PROYECTO DE TÍTULO

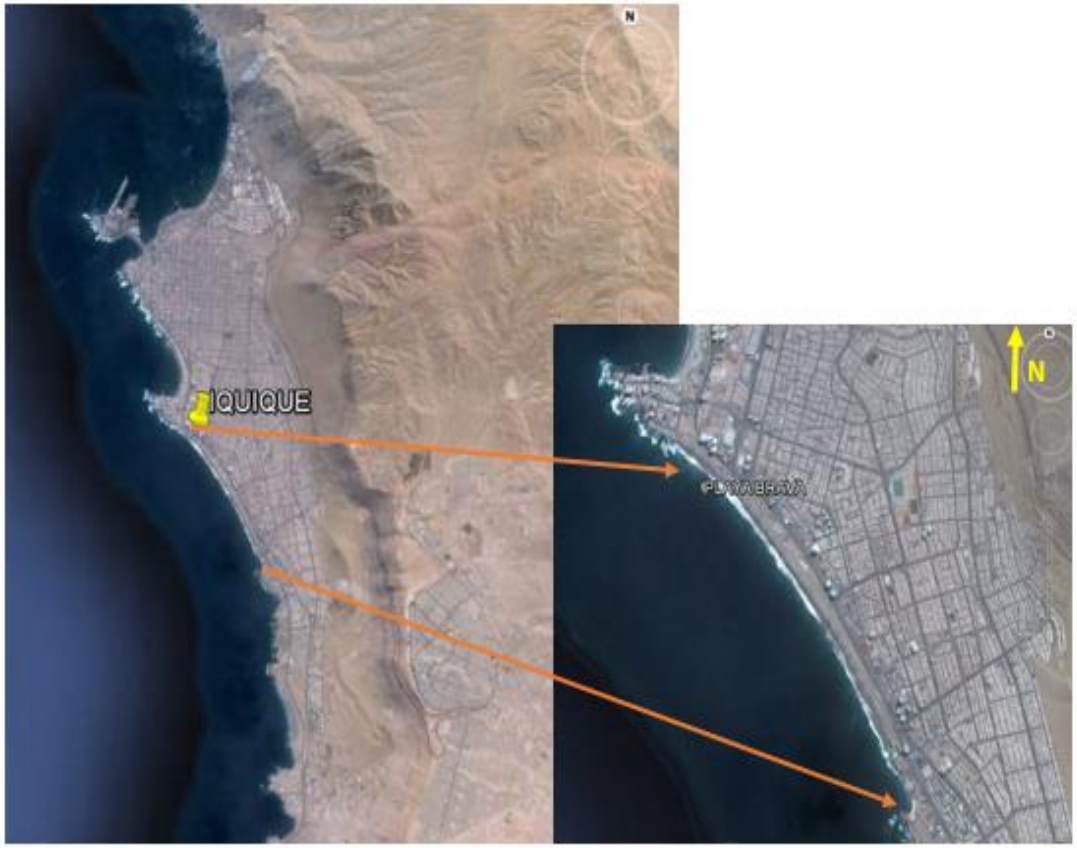
CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA Y MORFODINÁMICA , PLAYA BRAVA, IQUIQUE,REGIÓN DE TARAPACÁ

Escuela de Ingeniera Civil Oceánica

Francisca Araya C
Profesor Guía: Cristian Flores

Universidad de Valparaíso CHILE

INTRODUCCIÓN



Método de Aplicación de modelos numéricos del software Mike 21:

- ❑ Mike SW
- ❑ Mike HD
- ❑ Mike ST

Universidad de Valparaíso
CHILE

Escuela de Ingeniera Civil Oceánica

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

PLAYA BRAVA, IQUIQUE.

MIKE 21 SW es un modelo de oleaje de viento espectral de tercera generación que simula el crecimiento, decaimiento y la transformación de las olas generadas por el viento, las olas en alta mar y zonas costeras. Éste resuelve la ecuación de balance de la acción del oleaje espectral formulado en coordenadas cartesianas o esféricas.

$$N = \frac{E(\sigma,\theta)}{\sigma}$$ **Densidad de acción de oleaje**

Ecuación de balance

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla\cdot(\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma}$$ **(Coordenadas cartesianas)**

Donde:

t : Tiempo.

$\vec{v}=(c_x,c_y,c_\sigma,c_\theta)$: Celeridad de propagación del grupo de olas cuadridimensional.

σ, θ, y S : Frecuencia angular, dirección y fuente de energía para la ecuación de balance.

∇ : Operador diferencial en cuatro dimensiones en el espacio ($\vec{x}$,σ,θ).

$$(c_x,c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U}$$

Celeridad en el espacio x,y.

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial\sigma}{\partial d}\left[\frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U}\cdot\nabla_{\vec{x}} d\right] - c_g\vec{k}\cdot\frac{\partial\vec{U}}{\partial s}$$

Celeridad en el espacio σ

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k}\left[\frac{\partial\sigma}{\partial d}\frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k}\cdot\frac{\partial\vec{U}}{\partial m}\right]$$

Celeridad en el espacio θ

MIKE 21 HD usado para flujos en superficie libre en dos dimensiones (integrado en la vertical). Es aplicable a la simulación de fenómenos hidráulicos y medioambientales. También puede ser usado para simular un amplio rango de efectos hidráulicos relativos a corrientes y efectos de la marea, crecidas, temperatura y calidad del agua.

Variación local de la masa

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS$$

Variación convectiva de la masa

Descarga en puntos de fuente

Ecuación de Conservación de masa

Términos Convectivos

Términos Difusivos

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\overline{vu}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(gT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(gT_{xy}) + hu_sS$$

Momentum X

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\overline{uv}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(gT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(gT_{yy}) + hv_sS$$

Momentum Y

Aceleración Local

Coriolis

Pendiente de superficie libre

Presión atmosférica sobre la superficie libre

Diferencias de presión

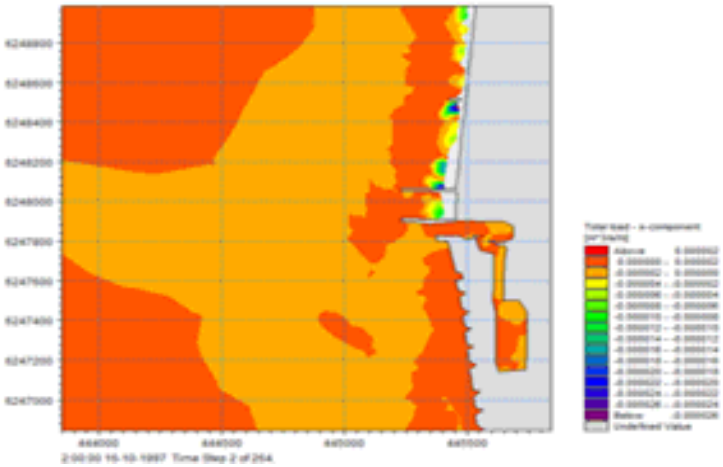
Tensión superficial y de fondo

Tensores de Radiación

MIKE 21 ST

Transporte total = Tte. de fondo + Tte. en suspensión.

$$q_t = q_b + q_s$$



Transporte de fondo (STPQ3D)

$$q_{b1} = \Phi_{b1} \cdot \sqrt{(s-1)gd_{50}^3}$$

$$q_{b2} = \Phi_{b2} \cdot \sqrt{(s-1)gd_{50}^3}$$

: Carga de fondo en dirección de la corriente y normal a esta respectivamente.

Φ_{b1}, Φ_{b2} : Carga Adimensional de fondo en dirección de la corriente y normal a esta respectivamente, integrado en la fase de ola.

Transporte en Suspensión

$$q_s = \frac{1}{T}\int_0^T \int_{2d}^D (uc)dzdt$$

Carga en suspensión

c_b : Concentración de fondo

- Con ésta herramienta es posible calcular el transporte de sedimento basado en información de corrientes generadas por mareas, viento, oleaje o inducidas artificialmente por alguna condición de borde.
- Las simulaciones entregan las tasas iniciales de cambio en los niveles de la batimetría, identificando áreas de erosión y deposición.

Universidad de Valparaíso
CHILE

Escuela de Ingeniera Civil Oceánica

ANTECEDENTES GENERALES

PLAYA BRAVA, IQUIQUE.

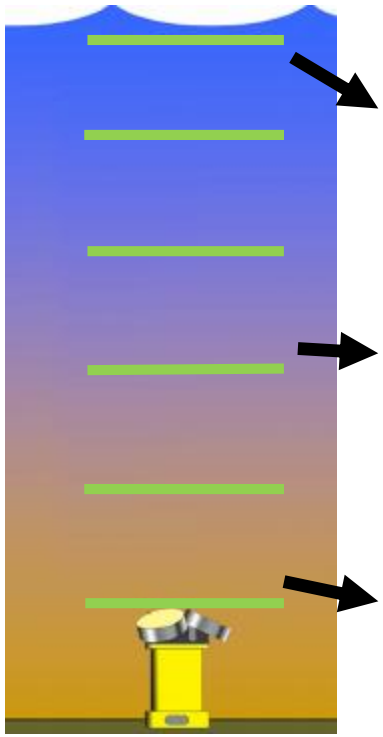
BASE DE DATOS GENERALES

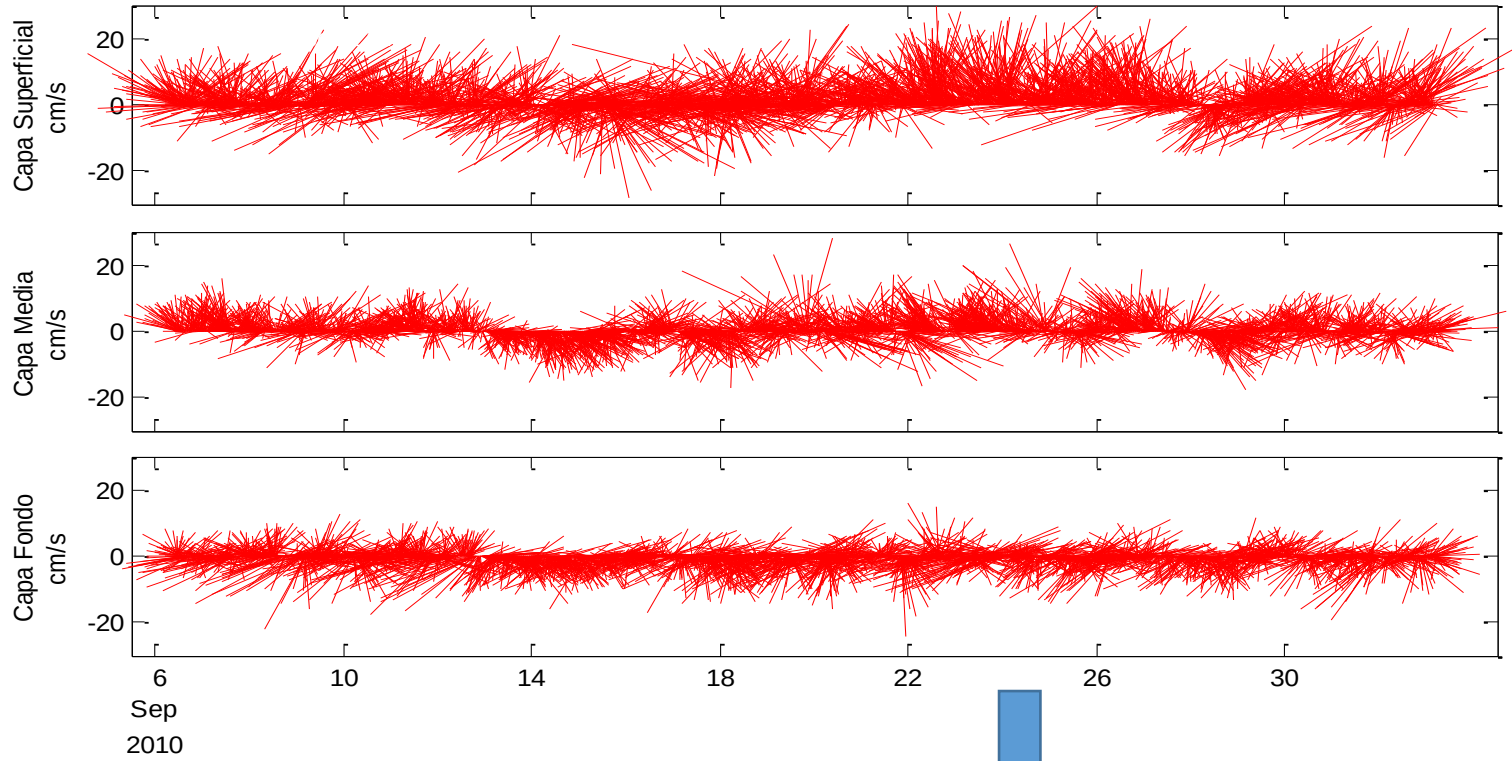
OLEAJE, CORRIENTE Y SEDIMENTOS

- Datos batimétricos de cartas náuticas e in-situ (SHOA), (DOP, 2010).
- Antecedentes desde aguas profundas, un mes correspondiente a Septiembre del 2010 (Olas Chile) (DOP).
- Propagaciones de oleaje al veril de 30 [m], correspondiente a 22 años de estadística (1984- 2006) (DOP).
- Datos extraídos del instrumento de medición ADCP (olas y corrientes) en el veril de los 25 [m], correspondiente al mes de Septiembre, 2010.
- Datos de marea, mes de Septiembre del 2010, obtenidos a través de la pagina : http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/.
- No se contemplan registro de vientos en el lugar.
- Se trabajara con diámetros de sedimento ubicados en la zona sumergida de la playa.

CAMPAÑA DE TERRENO

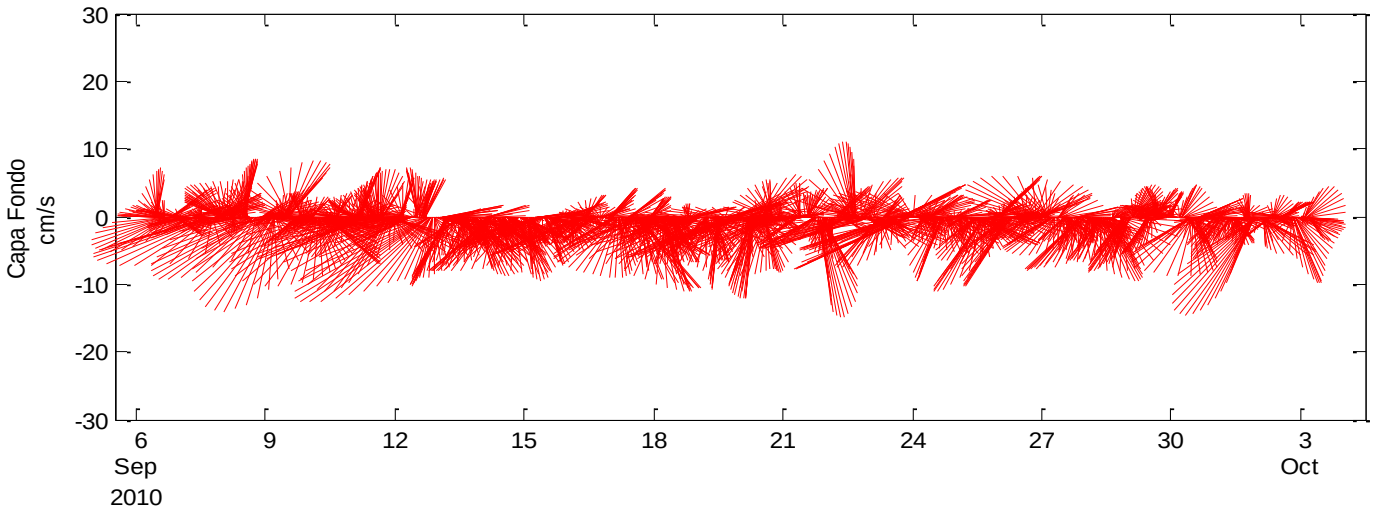
CORRIENTES MES DE SEPTIEMBRE





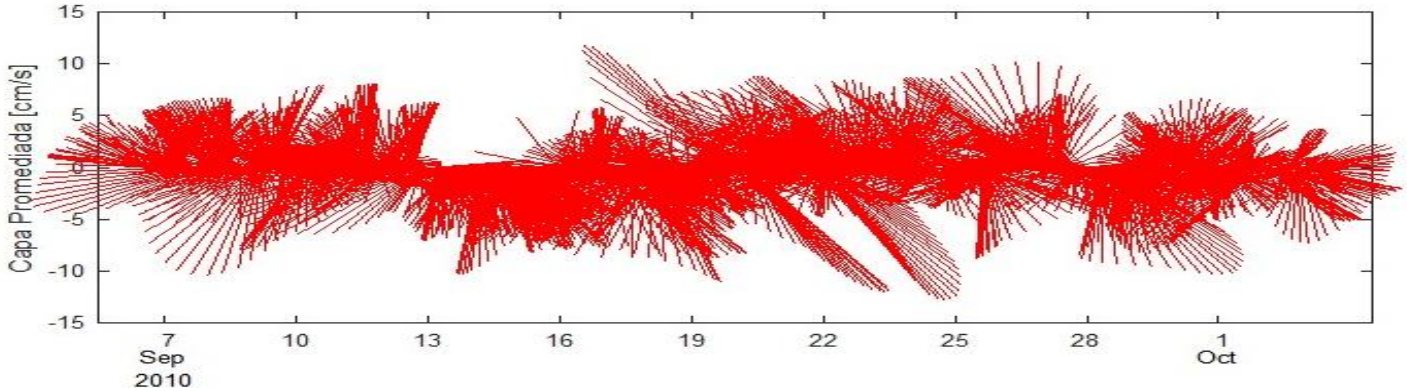
Filtro de paso bajo Lanczos, descartando cambios abruptos debido a movimientos, perturbaciones, etc.

