



Anexo “11”
**PROYECTO “ESTUDIO DE ATENUACIÓN DE PARÁMETROS DEL OLEAJE BAJO
LA DINÁMICA DE HIELO FLOTANTE EN LA ANTÁRTICA”**

1. Relación con la Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Relaciones entre Suramérica y Antártida	Oceanografía	Oceanografía física, química, biológica, pesquera y geológica.
Seguridad Marítima	Seguridad en la navegación	Deriva de hielos flotantes, proceso de formación de hielos no permanentes, detección de hielos flotantes, pronóstico del tiempo marítimo, fenómenos de resonancia en bahías y estrechos.

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto:

Investigadores	Entidad	Actividades
MSc (c) Ana Lucia Caicedo Laurido.	Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla (ENAP).	Configuración equipos oceanográficos, ensamblaje de estructura de fondeo e instalación en el área de estudio.
PhD Rafael Ricardo Torres, CN.	Dirección General Marítima (DIMAR).	Asesoría en la configuración y determinación de puntos de fondeo equipos oceanográficos.
PhD Serguei Lonin	Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla (ENAP).	Apoyo en el ensamblaje de estructura de fondeo
MSc (c) José Luis Payares		

Actividades desarrolladas en el ARC 20 de Julio

- Configuración de dos (02) registradores de oleaje direccional (DWR, por sus siglas en inglés) de acuerdo a las necesidades específicas de la investigación.
- Ensamblaje sistema de fondeo integrado por la estructura de acero inoxidable y los equipos de medición.
- Fondeo y recuperación de dos (02) Registradores de Oleaje Direccional (DWR, por sus siglas en inglés) en cercanías de la base antártica González Videla y Yelcho.



- Observación de hielo fijo y flotante en las zonas transitadas en el estrecho de Gerlache.

3. Otras entidades participantes

- Participación de la DIMAR en la definición de los puntos de fondeo de los equipos, así como de su instalación.
- Apoyo en las actividades de fondeo y recuperación de los equipos oceanográficos por parte de investigadores del grupo de Departamento de Buceo y Salvamento (DEBUSA).
- Oficiales de guardia Buque ARC 20 de Julio en el suministro de información de las condiciones de oleaje y deriva de hielo flotante.

4. Objetivo general del proyecto

Estudio del régimen de oleaje bajo condiciones de presencia de hielo flotante y fijo y su dinámica estacional.

5. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral 2015-2016.

Objetivo Particular 1. Realizar mediciones de oleaje en el estrecho de Gerlache durante el verano austral 2016-2017 en el marco de la III Expedición Científica de Colombia a la Antártida.

Objetivo Particular 2. Analizar la cobertura de hielo en territorio antártico en escala multianual empleando información de plataformas multianuales.

Objetivo Particular 3. Implementar bloques de interacción entre el hielo flotante y el oleaje bajo las condiciones termodinámicas del área de estudio, identificando la dinámica entre los mismos.

Objetivo Particular 4. Realizar un re-análisis de oleaje con base en datos de re-análisis atmosférico JRA de 55 años, teniendo en cuenta los procesos de congelación, deshielo y el movimiento de los campos de hielo flotante.

Objetivo Particular 5. Analizar estadísticamente el régimen de olas en el área de interés, determinando las olas del período de retorno de 1:5, 1:20, 1:50 y 1:100 años, igual como la predominancia de olas de régimen medio y extremas, expresado en sus parámetros físicos.

6. Base o buque donde desarrollaron los objetivos particulares

Las actividades de investigación fueron desarrolladas con el apoyo del buque ARC 20 de Julio, en el cual se llevó a cabo el desplazamiento del personal y equipo oceanográfico



especializado hasta el área más cercana al punto geográfico destinado para el fondeo de los equipos. Una vez ahí, a bordo del bote *Defender* se ejecutó dicha maniobra.

7. Descripción de equipo científico y de apoyo

02 Magíster en Oceanografía

01 PhD en Ciencias Físicas y Matemáticas con especialidad en Oceanología.

01 PhD en Ciencias del Mar y de la Tierra.

En la siguiente sección se describen los equipos utilizados.

8. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Se emplearon dos medidores de oleaje direccional DWR (por sus siglas en inglés), diseñados para aguas someras, los cuales registraron el espectro direccional y datos estadísticos del oleaje. Estos equipos incluyen sensores de temperatura, nivel del mar y corrientes que permitieron efectuar mediciones de estas variables en el sitio de estudio. Los DWR fueron fondeados en cercanías de las bases Antárticas Chilenas Gabriel González Videla y Yelcho. El desplazamiento hasta estos puntos se realizó a bordo del bote *Defender*. En la Figura 1 se indica el área de estudio y se especifican las posiciones geográficas de fondeo de los equipos.



Figura 1. Puntos de fondeo de 02 registradores de oleaje direccional (DWR) en cercanías de las bases Antárticas Chilenas Gabriel González Videla y Yelcho el estrecho de Gerlache.

La base antártica Gabriel González Videla, se encuentra ubicada en la costa del estrecho de Gerlache, específicamente en bahía Paraíso, costa Danco, península Antártica. Por su parte, la base Antártica Yelcho, se ubica cercana a la costa oriental de la Península Antártica, en bahía Sur, archipiélago Palmer.



