REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARÍA DE MARINA
CM-109-07

OTORGA CONCESIÓN MARÍTIMA MAYOR, SOBRE UN SECTOR DE TERRENO DE PLAYA, PLAYA, FONDO DE MAR Y PORCIÓN DE AGUA, EN IQUIQUE, A ERIC KARSTEGL Y COMPAÑÍA LIMITADA O SUMINISTROS INDUSTRIALES LIMITADA.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARÍA DE MARINA
TRAMITADO

DECRETO Nº 279 /

SANTIAGO, 04 JUN 2007

VISTO Y TENIENDO PRESENTE:

1.- Lo informado por:

a) La I Dirección Regional de Iquique, Departamento de Avaluaciones del Servicio de Impuestos Internos, según Ordinario DAV.01.00 N° 321, del 2 de octubre de 2006.
b) La Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Región de Tarapacá, según Ord. N° 1285, del 02 de noviembre de 2006.
c) La Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas, I Región de Tarapacá, según ordinario DROP I N° 247, del 28 de septiembre de 2006, complementado por el Ordinario N° 229, del 18 de octubre de 2006.
d) La Dirección Regional de Vialidad, Región de Tarapacá, según Ordinario N° 00923, del 16 de octubre de 2006
e) El Servicio Agrícola y Ganadero, I Región de Tarapacá según Ordinario N° 1354, del 17 de octubre de 2006.
f) El Servicio Nacional de Pesca, Dirección Regional I Región de Tarapacá, según ORD/I/N° 360406506, del 25 de septiembre de 2006.
g) La Dirección de Intereses Marítimas y Medio Ambiente Acuático, en virtud de lo establecido en el artículo 29 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas para el expediente SIABC. 13.517

2.- Lo dispuesto en :

a) D.F.L. Nº 340, de 1960. Ley sobre de Concesiones Marítimas.

b) D.S.(M.) Nº 002, de 2005, modificado por D.S. (M) N° 213 del 2006. Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

c) D.S.(M) Nº 1340 bis, de 1941. Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en la Naves y Litoral de la República.

d) D.S. Nº 19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

e) D.S.(M) Nº 1, de 1992, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática.

f) D.L. Nº 2.222, de 1978. Ley de Navegación.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL · SUBSECRETARIA DE MARINA ·

D E C R E T O :

1.- OTÓRGASE a ERIC KARSTEGL y COMPAÑÍA LIMITADA, o SUMINISTROS INDUSTRIALES LIMITADA, sociedad chilena RUT: N° 79.815.340-4, domiciliada en Providencia, Nueva de Lyon N° 96 Departamento N° 204, CONCESIÓN MARÍTIMA MAYOR, sobre un sector de TERRENO DE PLAYA, PLAYA, FONDO DE MAR Y PORCIÓN DE AGUA, en el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna y provincia de Iquique, I Región de Tarapacá, individualizado en la ubicación señalada en el plano N° 58/07-S, visado por la Autoridad Marítima de Puerto de Patache.

2.- El terreno de playa, se encuentra reinscrito a nombre del Fisco, en mayor extensión, en el Conservador de Bienes Raíces de Iquique, a fojas 785 N° 1033 del Registro de Propiedad de 1979, tiene una superficie total de 19.633 m2. y está delimitado, por los vértices A-B-C-D-E-F-A y por las siguientes coordenadas geográficas:

Vértice	Latitud S	Longitud W	Medidas y Deslindes
A	20° 43´43,9035"	70°11´23,73"	A-B 222,49 mts.
B	20° 43´47,2213"	70° 11´17,8425"	B-C 151,25 mts.
C	20° 43´49,2922"	70° 11´22,5877"	C-D 100 mts.
D	20° 43´48,4438"	70° 11´25,9017"	D-E 10 mts.
E	20" 43´48,1488"	70° 11´26,0474"	E-F 100 mts.
F	20" 43´45,0635"	70° 11´26,3873"	F-A 84,73 mts.

3.- La playa, tiene una superficie total de 180 m2., y está delimitado por los vértices E-D-H-G y por las siguientes coordenadas geográficas:

Vértice	Latitud S	Longitud W	Medidas y Deslindes
E	20° 43´48,1488"	70°11´26,0474"	E-D 10 mts.
D	20° 43´48,4438"	70° 11´25,9017"	D-H 18 mts.
H	20° 43´48,6903"	70° 11´26,4661"	H-G 10 mts.
G	20° 43´48,3953"	70° 11´26,6118"	G-E 18 mts.

4.- El fondo de mar, tiene una superficie total de 8.820 m2., y está delimitado por los vértices G-H-I-J-K-L-M-N-G y por las siguientes coordenadas geográficas:

Vértice	Latitud S	Longitud W	Medidas y Deslindes
G	20° 43´48,3953"	70°11´26,6118"	G-H 10 mts.
H	20° 43´48,6903"	70° 11´26,4661"	H-I 582 mts.
I	20° 43´56,6577"	70° 11´44,7172"	I-J 45 mts.
J	20° 43´57,9853"	70° 11´44,0625"	J-K 30 mts
K	20" 43´58,3957"	70° 11´45,0033"	K-L 100 mts.
L	20" 43´55,4457"	70° 11´46,4584"	L-M 30 mts.
M	20° 43´55,035"	70°11´45,5176"	M-N 45 mts.
N	20° 43´56,3626"	70°11´44,8625"	N-G 582 mts.

5.- La porción de agua, comprende los vértices a-b-c-d en el plano, y están delimitado por las siguientes coordenadas geográficas:

Vértice	Latitud S	Longitud W
a	20° 43´51,5858"	70°11´46,5494"
b	20° 43´54,0859"	70° 11´46,2783"
c	20° 43´59,2557"	70° 11´43,7284"
d	20° 44´09,5361"	70° 11´41,9291"

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL · SUB-SECRETARIA DE MARINA ·

092000

6.- El objeto de esta concesión marítima mayor, en los sectores otorgados, consiste en amparar el fondeo de cuatro boyas para buques de hasta 95.000 TRG., un muelle mecanizado y en terreno de playa, una explanada para el movimiento de materiales e infraestructura de apoyo.

7.- La sociedad concesionaria debe cumplir las siguientes obligaciones:

a) No hacer llegar al mar en forma directa o indirecta, energía, materias o sustancias nocivas, provenientes de sus instalaciones, conforme a las disposiciones contenidas en el D.L. N° 2.222, del 21 de Mayo de 1978 y D.S. (M) N° 1, del 6 de Enero de 1992, sin perjuicio de las exigencias ambientales establecidas en otros cuerpos legales que normen sobre la materia.

b) Presentar a la Autoridad Marítima los estudios que señala el artículo 13 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas dentro de los 6 meses posteriores a la fecha en que notifique oficialmente al interesado este decreto.

c) Presentar ante la Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas, para su aprobación el correspondiente proyecto, dentro de los 6 meses siguientes a la fecha en que notifique oficialmente al interesado este decreto, conforme lo establece el artículo 14 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

d) Presentar a la Autoridad Marítima el antecedente a que se refiere la letra anterior, dentro de los 30 días siguientes, contados desde su aprobación.

e) Cumplir con las obligaciones establecidas en los artículos 21 y 22 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

f) Presentar una memoria de calculo de fondeo de boyas.

g) Dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 251° del Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República.

h) Los elementos que se mantendrán fondeados, quedarán sujetos a reubicación o al término anticipado de la concesión, en caso que se interfiera con la planificación o desarrollo del área marítima-portuaria de la zona o con la operación de muelles o terminales cercanos, sin perjuicio o responsabilidad alguna para el fisco.

i) Asegurar el libre acceso del público por el sector de playa concesionado, sin que puedan establecerse limitaciones de ninguna especie, ni el levantamiento de ningún tipo de cerco, rejas, etc. las que sólo podrán ser impuestas por la Autoridad Marítima.

j) Someter el proyecto o actividad, dentro de los 60 días siguientes a la fecha de suscripción del acta de entrega de la presente concesión, al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), sin perjuicio de las exigencias establecidas en otros cuerpos legales nacionales y/o internacionales.

h) La sociedad concesionaria deberá presentar a la Autoridad Marítima local, la aprobación del estudio o declaración de Impacto Ambiental, según corresponda, dentro de los 30 días siguientes, contados desde la fecha de su aprobación.

i) Las obras y las instalaciones proyectadas, deberán iniciarse dentro de los 60 días siguientes a la fecha de presentación a la Autoridad Marítima Local, de los estudios y aprobación a que se refieren las letras b), d) y h) precedentes y quedar terminadas dentro de los 36 meses posteriores a su inicio.

8.- La sociedad concesionario, en lo que respecta al Orden, Seguridad y Disciplina, quedará sometido a las disposiciones del D.S. (M) N° 1.340 bis, de fecha 14 de junio de 1941, sobre la materia.

SUBSECRETARIA DE MARINA · MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL

192000

9.- La sociedad concesionaria, previo a la reducción a escritura pública del presente decreto, deberá constituir una garantía a favor del Fisco, consistente en una boleta bancaria o póliza de seguro extendida a la orden del Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, con vigencia igual al plazo de la presente concesión, más 6 meses y por un monto de $4.473.925.- equivalente al 5% del presupuesto declarado de las obras y construcciones.

La referida garantía deberá ser entregada a la Autoridad Marítima, junto a la escritura a que se reducirá el presente decreto y deberá permanecer en custodia en la Tesorería Regional de la I Región Tarapacá- Iquique.

Dentro del plazo de 90 días, contados desde la fecha de término de ejecución de las obras y construcciones autorizadas en el presente decreto, la sociedad concesionaria deberá reemplazar dicha garantía por otra en iguales términos y porcentaje, calculada sobre el monto de la tasación comercial practicada por el Servi de Impuestos Internos.

La garantía tendrá por finalidad cubrir el costo de retiro de las obras y construcciones adheridas al suelo que quedarán instaladas o sin retirar al término o caducidad de la concesión marítima, como asimismo de todos aquellos gastos inherentes a la operación de la concesión, cuyo pago se encuentre pendiente.

10.- Esta concesión marítima entrará en vigencia a contar de la fecha de la notificación de este decreto, efectuada por la Autoridad Marítima por carta certificada, a la empresa concesionaria y vencerá el 31 de diciembre de 2056.

11.- La empresa concesionaria, pagará una renta y tarifa anual que se indica, la que cancelará en forma semestral y anticipada de acuerdo al siguiente detalle:

A.- <u>RENTA</u>

<u>TERRENO DE PLAYA</u>

50% del valor de tasación por los 19.633 m2., practicada Por la I Dirección Regional – Iquique Departamento de Avaluaciones del Servicio de Impuestos Internos, según ORD. DAV.01.00 N° 321, del 2 de octubre de 2006, (19.633 m2. x 2.258 el m2.= $44.331.314.- La renta que a continuación se indica, se fijó en base a la UTM, del mes de Octubre de 2006. ($44.331.314 x 50%= $22.165.657/$32.303.....686,1795 UTM.-

RENTA ANUAL.....686,1795 UTM.-

(Valor Semestral.....343,0898 UTM.-)

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL SUBSECRETARIA DE MARINA

B.- TARIFA

UN MUELLE MECANIZADO, destinado a buques de hasta 120.000 D.W.T, con una longitud utilizable de 100 mts., a razón de 1,00 UTM el metro útil.....	100 UTM.-
CUATRO BOYAS, para amarre de naves de hasta 95.000 TRG., a razón de 30,00 UTM c/u.....	120 UTM.-
TARIFA ANUAL.....	220 UTM.-
(PAGA SEMESTRAL.....	110 UTM.-)

12.- La renta y la tarifa por concepto de esta concesión, se ingresará al Item 50-01-01-06-99 "Otras Rentas de la Propiedad".

13.- El presente decreto deberá ser reducido a escritura pública por la sociedad concesionaria dentro del plazo de 30 días contados desde la fecha en que la Autoridad Marítima notifique oficialmente por carta certificada al interesado este decreto, facultándose al Tesorero Regional de la I Región de Tarapacá- Iquique, para suscribirla en representación del Fisco, siendo suficiente causal de derogación el incumplimiento de esta obligación. Previamente deberá comprobarse el pago de la renta y tarifa señalada anteriormente, lo cual deberá consignarse en la escritura como asimismo de todas las condiciones y obligaciones que le impone el presente decreto. Los gastos de reducción a escritura pública serán de cargo de la sociedad concesionaria.

14.- La Autoridad Marítima notificará mediante carta certificada, a la sociedad concesionaria el presente decreto en el plazo de 30 días, contados desde la fecha en que éste haya sido ingresado en la respectiva Capitanía de Puerto.

Anótese, tómese razón, comuníquese y regístrese en el Ministerio de Bienes Nacionales.

POR ORDEN DE LA PRESIDENTA DE LA REPÚBLICA

FDO. JOSÉ GOÑI CARRASCO, MINISTRO DE DEFENSA NACIONAL, lo que se transcribe para su conocimiento, CAROLINA ECHEVERRÍA MOYA, Subsecretaria de Marina.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL - SUB-SECRETARIA DE MARINA

DISTRIBUCIÓN:

C.G.R.	3
T.R.G.	1
C.J.A.	1
DGTM.MM.	3
M.B.N.	2
CC.MM.	2
ARCHIVO	1
TOTAL	13

ECC/27032007
CM-109-07
C: 20.083
OTO

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARÍA DE MARINA
CM-292-08

MODIFICA D.S. (M) Nº 279, DE 2007, DEL MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL, EN LA FORMA QUE SE INDICA.

DECRETO Nº 307 /

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARIA DE MARINA
03 DIC 2008
RAMITADO

SANTIAGO, 19 AGO 2008

VISTO Y TENIENDO PRESENTE:

1.- Que, por D.S. (M) Nº 279, del 4 de Junio de 2007, del Ministerio de Defensa Nacional y con vencimiento al 31 de Diciembre del año 2056, se otorgó a ERIC KARSTEGL Y COMPAÑÍA LIMITADA o SUMINISTROS INDUSTRIALES LIMITADA, concesión marítima mayor sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, en el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna y provincia de Iquique, Iª Región de Tarapacá.

2.- Que, la sociedad concesionaria mediante e-mails del 25, 27, 28 y 31 de Marzo, 1º y 4 de Abril y presentación del 7 de Abril, todos del año 2008, solicitó la modificación del referido decreto, en el sentido de rebajar la renta a un 16% y ampliar en 12 meses el plazo correspondiente a los estudios señalados en el artículo 13 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas y que fundamentan en que han tenido que presentar diversos antecedentes no considerados originalmente, lo cual sumado a la ubicación geográfica de la concesión, ha generado un retraso en la confección y posterior aprobación de los estudios que señala el citado artículo; y en cuanto a la renta, por el alto valor de la tasación emitida por el Servicio de Impuestos Internos.

3.- Que, atendidas las razones expuestas por la sociedad concesionaria, no existen inconvenientes en acceder a lo requerido, fijando el porcentaje de renta en un 20%.

4.- Lo informado por la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, en virtud de lo establecido en el artículo 29, del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, para el expediente SIABC Nº 19745.

5.- Lo dispuesto en el:

a) D.F.L. N° 340, de 1960, del Ministerio de Hacienda. Ley sobre Concesiones Marítimas.

b) D.S. (M) N° 2, de 2005, modificado por D.S. (M) N° 213, de 2006, ambos del Ministerio de Defensa Nacional. Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

c) D.S. N° 19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

d) D.S. (M) N° 1, de 1992, del Ministerio de Defensa Nacional. Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática.

e) D.S. (M) N° 1.340 bis, de 1941, del Ministerio de Defensa Nacional. Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República.

f) D.L. N° 2.222, de 1978, del Ministerio de Defensa Nacional. Ley de Navegación.

D E C R E T O :

I.- MODIFÍCASE, el D.S. (M) N° 279, del 4 de Junio de 2007, del Ministerio de Defensa Nacional, que otorgó a ERIC KARSTEGL Y COMPAÑÍA LIMITADA o SUMINISTROS INDUSTRIALES LIMITADA, CONCESIÓN MARÍTIMA MAYOR sobre un sector de TERRENO DE PLAYA, PLAYA, FONDO DE MAR Y PORCIÓN DE AGUA, en el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna y provincia de Iquique, I^a^ Región de Tarapacá, en la forma que se indica:

1.- REEMPLÁZASE, la letra b) del párrafo 7.-, por la siguiente:

"b) Presentar a la Autoridad Marítima los estudios que señala el artículo 13 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas dentro de los 12 meses posteriores a la fecha en que notifique oficialmente al interesado este decreto."

2.- REEMPLÁZASE, la letra A.- del párrafo 11.-, por la siguiente:

"A.- RENTA:

TERRENO DE PLAYA:

20% del valor de tasación por los 19.633 m2. de superficie, practicada por el Servicio de Impuestos Internos, I^a^ Dirección Regional Iquique, Departamento de Avaluaciones, según ORD. DAV.01.00 N° 321, del 2 de Octubre de 2006, la que asciende a $ 44.331.314.- El valor que a continuación se indica, se fijó en base al valor de la UTM del mes de Octubre de 2006, la que asciende a $ 32.303.- (19.633 m2. x $ 2.258 el m2. = $ 44.331.314 x 20% = $ 8.866.263 / $ 32.303 UTM Octubre 2006).....	274,4718.- UTM
TOTAL RENTA ANUAL.....	274,4718.- UTM

(VALOR SEMESTRAL 137,2359 UTM)"

II.- El presente decreto deberá ser reducido a escritura pública por la sociedad concesionaria, dentro del plazo de 30 días contados desde la fecha en que la Autoridad Marítima notifique oficialmente este decreto a la interesada mediante carta certificada, acto del cual deberá dejarse constancia al margen de la matriz de escritura pública a que se redujo el decreto que se modifica, facultándose al Director Regional Tesorero de la Iª Región de Tarapacá-Iquique, para suscribirla en representación del Fisco, como asimismo, para efectuar las anotaciones y subinscripciones que fueren necesarias, siendo suficiente causal de derogación el incumplimiento de esta obligación. Los gastos de reducción a escritura pública serán de cargo del concesionario.

III.- La Autoridad Marítima notificará a la sociedad interesada el presente decreto por carta certificada en el plazo de 30 días, contados desde la fecha de su ingreso en la respectiva Capitanía de Puerto.

Anótese, tómese razón, comuníquese y regístrese en el Ministerio de Bienes Nacionales.

POR ORDEN DE LA PRESIDENTA DE LA REPÚBLICA

FDO. JOSÉ GOÑI CARRASCO, MINISTRO DE DEFENSA NACIONAL, lo que se transcribe para su conocimiento, Carolina Echeverría Moya, Subsecretaria de Marina.

DISTRIBUCIÓN:
.R. 3
T.G.R. 1
M.B.N.
C.J.A.
DGTM.MM. 3
CC.MM. 2
ARCHIVO 1
TOTAL 12
ESE/140708
CM-292-08
S: 19.745

000265

Ministerio de Defensa Nacional
Gobierno de Chile

AUTORIZA TRANSFERENCIA DE CONCESIÓN MARÍTIMA, EN LA COMUNA DE IQUIQUE.

DECRETO N° 290 /

SANTIAGO, 20 MAYO 2011

VISTO Y TENIENDO PRESENTE:

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARIA PARA LAS FF.AA.
15 JUN 2011
TRAMITADO

CON ALCANCE / OBJECION
OF. CGR. N° 37697
FECHA: 15 JUN. 2011

1.- Que, por D.S. Nº 279, del 04 de Junio de 2007, modificado por D.S. N° 307, del 19 de Agosto de 2008, ambos del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina y con vencimiento al 31 de Diciembre del año 2056, se otorgó a Eric Karstegl y Compañía Limitada o Suministros Industriales Limitada, concesión marítima mayor sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, en el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna de Iquique.

2.- Que, mediante solicitud ingresada al sistema el 31 de Agosto de 2010, la sociedad concesionaria requirió la autorización para transferir la concesión marítima antes citada, a la sociedad Northport Spa, RUT. Nº 76.089.131-2.

3.- Que, de acuerdo con lo señalado en el artículo 41, letra a) del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, no existen inconvenientes en acceder a lo requerido, por cuanto, sin perjuicio de encontrarse pendiente la ejecución de las obras establecidas en el decreto de concesión y en virtud de la potestad prescrita en el mismo precepto reglamentario, este Ministerio de Defensa Nacional considera que la sociedad concesionaria ha manifestado un interés concreto en la realización del objeto de la concesión, ya que ha dado cumplimiento a las restantes obligaciones del decreto de concesión, obteniendo en particular, la calificación ambiental favorable para su proyecto, como asimismo la aprobación de las obras proyectadas por parte de la Dirección de Obras Portuarias.

4.- Que, por otra parte, este Ministerio de Defensa Nacional ha resuelto acceder a lo solicitado, considerando que la estructura legal de la sociedad titular de la concesión no se encuentra acorde a las exigencias del mercado para poder desarrollar las obras aprobadas en el decreto de concesión, ya que de acuerdo a lo informado por la sociedad concesionaria, entre otras razones, la nueva estructura societaria permite una mayor flexibilidad en la forma de administración y facilita la adecuación de ésta en las distintas etapas del proyecto.

5.- Lo informado por la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, en virtud de lo establecido en el artículo 29, del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, para el expediente SIABC Nº 25111.

6.- Lo dispuesto en el:

a) D.F.L. Nº 340, de 1960, del Ministerio de Hacienda. Ley sobre Concesiones Marítimas.

b) D.S. Nº 2, de 2005, modificado por D.S. Nº 213, de 2006, ambos del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

c) D.S. Nº 19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARIO PARA LAS FF.AA.

d) D.S. Nº 1, de 1992, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática.
e) D.S. Nº 1.340 bis, de 1941, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República.
f) D.L. Nº 2.222, de 1978, del Ministerio de Defensa Nacional. Ley de Navegación.
g) Resolución Nº 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República.
h) Ley N° 20.424, de 2010. Estatuto Orgánico del Ministerio de Defensa Nacional.
i) Ley Nº 19.880, de 2003. Establece Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado.

D E C R E T O :

1. AUTORÍZASE a ERIC KARSTEGL Y COMPAÑÍA LIMITADA o SUMINISTROS INDUSTRIALES LIMITADA, RUT. Nº 79.815.340-4; para transferir a NORTHPORT SPA, RUT. Nº 76.089.131-2, la concesión marítima mayor sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, en el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna y provincia de Iquique, Región de Tarapacá, otorgada en el decreto que se indica:

   - D.S. Nº 279, del 04 de Junio de 2007, modificado por D.S. Nº 307, del 19 de Agosto de 2008, ambos del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina.
   - Concesión marítima mayor sobre un sector de terreno de playa de 19.633 m2. de superficie; un sector de playa de 180 m2. de superficie; un sector de fondo de mar de 8.820 m2. de superficie; y porción de agua.
   - Individualizada en la ubicación señalada en el plano Nº 58/07-S, visado por la Autoridad Marítima de Puerto Patache.
   - Vencimiento al 31 de Diciembre del año 2056.
   - Objeto: amparar el fondeo de cuatro boyas para buques de hasta 95.000 TRG., un muelle mecanizado y en terreno de playa, una explanada para el movimiento de materiales e infraestructura de apoyo.

2.- OTÓRGASE a NORTHPORT SPA, RUT. Nº 76.089.131-2, con domicilio en la comuna de Providencia, calle Nueva de Lyon Nº 96 oficina 204, la concesión marítima mayor individualizada precedentemente, la que subsistirá en su favor para el mismo objeto y en las mismas condiciones, obligaciones y gravámenes establecidos en el decreto antes señalado.

3.- Lo dispuesto en el párrafo anterior, entrará a regir desde la fecha en que la adquirente reduzca a escritura pública la transferencia que se autoriza, con inserción del presente decreto.

4.- Facúltase al Director Regional Tesorero de la Región de Tarapacá-Iquique, para suscribir en representación del Fisco dicha escritura pública, dentro del plazo de 30 días, contado de la fecha en que la Autoridad Marítima notifique oficialmente este decreto a la adquirente, debiendo dejarse constancia de la misma al margen de la matriz de la escritura pública a que se redujo el decreto que se transfiere y del cual este decreto formará parte integrante. El incumplimiento de la reducción a escritura pública será suficiente causal de derogación. Los gastos correspondientes a estas gestiones serán de cargo de la adquirente.

5.- Será suficiente causal de caducidad, el incumplimiento de las demás obligaciones establecidas para la concesión marítima que se transfiere por el presente acto administrativo.

6.- La Autoridad Marítima notificará a las interesadas el presente decreto mediante carta certificada en el plazo de 30 días, contados desde la fecha de su ingreso en la respectiva Capitanía de Puerto.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL ★ SUBSECRETARIO PARA LAS FF.AA. ★

7.- El presente decreto podrá ser impugnado ante esta Secretaría de Estado, a través de la interposición del recurso de reposición, contemplado en el artículo 59 de la Ley Nº 19.880, dentro del plazo de 5 días hábiles contados de la respectiva notificación. Lo anterior, sin perjuicio de los demás recursos administrativos que establece dicha ley y los jurisdiccionales, a que haya lugar.

Anótese, regístrese en el Ministerio de Bienes Nacionales, tómese razón y comuníquese.

POR ORDEN DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

FDO. ANDRES ALLAMAND, Ministro de Defensa Nacional, lo que se transcribe para su conocimiento, Alfonso Vargas Lyng, Subsecretario para las Fuerzas Armadas.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL ★ SUBSECRETARIO PARA LAS FFAA ★

DISTRIBUCIÓN:

C.G.R.	3	
T.G.R.	1	(Div. Fin. Públ.)
M.B.N.	2	
C.J.A.	1	
DGTM.MM.	3	
DIV. JURIDICA/CC.MM.	3	
OF. REG. y TRAM.	2	
TOTAL	15	

ESE/SMS/210111
CM-083-11
S: 25.111
MARINA

000267

Armada de Chile
DIRECTEMAR

Capitanía de Puerto de Patache – Depto. Concesiones Marítimas

C.P. PATACHE ORD. N° 12.210/82/

PATACHE, 02 SEP 2014

SEÑORES
NORTHPORT SPA
NUEVA DE LYON N° 96 OF. 204
PROVIDENCIA
PRESENTE/

De mi consideración:

Adjunto remito a Uds. Decreto Supremo (M) N° 354, de fecha 24 de Junio de 2014, mediante el cual se modifica Decreto Supremo (M) 279/2007, modificado por Decreto Supremo (M) N° 307/2008 y transferido por Decreto Supremo (M) N° 290/2011, Concesión Marítima Mayor, sobre un sector de Terreno de Playa, Playa, Fondo de Mar y Porción de Agua, en el lugar denominado sector Punta Cotitira, Comuna de Iquique, Región de Tarapacá.

El Decreto Supremo antes mencionado, deberá ser reducido a Escritura Pública, dentro del plazo de 30 días contados de la fecha de recepción del presente documento, conteniendo el texto integro del señalado Decreto, enviando a esta Capitanía de Puerto dos ejemplares de la respectiva Reducción de Escritura Pública.

Finalmente, se informa a Ud., que conforme a lo establecido en Art. 36° del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, el incumplimiento a las disposiciones señaladas será causal suficiente para que esta Autoridad Marítima, requiera la derogación del presente Decreto.

Saluda atentamente a Ud.,

ARMADA DE CHILE
CAPITANÍA DE PUERTO PATACHE

RODRIGO OVANDO SÁNCHEZ
TENIENTE 2 LT
CAPITÁN DE PUERTO DE PATACHE

DISTRIBUCIÓN:
1.- Northport SPA.
2.- Archivo.

Jorge Barrera N° 98 Iquique - Fono: 57-2401911/2401912
cppatache@directemar.cl

000267 VTA

Ministerio de Defensa Nacional

Gobierno de Chile

MODIFICA D.S. Nº 279 DEL 2007, MODIFICADO POR D.S. N° 307 DEL 2008 Y TRANSFERIDO POR D.S. N° 290 DEL 2011, TODOS DEL MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL, SUBSECRETARÍA DE MARINA Y PARA LAS FUERZAS ARMADAS RESPECTIVAMENTE, EN LA FORMA QUE SE INDICA.

DECRETO Nº 354 /

SANTIAGO, 24 JUN 2014

VISTO Y TENIENDO PRESENTE:

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
SUBSECRETARIA PARA LAS FF.AA.
03 JUL 2014
TRAMITADO

1.- Que, por D.S. Nº 279, del 4 de Junio del 2007, modificado por D.S. N° 307, del 19 de agosto del año 2008, ambos del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina se otorgó a Eric Karstegl y Compañía Limitada o Suministros Industriales Limitada, concesión marítima mayor, sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, en el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna de Iquique.

2.- Que, por D.S. N° 290, del 20 de mayo del 2011, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, se transfirió la concesión marítima a NORTHPORT SPA, RUT. Nº 76.089.131-2.

3.- Que, la concesionaria mediante solicitud ingresada al sistema el 29 de diciembre del 2011, solicitó la modificación del referido decreto, en el sentido de ampliar el plazo para el término de las obras, establecido en el D.S. Nº 279/2007, proponiendo para el efecto 36 meses a partir de la fecha de su solicitud, y mediante carta de fecha 20 de junio del 2013 propuso como fecha definitiva el día 15 de noviembre del 2016 como fecha de término de la construcción.

4.- Que, el concesionario como fundamento para lo requerido esgrimió la necesidad de obtener de parte del Ministerio de Bienes Nacionales, terrenos aledaños a los otorgados en concesión marítima, con el objeto de apoyar las construcciones propiamente marítimas y de acopio de los materiales que se transportarán.

5.- Que, el citado Ministerio mediante Ordinario N° SE01 750 2013, de fecha 5 de marzo del año 2013, comunicó a NORTHPORT SPA la aceptación a su postulación con las condiciones que en dicho documento se establecen, lo que aceptó la interesada mediante documento de fecha 27 de marzo del año 2013.

6.- Que, este Ministerio de Defensa Nacional ha resuelto acceder a la modificación requerida por NORTHPORT SPA conforme a que la propuesta de modificación la efectuó antes del vencimiento del plazo establecido para la obligación en comento y fijar como nueva fecha de término de las obras el 15 de noviembre del 2016.

7.- Lo informado por la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, en virtud de lo establecido en el artículo 29, del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, para el expediente SIABC Nº 27812 y mensaje naval R-081128 de febrero del 2013.

8.- Lo dispuesto en el:

a) La Constitución Política de la República de Chile, artículo 32 Nº 6.

b) D.F.L. Nº 340, de 1960, del Ministerio de Hacienda. Ley sobre Concesiones Marítimas.

c) D.S. Nº 2, de 2005, modificado por D.S. Nº 213, de 2006, ambos del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

d) D.S. Nº 19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

e) D.S. Nº 1, de 1992, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática.

f) D.S. Nº 1.340 bis, de 1941, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República.

g) D.L. Nº 2.222, de 1978, del Ministerio de Defensa Nacional. Ley de Navegación.

h) Resolución Nº 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República.

i) Ley N° 20.424. Estatuto Orgánico del Ministerio de Defensa Nacional.

j) Ley Nº 19.880. Establece Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado.

D E C R E T O:

I.- MODIFÍCASE, el D.S. Nº 279, del 04 de junio de 2007, modificado por D.S. N° 307, del 19 de agosto del 2008 y transferido por D.S. N° 290 del 20 de mayo del 2011, todos del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina y para las Fuerzas Armadas respectivamente, que otorgó a NORTHPORT SPA, RUT N° 76.089.131-2, con domicilio en la comuna de Providencia, Calle Nueva de Lyon N° 96, departamento N° 204, concesión marítima mayor sobre un sector de terreno de playa, playa, fondo de mar y porción de agua, el lugar denominado Sector Punta Cotitira, Caleta Patillo, comuna y provincia de Iquique, Región de Tarapacá, en la forma que se indica:

REEMPLÁZASE íntegramente del párrafo 7.- la letra l), por la siguiente:

"l), Las obras y las instalaciones proyectadas, deberán iniciarse dentro de los 60 días siguientes a la fecha de presentación a la Autoridad Marítima Local, de los estudios y aprobación a que se refieren las letras b), c), d) y k) precedentes y quedar terminadas a más tardar el 15 de noviembre del año 2016."

II.- El presente decreto deberá ser reducido a escritura pública por la concesionaria, dentro del plazo de 30 días contados desde la fecha en que la Autoridad Marítima notifique oficialmente este decreto a la interesada mediante carta certificada, acto del cual deberá dejarse constancia al margen de la matriz de escritura pública a que se redujo el decreto que se modifica, facultándose al Director Regional Tesorero de la Región de Tarapacá - Iquique, para suscribirla en representación del Fisco, como asimismo, para efectuar las anotaciones y subinscripciones que fueren necesarias, siendo suficiente causal de derogación el incumplimiento de esta obligación. Los gastos de reducción a escritura pública serán de cargo de la concesionaria.

VTA

III.- La Autoridad Marítima notificará a la interesada el presente decreto por carta certificada en el plazo de 30 días, contados desde la fecha de su ingreso en la respectiva Capitanía de Puerto.

IV.- El presente decreto podrá ser impugnado ante esta Secretaría de Estado, a través de la interposición del recurso de reposición, contemplado en el artículo 59 de la Ley Nº 19.880, dentro del plazo de 5 días hábiles contados de la respectiva notificación. Lo anterior, sin perjuicio de los demás recursos administrativos que establece dicha Ley y los jurisdiccionales, a que haya lugar.

Anótese, regístrese en el Ministerio de Bienes Nacionales, tómese razón y comuníquese.

POR ORDEN DE LA PRESIDENTA DE LA REPÚBLICA

FDO. JORGE BURGOS VARELA, Ministro de Defensa Nacional, lo que se transcribe para su conocimiento, Gabriel GASPAR Tapia, Subsecretario para Las Fuerzas Armadas.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL * SUBSECRETARIA PARA LAS FF.AA. *

GABRIEL GASPAR TAPIA
SUBSECRETARIO PARA LAS FUERZAS ARMADAS

DISTRIBUCIÓN:

C.G.R.	3
T.G.R.	1
M.B.N.	2
C.J.A.	1
DGTM.MM.	3
DIV. JURÍDICA/CC.MM.	3
OF. REG. y TRAM.	2
TOTAL	15

(Div. Fin. Púb.)

TMP 12.04.2013
S: 27.812
29/11/96

SUBSECRETARIA PARA LAS F.F. A.A. A. SAAVEDRA B. REVISOR TECNICO DEPTO. ASUNTOS MARITIMOS

SUBSECRETARIA PARA LAS F.F. A.A. P. TROCOSO INOSTROZA H. Encargado Area CC.MM. DEPTO. ASUNTOS MARITIMOS

SUBSECRETARIA PARA LAS F.F. A.A. TAMARA MENESES P. Abogado CC.MM. DEPTO. ASUNTOS MARITIMOS

SUBSECRETARIA PARA LAS F.F. A.A. CAMILO MIROSEVIC V. ABOGADO JEFE DIVISION

000269

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

ORD. DOP (DVPR-DING): Nº 1403 /

ANT: Proyecto: "TT. MM. Granelero Mecanizado Punta Cotitira, Caleta Patillos - Región de Tarapacá"

MAT: Informa aprobación del proyecto del Ant.

INCL: Un juego de planos debidamente visados.

Santiago, 12 AGO. 2008

DE : DIRECTORA NACIONAL DE OBRAS PORTUARIAS (S)

A : SUMINISTROS INDUSTRIALES LTDA.
Nueva de Lyon 96 Of. 204 Providencia , Santiago
Fono: 655 17 90 - 655 17 91 Fax: 252 03 45

Comunico a Ud., que esta Dirección ha revisado y otorgado la aprobación del Proyecto "TT. MM. Granelero Mecanizado Punta Cotitira, Caleta Patillos, Región de Tarapacá" Por lo expuesto, adjunto envío a Uds., un juego de planos debidamente visados.

La presente aprobación no exime al proyectista de sus responsabilidades con respecto a cálculos, detalles, dimensiones, especificaciones técnicas, etc., que sean necesarios para fabricar, instalar y construir las obras del proyecto.

Finalmente, cabe hacer presente que este Servicio no se pronuncia respecto de la eficiencia del proyecto o del empleo de materiales.

Saluda atentamente a Uds.,

DIRECCION NACIONAL DE OBRAS PORTUARIAS MOP DIRECTOR NACIONAL (S)

DANIEL ULLOA ILUFFÍ
Directora Nacional de Obras Portuarias (S)

CGO/AGJ/PAV/jbm.
DISTRIBUCION:
- Destinatario
- Director Regional DROP I Región
- Sr. Pablo Aguilera V.
- Sra. Carolina Acevedo
- Dpto. de Ingeniería (2)
- Trinogo Ltda. Fax: 65- 263683
- Oficina de Partes y Arch. Gral.