CAMPAÑA DE TERRENO
CORRIENTES



Capa Fondo

$\bar{u} = 5.55\ [c\,m/s]$



Capa Promediada

$\bar{u} = 5.41\ [c\,m/s]$

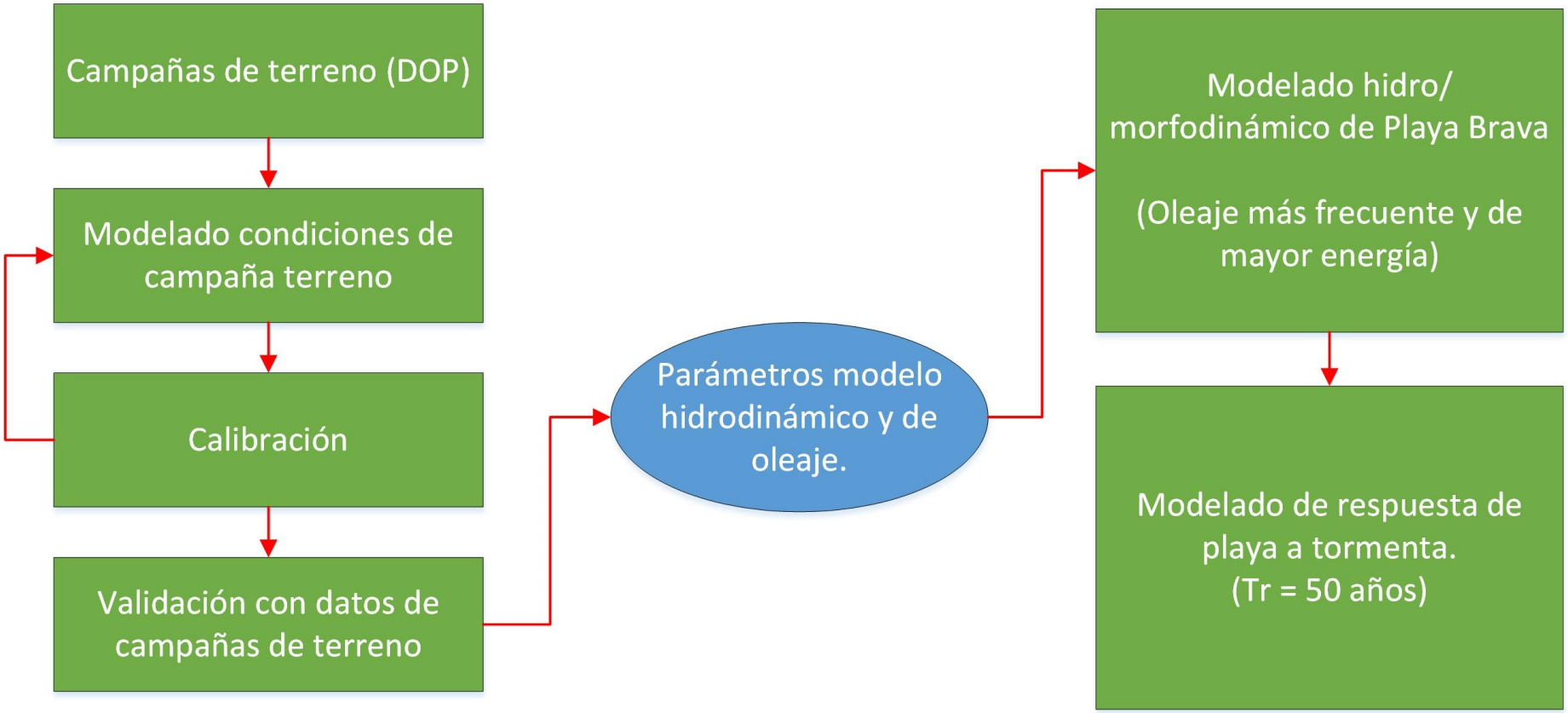
Universidad de Valparaíso
CHILE

Escuela de Ingeniera Civil Oceánica

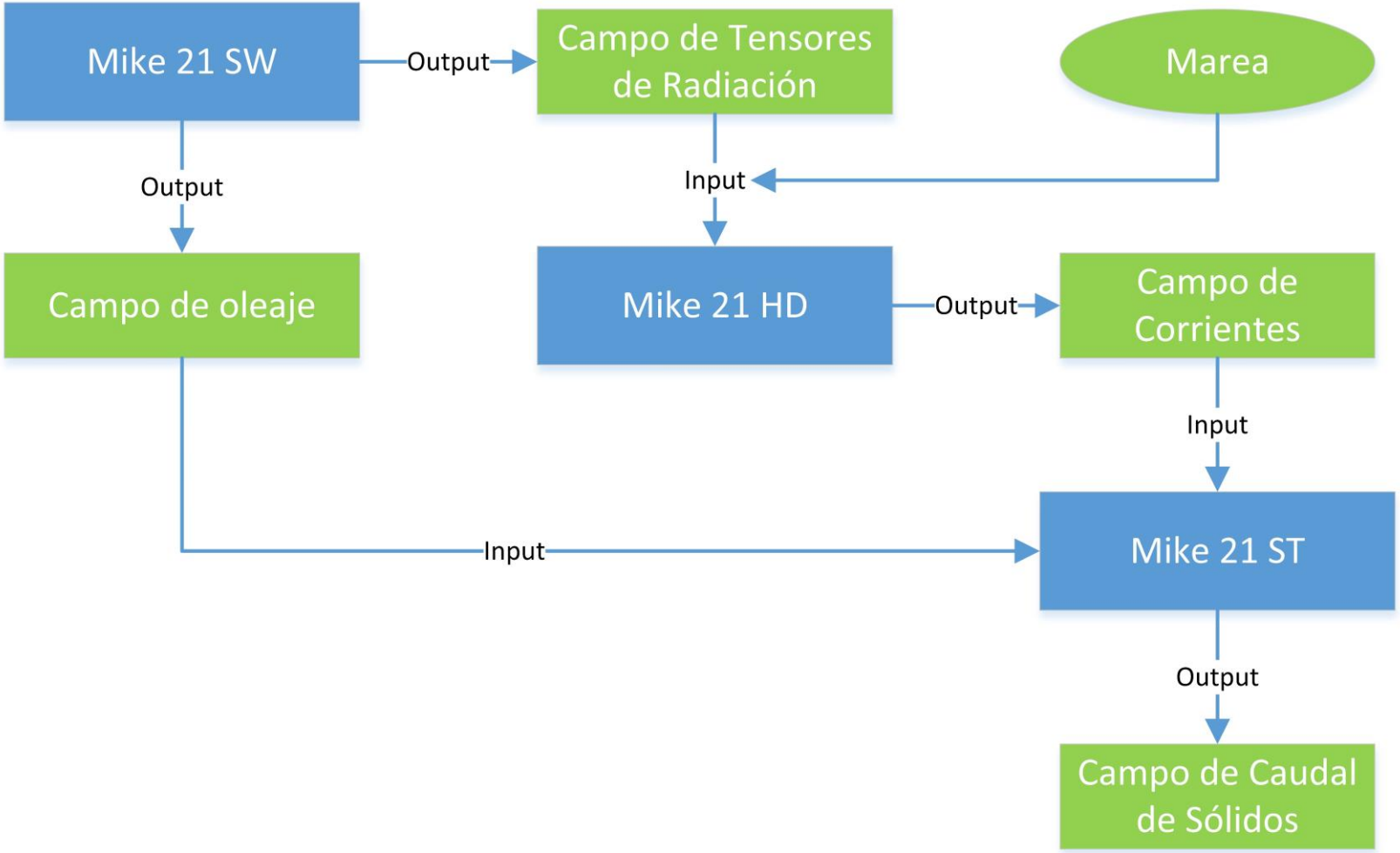
APLICACIÓN DE METODOLOGÍA EN MODELOS

PLAYA BRAVA, IQUIQUE.

ESQUEMA GENERAL METODOLOGÍA



ESQUEMA GENERAL DE ACOPLE DE MODELOS NUMÉRICOS



APLICACIÓN DEL MODELO

Configuración Mike 21 SW

Universidad de Valparaíso CHILE

Creación de mallado batimétrico

- Se utilizó datos de cartas náuticas.
- Se ingresó además, batimetría en zona de rompiente del sector.

Ingreso de parámetros al software

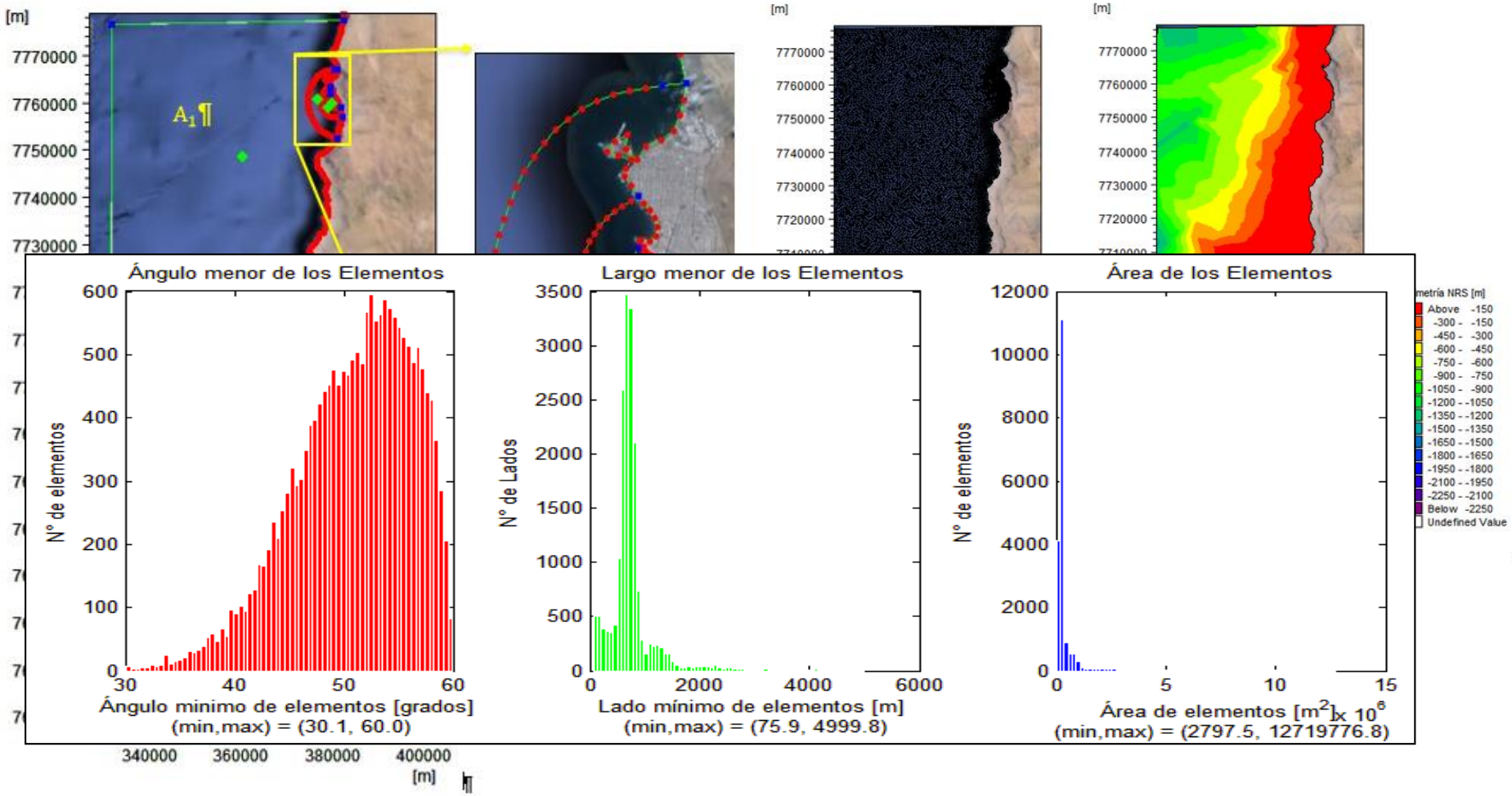
- Datos de oleaje.
- Marea.

Análisis de resultados

- Salida de datos en el punto a 25 [m].
- Ajuste de datos del modelo v/s medidos Insitu.