La configuración de los equipos se realizó considerando un análisis climático de las condiciones de oleaje en el estrecho de Gerlache, para ello fue seleccionado una frecuencia de muestreo de 4Hz para la detección de altas frecuencias (hasta de 1.2 Hz) e intervalos de medición de 15 minutos. Adicionalmente, la selección de la profundidad de 10m con relación a la capacidad del equipo en identificar periodos inferiores a 4 segundos fue fundamental para poder registrar un amplio espectro de valores para la definición de los tipos de oleaje predominantes. Más detalles de las especificaciones de la configuración en la Figura 2.

Figura 2. Interface de la plataforma de configuración *WaveLog Express*, con los parámetros utilizados para el fondeo de los registradores de oleaje direccional (DWR).

Para esto se tuvo en cuenta aspectos como la capacidad de almacenamiento de datos y consumo de las baterías. Este último punto de relevancia considerando el alto consumo de energía que producen las condiciones gélidas del medio. De igual manera, se tuvieron en cuenta aspectos como la profundidad de instalación y riesgos por la deriva de hielos. Ejemplo de lo anterior fue la reubicación del punto geográfico planteado inicialmente para el fondeo del medidor de oleaje en cercanías de la base antártica Gabriel González Videla. En la Figura 3 se indica los campos de deriva de hielo flotante encontrados en el lugar en mención.



Figura 3. Campos de hielo encontrados en el punto geografico inicial de fondeo del medidor de oleaje en cercanías de la base antartica Gabriel González Videla. Fuente: Autor.

Dada la esencia de medición de los DWR basada en el registro de los cambios de presión de la columna de agua, es indispensable que la estructura de los mismos se encuentre estabilizados en el fondo. Para esta verificación se contó con el apoyo del personal del Departamento de Buceo y Salvamento (DEBUSA). En la Figura 4 se indican las actividades de la revisión desarrolladas por este personal en cercanías de la base antártica González Videla, y los equipos dispuestos en el fondo para la medición.

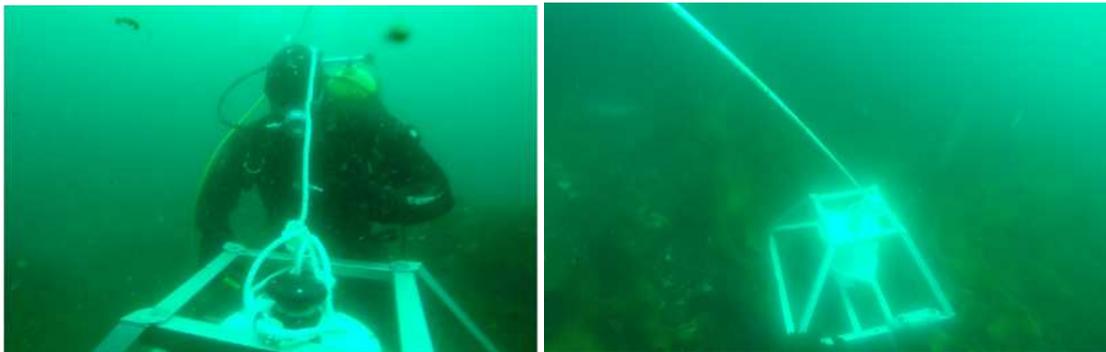


Figura 4. Maniobras de verificación de la ubicación de los DWR en el fondo por parte de personal de DEBUSA. Fuente: Cortesía DEBUSA.

En la planeación de actividades para la consecución de datos de oleaje, se incluía el fondeo de una boya de oleaje tipo Triaxys con línea de fondeo para aguas intermedias (alrededor de 110m), en inmediaciones de la base antártica Palmer, ubicada en isla Anvers, estrecho de Gerlache. Por razones de fuerza mayor no se pudo contar con el sistema de transmisión Iridium, el cual fue recomendado para esta área geográfica; la boya contaba con sistema de transmisión vía Inmarsat D, al cual se le hizo seguimiento de efectividad de transmisión desde el zarpe en la ciudad de Cartagena. Como resultado de esta actividad, se detectó que las transmisiones al llegar a territorio antártico fueron nulas, por lo que se tomó la decisión de no fondear la boya, siguiendo el protocolo de seguridad para la instalación del instrumento.

En la Tabla 1 se muestran las series de tiempo colectadas con los DWR, las cuales incluyen datos de Altura significativa del oleaje (H_s); Altura máxima del oleaje (H_{max}); Periodo de oleaje significativo ($T_{1/3}$); Periodo Promedio; Periodo Pico (T_p); Dirección de oleaje pico y promedio;



Espectro direccional de oleaje; Espectro frecuencia de oleaje; Componentes de flujo V, U; Magnitud y dirección flujo; entre otras variables derivadas.

Tabla 1. Posición geográfica de fondeo de los DWR en el estrecho de Gerlache y longitud de la serie temporal.

Base cercana	Posición Geográfica		Profundidad	Tiempo de registro (Hora local UTC – 3h)		No. datos
	Latitud	Longitud		Inicio	Fin	
Videla	64.82° S	62.87° W	10 m	14/01/2017 12:35Q	22/01/2017 08:50Q	754
Yelcho	64.87° S	63.57° W	10.5 m	15/01/2017 10:10Q	22/01/2017 04:40Q	651

Además de las mediciones obtenidas con los equipos DWR, se cuenta con observaciones de la altura, periodo y dirección del oleaje efectuadas por personal de DIMAR, y registro de los estados de mar consolidados por la tripulación del buque durante su tránsito por el estrecho de Gerlache. Esta información nos permite tener un panorama general de las condiciones de oleaje en esta área geográfica durante la expedición. En la figura 5, se indica las estaciones oceanográficas realizadas y en la Tabla 2 los datos consolidados teniendo en cuenta la fecha y la hora de realización de las mismas. Descripción detallada de las estaciones oceanográficas se encuentra en el anexo 3 del Informe III Expedición de Colombia a la Antártica “Almirante Padilla” (Torres, 2017).

