

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

XIX CONGRESO CHILENO DE HIDRÁULICA

ESTUDIO PLAYAS DE VIÑA DEL MAR V REGIÓN - CHILE

PABLO POZO ROJAS.¹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es analizar las características hidráulico costeras de las playas de Viña del Mar, con el objetivo de avanzar en su caracterización y evaluar los cambios experimentados durante los últimos 90 años. Para ello se ha realizado un análisis con la información existente de la zona, parte de la cual fue proporcionada por la Universidad de Valparaíso y procesada como parte de una tesis de postgrado.

La zona analizada se encuentra ubicada en la bahía de Valparaíso y más precisamente entre las playas Caleta Abarca y Las Salinas, y la metodología incluyó el análisis histórico de la zona utilizando cartas náuticas, fotografías aéreas y un análisis de largo plazo utilizando el modelo matemático SMC.

El análisis realizado permite caracterizar de una forma simplificada la hidrodinámica y la morfología de la línea de playa del borde costero en estudio, y así poder definir algunas líneas de acción para su planificación y uso futuro.

¹Ing. Civil, MS, Instituto Nacional de Hidráulica - mail: ppozo@inh.cl.

1 INTRODUCCIÓN

La ciudad de Viña del Mar, también como la “Ciudad Jardín”, es uno de los principales centros turísticos de la zona central de Chile y dispone de abundantes áreas verdes y un gran patrimonio cultural (arquitectónico, parques, centros recreativos y otros), pero quizás el principal atractivo son sus playas, por lo que su borde costero debe ser cuidado y bien administrado.

Es relevante indicar que, sobre la base de los antecedentes existentes, se puede evidenciar que algunas de las playas de Viña del Mar han experimentado retrocesos de la línea de costa y en algunos casos, incluso han prácticamente desaparecido, como es el caso de playa Miramar.

Viña del Mar como centro turístico en expansión debe planificar el uso futuro de su borde costero en forma racional y sustentable, por lo que este análisis pretende ser un aporte al inicio de la discusión de los planificadores e investigadores involucrados en este tema.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos generales

Como objetivo general del estudio se plantea la caracterización de la acción del oleaje y su incidencia en los procesos costeros del sistema playas de Viña del Mar.

1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos se establecen:

- Análisis de la hidrodinámica litoral en la bahía de Valparaíso.
- Análisis de la hidrodinámica litoral en las playas de Viña del Mar.
- Análisis de las condiciones de equilibrio en planta de las playas de Viña del Mar.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el Océano Pacífico, específicamente en la bahía de Valparaíso, V región, Chile, a 120 km al noroeste de Santiago. La bahía (Figura 1) se encuentra orientada hacia el cuarto cuadrante, dirección WNW-NW, tiene una boca de 13 km y un desarrollo aproximado de 23.8 km. Está delimitada por Punta Concón por el norte y Punta Ángeles por el sur.



Figura 1 : Bahía de Valparaíso - Carta náutica 5100.

A lo largo de la costa se observan dos fuentes importantes de agua dulce y sedimentos con extensas formaciones playosas al norte de sus desembocaduras, indicando que existe un transporte litoral en esa dirección. Estos cauces corresponden a dos cuencas costeras que aportan sedimentos de la Cordillera de la Costa y cuyas crecidas son de régimen pluvial, es decir, se presentan principalmente en los meses de invierno. Estas desembocaduras corresponden al estero Marga-Marga, que atraviesa la ciudad de Viña del Mar y al estero Reñaca ubicado al sur de la playa que lleva el mismo nombre.

En relación a la utilización del borde costero, la bahía de Valparaíso entre Punta Ángeles y Punta Con-Con tiene 23.8 km de costa siendo tan sólo 6.3 km destinados a playas de baño, el resto está constituida por zonas rocosas, quebradas, escolleras (12.5 km) y zonas destinadas a actividad portuaria (5.0 km).

3 ANTECEDENTES UTILIZADOS

Se utilizó la siguiente información:

- Estudio “Propuesta, Diagnostico y Plan de acción para el entorno costero de Viña del Mar”, elaborado por la Universidad de Valparaíso, 2008.
- Base de datos de oleaje obtenidas del proyecto Olas Chile II correspondiente al período 2000 – 2004.
- Estudio Sedimentológico “Fluctuación Anual de la Morfología y Granulometría de Playa Las Salinas, Viña del Mar, V Región”, H. Vergara C. – V. Hinckmann F., 1982.
- Batimetrías digitalizadas de la carta náutica N° 4320 del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).
- Tablas de mareas del puerto de Valparaíso de los años 2005 a 2007, SHOA.
- Fotografías aéreas SAF, años 1982 – 1996.

4 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Según un estudio elaborado por el INH¹, se indica que la línea de costa de la ciudad de Viña del Mar ha experimentado dos cambios de importancia:

- Avance entre los años 1877 y 1931.
- Retroceso desde 1931 hasta 1986.