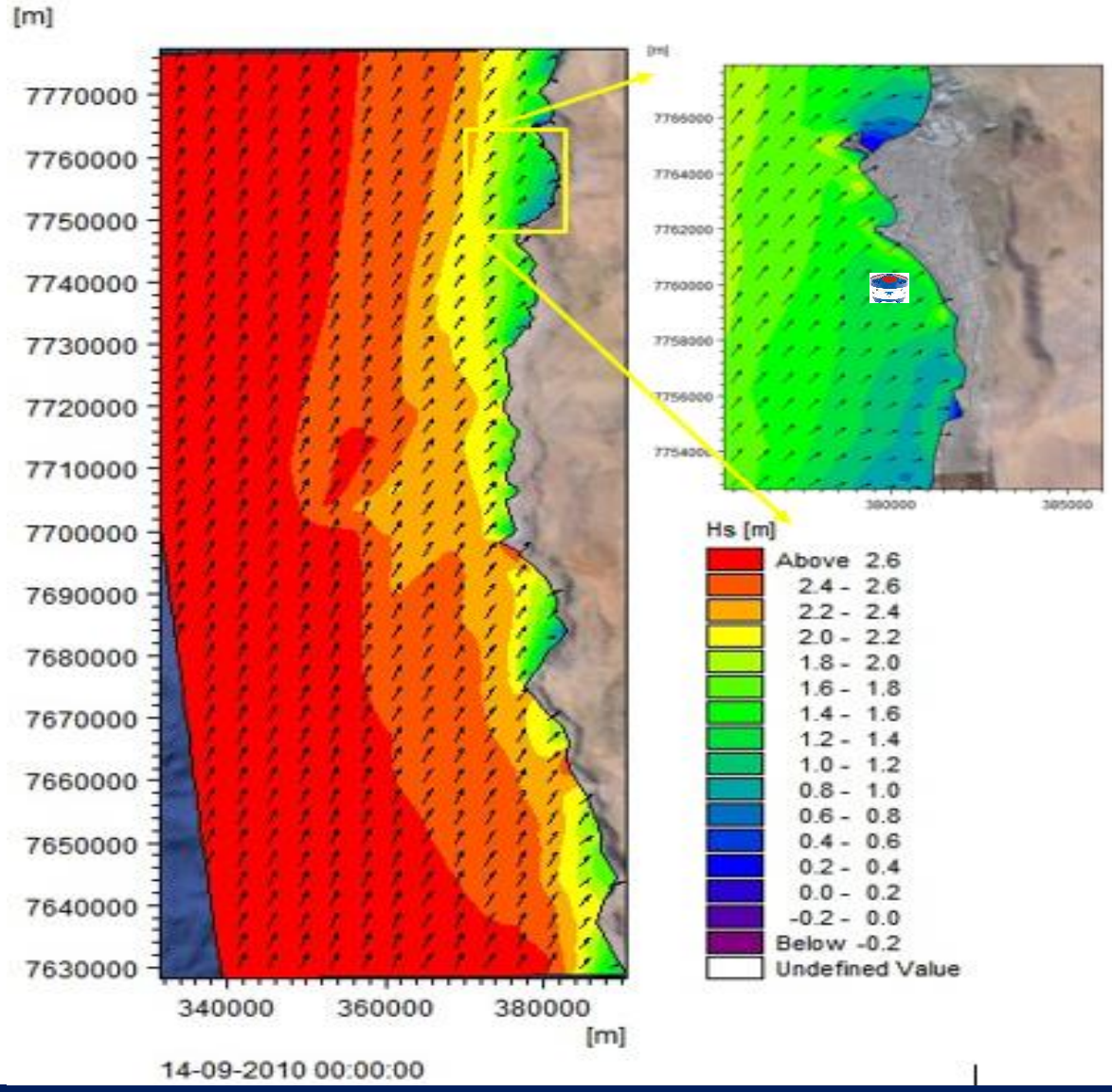
APLICACIÓN DE MODELO

Malla Mike 21 SW



RESULTADO DEL MODELO

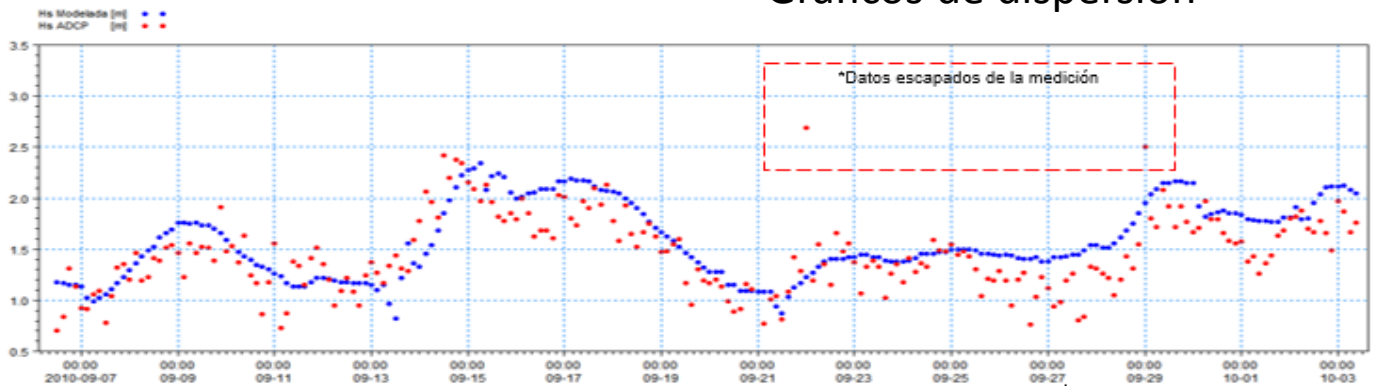
Punto a 25 [m] Mike 21 SW



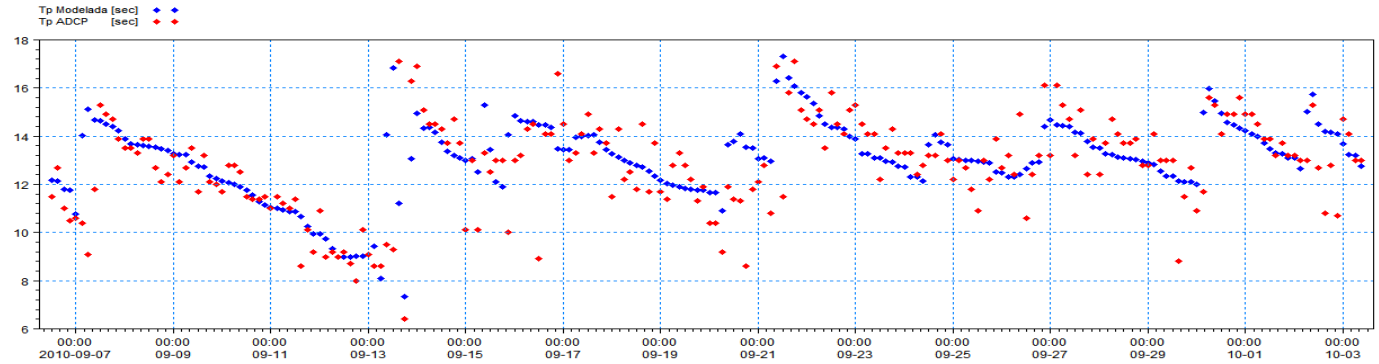
VALIDACIÓN DEL MODELO

Punto a 25 [m] Mike 21 SW

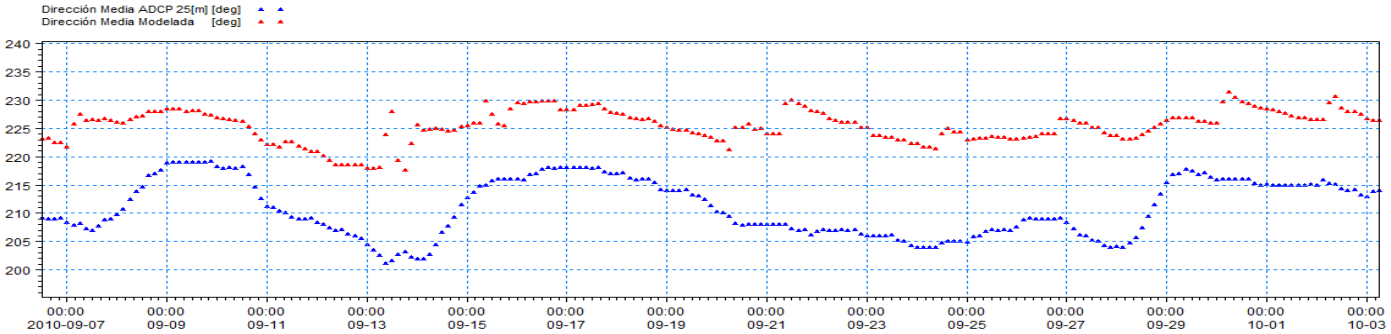
Gráficos de dispersión



Hs



Tp



Dm

APLICACIÓN DEL MODELO

Configuración Mike 21 HD

Antecedentes Previos

- Como datos de entrada se ingresaron los tensores de radiación en todo el área calculados con el software de oleaje MIKE 21 SW.

Creación de Mallado

- Se generó una malla de menor dimensión a la utilizada en el Modelo Mike 21 SW, considerando condiciones de bordes alejadas a la zona de estudio.

Ingreso de parámetros al software

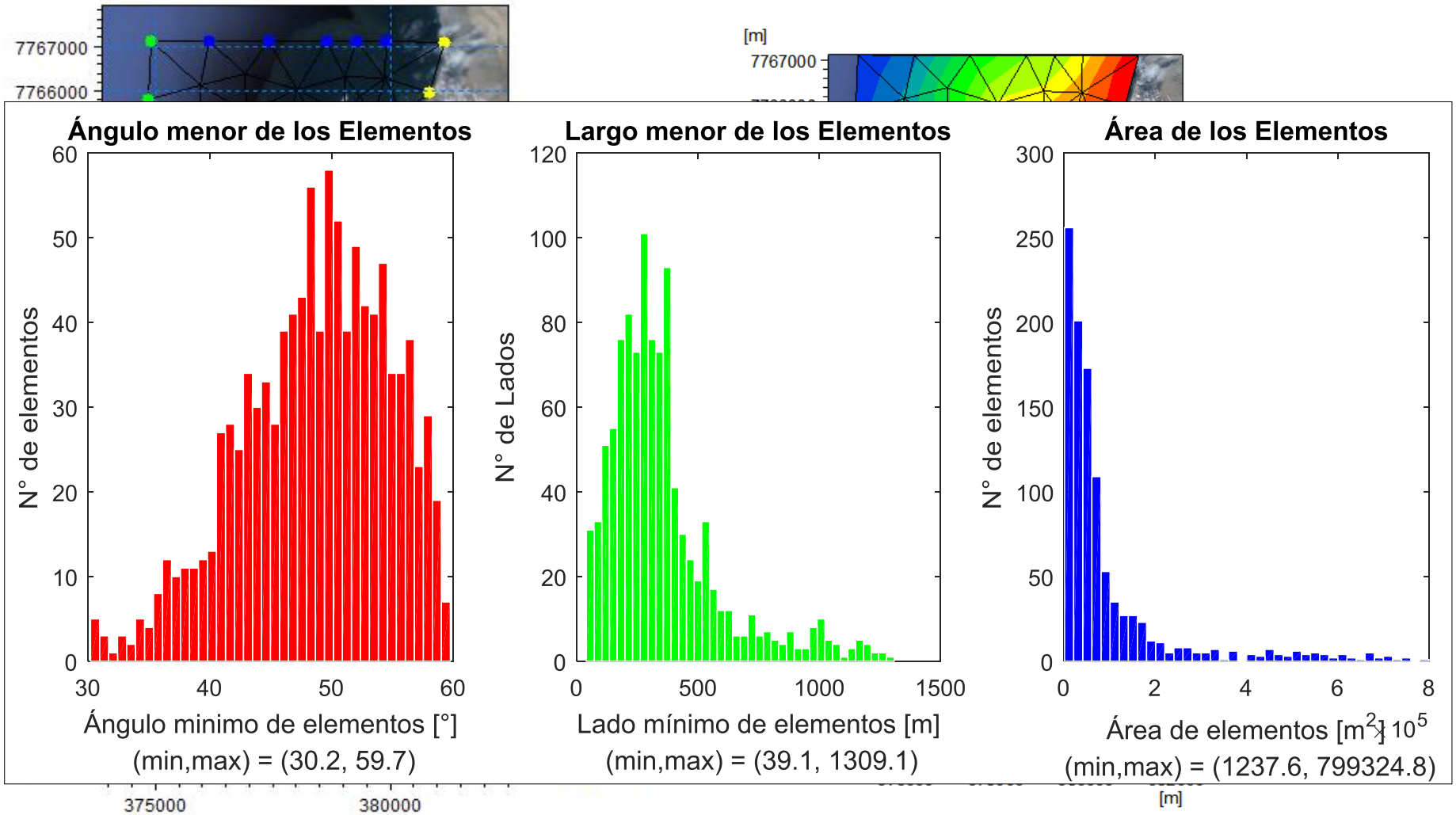
- Time step.
- Número de Manning 28 [$m^{1/3}/s$]
- Viscosidad de Eddy, tipo Smagorinsky, de 0.28.
- Marea Global, obtenida de Toolbox.

Análisis de resultados

- Salida de datos en el punto a 25 [m].
- Ajuste de datos del modelo v/s medidos Insitu.

