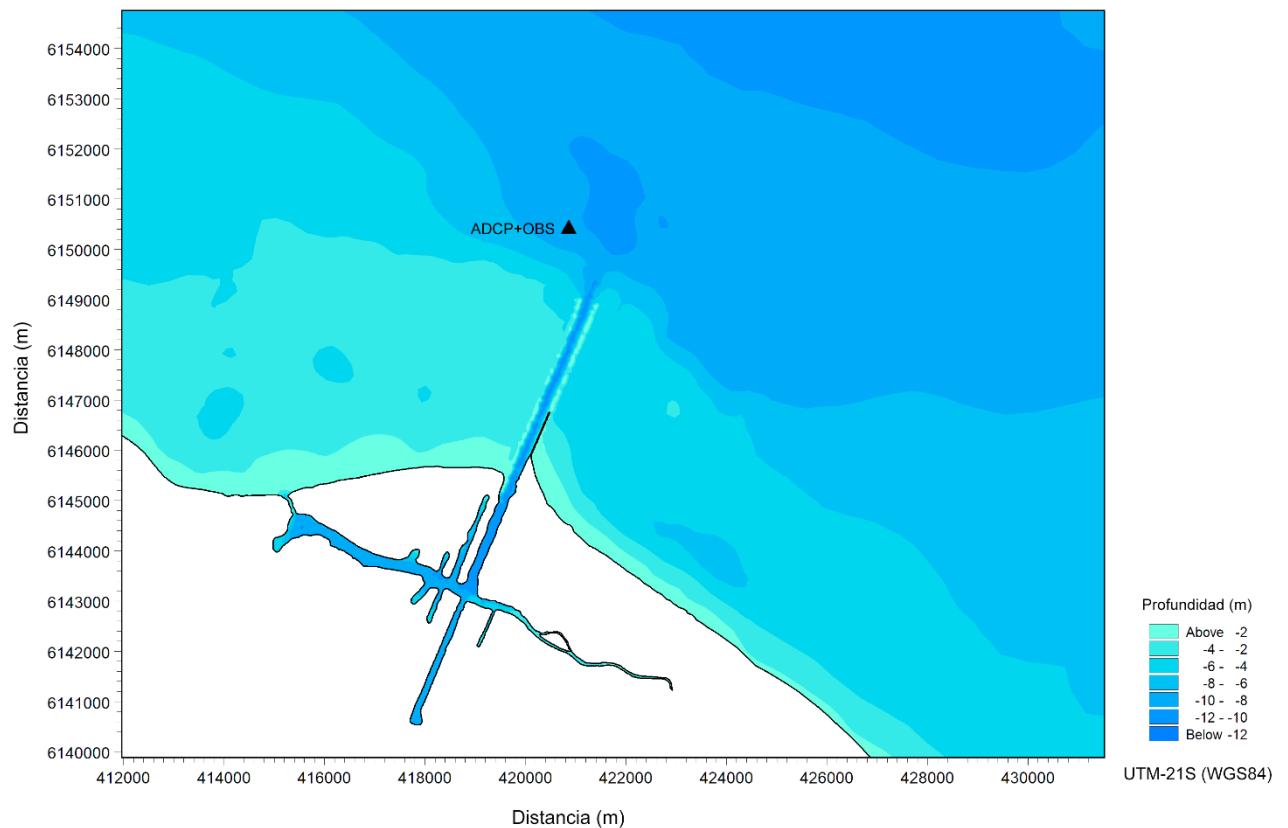
CORRIENTES

Corrientes de marea y viento: RDP Puerto La Plata



CORRIENTES

Corrientes de marea y viento: RDP Puerto La Plata

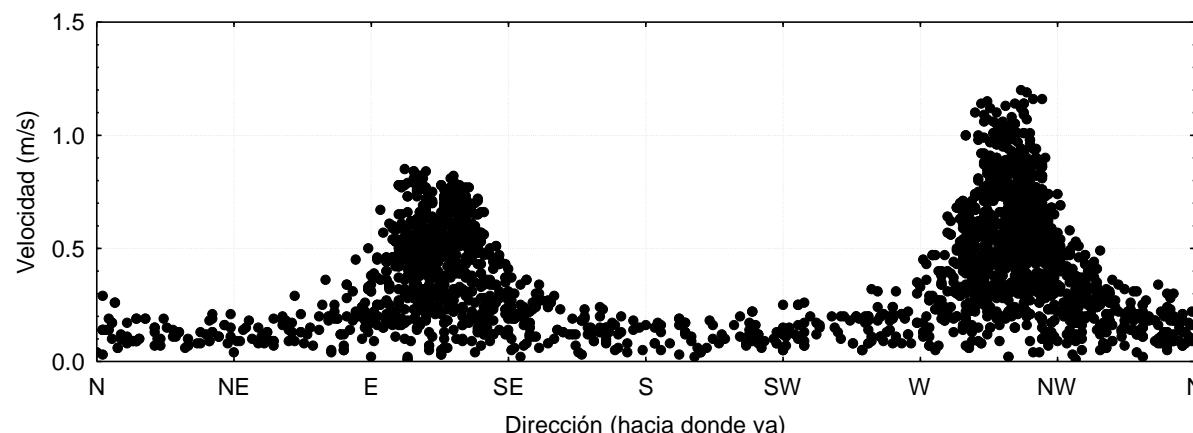


CORRIENTES

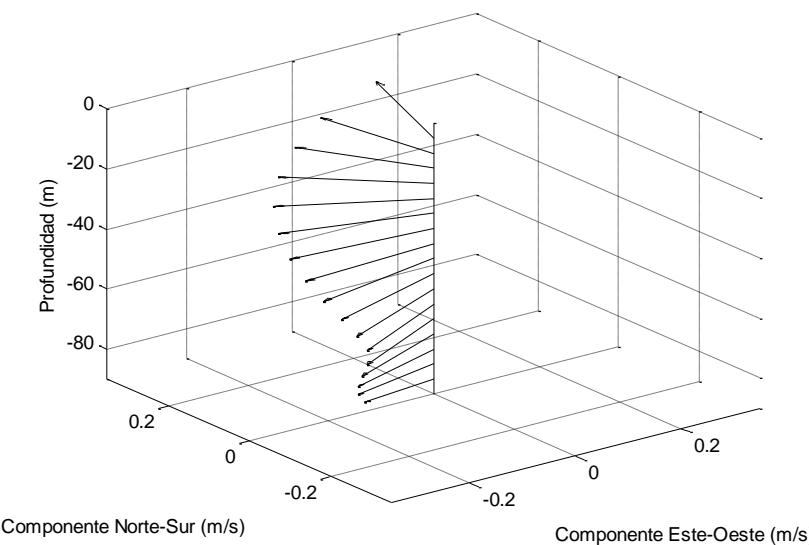
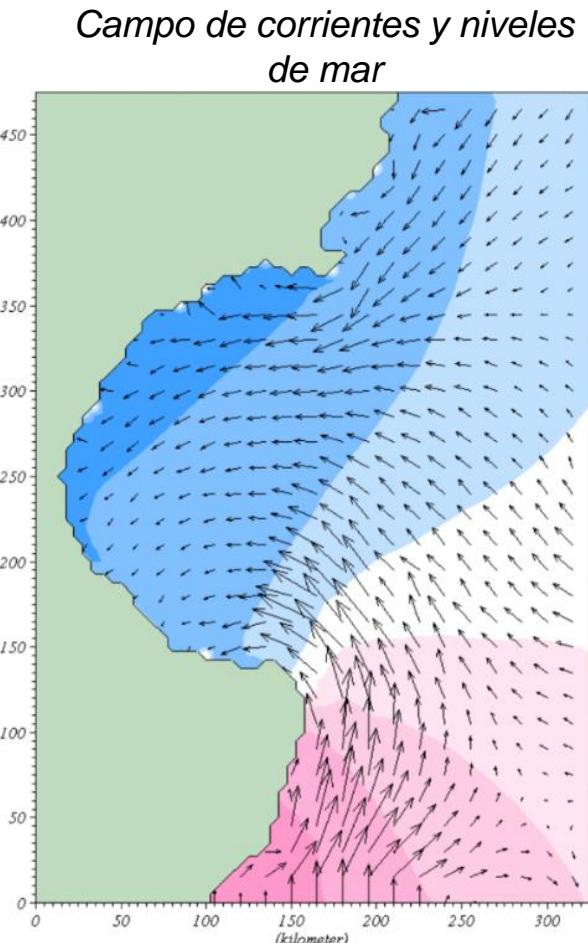
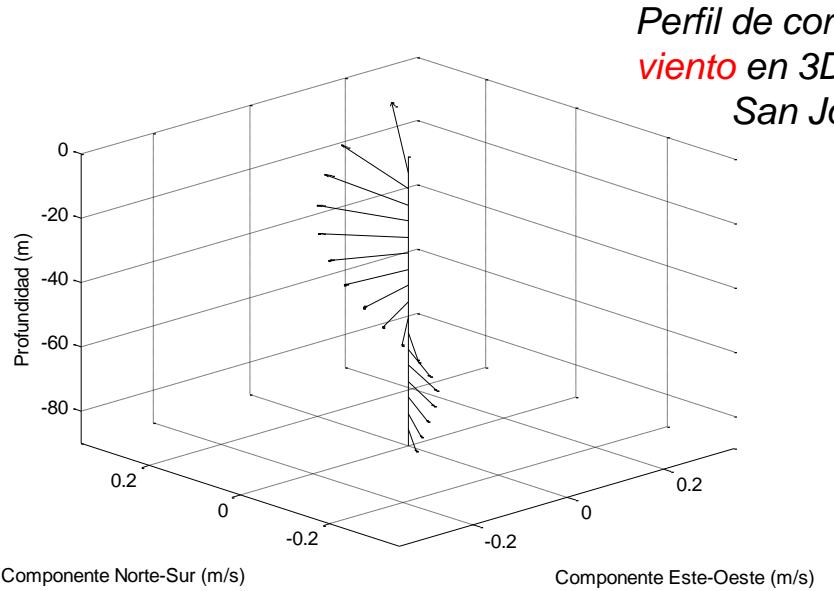
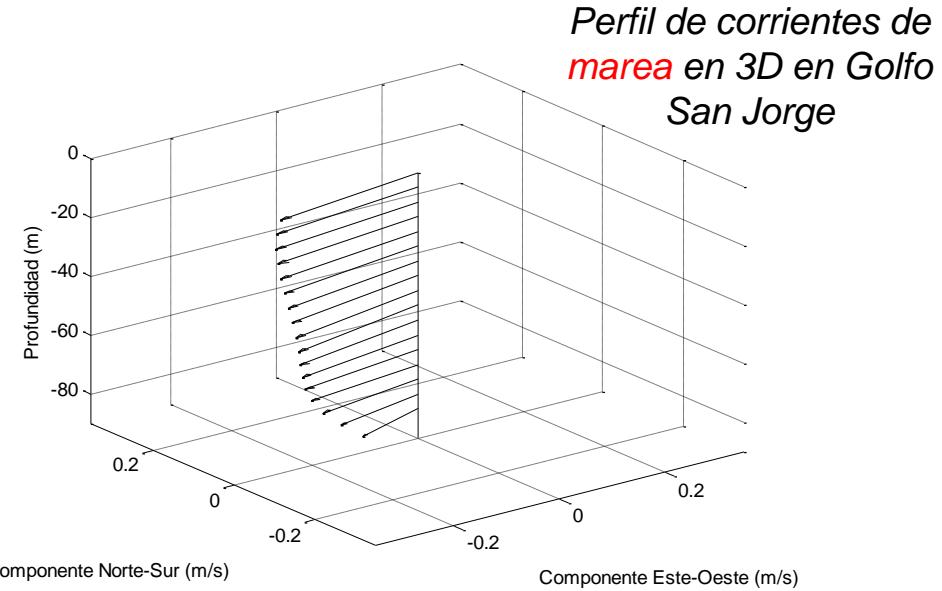
Corrientes de marea y viento: RDP Puerto La Plata