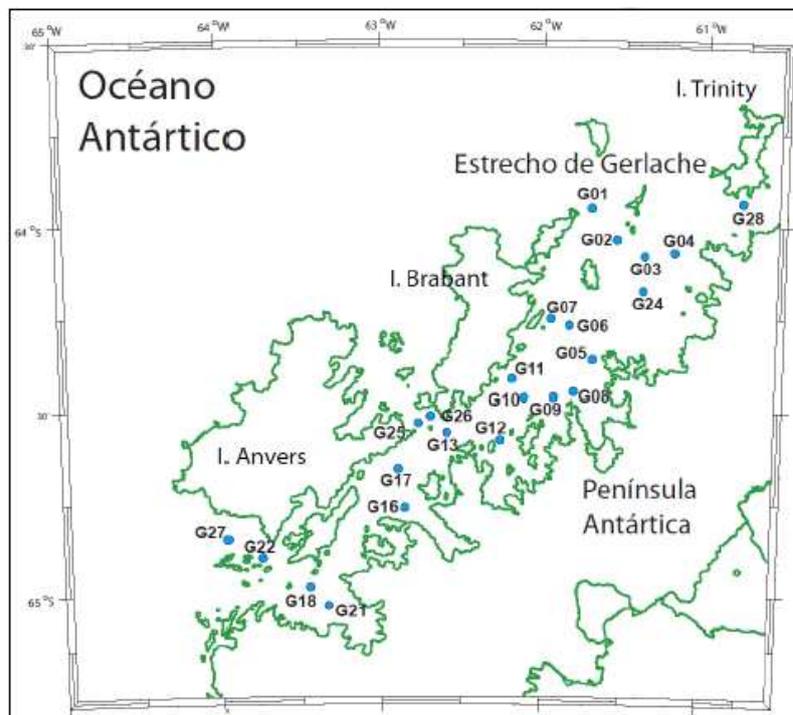


Figura 5. Estaciones oceanográficas realizadas en el estrecho de Gerlache durante la III Expedición de Colombia en la Antártica. Fuente: (Torres, 2017)



Tabla 2. Características de oleaje registradas visualmente en las estaciones oceanográficas realizadas durante la III expedición de Colombia en la antártica en el estrecho de Gerlache. Fuente: Payares, 2017.

Fecha	Estación	Profundidad	Características oleaje			Estado de mar
			Altura (m)	Periodo (s)	Dirección (°)	
23/01/2017	G01	1104	1.5	6	320	1
23/01/2017	G02	413	0.3	1	205	1
24/01/2017	G03	673	0.2	2	320	1
20/01/2017	G04	326	0.5	2	130	2
23/01/2017	G05	541	0.2	2	130	1
25/01/2017	G06	1180	1.0	2	310	1
23/01/2017	G07	434	0.2	1	320	1
23/01/2017	G09	400	0.1	1	350	1
21/01/2017	G10	610	1.0	2	150	2
21/01/2017	G11	610	0.1	1.5	270	2
22/01/2017	G12	479	0.5	2	150	1
22/01/2017	G13	726	0.5	2	300	1
14/01/2017	G16	510	0.5	2	350	1
14/01/2017	G17	500	0.5	1.5	355	1
15/01/2017	G18	434	0.5	2.0	270	1
15/01/2017	G21	330	0.2	1.0	114	1
16/01/2017	G22	523	0.5	1.0	300	1
20/01/2017	G24	382	0.5	2.0	110	2
22/01/2017	G25	364	0.6	4.0	297	1
22/01/2017	G26	436	0.5	1.0	100	1
16/01/2017	G27	500	0.5	3.0	120	1
17/01/2017	G28	496	0.5	3.0	120	1
28/01/2017	G29	260	0.3	2.0	260	1