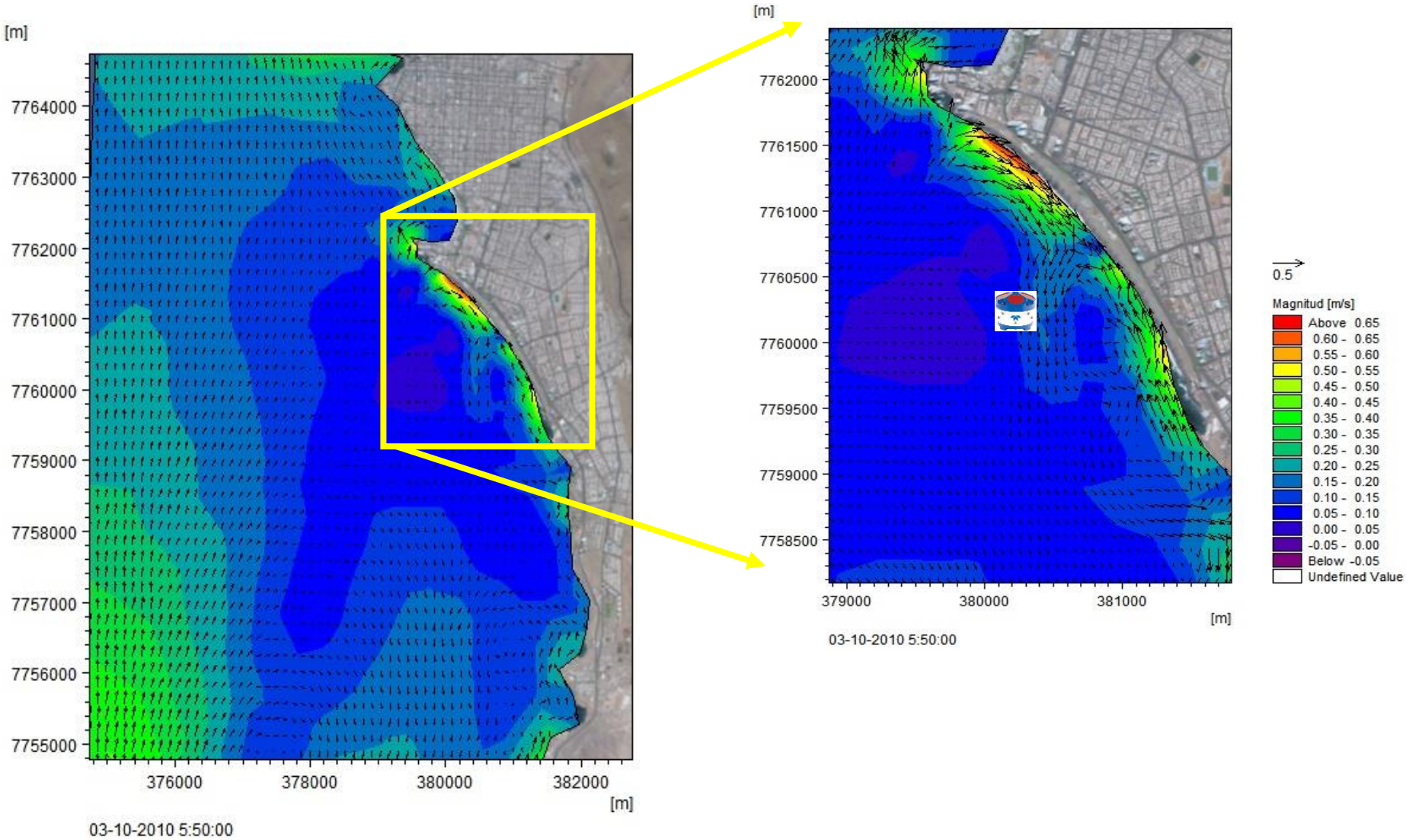
APLICACIÓN DE MODELO

Malla Mike 21 HD



RESULTADO DE MODELO

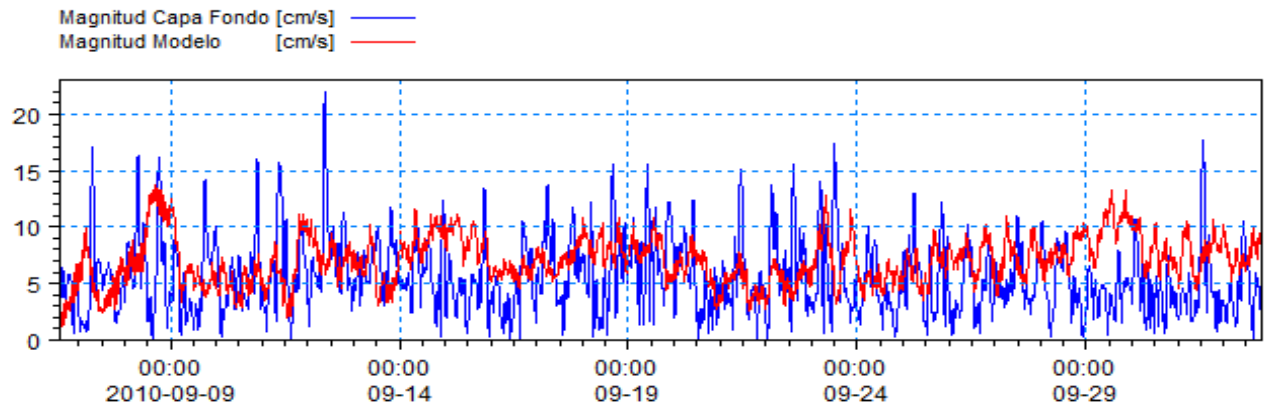
Área Mike 21 HD



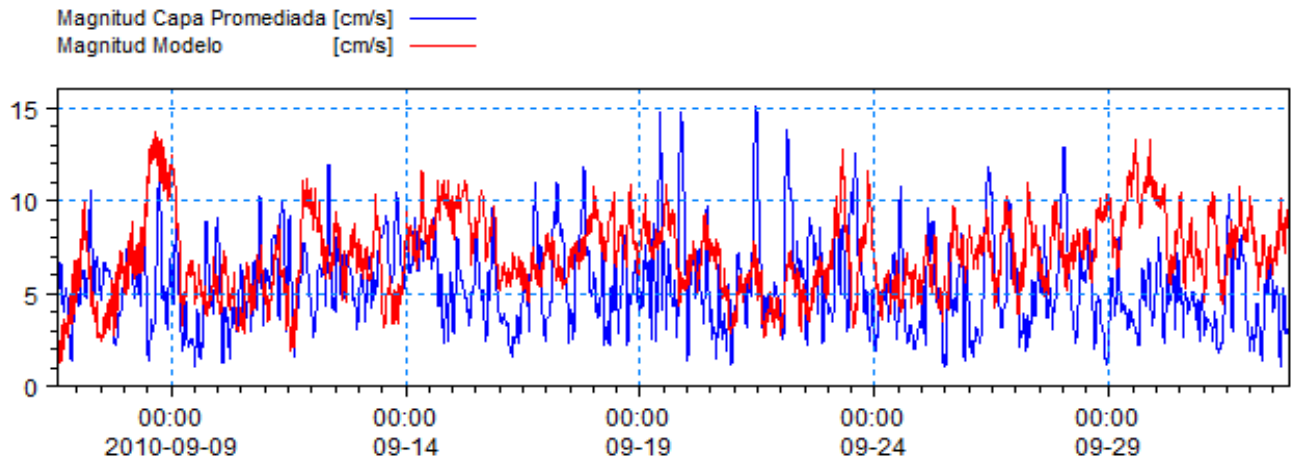
VALIDACIÓN DEL MODELO

Punto a 25 [m] Mike 21 HD

COMPARACIÓN ENTRE CAPA DE FONDO Y CORRIENTE MODELADA

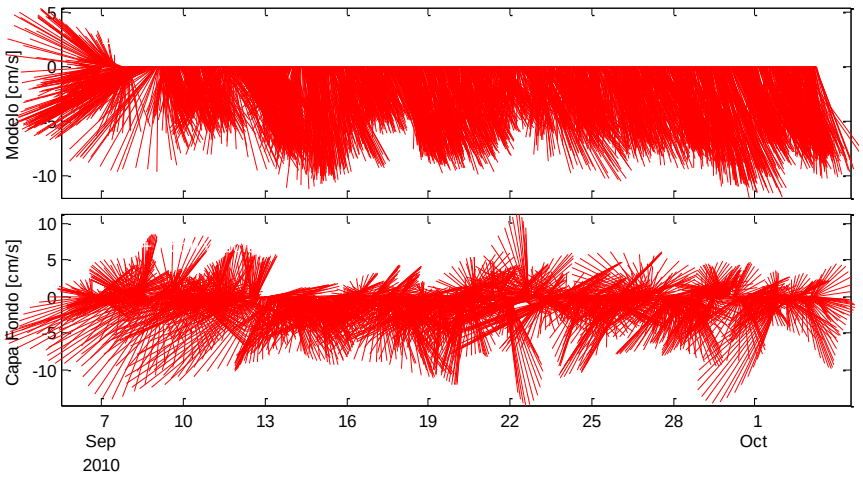


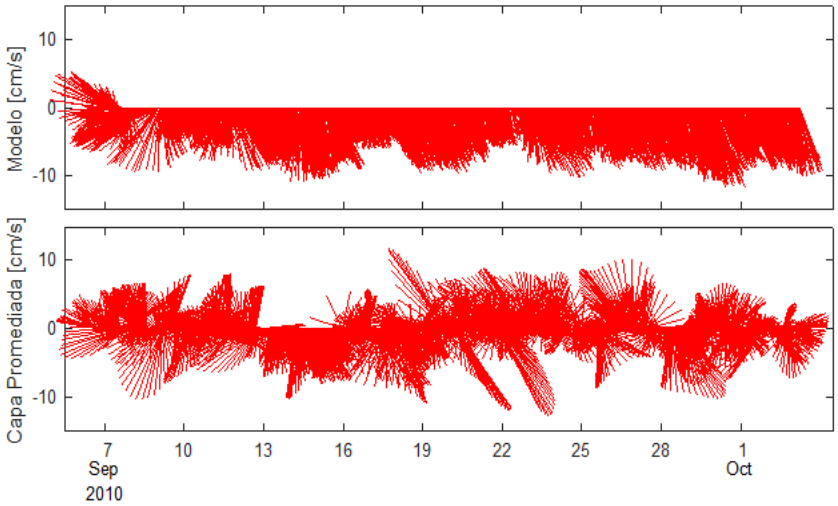
COMPARACIÓN ENTRE CAPA PROMEDIADA Y CORRIENTE MODELADA



VALIDACIÓN DEL MODELO

Punto a 25 [m] Mike 21 HD





- Las velocidades del modelo calibrado mostraron rangos de velocidades similares a los registros mostrados por los datos insitu.

- El modelo numérico es capaz de simular las variaciones de corrientes debido a la marea, y a los tensores de radiación para cada estado de mar obtenidos por MIKE 21 SW.

Universidad de Valparaíso
CHILE

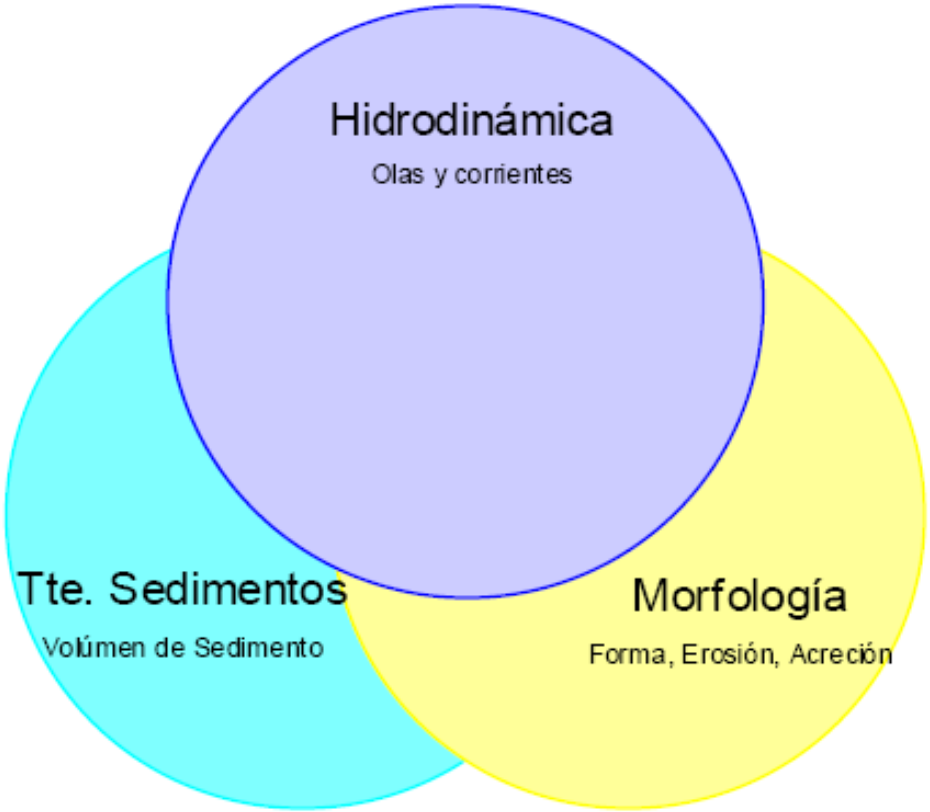
Escuela de Ingeniera Civil Oceánica

ANÁLISIS DE MORFOLOGÍA

PLAYA BRAVA, IQUIQUE.

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

CALCULO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS



Se utilizó la estadística completa de los 22 años propagados de oleaje, para modelar la morfología general de la playa.

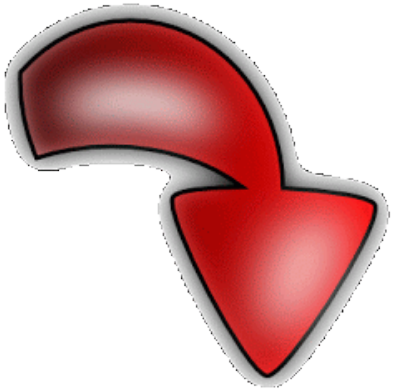
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Cálculo transporte de sedimentos

Universidad de Valparaíso CHILE

Tp [s]	Hs [m]								Total
	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5	3.5 - 4.0	
2 - 4									0.0
4 - 6		0.01	0.01						0.0
6 - 8		0.14	0.20	0.02					0.4
8 - 10		0.82	1.79	0.23	0.00				2.8
10 - 12		5.43	16.33	3.19	0.10				25.0
12 - 14	0.01	5.97	26.69	14.16	1.61	0.05	0.00		48.5
14 - 16	0.01	1.51	7.33	7.53	2.16	0.25	0.03	0.01	18.8
16 - 18		0.44	1.75	1.22	0.48	0.09			4.0
18 - 20		0.05	0.23	0.10	0.04	0.00			0.4
20 - 22		0.00	0.02	0.00	0.00				0.0
22 - 24									0.0
Total	0.0	14.4	54.3	26.5	4.4	0.4	0.0	0.0	100.0

TABLA DE INCIDENCIA NODO DE TRABAJO

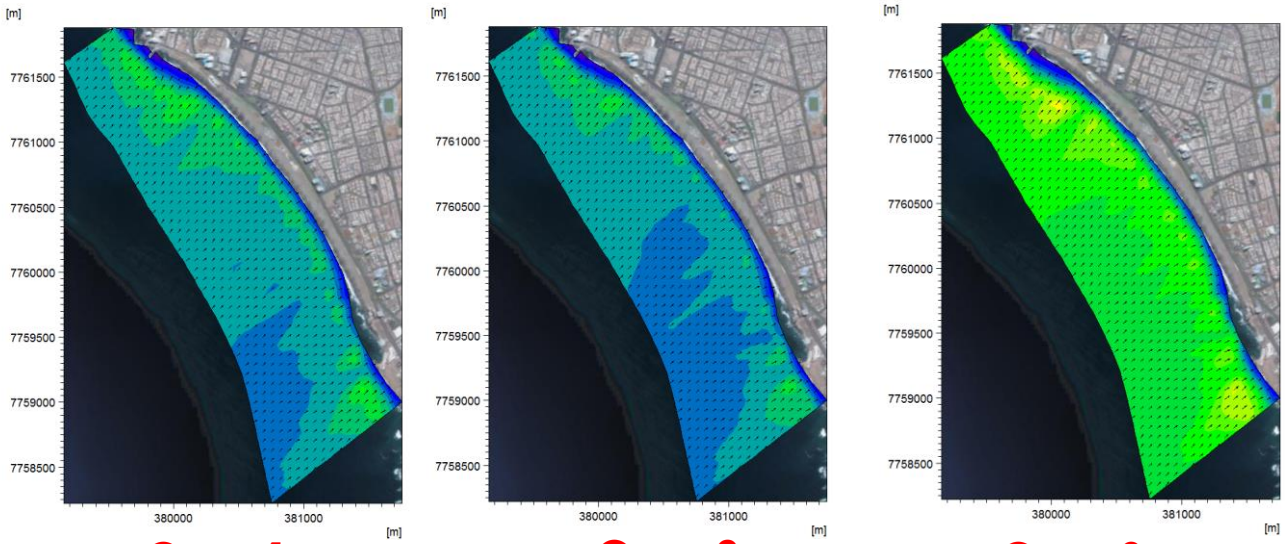


CASOS SELECCIONADOS

Casos	Hs [m]	Tp [s]	Dir. [°]	Frec. Ocurrencia [2]
1	1.25	11	225	15.6 %
2	1.25	13	225	25.5 %
3	1.25	15	225	7.0 %
4	1.75	13	225	13.5 %
5	1.75	15	225	7.2 %
6	2.25	13	225	1.6 %
7	2.25	15	225	2.1 %