Proceso Nº 2248251
C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\JACQUELINE.BALLESTER\ESCRITORIO\MIS DOCUMENTOS\INGENIEROS\PABLO AGUILERA\OF. 2008\OF. 2008 SUMINISTROS INDUSTRIALES APRUEBA PROYECTO TT MMM GRANELERO MECANIZADO PTA. COTITIRA CALETA PATILLO I REG..DOC

Dirección de Obras Portuarias
Departamento de Ingeniería

SSD Nº 2297246

006270

SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE

TELEFAX N°	: 24/003	HOJA N°	: 1 DE 2
MAIL	: aaldayuz@geo-mar.cl	FECHA	: 02 JUL 2015
CIUDAD	: VIÑA DEL MAR	PAIS	: CHILE

DESTINATARIO: SR. ALEXIS ALDAYUZ SALOMÓN
GEOMAR INGENIERÍA LTDA.

REFERENCIA : Carta GEOMAR GOM N° 125/0615, de fecha 12 de junio de 2015.

TEXTO:

De mi consideración:

En conformidad al documento citado en la referencia, comunico a Ud. que ha finalizado el proceso de revisión del Informe Técnico correspondiente al estudio de Corrientes (Campaña de Verano), efectuado en el sector de Punta Cotitira, Caleta Patillos, I Región.

Al respecto, solicito a Ud. remitir la cantidad de copias necesarias del informe antes mencionado, para proceder a su Timbraje y Aprobación, considerando que una copia quedará en poder de este Servicio.

El Departamento de Abastecimiento de este Servicio, emitirá una factura en pesos por concepto de revisión del estudio antes señalado, el que ascenderá al valor de 6.0 U.F. + IVA (Valor UF = $24.976,30, al día 26 de junio de 2015), según el siguiente detalle:

Revisiones	6.00 UF	$ 149.858
19% IVA	1.14 UF	$ 28.473
Total	7.14 UF	$ 178.331

De acuerdo a los procedimientos establecidos, deberá ser cancelada mediante un depósito en la cuenta corriente del Banco Estado N° 24509008414 o transferencia electrónica al RUT. 61.102.015-5, a nombre del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada y enviar copia del depósito o transferencia al correo serviciosaterceros@shoa.cl o al FAX 32-2266527.

Se hace presente a Ud., que efectuado el depósito correspondiente y enviadas las copias del informe para Timbraje, este Servicio procederá con la emisión de la Resolución de Aprobación "Con Valor Oceanográfico" del estudio de Corrientes, una vez que el estudio completo sea aprobado (Campaña de Invierno y Verano).

DEPTO. ORIGEN: TER (HFS/nfb)

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Errázuriz 254 – Playa Ancha – Casilla 324 – Valparaíso – Chile
Fono: +56-32-2266666 / Fax: +56-32-2266542
Correo electrónico: shoa@shoa.cl / www.shoa.mil.cl

000270 VTA

SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE

TELEFAX N°	: 24/003		HOJA N°	: 2 DE 2
MAIL	: aaldayuz@geo-mar.cl		FECHA	: 02 JUL 2015
CIUDAD	: VIÑA DEL MAR		PAIS	: CHILE

Finalmente, las copias del informe debidamente legalizadas, deberán ser retiradas en la Oficina Administrativa de Servicios a Terceros.

Saluda atentamente a Ud.,

POR ORDEN DEL SR. DIRECTOR

SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO JEFE SERVICIOS A TERCEROS ARMADA DE CHILE

HÉCTOR FIERRO SORDO
CAPITÁN DE CORBETA
JEFE DEPTO. SERVICIOS A TERCEROS

DEPTO. ORIGEN: TER (HFS/nfb)

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Errázuriz 254 – Playa Ancha – Casilla 324 – Valparaíso – Chile
Fono: +56-32-2266666 / Fax: +56-32-2266542
Correo electrónico: shoa@shoa.cl / www.shoa.mil.cl

BancoEstado

Sucursal 295 Stgo Lyon

CUENTAS CORRIENTES

Comprobante Depósito Documentos

04/08/2015 11:46:42 Terminal:0014
Cajero :millahuinca fernandez mar
Cuenta :24509008414
Tipo Documento:Doctos. OBMP
Ctd.Documentos:001
Monto : $178.331,00
Titular : SERV.HIDROGRAF.Y OCEAN.ARMADA

CS 7520B213

Este depósito queda sujeto a las condiciones generales fijadas por el Banco para las cuentas corrientes bancarias.

Los depósitos en cuenta corriente constituido por cheques de Banco Estado, cualquiera sea la plaza y que cumplan los requisitos de forma y fondo, están liberados de retenciones y se consideran saldos disponibles a las 9:00 horas del día hábil siguiente.

CONSULTAS AL 600 200 7000
Visítenos en www.bancoestado.cl

Infórmese sobre la garantía estatal de los depósitos en su Banco o en www.sbif.cl

COPIA CLIENTE

00272

Armada de Chile
DIRECTEMAR

Capitanía de Puerto Patache – Depto. Concesiones Marítimas

C.P. PAT. ORDINARIO N° 12.210/ 54

REF.: Carta Northport SpA S/N de fec 15 de Marzo de 2013.

PATACHE, 28 MAY 2013

SEÑOR
ERIC KARSTEGL PAULSEN
NORTHPORT SPA
NUEVA DE LYON N° 96 DEPTO 204
PROVIDENCIA
SANTIAGO

De mi consideración;

Analizada la información expuesta en documento señalado la referencia, que tiene relación con el trámite de concesión solicitada por vues representada al Ministerio de Bienes Nacionales; la información proporcionada p la señora Seremi de Bienes Nacionales Región de Tarapacá, quien acredita l hechos ocurridos producto de dicha tramitación; el trámite Modificación de Pla Término de Obras presentado por su empresa que tiene por objeto extender plazo otorgado para el término de las obras involucradas en el proyecto; teniendo en cuenta que los estudios y antecedentes proporcionados para la eta actual del proyecto se encuentran conforme con su estado de tramitaci cúmpleme informarle que la Autoridad Marítima que suscribe se pronun favorable para que continúe con el señalado proceso de modificación.

Saluda atte. a Ud.,

ARMADA DE CHILE
GOBERNACION MARITIMA IQUIQUE
CAPITÁN DE PUERTO PATACHE

ALFREDO TEIXIDÓ DÍAZ
TENIENTE 1° LT
CAPITÁN DE PUERTO DE PATACHE

DISTRIBUCIÓN:
1.- NORTHPORT SpA
2.- ARCHIVO CC.MM.

NORTHPORT SpA

INDICE DE ESTUDIOS

1. 14/08/2014 Estudio de Propagación de Oleaje – Terminal Northport, realizado por Apuerto Ingeniería Limitada
2. 09/10/2014 Campañas de Invierno y Verano de Estudio de Oleaje, realizado por Baird S.A.
3. 09/10/2014 Estudio de Respuesta de Buque Atracado, realizado por Baird S.A.
4. 14/10/2014 Estudio de Simulación Portuaria, realizado por Baird S.A.
5. 22/12/2014 Estudios sobre Provisión de Graneles Sólidos en la Zona de Iquique, en preparación por Windrose Chartening S.A., preinforme
6. 12/01/2015 Ingeniería conceptual terrestre avanzada, en preparación por FDA Ingeniería Limitada, preinforme. Este estudio abarca las siguientes disciplinas:
   a. Disciplina Mecánica: Informe General de Diseño, Memoria de Cálculo del Diseño Sistema de Manejo de Materiales
   b. Disciplina Industrial: Plan de Ejecución del Proyecto, Diagrama de Quiebre de Proyecto (WBS)
   c. Disciplina Eléctrica: Memoria de Cálculo del Sistema Eléctrico Principal
   d. Disciplina Estructural: Memoria de Cálculo de Estructuras Correas Transportadoras
7. 21/01/2015 Informe de Revisión de eventuales cambios en la Línea de Base del Proyecto Puerto Punta Cotititra: Período julio 2009 – enero 2015, elaborado por Mejores Prácticas Asociados SpA
8. 03/02/2015 Estudio de Refracción Marina, en preparación por Desarrollo Proyectos de Ingeniería Limitada, que tiene por objeto conocer la estratigrafía y composición del subsuelo para la colocación de los pilotes de soporte del muelle.
9. 20/03/2015 Estudio de Maniobrabilidad, realizado por Hugo Riveros Zamorano, Cap. Fragata (R) y Práctico Portuario, Ingeniero en Transporte Marítimo, preinforme de fecha 22 de Diciembre de 2014, que tiene por finalidad definir operación marítima de naves para el terminal portuario.
10. 20/11/2015 Informe de Oleaje, en preparación por Baird S.A., para solicitar la validez hidrográfica al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.
11. 01/11/2015 Estudios oceanográficos, campañas de invierno y verano, relacionados con corrientes, mareas, fondo marino y barimetría en preparación por Consultora e Ingeniería Geomar Limitada.
12. 01/11/2015 Ingeniería Conceptual Marítima Avanzada

000274

ESTUDIO OCEANOGRÁFICO
COTITIRA
I REGIÓN DE TARAPACÁ

CAMPAÑA DE INVIERNO

CONFIDENCIAL

Preparado para:

Elaborado por:

GeoMar Ingeniería
6 Norte 981, Viña del Mar
Viña del Mar, Chile.

NOVIEMBRE 2015

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 2

2. ANTECEDENTES GENERALES 2

2.1. OBJETIVO GENERAL 3

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

2.3. CAMPAÑA DE MEDICIONES 3

3. CORRENTOMETRÍA EULERIANA 5

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS 5

3.2. RESULTADOS 7

4. CORRENTOMETRIA LAGRANGIANA (DERIVADORES) 24

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS 24

4.2. RESULTADOS 26

5. VIENTO 42

5.1. MATERIALES Y MÉTODOS 42

5.2. RESULTADOS 44

6. MAREAS 49

6.1. resultados 49

7. CORRELACIÓN CRUZADA CORRIENTE/MAREA/VIENTO 50

7.1. RESULTADOS 50

8. ESTUDIO GRANULOMETRICO 55

1.1 Muestreo 55

1.2 Metodología análisis granulométrico. 60

1.3 Resultados 61

1.3.1 Resultados estadísticos 61

1.3.2 Distribución Espacial de los Sedimentos Presentes en el Área 67

1.3.3 Estadística Granulométrica 71

9. CONCLUSIONES 86

10. ANEXOS DIGITALES 91

CONFIDENCIAL

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la campaña de invierno, en el cual se realizaron mediciones oceanográficas en Cotitira, Iquique. Esta campaña contemplo la medición de corriente euleriana, corrientes lagrangeanas, viento y marea.

Toda la información utilizada corresponde a la campaña de terreno realizada por GeoMar Ingeniería, la cual ha sido sometida a un análisis estadístico a modo de obtener su comportamiento general y de este modo describir los patrones oceanográficos del área de estudio.

2. ANTECEDENTES GENERALES

Cotitira, provincia de Iquique I Región de Tarapacá, cuya ubicación geográfica es 29.7333º latitud Sur y 70.1833 longitud Weste. En el área marítima al Norte de la bahía se llevó a cabo la campaña de mediciones de invierno, realizando estudios de corrientes Euleriana mediante ADCP, corrientes lagragianas mediante derivadores en condición de marea llenante y vaciante en periodos de sicigia y cuadratura lunar, registro de viento local y mareas mediante ADCP y estación meteorológica Yung respectivamente.

Figura 1: Ubicación general Cotitira.



CONFIDENCIAL

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características oceanográficas de la zona de estudio (Cotitira, Iquique) que permitan comprender el régimen circulatorio atmosférico y litoral.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características generales de las corriente Euleriana y Lagrangeana.
- Determinar las características generales del viento.
- Determinar las características generales de las mareas.
- Determinar las influencia de las mareas y vientos como forzantes de la corriente.

2.3. CAMPAÑA DE MEDICIONES

a) Correntometría fija ADCP (Euleriana)

- 18 de Junio al 01 de Agosto del 2015.

b) Correntometría con Derivadores (Lagrangeana)

- 08 de Julio de 2015.
- 01 de Agosto de 2015.

c) Mediciones de Viento

- 18 de Junio al 01 de Agosto del 2015.

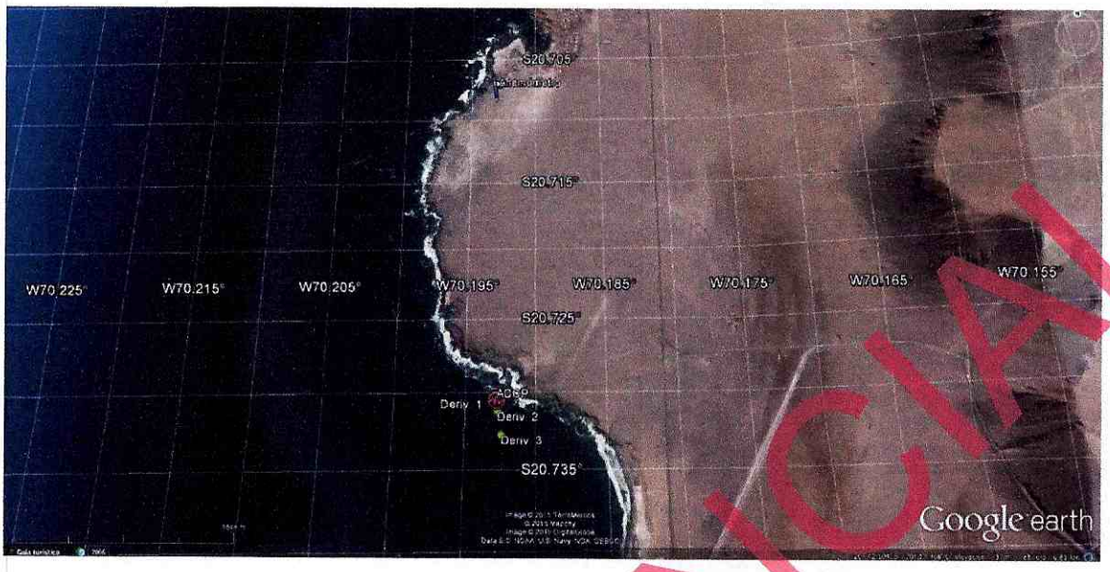
La ubicación de los equipos y puntos de muestras se presentan en la Figura 2 y sus coordenadas aproximadas son detalladas en la Cuadro 1

Cuadro 1: Coordenadas de ubicación de los instrumentos.

Estación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Latitud	Longitud
ADCP	7.707.143	375.804	20º 43' 52'.32"	70º 12' 38.05"
Derivador 1	7.707.213	374.955	20º 43' 49'.60"	70º 11' 42.04"
Derivador 2	7.707.245	375.287	20º 43' 48'.06"	70º 11' 52.00"
Derivador 3	7.707.845	375.844	20º 43' 29'.30"	70º 12' 1.08"
Anemómetro	7.709.696	375.020	20º 42' 29'.30"	70º 11' 34.40"

CONFIDENCIAL

Figura 2: Ubicación de los instrumentos de medición y puntos de muestras.



Los registros de la dirección de las corrientes y vientos son referidos originalmente al norte magnético, sin embargo, para el análisis de la información la dirección fue referida al norte geográfico, empleándose para tal efecto, la corrección de desviación magnética local, calculada utilizando el modelo geomagnético "World Magnetic" (Figura 3), siendo la corrección para Cotitira de 4º 19' W.

Figura 3: Declinación magnética



Fuente: http://www. Magnetic-Declination.com

CONFIDENCIAL

3. CORRENTOMETRÍA EULERIANA

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

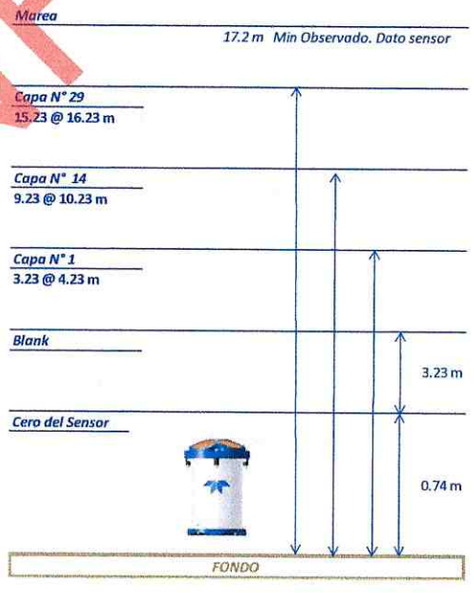
El registro de corrientes se realizó mediante el fondeo de un ADCP RDI en la zona de estudio, quedando a una profundidad aproximada de 17.5 (m), el día que se realizó el fondeo (18 de Junio del 2015) fue realizado en un estado de bajamar, quedando el equipo a una distancia aproximada de 0.7 (m) sobre el fondo.

El equipo fue programado para obtener registros de dirección y magnitud de las corrientes por capa según como se especifica a continuación:

Datos ADCP	***Uni.***		***ADCP RDI "Cotitira"***
Número de Serie		:	11376
Frecuencia de Muestreo	*Khz*	:	300
Cell Begin	*(m)*	:	1.62
Cell End	*(m)*	:	35
Blanck Distance	*(m)*	:	0.88
Cell Size			0.5
Avg Interval	*(s)*	:	120
Sample Interval	*(s)*	:	600

Las capas seleccionadas para realizar los análisis de la corriente registradas por el adcp se definen como Fondo, Intermedia y Superficial cuyas distancias se encuentran referidas desde el fondo marino (Figura 4). Cabe destacar que la capa superficial seleccionada se encuentra bajo el mínimo valor de la altura de marea observada en todo el largo del registro del instrumento, que corresponde a 17.20 (m) estando referido desde el fondo marino.

Figura 4: Configuración de capas seleccionadas en el análisis de correntómetro Eulerianas



CONFIDENCIAL

Figura 5: Sistema de fondeo del equipo ADCP.



La información recolectada fue almacenada en la memoria sólida del instrumento, la que es recuperada posteriormente mediante la conexión del equipo a un computador. Las mediciones cubrieron períodos de sicigia y cuadratura lunar durante el mes de registro.

Los datos seleccionados fueron filtrados bajo la siguiente metodología:

- Se obtiene el promedio de los datos medidos.
- Se calcula la desviación estándar que posee la serie completa de datos.
- Luego se multiplica la desviación estándar por un factor establecido (factor=3).
- A las tres desviaciones estándar se le suma el promedio obtenido de la serie.
- El valor final obtenido de este procedimiento es el tope de la serie.

Por lo tanto, obtenido ese valor, se considera que todos los datos que sobrepasen el "factor de veracidad" o umbral definido, se eliminarán del proceso estadístico de la serie, por lo cual no serán considerados dentro de los cálculos realizados.

La información de corrientes fue sometida a un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de 8 direcciones. También fue procesada obteniéndose valores horarios a los cuales se les calculó las componentes ortogonales. Con esta información se construyeron diagramas de dispersión, trazos, vector progresivo y densidad espectral.

CONFIDENCIAL

Posteriormente, se les realizó una extrapolación de corrientes extremas en base a proyecciones de probabilidad tipo Gumbel y un análisis de correlación cruzada con los registros de viento y marea, con la finalidad de determinar la existencia de forzantes geofísicas.

3.2. RESULTADOS

Capa profunda (3.23 a 4.23 m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel profundo (Cuadro 2) presentaron una incidencia hacia las componentes SW (23.44%) y W (13.66%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 2 a 4 cm/s (28.02%), seguido del rango de 4 a 6 cm/s (26.20%).

La mayor velocidad registrada se fue de 28.20 cm/s desde la dirección SW, siendo la velocidad media considerando todo el registro de 5.10 (cm/s).

Cuadro 2: Incidencia conjunta velocidad y dirección de la corriente Euleriana, Capa de Fondo "Cotitira".

Velocidad (cm/s)	Dirección (°)								Total	
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nº Datos	% Ocurrencia
0-2	115	108	92	96	94	131	104	117	857	13.44%
2-4	218	223	178	169	247	277	250	225	1787	28.02%
4-6	220	212	117	108	216	363	264	171	1671	26.20%
6-8	134	152	57	54	154	289	163	72	1075	16.85%
8-10	57	76	16	13	67	190	52	27	498	7.81%
10-12	30	39	3	2	36	108	26	6	250	3.92%
12-14	10	22	2		19	69	9	3	134	2.10%
14-16	5	11			5	38	2	2	63	0.99%
16-18	2	5			2	21	1		31	0.49%
>18		2			1	9			12	0.19%
Nº Datos	791	850	465	442	841	1495	871	623	6378	
% Ocurrencia	12.40%	13.33%	7.29%	6.93%	13.19%	23.44%	13.66%	9.77%		100.00%
								Total	6378	100.00%

Estdística Básica	Dirección (°)								Total (cm/s)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Vel. Max	16.60	21.30	13.80	10.90	20.10	28.20	17.50	15.40	28.20
Vel. Med	4.88	5.34	3.87	3.68	5.16	6.47	4.79	4.03	5.10
Desvt St	2.82	3.31	2.21	2.02	2.98	3.76	2.58	2.33	3.13

CONFIDENCIAL

Capa intermedia (9.23 a 10.23 m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel intermedio (Cuadro 3) presentaron una incidencia proporcional de las 8 direcciones, sin embargo es posible observar que las mayores ocurrencias se presentan desde el 4to cuadrante desde las direcciones W (18.47%), SW (16.51%) y del 1er cuadrante, direcciones NE (12.31%) y N (12.07%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 4 a 6 (cm/s) (23.11%), seguido del rango de 2 a 4 cm/s (20.01%).

La mayor velocidad registrada fue de 38.60 cm/s desde las componentes W, siendo la velocidad media considerando todo el registro de 6.52 (cm/s).

Cuadro 3: Incidencia conjunta velocidad y dirección de la corriente Euleriana, Capa Intermedia "Cotitira".

Velocidad	Dirección (°)								Total	
(cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N° Datos	%Ocurrencia
0-2	76	62	61	56	65	78	80	68	546	8.56%
2-4	189	172	132	128	126	174	183	172	1276	20.01%
4-6	192	185	151	138	144	218	265	181	1474	23.11%
6-8	131	140	117	99	116	206	183	194	1186	18.60%
8-10	91	96	72	45	91	136	181	102	814	12.76%
10-12	49	55	48	27	38	99	108	50	474	7.43%
12-14	26	26	20	8	17	56	87	33	273	4.28%
14-16	12	17	14	6	8	43	37	18	155	2.43%
16-18	2	12	6	2	6	22	32	3	85	1.33%
18-20	2	13	2		3	8	10	7	45	0.71%
20-22		3		1		6	5	4	19	0.30%
22-24		3	3			2	4	3	15	0.24%
>24		1		1		5	3	6	16	0.25%
Nº Datos	770	785	626	511	614	1053	1178	841	6378	
% Ocurrencia	12.07%	12.31%	9.81%	8.01%	9.63%	16.51%	18.47%	13.19%		100.00%
								Total	6378	100.00%

Estdística	Dirección (°)								Total
Básica	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(cm/s)
Vel. Max	19.50	24.30	24.00	28.80	19.90	30.80	38.60	31.00	38.60
Vel. Med	5.76	6.49	6.17	5.47	6.01	7.17	7.38	6.52	6.52
Desvt St	3.31	4.10	3.73	3.29	3.47	4.31	4.38	4.17	4.01

CONFIDENCIAL

Capa superficial (15.23 a 16.23 m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel superficial (Cuadro 4) presentaron mayores ocurrencias en las componentes del primer cuadrante, direcciones NE (23.94%) y N (17.70%) y en la componente del cuarto cuadrante, NW (12.28%). Las velocidades medidas registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 6 a 8 cm/s (14.83%), seguido del rango de 8 a 10 cm/s (13.25%).

La mayor velocidad registrada fue de 73.10 cm/s desde las componente NE, siendo la velocidad media considerando todo el registro de 10.60 (cm/s).

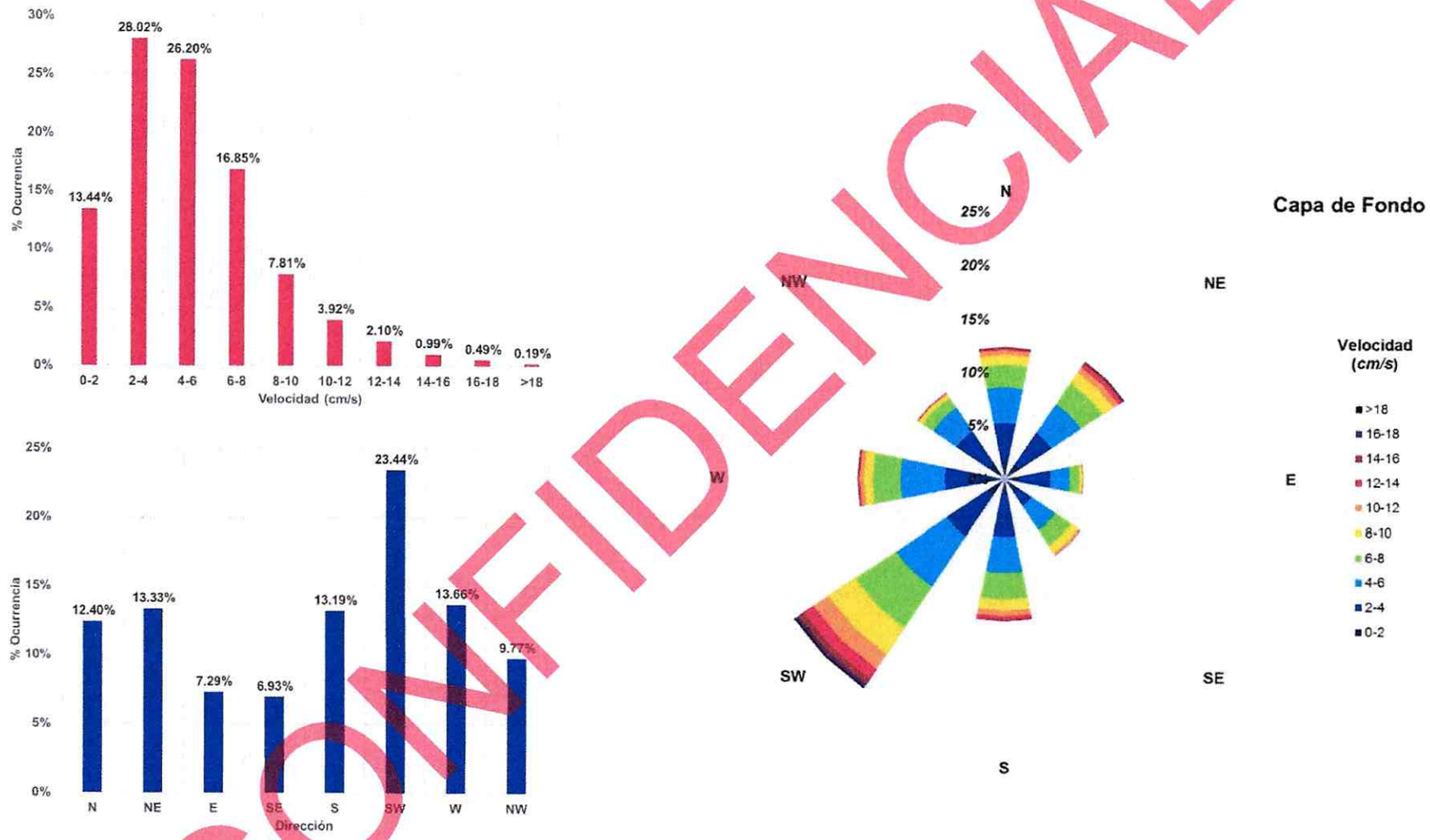
Cuadro 4: Incidencia conjunta velocidad y dirección de la corriente Euleriana, Capa Superficial "Cotitira".

Velocidad	*Dirección (°)*								*Total*	
(cm/s)	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*N° Datos*	*%Ocurrencia*
0-2	28	27	36	32	27	19	33	30	232	3.64%
2-4	91	90	76	74	58	77	78	84	628	9.85%
4-6	133	133	107	57	59	98	122	127	836	13.11%
6-8	168	174	105	71	64	94	125	145	946	14.83%
8-10	160	173	97	53	59	87	97	119	845	13.25%
10-12	151	190	95	31	41	70	96	85	759	11.90%
12-14	111	142	74	26	25	41	75	68	562	8.81%
14-16	93	146	60	16	17	29	46	21	428	6.71%
16-18	55	119	35	15	19	26	18	21	308	4.83%
18-20	53	75	24	10	10	14	22	27	235	3.68%
20-22	28	61	22	4	10	9	10	10	154	2.41%
22-24	24	54	18	6	10	4	11	12	139	2.18%
24-26	5	22	6	3	4	3		2	45	0.71%
>26	29	121	25	5	15	14	20	32	261	4.09%
N° Datos	1129	1527	780	403	418	585	753	783	**6378**	
% Ocurrencia	17.70%	23.94%	12.23%	6.32%	6.55%	9.17%	11.81%	12.28%		**100.00%**
								Total	**6378**	**100.00%**

Estdística	*Dirección (°)*								*Total*
Básica	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*(cm/s)*
Vel. Max	73.10	48.20	60.60	51.10	43.00	38.90	52.60	49.70	**73.10**
Vel. Med	10.74	13.06	10.47	8.29	9.53	9.26	9.44	9.60	**10.60**
Desvt St	6.29	7.54	7.06	6.16	6.83	6.04	6.20	6.60	**6.90**

CONFIDENCIAL

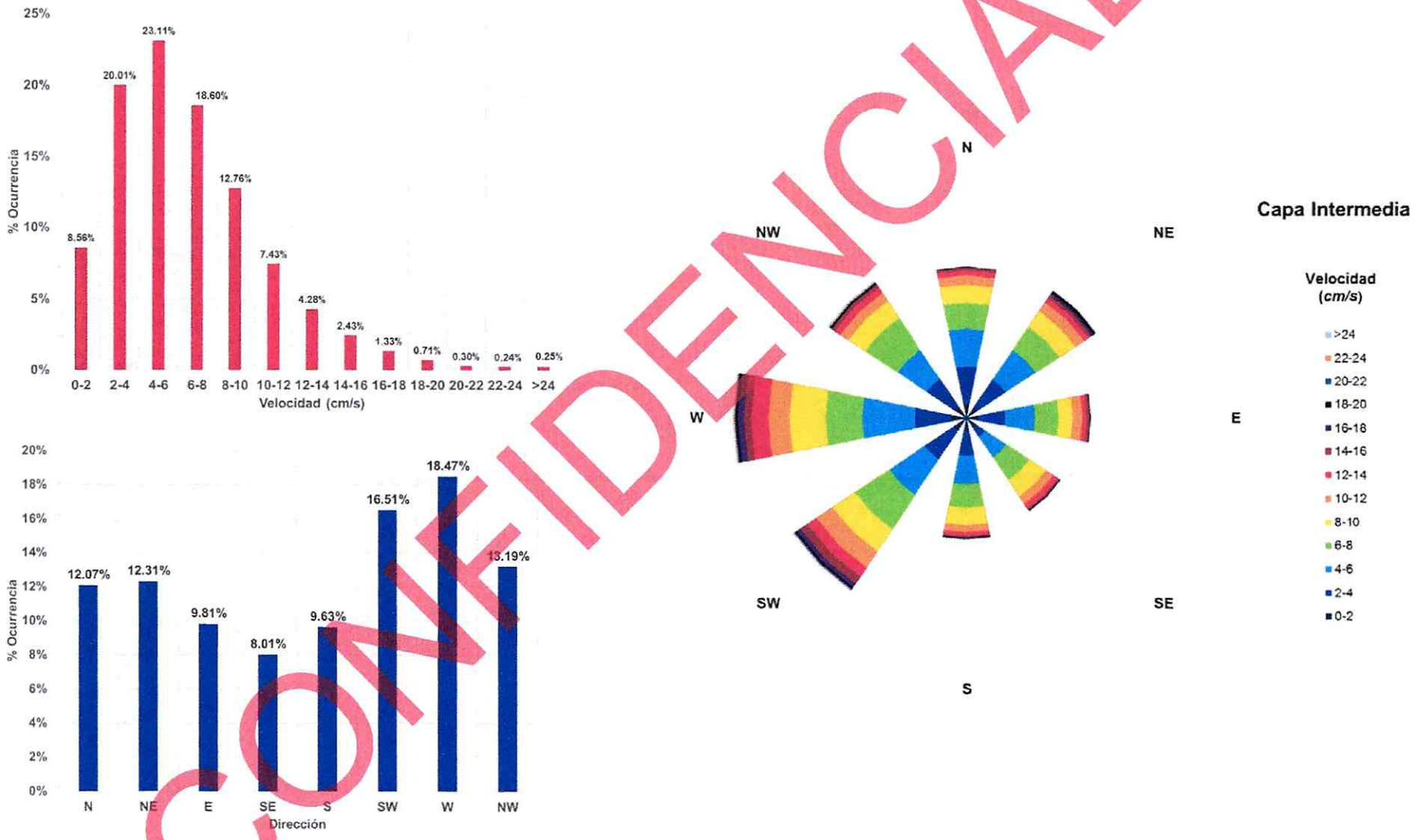
Figura 6: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Corriente Euleriana, Capa de Fondo "Pta Cotitira".



CONFIDENCIAL

0002824

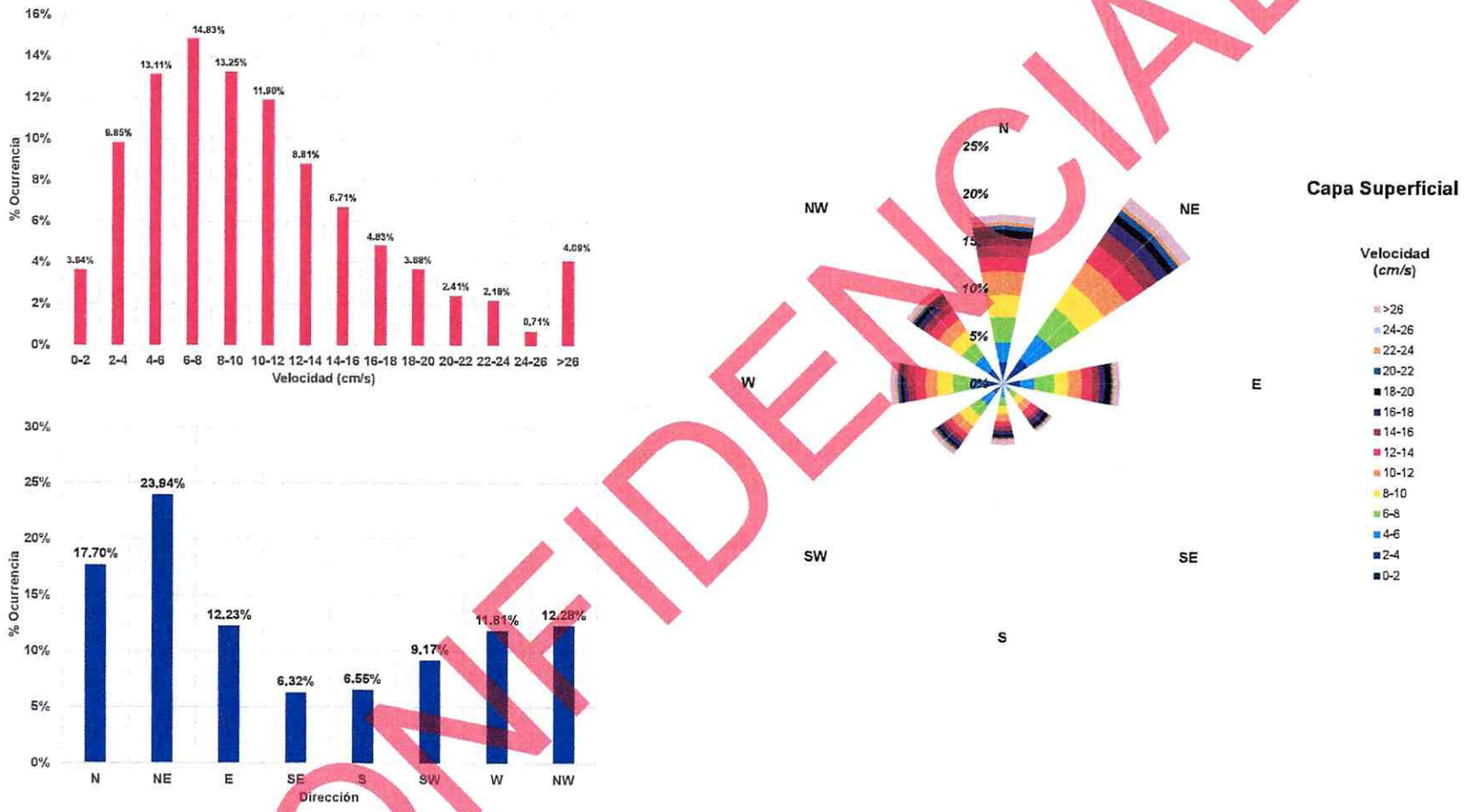
Figura 7: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Corrientes Euleriana, Capa Intermedia "Cotitira".