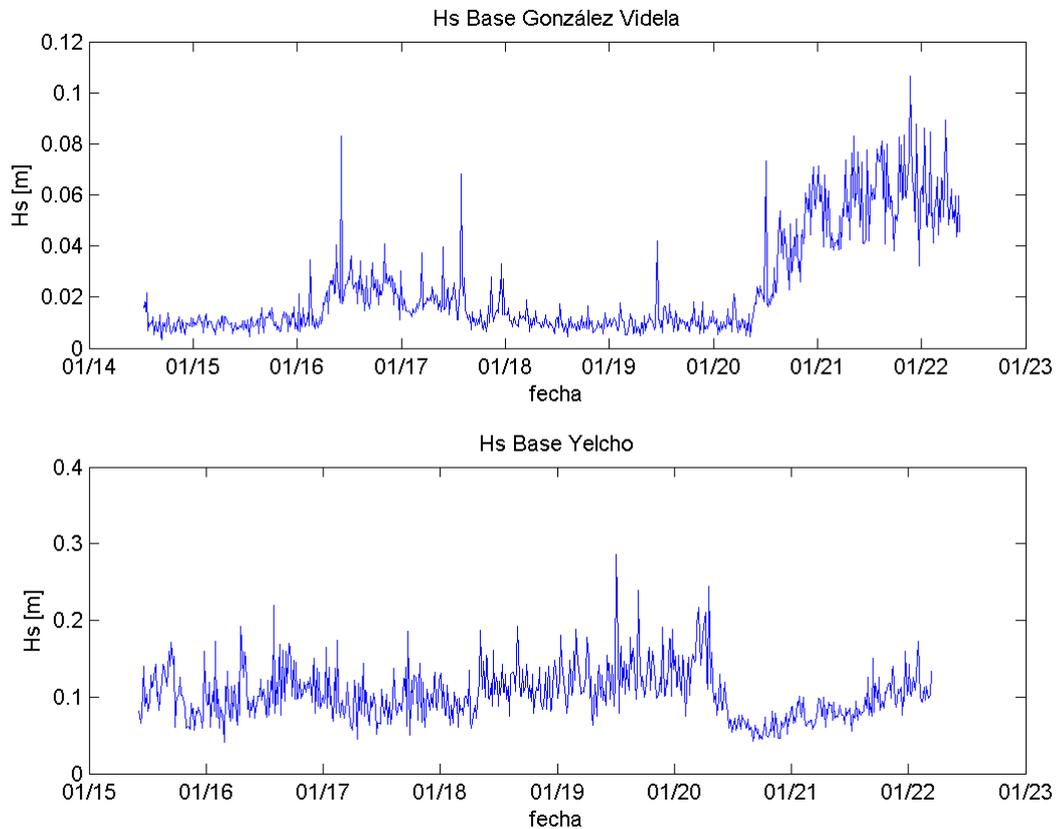
9. Resultados preliminares

Los datos obtenidos a partir del fondeo de los DWR permitieron identificar alturas significativas de oleaje (H_s) en el rango promedio de 2.33 y 10.42 cm en los sectores aledaños a las bases antárticas de Videla y Yelcho. En la Figura 6 se indica la serie temporal de H_s medidas en cada una de estas localidades. Demás parámetros estadísticos correspondientes al periodo y dirección pico se presentan en la tabla 3. Así mismo en las figuras 7 y 8 se presentan las rosas de oleaje identificadas para las mediciones realizadas en las bases de



Yelcho y Gabriel González Videla respectivamente, con sus histogramas de distribución de las direcciones medidas en cada uno de los sectores.

Figura 6. Alturas significativas de oleaje (H_s) registradas en cercanías a las bases González Videla y Yelcho. Fuente: Autor.



Se identifican condiciones de H_s mayores en los datos registrados en cercanías de la base antártica Yelcho con respecto a las medidas en Gabriel González Videla lo cual es coherente teniendo en cuenta que esta se encuentra más próxima a la entrada de trenes de oleaje provenientes del oeste del estrecho de Gerlache, y los valores que más predominan en las direcciones pico de cada una de las localidades (Ver tabla 3), lo cual es visible en las figuras 7 y 8, correspondiente, como antes se había mencionado, a las rosas de oleaje registradas en las áreas de estudio. De la mano con lo anterior se identifican periodos de oleaje en los dos puntos de medición que no superan los 10.43s de promedio, con presencia de valores máximos que alcanzan 28.61s, lo que sugiere la presencia de oleaje tipo sea y swell. Estos resultados preliminares serán contrastados con las mediciones de viento efectuadas durante la expedición y demás fuentes de información meteorológica empleadas durante la navegación por el estrecho de Gerlache para mayor rigurosidad del análisis.



Tabla 3. Estadísticos de parámetros integrales de oleaje correspondientes a las mediciones realizadas en las bases cercanas de González Videla y Yelcho. Fuente: Autor.

Base cercana	H _s (cm)			T _p (s)			D _p (°)	
	Prom	Mediana	Max	Prom	Mediana	Max	Mediana	Max
Videla	2.33	1.32	15.03	10.37	4.57	32	53.40	359.90
Yelcho	10.42	10	28.61	9.65	10.67	32	278.50	356.40

Figura 7. Comportamiento de la dirección y el periodo del oleaje en cercanías de la base antártica Yelcho. Rosa de oleaje (arriba) e histograma de las direcciones (abajo). Fuente: Autor.