Velocidad (m/s)	Dirección (hacia donde van)								Suma
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
0.0 – 0.2	2.82	1.68	3.67	6.14	1.90	0.94	1.79	4.15	23.11
0.2 – 0.4	1.49	0.07	3.98	14.25	0.07		0.68	8.09	28.62
0.4 – 0.6	0.07		2.47	15.46			0.09	9.20	27.28
0.6 – 0.8			0.48	7.94				6.78	15.19
0.8 – 1.0			0.22	1.46				3.32	5.01
1.0 – 1.2								0.77	0.77
1.2 – 1.4								0.02	0.02
1.4 – 1.6									
Suma	4.37	1.75	10.82	45.26	1.97	0.94	2.56	32.33	100

Histograma de bidimensional dirección y velocidad de la corriente en la capa 8 (cerca de la superficie).
N = 4574



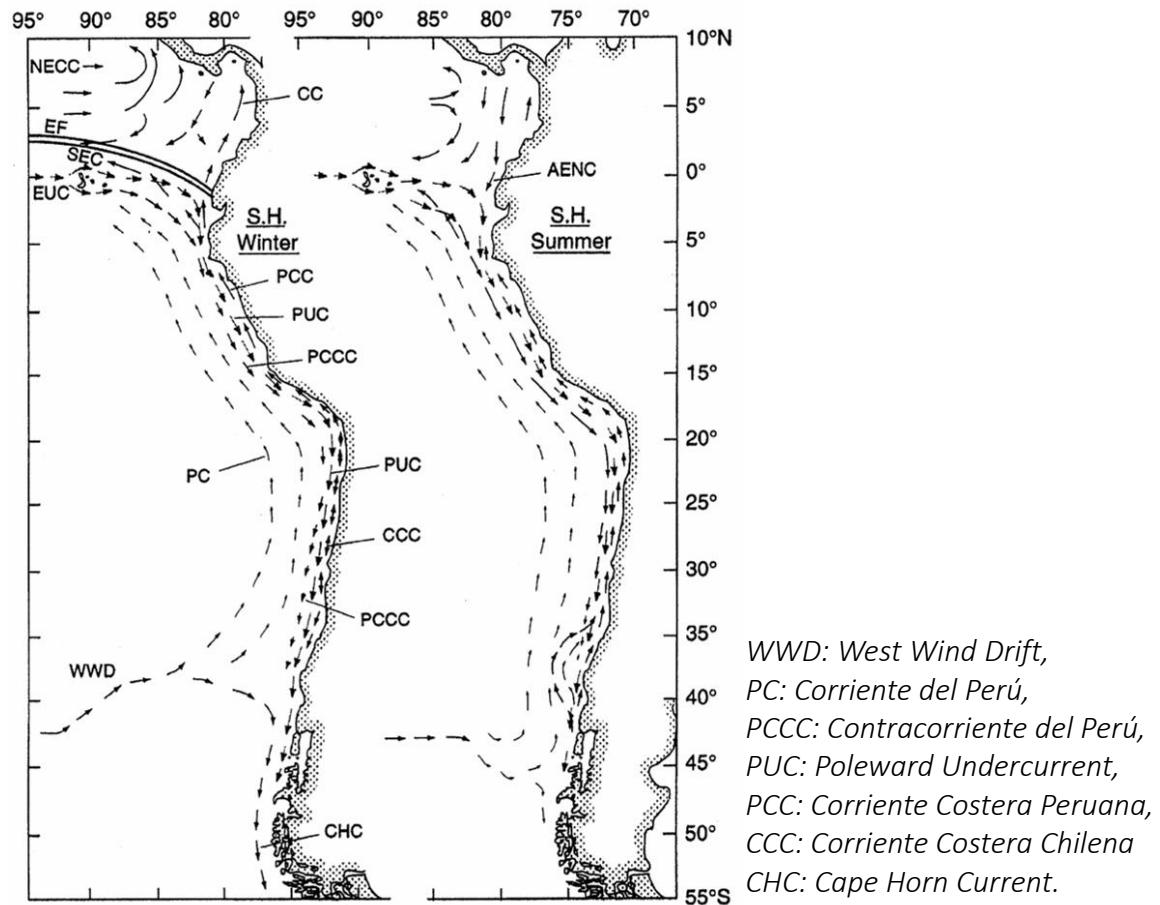
CORRIENTES



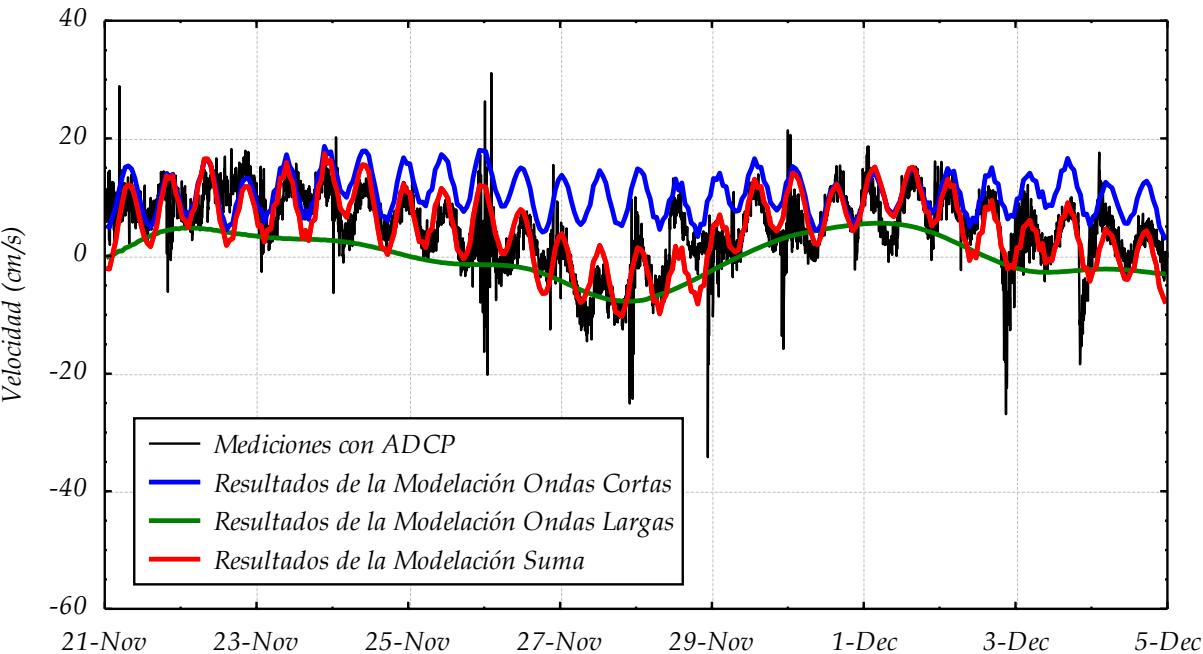
CORRIENTES

PROBLEMA. DEBEMOS CONOCER EL CAMPO DE CORRIENTES EN UN PUNTO, MEDIMOS. PARTE DE LA ENERGÍA LA PODEMOS ASOCIAR A UNA MECÁNICA CONOCIDA...¿Y EL RESTO?