CONFIDENCIAL

0002853

Figura 8: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Corrientes Euleriana, Capa Superficial "Cotitira".



CONFIDENCIAL

000286

Para analizar las corrientes como serie de tiempo, éstas fueron reducidas a series horarias, calculándose las respectivas componentes ortogonales. Así se definen las componentes U y V de la siguiente manera:

Componente U : Weste – Este, positiva si el flujo va hacia el Este.

Componente V : Sur – Norte, positiva si el flujo va hacia el Norte.

Para las series de tiempo de componentes ortogonales, se obtuvieron los estadísticos básicos (mínimo, máximo, promedio y desv. estándar) (Cuadro 5), en base a la estadística horaria Anexo 1 Corrientes Eulerianas Cotitira.

Cuadro 5: Estadística básica de las componentes ortogonales U y V (cm/s)-Capa Fondo, Intermedia y Superficial

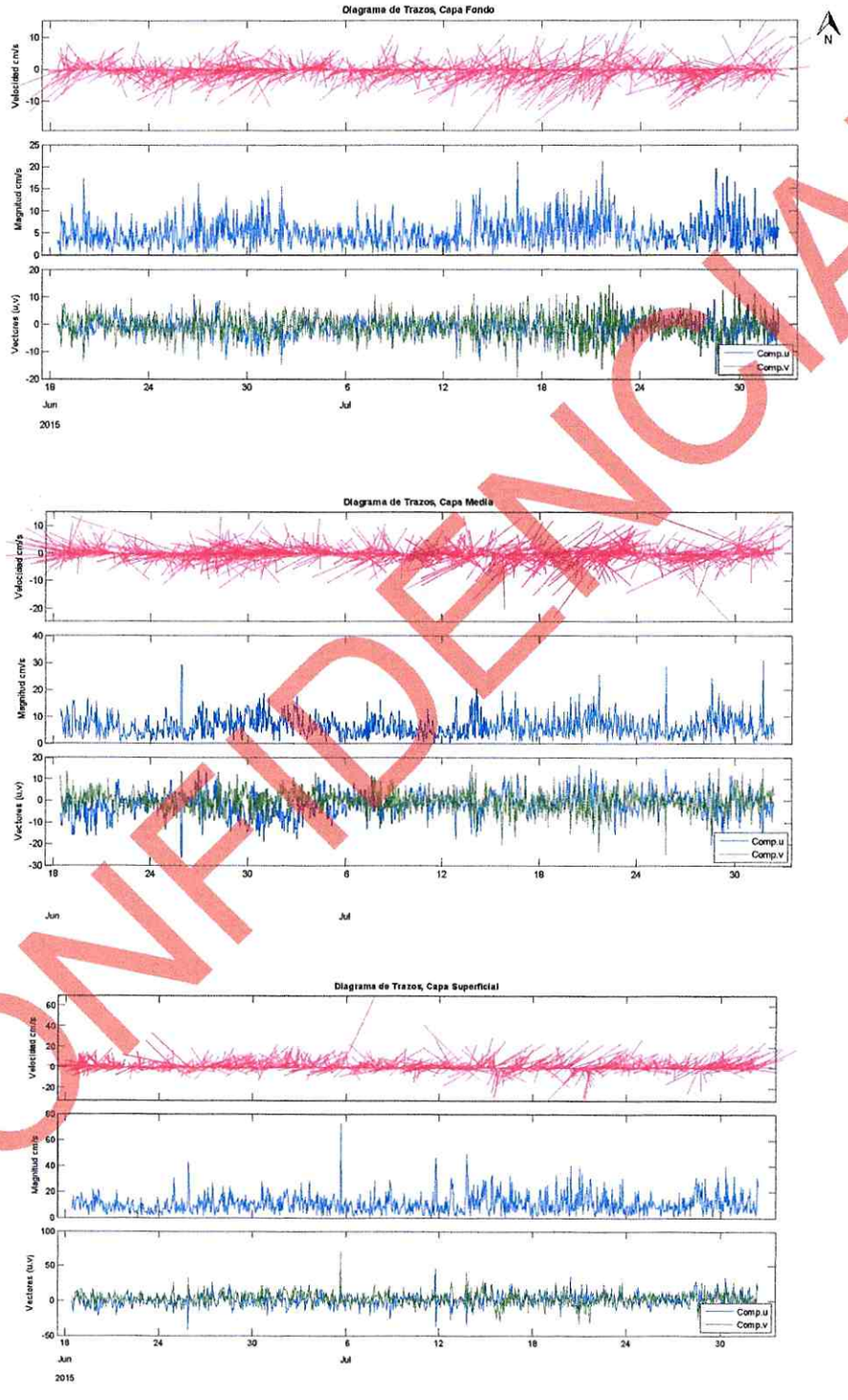
Componentes	*Capa de Fondo*		*Capa Intermedia*		*Capa superficial*	
Ortogonales	Comp. (u)	Comp. (v)	Comp. (u)	Comp. (v)	Comp. (u)	Comp. (v)
Minimo [cm/s]	-17,97	-19,19	-27,09	-24,60	-36,83	-32,48
Maximo [cm/s]	11,38	15,38	16,74	15,07	46,59	41,82
Promedio [cm/s]	-0,98	-0,76	-1,45	-0,12	1,43	3,34
Desv St [cm/s]	3,95	4,47	5,83	4,96	8,91	8,26

Las velocidad promedio de las componentes ortogonales de cada capa (Cuadro 5) presentan un indicador de la tendencia general del recorrido que tendría una partícula suspendida en la columna de agua, de este modo es posible inferir de los resultados presentados que en la capa más cercana al fondo la tendencia se presentó hacia las componentes del 3er cuadrante dirección SW, en la capa intermedia la tendencia se presentó hacia las componentes del 3er cuadrante dirección WSW, la capa superficial presento una tendencia en el recorrido hacia el 1er cuadrante asociada a la componente NE.

A continuación se presenta un diagrama de trazos para cada capa analizada (Figura 9), en los tres casos evaluados es posible notar la tendencia de la corriente a lo largo del tiempo de registro, donde las tendencias direccionales confirman la información de las tablas de incidencia conjunta. Las gráficas de la velocidad muestran una proporcionalidad en las direcciones de ocurrencia de direcciones en la capa intermedia, mientras que en la capa profunda y superficial se observan una clara participación del 1er y 3er cuadrante (capa de fondo) y del 1er y 4to cuadrante (capa Superficial).

CONFIDENCIAL

Figura 9: Diagrama de Trazos Velocidad de la Corriente Euleriana por Componente. Panel Superior: Capa de Fondo, Panel Medio: Capa Intermedia, Panel Inferior: Capa Superficial.



CONFIDENCIAL

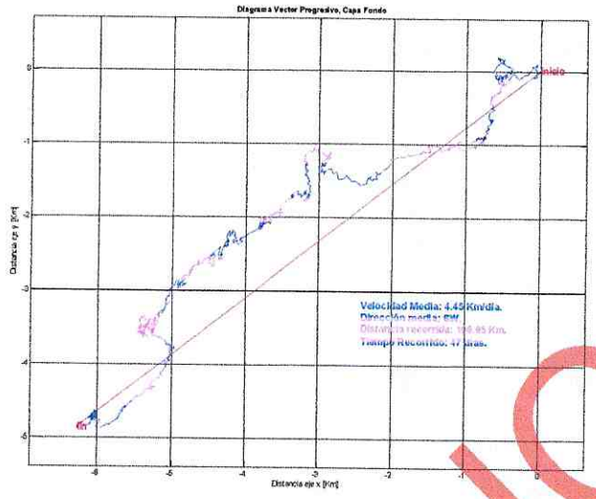
Para explicar el comportamiento de una partícula en el agua de las tres capas analizadas se construyó un vector progresivo para cada caso (Figura 10), los vectores progresivos mostraron que en la capa profunda presento un recorrido hacia la direcciona SW con una velocidad media de 4.45 (km/día) recorriendo una distancia de 32.83 (km). La capa intermedia presentó un recorrido hacia la dirección WSW con una velocidad media de 5.71 (km/día) desplazándose 42.14 (km) y finalmente la capa superficial presentó un recorrido hacia la componente NE con una velocidad media de 9.29 (km/día), recorriendo una distancia de 68.55 (km).

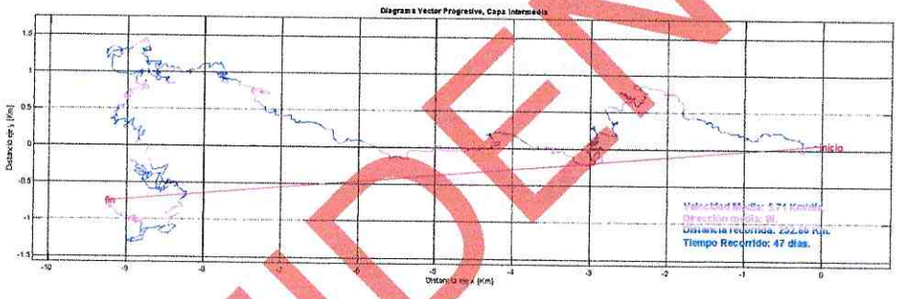
Como es posible ver en las gráficas en los recorridos del vector progresivo de la capas analizadas, la capa profunda presento el menor avance registrando con pequeñas fluctuaciones en su recorrido mostrando un avance neto en dirección SW, la capa intermedia al igual que la capa profunda presento pequeñas fluctuaciones en su recorrido con un recorrido principalmente WSW, por último la capa superficial presentó avance hacia la componente NE.

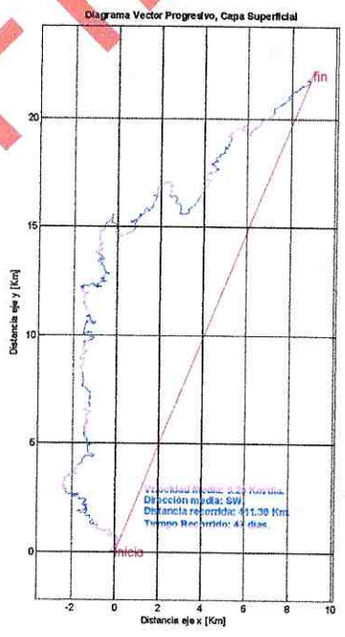
Para determinar el comportamiento de la corriente en el dominio de la frecuencia, se aplicó un análisis estadístico a nivel espectral (Figura 11). Este análisis permitió determinar la cantidad de energía (densidad espectral) que se encuentra asociada a las distintas bandas de frecuencia. Para tales efectos, en el análisis espectral se realizó considerando un nivel de confianza del 95% y 12 grados de libertad. De este análisis es posible observar que en las capas más profundas (capa de fondo e intermedia) la mayor densidad espectral se presenta en la frecuencia de 0.08 (cph), en ambas componentes con mayor énfasis en la componente meridional, mientras que en la capa superficial se puede observar mayor densidad espectral tanto en las frecuencias 0.00015 y 0.08 (cph), frecuencias diurnas y semidiurnas respectivamente en ambas componentes.

CONFIDENCIAL

Figura 10: Vector progresivo, Panel Superior: "Capa de Fondo", Panel Medio: "Capa Intermedia", Panel Inferior: "Capa Superficial".

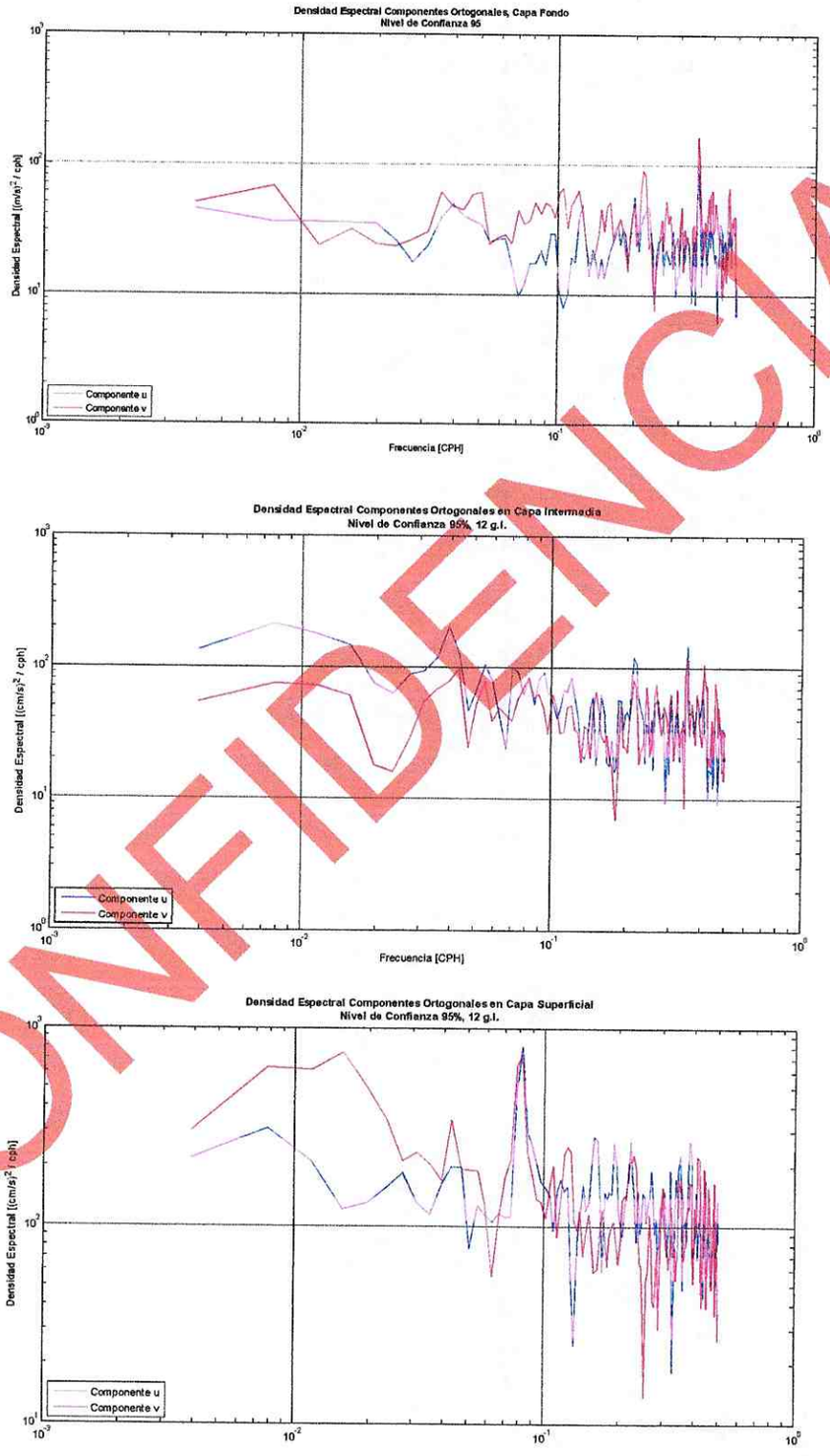






CONFIDENCIAL

Figura 11: Densidad Espectral de las Componentes Ortogonales de la corriente Euleriana por capas (Nivel de Confianza 95%, 12 gl). Panel Superior: "Capa de Fondo", Panel Medio: "Capa Intermedia", Panel Inferior: "Capa Superficial".



CONFIDENCIAL

CORRIENTES EXTREMAS

Con el objeto de determinar las corrientes extremas, se realizó una extrapolación de las corrientes máximas esperadas para distintos periodos de retorno, en base a una proyección de probabilidad tipo Gumbel, considerando las capas de medición analizadas previamente.

Se debe tener presente que la base de datos analizada corresponde a una serie de 43 días de datos de velocidad y dirección, razón por la cual este análisis tiene carácter netamente referencial y debe ser considerado como una primera aproximación de valores extremos.

A continuación se presenta la función de probabilidad utilizada para el ajuste.

Cuadro 6: Distribución de probabilidad utilizada para el ajuste de corrientes máximas.

Distribución Función	Expresión Matemática	Promedio y Desviación Estándar	Parámetros
Gumbel	$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)}}$	$\bar{x} = B + 0.5772A$ $\sigma = 1.283A$	$A = 0.779\sigma_x$ $B = \bar{x} - 0.4500\sigma_x$

En general, los valores extremos se clasifican en orden descendente, con la finalidad de asignar una probabilidad de no excedencia a cada valor extremo. Para ello se utilizan funciones de ploteo, las cuales deben ser tales que la función de distribución sea determinada con mayor precisión.

En el Cuadro 7 se presenta la función de ploteo utilizada principalmente para eliminar el error cuadrático medio.

Cuadro 7: Funciones de ploteo.

Aplicación de la Formula	Posición grafica de la formula
Gumbel (Gringorten 1963)	$\widehat{F_m} = 1 - \frac{m - 0.44}{N + 0.12}$

En el Cuadro 8 se presentan las lista de corrientes utilizadas para el cálculo de las condiciones extremas en el sector, estos datos corresponden a las 20 mayores intensidades registradas para cada una de las direcciones consideradas.

CONFIDENCIAL

Cuadro 8: Valores extremos Observados (cm/s). Cotitira.

Capa de Fondo

Datos	Corrientes máximas (cm/s)							
	Capa de Fondo							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	16.60	21.30	13.80	10.90	20.10	28.20	17.50	15.40
2	16.40	21.20	12.20	10.40	16.70	22.60	15.50	15.30
3	15.20	17.90	11.90	9.80	16.00	21.70	14.00	13.40
4	14.70	17.90	11.10	9.80	15.90	21.30	13.30	13.30
5	14.30	17.00	11.00	9.40	15.60	21.10	13.30	12.10
6	14.20	16.70	9.60	9.30	15.40	20.30	13.10	11.90
7	14.00	16.40	9.60	8.90	14.20	19.70	12.90	11.30
8	13.60	15.50	9.60	8.70	14.20	19.30	12.80	11.10
9	13.60	15.20	9.40	8.70	13.90	18.80	12.60	10.70
10	13.40	15.10	9.30	8.50	13.70	18.00	12.50	10.20
11	12.90	15.00	9.20	8.20	13.70	17.90	12.50	10.20
12	12.60	15.00	9.00	8.10	13.60	17.80	12.00	9.90
13	12.30	15.00	8.90	8.10	13.30	17.70	11.70	9.80
14	12.30	14.50	8.60	8.10	13.20	17.70	11.60	9.70
15	12.20	14.50	8.50	8.00	13.10	17.40	11.60	9.40
16	12.20	14.40	8.30	7.70	13.00	17.40	11.30	9.30
17	12.10	14.30	8.20	7.60	12.50	17.40	11.30	9.30
18	11.90	14.00	8.20	7.60	12.50	17.40	11.20	9.30
19	11.90	13.90	8.20	7.50	12.50	17.40	11.20	9.00
20	11.90	13.90	8.10	7.50	12.50	17.40	11.20	9.00

Capa Intermedia

Datos	Corrientes máximas (cm/s)							
	Capa de Intermedia							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	19.50	24.30	24.00	28.80	19.90	30.80	38.60	31.00
2	18.50	24.00	23.20	21.90	18.50	25.60	30.90	31.00
3	17.10	23.20	22.20	16.80	18.10	24.50	28.40	29.40
4	16.20	22.40	19.60	16.00	17.50	24.40	23.40	27.60
5	15.90	21.30	18.90	15.70	17.30	24.20	23.40	26.30
6	15.90	20.80	17.10	14.70	17.20	23.20	22.50	25.90
7	15.70	20.50	17.00	14.50	16.80	22.10	22.20	23.90
8	15.50	19.80	16.60	14.30	16.50	21.40	21.90	23.50
9	15.50	19.60	16.30	14.30	16.40	21.00	20.80	22.80
10	14.90	19.60	16.30	14.00	15.70	20.80	20.50	21.70
11	14.80	19.30	16.20	13.50	15.50	20.60	20.50	21.40
12	14.70	19.10	15.80	13.50	14.60	20.40	20.10	21.20
13	14.50	19.00	15.50	13.40	14.50	20.30	19.80	20.80
14	14.10	18.90	15.50	13.40	14.50	19.40	19.60	19.30
15	14.00	18.90	15.20	13.30	14.40	19.40	18.90	19.10
16	14.00	18.70	15.20	12.40	14.30	19.40	18.70	18.90
17	13.90	18.60	15.10	12.20	14.20	18.70	18.70	18.70
18	13.70	18.60	15.00	12.00	13.90	18.70	18.60	18.60
19	13.50	18.50	15.00	11.90	13.80	18.40	18.50	18.50
20	13.50	18.10	14.90	11.90	13.70	18.10	18.20	18.40

CONFIDENCIAL

Capa Superficial

Datos	Corrientes máximas (cm/s)							
	Capa de Superficial							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	31.30	31.00	31.30	27.10	30.90	30.60	28.30	30.50
2	31.30	31.00	30.50	26.60	29.70	28.50	27.80	29.90
3	30.50	31.00	29.00	24.70	29.20	27.60	27.20	29.70
4	29.90	30.90	27.40	24.30	28.90	26.20	26.90	28.70
5	29.50	30.90	27.40	24.00	28.70	26.10	26.70	28.60
6	29.40	30.90	27.30	23.80	28.10	25.10	26.50	28.30
7	29.30	30.90	27.20	22.80	27.80	24.80	26.00	28.30
8	29.10	30.90	27.20	22.70	27.50	24.60	26.00	27.90
9	29.00	30.80	27.10	22.60	25.70	24.30	26.00	27.60
10	27.80	30.80	27.00	22.40	25.50	23.70	25.90	27.30
11	27.10	30.30	26.80	22.20	25.20	23.70	25.40	26.80
12	26.80	30.30	26.60	21.10	25.00	23.40	25.20	26.80
13	26.40	30.30	26.50	21.10	24.70	23.30	23.70	26.50
14	26.10	30.30	26.20	21.10	24.70	21.90	23.60	26.40
15	26.10	30.20	26.00	20.00	24.20	21.60	23.20	26.30
16	26.10	29.90	25.10	19.90	23.90	21.50	22.50	26.30
17	26.00	29.70	25.00	19.60	23.00	21.40	22.50	26.20
18	26.00	29.50	24.90	19.20	22.80	21.20	22.30	26.10
19	26.00	29.50	24.70	19.10	22.70	21.10	22.20	25.60
20	25.80	29.40	24.50	19.00	22.70	20.90	22.10	25.00

El Cuadro 9 muestra los resultados obtenidos de las extrapolaciones con un intervalo de confianza del 95%, estimando además las corrientes asociadas a periodos de retorno igual a 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses.

CONFIDENCIAL

Cuadro 9: Periodo de retorno al 95% de confianza. Cotitira.

Capa de Fondo, (velocidades en cm/s).

	Gumbel			Gumbel		
Período de	Dirección N		R : 95.76%	Dirección NE		R : 91.51%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	16.57	20.01	23.45	20.44	25.59	30.75
2	17.15	21.08	25.02	21.27	27.17	33.07
3	17.58	21.90	26.21	21.90	28.36	34.82
4	18.16	22.97	27.78	22.73	29.94	37.14
5	18.60	23.79	28.97	23.36	31.13	38.90
6	19.04	24.60	30.16	23.98	32.32	40.66
Período de	Dirección E		R : 94.81%	Dirección SE		R : 97.43%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	12.99	16.69	20.39	10.84	13.20	15.56
2	13.61	17.84	22.07	11.24	13.94	16.64
3	14.07	18.71	23.35	11.55	14.51	17.46
4	14.69	19.86	25.03	11.95	15.25	18.55
5	15.16	20.73	26.31	12.26	15.81	19.37
6	15.62	21.60	27.58	12.56	16.37	20.19
Período de	Dirección S		R : 93.43%	Dirección SW		R : 87.52%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	18.23	22.66	27.09	24.58	30.90	37.21
2	18.96	24.03	29.10	25.56	32.78	40.01
3	19.52	25.07	30.61	26.30	34.21	42.13
4	20.24	26.43	32.62	27.27	36.10	44.93
5	20.79	27.47	34.14	28.01	37.53	47.05
6	21.34	28.50	35.66	28.74	38.96	49.17
Período de	Dirección W		R : 92.94%	Dirección NW		R : 94.31%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	15.98	19.72	23.46	15.22	19.92	24.62
2	11.46	15.74	20.02	16.00	21.38	26.75
3	11.41	16.10	20.79	16.59	22.48	28.37
4	11.35	16.58	21.81	17.37	23.94	30.51
5	11.30	16.94	22.58	17.96	25.04	32.13
6	11.25	17.30	23.35	18.54	26.14	33.74

CONFIDENCIAL

Capa Intermedia, (velocidades en cm/s).

Intermedio	Gumbel			Gumbel		
Período de	Dirección N		R : 96.73%	Dirección NE		R : 93.14%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	16.49	18.43	20.36	21.53	23.80	26.07
2	17.01	19.35	21.69	22.12	24.87	27.61
3	17.31	19.89	22.47	22.45	25.48	28.51
4	17.52	20.27	23.02	22.69	25.92	29.15
5	17.68	20.56	23.44	22.87	26.26	29.64
6	17.81	20.80	23.79	23.02	26.54	30.05
Período de	Dirección E		R : 88.92%	Dirección SE		R : 80.96%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	19.15	22.54	25.93	17.26	22.00	26.74
2	19.99	24.09	28.20	18.34	24.07	29.80
3	20.47	25.00	29.52	18.96	25.27	31.59
4	20.81	25.63	30.46	19.39	26.12	32.85
5	21.07	26.13	31.18	19.72	26.78	33.84
6	21.29	26.53	31.77	19.99	27.32	34.64
Período de	Dirección S		R : 96.15%	Dirección SW		R : 95.73%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	17.22	19.37	21.52	23.89	27.62	31.34
2	17.79	20.39	23.00	24.88	29.38	33.89
3	18.12	20.99	23.86	25.45	30.41	35.37
4	18.35	21.41	24.47	25.85	31.14	36.43
5	18.53	21.73	24.94	26.15	31.70	37.24
6	18.67	22.00	25.33	26.40	32.16	37.91
Período de	Dirección W		R : 86.75%	Dirección NW		R : 94.17%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	25.51	31.55	37.60	26.01	31.11	36.21
2	18.17	25.48	32.80	27.35	33.51	39.68
3	17.98	26.04	34.10	28.11	34.91	41.70
4	17.84	26.43	35.02	28.65	35.89	43.14
5	17.74	26.74	35.74	29.06	36.66	44.25
6	17.65	26.99	36.33	29.40	37.28	45.16

CONFIDENCIAL

Capa Superficial, (velocidades en cm/s).

Superficial	Gumbel			Gumbel		
Período de	Dirección N		R : 89.62%	Dirección NE		R : 73.65%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	29.30	31.63	33.95	30.71	31.39	32.06
2	29.88	32.69	35.51	30.85	31.67	32.48
3	30.22	33.31	36.41	30.93	31.83	32.73
4	30.45	33.75	37.06	30.99	31.94	32.90
5	30.63	34.09	37.55	31.03	32.03	33.04
6	30.78	34.37	37.96	31.06	32.11	33.15
Período de	Dirección E		R : 94.62%	Dirección SE		R : 96.75%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	28.19	30.32	32.45	23.98	26.85	29.71
2	28.75	31.33	33.90	24.75	28.22	31.68
3	29.07	31.91	34.75	25.19	29.01	32.83
4	29.30	32.32	35.35	25.50	29.57	33.65
5	29.47	32.64	35.81	25.74	30.01	34.28
6	29.61	32.90	36.19	25.93	30.36	34.79
Período de	Dirección S		R : 93.73%	Dirección SW		R : 98.02%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	27.92	31.01	34.09	26.14	29.36	32.57
2	28.72	32.46	36.19	27.01	30.90	34.79
3	29.18	33.30	37.42	27.51	31.80	36.09
4	29.51	33.90	38.28	27.87	32.43	37.00
5	29.76	34.36	38.96	28.14	32.93	37.71
6	29.96	34.73	39.50	28.36	33.33	38.30
Período de	Dirección W		R : 87.80%	Dirección NW		R : 96.97%
Retorno (Mes)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)	Vmin (95%)	V	Vmax (95%)
1	26.35	28.79	31.22	28.58	30.38	32.18
2	21.83	24.78	27.72	29.06	31.24	33.41
3	21.60	24.85	28.09	29.34	31.74	34.13
4	21.43	24.89	28.35	29.53	32.09	34.65
5	21.30	24.93	28.56	29.69	32.36	35.04
6	21.20	24.96	28.72	29.81	32.59	35.36

De los datos obtenidos de las extrapolaciones de las velocidades máximas de las corrientes analizadas por dirección, es posible determinar que las velocidades extremas asociada a un periodo de retorno de 6 meses se presenta en la capa fondo componentes SW con una velocidad de 38.96 (cm/s) pudiendo alcanzar una máxima de 49.17 (cm/s), seguida además de la componente SW con una velocidad de 37.53 (cm/s) pudiendo alcanzar una máxima de 47.05 (cm/s).

CONFIDENCIAL

4. CORRENTOMETRIA LAGRANGIANA (DERIVADORES)

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de correntometría con derivadores se realizó en el área de estudio en 3 puntos de lance o estaciones en periodos de cuadratura y sicigia lunar, y condición mareal de llenante y vaciante en tres capas distintas, capa superficial, a 5 m bajo la superficie y 10 m bajo la superficie. Los lanzamientos de cada uno de los derivadores fueron realizados con las características indicadas Cuadro 10.

En cada punto de lanzamiento se desplegaron derivadores del tipo veleta cruzada y su recorrido fue seguido desde una embarcación y posicionado mediante sistema de DGPS, de esta manera las posiciones de los derivadores fueron vinculados a la red geodésica nacional en coordenadas UTM. La Figura 12 muestra de manera esquemática el procedimiento de medición realizado.

Cuadro 10: Puntos de lance derivadores, Cuadratura lunar.

Condición Lunar Cuadratura						
Lance	Fase Marea	Profundidad	Día	Hora local	Coord N	Coord E
1	Llenante	0	08-07-2015	11:47:10	7707213.041	374955.382
2	Llenante	0	08-07-2015	11:42:45	7707245.741	375287.256
4	Llenante	0	08-07-2015	11:58:20	7707845.327	375020.925
5	Llenante	5	08-07-2015	11:47:10	7707213.041	374955.382
6	Llenante	5	08-07-2015	11:42:45	7707245.741	375287.256
8	Llenante	5	08-07-2015	11:58:20	7707845.327	375020.925
9	Llenante	10	08-07-2015	11:47:10	7707213.041	374955.382
10	Llenante	10	08-07-2015	11:42:45	7707245.741	375287.256
12	Llenante	10	08-07-2015	11:58:20	7707845.327	375020.925
Lance	Fase Marea	Profundidad	Día	Hora local	Coord N	Coord E
13	Vaciante	0	08-07-2015	16:04:50	7707167.492	374992.813
14	Vaciante	0	08-07-2015	16:01:30	7707277.245	375274.967
16	Vaciante	0	08-07-2015	16:31:43	7707623.790	375211.567
17	Vaciante	5	08-07-2015	16:04:50	7707167.492	374992.813
18	Vaciante	5	08-07-2015	16:01:30	7707277.245	375274.967
19	Vaciante	5	08-07-2015	15:56:25	7707822.648	375105.985
20	Vaciante	10	08-07-2015	16:04:50	7707167.492	374992.813
21	Vaciante	10	08-07-2015	16:01:30	7707277.245	375274.967
22	Vaciante	10	08-07-2015	15:56:25	7707822.648	375105.985

CONFIDENCIAL

Cuadro 11: Puntos de lance derivadores, Sicigia lunar.

Condición Lunar Sisigia						
Lance	Fase Marea	Profundidad	Dia	Hora local	Coord N	Coord E
23	Llenante	0	01-08-2015	13:52:46	7707028.883	375663.002
24	Llenante	0	01-08-2015	13:54:56	7706976.842	375854.681
25	Llenante	0	01-08-2015	13:56:01	7707050.506	375863.209
26	Llenante	0	01-08-2015	14:12:16	7707091.917	375813.468
27	Llenante	5	01-08-2015	13:52:44	7707031.588	375662.095
28	Llenante	5	01-08-2015	13:54:27	7706982.735	375814.134
29	Llenante	5	01-08-2015	13:57:01	7707125.819	375838.086
30	Llenante	10	01-08-2015	13:51:47	7707015.852	375742.191
31	Llenante	10	01-08-2015	13:54:08	7706972.778	375773.242
32	Llenante	10	01-08-2015	13:56:32	7707120.636	375864.116
Lance	Fase Marea	Profundidad	Dia	Hora local	Coord N	Coord E
33	Vaciante	0	01-08-2015	17:44:08	7706987.844	375731.001
34	Vaciante	0	01-08-2015	17:46:08	7707000.717	375848.040
35	Vaciante	0	01-08-2015	18:02:06	7707050.969	375843.523
36	Vaciante	0	01-08-2015	17:47:19	7707104.506	375848.820
37	Vaciante	0	01-08-2015	18:07:04	7707175.787	375854.495
38	Vaciante	5	01-08-2015	17:43:45	7706995.000	375712.387
39	Vaciante	5	01-08-2015	17:45:12	7707063.850	375792.303
40	Vaciante	5	01-08-2015	17:48:09	7707147.387	375803.205
41	Vaciante	10	01-08-2015	17:42:56	7707073.538	375727.150
42	Vaciante	10	01-08-2015	17:45:35	7707017.866	375824.674
43	Vaciante	10	01-08-2015	17:48:39	7707123.220	375794.599

Figura 12: Mediciones de corriente superficiales con derivadores.



Fotografía referencial.

CONFIDENCIAL

4.2. RESULTADOS

A continuación se describen los resultados del comportamiento de los derivadores para cada medición realizada, separando en ciclo lunar y condición mareal (llenante o vaciante).

Mareas en sicigia, 8 Julio de 2015.

Llenante

Los lances efectuados en condición de llenante en cuadratura (Cuadro 12), presentan una trayectoria coincidente, orientada hacia el 2do cuadrante con direcciones principalmente SE lo que da cuenta de una columna de agua con tendencia direccional homogénea en esta condición.

En cuanto a las velocidades el punto 3 presento velocidades descendentes, registrándose la mayores velocidades en los lances que se encuentran más cerca de la superficie, en los puntos 1 y 3 las mayores velocidades se registraron en la capa de 5 m bajo la superficie, registrándose la máxima velocidad en este nivel en el lance 5 con 11.14 cm/s, las menores velocidades se presentaron en la capa más profunda coincidiendo con lo registrado en el punto 2.

Cuadro 12: Lances 08 de Julio de 2015, Llenante en Cuadratura.