En la Figura 2 se indican los cambios durante el período entre los años 1877 y 1986, obtenidos de la digitalización de cartas náuticas correspondientes a los años 1877, 1931, 1945 y 1986.

¹ Informe Final, Desembocadura Estero Marga-Marga, INH, 2000.

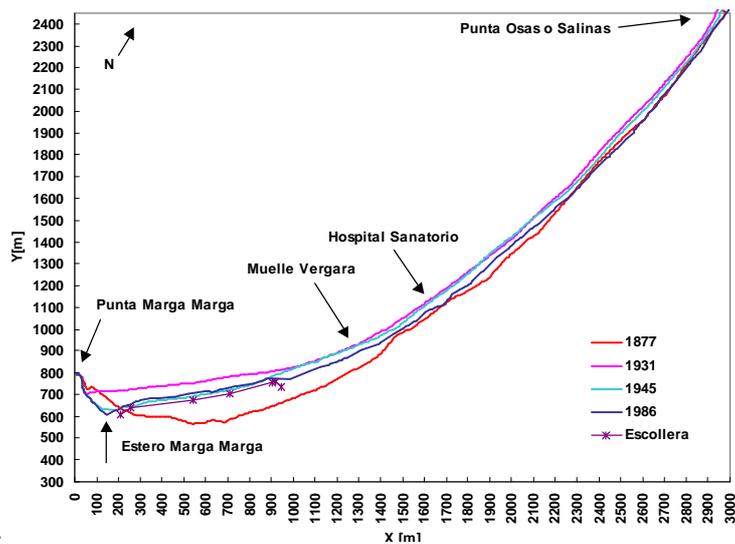


Figura 2 : Evolución histórica de las líneas de costa, desde Punta Marga-Marga hacia el Norte.

A continuación se describen dos sectores que han experimentado los mayores cambios a lo largo la historia de la ciudad, como son el enrocado de Avenida Perú y la playa Miramar:

Sector playa Miramar

Una de las playas que ha experimentado una importante erosión es la Playa Miramar, este balneario disfrutaba de una extensa playa en 1920 el que ha ido desapareciendo gradualmente. En la Figura 3 se indica en color rojo la ubicación de línea de costa en 1920, la que retrocedió aproximadamente 15 a 20 m hasta alcanzar la posición indicada en la Figura 4 (años 1980).



Figura 3 : Playa de Miramar en 1920.

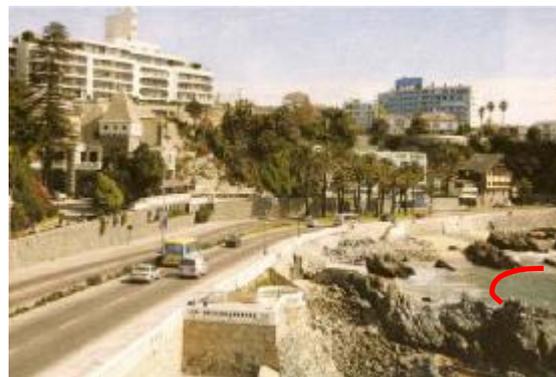


Figura 4 : Playa Miramar, años 80.

Sector Avenida Perú

A comienzos del siglo XX, la línea de costa se encontraba muy distante de lo que está en la actualidad, lo que llevo a la ciudad a crecer hacia la playa, sin embargo a medida que pasaron los años, las fuertes tormentas comenzaron a erosionar la costa, llevando a tomar la decisión en 1940 de proteger el borde costero con una escollera en el sector de Avenida Perú. Así mismo, las playas entre Acapulco y Los Marineros continuaron con su proceso de retroceso, evidenciándose

una discontinuidad en la línea de costa en la transición de playa Acapulco y Enrocado de Avenida Perú (ver Figura 5 y Figura 6).



Figura 5 : Plano de Viña del Mar anterior a 1930².



Figura 6 : Sector Avenida Perú. Imagen 1960.

Se analizó fotografías aéreas de la zona de interés para evaluar la tendencia de largo plazo (Foto N° 17582, vuelo CH-60, de 11 de noviembre de 1982, escala 1:60.000 - Foto N° 2219, vuelo Geotec, de diciembre de 1996, escala 1:70.000).

Como resultado, se obtuvo la tasa de retroceso de las playas para el período 1982-1996, la que en promedio se estimó en 0.2 m/año. La tasa de retroceso o avance para cada una de las playas analizadas se indica en la siguiente tabla.

Tabla 1 : Tasa de avance/retroceso de línea de costa, período 1982-1996.

Playas	(m/año)
Playa Acapulco	-0.5
Playa El Sol	0.0
Playa Blanca	-0.2
Los Marinos	-0.2

5 INCIDENCIA DE OLEAJE

Debido a que el oleaje es el principal agente que transporta los sedimentos litorales y así modela la morfología costera, se analizó su condición local. Para obtener el régimen de oleaje en aguas profundas se utilizó la base de datos Olas Chile, serie que contiene los parámetros de estado de mar espaciados cada 3 horas durante un período de tiempo 5 años (2000 – 2004). En la Tabla 2 y Tabla 3 se presentan respectivamente las tablas de incidencia dirección (Dir) v/s altura significativa (Hmo) y Dir v/s período pico (Tp).