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

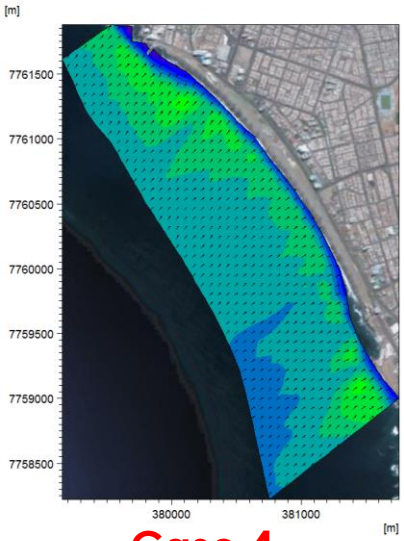
Resultados Mike 21 SW



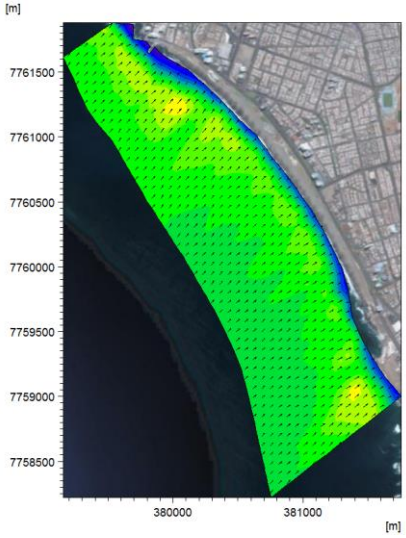
Caso 1

Caso 2

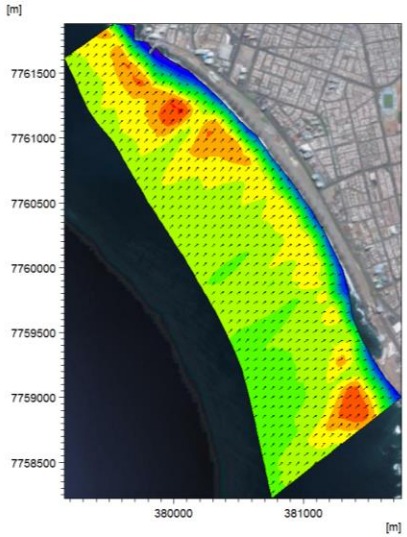
Caso 3



Caso 4



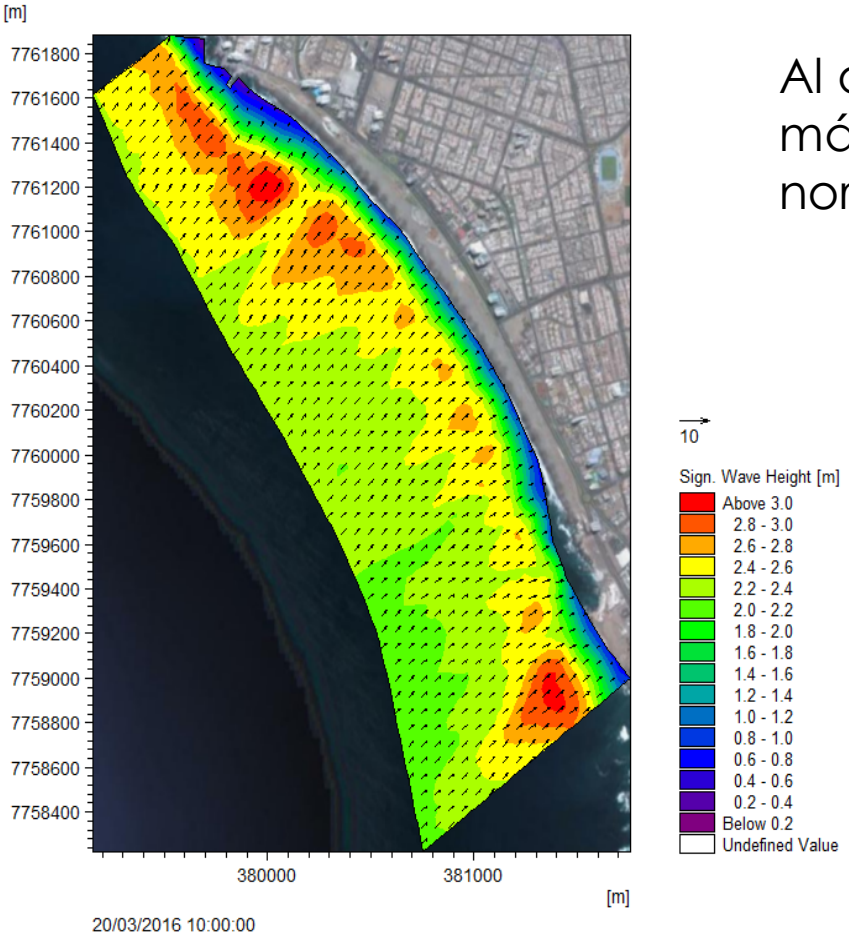
Caso 5



Caso 6

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

RESULTADOS MIKE 21 SW

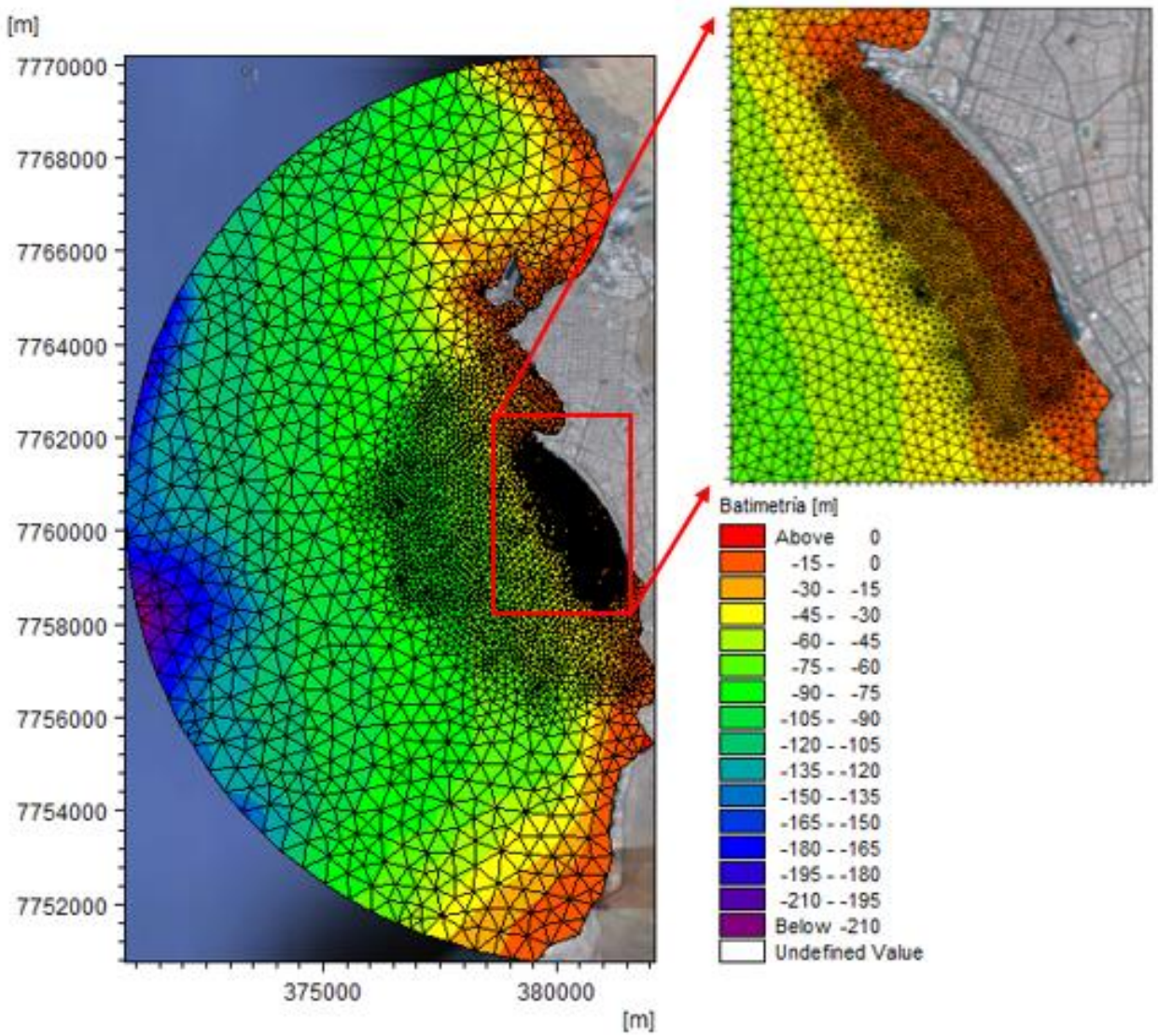


Al observar todos los casos, para el 6 y 7 las máximas alturas se encuentran en la zona norte y sur de la playa.

Caso 7

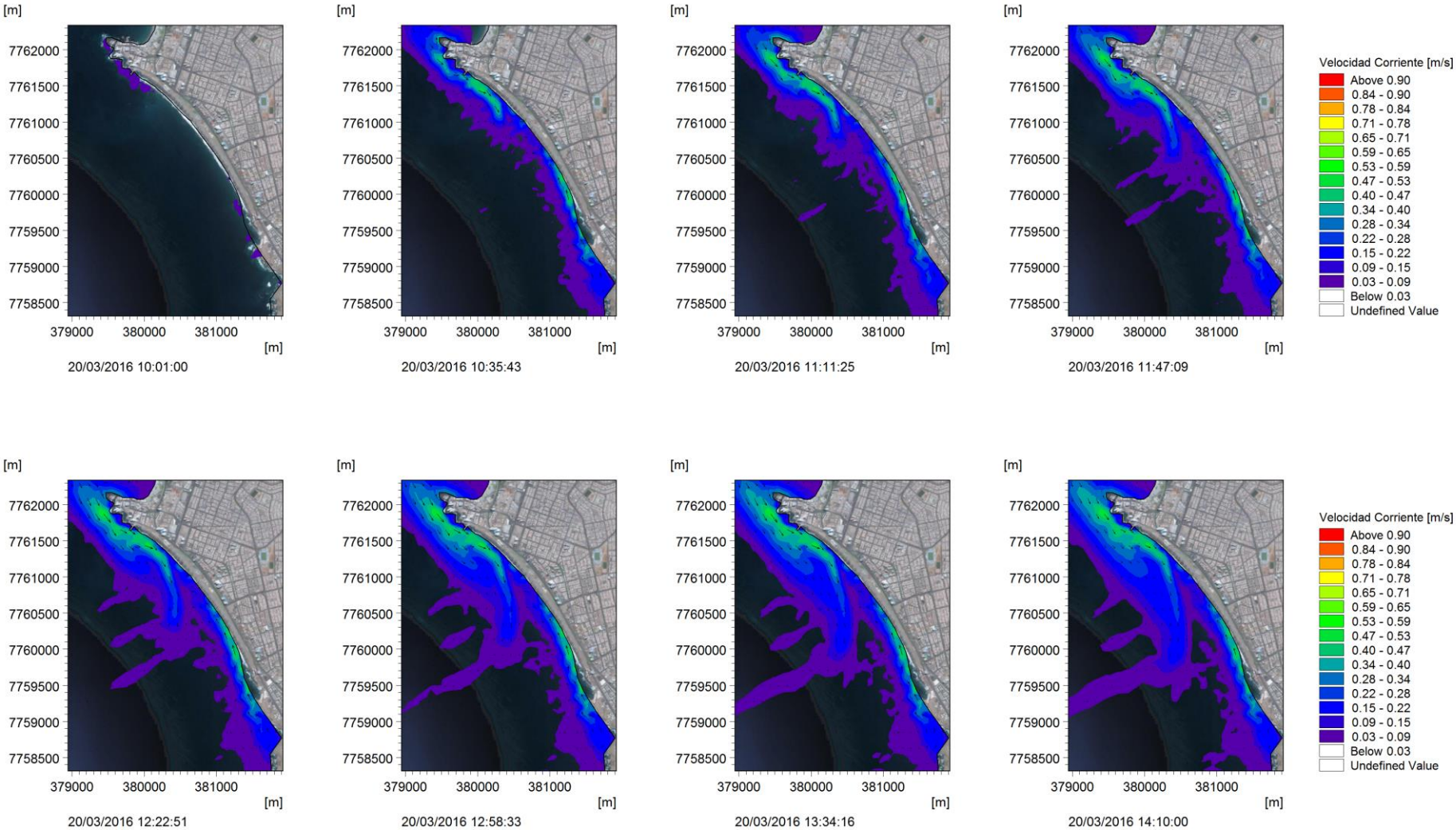
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

MIKE 21 HD



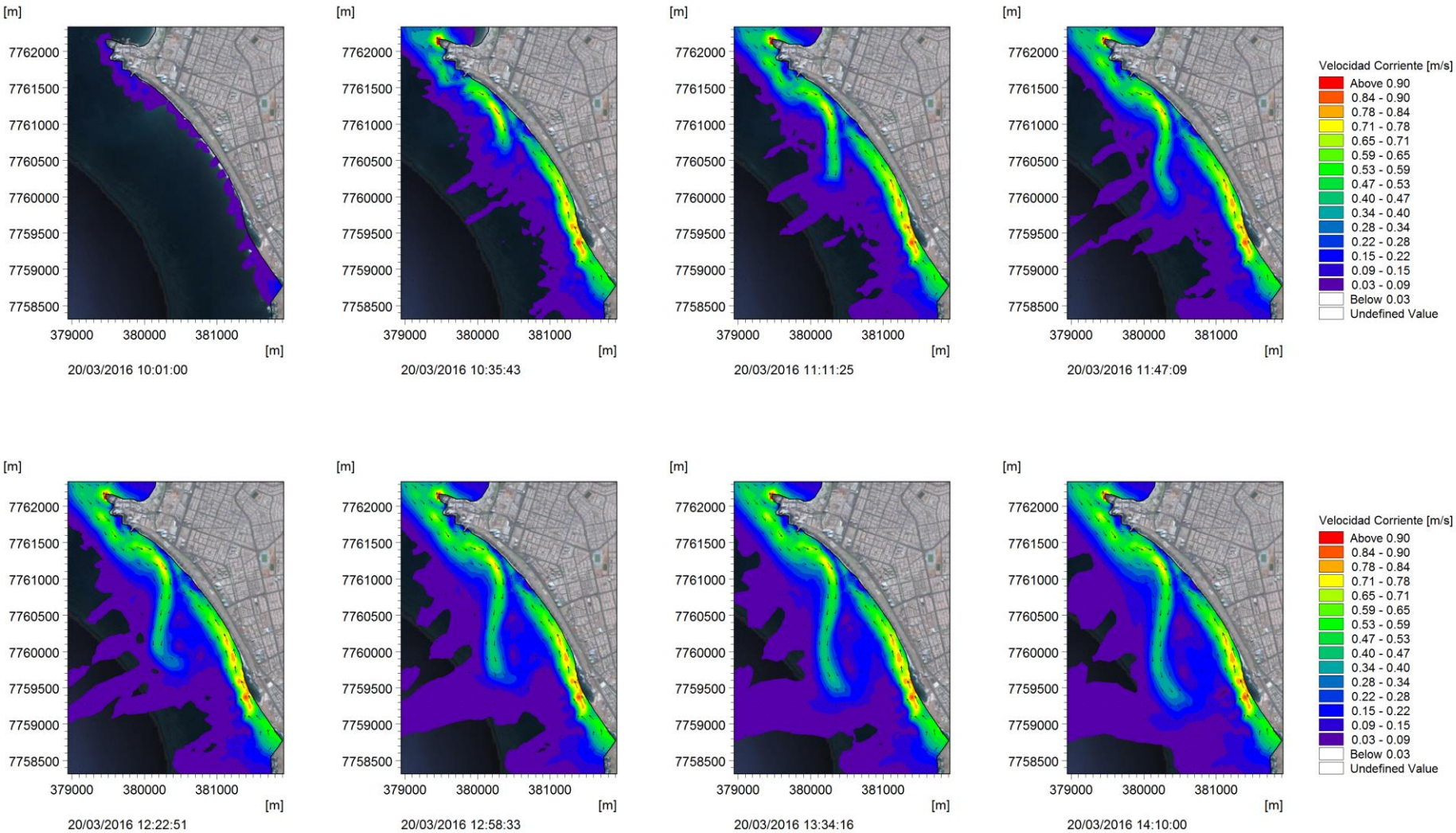
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados MIKE 21 HD, Caso 1.



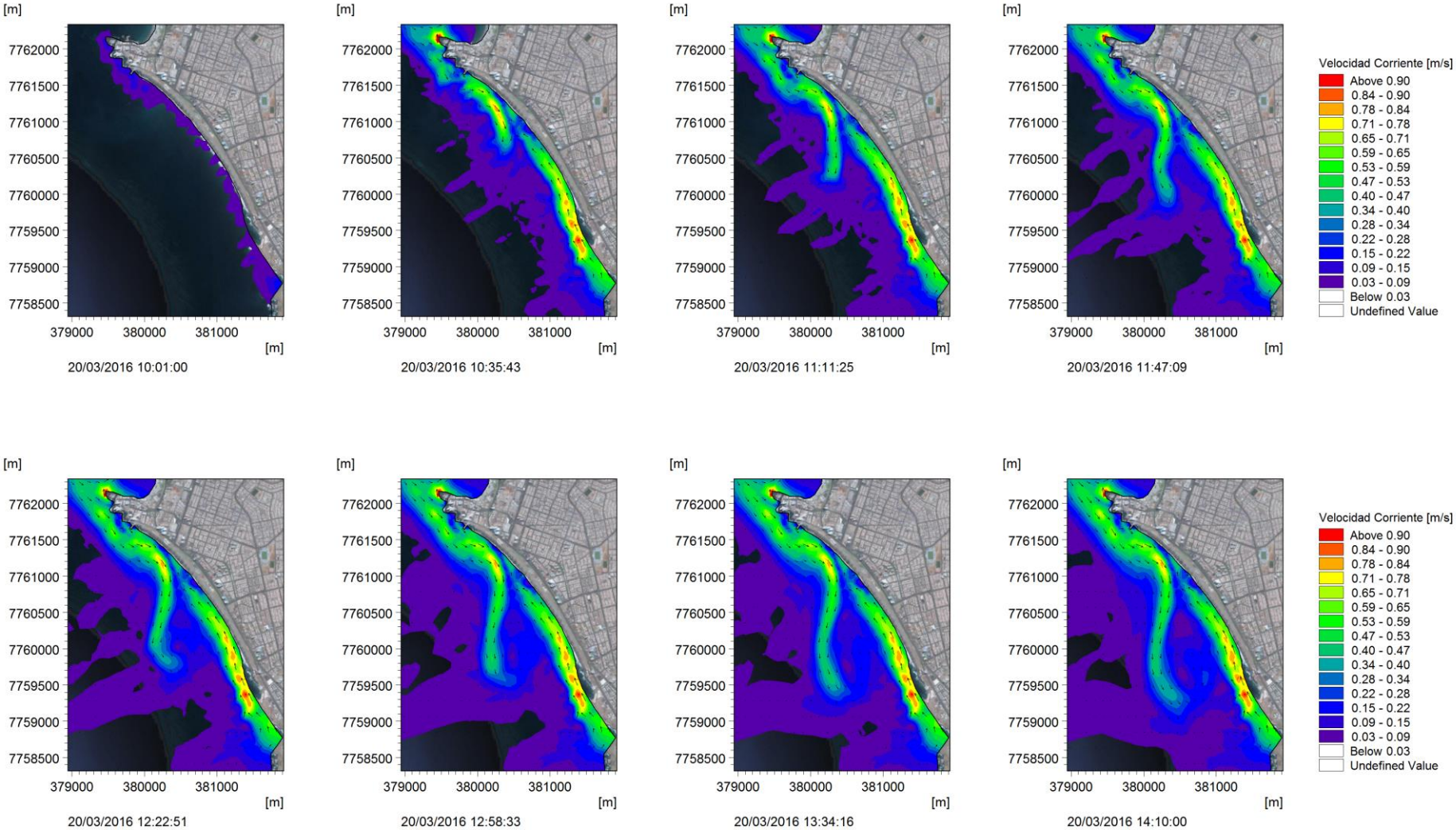
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados MIKE 21 HD, Caso 6.