08-07-2015 **Cuadratura**
Llenante

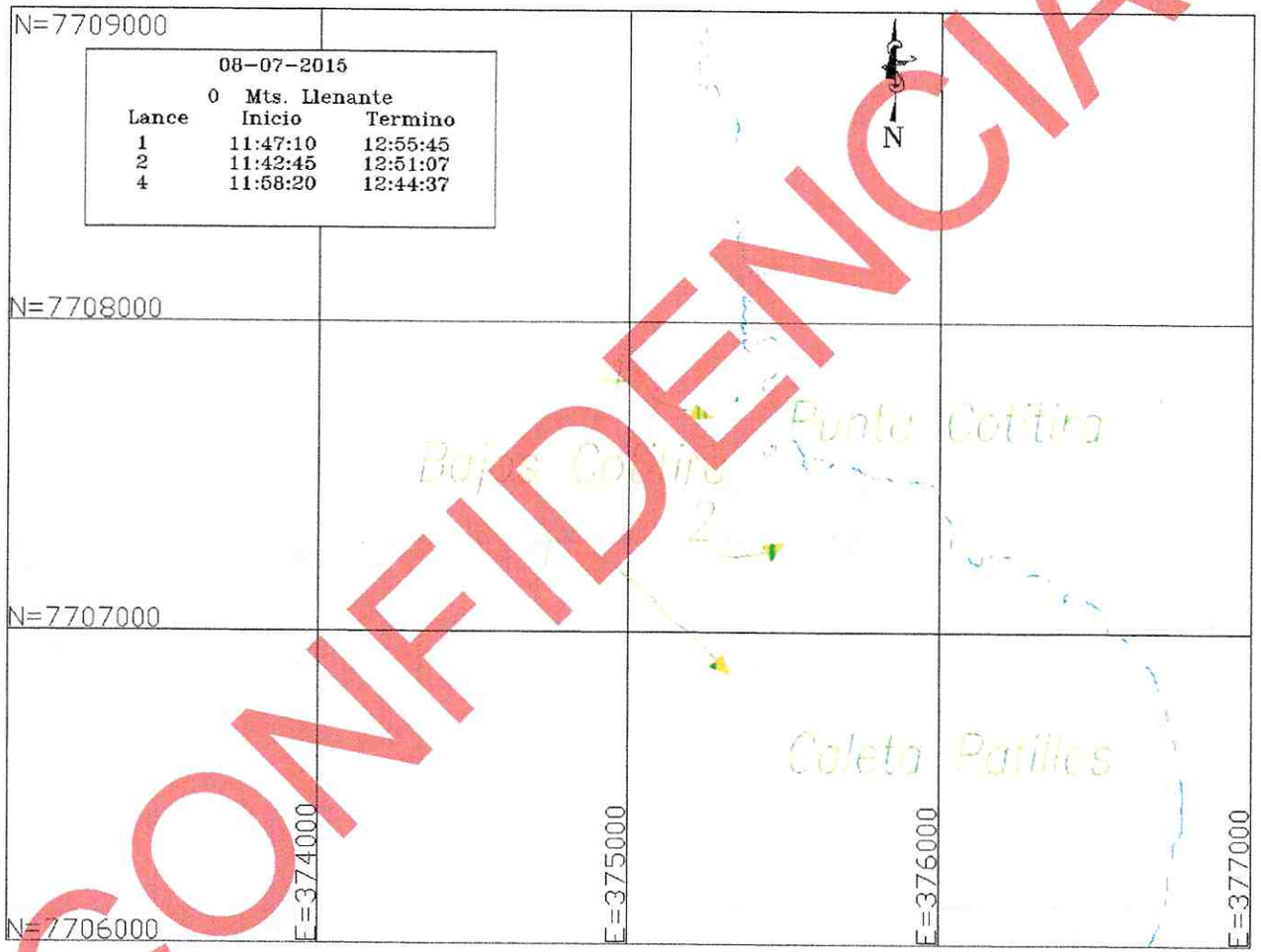
Punto 1	Lance 1	Lance 5	Lance 9
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	11.10	11.14	5.93
Direcion media	SE	SE	SE

Punto 2	Lance 2	Lance 6	Lance 10
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	4.29	3.82	2.01
Direcion media	E	E	SE

Punto 3	Lance 4	Lance 8	Lance 12
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	9.30	6.10	4.32
Direcion media	SE	SE	SE

CONFIDENCIAL

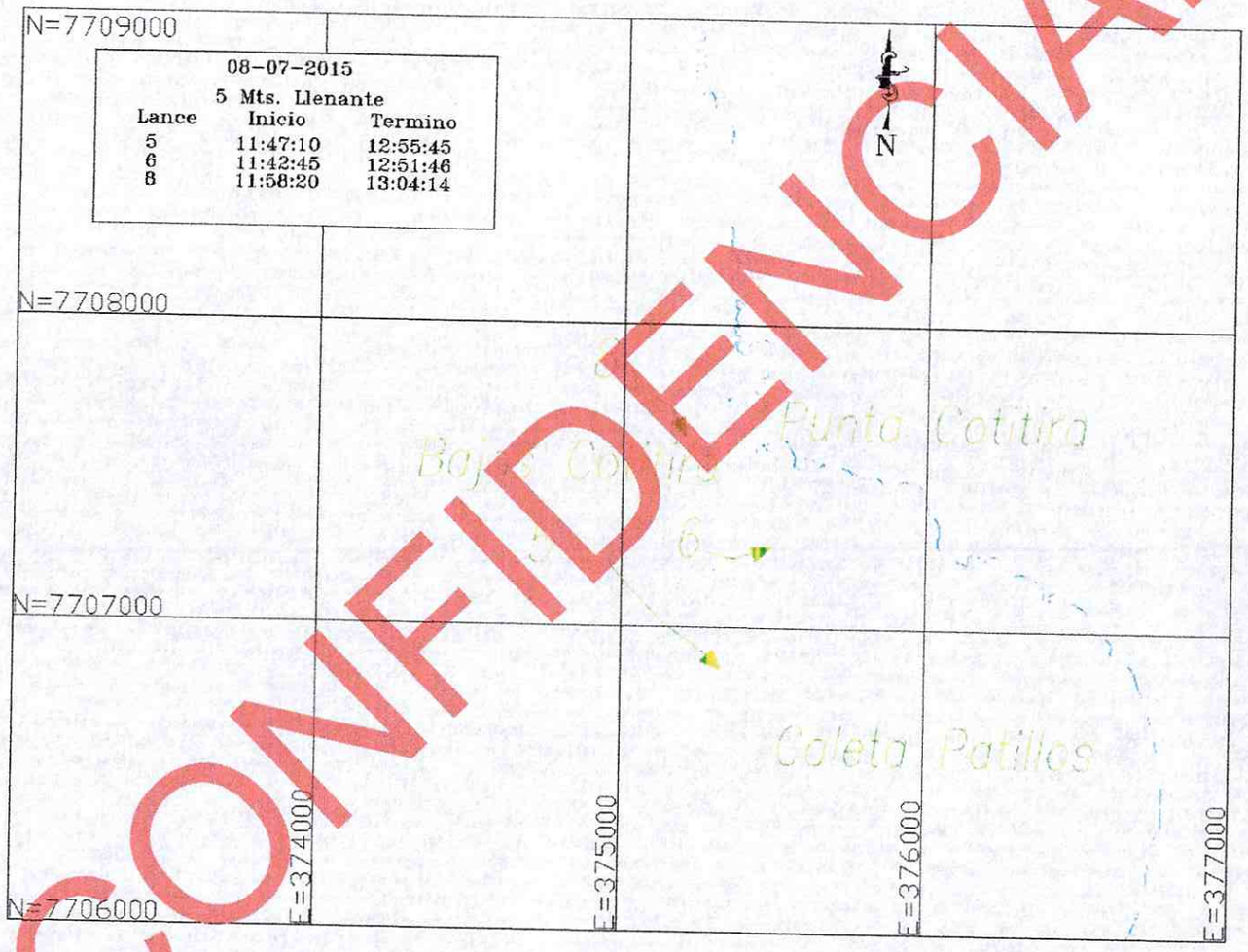
Figura 13: Trayectorias capa superficial, en Llenante, 08 de Julio de 2015.



CONFIDENCIAL

003311

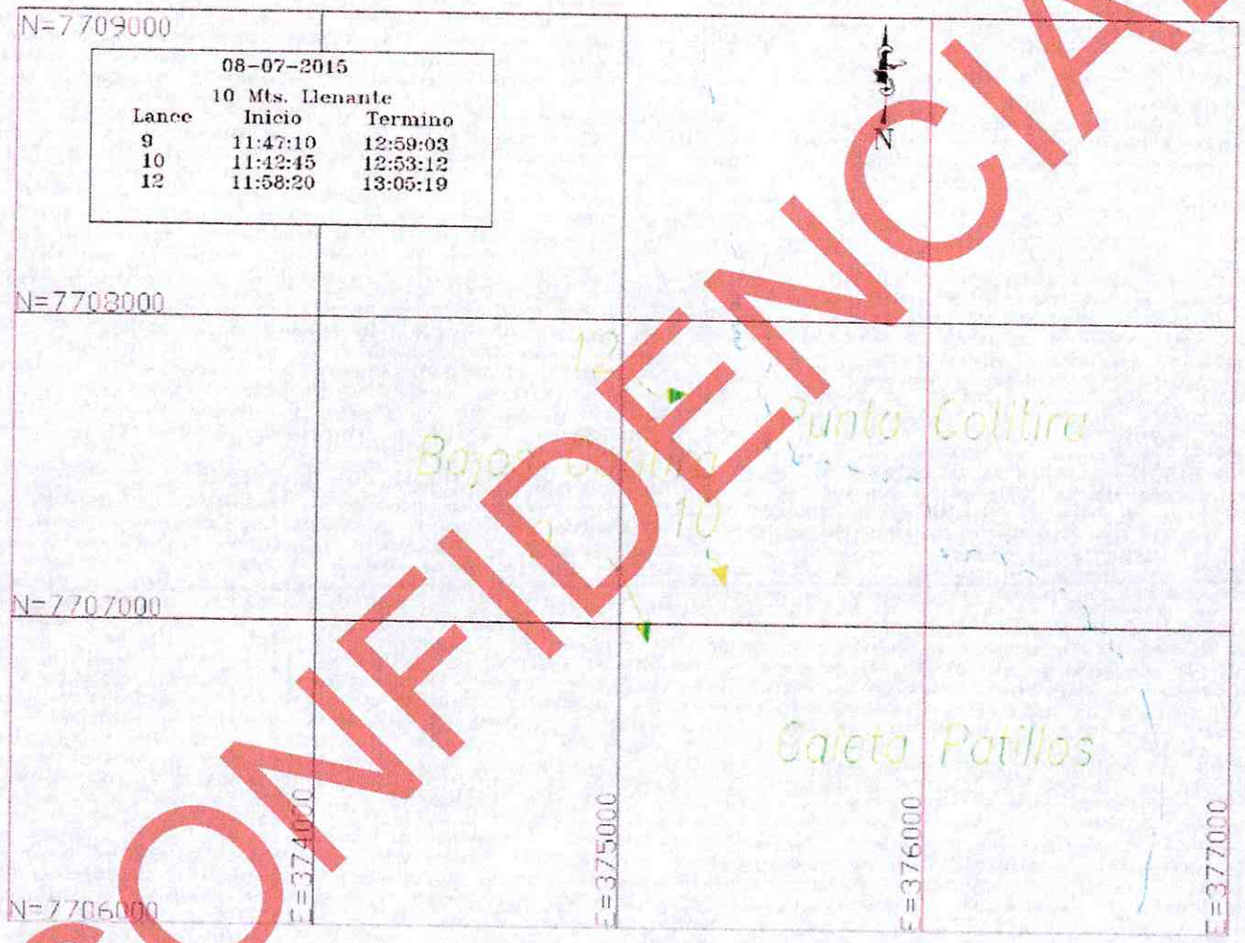
Figura 14: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en Llenante, 08 de Julio de 2015.



CONFIDENCIAL

0003.2

Figura 15: Trayectorias a 10 m bajo la superficie en Llenante, 08 de Julio de 2015.



CONFIDENCIAL

0003.3

Vaciante

En estado de vaciante las direcciones presentaron recorridos entre el 1er y 2do cuadrante, la capa superficial presento un recorridos con tendencia S y SE, la capa de 5 m bajo la superficie presento una tendencia hacia el 2do, la capa de 10 m bajo la superficie presento recorridos hacia las componentes SE (lance20 y lance22) y E (lance 21).

En cuanto a las velocidades, destacan las velocidades registradas en la capa superficial donde se presentaron las mayores velocidades, siendo el máximo registro promedio el lance 13, Punto 1 con 15.77 (cm/s), por otro lado la mínima velocidad se observó en el lance 22 en la capa de 10 metros bajo la superficie con 4.11 (cm/s).

Cuadro 13: Lances 08 de Julio 2015, Vaciante en cuadratura.

08-07-2015
Vaciante

Cuadratura

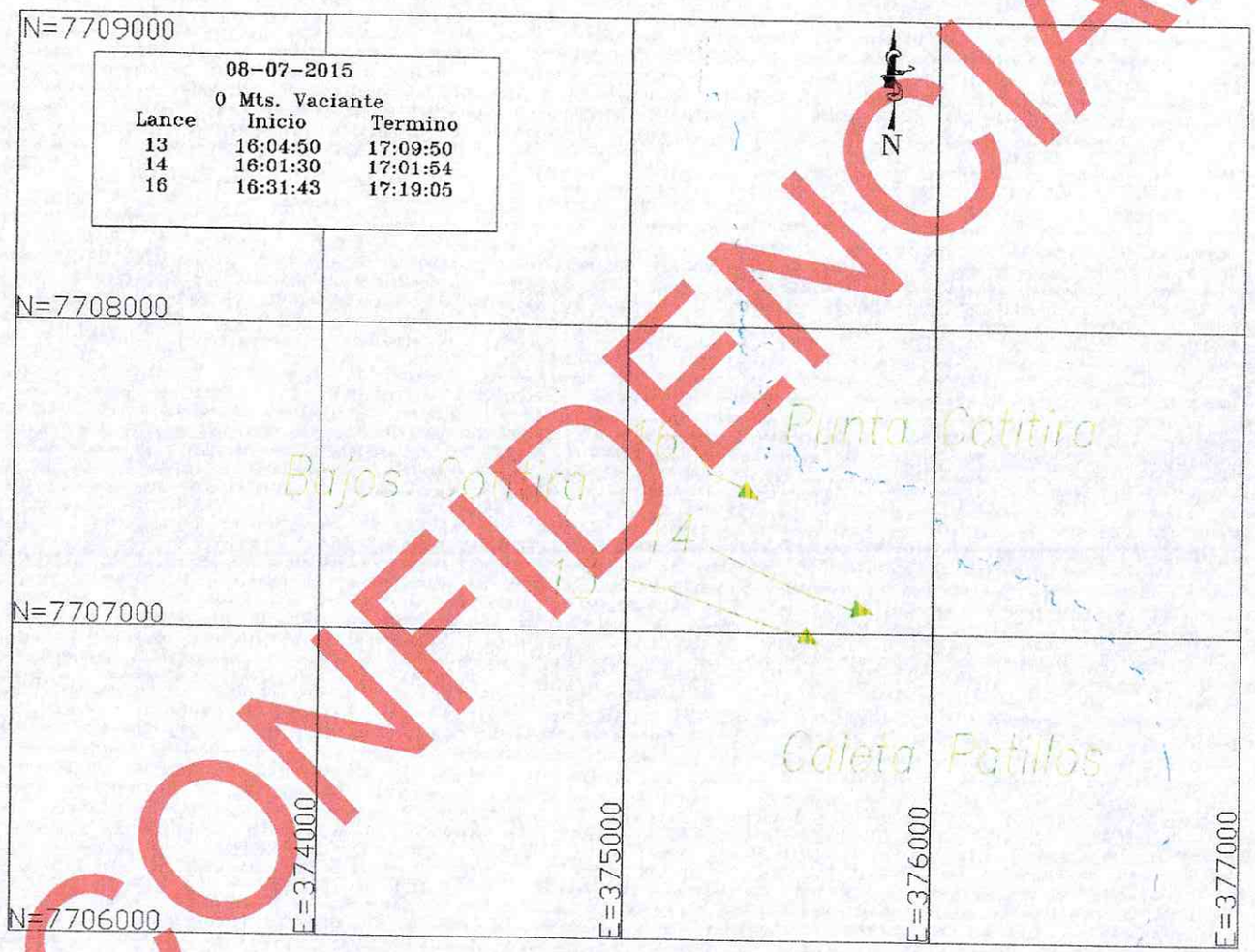
Punto 1	Lance 13	Lance 17	Lance 20
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	15.77	7.26	4.77
Direcion media	E	SE	SE

Punto 2	Lance 14	Lance 18	Lance 21
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	14.16	8.95	4.84
Direcion media	SE	SE	E

Punto 3	Lance 16	Lance 19	Lance 22
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	8.80	8.43	4.11
Direcion media	SE	SE	SE

CONFIDENCIAL

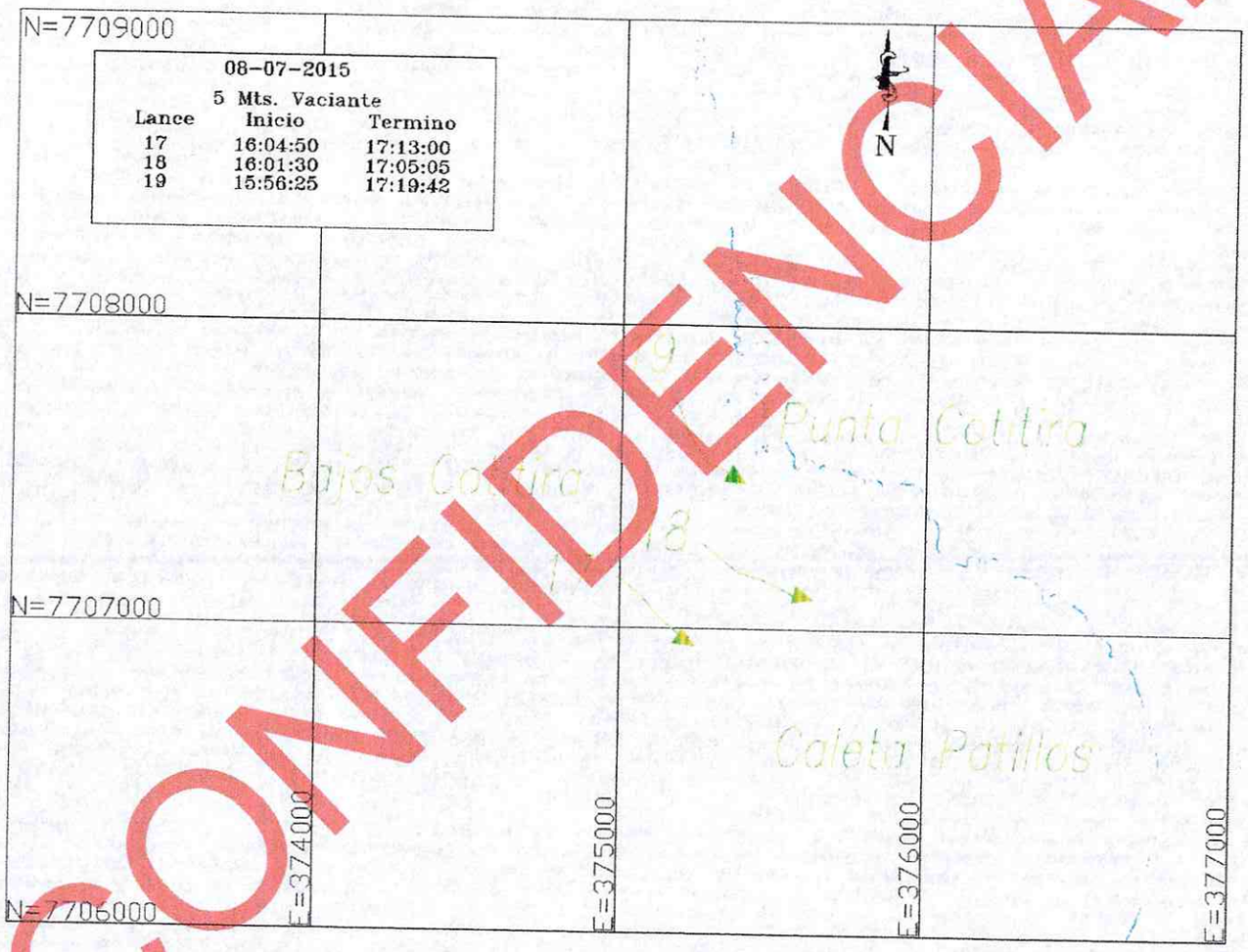
Figura 16: Trayectorias capa superficial en vaciante, 08 de Julio 2015.



CONFIDENCIAL

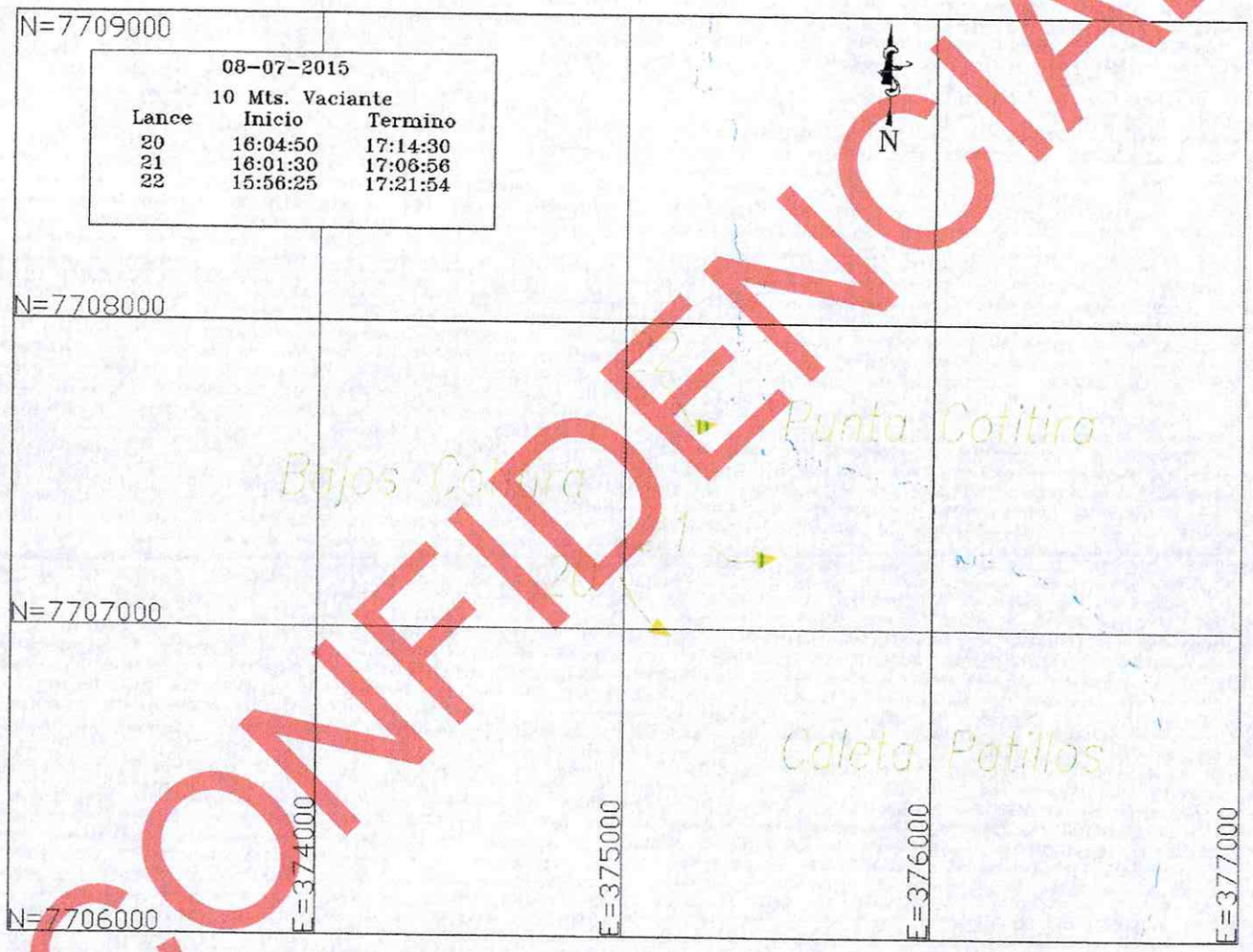
000305

Figura 17: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en vaciante, 08 de Julio 2015.



CONFIDENCIAL

Figura 18: Trayectorias a 10 m bajo la superficie en vaciante, 08 de Julio 2015.



CONFIDENCIAL

000307

Mareas en cuadratura, 01 de Agosto del 2015

Llenante

En esta condición mareal se observó que los derivadores presentaron trayectorias hacia las componentes del 1er cuadrante en la capa superficial, mientras que la capa de 5 y 10 (m) bajo la superficie presentaron trayectorias en torno al 1er y 2do cuadrante, hacia el interior de la bahía.

En cuanto a las velocidades se registró las máximas velocidades en el lance 29 capa intermedia con 12.08 (cm/s), mientras que el mínimo valor registrado se presentó en la capa de 10 m bajo la superficie con 3.68 (cm/s).

Cuadro 14: Lances 01 de Agosto de 2015, Llenante en sicigia.

01-08-2015 **Sicigia**
Llenante

Punto 1	Lance 23	Lance 27	Lance 30
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	4.11	3.74	6.79
Dirección media	NE	N	N

Punto 2	Lance 24	Lance 28	Lance 31
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	6.65	4.89	3.68
Dirección media	NE	NE	N

Punto 3	Lance 25	Lance 29	Lance 32
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	10.40	12.08	3.81
Dirección media	E	SE	E

Punto 3	Lance 26
Profundidad	superficial
Velocidad media (cm/s)	8.17
Dirección media	E

CONFIDENCIAL

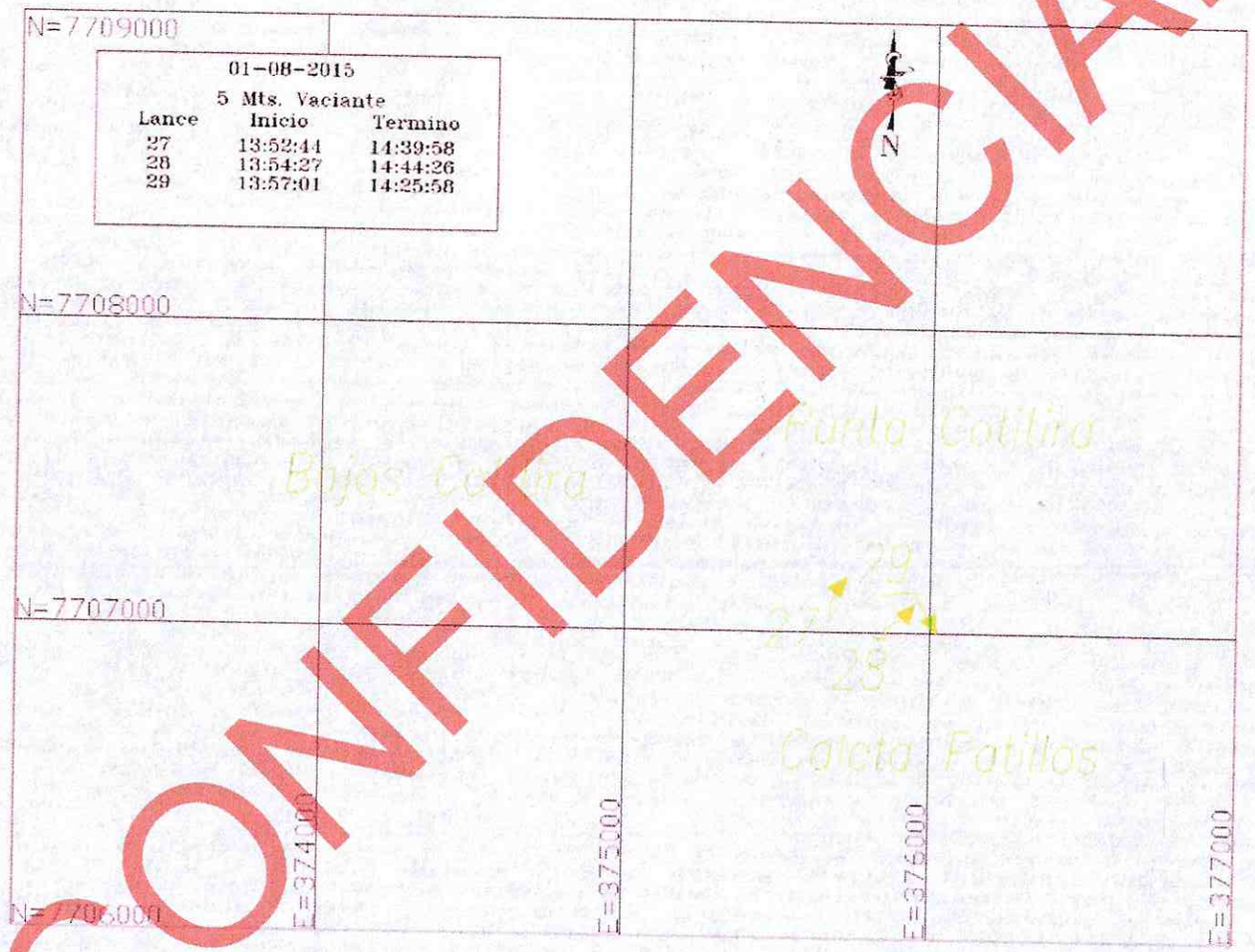
Figura 19: Trayectorias a 0 m bajo la superficie en Vaciante, 01 de Agosto 2015.



CONFIDENCIAL

000369

Figura 20: Trayectorias a 5 m de superficie en Vaciante, 01 de Agosto 2015.



CONFIDENCIAL

000310

Vaciante

En esta condición mareal se observa un comportamiento similar al estado de llenante, con una tendencia general en el desplazamiento hacia 1er y 2do cuadrante.

En cuanto a las velocidades se observa, que los registros máximos se encuentran en la capa de 0 (m) bajo la superficie con 17.84 (cm/s) Lance 35. Mientras que la menor velocidad se registró en la capa superficial con 1.20 (cm/s), lance 36.

Cuadro 15: Lances 01 de Agosto 2015 vaciante en sicigia.

01-08-2015
Vaciante

Sicigia

Punto 1	Lance 33	Lance 38	Lance 41
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	11.79	8.64	2.78
Dirección media	N	NE	SE

Punto 1	Lance 34
Profundidad	superficial
Velocidad media (cm/s)	8.76
Dirección media	NE

Punto 3	Lance 35	Lance 39	Lance 42
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	17.84	5.87	9.27
Dirección media	S	S	E

Punto 2	Lance 36
Profundidad	superficial
Velocidad media (cm/s)	1.20
Dirección media	N

Punto 3	Lance 37	Lance 40	Lance 43
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	13.02	6.36	7.28
Dirección media	S	E	S

CONFIDENCIAL

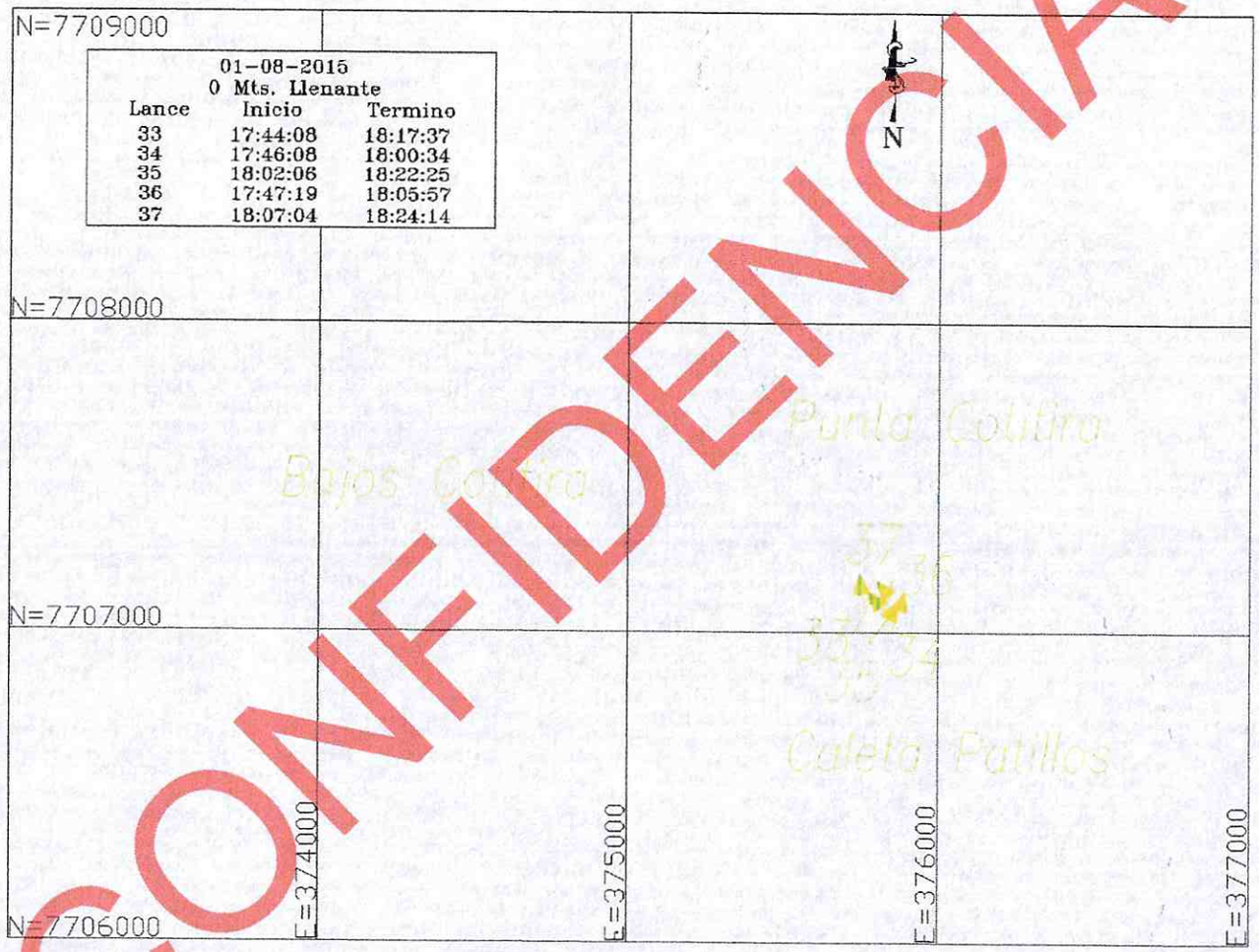
Figura 21: Trayectorias a 10 m de superficie en vaciante, 01 de Agosto 2015.



CONFIDENCIAL

000312

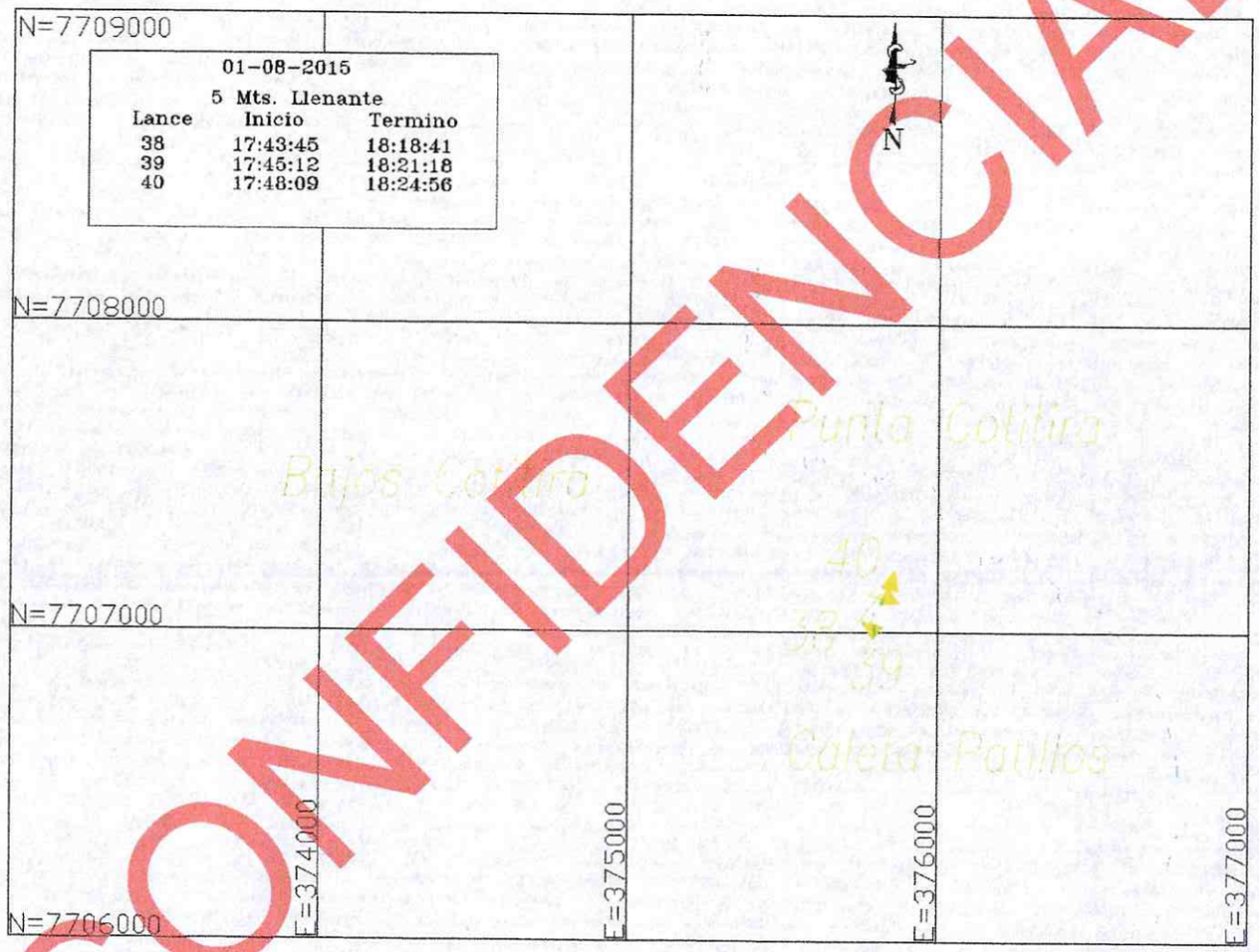
Figura 22: Trayectorias a 0 m bajo la superficie en llenante, 01 de Agosto 2015.