Se aprecia que el oleaje reinante en alta mar (aguas profundas) durante el período analizado proviene del tercer cuadrante (SSW-SW-WSW) concentrando el 91,57% de los datos y siendo la

² C. Miranda, “Antecedentes Sobre la Configuración Urbana de Viña del Mar, 1874-1892”.

dirección con mayor probabilidad de ocurrencia el SW con 65.89%. Las olas del NNW-N presentan porcentaje de incidencia bajo (1.68%), sin embargo éstos ostentan las mayores alturas de altura de ola ($H_{mo}=6.0-7.0m$).

En relación a la altura del oleaje, el mayor porcentaje de ocurrencia corresponde a las olas con $H_{mo}=2.0-3.0m$ (51.86%). Respecto del período, el 87% de los datos corresponden a T_p entre 10-16s, siendo los de mayor incidencia el rango entre 12-14s. Se observan casos que superaron los 20s para la dirección SW.

Tabla 2 : Ocurrencia de presentación de oleajes por Dir. y H_{mo} (%).

Dir \ H_{mo}		0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	5.0 - 6.0	6.0 - 7.0	7.0 - 8.0	>= 8.0	Total
348.75 - 11.25	N		0.02	0.12	0.21	0.05	0.01	0.01			0.42
11.25 - 33.75	NNE										0.00
33.75 - 56.25	NE										0.00
56.25 - 78.75	ENE										0.00
78.75 - 101.25	E										0.00
101.25 - 123.75	ESE										0.00
123.75 - 146.25	SE										0.00
146.25 - 168.75	SSE										0.00
168.75 - 191.25	S		0.16	0.22	0.01						0.39
191.25 - 213.75	SSW		1.49	5.57	3.43	0.66	0.04				11.19
213.75 - 236.25	SW	0.01	8.74	36.35	18.38	2.27	0.15				65.89
236.25 - 258.75	WSW	0.01	2.51	7.45	3.70	0.76	0.05				14.48
258.75 - 281.25	W		0.81	1.02	1.15	0.38					3.37
281.25 - 303.75	WNW		0.15	0.45	0.77	0.29					1.66
303.75 - 326.25	NW		0.10	0.32	0.50	0.38	0.04				1.34
326.25 - 348.75	NNW		0.12	0.36	0.43	0.27	0.05	0.01			1.26
Sub-Total:		0.02	14.11	51.86	28.58	5.06	0.36	0.01	0.00	0.00	100

Tabla 3 : Ocurrencia de presentación de oleajes por direcciones y T_p .

Dir \ T_p		4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 - 20	>= 20	Total
348.75 - 11.25	N	0.06	0.25	0.03	0.02	0.04	0.01				0.42
11.25 - 33.75	NNE										0.00
33.75 - 56.25	NE										0.00
56.25 - 78.75	ENE										0.00
78.75 - 101.25	E										0.00
101.25 - 123.75	ESE										0.00
123.75 - 146.25	SE										0.00
146.25 - 168.75	SSE										0.00
168.75 - 191.25	S	0.03	0.01		0.08	0.18	0.05	0.05			0.39
191.25 - 213.75	SSW	0.02	0.49	0.80	1.96	5.90	1.60	0.36	0.07		11.19
213.75 - 236.25	SW	0.03	0.91	1.92	13.44	31.62	14.04	3.48	0.44	0.02	65.89
236.25 - 258.75	WSW			0.37	3.70	6.61	2.48	1.16	0.16		14.48
258.75 - 281.25	W		0.02	0.21	1.25	1.13	0.56	0.19	0.02		3.37
281.25 - 303.75	WNW	0.01	0.10	0.22	0.57	0.54	0.18	0.03	0.01		1.66
303.75 - 326.25	NW	0.04	0.36	0.15	0.27	0.38	0.10	0.04			1.34
326.25 - 348.75	NNW	0.18	0.54	0.14	0.16	0.15	0.07	0.01			1.26
Sub-Total:		0.36	2.67	3.83	21.44	46.55	19.09	5.32	0.70	0.02	100

6 MODELO MORFODINÁMICO

A pesar que una playa natural presenta irregularidades, tanto en perfil como en planta, y en las escalas de espacio y tiempo, se asumirá que la playa puede ser definida mediante una línea de planta y varios perfiles tipo, por lo tanto, para el análisis tanto en largo plazo como en corto plazo, se asume la hipótesis de ortogonalidad. Esta hipótesis permite analizar la estabilidad de una playa estudiando por separado la:

- Estabilidad de perfil de playa (eje transversal).
- Estabilidad de la planta (eje longitudinal).

A continuación se analizará las playas considerando solo el análisis en planta, tanto de largo como de corto plazo con el objeto de identificar la forma de equilibrio de la línea de costa de las playas, así como el comportamiento hidrodinámico.