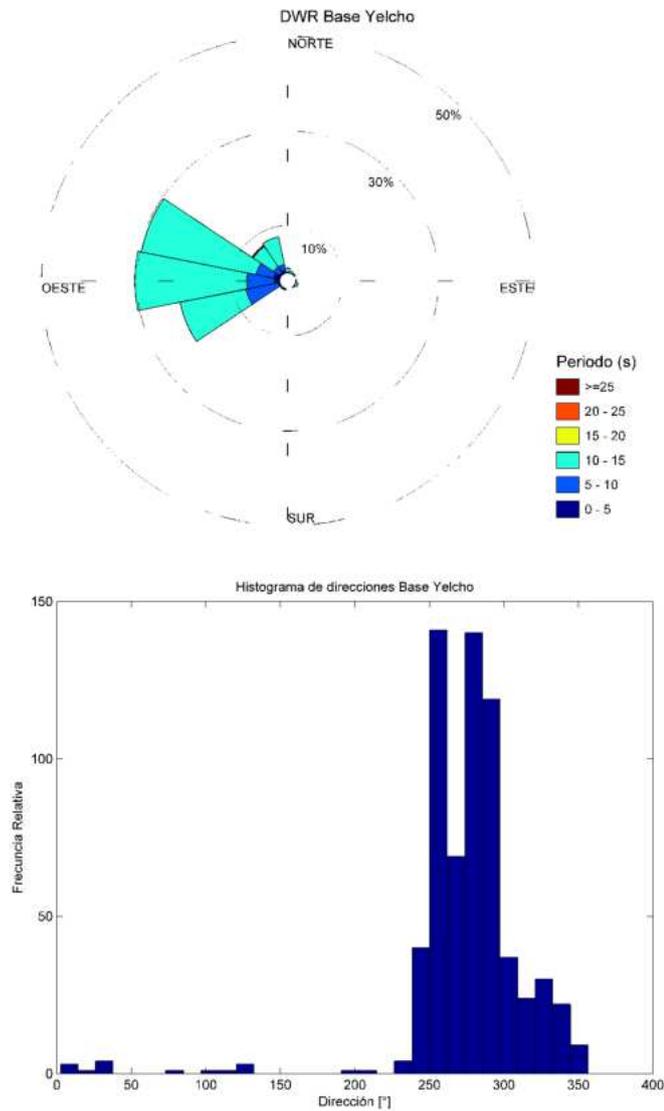
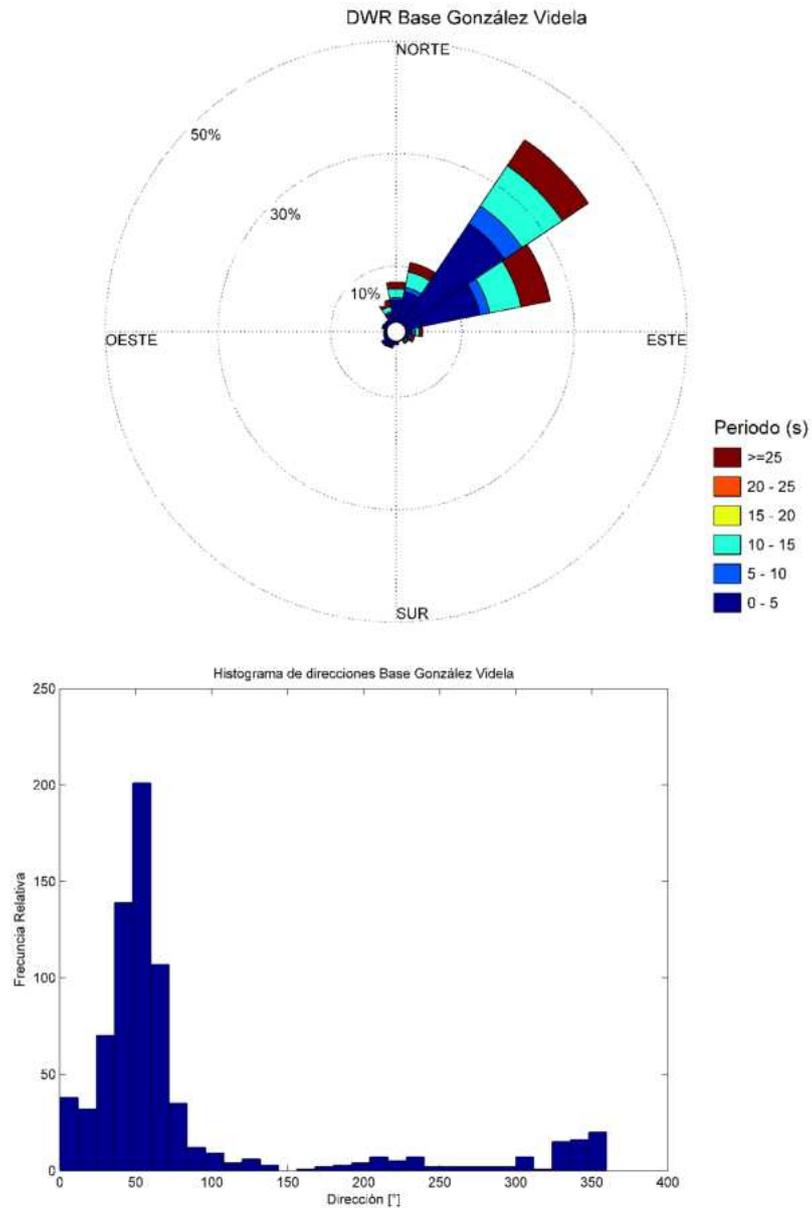