CONFIDENCIAL

0003313

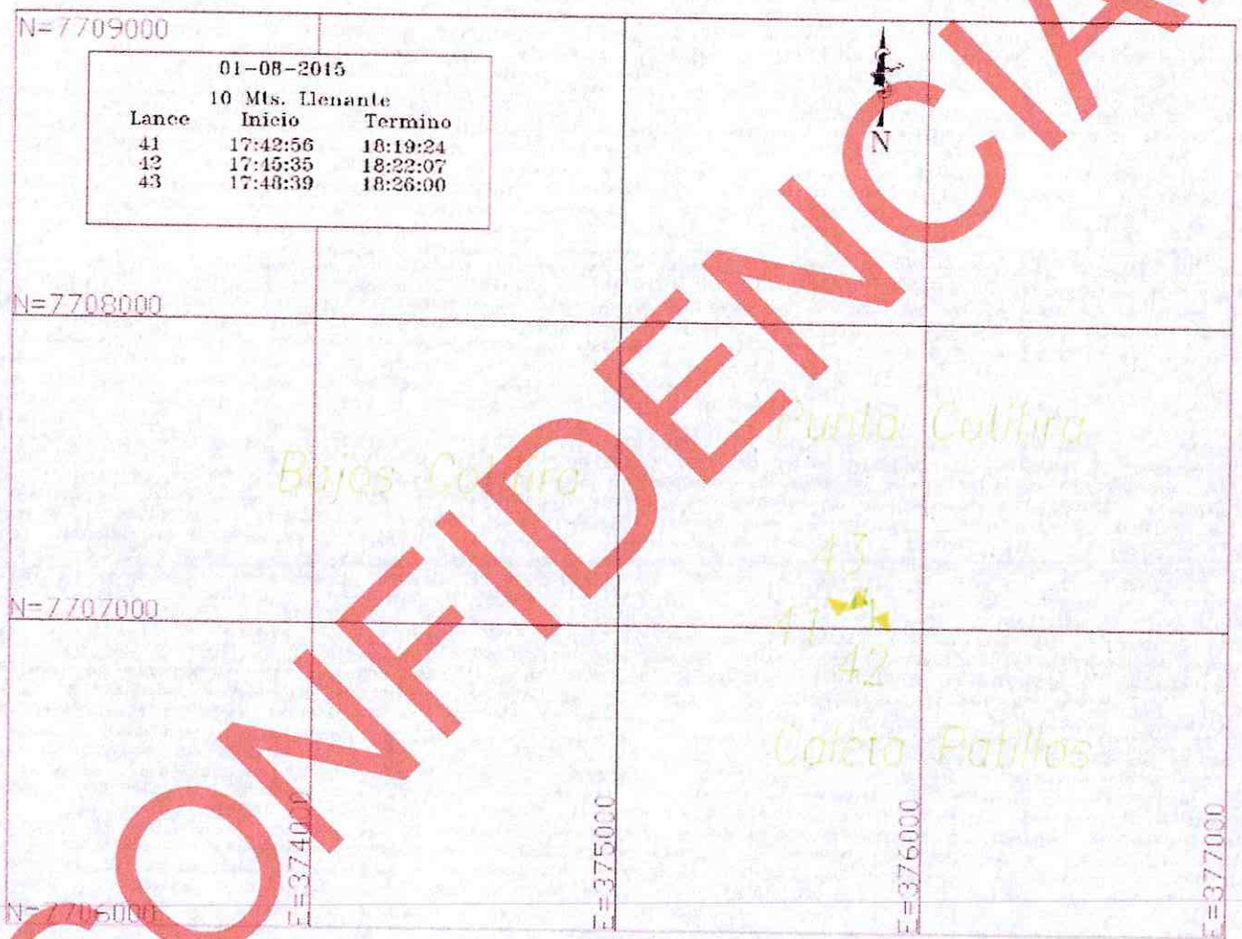
Figura 23: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en llenante, 01 de Agosto 2015.



CONFIDENCIAL

000314

Figura 24: Trayectorias a 10 m bajo la superficie en Ilenante, 01 de Agosto 2015.



CONFIDENCIAL

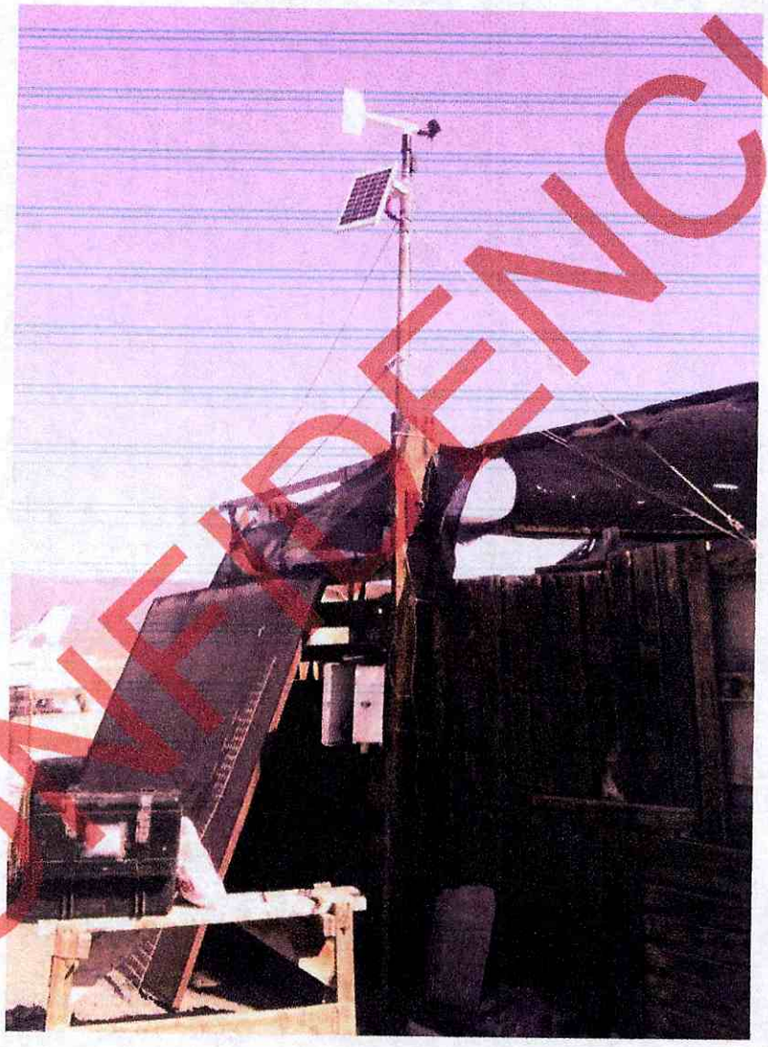
000315

5. VIENTO

5.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer el régimen local de vientos se efectuaron mediciones de esta variable con una estación meteorológica Young modelo 05013-5, instalada en el Cotitira (Figura 25) a una altura aproximada de 21 metros sobre el NMM, ubicado en el punto de coordenadas UTM iguales a E: 375.777 y N: 7.709.696 Datum WGS – 84.

Figura 25: Estación de Vientos



Las mediciones fueron realizadas en el período comprendido entre el 18 de Junio al 1 de Agosto de 2015.

CONFIDENCIAL

Previamente al análisis estadístico de la base de datos, la medición fue estandariza a una altura de 10 m, considerando una corrección de las velocidades mediante una distribución logarítmica de acuerdo a lo mostrado en la ecuación 1.

$$V_x = V_m \frac{\ln\left(\frac{z_x}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_m}{z_0}\right)}$$

Ecuación (1)

Donde Vx es la velocidad del viento a una altura Zx, Vm es la velocidad medida a la altura Zm y z0 es la altura de la rugosidad superficial. El valor adoptado para la rugosidad superficial en Cotitira fue de 0.3 m, de acuerdo a lo establecido por las recomendaciones para obras marítimas (ROM 04-95), ilustrados en el Cuadro 16. Este coeficiente se seleccionó considerando el valor máximo para un tipo de superficie II.

Cuadro 16: Factores z_0 recomendados para cada tipo de superficie.

Tipo de Superficie		Z_0 (m)
I.	Mar abierto y campo abierto llano sin obstáculos (p.e. zonas costeras llanas, desiertos,...)	0.001 - 0.01
II.	Mar con oleaje muy fuerte y campo abierto, llano u ondulado, con obstáculos dispersos (p.e, praderas, paramos,...)	0.01 - 0.3
III.	Superficie boscosa, campo con obstáculos abundantes y pequeñas zonas urbanas (obstáculos con alturas entre 9 y 15 m)	0.3 - 1.0
IV.	Superficie con grandes y frecuentes obstáculos, y grandes ciudades	1.0 - 5.0

Fuente: ROM 04-95

CONFIDENCIAL

5.2. RESULTADOS

Los vientos fueron procesados a través de un análisis de frecuencia de magnitud y dirección (rosa de 8 direcciones) en términos de estadística básica, ciclo diario, componentes ortogonales y análisis espectral.

En el análisis de frecuencia, los vientos con magnitudes medias inferiores a 1 (m/s) fueron considerados calmas, debido a que éstos son muy débiles y poco importantes dentro del proceso de transferencia de energía desde la atmósfera al océano, de acuerdo a ello estos alcanzaron un 25.25% de los datos registrados.

Cuadro 17: Incidencia de velocidad y dirección, registro completo "Cotitira"

Velocidad (m/s)	Dirección (°)								Total	
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nº Datos	% Ocurrencia
1-1.5	97	86	94	229	152	215	194	200	1267	20,03%
1.5-2	48	46	133	219	93	348	76	152	1115	17,63%
2-2.5	29	11	129	120	76	426	7	41	839	13,26%
2.5-3	22	6	93	36	76	333		2	568	8,98%
3-3.5	3	3	42	38	44	278			408	6,45%
3.5-4			25	6	37	208			276	4,36%
4-4.5			25		9	111			145	2,29%
4.5-5			19		13	71			103	1,63%
5-5.5						7			7	0,11%
Nº Datos	199	152	560	648	500	1997	277	395	4728	
% Ocurrencia	3,15%	2,40%	8,85%	10,25%	7,91%	31,57%	4,38%	6,25%		74,75%
Calmas									1597	25,25%
								Total	6325	100,00%

Estdística Básica	Dirección (°)								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(m/s)
Vel. Max	3,05	3,49	4,98	3,89	4,97	5,18	2,29	2,67	5,18
Vel. Med	1,12	1,18	2,06	1,58	1,77	2,43	0,97	1,16	2,19
Desvt St	0,71	0,61	1,05	0,72	1,09	1,09	0,47	0,55	1,29

La incidencia conjunta entre la velocidad del viento y las direcciones de incidencia presentaron un predominio de magnitudes entre 1 a 1.5 (m/s) correspondiente al 20.03% de los registros, seguida de las magnitudes de 1.5 a 2 (m/s) con un 17.63% de las ocurrencias registradas, además solo el 0.11% de los datos registrados exceden los 5 (m/s).

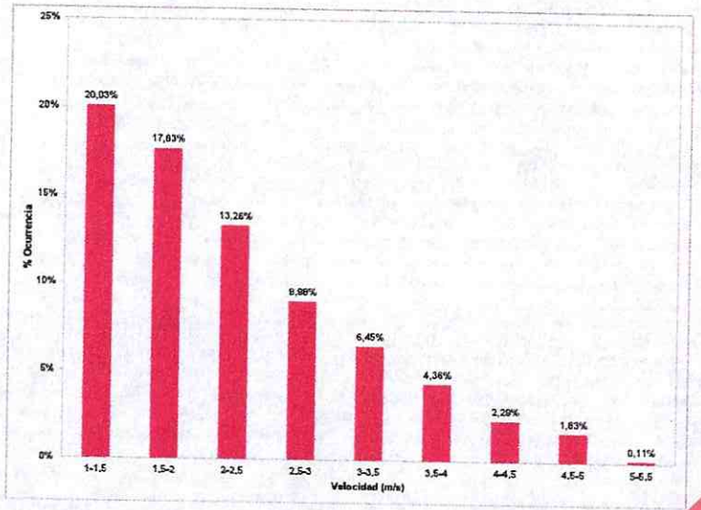
Direccionalmente se advierte que el régimen de vientos se presenta principalmente del 3er cuadrante, donde la dirección reinante fue la componente SW (31.57%) seguida de las componente SE (10.25%).

Para determinar el viento dominante en la zona de estudio se obtuvieron los vientos máximos por dirección, registrándose las máximas velocidades desde la componente S con 5.18 m/s, seguida de la dirección E con 4.98 m/s, el resto de los vientos máximos asociados a cada dirección son presentados en el Cuadro 17.

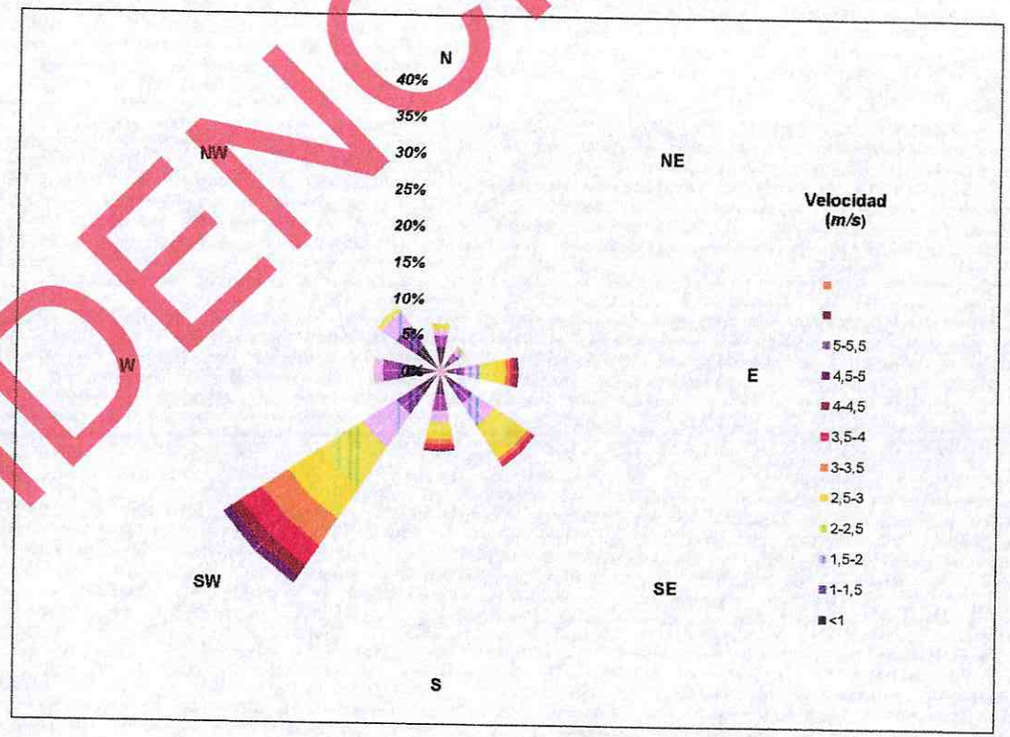
Finalmente en la rosa de direcciones presenta gráficamente las distribuciones de ocurrencia del viento en el sector de estudio Figura 26 (Cotitira).

CONFIDENCIAL

Figura 26: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Vientos, "Cotitira".







CONFIDENCIAL

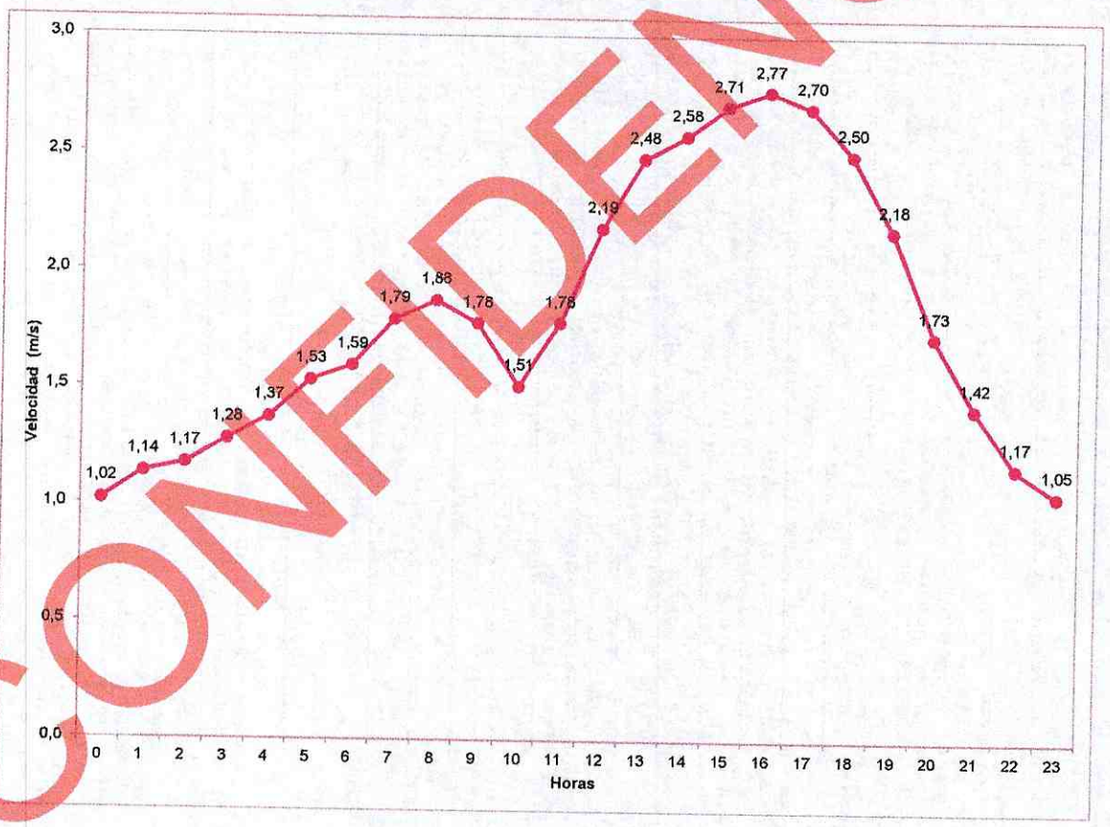
007319

ESTACIONALIDAD HORARIA

El comportamiento de los ciclos medios diarios de las velocidades del viento en Cotitira son presentados en las Figura 27 y Figura 28 correspondiente a la velocidad media y las direcciones incidentes respectivamente. De este modo es posible observar que en cuanto a las velocidades medias estas comienzan a ascender con mayor relevancia a partir de las 08:00 horas, alcanzando el máximo registro de 2.77 m/s a las 16:00 horas, para luego descender alcanzando la mínima velocidad a las 23:00 horas con un registro de 1.05 (m/s).

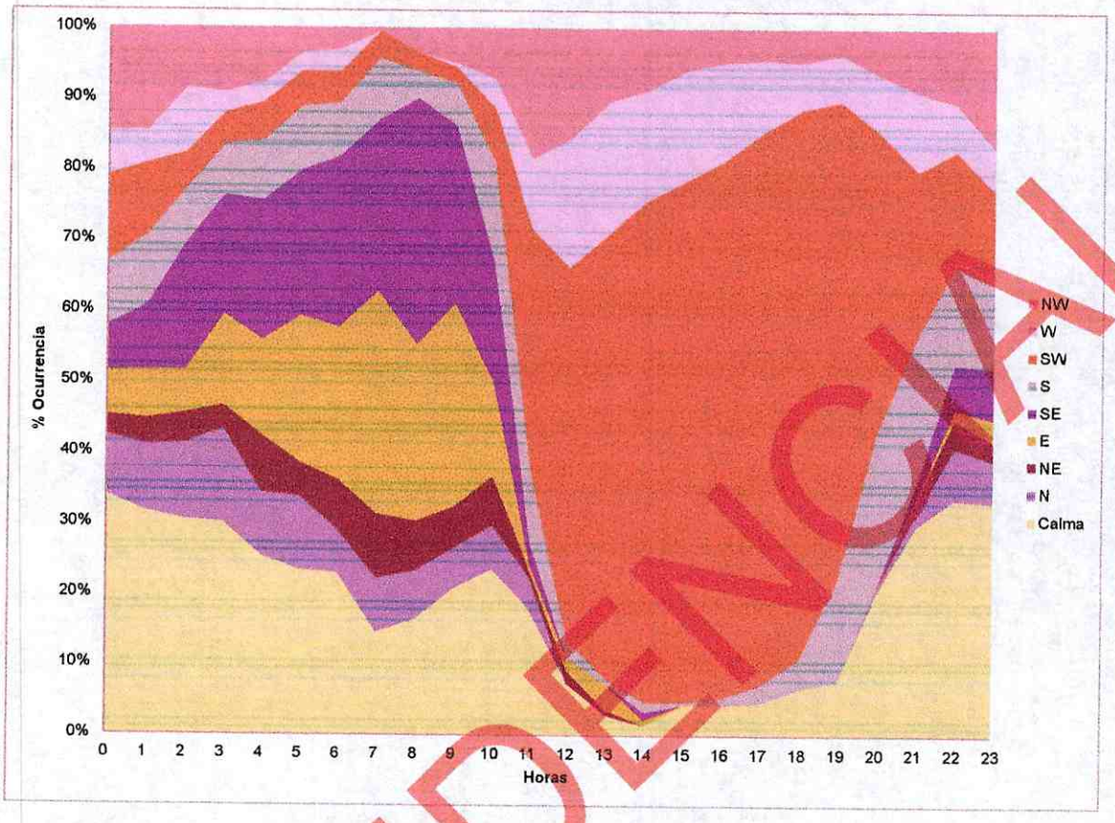
Direccionalmente las mayores ocurrencias se presentan del 3er cuadrante, donde destacaron: La componente SW presentando las mayores ocurrencias entre las 11:00 y las 20:00 horas, además de la componente SE presentando las mayores ocurrencias entre las 01:00 y 10:00, los estados de calma se presentaron con mayor ocurrencia durante la madrugada entre 00:00 y las 12:00 horas y luego durante las 20:00 y las 23:00 horas.

Figura 27: Estacionalidad horaria de las velocidades incidentes "Cotitira"



CONFIDENCIAL

Figura 28: Estacionalidad horaria de las direcciones incidentes "Cotitira".



Para caracterizar el régimen de vientos como series de tiempo éstas fueron reducidas a series horarias, calculándose las respectivas componentes ortogonales. Así se definen las componentes U y V de la siguiente manera:

Componente U : Weste – Este, positiva si el flujo va hacia el Este.
Componente V : Sur – Norte, positiva si el flujo va hacia el Norte.

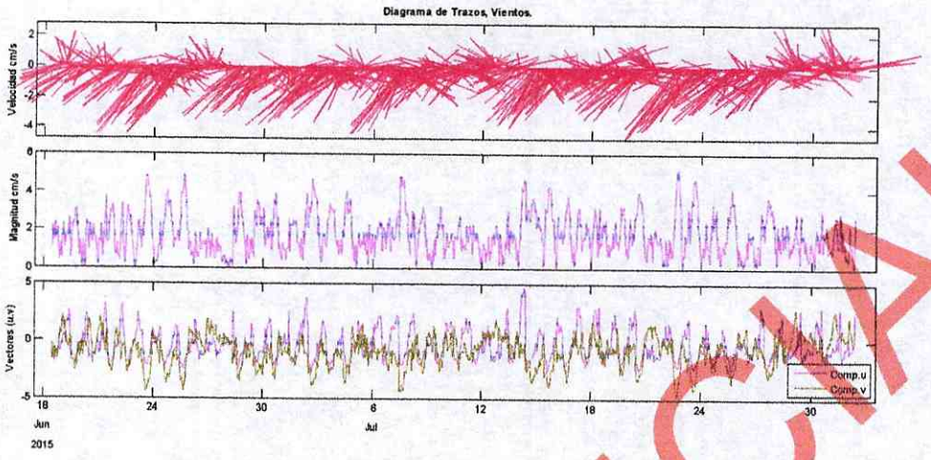
Cuadro 18: Resumen estadístico de las componentes ortogonales del viento.

Componentes Ortogonales	Minimo [m/s]	Maximo [m/s]	Promedio [m/s]	Desv St [m/s]
U (Weste-este)	-2.68	4.70	-0.35	1.31
V (Norte-Sur)	-4.69	2.85	-0.83	1.35

A partir del análisis del diagrama de trazos del viento que se muestran en la Figura 29 y los resultados de los estadísticos de las componentes ortogonales Cuadro 18, se observó que los vientos provienen principalmente del 3er cuadrante (componentes promedio U y V negativo, siendo V de mayor intensidad, lo que indica que el flujo principal es de Weste a Este).

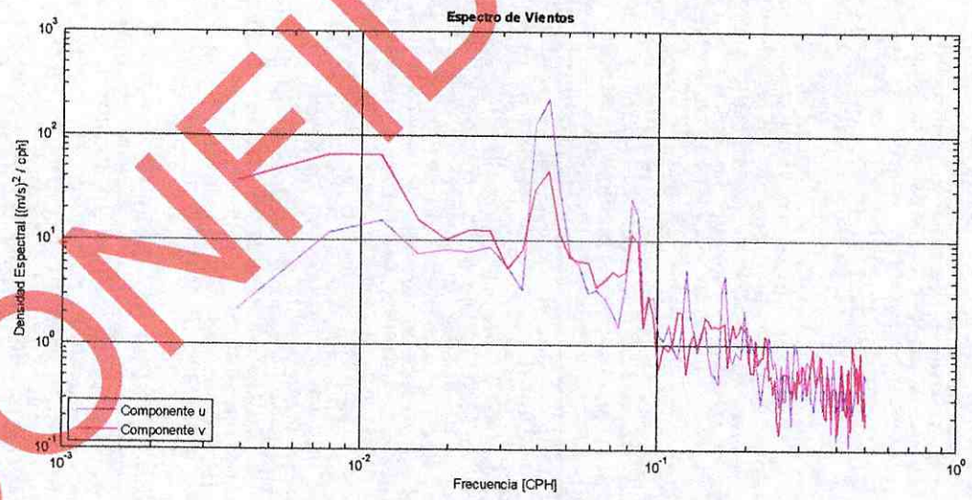
CONFIDENCIAL

Figura 29: Diagrama de trazos, componentes ortogonales del viento "Cotitira"



Por último para determinar el comportamiento del viento en el dominio de la frecuencia, se aplicó un análisis estadístico de tipo espectral estándar (12 grados de libertad y 95% de confianza). El análisis espectral de las componentes ortogonales del viento en el sector de estudio (Figura 30) mostró mayor energía en la componente V respecto a su similar U, en las bajas frecuencias, presentando peak significativos principalmente en las frecuencias diurnas y semidiurnas en ambas componentes.

Figura 30: Autoespectro de energía del viento, "Cotitira" (95% de confianza, 12 g.l).



CONFIDENCIAL

6. MAREAS

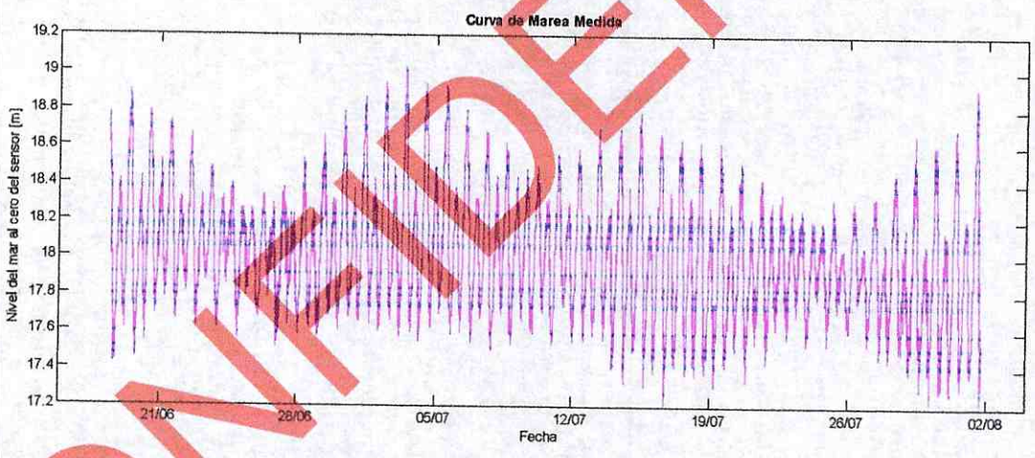
El objetivo del presente análisis es determinar las características generales del comportamiento mareal en el área de estudio, cabe destacar que en esta oportunidad el registro fue realizado mediante el sensor de presión del ADCP instalados en la zona, cuya finalidad es realizar posteriormente una correlación de la marea con las corrientes registradas, de manera de poder determinar si la marea es un agente forzante de las corrientes de la zona de estudio.

Cabe destacar que los datos utilizados en los análisis posteriores corresponden a la data horaria del registro de marea.

6.1. RESULTADOS

La Figura 31 muestra la curva de marea del área de Caldera. En ella, se observa el efecto de las sicigias de los días 1 y 16 de Junio de 2015, con mayores amplitudes y un retardo inercial de 1 a 2 días. Así también, se observa las mínimas amplitudes producto de las cuadraturas de los días 9 y 24 de Junio 2015.

Figura 31: Curva de marea Cotitira



Del registro realizado por el ADCP se define que el rango de marea fue de 1.82 (*m*), con un nivel medio de 18.01 (*m*) (referido al cero del sensor), encontrándose la máxima observada de 19.02 (*m*) sobre el nivel medio estimado y la mínima de 17.2 (*m*) bajo el nivel medio.

CONFIDENCIAL

7. CORRELACIÓN CRUZADA CORRIENTE/MAREA/VIENTO

Para cuantificar el efecto de forzante del viento y marea sobre las corrientes, se analizó la correlación cruzada de las componentes marea/corriente y viento/corriente del sector, de este modo determinó el dominio de estas componentes como forzantes de las corrientes registradas en la zona de estudio.

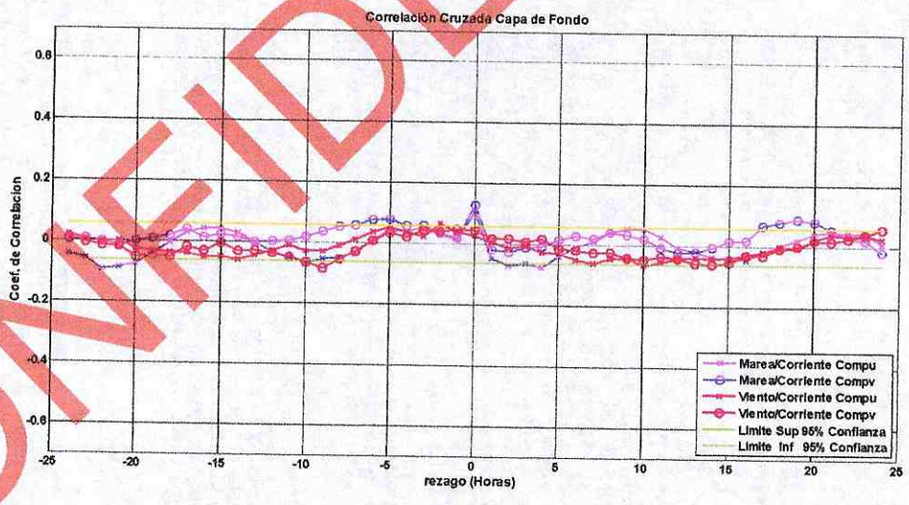
Todos los análisis de correlación cruzada efectuados fueron realizados con un nivel de confianza del 95%.

7.1. RESULTADOS

Las Figura 32 presentan las correlaciones cruzadas de las componentes marea/corriente y viento/corriente, de estas, es posible observar en forma general el bajo efecto que tiene el viento y la marea sobre las corrientes, tanto en superficie como en las capas más profundas. Al respecto se advierte que los máximos coeficientes alcanzados en Cotitira se presentaron en la capa superficial con un coef. 0.223 con un rezago de 18 horas en la en el par marea/corr. comp. (v), encontrándose por sobre los coeficientes estimados en las correlaciones restantes.

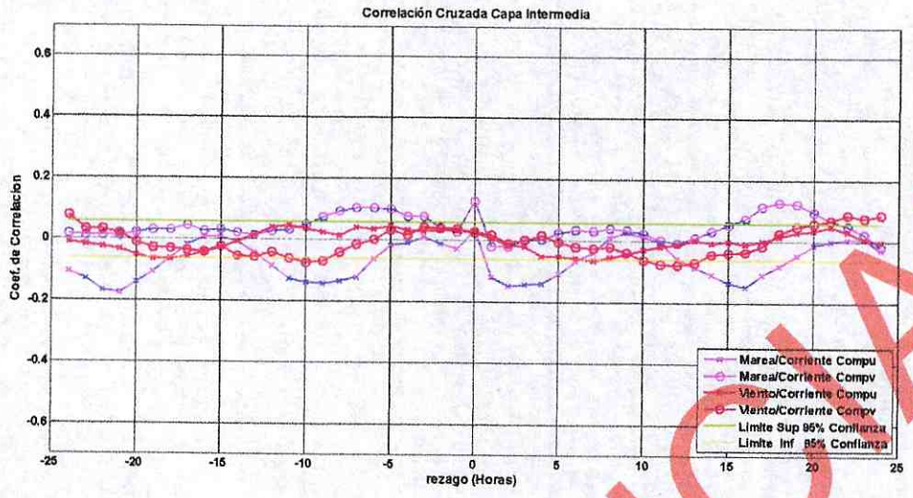
Figura 32: Correlación Cruzada Marea/Viento/Corriente "Cotitira"- 95% confianza

a) Capa de Fondo

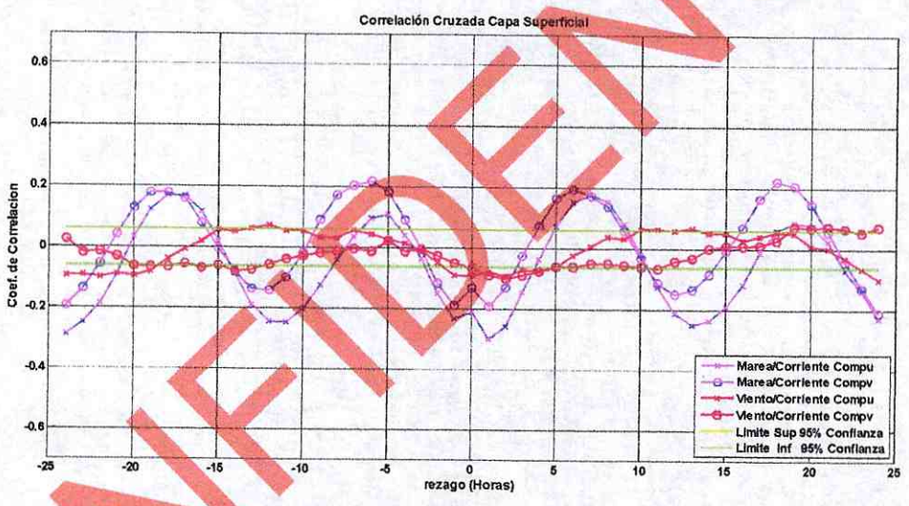


CONFIDENCIAL

b) Capa Intermedia



c) Capa Superficial



CONFIDENCIAL

Cuadro 19: Correlación Cruzada Marea/Viento/Corriente, Cotitira- 95% confianza

a) Capa de fondo.