6.1 Análisis de largo plazo

En torno a la ciudad de Viña del Mar existen varias playas, que de acuerdo a su forma en planta, es posible distinguir dos tipos:

- Playa abierta, comprendida entre la desembocadura del estero Marga-Marga y Punta Osas.
- Playa encajada, playas ubicadas entre salientes al sur de la desembocadura del estero Marga-Marga (playa Miramar y Caleta Abarca).

En el presente artículo, se analizarán las playas ubicadas entre la desembocadura del estero Marga-Marga y Punta Osas.

6.1.1 Playa Abierta

Para el análisis de la playa, se utilizó el modelo de propagación de oleaje Oluca-SP, herramienta que corresponde a un modelo espectral no dispersivo que resuelve la fase del oleaje (MRF). El modelo requiere como entrada un estado de mar direccional, el cual está representado por un espectro bidimensional discretizado en componentes de frecuencias y dirección, las cuales son propagadas de manera simultánea.

Para la propagación de las componentes de energía, la aproximación parabólica incluye refracción-difracción con interacción oleaje-corriente (Kirby, 1986 a). El modelo incluye las pérdidas de energía debido a la rotura del oleaje utilizando tres diferentes modelos estadísticos de disipación, dos de los cuales calculan la tasa media de disipación de energía asociada a un bore en movimiento (Battjes y Jansen, 1978; Thornton y Guza, 1983) y un tercero que asocia la tasa de disipación al gradiente entre el flujo de energía estable y local (Winyu y Tomoya, 1998).

La metodología utilizada para el análisis es la siguiente:

1. Propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la zona de interés: por medio del modelo matemático Oluca SP.

2. Reconstrucción del clima de oleaje local en puntos de control definidos: por medio de un código Matlab, se obtiene los coeficientes de agitación y dirección en los puntos de interés necesarios para reconstruir el clima de oleaje frente a la costa.
3. Determinación del flujo medio de energía frente a la costa: con el clima de oleaje reconstruido frente a la costa (en los punto de interés), se procede a realizar una integración vectorial de cada flujo de energía asociado a cada estado de mar ($E \cdot C_g$, Dir), así, se obtiene un valor correspondiente a la dirección del flujo medio de energía (θ_{ECg}).
4. Predicción de la línea de costa media o de equilibrio estático: con los resultados del punto 3, se traza la línea de costa asumiendo, que esta se orienta perpendicular a la dirección del flujo medio de energía.

Un aspecto relevante en el análisis de las playas de Viña del mar, es saber si éstas se encuentran contenidas completamente por sus contornos naturales, de este modo, determinar el, o los, puntos por donde se producirían fugas de sedimentos del sistema, ya que, dichas singularidades implican un control en el desarrollo de la playa. En el caso de las playas de Viña del mar, el contorno que marca el inicio de la playa, por el norte, es Punta Osas, ya que, dicha formación, no alcanza profundidad necesaria (profundidad de cierre) para contener la playa.

En la Figura 7 se indican la línea de costa actual (línea roja) y la línea de equilibrio obtenida con el flujo medio de energía (línea azul) entre Punta Marga-Marga y Punta Osas. Se observa que ambas líneas no siguen un mismo trazo, lo que indica un desequilibrio.

Esta línea estimada con el flujo medio corresponde a la de equilibrio estático, vale decir, la forma que alcanzaría la costa si no existiesen aportes de sedimentos al sistema. Con un análisis gráfico entre la línea de equilibrio y la actual, se puede manifestar lo siguiente:

- Como la línea de costa de equilibrio (línea azul) se aleja progresivamente de la línea de costa actual (línea roja) a medida que se avanza de norte a sur, es de esperar, que las playas Acapulco, El Sol y Blanca desaparecieran completamente, mientras que la playa ubicada al comienzo (Los Marineros) perdería una parte de la superficie de playa (~60%).
- Otra situación de interés, es ver como la zona del enrocado de avenida Perú, se encuentra más alejada de la situación de equilibrio, tanto en distancia como en orientación respecto del flujo medio de energía.

Por otra parte, y sobre la base de los antecedentes obtenidos del análisis histórico, considerando que los cambios sufridos por las playas en los últimos años han sido de menor magnitud, se estima que la forma en planta de la playa actual sí está en equilibrio, pero en equilibrio “dinámico”, vale decir, es la disposición en planta de la costa incluyendo los aportes sólidos del estero Marga-Marga.