Sistemas de corrientes oceánicas en el Pacífico Este (Strub y otros, 1998)



Ejemplo con la composición de velocidades



Nota: en valor de la componente Norte-Sur de la velocidad en superficie = Ondas Cortas x 1,2 + Ondas Largas 1,1 + Constante.

CORRIENTES

Las mareas y vientos son fuerzas generadoras de corrientes en el mar.

La herramienta para obtener resultados de Corrientes en base a vientos y mareas conocidas es la modelación matemática o modelado numérico.

Estos modelos resuelven las ecuaciones de conservación en forma numérica en un dominio grillado definido previamente.

Los cálculos inician con condiciones no necesariamente realistas. El modelo es alimentado por condiciones de contorno de vientos y mareas, principalmente en la Argentina, adecuadas para que genere resultados útiles.

CORRIENTES

Modelos numéricos hidrodinámicos. Soluciones numéricas de las ecuaciones de Navier-Stokes

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

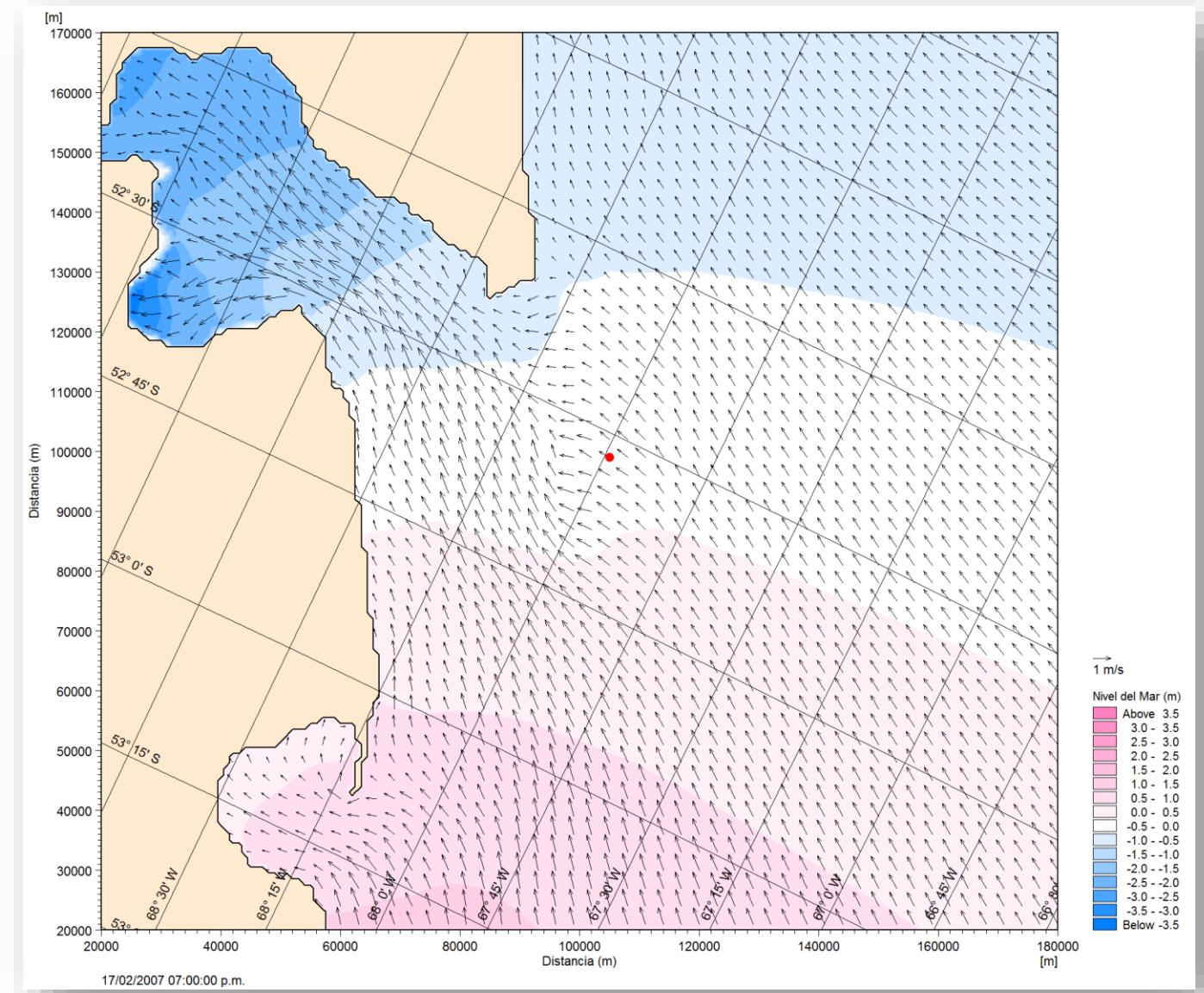
$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u E)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v E)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w E)}{\partial z} = -\frac{\partial p u}{\partial x} - \frac{\partial p v}{\partial y} - \frac{\partial p w}{\partial z} + S \quad (5)$$

where ρ is the air density, u, v, w are the components of the air's velocity, E is measure of the air's internal energy (which allows us to compute its temperature) and p is the air pressure.