Rezago Horas	Correlación cruzada - Capa de Fondo			
	Marea/Corr. (comp U)	Marea/ Corr. (comp V)	Viento/Corr. (comp U)	Viento/ Corr. (comp V)
-24	-0.0424	0.0048	0.0237	0.0144
-23	-0.0566	0.0116	0.0074	-0.0037
-22	-0.0925	-0.001	0.0007	-0.0143
-21	-0.0833	-0.0103	0.0028	-0.017
-20	-0.073	0.0023	-0.0242	-0.0503
-19	-0.0393	0.0113	-0.0294	-0.044
-18	-0.002	0.0214	-0.0336	-0.0511
-17	0.0324	0.0424	-0.0381	-0.0168
-16	0.044	0.0165	-0.0499	-0.0287
-15	0.0454	0.0257	-0.0483	-0.0029
-14	0.0323	0.0172	-0.0586	-0.0286
-13	-0.0001	0.0035	-0.0424	-0.0254
-12	-0.0313	0.0065	-0.0274	-0.0337
-11	-0.0473	0.0068	-0.0092	-0.0464
-10	-0.0651	0.0202	-0.0259	-0.0637
-9	-0.0526	0.0391	-0.0262	-0.0808
-8	-0.046	0.056	-0.0074	-0.0523
-7	-0.0326	0.0599	0.0138	-0.0257
-6	0.0161	0.0786	0.0395	0.0107
-5	0.0412	0.0828	0.0546	0.0382
-4	0.0428	0.0598	0.0407	0.0246
-3	0.0564	0.0633	0.0265	0.048
-2	0.0322	0.0364	0.0674	0.0421
-1	0.018	0.0211	0.0418	0.0499
0	0.109	0.1281	0.0302	0.0471
1	-0.0451	-0.015	0.0074	0.022
2	-0.0683	-0.0242	-0.0111	0.0214
3	-0.0604	-0.0081	-0.0029	0.011
4	-0.0737	-0.0059	-0.0225	0.021
5	-0.0365	0.0181	-0.027	-0.0096
6	-0.0043	0.0303	-0.0467	-0.0151
7	0.0125	0.0229	-0.0577	-0.0246
8	0.0454	0.0442	-0.0432	-0.0222
9	0.0591	0.0382	-0.0385	-0.0388
10	0.0547	0.0243	-0.0625	-0.0455
11	0.0323	-0.0044	-0.0539	-0.0355
12	-0.005	-0.0212	-0.0398	-0.0392
13	-0.0164	-0.0181	-0.0381	-0.0563
14	-0.0332	-0.0018	-0.0391	-0.0569
15	-0.0431	0.0193	-0.0375	-0.0528
16	-0.0433	0.0223	-0.0299	-0.0289
17	-0.0172	0.0707	-0.0148	-0.0279
18	0.0048	0.0814	-0.0062	-0.0052
19	0.0236	0.0928	-0.0035	0.0023
20	0.0438	0.0838	0.0244	0.0203
21	0.0498	0.0582	0.0426	0.019
22	0.0466	0.0302	0.0361	0.03
23	0.0465	0.0247	0.0422	0.041
24	0.0137	-0.0145	0.0282	0.0598

CONFIDENCIAL

b) Capa Intermedia.

Rezago Horas	Correlación cruzada - Capa Intermedia			
	Marea/Corr. (comp U)	Marea/ Corr. (comp V)	Viento/Corr. (comp U)	Viento/ Corr. (comp V)
-24	-0.1063	0.0189	-0.0084	0.078
-23	-0.1297	0.0125	-0.0157	0.0349
-22	-0.1669	0.0126	-0.0248	0.0332
-21	-0.1745	0.0133	-0.0311	0.0222
-20	-0.1396	0.0236	-0.0489	-0.0077
-19	-0.1064	0.0321	-0.0627	-0.0257
-18	-0.0611	0.0309	-0.0632	-0.0303
-17	-0.0151	0.0476	-0.0563	-0.0333
-16	0.0067	0.028	-0.0404	-0.0394
-15	0.0069	0.0351	-0.0268	-0.022
-14	-0.006	0.0236	-0.0046	-0.0522
-13	-0.0416	0.0162	0.0158	-0.0561
-12	-0.0837	0.0292	0.041	-0.0402
-11	-0.1257	0.0332	0.0468	-0.0608
-10	-0.1395	0.0511	0.036	-0.0726
-9	-0.1411	0.0757	0.0258	-0.0675
-8	-0.1338	0.0949	0.0165	-0.0399
-7	-0.1207	0.1047	0.0431	-0.0138
-6	-0.0603	0.1051	0.0368	0.0015
-5	-0.017	0.1024	0.047	0.0351
-4	-0.0075	0.0799	0.0344	0.0193
-3	0.0128	0.078	0.0312	0.0451
-2	-0.0114	0.0431	0.0331	0.0391
-1	-0.0271	0.029	0.0352	0.0395
0	0.0358	0.1302	0.0298	0.0288
1	-0.1174	-0.0194	0.0088	0.0199
2	-0.1481	-0.0184	-0.0139	-0.0077
3	-0.1418	0.0049	-0.0185	0.0036
4	-0.141	0.0054	-0.0504	0.0191
5	-0.1088	0.0261	-0.0509	-0.0019
6	-0.0663	0.036	-0.0546	-0.0176
7	-0.0372	0.0331	-0.0624	-0.0238
8	0.0129	0.0431	-0.0525	-0.0185
9	0.0299	0.0361	-0.0409	-0.0372
10	0.0164	0.0251	-0.0262	-0.0611
11	-0.0011	0.0054	-0.0148	-0.0735
12	-0.0544	-0.004	-0.0115	-0.0759
13	-0.0833	0.0137	0.0054	-0.0677
14	-0.1087	0.0348	-0.0054	-0.0411
15	-0.1336	0.0555	-0.0011	-0.036
16	-0.1468	0.076	-0.0086	-0.0333
17	-0.1075	0.1151	0.0026	-0.0138
18	-0.0781	0.1283	0.0187	0.0281
19	-0.0437	0.1231	0.0304	0.0508
20	-0.0116	0.0978	0.0374	0.0599
21	0.0025	0.0714	0.0511	0.072
22	0.0084	0.0527	0.033	0.0892
23	0.0096	0.0262	0.0112	0.0789
24	-0.0266	-0.0151	0.001	0.0896

CONFIDENCIAL

c) Capa Superficial.

Rezago Horas	Correlación cruzada - Capa Superficial			
	Marea/Corr. (comp U)	Marea/ Corr. (comp V)	Viento/Corr. (comp U)	Viento/ Corr. (comp V)
-24	-0.2885	-0.1925	-0.0917	0.0275
-23	-0.2475	-0.1345	-0.0903	-0.019
-22	-0.1852	-0.0532	-0.0968	-0.013
-21	-0.0862	0.0434	-0.0877	-0.0285
-20	0.0334	0.1283	-0.0927	-0.0601
-19	0.125	0.1797	-0.0798	-0.0638
-18	0.172	0.1804	-0.0378	-0.0641
-17	0.17	0.1606	-0.0057	-0.0539
-16	0.1192	0.0823	0.0204	-0.065
-15	0.0211	-0.0029	0.0572	-0.0572
-14	-0.0848	-0.0788	0.0521	-0.0756
-13	-0.187	-0.1355	0.062	-0.0721
-12	-0.2433	-0.139	0.073	-0.0555
-11	-0.2452	-0.0971	0.056	-0.0365
-10	-0.2	-0.0152	0.0564	-0.0277
-9	-0.1225	0.0924	0.0339	-0.0169
-8	-0.0387	0.1746	0.0315	-0.0113
-7	0.0378	0.2066	0.057	-0.0031
-6	0.0971	0.2193	0.046	-0.0096
-5	0.1095	0.1841	0.03	0.0236
-4	0.0434	0.0912	0.0157	-0.0093
-3	-0.0346	-0.0066	-0.008	-0.002
-2	-0.1487	-0.1126	-0.0482	-0.0245
-1	-0.2325	-0.188	-0.0879	-0.0477
0	-0.2091	-0.1284	-0.0886	-0.064
1	-0.299	-0.1896	-0.0759	-0.088
2	-0.2566	-0.1256	-0.0908	-0.0969
3	-0.1426	-0.0231	-0.0687	-0.0868
4	-0.0349	0.0742	-0.0726	-0.075
5	0.0729	0.1659	-0.0616	-0.0583
6	0.1537	0.1962	-0.0221	-0.058
7	0.1796	0.1749	0.0082	-0.0485
8	0.1543	0.1394	0.0392	-0.0474
9	0.0829	0.061	0.0342	-0.0515
10	-0.0188	-0.0296	0.0656	-0.0592
11	-0.1243	-0.1119	0.0667	-0.062
12	-0.212	-0.1466	0.0604	-0.0385
13	-0.2486	-0.1312	0.0687	-0.0284
14	-0.236	-0.0822	0.0522	0.0032
15	-0.186	-0.0054	0.0525	0.0118
16	-0.1157	0.0708	0.0296	0.0115
17	-0.0101	0.1669	0.0415	0.0122
18	0.0636	0.2231	0.0564	0.0297
19	0.0875	0.2093	0.0524	0.0735
20	0.0798	0.1475	0.0107	0.0718
21	0.0266	0.0593	0.0025	0.0745
22	-0.0681	-0.0405	-0.0282	0.069
23	-0.1333	-0.1269	-0.0644	0.0552
24	-0.2276	-0.2086	-0.0987	0.0731

CONFIDENCIAL

8. ESTUDIO GRANULOMETRICO

1.1 Muestreo

Con el propósito de caracterizar el fondo marino desde el punto de vista de su granulometría, se extrajeron 9 muestras distribuidas en el área de influencia del proyecto, las cuales fueron enviadas al laboratorio Viña del Mar para su tamizaje y posterior informe de ensayo.

La toma de muestras fue realizada con el apoyo de buzo comercial, el cual se sumergió en el lecho marino extrayendo sedimento mediante un Vanveen, el posicionamiento de cada muestra fue realizado con GPS (Navegador).

Figura 33: Vanveen.



CONFIDENCIAL

Cuadro 20: Coordenada de muestras de fondo Cotitira.

N° de Muestra de Fondo	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
	Coord. N (UTM)	Coord. E (UTM)	Latitud S.	Latitud N.
M - 2	375965	7707001	70° 11' 28.6319"	20° 43' 56.9784"
M - 3	376032	7706867	70° 11' 26.3498"	20° 44' 01.3524"
M - 4	376137	7706736	70° 11' 22.7532"	20° 44' 05.6379"
M - 5	376162	7706596	70° 11' 21.9245"	20° 44' 10.1970"
M - 6	376171	7706462	70° 11' 21.6474"	20° 44' 14.5572"
M - 7	376000	7706601	70° 11' 27.5237"	20° 44' 09.9957"
M - 8	375936	7706738	70° 11' 29.7014"	20° 44' 05.5248"
M - 9	375867	7706803	70° 11' 32.0703"	20° 44' 03.3943"
M - 10	375773	7706935	70° 11' 35.2863"	20° 43' 59.0788"

CONFIDENCIAL

Figura 34: Posición estaciones de muestreo sedimentos Cotitira



CONFIDENCIAL

Nomenclatura granulométrica.

Uno de los primeros intentos de estandarización de sedimentos fue realizado por Üdden (1898, 1914); quien ideó una escala geométrica de clases de tamaño y redefinió los términos comunes: bloque, grava, arena, limo y arcilla.

Más tarde, Wentworth (1922) modificó los límites granulométricos de la clasificación de Üdden. Actualmente, la mayoría de los sedimentólogos han adoptado esta escala o una versión modificada de la misma.

Esta escala identifica una serie de clases de tamaño de grano que difieren entre sí, por un factor de 2. Aunque en el esquema original de Üdden-Wentworth se establecía el límite entre limo y arcilla a un nivel de 0,004 mm (4 µm),

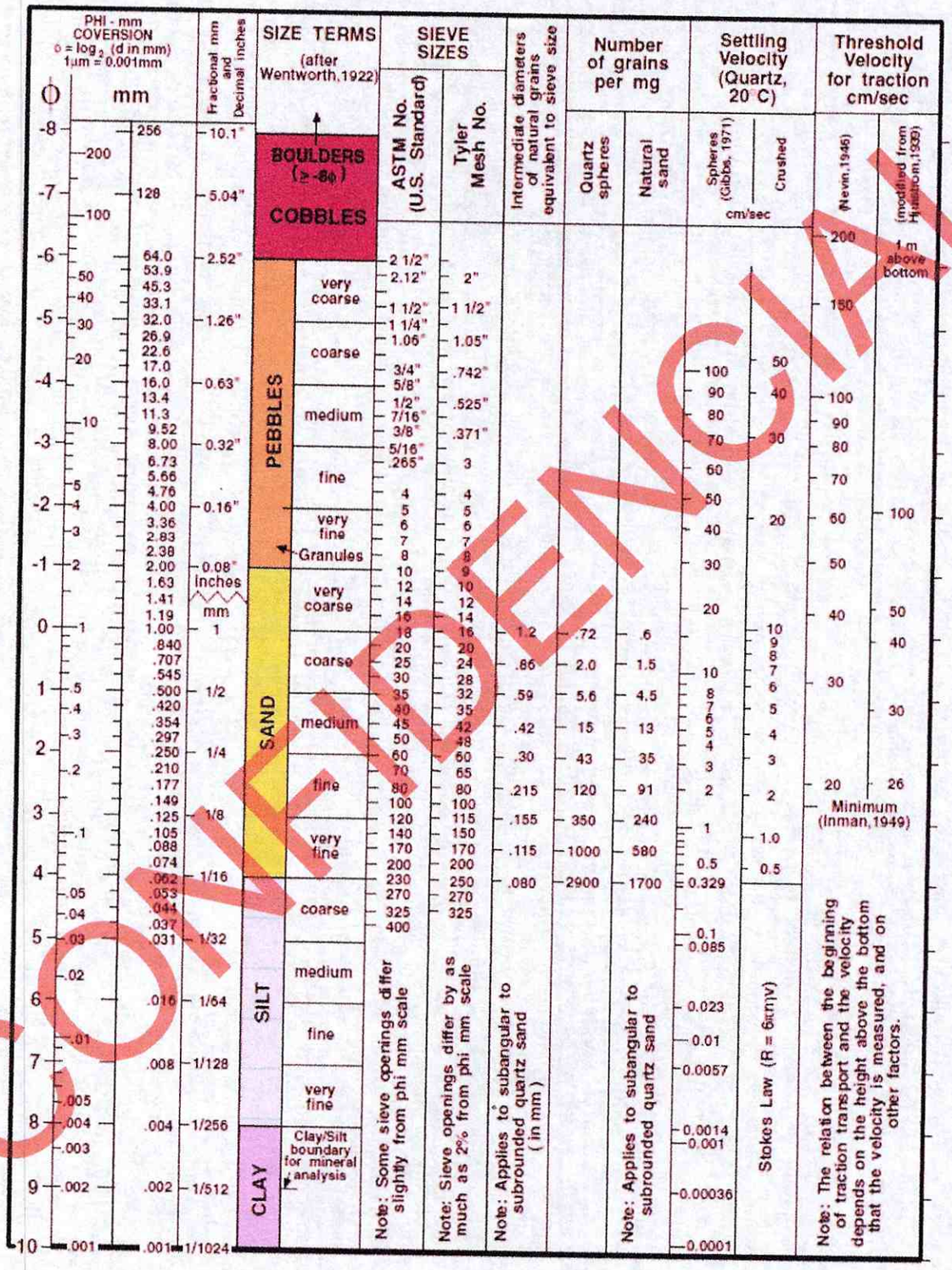
Hoy en día la mayoría de los investigadores acepta como convención que dicha frontera se halla en los 0,002 mm (2 µm) (Pye, 1994). Es una práctica comúnmente aceptada, principalmente en estudios ambientales, subdividir el rango completo de los tamaños de los sedimentos en tres grupos: grava (> 2 mm), arena (entre 0,063 y 2 mm) y fango (< 0,063 mm).

La estadística particular de cada muestra, es calculada usando el método de momentos y el método de Folk and Ward obteniendo los valores de la media, moda, grado de clasificación o selección (sorting, desviación estándar), grado de Asimetría, oblicuidad o sesgo (Skewness), Curtosis, D10, D50, D90, D90/D10, D90-D10, D75/D25 y D75-D25.

Los parámetros del tamaño de grano se calculan en forma aritmética y geométrica (en micrones) y logarítmica (con la escala phi).

CONFIDENCIAL

Cuadro 21: Escala de tamaño de grano de Üdden-Wentworth.



CONFIDENCIAL

1.2 Metodología análisis granulométrico.

A las muestras se les realizó un análisis granulométrico siguiendo la siguiente metodología.

a. La muestra se deja secar a temperatura ambiente por 24 horas
b. Luego de las 24 horas se introduce la muestra en un horno y se seca a 100 °C durante 1 hora.
c. Se pesa la muestra completa ya secada.
d. Se tamiza la muestra
e. Se pesan las distintas fracciones atrapadas en los siguientes tamices:

   Tamiz 4 (4,75 mm); Tamiza 8 (2.36 mm); Tamiz 16 (1.18 mm); Tamiz 30 (0.6 mm); Tamiz 50 (0.3 mm); Tamiz 100 (0.15 mm); Tamiz 200 (0.075 mm); Tamiz <200 (todo lo restante retenido en el receptáculo final).

Con el peso obtenido de las distintas fracciones de muestra, más el peso total de la muestra, se calcula el porcentaje de muestra por cada tamiz.

El análisis estadístico de la información de laboratorio está basado sobre plataforma computacional que emplea macros de Excel configuradas con las ecuaciones logarítmicas originales de Folk and Ward (1957), esta macro analiza los datos obtenidos del porcentaje retenido en cada tamiz. El Cuadro 22 presenta las ecuaciones utilizadas para clasificar las muestras de sedimento.

Cuadro 22: Folk and Ward (1975)

Logarithmic (Original) Folk and Ward (1957).Medias Gráficas					
Media		Des St		Asimetría	Curtósis
$M_Z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$		$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$		$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$
Clasificación (σ_1)		Asimetría (SK_1)		Curtósis (K_G)	
Muy bien clasificada	<0.35	Sesgo muy fino	+0.3 a +1.0	Muy Plasticúrtica	<0.67
Bien Clasificada	0.35 - 0.50	Sesgo fino	+0.1 a +0.3	Plasticúrtica	0.67 – 0.90
Moderadamente bien clasificada	0.50 - 0.7	Simétrico	+0.1 a -0.1	Mesocurtica	0.90 – 1.11
Moderadamente clasificada	0.70 - 1.0	Sesgo Ancho	-0.1 a -0.3	Leptocúrtica	1.11 a 1.50
Mal clasificada	1.0 – 2.0	Sesgo muy ancho	-0.3 a -1.0	Muy Leptocúrtica	1.50 a 3.0
Muy mal clasificada	2.0 - 4.0			Extremadamente Leptocúrtica	>3.0
Extremadamente mal clasificada	>4.0				

Los análisis estadísticos y gráficos, conjuntamente con el certificado original de análisis de laboratorio, conforman parte de los resultados y son entregados en los anexos asociados al presente capítulo.

En el presente informe, la fracción recolectada que pasa el tamiz más fino (malla n° <200), se asoció a material particulado con un tamaño de partícula menor a 0,063 mm (Phi >

CONFIDENCIAL

4.0); en ausencia de tamices más finos, agrupando las fracciones más finas dentro del grupo limoarcilloso o fangoso.

1.3 Resultados

1.3.1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

De los resultados de laboratorio (Anexo 3) se presenta el siguiente resumen (Cuadro 23) granulométrico mostrando además la equivalencia utilizada entre la escala ASTM informada en los certificados y la escala phi utilizada para realizar la clasificación final (**Cuadro 26**) con la cual se desarrollara la estadística granulométrica del presente estudio.

Cuadro 23: Resumen de resultados de laboratorio, % Pasante en cada malla

Informe de ensayo.

Tamiz		M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Nch (mm)	ASTM									
80	3"					100				
63	2 1/2"					44				
50	2"			100	100	2				
40	1 1/2"			93	87	0				
25	1"			64	66					
20	3/4"			50	60					
12.5	1/2"		100	34	49					
9.5	3/8"		99	26	44					
6.3	1/4"		99	19	37					
5	4		99	16	32					
2.36	8		99	12	22					
2	10		99	11	21					
1.18	16	100	99	9	17		100		100	100
0.6	30	98	98	7	15		98	100	99	97
0.5	40	95	97	7	14		97	99	98	95
0.3	50	87	93	6	11		93	95	96	91
0.15	100	29	43	1	2		34	45	70	59
0.08	200	0	1	0	1		0	0	1	0
Resid.	B/200	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

CONFIDENCIAL

Cuadro 24: Resumen de resultados de laboratorio, % Retenido en cada malla

Clasificación		M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Nch (mm)	ASTM									
80	3"					0				
63	2 1/2"					56				
50	2"			0	0	42				
40	1 1/2"			7	13	2				
25	1"			29	21					
20	3/4"			14	6					
12.5	1/2"		0	16	11					
9.5	3/8"		1	8	5					
6.3	1/4"		0	7	7					
5	4		0	3	5					
2.36	8		0	4	10					
2	10		0	1	1					
1.18	16	0	0	2	4		0		0	0
0.6	30	2	1	2	2		2	0	1	3
0.5	40	3	1	0	1		1	1	1	2
0.3	50	8	4	1	3		4	4	2	4
0.15	100	58	50	5	9		59	50	26	32
0.08	200	29	42	1	1		34	45	69	59
Resid.	B/200	0	1	0	1	0	0	0	1	0

Fuente: Elaboración Propia

CONFIDENCIAL

Cuadro 25: Distribución porcentual de tipo de material participado retenido en cada estación de muestreo.

Fuente: Elaboración Propia

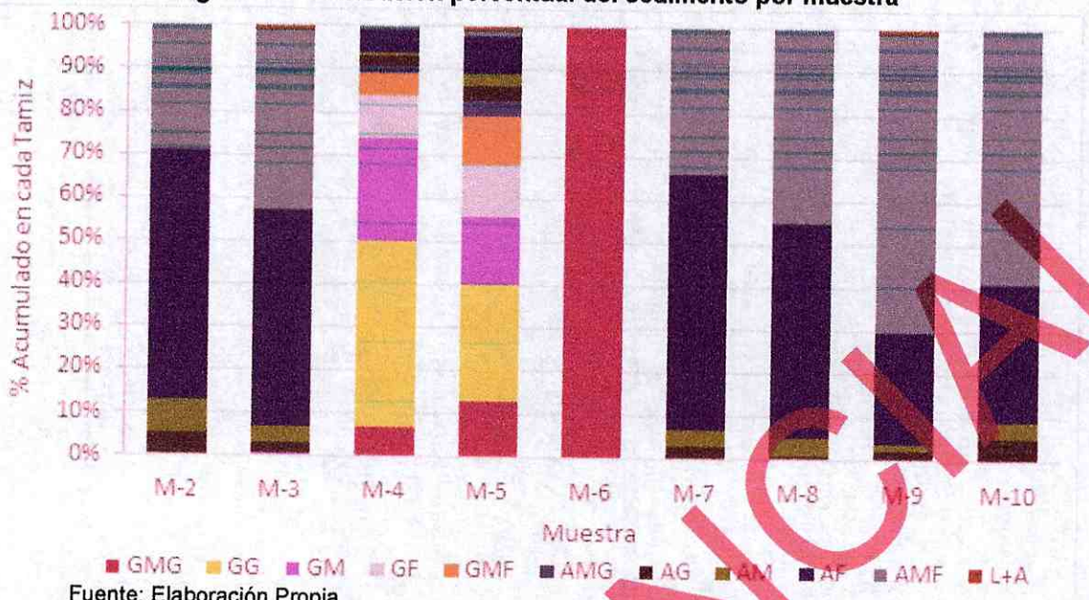
Grupos	Gravas					Arenas					Fangos	
Clase	GMG	GG	GM	GF	GMF	AMG	AG	AM	AF	AMF	L+A	% en Peso
ASTM	2 1/2" 1 1/4"	1 1/4" 5/8"	5/8" 5/16"	5/16" 5	5 10	10 18	18 35	35 60	60 120	120 230	<230	
Phi (Φ)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
M-2	0	0	0	0	0	0	5	8	58	29	0	100
M-3	0	0	1	0	0	0	2	4	50	42	1	100
M-4	7	43	24	10	5	2	2	1	5	1	0	100
M-5	13	27	16	12	11	4	3	3	9	1	1	100
M-6	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
M-7	0	0	0	0	0	0	3	4	59	34	0	100
M-8	0	0	0	0	0	0	1	4	50	45	0	100
M-9	0	0	0	0	0	0	2	2	26	69	1	100
M-10	0	0	0	0	0	0	5	4	32	59	0	100
Cuantia Total.	120	70	41	22	16	6	23	30	289	280	3	900
% Total	13.33%	7.78%	4.56%	2.44%	1.78%	0.67%	2.56%	3.33%	32.11%	31.11%	0.33%	100%

Nomenclatura

GM : Grava Media
GF : Grava Fina
GMF : Grava Muy Fina
AMG : Arena Muy Gruesa
AG : Arena Gruesa
AM : Arena Media
AF : Arena Fina
AMF : Arena Muy Fina
L+A : Limos y Arcillas

CONFIDENCIAL

Figura 35: Distribución porcentual del sedimento por muestra



Fuente: Elaboración Propia

Figura 36: Distribución porcentual total del sedimento.



Fuente: Elaboración Propia

CONFIDENCIAL

Figura 37: Distribución del sedimento por muestra



Fuente: Elaboración Propia.

CONFIDENCIAL

De las figuras anteriores y en general, es evidente el dominio de las Arenas, las cuales en su conjunto representan 69.78% del total de las muestras, se observó además, que la dominancia de las Arenas Finas y Muy Finas con un porcentaje retenido de 32.11%, y 31.11% Respectivamente.

Se registró que los menores índices de sedimentos se encontraron en el grupo de los Fangos con un índice de peso retenido que en su conjunto alcanzó un 0.33%.

En el grupo de las Gravas se presentó una baja participación estando presente mayoritariamente en las muestras M-4 y M-5, las cuales su mayor concentración pertenece a las Gravas Gruesas.

En el grupo de las Arenas, las Arenas Finas tienen presencia en la totalidad de la muestras excepto la muestra M-6, observándose los mayores pesos retenidos en las muestras M-7, M-2, M-8 y M3, con índices de 59.0%, 58% 50% y 50% respectivamente. Por otro lado el grupo de las Arenas Muy Finas también presenta participación significativa de la totalidad de la muestras sin tener presencia en la muestra M-6 al igual que las Finas, destacando las muestras M-9 y M-10 con índices de peso retenido de 69% y 59% respectivamente.

En el caso de los Limos y Arcilla se observa una participación casi nula en las muestras extraídas siendo las muestras M-3, M-5 y M-9 las que presentaron un 1% de este material.

CONFIDENCIAL

1.3.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SEDIMENTOS PRESENTES EN EL ÁREA

Los valores porcentuales de las fracciones dominantes de Grava, Arena y Fango, son resumidos en el Cuadro 26, de este es posible observar que las Arenas constituyen el grupo mayoritario con un 69.78% del sedimento muestreado global, seguido del grupo de las Gravas con un 29.89% del peso global.

Cuadro 26: Resumen Fracciones dominantes.

Tipo Material (% del peso global)			
Muestra	**Grava**	**Arena**	**Fangos**
M-2	0.00%	11.11%	0.00%
M-3	0.11%	10.89%	0.11%
M-4	9.89%	1.22%	0.00%
M-5	8.78%	2.22%	0.11%
M-6	11.11%	0.00%	0.00%
M-7	0.00%	11.11%	0.00%
M-8	0.00%	11.11%	0.00%
M-9	0.00%	11.00%	0.11%
M-10	0.00%	11.11%	0.00%
% Total	**29.89%**	**69.78%**	**0.33%**

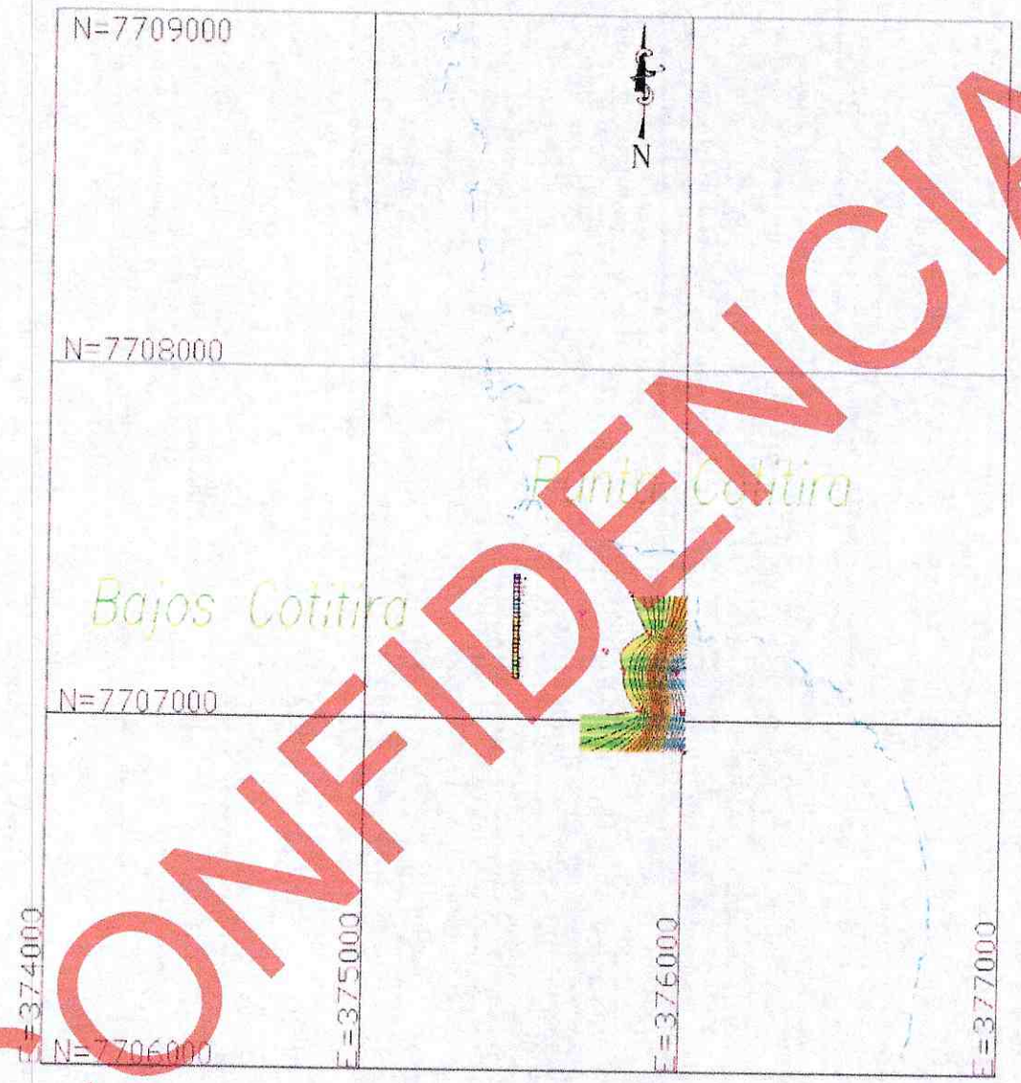
Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente Figuras, se muestra la distribución general de cada fracción dominante (Arena y Grava), en estas es posible observar la distribución de estas fracciones en toda el área de estudio. Se advierte que los valores están expresados en porcentaje global, respecto al porcentaje retenido registrado en cada muestra estudiada.

CONFIDENCIAL

Como se observa en la Figura 38, el grupo de las Gravas existe una baja participación porcentual en toda el área de estudio. Las mayores proporciones se registraron en la muestra M-6 con un 11.11%.

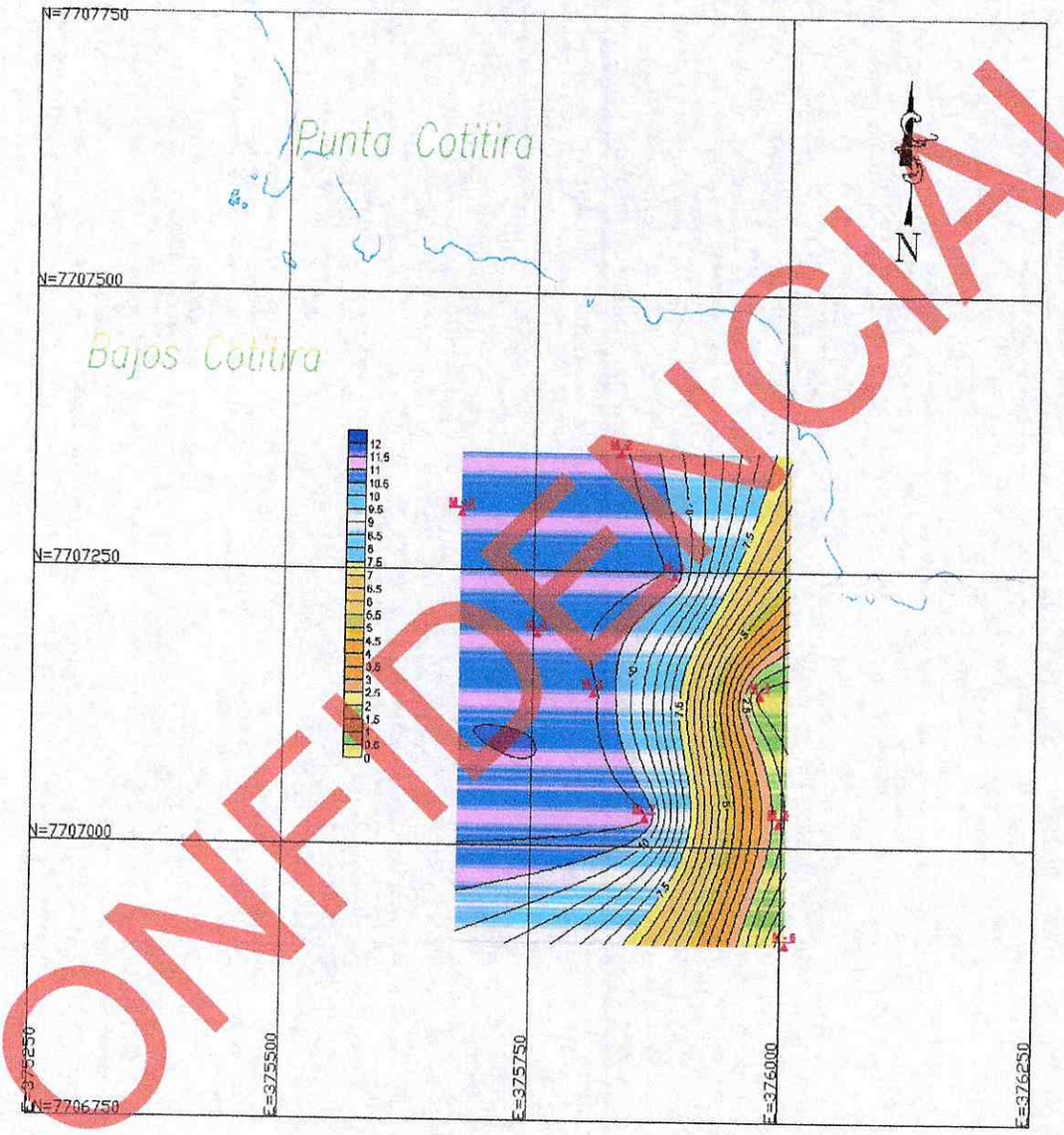
Figura 38: Distribución Global de Gravas en el área de estudio.



CONFIDENCIAL

Como se observa en la Figura 39, el grupo de las arenas predomina en toda el área de estudio. Las mayores proporciones se registraron en las muestras M-7, M-8 y M-10.

Figura 39: Distribución Global de Arenas en el área de estudio.



CONFIDENCIAL

Como se observa en la Figura los limos y Arcillas se encuentran presentes en la totalidad de las muestras del área de estudio pero con baja participación, estando el núcleo más significativo en la zona más cercana a Cotitira, M-3 y M-9.

Figura: Distribución Global de Fangos en el área de estudio.



CONFIDENCIAL

1.3.3 ESTADÍSTICA GRANULOMÉTRICA

A continuación se presenta las características principales de la estadística granulométrica presente en el área de estudio, la información complementaria de clasificación se presentan en los anexos asociados a este estudio (**Anexo 1**, Análisis Granulométrico).