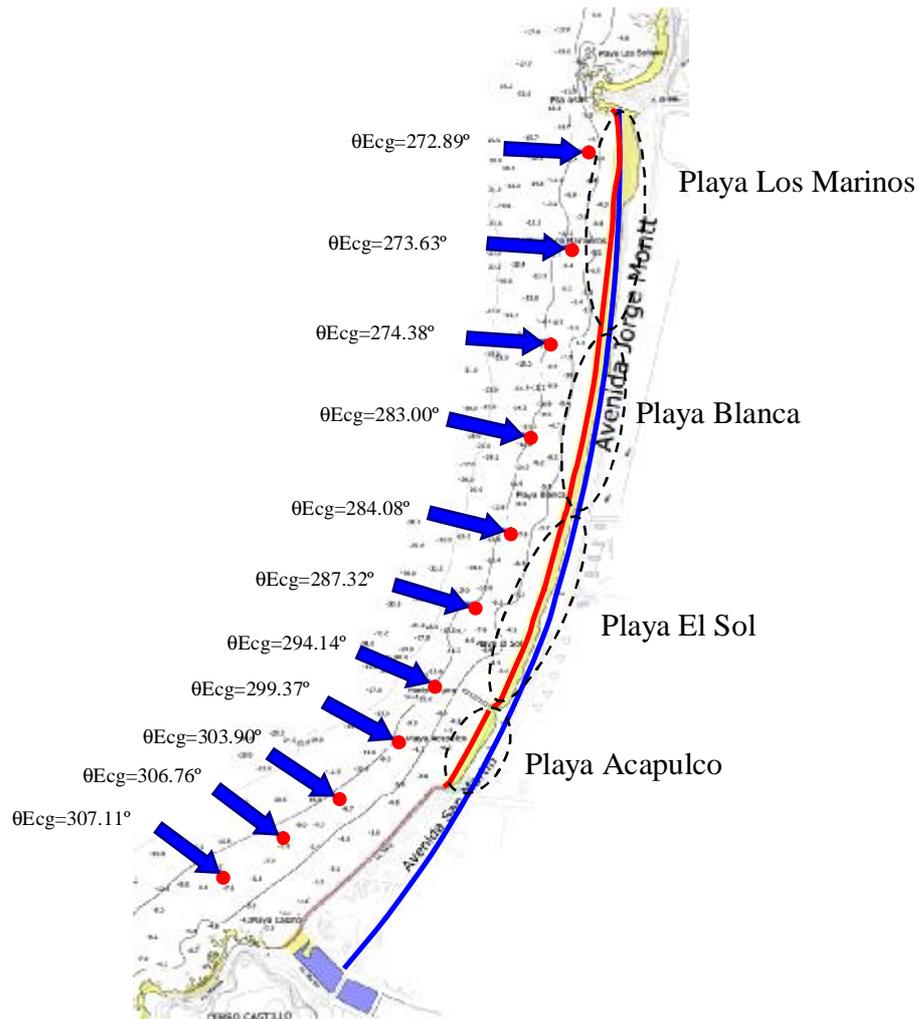


Figura 7 : Planta de equilibrio – Playas al norte le estero Marga- Marga.

6.2 Análisis de corto plazo

Para el estudio de corto plazo en planta, se utilizó el modelo Copla-SP (modelo de corrientes de rotura) elaborado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC), grupo de investigación que forma parte del Instituto de Hidráulica Ambiental "IH de la Universidad de Cantabria". Dicho modelo forma parte del "Modelo Integral de Propagación de Oleaje, Corrientes y Morfodinámica en Playas" (Mopla), el cual integra una serie de modelos numéricos que permiten llevar a cabo un análisis a corto plazo en playas.

El modelo Copla, es un modelo numérico que resuelve las ecuaciones de flujo dentro de la zona de rompientes, tomando como datos de entrada, los datos de salida del campo de oleaje calculado con el modelo Oluca.

Para resolver la circulación costera se resuelven las ecuaciones de conservación de masa y momentum (Navier-Stokes), integradas en profundidad, promediadas en un período de tiempo y en un sistema de coordenadas localizado en el nivel medio del mar.

Las hipótesis consideradas por el modelo son las siguientes:

- Fluido homogéneo.
- Incompresible.
- Densidad constante.
- La variación del fondo del mar con respecto a la horizontal es lenta (aceleraciones verticales muy pequeñas).
- Los movimientos asociados a las corrientes de playa son permanentes, permitiendo promediar las ecuaciones que los representan en el tiempo (período del oleaje), lo que significa que para períodos de tiempos mayores al del período del oleaje, las variaciones temporales son despreciables.
- Los efectos de viscosidad molecular son débiles, excepto en contornos, en consecuencia, se puede admitir que el movimiento oscilatorio es esencialmente irrotacional, Longuet-Higgins y Stewart (1962).
- Las fluctuaciones turbulentas debidas al oleaje son despreciables.
- No considera la fuerza de Coriolis.
- Las corrientes son suficientemente débiles como para considerar su interacción con el tren de ondas.

Para describir el patrón de corrientes en la zona de estudio, se escogió tres casos representativos del clima de oleaje:

- **Caso 1. Oleaje medio**, con dirección que corresponde a la del flujo medio de energía, H_{mo} y T_p correspondiente a la del 50% ($Dir=229.7^\circ$ - $H_{mo}=2.6m$ - $T_p=12.8s$).
- **Caso 2. Oleaje de tormenta proveniente del W**, H_{mo} y T_p con período de retorno de un año ($H_{mo}=4.3m$ - $T_p=12.3s$).
- **Caso 3. Oleaje de tormenta proveniente del WNW**, H_{mo} y T_p con período de retorno de un año ($H_{mo}=4.3$ - $T_p=12.3s$).