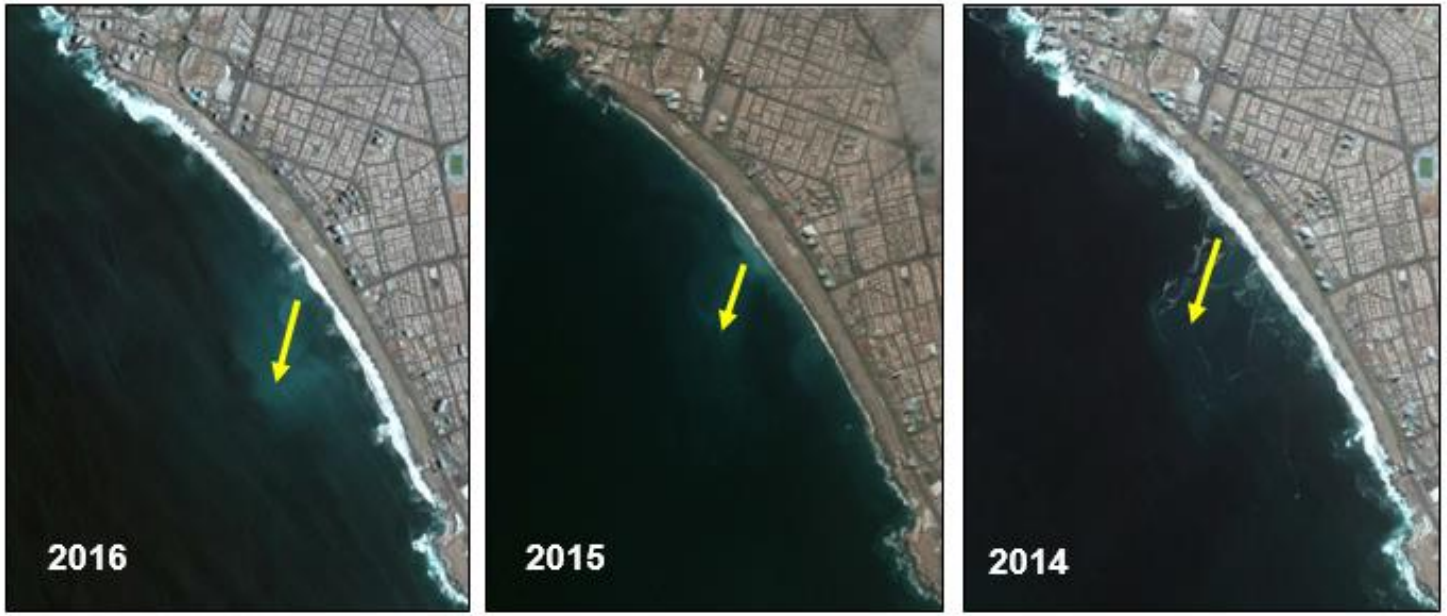
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados MIKE 21 HD, Caso 7.



MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Discusión resultados MIKE 21 HD.



MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

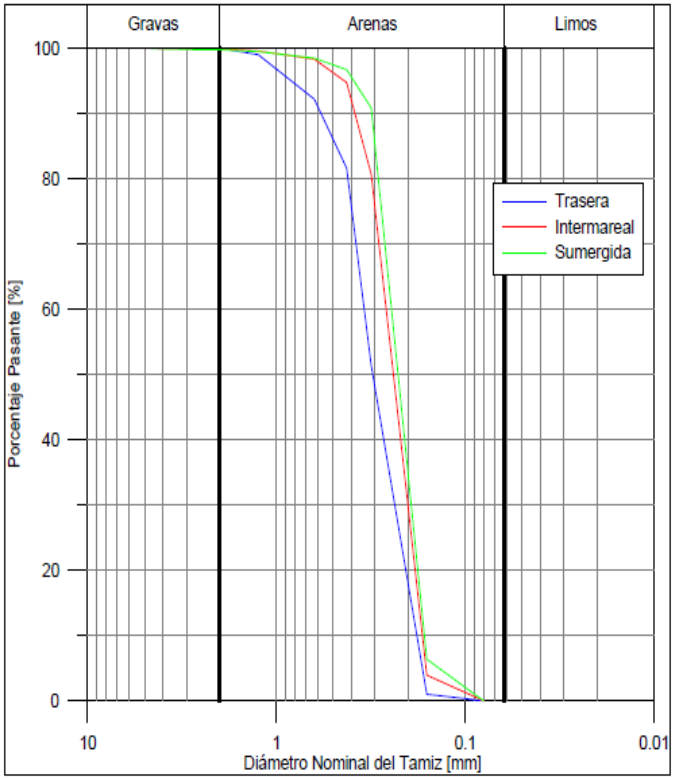
Configuración MIKE 21 ST.

Datos necesarios para ingresar al modelo :

- Para la creación de la tabla de transporte de sedimentos se utilizó los diámetros del sedimento d_{50} de 0.24 [mm], d_{16} de 0.18 [mm] y d_{84} de 0.31 [mm] con lo que se obtuvo una desviación geométrica de 1.32.

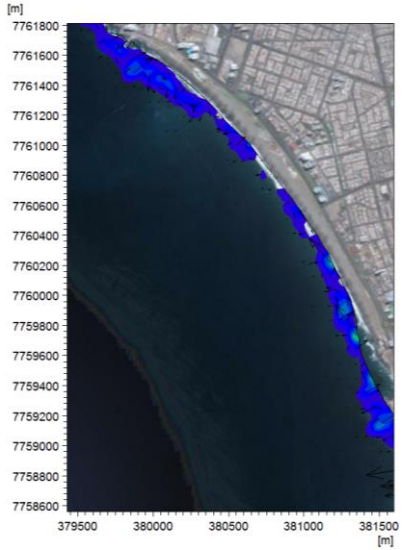
$$\sigma_g = (d_{84}/d_{16})^{1/2}$$

- La porosidad que se aplico es de 40%.



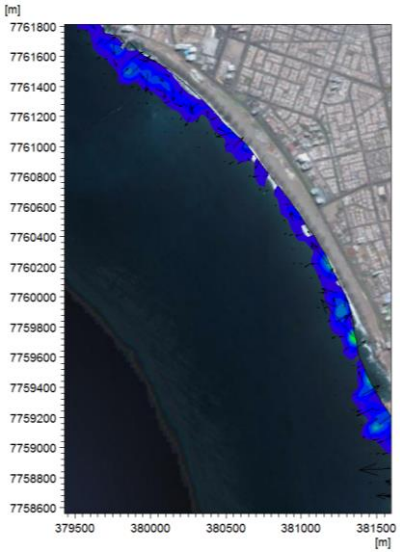
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados MIKE 21 ST.

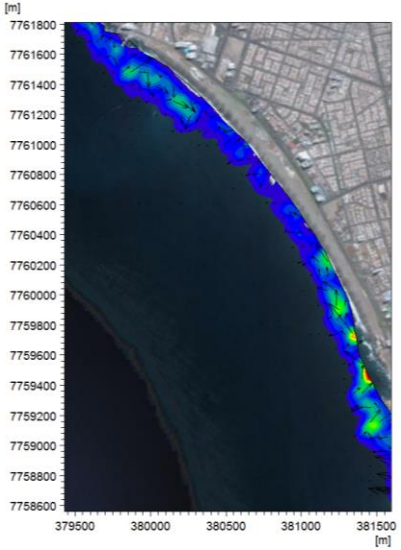


Caso 1

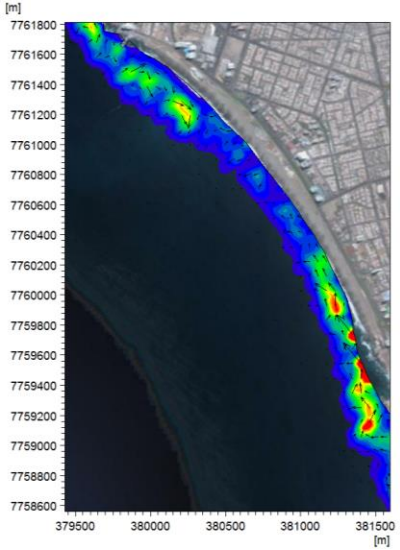
Caso 2



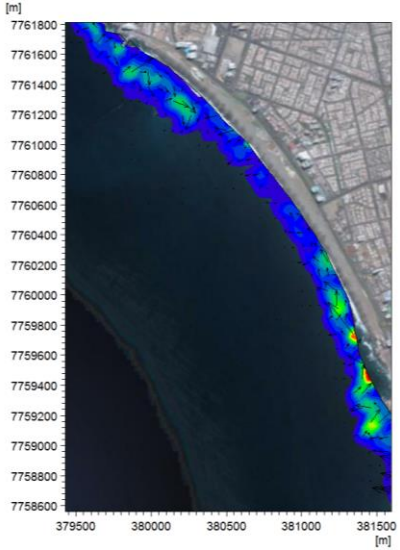
Caso 3



Caso 4



Caso 5



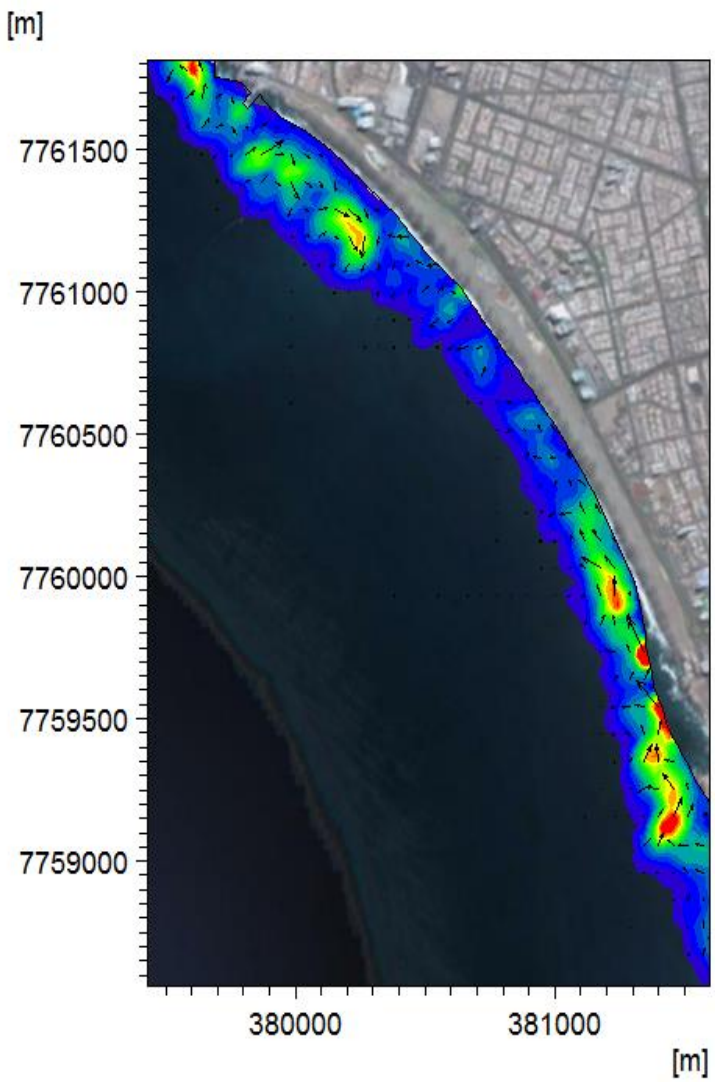
Caso 6

Carga Total [m^3/año/m]

- Above 5600
- 5200 - 5600
- 4800 - 5200
- 4400 - 4800
- 4000 - 4400
- 3600 - 4000
- 3200 - 3600
- 2800 - 3200
- 2400 - 2800
- 2000 - 2400
- 1600 - 2000
- 1200 - 1600
- 800 - 1200
- 400 - 800
- 0 - 400
- Below 0
- Undefined Value

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados MIKE 21 ST.



- Los resultados de los casos simulados a través del modelo Mike 21 ST indicaron una carga total en los extremos.
- En la zona norte se observó una carga potencial hacia el sur, mientras que en el sector sur se observó una carga potencial hacia el norte. De igual forma en la zona central se observó un estado de equilibrio en el movimiento de las arenas.

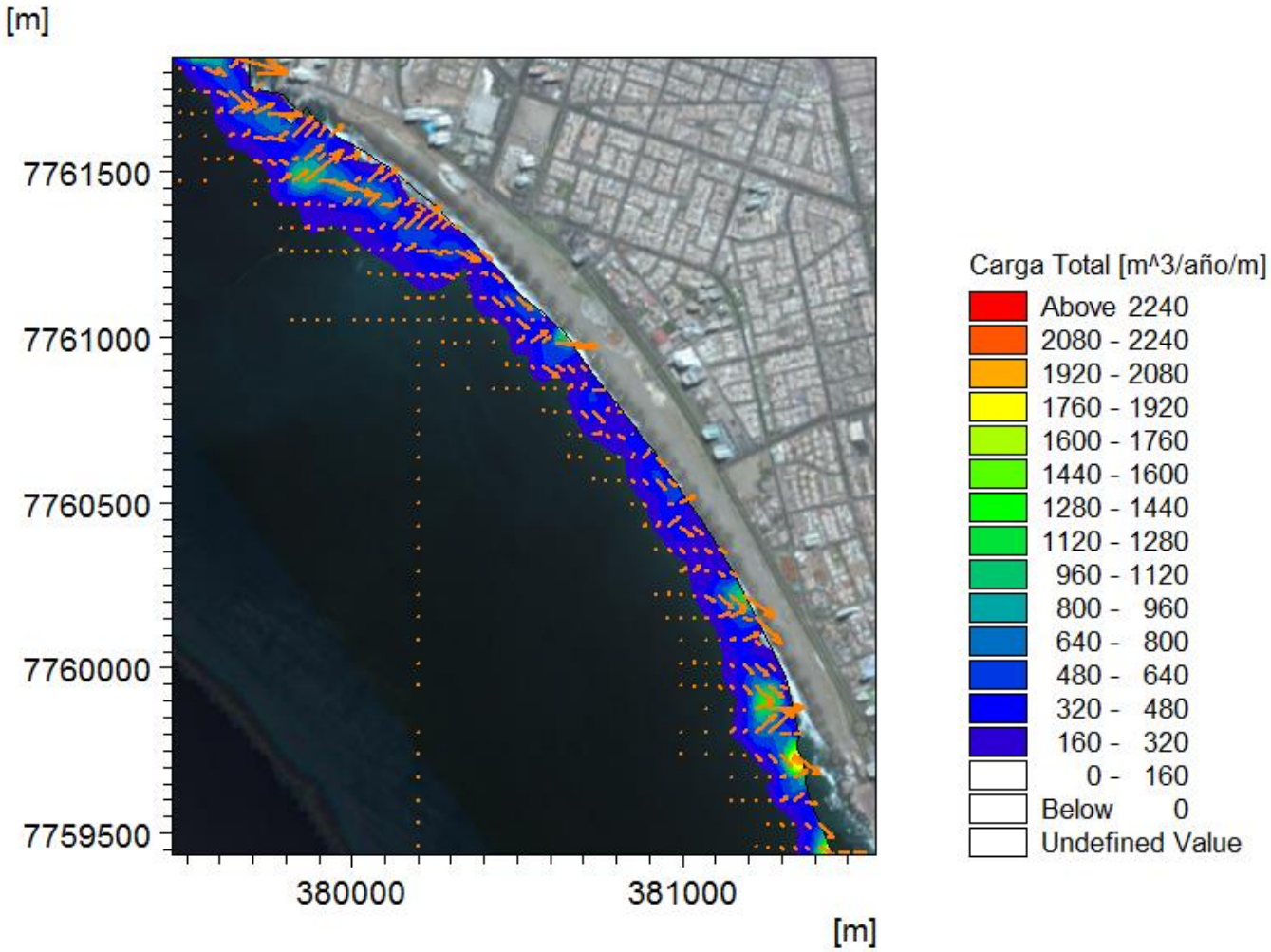
Carga Total [m^3/año/m]

- Above 5600
- 5200 - 5600
- 4800 - 5200
- 4400 - 4800
- 4000 - 4400
- 3600 - 4000
- 3200 - 3600
- 2800 - 3200
- 2400 - 2800
- 2000 - 2400
- 1600 - 2000
- 1200 - 1600
- 800 - 1200
- 400 - 800
- 0 - 400
- Below 0
- Undefined Value

Caso 7

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Cálculo promedio anual del transporte de sedimentos



$$Q_T = \sum_{i=1}^{n} (f_i \cdot q_i)$$

Donde:

Q_T : Caudal Ponderado Total.

f_i : Frecuencia del caso i.

q_i : Caudal en caso i.