CORRIENTES

Campo de corrientes y niveles para un instante

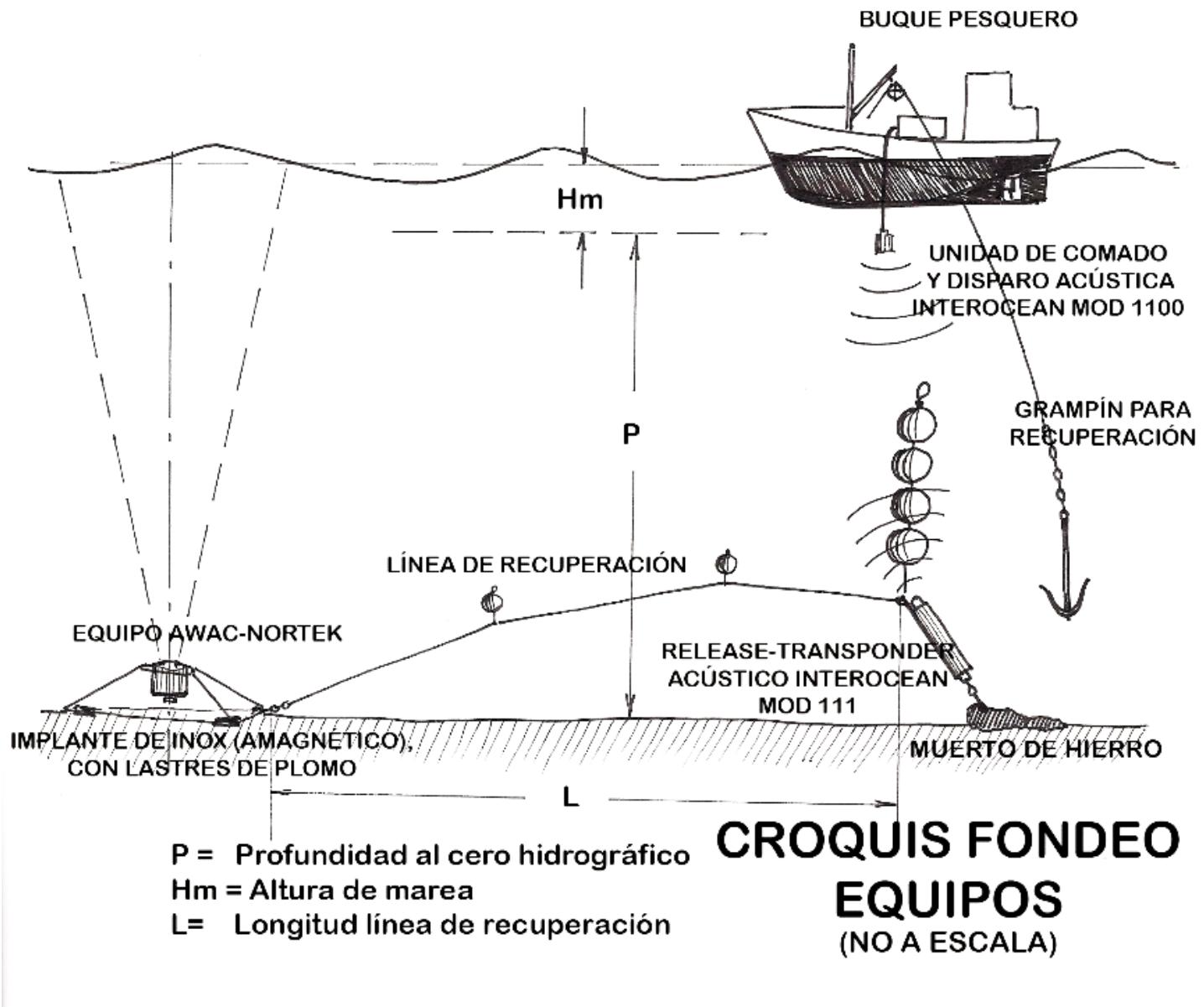


CORRIENTES

Mediciones de Corrientes
a 20 m, 50 m y 100 m



CORRIENTES



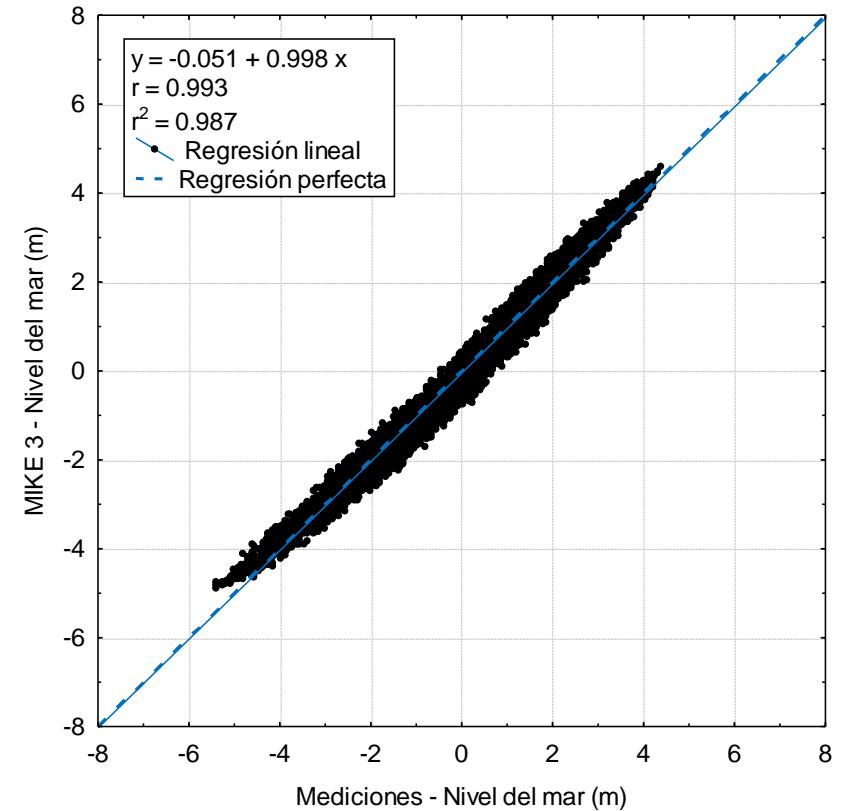
CORRIENTES

Calibración del modelo numérico

Existen algunos parámetros que se usan para calibrar el modelo de modo que los resultados sean representativos de la realidad. Típicamente la fricción de fondo, la viscosidad turbulenta y el coeficiente de transferencia del viento.

En la materia contaminación se realizó una comparación de 2 paquetes de resultados correspondientes a 2 corridas diferentes con mediciones. Una vez encontrada la configuración que mejor ajuste a la realidad se pueden realizar simulaciones con las condiciones deseadas, para explorar situaciones de interés.

Las Figuras que siguen ilustran acerca de la presentación de la calibración.



CORRIENTES

Calibración del modelo numérico

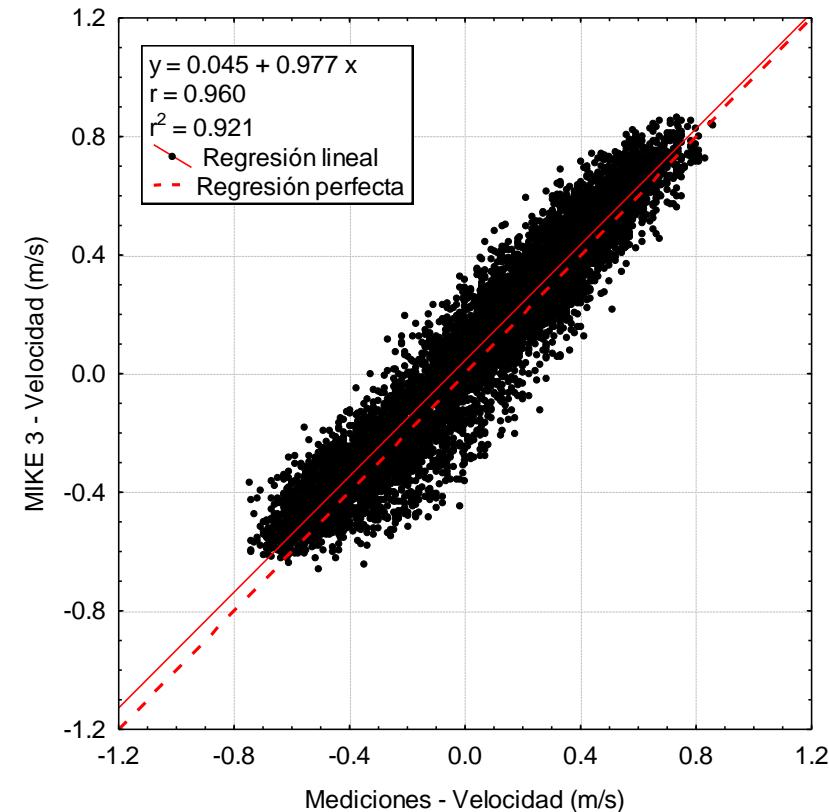
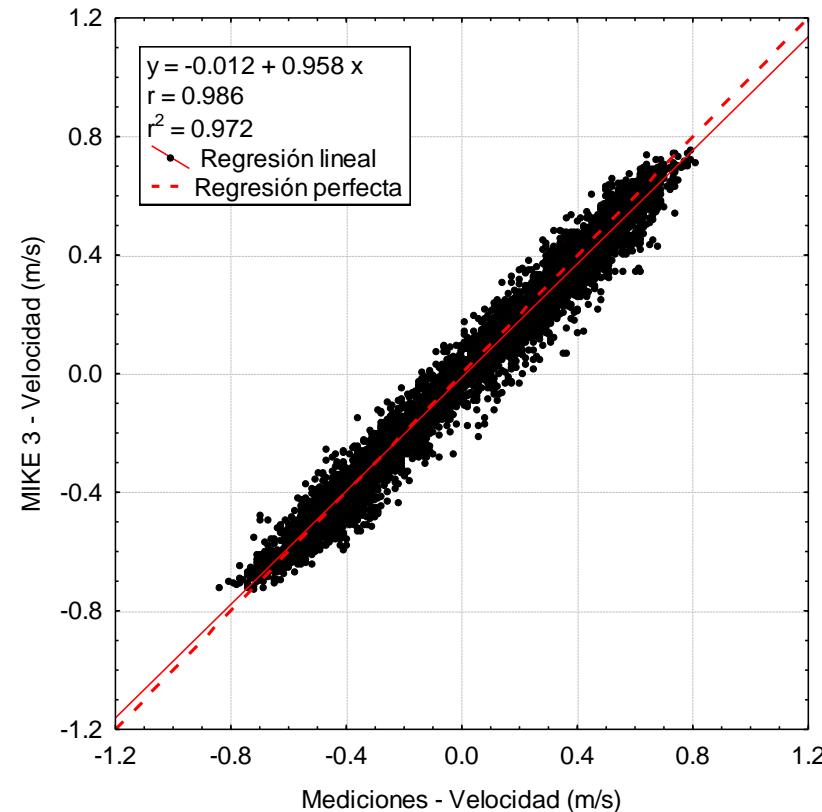
Las características del instrumento y del fondeo se describen a continuación:

- Estación: Pleyade METOCEAN
- Instrumento: ADCP AWAC 600 kHz Nortek
- Latitud: 53º 18' 19"
- Longitud: 67º 49' 52"
- Fecha de las mediciones: Con interrupciones desde el 29 de septiembre 29 de 2008 al 19 de abril de 2010
- Profundidad media del lugar: 37 m
- Posición del Instrumento: datos cada 2 m en la vertical
- Número de datos: 66658
- Intervalo de muestreo: 10 min
- Tipo de datos: corrientes y niveles del mar