A continuación se describen algunos de los aspectos más relevantes del patrón de corrientes litorales modelado para estos casos:

- En la zona de la desembocadura del estero Marga-Marga, se observó, para los tres casos, una corriente longitudinal en dirección NE (Figura 8 y Figura 9), siendo de mayor intensidad para las olas provenientes del W – WNW (0.3 – 0.4m/s), no obstante, para las olas provenientes del SW se genera una corriente de menor intensidad en dirección W (hacia la saliente norte de playa Miramar).
- En el sector donde se ubica el Muelle Vergara, se genera una corriente longitudinal en dirección NE para las olas del W – WNW con velocidades máximas de 0.2m/s.
- En la zona de Punta Osas se observa para los tres casos modelados una celda de recirculación en sentido horario, con intensidades del orden de $\sim 0.15m/s$ para el oleaje del W, 0.35m/s para las olas del WNW y velocidades muy pequeñas ($\leq 0.01m/s$) para las olas del SW. Para las olas

del W se observa una corriente en dirección NE hacia el sector de playa Las Salinas con magnitud de 0.15m/s.

- Para los casos modelados, se observa que las zonas donde se generan corrientes de mayor intensidad corresponden las salientes (en playa Miramar, Caleta Abarca y Punta Osas), y a su vez, siendo mayores para las tormentas del cuarto cuadrante.
- Así mismo, se observa también que el sector de playa donde se generan corrientes litorales más intensas, corresponde a la playa Los Marinos.

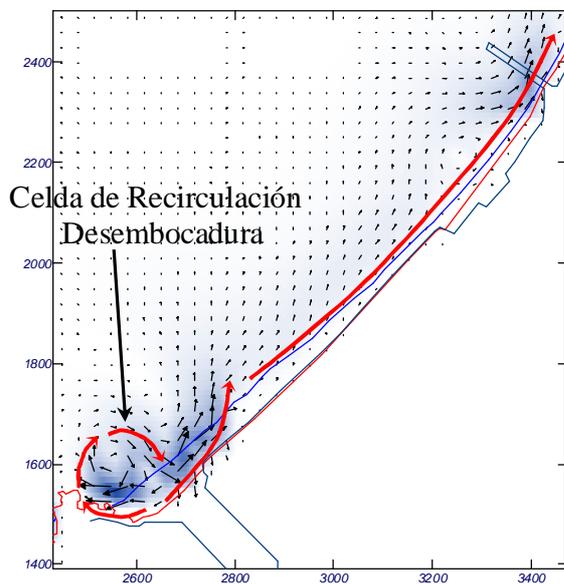


Figura 8 : Corrientes en desembocadura – Caso 1.

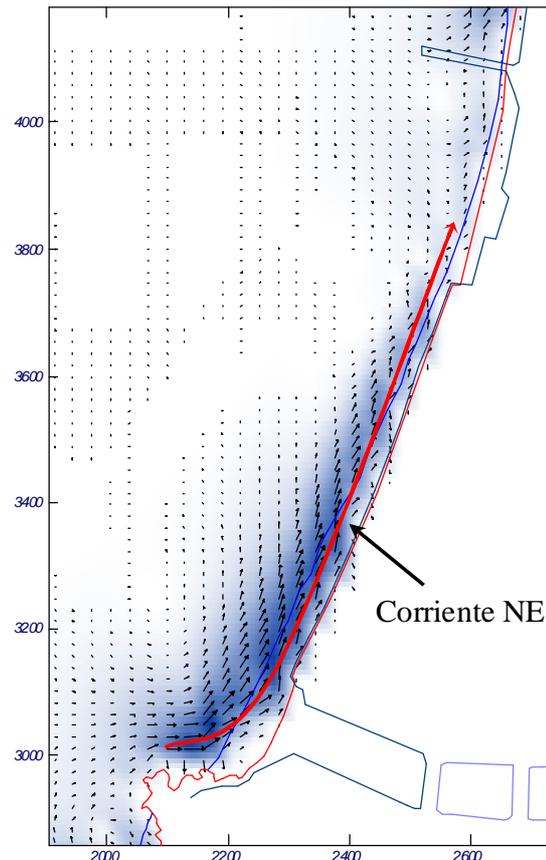


Figura 9 : Corrientes en desembocadura – Caso 3.

7 MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Sobre la base de los antecedentes históricos y de los análisis de largo y corto plazo de las playas de Viña del Mar, se puede establecer el siguiente modelo de funcionamiento hidrodinámico del sistema.

5. La fuente principal de sedimentos para las playas, corresponde al estero Margamarga, cuyo régimen es pluvial y por lo tanto los aportes sólidos ocurren durante el período de mayor precipitación, es decir, en invierno.