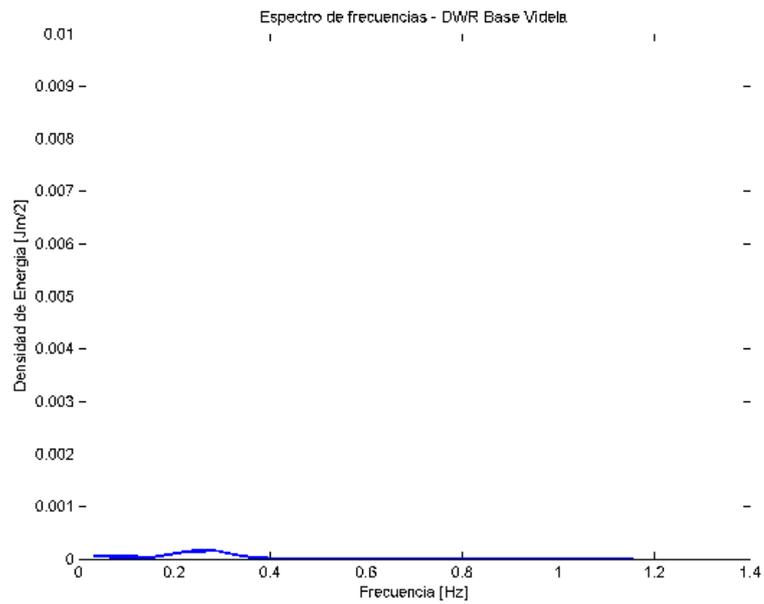
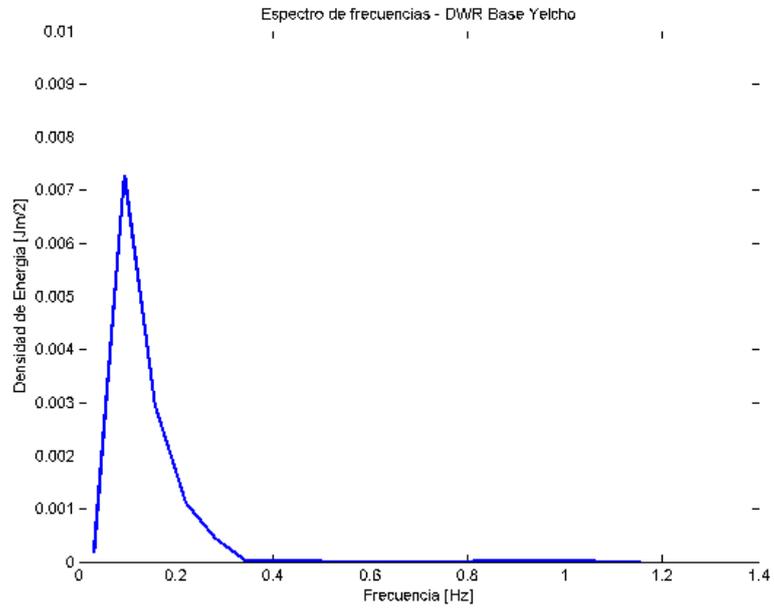
Figura 8. Comportamiento de la dirección y el periodo del oleaje en cercanías de la base antártica González Videla. Rosa de oleaje (arriba) e histograma de las direcciones (abajo). Fuente: Autor.



El espectro de energía permite representar cómo está distribuida la energía del oleaje en función de las frecuencias que integran los datos registrados en el estrecho de Gerlache. En la Figura 9 se indica los espectros identificados en cercanías de las bases antárticas Gabriel González Videla y Yelcho. Se puede observar la presencia de espectros de frecuencias con mayor densidad de energía en cercanías de la base antártica de Yelcho, lo cual concuerda con los resultados antes indicados, coherentes con las posiciones geográficas de los puntos de medición.



Figura 9. Densidad de energía identificada a través de las mediciones realizadas con los DWR en cercanías de la base antártica Yelcho (arriba) y Gabriel González Videla (abajo). Fuente: Autor.





10. Resultados Esperados

El proyecto de investigación se encuentra dividido en tres fases de desarrollo contempladas hasta el año 2018, cuyos primeros resultados, enfocados principalmente en la medición de las condiciones de oleaje en el estrecho de Gerlache, fueron consolidados durante la III expedición Almirante Padilla. Adicionalmente, esta primera fase del proyecto tiene como objetivo la elaboración de la estadística multianual de las plataformas satelitales sobre la cobertura de hielo y la implementación de algoritmos computacionales considerando el estado de arte en modelos de interacción hielo-oleaje. Resultados que proponen ser consolidados en el mes de abril del año 2017.

El perfeccionamiento de la física del algoritmo a partir del conocimiento adquirido, permitirá en la segunda fase del proyecto (mayo a diciembre 2017), la implementación de un modelo que acople los procesos termo-hidrodinámicos de interacción entre el hielo y oleaje, enfocado a la realización de procesos de *hindcasting* y *nowcasting*. Como producto final de la investigación se propone la obtención de un reanálisis de 55 años en modo *hindcasting*, con resolución espacial de 200 m y temporal de cada 06 horas, con simulación de espectros de oleaje para el estrecho de Gerlache. En términos operacionales, se obtendrá un producto orientado a *nowcasting* que aporte a las actividades de navegación en futuras expediciones antárticas, con posibilidad de detección de campos de hielo mediante radar tipo FURUNO.

Estos resultados se conciben como una herramienta operacional de importancia para el potencial ejercicio de las funciones de las institucionales de la DIMAR en territorio antártico, así como el análisis a largo plazo de la dinámica de las variables de estudio y su relación con fenómenos naturales de gran influencia en esta zona geográfica, de manera conjunta con investigadores de la ENAP.

11. Actividades de divulgación

Durante el tiempo de permanencia en la ciudad de Valparaíso (Chile) como parte del itinerario programado en la III Expedición Científica de Colombia a la Antártida, se llevó a cabo un intercambio de iniciativas de investigación con pares de diferentes universidades chilenas, principalmente con científicos de la Universidad de Playa Ancha, sede en la que se consolidó el evento. Ver figura 4 del apéndice 1 correspondiente a registro fotográfico.

Adicionalmente, durante el año 2017, primera fase del proyecto, se efectuará la elaboración de un artículo científico y la presentación de los resultados preliminares en el Seminario Nacional de Ciencias del Mar (SENALMAR) y el Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR). De igual manera, dentro de la maestría en Oceanografía de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” (ENAP), se introducirá la asignatura de Oceanografía Polar, y el desarrollo de 03 tesis de maestría

En el año 2018 se publicaran 02 artículos científicos, y se presentaran los resultados finales de la investigación en un evento internacional en temas Antárticos.