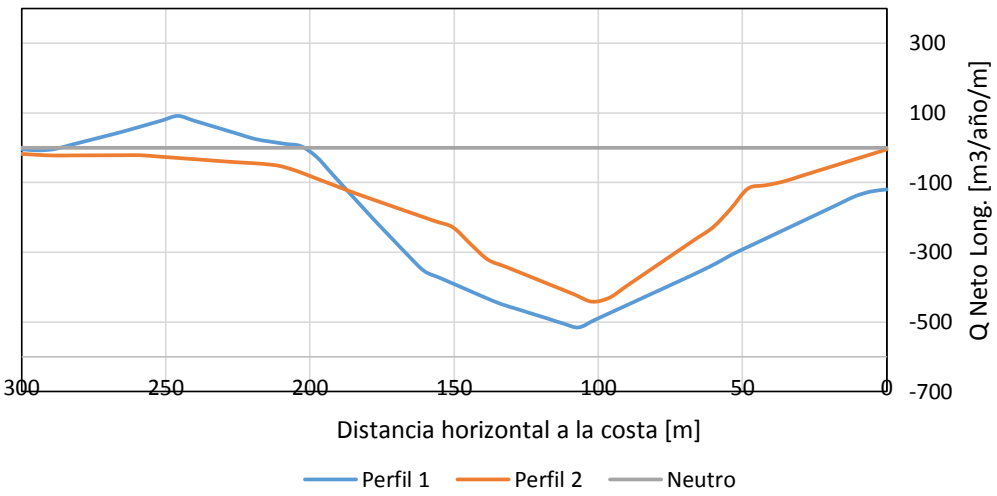
MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Análisis de resultados de modelo

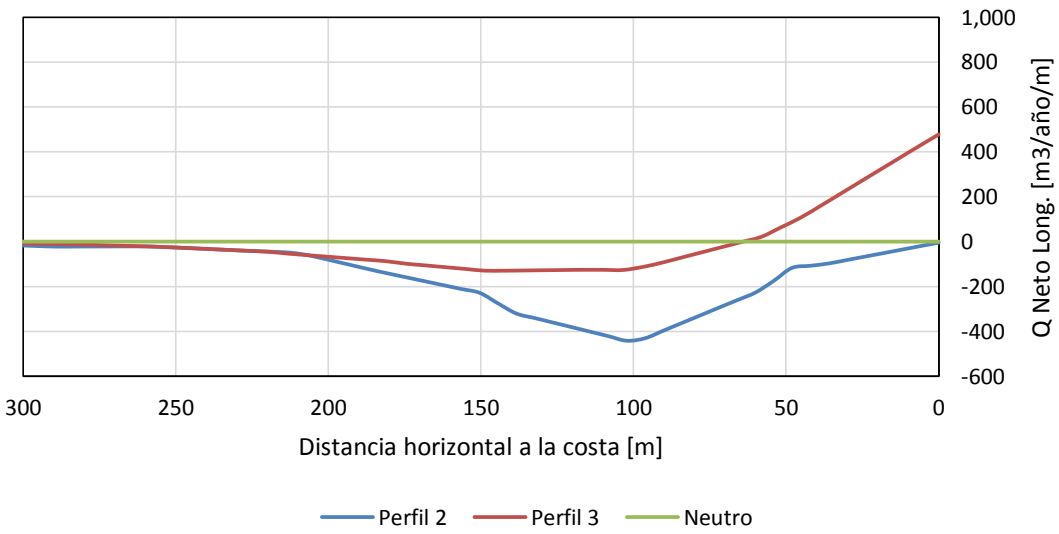
Para analizar la morfología general de Playa Brava, de acuerdo a los resultados obtenidos, se optó por trazar perfiles a lo largo del sector de estudio.

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados modelo, tramos 1 y 2



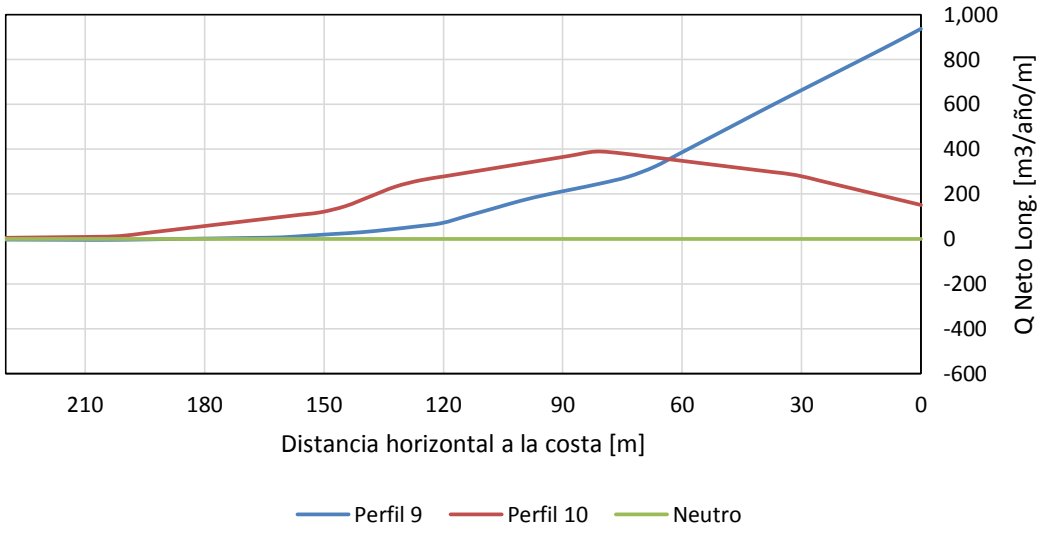
Para el tramo 1, la capacidad potencial de transporte total no refleja un cambio significativo entre los perfiles.



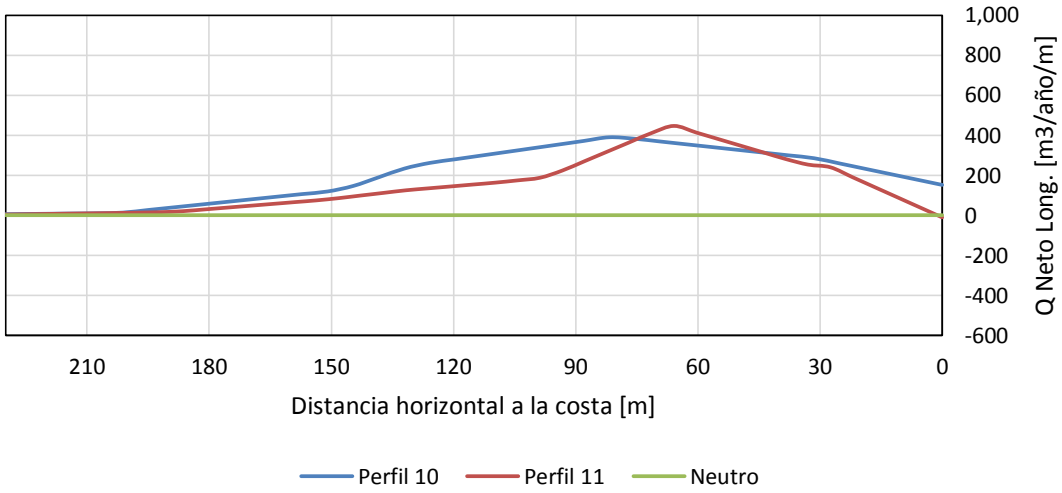
El tramo 2 muestra que el caudal disminuye generando una cierta erosión mar adentro, y en la costa existe una posible acreción, por lo que la línea de costa puede mostrar un avance.

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Resultados modelo, tramos 9 y 10



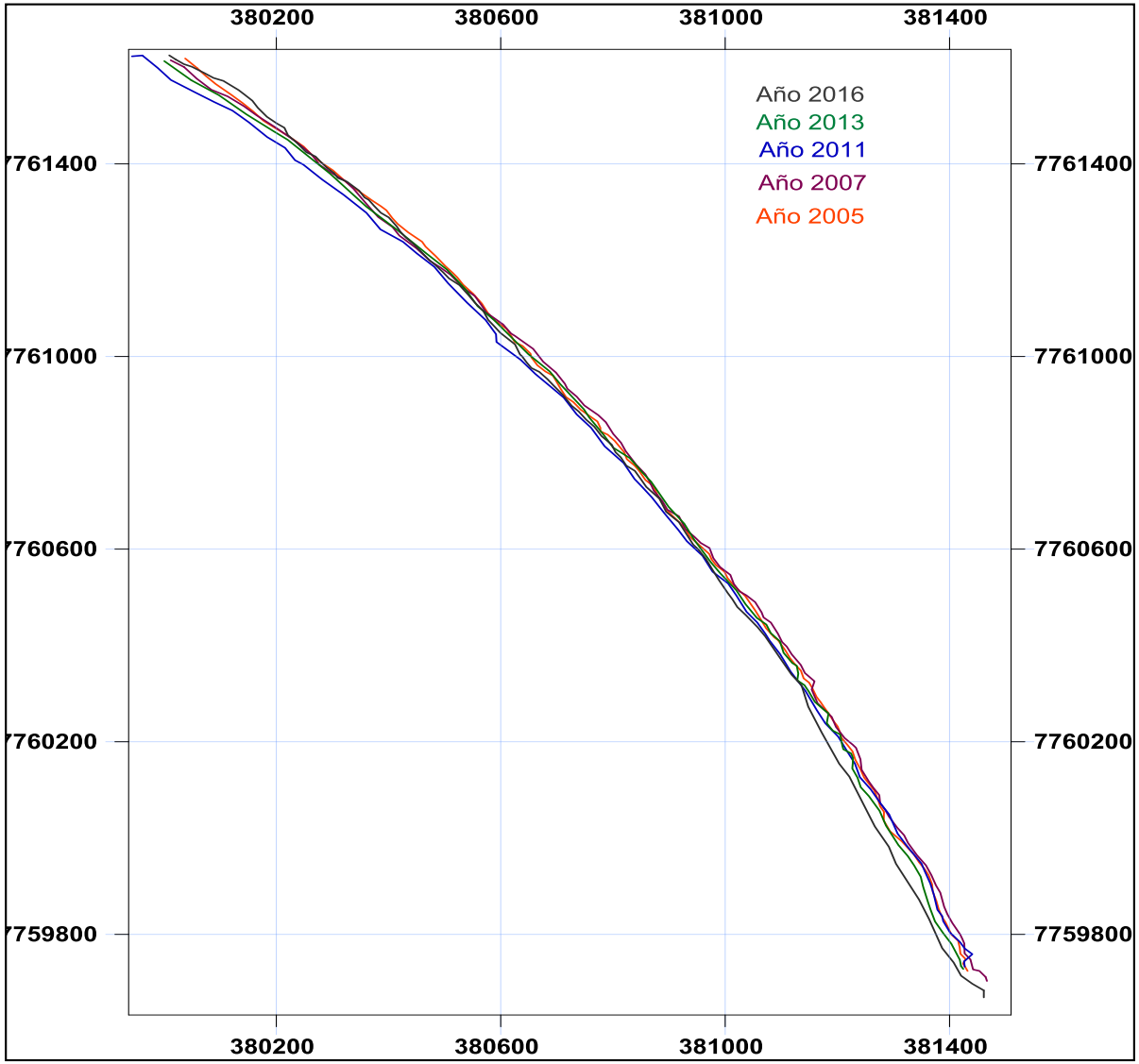
En el tramo 9, existe un cambio significativo entre los perfiles, aumentando el perfil 9 hacia el NW considerablemente, mientras que el perfil 10 existe una erosión hasta los 90 [m] de distancia de la costa.



En el tramo 10, ambos perfiles presentan un leve aumento hacia la dirección NW, generando una zona de poca variación morfológica.

MORFODINÁMICA DE PLAYA BRAVA

Comparación análisis con medición



Para realizar una validación de los resultados del proceso de modelado de la dinámica general de Playa Brava, se optó por describir las formas de la línea de playa en variados años.

Se utilizaron fotografías extraídas de Google Earth del sector de estudio correspondientes a los años 2005, 2007, 2011, 2013 y 2016, de las cuales se digitalizaron las líneas de costa.

RESPUESTA DE PLAYA A TORMENTA

Análisis extremal

Fecha del Peak (Tormenta)	Hs [m]	Tp [s]	DPK [°]
26-Julio-1987	4.6	14.8	226
23-Junio-1997	4.3	15.2	222
2-Noviembre-2006	4.3	16.3	213
6-Junio-2006	4	14.9	222
9-Septiembre-1988	3.9	17.5	217
6-Junio-2009	3.9	17.4	225
22-Noviembre-1988	3.8	15.9	220
2-Octubre-1998	3.8	17.5	219
19-Junio-1994	3.8	15.1	221
22-Junio-1998	3.7	16.4	216
3-Mayo-2002	3.7	17	212
28-Octubre-2003	3.6	15	212
14-Julio-2005	3.6	16.3	220
27-Mayo-1985	3.6	14.9	219
15-Agosto-1988	3.6	13.9	220
23-Junio-1989	3.6	16.7	214
16-Octubre-1990	3.6	16.4	208
3-Junio-2006	3.6	15.3	221
16-Septiembre-1999	3.6	16.8	216
3-Septiembre-2004	3.5	16.2	208

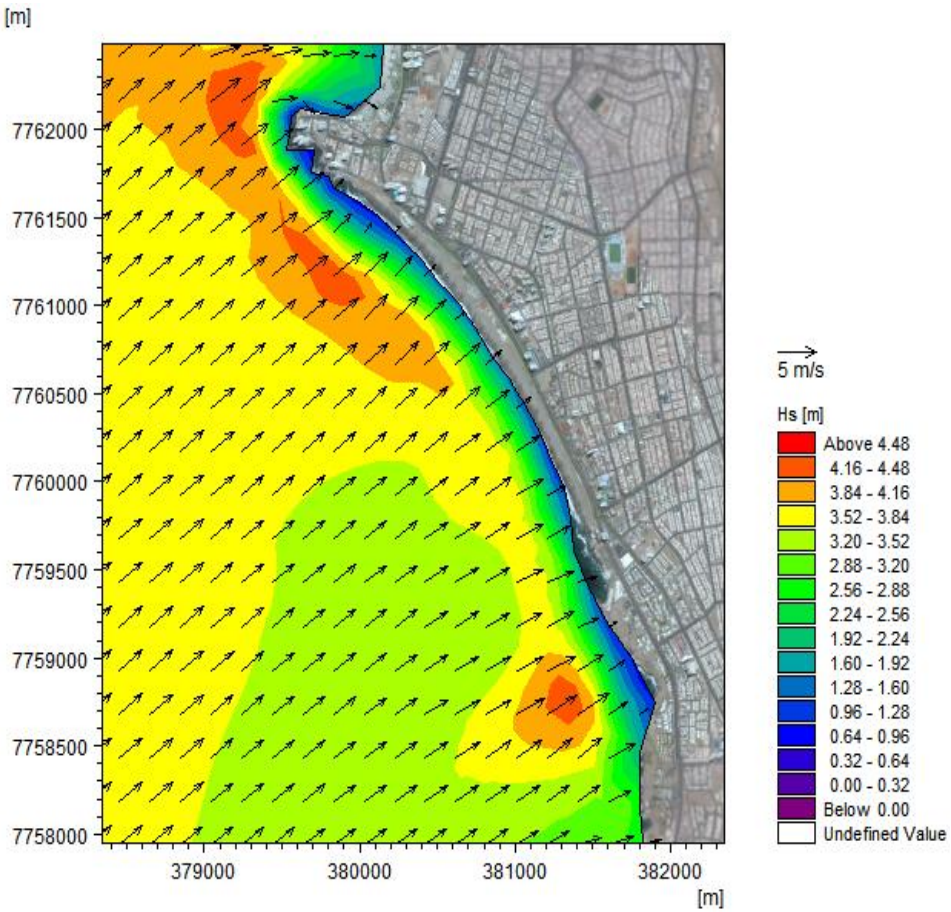
- Este análisis se fundamentó en el análisis extremal descrito en el informe de estudio de oleaje (DOP 2010) para aguas profundas. Se consideran tormentas provenientes del SW, debido al clima de oleaje descrito en el sector .