CORRIENTES

Calibración del modelo numérico

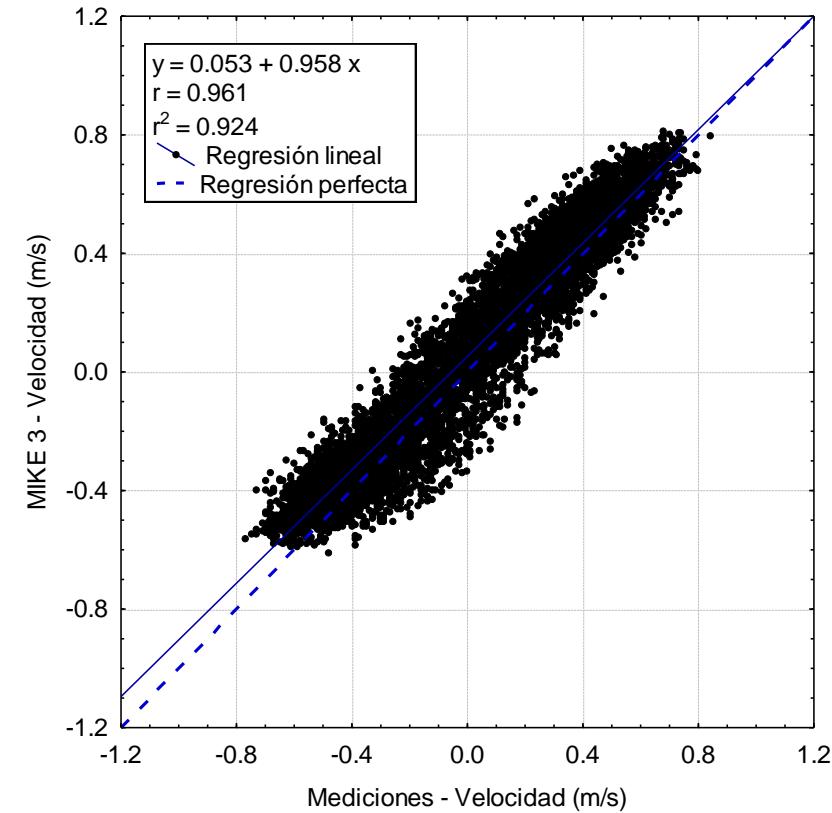
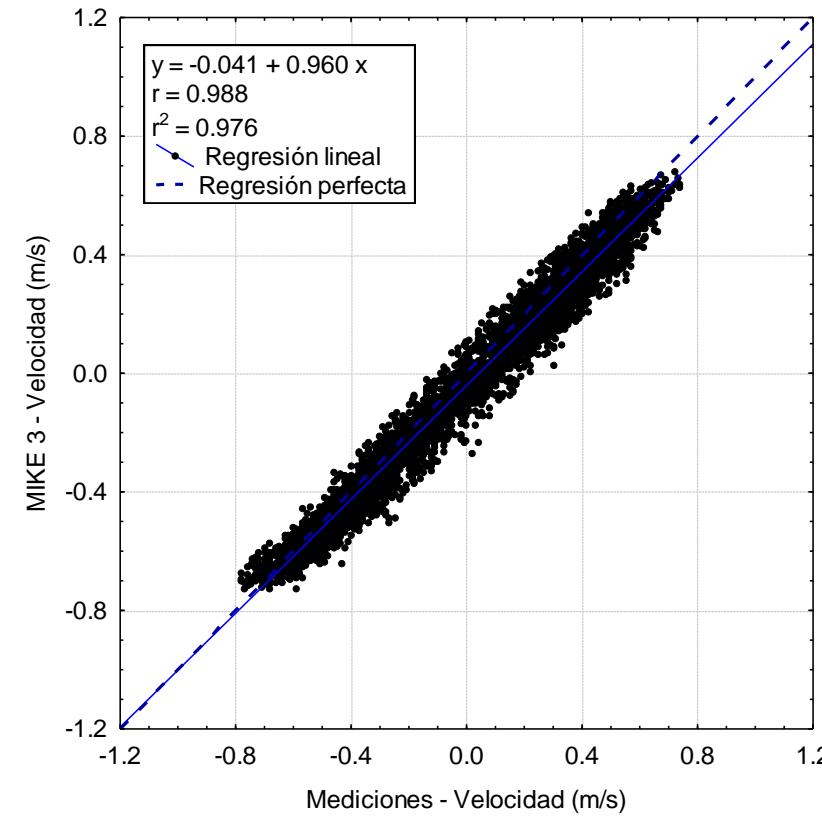
Comparación del MIKE 3D (HD) con mediciones de corrientes en Superficie. Componente Este-Oeste de la velocidad (derecha) y Componente Norte-Sur de la velocidad (izquierda).



CORRIENTES

Calibración del modelo numérico

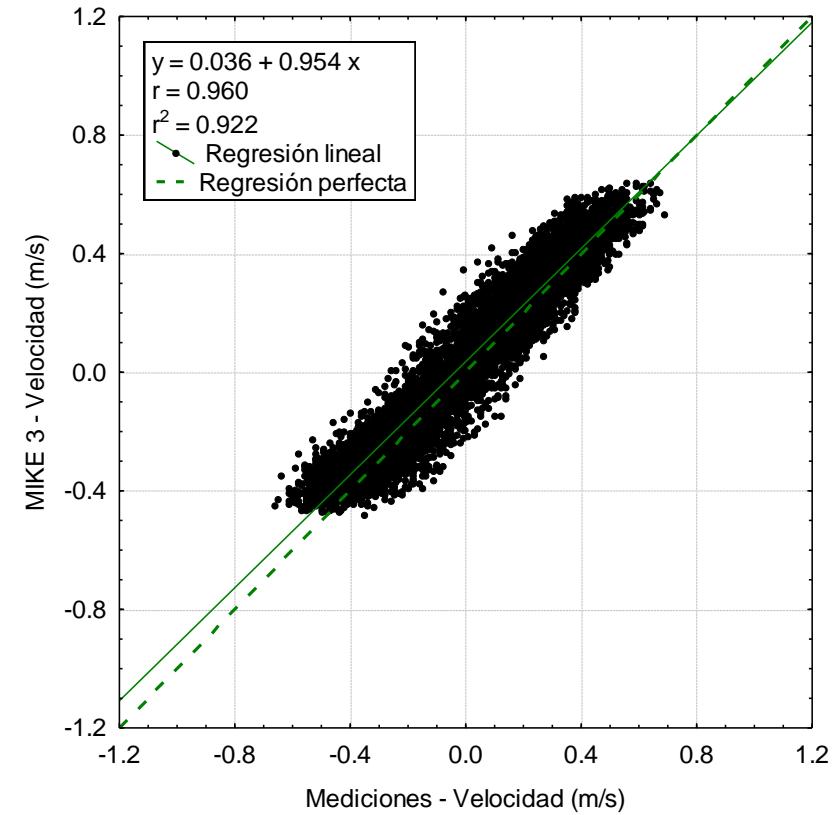
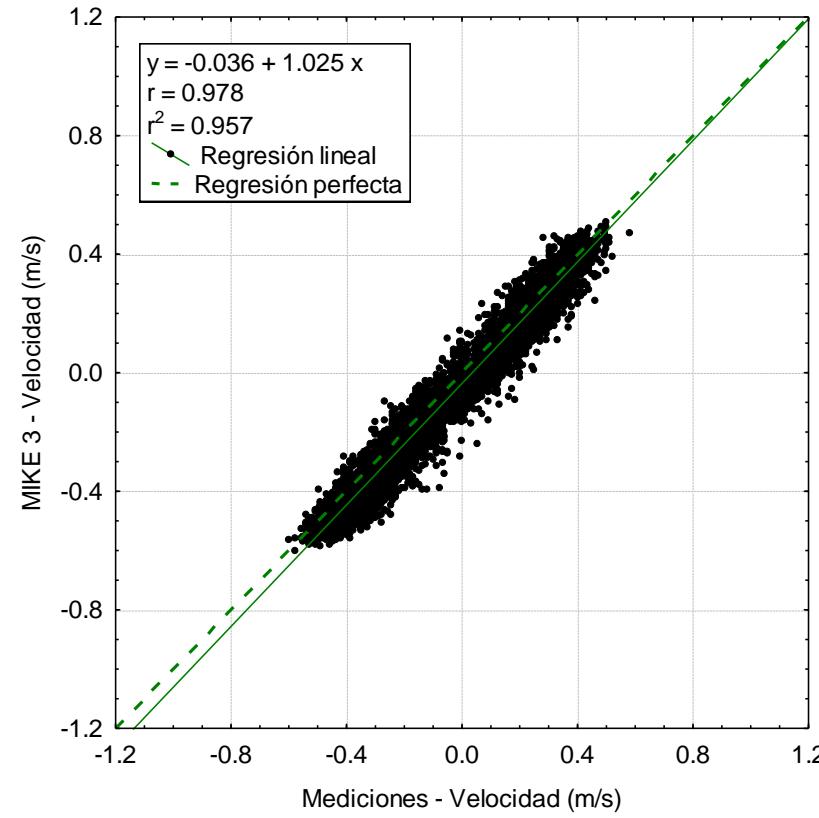
Comparación del MIKE 3D (HD) con mediciones de corrientes a Media Agua. Componente Este-Oeste de la velocidad (derecha) y Componente Norte-Sur de la velocidad (izquierda).