Cuadro 27: Estadística Granulométrica

Muestra	Tipo de Muestra	Gruupo Textual	Nombre del Sedimento	Promedio	Clasificación	Asimetría	Curtosis
M-2	Bimodal	Arena	Arena Fina Moderadamente Sorteada	Arena Fina	Moderadamente Clasificada	Simetrico	Leptocurtico
M-3	Unimodal	Arena Ligeramente Gravosa	Arena Fina Ligeramente media gravada	Arena Fina	Moderadamente Bien Clasificada	Simetrico	Platicurtica
M-4	Unimodal	Grava	Grava Gruesa	Grava Media	Mal Clasificada	Sesgo Muy Fino	Muy Platicurtica
M-5	Trimodal	Grava Arenosa	Grava Bien Gruesa Arenosa	Grava Fina	Muy Mal Clasificada	Sesgo Muy Fino	Mesocurtica
M-6	Unimodal	Grava	Grava Bien Gruesa	Grava Muy Gruesa	Muy Bien Clasificada	Sesgo Fino	Platicurtica
M-7	Unimodal	Arena	Arena Fina Moderadamente Bien Sorteada	Arena Fina	Moderadamente Bien Clasificada	Simetrico	Mesocurtica
M-8	Unimodal	Arena	Arena Fina Moderadamente Bien Sorteada	Arena Fina	Moderadamente Bien Clasificada	Simetrico	Platicurtica
M-9	Unimodal	Arena	Arena Muy Fina Moderadamente Bien Sorteada	Arena Fina	Moderadamente Bien Clasificada	Sesgo Muy Grueso	Mesocurtica
M-10	Unimodal	Arena	Arena Fina Moderadamente Sorteada	Arena Fina	Moderadamente Sorteada	Sesgo Muy Grueso	Mesocurtica

Fuente: Elaboración Propia

CONFIDENCIAL

Cuadro 28: Diámetro y razones características de las muestras

Muestra	D_{10} µm	D_{50} µm	D_{90} µm	D_{90}/D_{10} µm	$D_{90}-D_{10}$ µm	D_{75}/D_{25} µm	$D_{75}-D_{25}$ µm
M-2	99.36	192.79	363.34	3.66	263.98	1.89	122.38
M-3	91.54	165.29	287.78	3.14	196.24	2.04	119.17
M-4	1536.23	20000.00	38101.68	24.80	36565.45	3.34	20920.31
M-5	277.76	13045.67	42113.74	151.62	41835.98	10.34	27622.60
M-6	52250.23	64633.33	76659.03	1.47	24408.80	1.27	15161.40
M-7	96.25	181.02	289.61	3.01	193.36	1.91	115.81
M-8	91.99	160.77	279.91	3.04	187.92	2.00	113.92
M-9	86.84	125.01	255.65	2.94	168.82	1.72	71.84
M-10	88.99	136.28	293.57	3.30	204.58	2.03	107.72

Fuente: Elaboración Propia

La relación D_{90}/D_{10} corresponde a un indicador de la uniformidad en la distribución de los distintos, tamaños del material sedimentario presente en las muestras. Por lo tanto, valores cercanos a 1 corresponde a un material sedimentario uniformemente distribuido o de buen drenaje. Para mayores valores, el material se encuentra más disperso.

De acuerdo a la definición anterior, se observó que en las muestras se encuentra una dispersión media con una media de 2.94 (µm), esto exceptuando las muestras M-4 que alcanza una mayor dispersión con un valor de 24.80 (µm), y la muestra M-5 que tiene una dispersión mucho mayor que sobresale de todas las muestras, lo que indica la existencia de una material sedimentario levemente disperso en su distribución exceptuando el punto de la muestra M-5 en el cual se encuentran de casi toda clase de sedimentos. La mejor uniformidad observada de las muestras corresponde a la muestra M-6 con 1.47 (µm).

El valor D50 corresponde al diámetro medio de las partículas. En la muestra M-6 se registró un D50 = 64633.33 (µm) que corresponde al mayor diámetro medio en todo el muestreo. El mínimo se registró en la muestra M-9, donde el D50 = 125.01 (µm).

Los resultados de la clasificación, tamaño promedio, clasificación, asimetría y curtismo del material sedimentario fueron calculados en base al método de Folk and Ward (1957) logarítmico.

CONFIDENCIAL

Cuadro 29: Estadística Granulométrica, Método de Folk & Ward

Muestra	Tamaño Promedio (µm)	Clasificación (S) (ϕ)	Asimetría (SK) (ϕ)	Curtosis (K) (ϕ)
M-2	184.8	0.716	0.015	1.110
M-3	163.7	0.682	-0.046	0.872
M-4	15120.7	1.811	0.568	1.734
M-5	7432.4	2.569	0.493	0.963
M-6	63891.6	0.212	0.109	0.748
M-7	173.8	0.656	0.054	0.939
M-8	160.6	0.615	0.003	0.738
M-9	135.7	0.587	-0.316	0.950
M-10	149.4	0.749	-0.368	1.029

Fuente: Elaboración Propia

Del Cuadro 29 se puede observar que la muestra M-6 posee el mayor tamaño promedio de sedimentos con un valor de 63891.6 (µm), mientras que el menor tamaño promedio de sedimentos se registró en la muestra M-9 con un valor de 135.7 (µm).

Desde el punto de vista de la selección del muestreo, las muestras oscilaron entre unidades phi de 0.212 ϕ a 2.569 ϕ, clasificándose mayoritariamente como Moderadamente Bien clasificada.

Al observar los valores para la Asimetría, la cual indica el comportamiento general de la muestra, definiendo si la distribución de los datos se concentra en torno al promedio o se desplaza a los extremos, las muestras se distribuyen entre "Simétrico", "Sesgo muy Fino" y "Sesgo muy Grueso", sin embargo se debe considerar que se encuentra dentro de la misma clasificación global "Arenas" con tendencia principalmente hacia el grupo de las Arenas Finas, exceptuando la muestra M-5 y M-6 las cuales pertenecen a Gravas.

Respecto a la Curtósis, la cual da cuenta del grado de concentración de las muestras, presento una clasificación como Platicurtico y Mesocurtico lo que da cuenta de la dominancia de varias fracciones sedimentarias, en este caso las arenas y gravas.

CONFIDENCIAL

9. ANALISIS ARMONICO Y NO ARMONICO DE LA MAREA

El ascenso y descenso del nivel del mar en respuesta al efecto gravitacional de la luna y el sol sobre las aguas, puede representar una fuerza fundamental en la dinámica de las aguas de un determinado lugar. Este proceso cobra especial importancia en zonas costeras, representando en algunos casos la principal fuerza que genera la circulación o bien la modifica. Por lo tanto, para caracterizar adecuadamente la circulación de un área en particular, el conocimiento del régimen de marea es fundamental.

El objetivo del presente estudio es analizar las variaciones que experimenta el nivel del mar en el sector de caleta Cotitira, describiendo el comportamiento que exhibe la marea y definiendo los principales planos de referencia, como el Nivel Medio del Mar (NMM) y el Nivel de Reducción de Sondas (NRS).

CONFIDENCIAL

9.1. MAREAS SECTOR COTITIRA.

9.1.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Las mediciones de marea se realizaron entre el 17 de Octubre al 24 de Noviembre del 2015, mediante la instalación de un sensor de marea digital marca Tide Master Expres, Serie 33306 con un rango de medición de 0 - 9 metros, programado para recolectar datos con un intervalo de 5 minutos.

De la señal de marea compensada se obtuvo una serie de tiempo de alturas respecto del cero del sensor. Esta serie de tiempo fue sometida a una descomposición en series de fourier (análisis armónico) para obtener cada una de las componentes astronómicas de la marea en el área de estudio

De los datos registrados ***(Data Report Marea Sector Caleta Cotitira)***, se obtuvieron los valores de alturas horarias del nivel del mar (para análisis de tipo armónico), estando los valores de altura referidos al "cero" del sensor ***(Anexo 5)***. El análisis armónico asume que la marea observada corresponde a la sumatoria de un número determinado de constituyentes armónicos. Estos constituyentes representativos de una onda de marea particular se caracterizan por la amplitud, atraso de fase y velocidad angular, las cuales son determinadas a partir de argumentos astronómicos.

Así también, de la información registrada ***(Data Report Marea Sector Caleta Cotitira)*** se obtuvo las ocurrencias y valores de las pleamares y bajamares (***Anexo 6***), con el objeto de realizar un análisis de tipo no armónico y calcular los planos mareales más importantes (Pub. S.H.O.A. N° 3202. Instrucciones Oceanográficas N° 2. Cálculo de los Valores No-Armónicos de la Marea).

Para la determinación del régimen de marea en el área de interés se utilizó el criterio definido por el coeficiente de Courtier "F" (Pub. S.H.O.A. N° 3013, "Glosario de Marea y Corrientes"). Este coeficiente, se obtiene del cuociente de las amplitudes de cuatro de los constituyentes armónicos principales. A saber, F = (HK1 + HO1) / (HM2 + HS2). De esta manera, si F < 0.25 (régimen semidiurno), y si 0.25 < F < 1.50 (régimen mixto predominantemente semidiurno).

Para el establecimiento del Nivel de Reducción de Sondas (NRS), se consideró la sumatoria de los constituyentes principales individualizados M2, S2, N2, K1 y O1, de acuerdo a la metodología expuesta en la Pub. S.H.O.A. N° 3105, "Instrucciones Hidrográficas N° 5".

CONFIDENCIAL

RESULTADOS

La Figura 47 muestra la curva de marea del área de Cotitira. En ella, se observa el efecto de las sicigias del 27 de Octubre y 13 de Noviembre de 2015, con mayores amplitudes y un retardo inercial de 1 a 2 días. Así también, se observa las mínimas amplitudes producto de las cuadraturas del 20 de Octubre y 3 de Noviembre de 2015.

Figura 47: Curva de marea Cotitira.



Alturas referenciadas al cero del sensor

Los principales constituyentes armónicos se presentan en el Cuadro 32, a partir de esta información, se obtuvo un valor para el coeficiente de Courtier "F" de 0.51, indicativo que la marea en el área de estudio es de tipo mixto predominantemente semidiurna, es decir, en un día se presenta la ocurrencia de dos pleamares y dos bajamares, con diferencia de alturas entre ellas.

CONFIDENCIAL

Cuadro 30: Armónicos de marea, Sector Cotitira.

Constituyente Armónicas	Frecuencia (cph)	Amplitud (m)	Atraso de fase (°)
Z0		1.412	
*MM	0.0015122	0.0112	19.69
*MSF	0.0028219	0.0188	245.22
ALP1	0.0343966	0.0032	105.77
2Q1	0.0357064	0.0033	187.45
*Q1	0.0372185	0.024	272.34
*O1	0.0387307	0.0849	309.12
NO1	0.0402686	0.0041	14.35
*K1	0.0417807	0.1601	325.25
*J1	0.0432929	0.0102	25.35
*OO1	0.0448308	0.0134	51.67
UPS1	0.046343	0.0058	40.85
*EPS2	0.0761773	0.0085	205.58
*MU2	0.0776895	0.0297	276.17
*N2	0.0789992	0.091	257.59
*M2	0.0805114	0.3666	301.75
*L2	0.0820236	0.0135	305.26
*S2	0.0833333	0.1134	306.57
ETA2	0.0850736	0.0056	327.48
MO3	0.1192421	0.002	186.35
*M3	0.1207671	0.0077	118.32
MK3	0.1222921	0.0015	254.21
*SK3	0.1251141	0.0043	75.8
MN4	0.1595106	0.0012	214.32
M4	0.1610228	0.0019	151.31
SN4	0.1623326	0.0024	349.76
MS4	0.1638447	0.0009	179.79
S4	0.1666667	0.0035	184.44
2MK5	0.2028035	0.0005	125.04
2SK5	0.2084474	0.0016	41.5
2MN6	0.2400221	0.0026	248.11
*M6	0.2415342	0.0034	329.7
2MS6	0.2443561	0.0018	70.03
2SM6	0.2471781	0.0017	300.28
3MK7	0.2833149	0.0007	197.06
M8	0.3220456	0.0002	182.86
M10	0.402557	0.0004	197.34
Z0= Nivel Medio del Mar			

CONFIDENCIAL

El Nivel de Reducción de Sondas (NRS) calculado a partir de la sumatoria de los constituyentes M2, S2, N2, K1 y O1, cuyo valor fue de 0.816 y el NMM de 1.412 metros sobre el cero del sensor. Se determina que el NRS se encuentra a 0.596 metros sobre el cero del sensor.

El Cuadro 33 resume los resultados del análisis no armónico referenciado al cero del sensor. Al respecto, se deduce en Sector Cotitira, la bajamar más baja observada se encontró a 0.686 metros sobre el cero del sensor. Este valor es consistente con el NRS teórico calculado, ya que éste último se ubica a 0.596 metros sobre del cero del sensor. El valor máximo de marea observado fue de 2.205 metros, siendo el rango máximo de marea de 1.519 metros.

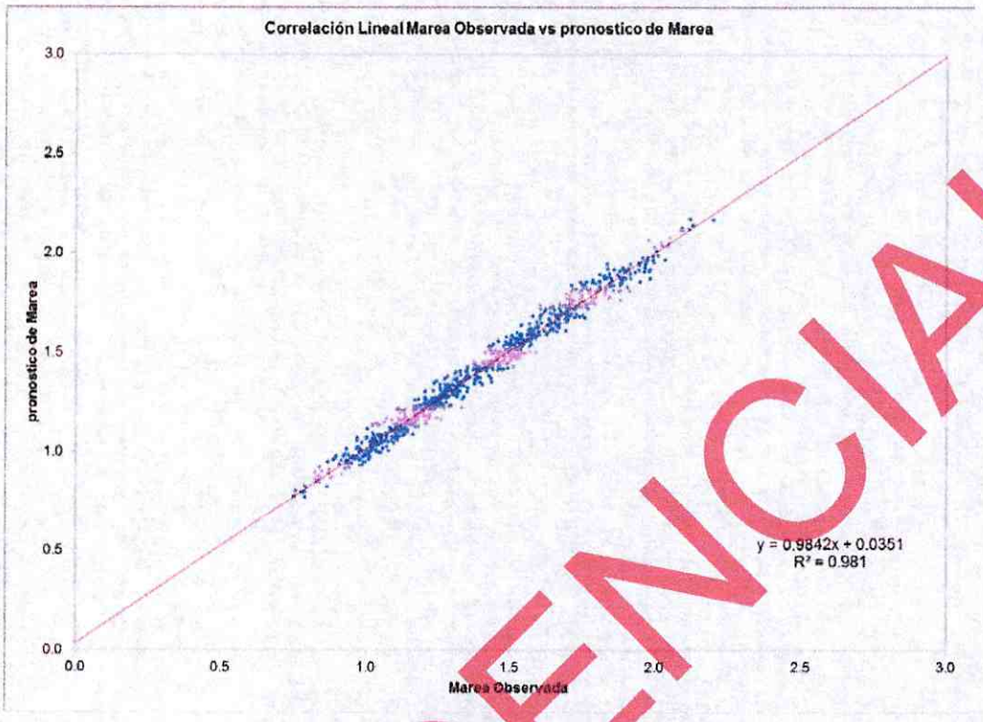
Cuadro 31: Valores no armónicos de marea Observada

Planos	Sobre cero sensor (m)
Pleamar Máxima	2.205
Altura Media de la Pleamar	1.827
Nivel Medio del Mar	1.412
Nivel Medio de la Marea	1.407
Altura Media de la Bajamar	0.993
Bajamar Mínima	0.686
Nivel de Reducción de Sondas (NRS)	0.596

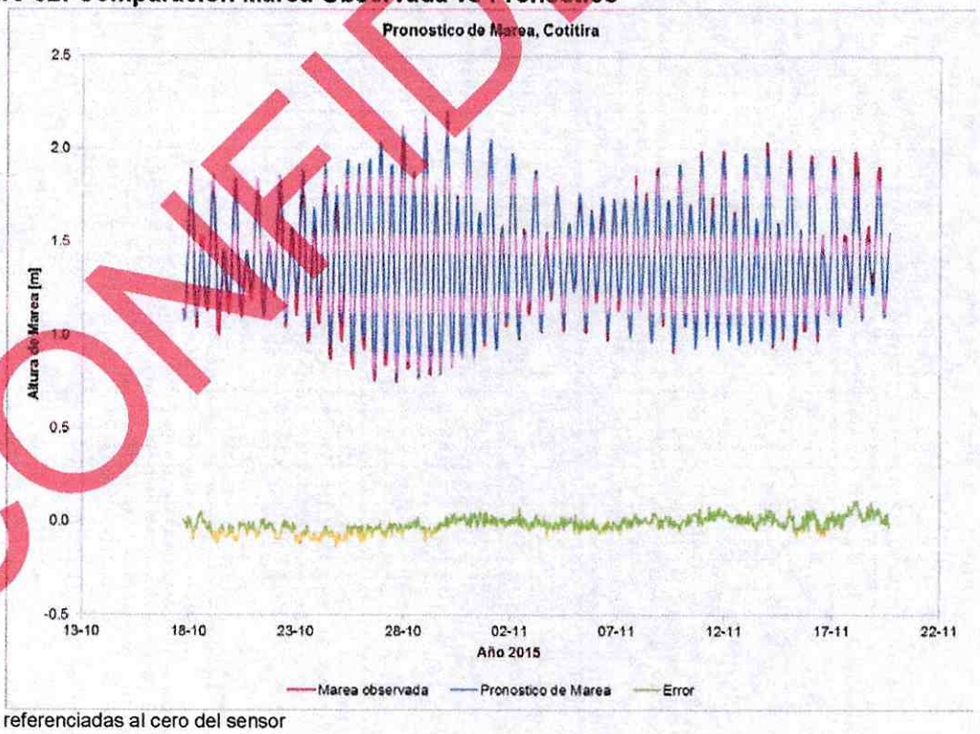
Los pronósticos realizados a partir de la información recolectada en terreno se mostraron consistentes y muy próximos a los valores reales. Es así como la correlación entre los datos observados y pronosticados mostró un R = 0.981. Estos resultados posibilitan la emisión de pronósticos confiables de marea para el área de estudio.

CONFIDENCIAL

Figura 49: correlación lineal entre los datos observados y pronosticados



Cuadro 32: Comparación Marea Observada vs Pronostico



Alturas referenciadas al cero del sensor

CONFIDENCIAL

El método armónico utilizado para la generación de pronósticos de marea, no considera efectos meteorológicos de presión atmosférica local. Por esta razón, y siguiendo los criterios contenidos en la Pub. S.H.O.A. Nº 3009 "Tablas de Marea de la Costa de Chile, 2011" en lo referente a las correcciones que deben ser aplicadas a las alturas de pleamares y bajamares pronosticadas, producto del efecto de la presión atmosférica ("Observaciones", pág. 7 de la citada publicación), es que para el mismo período de tiempo en que se realizaron las mediciones de alturas el nivel del mar en Sector de Cotitira, se obtuvieron los datos de presión en la estación meteorológica ubicada en las cercanías de la zona de estudio.

El objetivo de contar con esta información, es visualizar la relación entre ambos procesos geofísicos y cuantificar la incidencia de la presión atmosférica sobre los valores de diseño (extremos) de la marea.

A partir de esta información, se calculó la presión atmosférica promedio de los datos dentro del mismo periodo de tiempo de medición de la marea. De esta manera, la presión atmosférica promedio para el área de estudio resulto ser de 1015.40 *(mbar)*. Luego, variaciones en la presión atmosférica provocarán que se alcancen mayores alturas de marea que las estimadas cuando la presión atmosférica sea menor que el promedio, en tanto que altas presiones (respecto del promedio) provocaran menores valores de alturas de marea que los pronosticados.

Cuadro 33: Resumen Estadísticos de Presión Atmosférica, Sector Cotitira.

Estadísticos	Presión Atmosférica *(mbar)*	Diferencial Respecto al Promedio *(mbar)*
Promedio	1015.40	
Máximo	1022.80	7.4
Mínimo	992.10	-23.3

Respecto a los residuales obtenidos de la diferencia entre la curva registrada y la curva pronosticada a partir de las componentes armónicas para el mismo periodo de medición es posible extraer los parámetros presentados en el ***Cuadro 36***, a modo de realizar ajustes en las curvas pronosticadas.

Cuadro 34: Resumen Estadísticos de Presión Atmosférica, Sector Cotitira.

Estadísticos	Residual de Marea *(m)*	Diferencial Respecto al Promedio *(m)*
Promedio	-0.002	
Máximo	0.143	0.145
Mínimo	-0.134	-0.131
Rango		**0.276**

De esta manera, se tienen dos escenarios para considerar las predicciones de alturas de marea en Sector caleta Cotitira.:

- Cuando se disponga de información de presión atmosférica local, se debe aplicar la corrección correspondiente respecto del promedio (1015.40 *mbar*), a las alturas de

CONFIDENCIAL

pleamares y bajamares, considerando los datos presentados en el Cuadro 35 según corresponda.

Cuando no se disponga de información de presión atmosférica local, las alturas de pleamares y bajamares podrán diferir del pronóstico según lo informado en el Cuadro 36 según corresponda.

Para poder relacionar las cotas fijas definidas en tierra al NRS obtenido del análisis armónico de marea del sector en estudio, se realizó una nivelación diferencial desde el tope de escala del mareógrafo instalado en la zona de atraque de naves menores del puerto de Caldera hacia las cotas fijas Cot1, Cot2 y Cot3. La nivelación realizada en el sector se representa a continuación

Cuadro 35: Nivelación

					NIVELACION CHANAVAYITA 30 SEP						
TOPE	3.140	AL 0		1.728	Al NMM		2.544	Al NRS			
COT1		AL NRS									
NOMBRE	**ATRÁS**	**ADELANTE**	**DIST.PARC.**	**DIST.ACUM**	**DESNIVEL**	**COTA**	**CORRECCION**	**COTA AL 0**	**COTA AL NMM**	**COTA AL NRS**	**NOMBRE**
	1.688										
TOPE	1.657										
	1.625										
	1.310	1.281									
COT1	1.274	1.249	12.6	12.6	0.408	3.548	0.0000000	**3.548**	**2.136**	**2.952**	**COT1**
	1.239	1.218									
		1.713									
TOPE		1.682	13.3	25.9	-0.408	3.140	0.0000000	3.140	1.728	2.544	TOPE
		1.651									
Σ	2.931	2.931									
ERROR	0.000										
ERROR MAXIMO	0.001										
CORRECCION	0.000										
NOMBRE	**ATRÁS**	**ADELANTE**	**DIST.PARC.**	**DIST.ACUM**	**DESNIVEL**	**COTA**	**CORRECCION**	**COTA AL 0**	**COTA AL NMM**	**COTA AL NRS**	**NOMBRE**
COT1	1.409										
COT2	1.741	1.437			-0.028	3.520	0.0000000	**3.520**	**2.108**	**2.924**	**COT2**
COT3	0.681	0.722			1.019	4.539	0.0000000	**4.539**	**3.127**	**3.943**	**COT3**
COT2	1.497	1.700			-1.019	3.520	0.0000000	3.520	2.108	2.924	COT2
COT1		1.469			0.028	3.548	0.0000000	3.548	2.136	2.952	COT1
Σ	5.328	5.328									
ERROR	0.000										

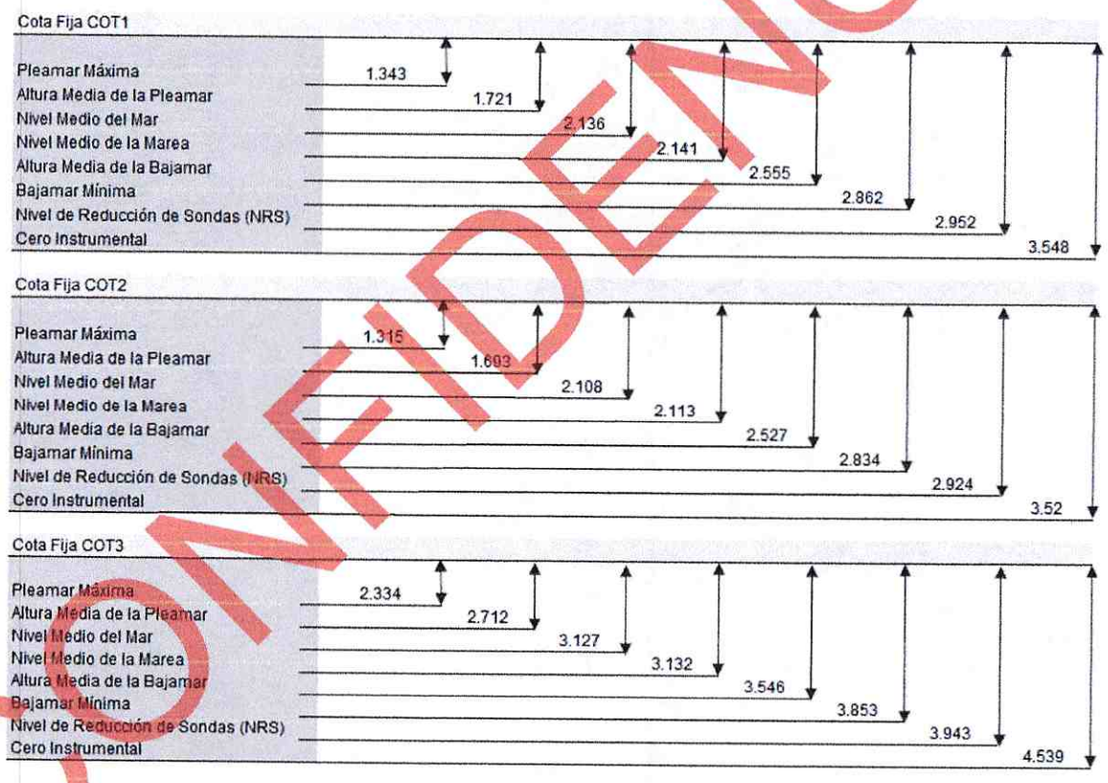
CONFIDENCIAL

El Cuadro 38 y la Figura 39 muestran los principales planos mareales asociados a las cotas fijas de marea COT1, COT2 y COT3, respectivamente.

Cuadro 36: Planos Mareales, Sector caleta Cotitira.

Planos	Sobre cero sensor (m)	Bajo CF "COT1" (m)	Bajo CF "COT2" (m)	Bajo CF "COT3" (m)
Pleamar Máxima	2.205	1.343	1.315	2.334
Altura Media de la Pleamar	1.827	1.721	1.693	2.712
Nivel Medio del Mar	**1.412**	**2.136**	**2.108**	**3.127**
Nivel Medio de la Marea	1.407	2.141	2.113	3.132
Altura Media de la Bajamar	0.993	2.555	2.527	3.546
Bajamar Mínima	0.686	2.862	2.834	3.853
Nivel de Reducción de Sondas (NRS)	**0.596**	**2.952**	**2.924**	**3.943**

Figura 50: Planos Mareales, referido a cotas fijas



CONFIDENCIAL

Cuadro 37: Monografías Cotas de Marea

MONOGRAFIA DE COTA FIJA

COTA: COT1	LUGAR: COTITIRA

FOTOGRAFIAS GENERALES





FOTOGRAFIA PARTICULAR



COORDENADAS	
NORTE	7710287
ESTE	376137
ZONA	19
LATITUD	20°42'10.15S
LONGITUD	70°11'21.85"O
ALTURA NMM	2.136 (m)
ALTURA NRS	2.952 (m)

DESCRIPCION: Perno con placa de acero anclado a la losa de hormigón del Muelle de pescadores de caleta Chanavallita, el perno se encuentra en la misma banda en la cual se encuentra el pescante del muelle.

CONFIDENCIAL

MONOGRAFIA DE COTA FIJA

COTA: COT2	LUGAR: COTITIRA

FOTOGRAFIAS GENERALES





FOTOGRAFIA PARTICULAR



COORDENADAS

NORTE	7710291.07 m
ESTE	376143.09 m
ZONA	19
LATITUD	20°42'10.02"S
LONGITUD	70°11'21.64"O
ALTURA NMM	2.108 m
ALTURA NRS	2.924 m

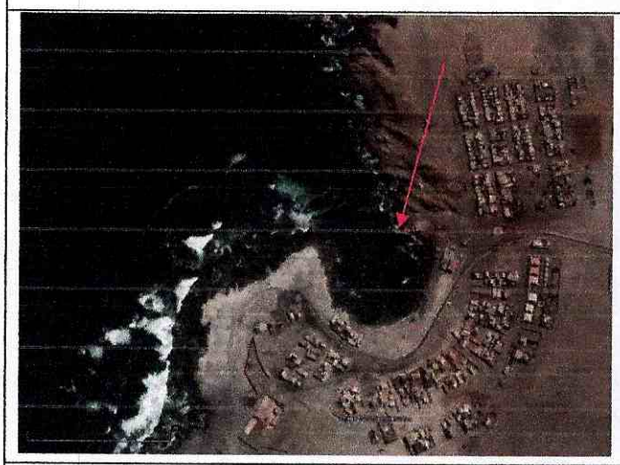
DESCRIPCION: Perno con placa de acero anclado a la losa de hormigón del Muelle de pescadores de caleta Chanavallita, el perno se encuentra por el costado izquerdo del acceso al muelle, junto al asta de bandera.

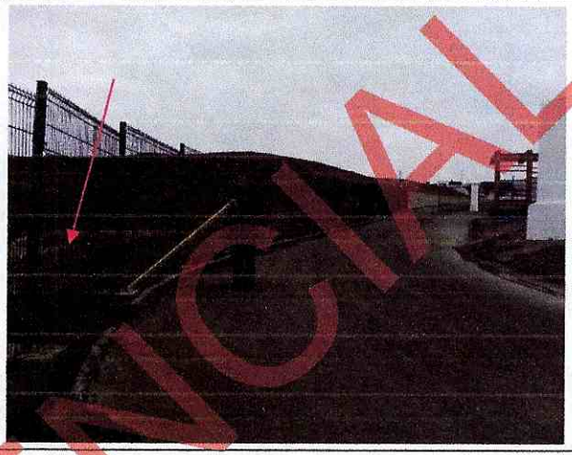
CONFIDENCIAL

MONOGRAFIA DE COTA FIJA

COTA: COT3	LUGAR: COTITIRA

FOTOGRAFIAS GENERALES





FOTOGRAFIA PARTICULAR



COORDENADAS

NORTE	7710316.00 m
ESTE	376144.00 m
ZONA	18
LATITUD	20°42'9.21"S
LONGITUD	70°11'21.60"O
ALTURA NMM	3.127 m
ALTURA NRS	3.943 m

DESCRIPCION: Perno con placa de acero anclado a la losa de hormigón del Muelle de pescadores de caleta Chanavallita, el perno se encuentra por el lado derecho del acceso al muelle, al inicio de la curva a los pes de la reja (cierre perimetral).

CONFIDENCIAL

10. CONCLUSIONES

Corriente Euleriana

Capa de Fondo (3.23 a 4.23 *(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel profundo (Cuadro 2) presentaron una incidencia hacia las componentes SW (23.44%) y W (13.66%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 2 a 4 cm/s (28.02%), seguido del rango de 4 a 6 cm/s (26.20%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la direcciona SW con una velocidad media de 4.45 (km/día) recorriendo una distancia de 196.95 (km).

Capa intermedia (9.23 a 10.23 m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel intermedio (Cuadro 3) presentaron una incidencia proporcional de las 8 direcciones, sin embargo es posible observar que las mayores ocurrencias se presentan desde el 4to cuadrante desde las direcciones W (18.47%), SW (16.51%) y del 1er cuadrante, direcciones NE (12.31%) y N (12.07%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 4 a 6 (cm/s) (23.11%), seguido del rango de 2 a 4 cm/s (20.01%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la dirección W con una velocidad media de 5.71 (km/día) desplazándose 252.86 (km).

Capa superficial (15.23 a 16.23 m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel superficial (Cuadro 5) presentaron mayores ocurrencias en las componentes del primer cuadrante, direcciones NE (23.94%) y N (17.70%) y en la componente del cuarto cuadrante, NW (12.28%). Las velocidades medias registradas presentaron diversos rangos, observando una mayor ocurrencia en el rango de 6 a 8 cm/s (14.83%), seguido del rango de 8 a 10 cm/s (13.25%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la componente SW con una velocidad media de 9.29 (km/día), recorriendo una distancia de 142.65 (km).

CONFIDENCIAL

Corriente Lagrangeana

Sicigia:

Los lances realizados en condición de llenante presentaron una trayectoria coincidente orientada principalmente hacia el 2do cuadrante, con un avance hacia las dirección SE, en esta condición la mayor velocidad se presentó en la capa de 5 m bajo la superficie con un avance promedio del derivador de 11.14 cm/s, correspondiente al lance 5.

En fase de vaciante los derivadores mostraron un comportamiento hacia el 1er y 2do cuadrante, la capa superficial presento un recorridos con tendencia S y Se, la capa de 5 m bajo la superficie presento una tendencia hacia el 2do cuadrante la capa de 10 m bajo la superficie presento recorridos hacia las componentes SE (lance20 y lance22) y E (lance 21).
En esta oportunidad la mayor velocidad de avance promedio se detectó en la capa superficial con 15.77 (cm/s).

Cuadratura

Los lances realizados en condición de llenante presentaron trayectorias hacia las componentes del 1er cuadrante en la capa superficial, mientras que la capa de 5 y 10 (m) bajo la superficie presentaron trayectorias en torno al 1er y 2do cuadrante, hacia el interior de la bahía, esta oportunidad se registró la máxima velocidad en la capa superficial con 12.08 (cm/s).

En esta condición mareal se observa un comportamiento similar al estado de llenante, con una tendencia general en el desplazamiento hacia 1er y 2do cuadrante.
En cuanto a las velocidades se observa, que los registros máximos se encuentran en la capa de 0 (m) bajo la superficie con 17.84 (cm/s) Lance 35.

Viento

Se observó que los vientos presentaron un predominio de magnitudes entre 1 a 1.5 *(m/s)* correspondiente al 20.03% de los registros, seguido del intervalo de 1.5 a 2 (m/s) con una ocurrencia de 17.63%. Direccionalmente se advierte que el régimen de vientos se presenta principalmente del 3er cuadrante, donde la dirección reinante fue la componente SW (31.57%) seguida de las componente SE (10.25%).

Para determinar el viento dominante en la zona de estudio se obtuvieron los vientos máximos por dirección, registrándose las máximas velocidades desde la componente S con 5.18 (*m/s*), seguida de la dirección E con 4.98 (*m/s*).

CONFIDENCIAL

Mareas

Del registro realizado por el ADCP se define que el rango de marea fue de 1.82 (*m*), con un nivel medio de 18.01 (*m*) (referido al cero del sensor), encontrándose la máxima observada de 19.02 (*m*) sobre el nivel medio estimado y la mínima de 17.2 (*m*) bajo el nivel medio.

Correlación Cruzada

Los índices de correlación presentaron escaso aporte de los vientos y la marea como agentes forzantes de las corrientes registradas en el área de estudio, siendo la máxima correlación observada en el par marea/corr. Comp. (v) de la capa superficial con un Coef. 0.223 y rezago negativo de 6 horas, encontrándose por sobre los coeficientes estimados en las correlaciones de las capas más profundas.

Resumen Campaña Verano.

Corriente Euleriana

Capa de Fondo (1.62 a 2.12 *(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel profundo presentaron una incidencia hacia las componentes SW (23.54%) y NE (16.69%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 3 a 4 cm/s (16.97%), seguido del rango de 2 a 3 cm/s (16.04%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la direcciona SW con una velocidad media de 0.57 (km/día) recorriendo una distancia de 21.22 (km).

Capa intermedia (8.12 a 8.62 *(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel intermedio presentaron una incidencia proporcional de las 8 direcciones, sin embargo es posible observar que las mayores ocurrencias se presentan desde el 1er cuadrante desde las direcciones N (14.44%), NE (12.96%) y del 4to cuadrante, direcciones W (16.53%) y NW (15.48%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 4 a 5 cm/s (12.55%), seguido del rango de 3 a 4 cm/s (12.17%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la dirección WSW con una velocidad media de 0.78 (km/día) desplazándose 28.65 (km).

Capa superficial (15.62 a 16.12 *(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel superficial presentaron mayores ocurrencias en las componentes del primer cuadrante, direcciones N (18.91%) y NE (20.91%) y en las componentes del cuarto cuadrante, direcciones W (16.11%) y NW (16.40%). Las velocidades medias registradas presentaron ocurrencias proporcionales entre los 3 a 14

CONFIDENCIAL

m/s, observando una mayor ocurrencia en el rango de 7 a 8 cm/s (7.87%), seguido del rango de 6 a 7 cm/s (7.79%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la componente NE con una velocidad media de 3.14 (km/día), recorriendo una distancia de 116.64 (km).

Corriente Lagrangeana

- ***Sicigia:***

Los lances realizados en condición de llenante presentaron una trayectoria coincidente orientada principalmente hacia el 4to cuadrante, con un avance hacia el NW, en esta condición la mayor velocidad se presentó en la capa de 5 m bajo la superficie con un avance promedio del derivador de 21.43 cm/s en el punto 2 de lanzamiento.

En fase de vaciante los derivadores mostraron un comportamiento hacia el 4to y 2do cuadrante, la capa superficial presento un recorridos con tendencia NW y W, la capa de 5 m bajo la superficie presento una tendencia hacia el 4to cuadrante en los lances 13 y 15 mientras que el lance 14 presento un recorrido SE, la capa de 10 m bajo la superficie presento recorridos hacia las componentes E (lance16) y SE (lance 18) mientras que el lance 19 presento un recorrido hacia el NW. En esta oportunidad la mayor velocidad de avance promedio se detectó en la capa superficial con 5.49 (cm/s).

- ***Cuadratura***

Los lances realizados en condición de llenante presentaron trayectorias hacia las componentes del 1er cuadrante en la capa superficial, mientras que la capa de 5 y 10 (m) bajo la superficie presentaron trayectorias en torno al 2do cuadrante, hacia el interior de la bahía, esta oportunidad se registró la máxima velocidad en la capa superficial con 5.58 (cm/s).