12. Recomendaciones

- Considerando las limitaciones presentadas en lo concerniente a la adquisición de datos de oleaje en aguas intermedias, se sugiere contratar el sistema de comunicación satelital IRIDIUM que garantice la transmisión de datos de boyas de oleaje tipo Triaxys en territorio antártico. De igual forma la consecución de una línea de fondeo de 500 metros que permita el registro de las condiciones de oleaje en aguas profundas.
- Con respecto a las mediciones con DWR se sugiere la instalación de los mismos durante todo el tiempo de permanencia en territorio antártico, mientras las condiciones operacionales así lo permitan. Así mismo, con el objetivo de tener un conocimiento de la dinámica en un entorno geográfico más amplio, es recomendable efectuar el fondeo de los equipos en puntos adicionales con mayor incidencia de los trenes de oleaje, siempre y cuando las especificaciones técnicas del equipo así lo permitan.
- Además de las mediciones realizadas con los DWR, el registro visual de los principales parámetros de oleaje durante el desarrollo de las estaciones oceanográficas y la identificación del estado de mar por parte de los oficiales de guardia del buque de acuerdo a la escala de Beaufort, es aconsejable el seguimiento y consolidación de datos provenientes de pronósticos operacionales de fuentes internacionales que permita llevar un historial de los parámetros de oleaje y viento. Se recomienda el uso de Windytv (<https://www.windytv.com/>), ZyGrib (www.zygrib.org), Passageweather (<https://passageweather.com/>) y Winfinder (<https://es.windfinder.com/>).
- Implementar una metodología para la identificación de hielo fijo y flotante empleando las capacidades del radar, con apoyo de investigadores expertos en glaciología. Adicionalmente, disponer de personal dedicado de manera permanente a la observación y clasificación del hielo durante el tránsito en el área de estudio.

Este informe fue elaborado por:

Ana Lucia Caicedo Laurido
Dirección General Marítima (DIMAR)
Escuela Naval Almirante Padilla (ENAP)
Investigador de la III expedición de Colombia a la Antártida "Almirante Padilla"



13. Bibliografía

Campos, R. V. 2016. Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad de Valparaíso Chile.

Dagua, C., Lonin, S., Urbano, C., Orfila, A. 2013. Calibración del modelo SWAN y validación de reanálisis del oleaje en el Caribe. Boletín Científico CIOH, N. 31, pp. 13-28 (ISSN: 0120-0542).

Gusdal, Y., Carrasco, A., 2010. Validation of the Operational Wave Model WAM and SWAN – 2009, Report no. 18/2010 Oceanography. ISSN: 1503-8025 Oslo, October 25, 2010.

Holthuijsen, L.H. 2007. Waves and oceanic and coastal water. Delft University of Technology and UNESCO-IHE.

Osorio, A., Mesa, J., Bernal, G., Monotya, R. 2009. Reconstrucción de cuarenta años de datos de oleaje en el mar Caribe colombiano empleando el modelo WWIII y diferentes fuentes de datos. Boletín Científico CIOH, No. 27, pp 37-56.

Payares, J. 2017. Anexo proyecto III Expedición de Colombia a la Antártida “Almirante Padilla”. Hidrodinámica de masas de agua en territorio Antártico y su conexión con aguas colombianas.

Lonin, S. 2015. Un modelo hidrodinámico del estrecho de Gerlache (Antártida) para el verano del hemisferio sur. Boletín Científico CIOH N° 33, (ISSN: 0120-0542).

Model Analyses and Guidance (MAG) Web Site. User Manual (Documentation Version 2.0.3). December 2011 [Available at http://mag.ncep.noaa.gov/GemPakTier/MagQCDoc/MAG_Users_Manual.pdf].

SMHI, the Swedish Meteorological and Hydrological Institute, is an expert agency under the Ministry of the Environment and Energy. Through expertise in meteorology, hydrology, oceanography and climatology, SMHI contributes towards greater public welfare, increased safety and a sustainable society. www.smhi.se.

The SWAN Team, 2011: Implementation Manual SWAN Cycle III version 40.85. Delft University of Technology [Available at http://swanmodel.sourceforge.net/online_doc/swanimp/swanimp.html].

Tolman, H.L. 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14. NOAA /NWS / NCEP / MMAB Technical Note 276, 194 pp + Appendices [Available at <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>].

Tolstykh, M.A., 2001. Semi-Lagrangian high-resolution atmospheric model for numerical weather prediction // Russian Meteorology and Hydrology, No. 4, 1–9.



Torres, R. 2017. Informe III Expedición de Colombia a la Antártida “Almirante Padilla”.

Urbano, C., Dagua, C., Orfila, A., Lonin, S. (en publicación). Análisis del clima marítimo en aguas profundas en el entorno de los principales puertos del Caribe colombiano y su potencial energético. Boletín Científico CIOH, N. 33.

Vil'fand, R.M., Rivin, G.S., Rozinkina, I.A. 2010. COSMO-RU system of nonhydrostatic mesoscale short-range weather forecast of the Hydromet center of Russia. The first stage of realization and development // Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 35, No. 9, 503–514.

Ward, R., 2010. General Bathymetric Charts of the Ocean // Hydro International, Vol. 14, No. 5 [Available at <http://www.gebco.net>].