CORRIENTES

Calibración del modelo numérico

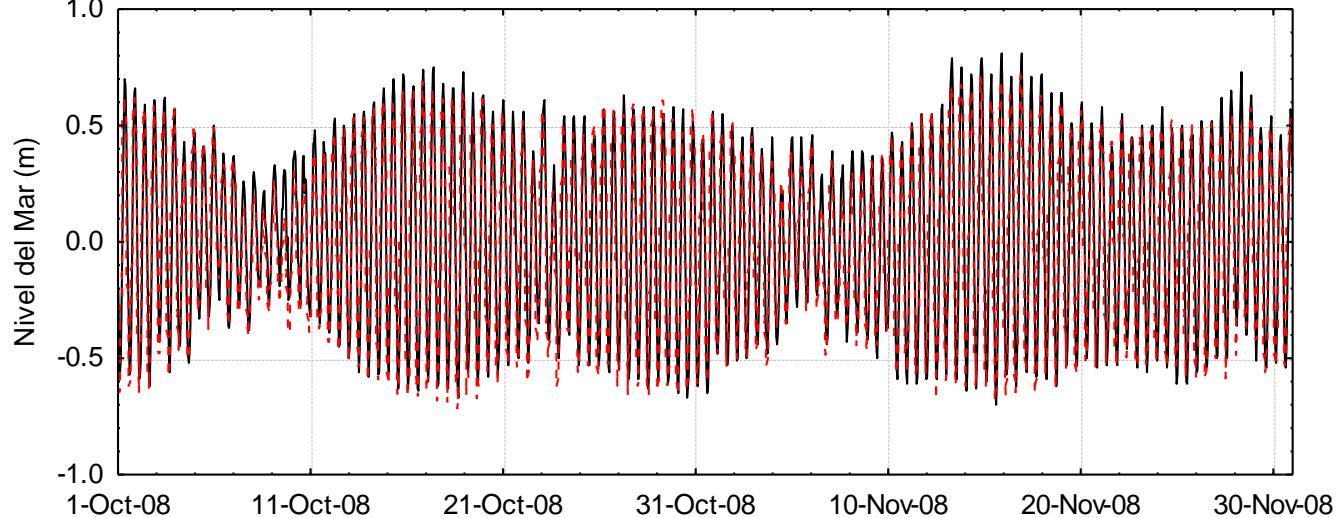
Comparación del MIKE 3D (HD) con mediciones de corrientes el Fondo. Componente Este-Oeste de la velocidad (derecha) y Componente Norte-Sur de la velocidad (izquierda).



CORRIENTES

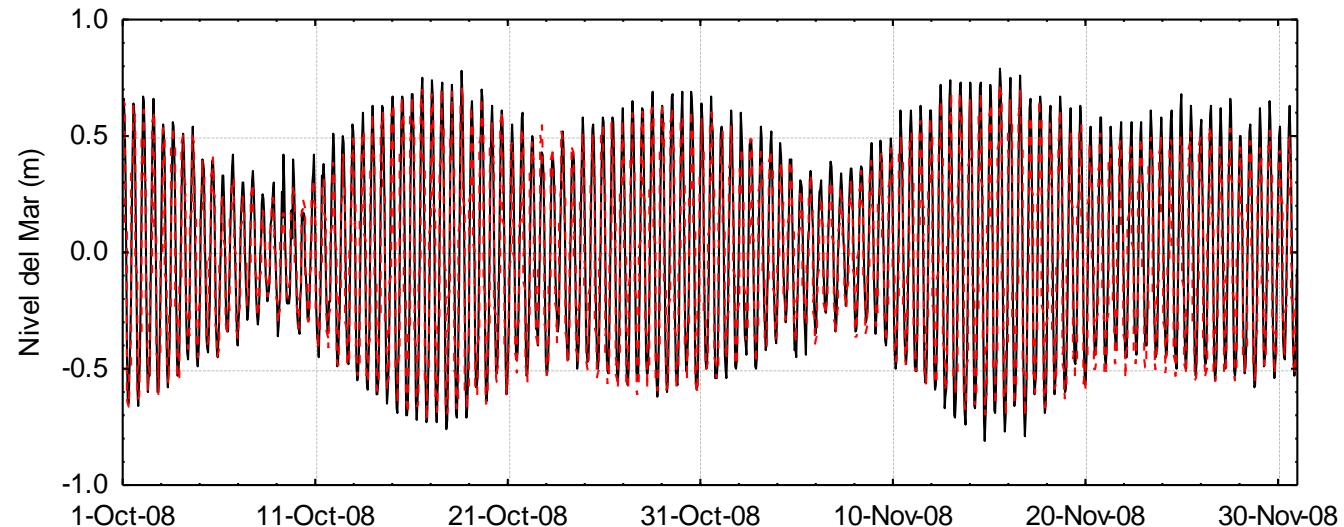
Calibración del modelo numérico

Componente Norte-Sur **SUPERFICIE** - Octubre y noviembre 2008
— Medido - - - Simulado con Mike 3



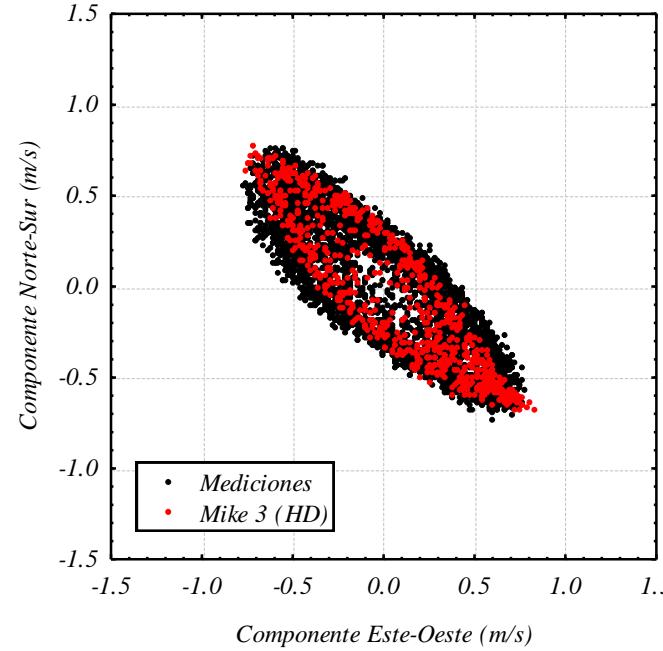
Componente Este-Oeste **SUPERFICIE** - Octubre y noviembre 2008