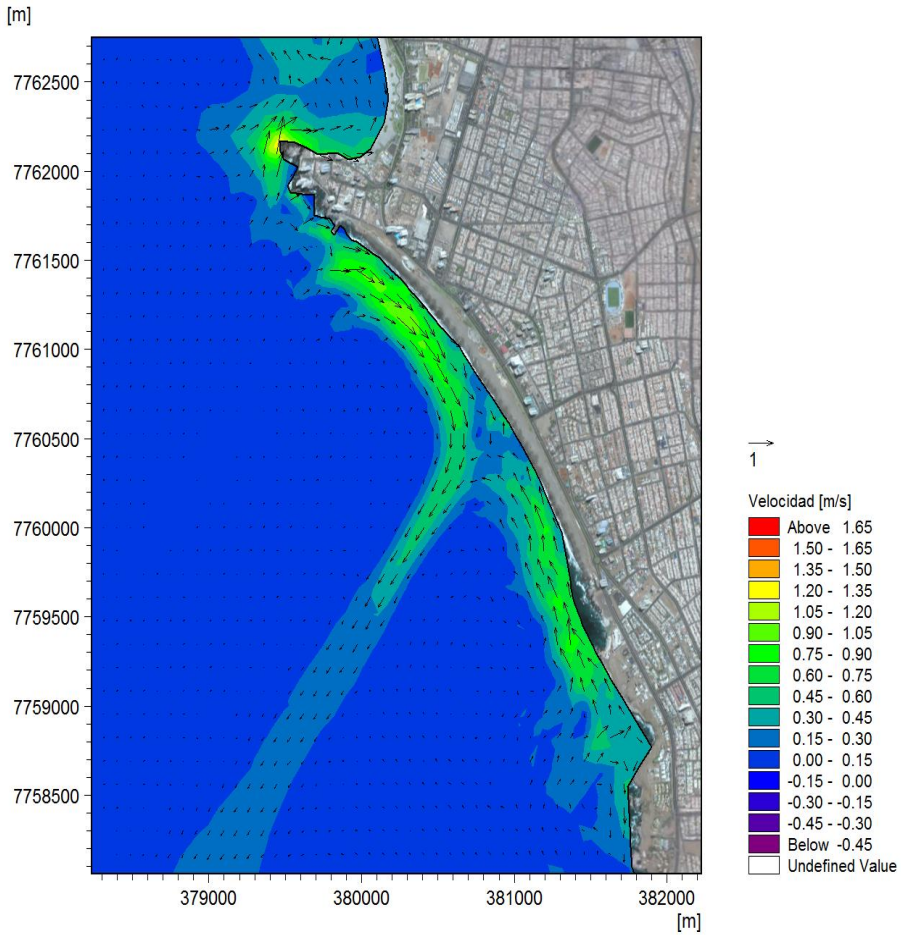
- Se realizó ajustes de Weibull (k= 0.75, 1, 1.4 y 2) y Gumbel, de los cuales el mejor ajuste se obtuvo con Weibull (k=1.0)

Ajuste	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
Límite superior (90%)	3.84	4.24	4.56	4.99	5.32	5.64
Cálculo Promedio	3.71	3.99	4.21	4.49	4.7	4.91
Límite Inferior (90%)	3.59	3.75	3.85	3.99	4.08	4.18

RESPUESTA DE PLAYA A TORMENTA

Situación de tormenta, resultados MIKE 21 SW y HD



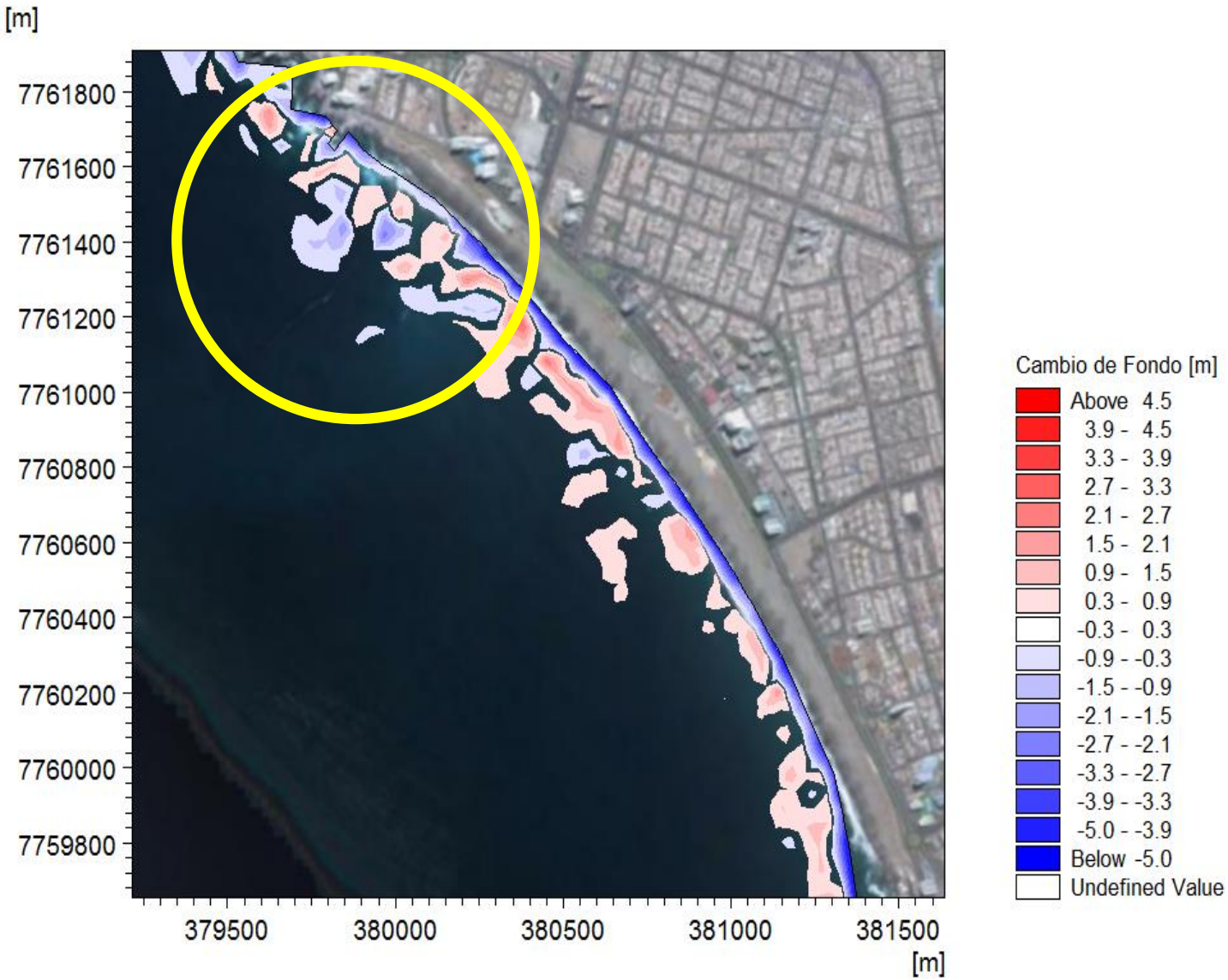


Se observa el momento en que aparece la simulación una máxima altura significativa, donde el oleaje arriba paralelo a la costa.

Se advierte que hay un sistema de corrientes litorales establecido a lo largo de la costa.

RESPUESTA DE PLAYA A TORMENTA

Situación de tormenta, resultados MIKE 21 ST

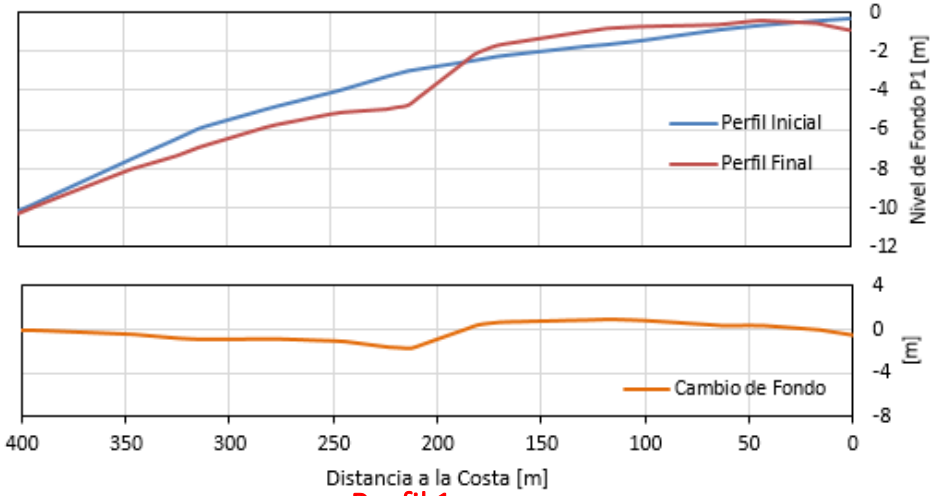


- **ACRECIÓN**
- Cambios bajos.
- **EROSIÓN**

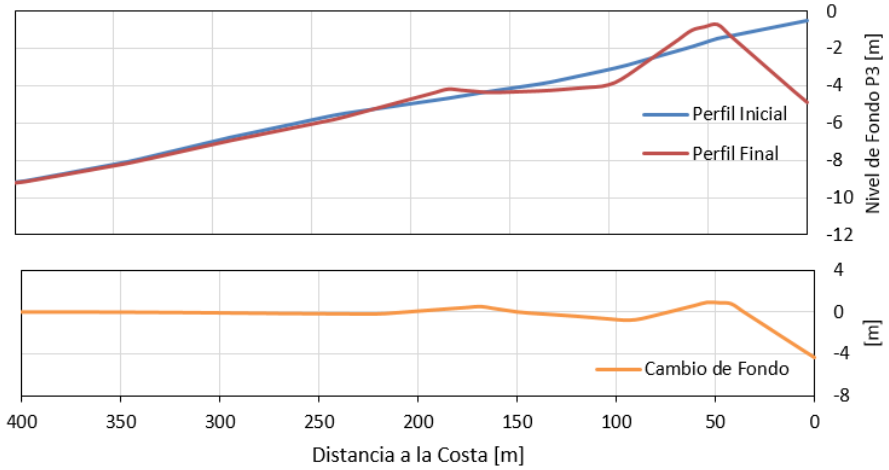
RESPUESTA DE PLAYA A TORMENTA

Situación de tormenta, análisis por perfiles

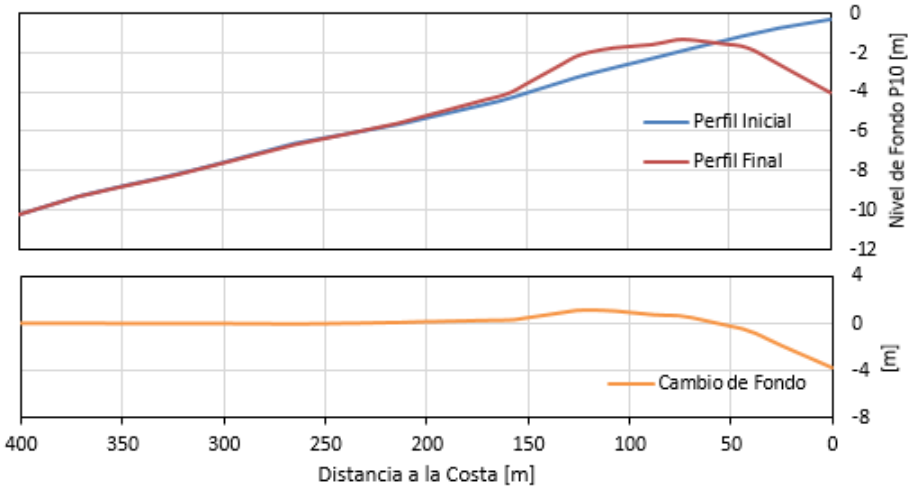
Para analizar cuantitativamente la variación del fondo de la playa después de la tormenta simulada, es necesario trazar perfiles paralelos, de modo de hacer un análisis cuantitativo.



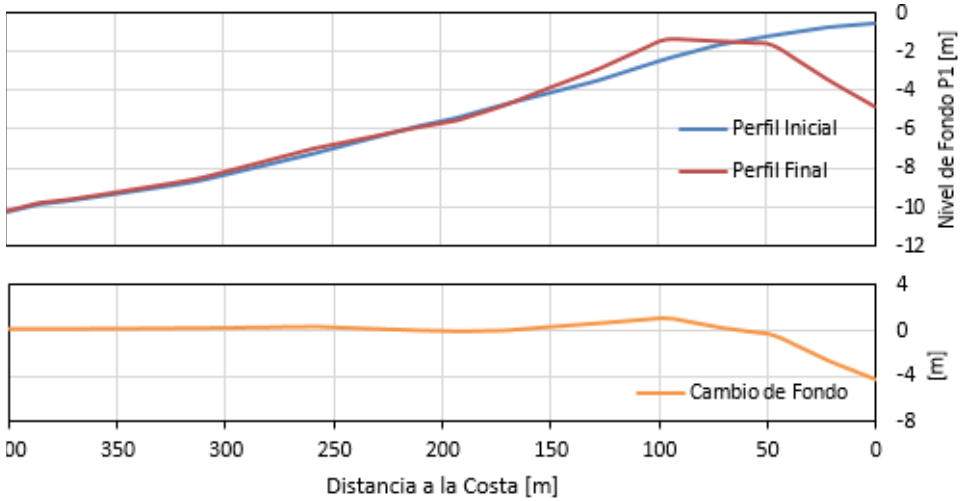
Perfil 1



Perfil 2



Perfil 10



Perfil 11

RESPUESTA DE PLAYA A TORMENTA

Situación de tormenta, análisis por perfiles

Volúmenes [m³]		
Perfiles	Acreción	Erosión
T1	20829.8	27662.9
T2	12634.4	19542.2
T3	13705.1	25938.2
T4	23561.2	22194.3
T5	15787.7	17104.0
T6	22585.3	18109.5
T7	22007.9	13617.2
T8	18319.2	12852.4
T9	19945.7	18244.8
T10	15750.5	24210.0
Total	185126.8	199475.6

- Las diferencias de volúmenes de acreción y erosión, muestra que los volúmenes totales tienen una baja diferencia entre sí, lo que sugiere que las arenas movidas desde un sitio a otro, no generan pérdidas ni ganancias de sedimento.

CONCLUSIONES

Universidad de Valparaíso CHILE

RESPECTO DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO

- Para el nodo de trabajo el oleaje medio en Playa Brava tiene los parámetros más representativos provenientes principalmente del 3° cuadrante, con alturas promedios de 1.25 [m] y periodos de 13 [s].

- Las magnitudes de las corrientes medidas tienen una media de 7 [cm/s].

- Respecto a la caracterización de los sedimentos, se utilizo los datos de la zona sumergida, donde los diámetros van desde los 0.18 a 0.31 [mm].

- El modelo de oleaje mostró un ajuste similar respecto al patrón de olas medidas del ADCP.

- El modelo de corrientes mostró magnitudes similares a las corrientes medidas insitu. Las direcciones no obstante difieren debido a las forzantes ingresadas al modelo, las cuales fueron marea y oleaje.

CONCLUSIONES

Universidad de Valparaíso CHILE

RESPECTO DEL ESTUDIO DE MORFOLOGÍA.

- Las simulaciones reflejan que Playa Brava posee transportes potenciales de sedimentos a lo largo de ésta, destacando que las mayores magnitudes se encuentran en los sectores norte y sur.

- El modelo sugiere según sus resultados, un leve cambio en la línea de costa, situación que se aleja a la realidad.

- En cuanto al análisis de la respuesta ante una tormenta, desde la zona centro al sur de la playa, se produce áreas de erosión cercana a la línea de costa, debido a la rotura del oleaje, mientras que en el sector norte la rotura ocurre en las zonas más profundas, generando zonas de erosión más alejadas de la costa.

RECOMENDACIONES

- Trabajar el análisis de oleaje con datos provenientes de aguas profundas, idealmente con información espectral de un hindcasting de larga data (desde 20 años), para obtener los campos de oleaje en el área completa y simular los efectos 2D en el área completa del sitio de estudio.

- Realizar una campaña de medición de vientos y mareas en el sector de Playa Brava.

- Realizar dos compañas de medición (verano – Invierno) tanto para oleaje y corrientes, para obtener una mejor caracterización de la zona de estudio en todo periodo del año.

- Se aconseja efectuar una medición de transporte de sedimentos en la zona norte, central y sur de la playa. Así también obtener muestras de sedimentos en el fondo en áreas de aguas someras, para los periodos de verano e invierno.

- Realizar mediciones topo- batimétricas de la playa para ambos periodos estivales, con la finalidad de complementar el estudio de análisis de cambios en la playa entre las estaciones del año.

- Las caracterizaciones obtenidas en esta presente memoria se pueden utilizar como base para un nuevo diseño de mejora de uso en playas largas.

Gracias por su atención