APÉNDICE “1” – REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 1. Actividades de configuración y ensamblaje de trípodes para el fondeo de 02 Registradores de Oleaje Direccional (DWR, por sus siglas en inglés) a bordo del buque ARC “20 de Julio”. Fuente: Cortesía Armada Nacional de Colombia; Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla (ENAP); Ángela Posada swafford.



Figura 2. Maniobra de fondeo de Registrador de Oleaje Direccional (DWR, por sus siglas en inglés) en cercanías de la base antártica chilena Yelcho, con apoyo Departamento de Buceo y Salvamento (DEBUSA). Fuente: Autor.



Figura 3. Maniobra de fondeo de Registrador de Oleaje Direccional (DWR, por sus siglas en inglés) en cercanías de la base antártica chilena Gabriel González Videla, con apoyo Departamento de Buceo y Salvamento (DEBUSA). Fuente: Autor; Cortesía Armada Nacional de Colombia.

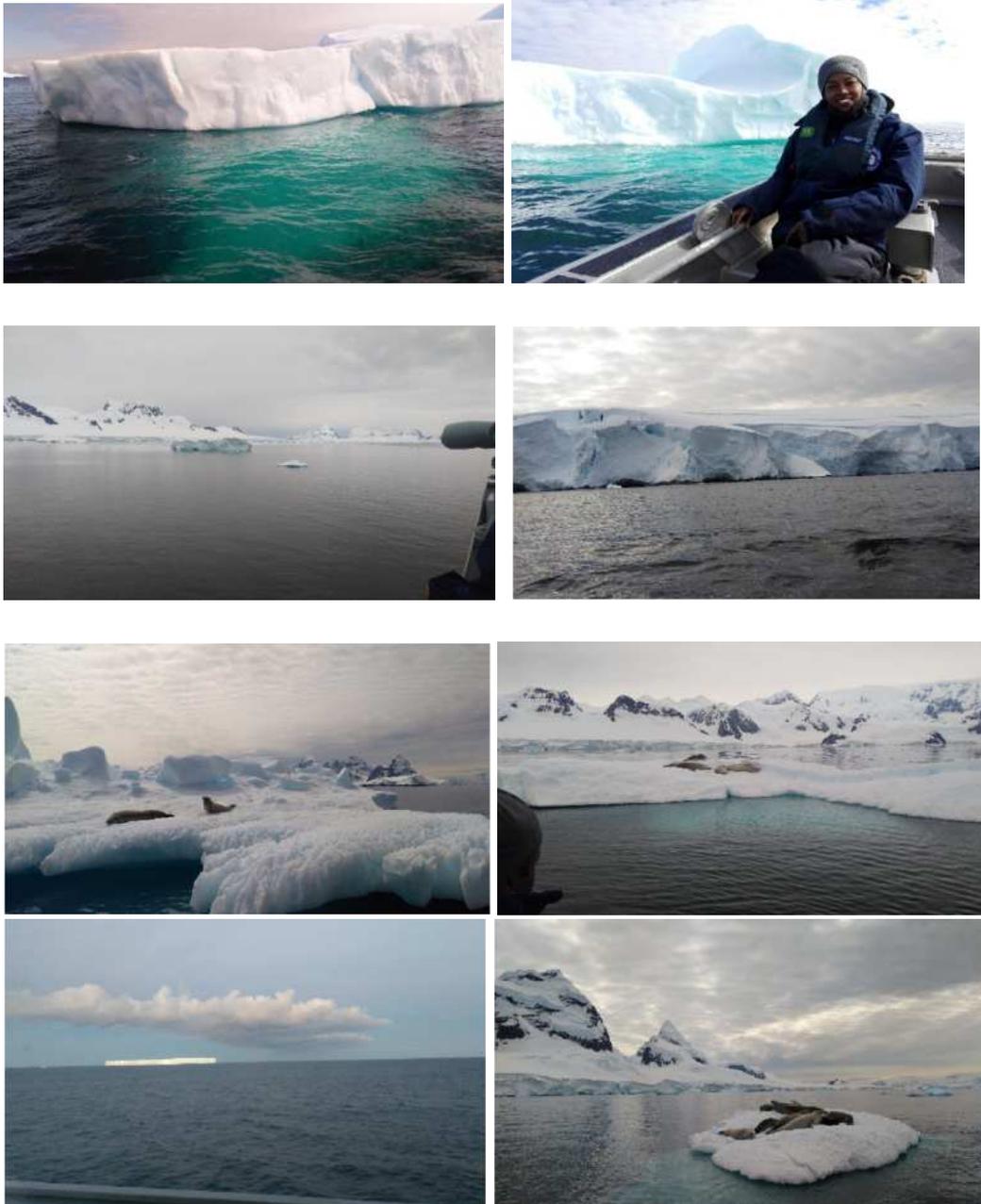


Figura 4. Registro de cobertura de hielo flotante en el estrcho de Gerlache, en inmediaciones de las bases antárticas Gabriel González Videla y Yelcho con apoyo de investigadores encargados de observación de fauna marina durante la expedición. Fuente: Autor; Fundación Omacha.



Figura 5. Actividades de socialización de proyectos e investigaciones en la Universidad de Playa Ancha en Viña del Mar, Chile (arriba), base antártica española Gabriel de Castilla (centro) e intercambio de investigación con científicos de Perú en las instalaciones del buque ARC “20 de Julio”. Fuente: Cortesía Armada Nacional de Colombia.