— Medido - - - Simulado con Mike 3

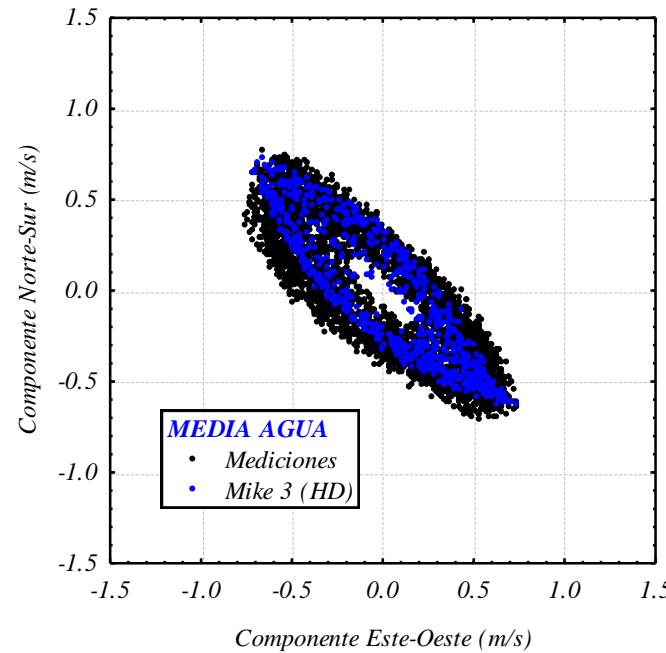


CORRIENTES

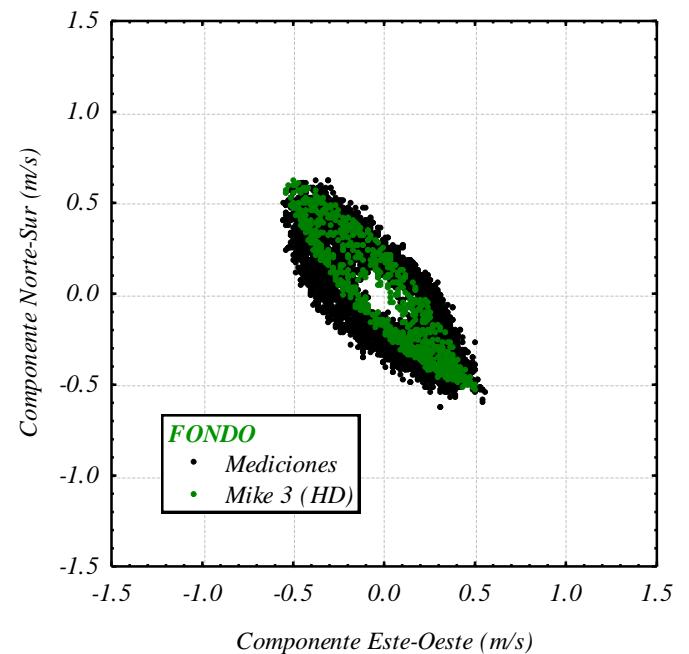
Calibración del modelo numérico



Superficie



Media Agua



Fondo

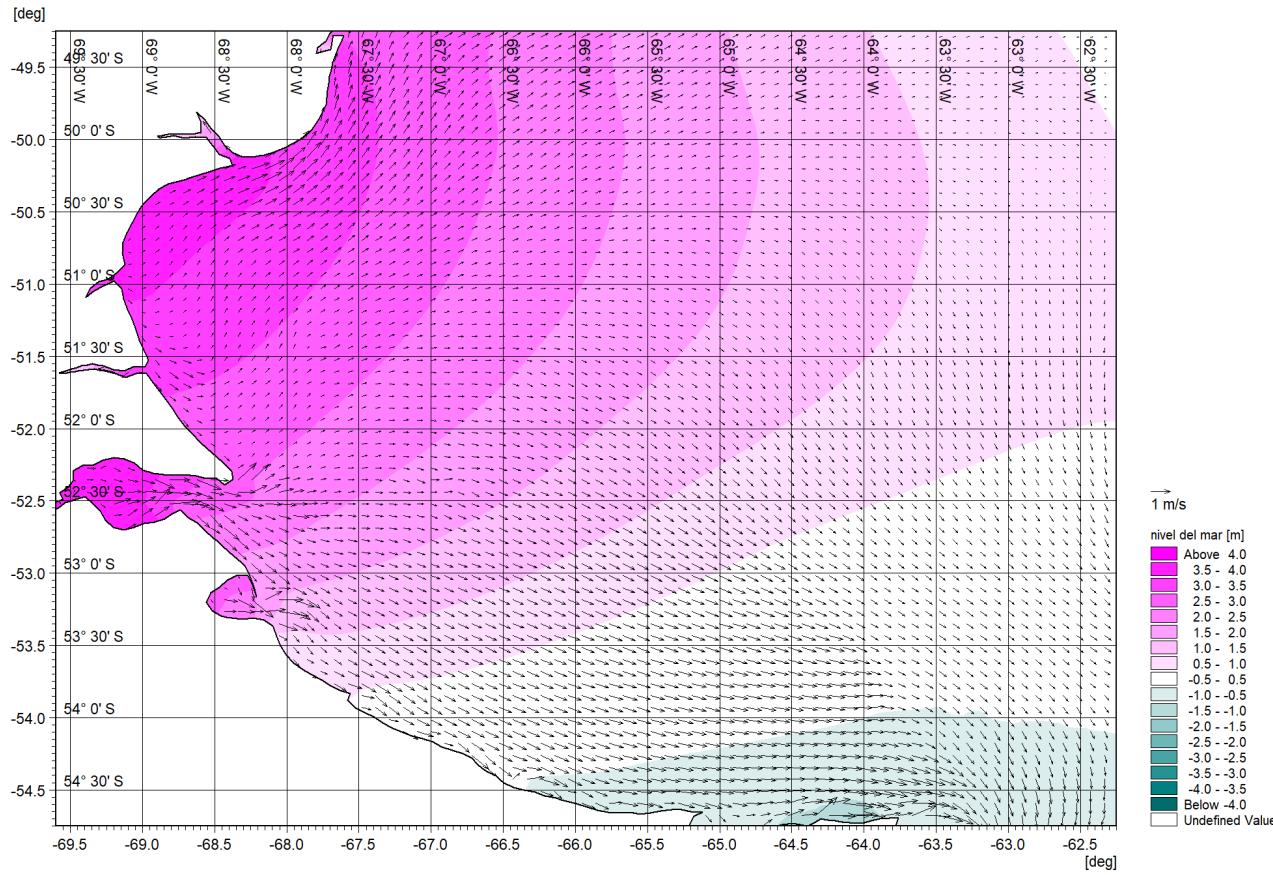
CORRIENTES

Corrientes extremas

Pueden verse 3 maneras de realizar los cálculos de valores extremos de corrientes:

OPCIÓN 1

1. Correr un modelo hidrodinámico calibrado que genere 30 años de corrientes por mareas (usando **FES14** por ejemplo) y vientos (usando **ERA5** por ejemplo). Con los 30 años de datos que resultan es posible calcular las condiciones extremas (usando **Extremes.py** por ejemplo).



CORRIENTES

Corrientes extremas

OPCIÓN 2

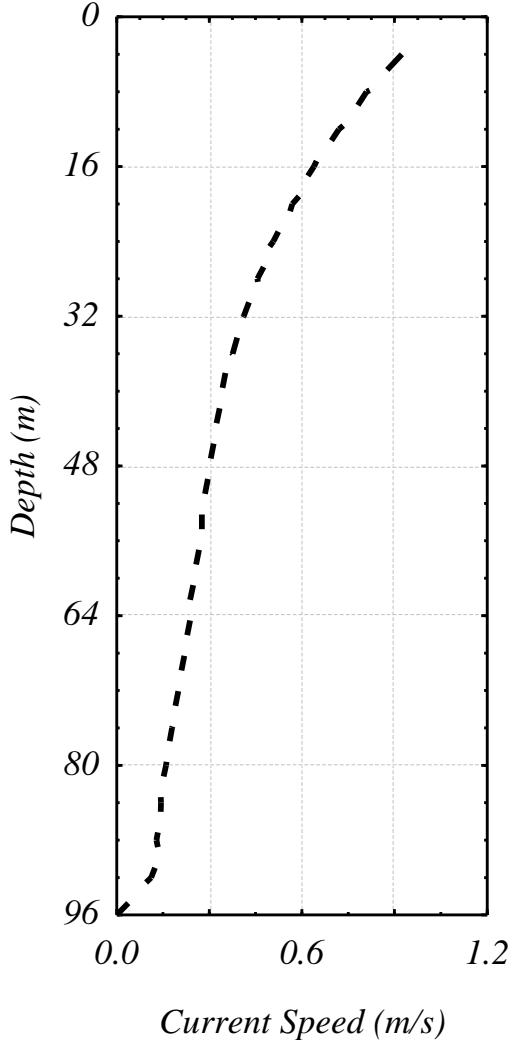
2. **Perfiles de corrientes extremas puras de viento (A).** Simular las corrientes extremas usando el viento extremo, por lo que a cada viento extremo le corresponderá un perfil de corrientes asociado. Esto requiere correr un modelo calibrado que alcance el estado estacionario produciendo un perfil de corriente constante en el tiempo y variable en la vertical.

Corrientes extremas puras de marea (B). Luego deben simularse las corrientes debidas a la marea, se selecciona un ciclo de máxima amplitud para obtener las mayores velocidades.

Sumar vectorialmente por profundidades A y B.

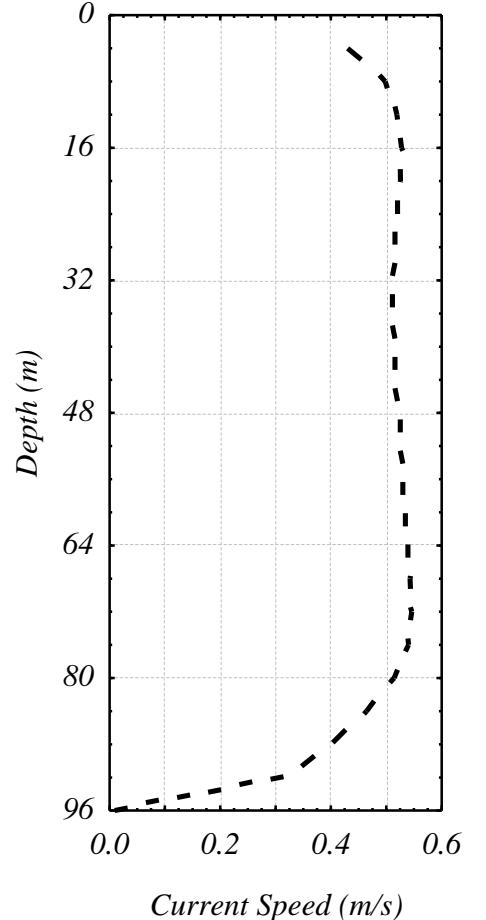
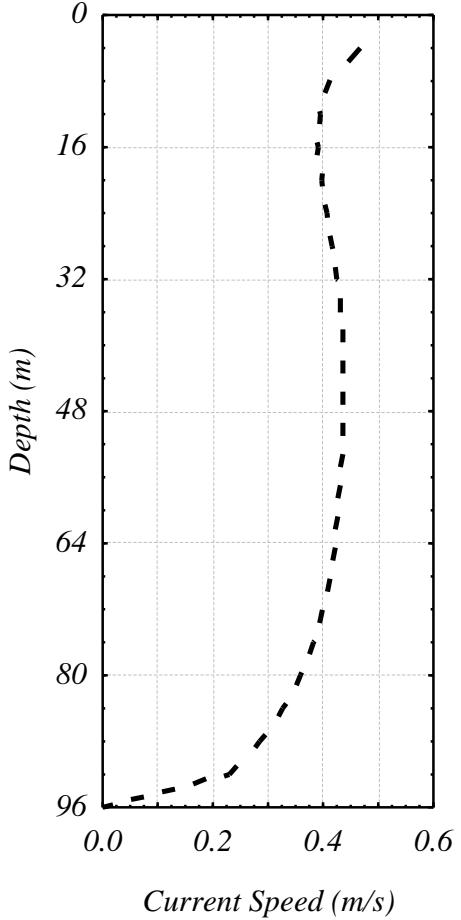
CORRIENTES