6. Considerando el patrón de corrientes litorales en las playas del Viña del Mar, y la ubicación actual de las playas, se observa que existe un transporte considerable de sedimentos en dirección sur a norte.
7. En relación al sector de Punta Osas, se observa lo siguiente:
 - Si bien la saliente Punta Osas constituye una barrera para el transporte litoral, de acuerdo al patrón de corrientes en este sector, y especialmente para las olas provenientes del W, se observa un flujo en dirección NE que facilitaría el transporte de sedimentos hacia la playa del lado norte (playa Las Salinas).
 - El morro de Punta Osas está ubicada a una profundidad menor a la profundidad de cierre de la playa Los Marinos ($h^*=6.7\text{m}$), por lo tanto, se estima que Punta Osas no contiene totalmente las playas de Viña del Mar.
8. Se estima que el sistema sedimentológico en el que están insertas estas playas tendría como límite norte el sector de playa Las Salinas – Las Cañitas, debido a que en esta zona la pendiente transversal de la playa se torna más abrupta (Figura 10).

En relación a la evolución histórica y al constante retroceso de la línea de costa, una hipótesis que podría explicar los cambios es la siguiente:

- “A medida que la ciudad crecía, fue necesario intervenir el cauce del estero Marga-Marga; primero para protegerse de las inundaciones y erosiones generadas con los temporales y segundo convirtiendo el lecho del estero como un importante proveedor de áridos en la década de 1960. ³ Estos hechos pudieron alterar el transporte sólido del estero, generando un desequilibrio entre las tasas de transporte litoral y la tasa de aportes del estero”.

En la Figura 10 se indica un esquema con el patrón de corrientes litorales en las playas de Viña del Mar.

³ J. Bahamondes G., “Una Mirada a la Actividad Económica y Ocupación del Estero Marga-Marga”