Corrientes extremas



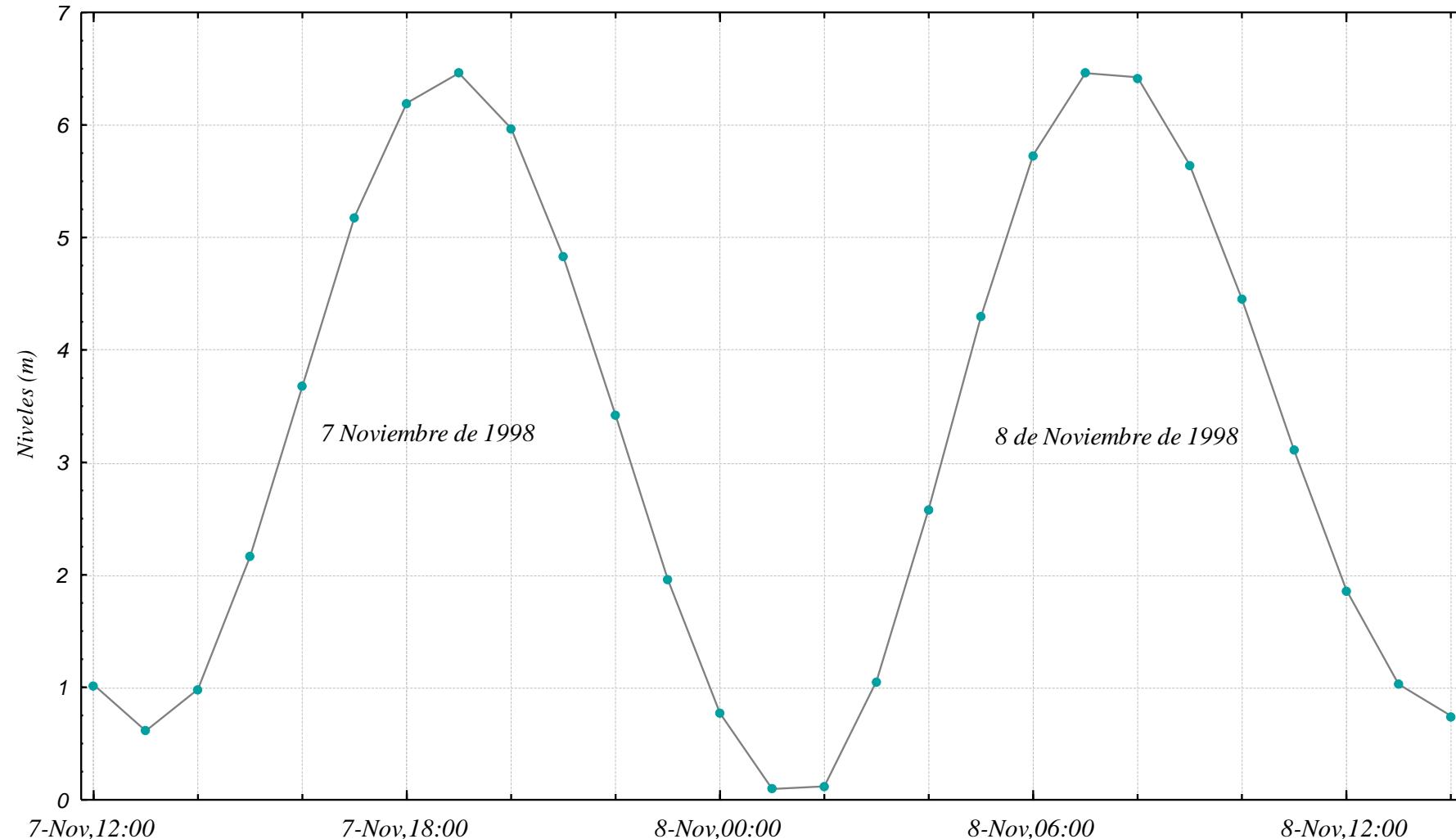
Example. Wind driven currents: results of modelling with MIKE 3 (HD). Current profiles in terms of the speed versus depth. Extreme wind scenario with speed of 26.8 m/s, from SW direction, forced this particular situation.

Example. Tidal current speed profile corresponding to November 7 and 8, 1998. (Left): 2 hours after HW. (Right) 2 hours after LW. Profiles computed by MIKE 3 (HD).



CORRIENTES

Niveles de Marea Cálculos por el Mike 3 en Comodoro Rivadavia para 7 y 8 Noviembre de 1998



CORRIENTES

Corrientes extremas

NOTAS DE LA OPCIÓN 2:

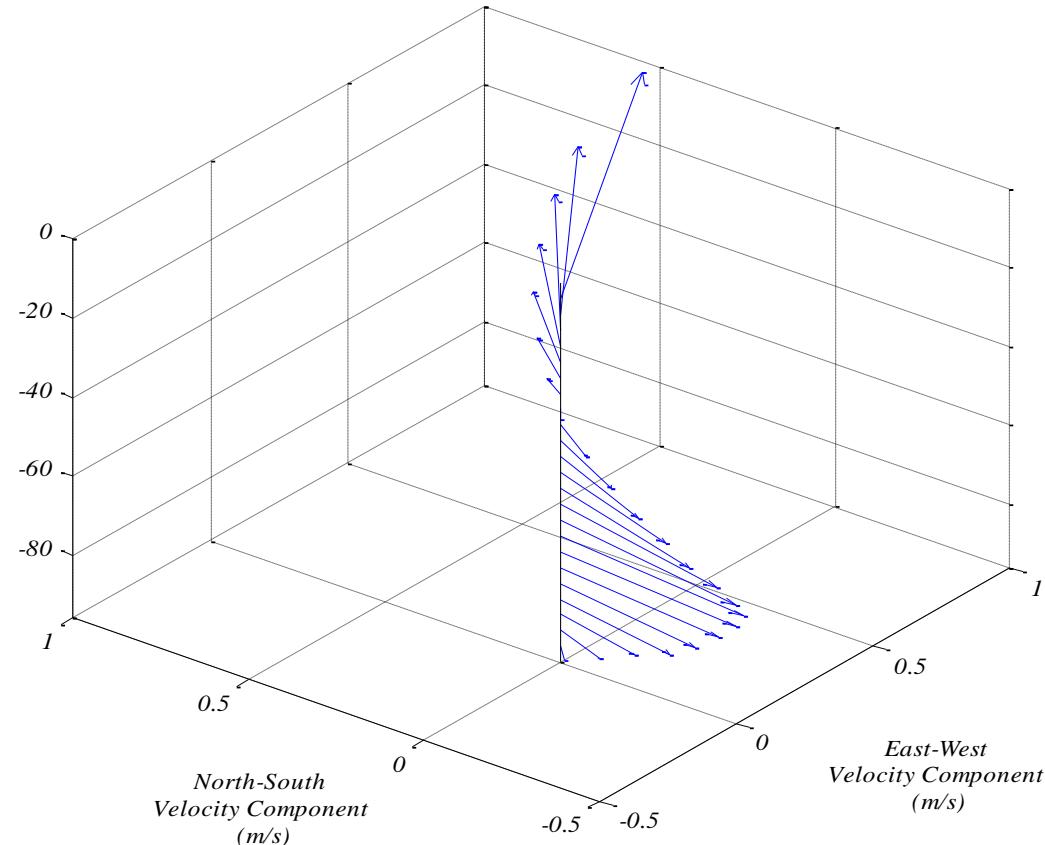
- a) La opción 2 requiere aceptar cierta independencia entre la generación de corrientes debidas a vientos y a las mareas, esto dependerá la zona de interés.
- b) Las mareas de siccias tienen diferencias relativamente pobres entre sí, por lo que en lugar de seleccionar el caso de mayor amplitud fuera otro ciclo las diferencias no serían, importantes. De todos modos, para asegurar las mayores velocidades se utiliza el de mayor amplitud.
- c) Usando la opción 2 se realizaban los cálculos antes de la capacidad que hoy ofrecen las computadoras. En este curso vamos a analizar ambas alternativas porque no siempre se tiene mucho poder cálculo a mano, como para generar 30 años de datos.

CORRIENTES

Corrientes extremas

OPCIÓN 3

Simular las corrientes extremas usando el viento extremo durante un ciclo de gran amplitud de marea. Luego de cada corrida se selecciona el instante que haya la máxima velocidad.



*Example. Total current, modeling results.
Velocity profile driven by tide and wind from W, for 100 year return period.
The profile shows a maximum velocity at sea surface with 1.37 m/s towards NE, occurring 2 h before low water.*

Ejercicio Final: presentación de un trabajo aplicado

Fechas de presentación:

- Lunes 1 de julio de 2024
- Miércoles 3 de julio de 2024

Van a contar con los informes finales y las presentaciones realizadas. Deben leerlos, entenderlos y realizar la presentación

Distribución de los trabajos sugerida por los docentes (se puede negociar):

- Estefanía: 2011. PAE METOCEAN GSJ FINAL REPORT (TEXT) MAY 2
- Gonzalo: 2016. TECHINT - ESSA Informe Final
- Katja: 2014. ESSA FINAL REPORT - Wave Disturbance inside the PERU LNG Port Terminal
- Lara: 2024. Geometocean - PLNG (CSR28) Relevamiento Morfológico Costero (español)
- Marcos: 2016. Barranqueras - Tasa de sedimentación

Ejercicio Final: presentación de un trabajo aplicado

Fechas de presentación:

- Lunes 1 de julio de 2024
- Miércoles 3 de julio de 2024

Van a contar con los informes finales y las presentaciones realizadas. Deben leerlos, entenderlos y realizar la presentación

Opciones:

-  2007. YAGANA SIPETROL - INFORME ESSA.pdf
-  2011. PAE METOCEAN GSJ FINAL REPORT (TEXT) MAY 2.pdf
-  2013 Informe Final Punta Punta Tigre. Incluye recirculación.pdf
-  2014 ESSA FINAL REPORT - Wave Disturbance inside the PERU LNG Port Terminal (November 1st).pdf
-  2016 TECHINT - ESSA Informe Final (29 julio).pdf
-  2019 Barranqueras - Tasa de sedimentacion.pdf
-  2024 Geometocean - PLNG (CSR28) Relevamiento Morfológico Costero (español).pdf