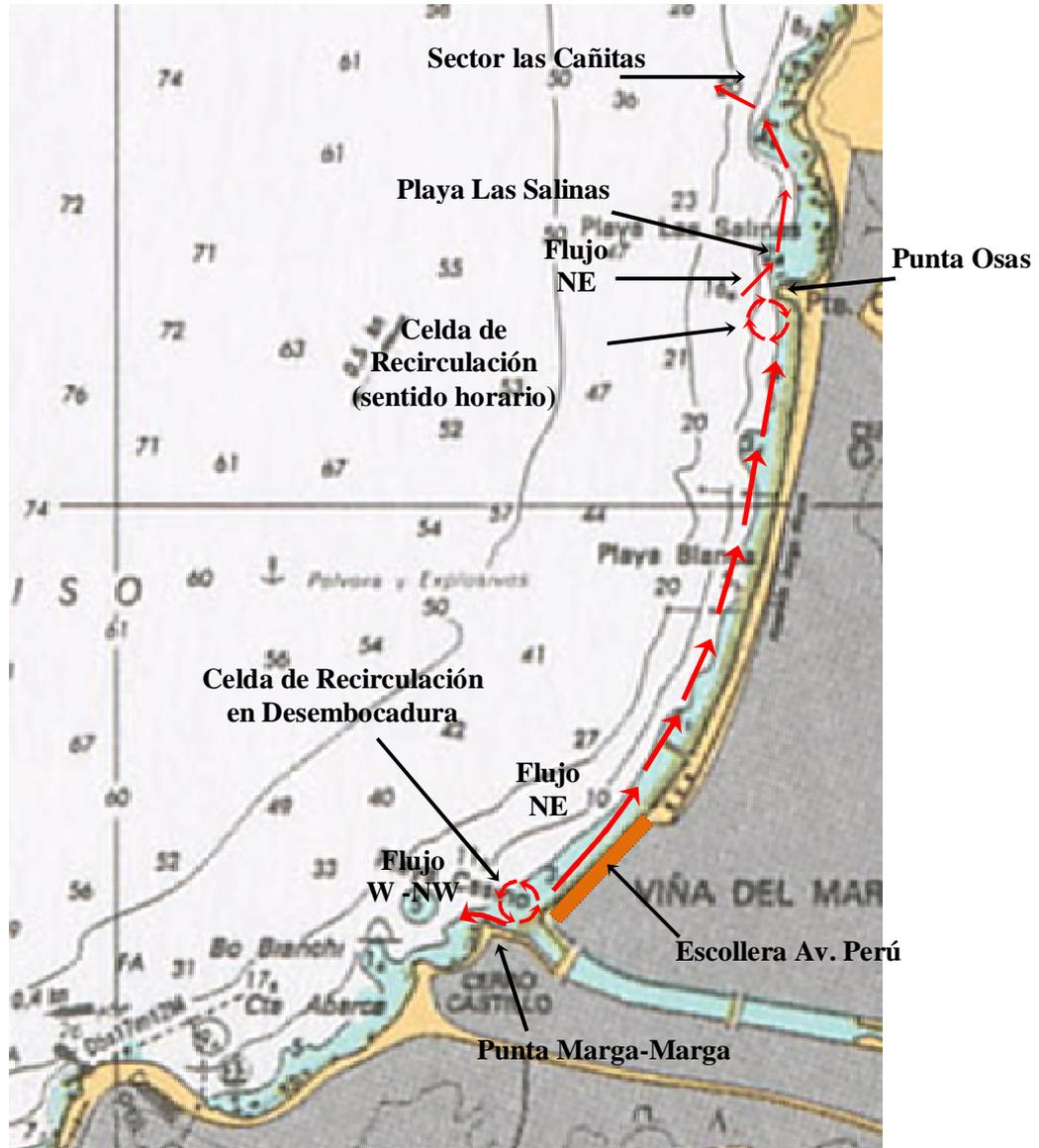


Figura 10 : Esquema de funcionamiento hidrodinámico en playas de Viña del Mar.

8 CONCLUSIONES

Las playas de Viña del Mar han experimentado cambios notorios junto con el crecimiento de la ciudad de Viña del Mar. Éstos podrían tener directa relación con intervenciones antrópicas en el estero Marga-Marga y escollera en la Av. Perú.

Del análisis se puede inferir que el borde costero de Viña del Mar entre los años 1982 - 1996 se encuentra en un estado de equilibrio dinámico, donde las tasas de transporte litoral pudiesen ser del mismo orden que los aportes de sedimentos del estero.

En relación a la dinámica costera se observa que las playas de Viña del Mar tienen un abrigo natural proporcionado por Punta Ángeles y Punta Curaumilla para el oleaje reinante proveniente

del tercer cuadrante (S-SW), no obstante, se encuentran más expuestas para los oleajes dominantes provenientes del cuarto cuadrante (W-N).

Del análisis se concluye que playa Los Marinos no se encuentra contenida lateralmente por la saliente natural Punta Osas, ya que, pese a constituir una barrera al transporte de sedimentos ésta alcanza una profundidad inferior a la profundidad de cierre, por lo tanto, parte de los sedimentos pueden ser transportados hacia el sector de Las Salinas, zona donde la pendiente del fondo marino se torna más abrupta. Por esta razón, se estima que las playas ubicadas inmediatamente al lado de la ciudad están insertas en un sistema sedimentológico que tendría como límites Punta Gruesa por el sur y el sector de playa Las Salinas – Las Cañitas por el norte.

En relación a la hidrodinámica, se observa que las corrientes litorales se manifiestan principalmente en dirección de sur a norte, lo que explica la existencia de playas al norte de la desembocadura del estero Marga-Marga.

Finalmente se estima que las playas de Viña del Mar corresponden a un sistema morfológico sensible a cambios en sus condiciones de borde, por lo tanto, cualquier intervención que se haga en éste debe ser cuidadosamente evaluada, para así evitar una respuesta morfológica que, en el mediano y largo plazo, podría implicar un serio deterioro a este valioso borde costero.

8.1 Recomendaciones

Sobre la base de los resultados obtenidos, se recomienda complementar este estudio con un análisis más detallado considerando trabajos de terreno actualizados, vale decir, batimetría, topografía y toma de muestras de sedimentos. Junto con esto, será de mucha utilidad un análisis estacional de la hidrodinámica costera, así como, la estimación de los aportes sólidos del estero y las tasas de transporte litoral. Además, será muy beneficioso establecer un plan de seguimiento con el objeto de evaluar y mantener un monitoreo de la evolución de estas playas.

9 AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Ministerio de Medio Ambiente Español y al Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria por el uso del programa computacional SMC (Sistema de Modelado Costero), al profesor Raúl Medina S. por su colaboración en la elaboración de la tesis, a la universidad de Valparaíso por los antecedentes facilitados, y al Instituto Nacional de Hidráulica por el apoyo dado para el desarrollo y especialización profesional.

10 REFERENCIAS

Universidad de Valparaíso. 2008. “Propuesta, Diagnostico y Plan de acción para el entorno costero de Viña del Mar”.

INH. 2000. Informe Final, “Desembocadura Estero Marga-Marga”.

J. Bahamondes G., “Una Mirada a la Actividad Económica y Ocupación del Estero Marga-Marga”. Revista del Archivo Histórico Patrimonial de Viña del Mar, 2004, V N°6.

C. Miranda San Martín, “Antecedentes Sobre la Configuración Urbana de Viña del Mar, 1874-1892”, en Revista Archivum N° 4, año III, Archivo Histórico Patrimonial de Viña del Mar, Viña del Mar, 2001, p. 194.

Dean, R. D. 2005. “Beach Nourishment, Theory and Practice”.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, cartas náuticas.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, tablas de mareas.

Sistema de Modelado Costero SMC.

GIOC, Documento Temático Regeneración de Playas.

Manual de referencia de Oluca-MCSP.

Manual de referencia de Copla-MCSP.

Manual de referencia de Petra-MCSP.