En esta condición mareal se observa un comportamiento distinto que en estado de llenante, en esta oportunidad la tendencia general fue el desplazamiento hacia el 4to cuadrante, los lances efectuados presentaron recorridos hacia el norte de la bahía, en cuanto a las velocidades, los registros máximos se produjeron en la capa superficial con 12.96 (cm/s).

Viento

Se observó que los vientos presentaron un predominio de magnitudes entre 1 a 1.5 *(m/s)* correspondiente al 20.03% de los registros, seguido del intervalo de 1.5 a 2 (m/s) con una ocurrencia de 17.63%. Direccionalmente se observó que el régimen de vientos se presenta principalmente del 3er cuadrante, donde la dirección reinante fue la componente SW (31.57%) seguida de la componente SE (10.25%).

Para determinar el viento dominante en la zona de estudio se obtuvieron los vientos máximos por dirección, registrándose las máximas velocidades desde la componente SW con 5.18 (*m/s*.

CONFIDENCIAL

Mareas

Del registro realizado por el ADCP se define que el rango de marea fue de 1.52 (*m*), con un nivel medio de 16.87 (*m*) (referido al cero del sensor), encontrándose la máxima observada de 18.71 (*m*) sobre el nivel medio estimado y la mínima de 17.19 (*m*) bajo el nivel medio.

Correlación Cruzada

Los índices de correlación presentaron escaso aporte de los vientos y la marea como agentes forzantes de las corrientes registradas en el área de estudio, siendo la máxima correlación observada en el par viento/corr. Comp. (u) de la capa superficial con un Coef. 0.223 y rezago negativo de -6 horas, encontrándose por sobre los coeficientes estimados en las correlaciones de las capas más profundas.

Granulometría

El área de estudio en general se encuentra dominada por el grupo sedimentario de las Arenas, las cuales en su conjunto representan 69.78% del total de las muestras, se advierte además, que la dominancia de las Arenas Finas con un porcentaje retenido de 32.11%, seguida de las Arenas Muy Finas con un 31.11%.

Se registró que los menores índices de sedimentos se encontraron en el grupo de los Fangos con un índice de peso retenido que en su conjunto alcanzó 0.33%.

El tamaño medio de las partículas del sedimento refleja las condiciones hidrodinámicas (energéticas) que actuaron en su transporte y depositación (Folk, 1980). Generalmente, las partículas más gruesas están asociadas a un mayor nivel de energía, en cambio, las finas se encuentran en sectores con menor hidrodinámica. De este modo, el reconocimiento tanto de partículas finas cercanas al área protegida la punta Sur induce un ambiente de energía relativamente baja, mientras que las muestras que se acercan a la zona de Cotitira presentan un mayor índice de partículas gruesas asociado a una hidrodinámica más energética.

La tendencia de las muestras tiende a comportarse de forma Leptocúrtica, lo que da cuenta de la dominancia de una fracción sedimentaria, en este caso las arenas.

Desde el punto de vista textural, la mayor proporción de las muestras corresponden a Arenas Finas.

Mareas

La marea en el área de estudio es de tipo mixto predominantemente semidiurna, es decir, en un día se presenta la ocurrencia de dos pleamares y dos bajamares, con diferencia de alturas entre ellas.

El Nivel de Reducción de Sondas (NRS) calculado a partir de la sumatoria de los constituyentes M2, S2, N2, K1 y O1, entregó un valor de 0.816 metros bajo el Nivel Medio del Mar (NMM). Por su parte, el NMM se ubicó a 1.412 metros sobre el cero del sensor. De esta manera, el NRS, se encuentra a 0.596 metros sobre el cero del sensor

CONFIDENCIAL

11. ANEXOS DIGITALES

- Anexo 1 - Corriente Euleriana Horaria Cotitira.xlsx
- Anexo 2 - Derivadores Invierno.xlsx
- Anexo 3- Vientos Horarios.xlsx
- Anexo 4 - Marea Horaria ADCP_INV.xlsx
- Anexo 8 - Cerificados de Laboratorio.docx
- Anexo 9 - Estadistica Granulometrica.docx
- Anexo 10 - Marea Horaria (Mareografo Cotitira).xlsx
- Anexo 11 - Marea Pleas y Bajas Cotitira.xlsx
- Anexo 12 - Presión Atmosférica Horaria Cotitira.xlsx
- Data Report Correlaciones_invierno.xlsx
- Data Report Corrientes Eulerianas Cotitira.xlsx
- Data report Marea ADCP.xlsx
- Data Report Marea Cotitira.xlsx
- Data Report Presión Atmosferica Cotitira.xlsx
- Data Report Viento.xlsx

CONFIDENCIAL

ESTUDIO OCEANOGRÁFICO
PUNTA COTITIRA
I REGIÓN DE TARAPACÁ

CAMPAÑA DE VERANO

CONFIDENCIAL

Preparado para:

NORTHPORT SpA

Elaborado por:

GeoMar Ingeniería
6 Norte 981, Viña del Mar
Viña del Mar, Chile.

MARZO 2015

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 2

2. ANTECEDENTES GENERALES 2

2.1. OBJETIVO GENERAL 3

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

2.3. CAMPAÑA DE MEDICIONES 3

3. CORRENTOMETRÍA EULERIANA 5

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS 5

3.2. RESULTADOS 7

4. CORRENTOMETRIA LAGRANGIANA (DERIVADORES) 24

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS 24

4.2. RESULTADOS 26

5. VIENTO 42

5.1. MATERIALES Y MÉTODOS 42

5.2. RESULTADOS 44

6. MAREAS 49

6.1. resultados 49

7. CORRELACIÓN CRUZADA CORRIENTE/MAREA/VIENTO 50

7.1. RESULTADOS 50

8. CONCLUSIONES 55

CONFIDENCIAL

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la campaña de verano, en el cual se realizaron mediciones oceanográficas en Punta Cotitira, Iquique. Esta campaña contemplo la medición de corriente euleriana, corrientes lagrangeanas, viento y marea.

Toda la información utilizada corresponde a la campaña de terreno realizada por GeoMar Ingeniería, la cual ha sido sometida a un análisis estadístico a modo de obtener su comportamiento general y de este modo describir los patrones oceanográficos del área de estudio.

2. ANTECEDENTES GENERALES

Punta Cotitira, provincia de Iquique I Región de Tarapacá, cuya ubicación geográfica es29.7333º latitud Sur y 70.1833 longitud Weste. Enel área marítima al Norte de la bahía se llevó a cabo la campaña de mediciones de verano, realizando estudios de corrientes Euleriana mediante ADCP, Corrientes LaGrange aña mediante derivadores en condición de mareal llenante y vaciante en periodos de sicigia y cuadratura lunar, registro de viento local y mareas mediante ADCP y estación meteorológica Yung respectivamente.

Figura 1: Ubicación general Punta Cotitira.



CONFIDENCIAL

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características oceanográficas de la zona de estudio (Punta Cotitira, Iquique) que permitan comprender el régimen circulatorio atmosférico y litoral.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características generales de las corriente Euleriana y Lagrangeana.
- Determinar las características generales del viento.
- Determinar las características generales de las mareas.
- Determinar las influencia de las mareas y vientos como forzantes de la corriente.

2.3. CAMPAÑA DE MEDICIONES

a) Correntometría fija ADCP (Euleriana)

- 28 de Enero al 06 de Marzo del 2015.

b) Correntometría con Derivadores (Lagrangeana)

- 09 de Febrero de 2015.
- 06 de Marzo de 2015.

c) Mediciones de Viento

- 28 de Enero al 08 de Marzo de 2015.

La ubicación de los equipos y puntos de muestras se presentan en la Figura 2 y sus coordenadas aproximadas son detalladas en la Cuadro 1

Cuadro 1: Coordenadas de ubicación de los instrumentos.

Estación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Latitud	Longitud
ADCP	7.707.146	375.805	20º 43' 52'.22"	70º 11' 34.13"
Derivador 1	7.707.164	375.576	20º 43' 51'.58"	70º 11' 42.04"
Derivador 2	7.707.129	375.811	20º 43' 52'.78"	70º 11' 33.92"
Derivador 3	7.707.953	375.844	20º 43' 58'.35"	70º 11' 32.83"
Anemómetro	7.709.696	375.777	20º 42' 29'.30"	70º 11' 34.40"

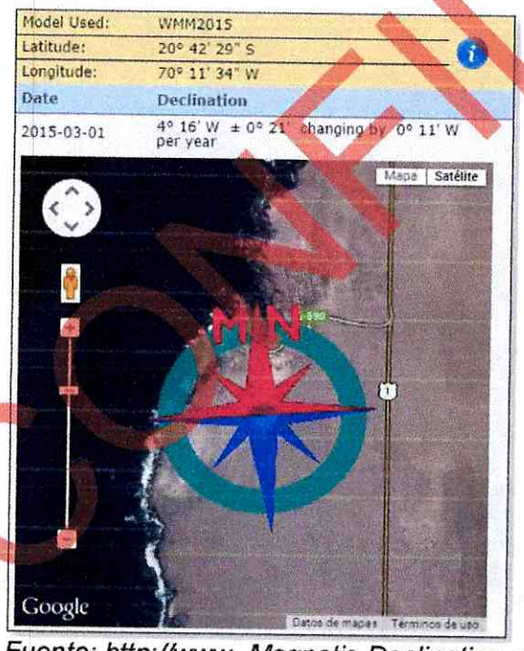
CONFIDENCIAL

Figura 2: Ubicación de los instrumentos de medición y puntos de muestras.



Los registros de la dirección de las corrientes y vientos son referidos originalmente al norte magnético, sin embargo, para el análisis de la informaciónla dirección fue referida al norte geográfico, empleándose para tal efecto, la corrección de desviación magnética local, calculada utilizando el modelo geomagnético "WorldMagnetic" (Figura 3), siendo la corrección para Punta Cotitira de 4º 16' W.

Figura 3: Declinación magnética



Fuente: http://www. Magnetic-Declination.com

CONFIDENCIAL

3. CORRENTOMETRÍA EULERIANA

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

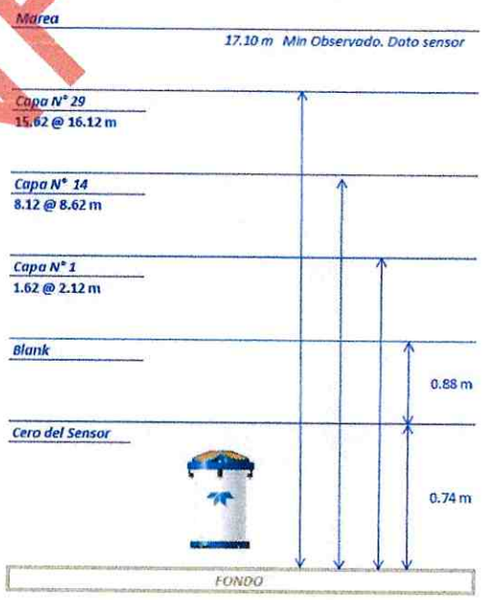
El registro de corrientes se realizó mediante el fondeo de un ADCP RDI en la zona de estudio, quedando a una profundidad aproximada de 17.50 (m), el día que se realizó el fondeo (28 de Enero de 2015)fue realizado en un estado de bajamar, quedando el equipo a una distancia aproximada de 0.7 (m) sobre el fondo.

El equipo fue programado para obtener registros de dirección y magnitud de las corrientes por capa según como se especifica a continuación:

Datos ADCP	*Uni.*		*ADCP RDI "Cotitira"*
Número de Serie		:	11376
Frecuencia de Muestreo	*Khz*	:	300
Cell Begin	*(m)*	:	1.62
CellEnd	*(m)*	:	35
BlanckDistance	*(m)*	:	0.88
CellSize			0.5
AvgInterval	*(s)*	:	120
SampleInterval	*(s)*	:	600

Las capas seleccionadas para realizar los análisis de la corriente registradas por eladcp se definen como Fondo, Intermedia y Superficial cuyas distancias se encuentran referidas desde el fondo marino (Figura 4). Cabe destacar que la capa superficial seleccionada se encuentra bajo el mínimo valor de la altura de marea observada en todo el largo del registro del instrumento, que corresponde a 17.10 (m) estando referido desde el fondo marino.

Figura 4: Configuración de capas seleccionadas en el análisis de correntómetro Eulerianas



CONFIDENCIAL

Figura 5: Sistema de fondeo del equipo ADCP.



La información recolectada fue almacenada en la memoria sólida del instrumento, la que es recuperada posteriormente mediante la conexión del equipo a un computador. Las mediciones cubrieron períodos de sicigia y cuadratura lunar durante el mes de registro.

La información de corrientes fue sometida a un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de 8 direcciones. También fue procesada obteniéndose valores horarios a los cuales se les calculó las componentes ortogonales. Con esta información se construyeron diagramas de dispersión, trazos, vector progresivo y densidad espectral.

Posteriormente, se les realizó una extrapolación de corrientes extremas en base a proyecciones de probabilidad tipo Gumbel y un análisis de correlación cruzada con los registros de viento y marea, con la finalidad de determinar la existencia de forzantes geofísicas.

CONFIDENCIAL

3.2. RESULTADOS

Capa profunda (1.62 a 2.12m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel profundo (Cuadro 2) presentaron una incidencia hacia las componentes SW (23.54%) y SE (16.69%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 3 a 4 cm/s (16.97%), seguido del rango de 2 a 3 cm/s (16.04%).

La mayor velocidad registrada se fue de 12.90 cm/s desde la dirección SW, siendo la velocidad media considerando todo el registro de 4.44(cm/s).

Cuadro 2: Incidencia conjunta velocidad y dirección de la corriente Euleriana, Capa de Fondo "Punta Cotitira".

Velocidad	*Dirección (°)*								*Total*	
(cm/s)	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*N° Datos*	*% Ocurrencia*
<1	31	23	23	35	34	31	33	12	222	4.20%
1-2	64	78	70	89	76	90	80	59	606	11.48%
2-3	109	118	84	105	99	128	114	90	847	16.04%
3-4	93	135	95	90	138	181	95	69	896	16.97%
4-5	79	109	100	59	130	153	101	54	785	14.87%
5-6	61	117	49	40	97	178	56	35	633	11.99%
6-7	49	107	41	11	57	141	45	10	461	8.73%
7-8	21	64	19	7	46	100	37	8	302	5.72%
8-9	9	48	15	5	27	82	17	2	205	3.88%
9-10	7	40	4		17	59	7		134	2.54%
10-11	3	15		1	14	49	5	1	88	1.67%
11-12		17		1	12	32	2		64	1.21%
12-13		10			7	19	1		37	0.70%
N° Datos	526	881	500	443	754	1243	593	340	**5280**	
% Ocurrencia	9.96%	16.69%	9.47%	8.39%	14.28%	23.54%	11.23%	6.44%		**100.00%**
								Total	**5280**	**100.00%**

Estadística	*Dirección (°)*								*Total*
Básica	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*(cm/s)*
Vel. Max	10.90	12.80	9.90	11.20	12.80	12.90	12.60	10.70	**12.90**
Vel. Med	3.85	5.02	3.86	3.11	4.55	5.45	3.98	3.33	**4.44**
DesvtSt	2.06	2.67	1.99	1.76	2.53	2.80	2.24	1.65	**2.52**

CONFIDENCIAL

Capa intermedia (8.12 a 8.62m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel intermedio (Cuadro 3) presentaron una incidencia proporcional de las 8 direcciones, sin embargo es posible observar que las mayores ocurrencias se presentan desde el 1er cuadrante desde las direcciones N (14.44%), NE (12.96%) y del 4to cuadrante, direcciones W (16.53%) y NW (15.48%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 4 a 5(cm/s) (12.55%), seguido del rango de 3 a 4 cm/s (12.17%).

La mayor velocidad registrada fue de 16.40 cm/s desde las componentes NE, siendo la velocidad media considerando todo el registro de 5.90(cm/s).

Cuadro 3: Incidencia conjunta velocidad y dirección de la corriente Euleriana, Capa Intermedia "Punta Cotitira".

Velocidad	*Dirección (°)*								*Total*	
(cm/s)	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*Nº Datos*	*% Ocurrencia*
<1	12	25	14	13	16	18	22	19	139	2.63%
1-2	44	36	49	42	47	42	50	51	361	6.82%
2-3	78	55	51	40	64	63	66	84	501	9.47%
3-4	104	76	69	58	72	76	93	96	644	12.17%
4-5	102	87	55	56	65	92	107	100	664	12.55%
5-6	108	80	65	42	56	66	93	111	621	11.73%
6-7	79	84	60	41	41	77	126	115	623	11.77%
7-8	67	60	34	32	39	61	100	65	458	8.65%
8-9	49	39	37	22	24	53	68	61	353	6.67%
9-10	39	45	33	26	17	39	45	48	292	5.52%
10-11	35	34	19	14	14	36	34	26	212	4.01%
11-12	21	18	13	15	16	18	24	19	144	2.72%
12-13	12	16	15	9	7	13	21	14	107	2.02%
13-14	8	9	9	7	6	9	11	6	65	1.23%
14-15	3	10	6	2	4	12	13	4	54	1.02%
15-16	3	7	11	1	8	10	2		42	0.79%
16-17		5	2	2	1	2			12	0.23%
Nº Datos	764	686	542	422	497	687	875	819	**5292**	
% Ocurrencia	14.44%	12.96%	10.24%	7.97%	9.39%	12.98%	16.53%	15.48%		**100.00%**
								Total	**5292**	**100.00%**

Estadística	*Dirección (°)*								*Total*
Básica	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*(cm/s)*
Vel. Max	15.60	16.40	16.30	16.30	16.10	16.10	15.80	14.30	**16.40**
Vel. Med	5.76	6.18	6.00	5.64	5.42	6.17	6.13	5.68	**5.90**
DesvtSt	2.97	3.42	3.57	3.33	3.37	3.41	3.12	2.88	**3.24**

CONFIDENCIAL

Capa superficial (15.62 a 16.12m sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel superficial (Cuadro 5) presentaron mayores ocurrencias en las componentes del primer cuadrante, direcciones N (18.91%) y NE (20.91%) y en las componentes del cuarto cuadrante, direcciones W (16.11%) y NW (16.40%). Las velocidades medias registradas presentaron ocurrencias proporcionales entre los 3 a 14 (cm/s), observando una mayor ocurrencia en el rango de 7 a 8 cm/s (7.87%), seguido del rango de 6 a 7 cm/s (7.79%).

La mayor velocidad registrada fue de 26.40 cm/s desde las componentes NE yW, siendo la velocidad media considerando todo el registro de 9.86(cm/s).

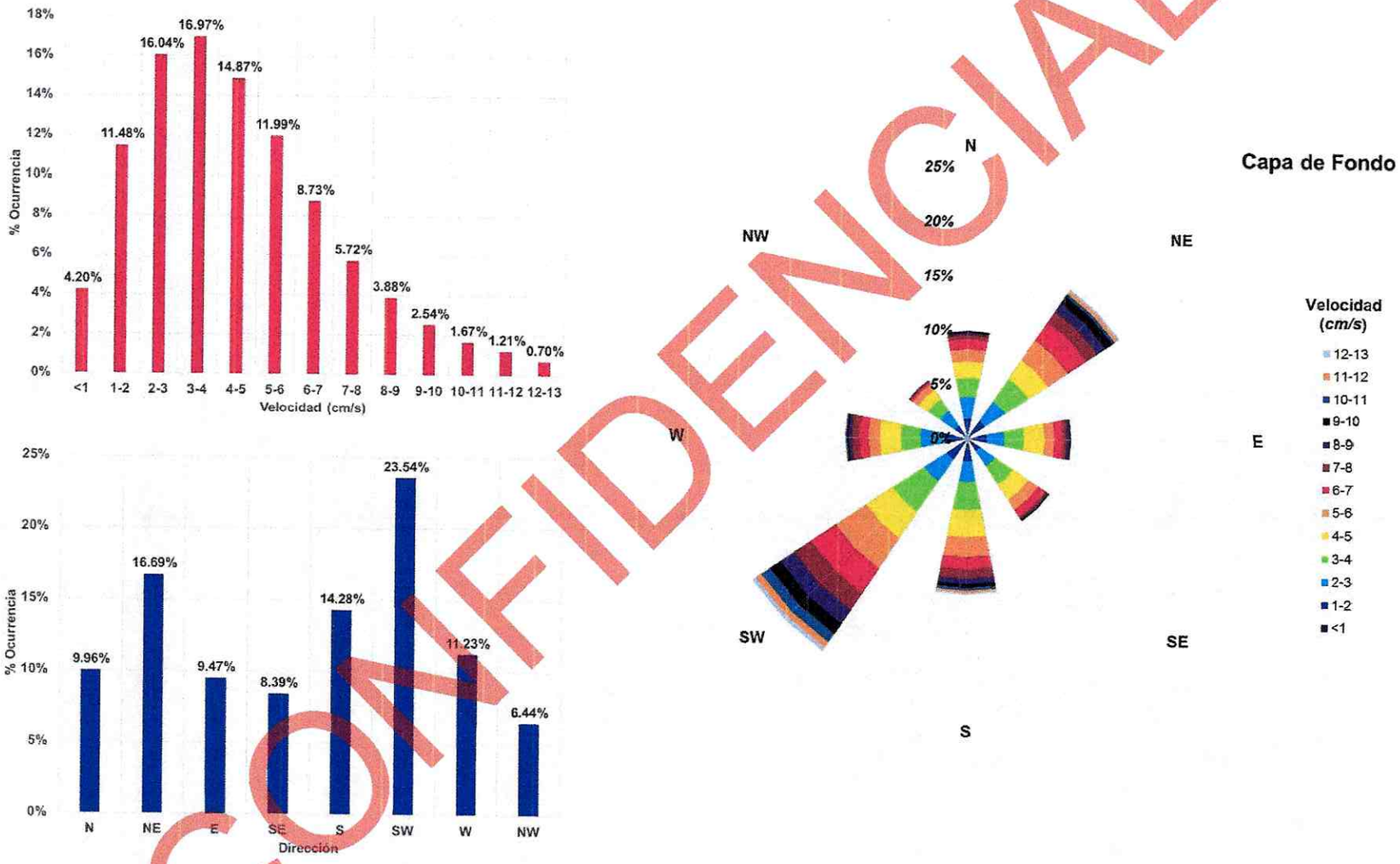
Cuadro 4: Incidencia conjunta velocidad y dirección de la corriente Euleriana, Capa Superficial "Punta Cotitira".

Velocidad	*Dirección (°)*								*Total*	
(cm/s)	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*N° Datos*	*% Ocurrencia*
<1	3	3	4	8	6	5	3	9	41	0.77%
1-2	22	7	13	19	14	14	18	21	128	2.42%
2-3	31	22	24	9	24	22	34	28	194	3.66%
3-4	50	38	25	22	24	34	47	52	292	5.51%
4-5	57	49	23	21	17	35	47	63	312	5.89%
5-6	57	45	39	31	22	31	68	65	358	6.75%
6-7	73	75	38	23	21	49	64	70	413	7.79%
7-8	95	62	29	22	13	44	74	78	417	7.87%
8-9	84	65	31	16	11	50	66	72	395	7.45%
9-10	75	64	28	14	14	37	70	68	370	6.98%
10-11	75	78	37	15	12	33	58	70	378	7.13%
11-12	65	79	30	10	8	34	62	46	334	6.30%
12-13	66	61	27	7	7	24	48	48	288	5.43%
13-14	50	69	24	8	5	29	37	43	265	5.00%
14-15	44	53	16	6	2	19	23	30	193	3.64%
15-16	35	58	15	4	2	16	30	30	190	3.58%
16-17	34	62	13	3	4	11	31	27	185	3.49%
17-18	27	41	8	4	2	16	14	17	129	2.43%
18-19	24	33	12	1		7	16	12	105	1.98%
19-20	11	45	7	4	2	8	11	15	103	1.94%
20-21	8	20	6	5	1	3	8		51	0.96%
21-22	9	18	8	1		5	9	2	52	0.98%
22-23	2	16	2			1	5	3	29	0.55%
23-24	1	22	2			2	6		33	0.62%
24-25	3	8	5	2		3	2		23	0.43%
>25	1	15	2		1		3		22	0.42%
N° Datos	1002	1108	468	255	212	532	854	869	**5300**	
% Ocurrencia	18.91%	20.91%	8.83%	4.81%	4.00%	10.04%	16.11%	16.40%		**100.00%**
								Total	**5300**	**100.00%**

Estadística	*Dirección (°)*								*Total*
Básica	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*(cm/s)*
Vel. Max	25.80	26.40	25.80	24.60	25.20	24.50	26.40	22.90	**26.40**
Vel. Med	9.84	12.01	9.82	7.75	6.77	9.27	9.66	9.09	**9.86**
DesvtSt	4.75	5.61	5.41	4.95	4.42	4.89	4.98	4.49	**5.17**

CONFIDENCIAL

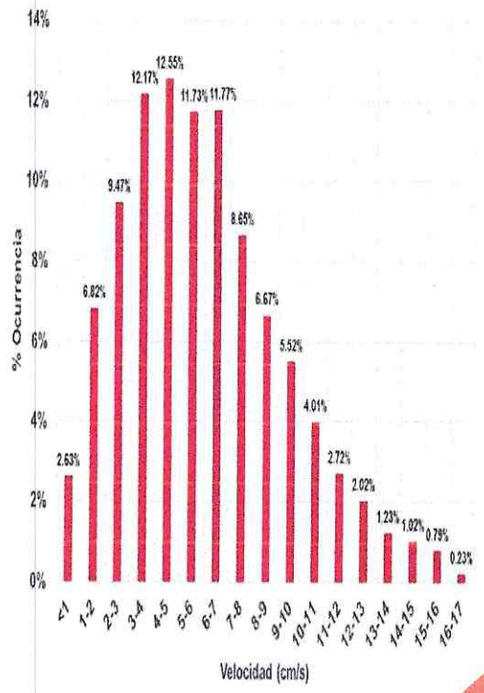
Figura 6: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Corriente Euleriana, Capa de Fondo "PtaCotitira".



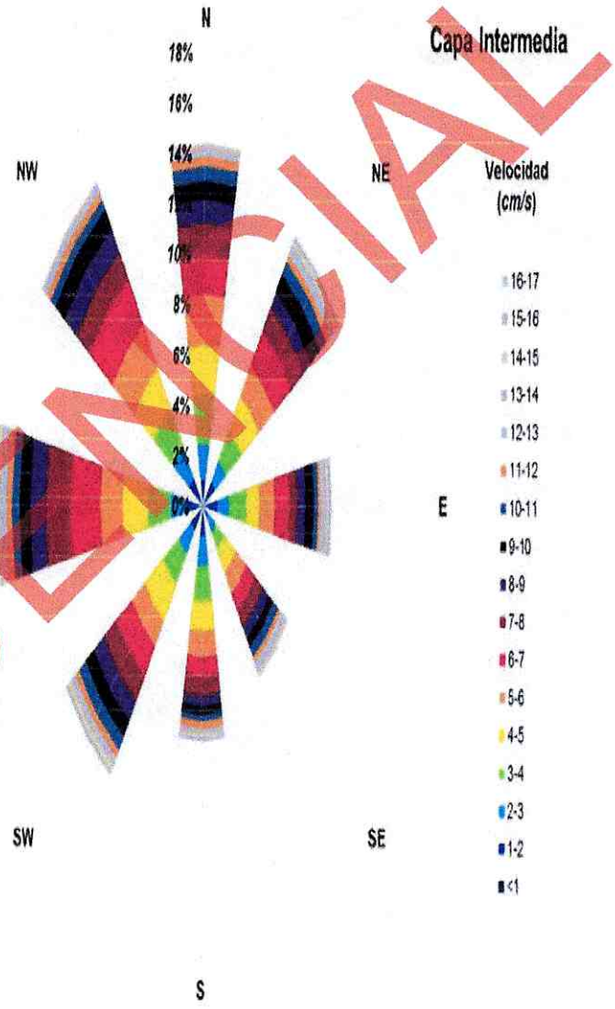
CONFIDENCIAL

000378

Figura 7: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Corrientes Euleriana, Capa Intermedia "Punta Cotitira".

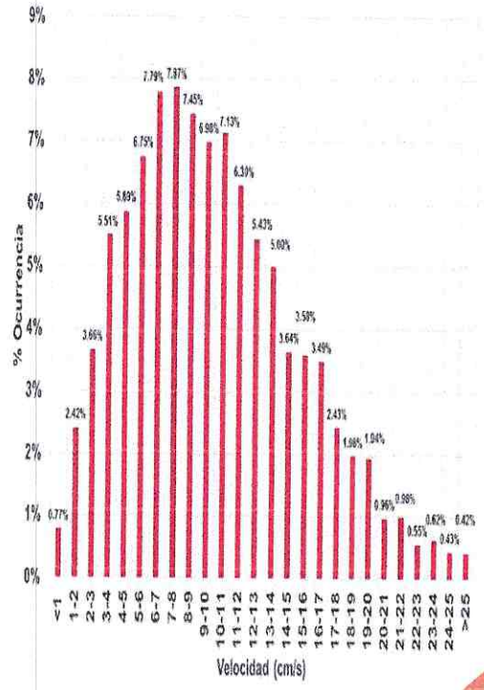




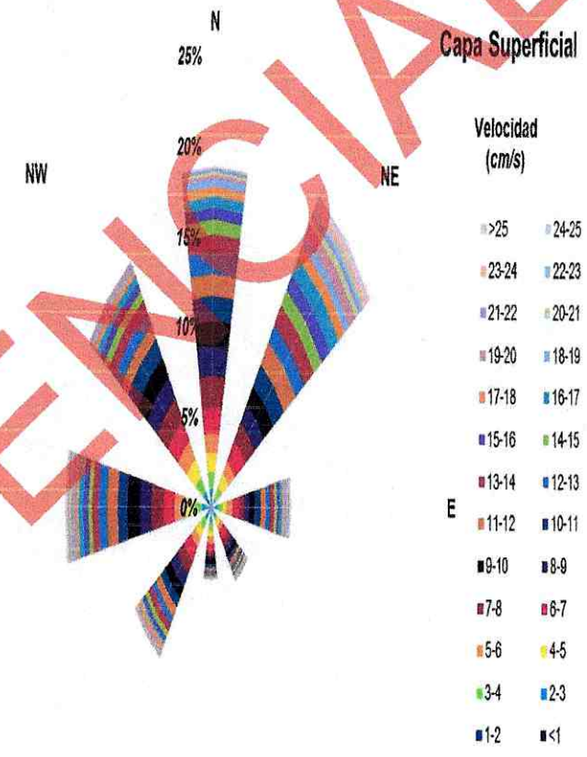


CONFIDENCIAL

Figura 8: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Corrientes Euleriana, Capa Superficial "Punta Cotitira".







CONFIDENCIAL

Para analizar las corrientes como serie de tiempo, éstas fueron reducidas a series horarias, calculándose las respectivas componentes ortogonales. Así se definen las componentes U y V de la siguiente manera:

Componente U : Weste – Este, positiva si el flujo va hacia el Este.

Componente V : Sur – Norte, positiva si el flujo va hacia el Norte.

Para las series de tiempo de componentes ortogonales, se obtuvieron los estadísticos básicos (mínimo, máximo, promedio y desv. estándar) (Cuadro 5), en base a la estadística horaria Anexo 1 Corrientes EulerianasPunta Cotitira.

Cuadro 5: Estadística básica de las componentes ortogonales U y V (cm/s)-Capa Fondo, Intermedia y Superficial

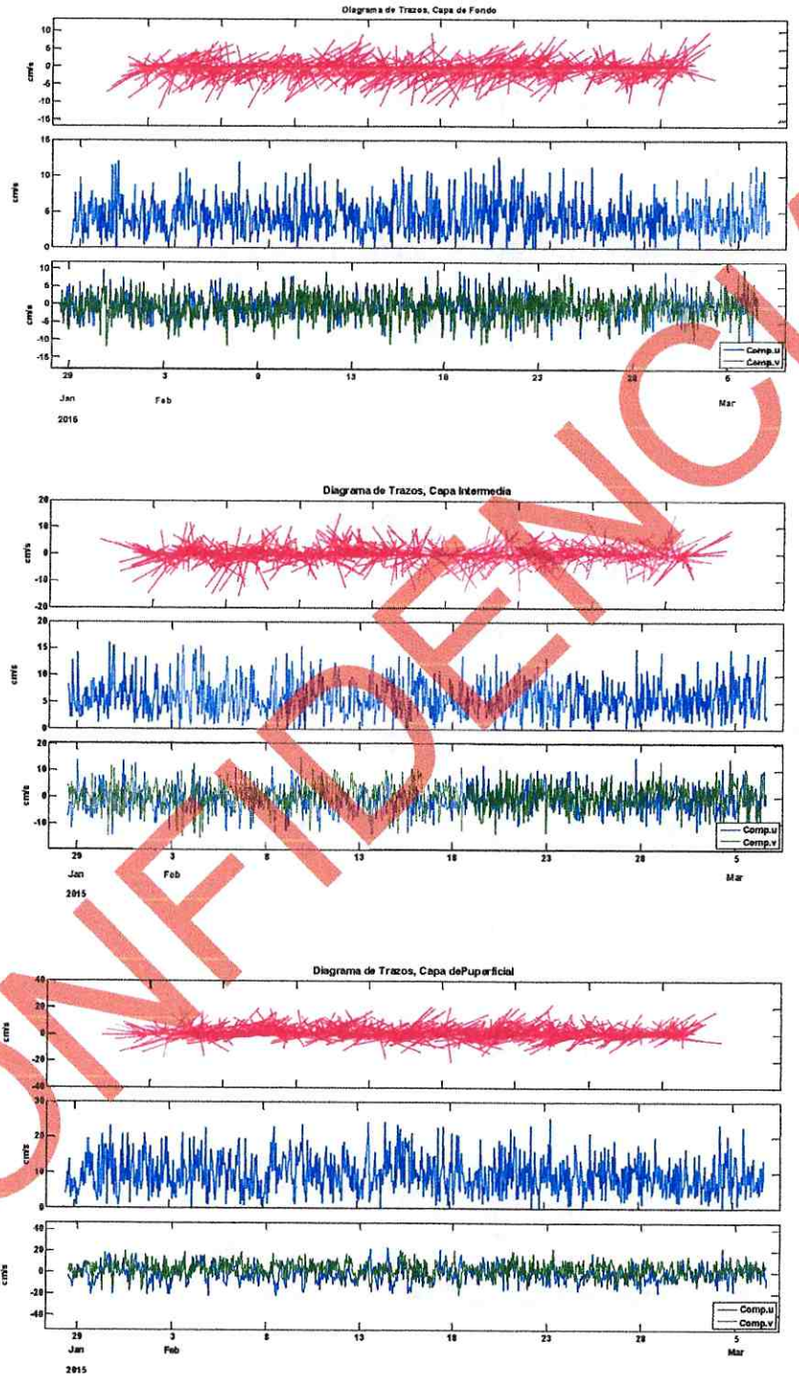
Componentes	Capa de Fondo		Capa Intermedia		Capa Superficial	
Ortogonales	Comp. (u)	Comp. (v)	Comp. (u)	Comp. (v)	Comp. (u)	Comp. (v)
Mín. *(cm/s)*	-10.26	-11.72	14.24	15.39	-21.82	-20.76
Máx. *(cm/s)*	9.84	10.02	15.06	15.31	23.82	23.05
Prom. *(cm/s)*	**-0.32**	**-0.59**	**0.67**	**0.61**	**-0.37**	**3.63**
DesvSt*(cm/s)*	3.47	3.70	4.75	4.84	7.89	6.81

Las velocidad promedio de las componentes ortogonales de cada capa (Cuadro 5) presentan un indicador de la tendencia general del recorrido que tendría una partícula suspendida en la columna de agua, de este modo es posible inferir de los resultados presentados que en la capa más cercana al fondo la tendencia se presentó hacia las componentes del 3er cuadrante dirección SW, en la capa intermedia la tendencia se presentó hacia las componentes del 1er cuadrante dirección NE, mientras que la capa superficial presento una tendencia en el recorrido hacia el 4to cuadrante asociada a la componente NW.

A continuación se presenta un diagrama de trazos para cada capa analizada (Figura 9), en los tres casos evaluados es posible notar la tendencia de la corriente a lo largo del tiempo de registro, donde las tendencias direccionales confirman la información de las tablas de incidencia conjunta. Las gráficas de la velocidad muestran una proporcionalidad en las direcciones de ocurrencia de direcciones en la capa intermedia, mientras que en la capa profunda y superficial se observan una clara participación del 1er y 3er cuadrante (capa de fondo) y del 1er y 4to cuadrante (capa Superficial).

CONFIDENCIAL

Figura 9: Diagrama de Trazos Velocidad de la Corriente Euleriana por Componente. Panel Superior: Capa de Fondo, Panel Medio: Capa Intermedia, Panel Inferior: Capa Superficial.



CONFIDENCIAL

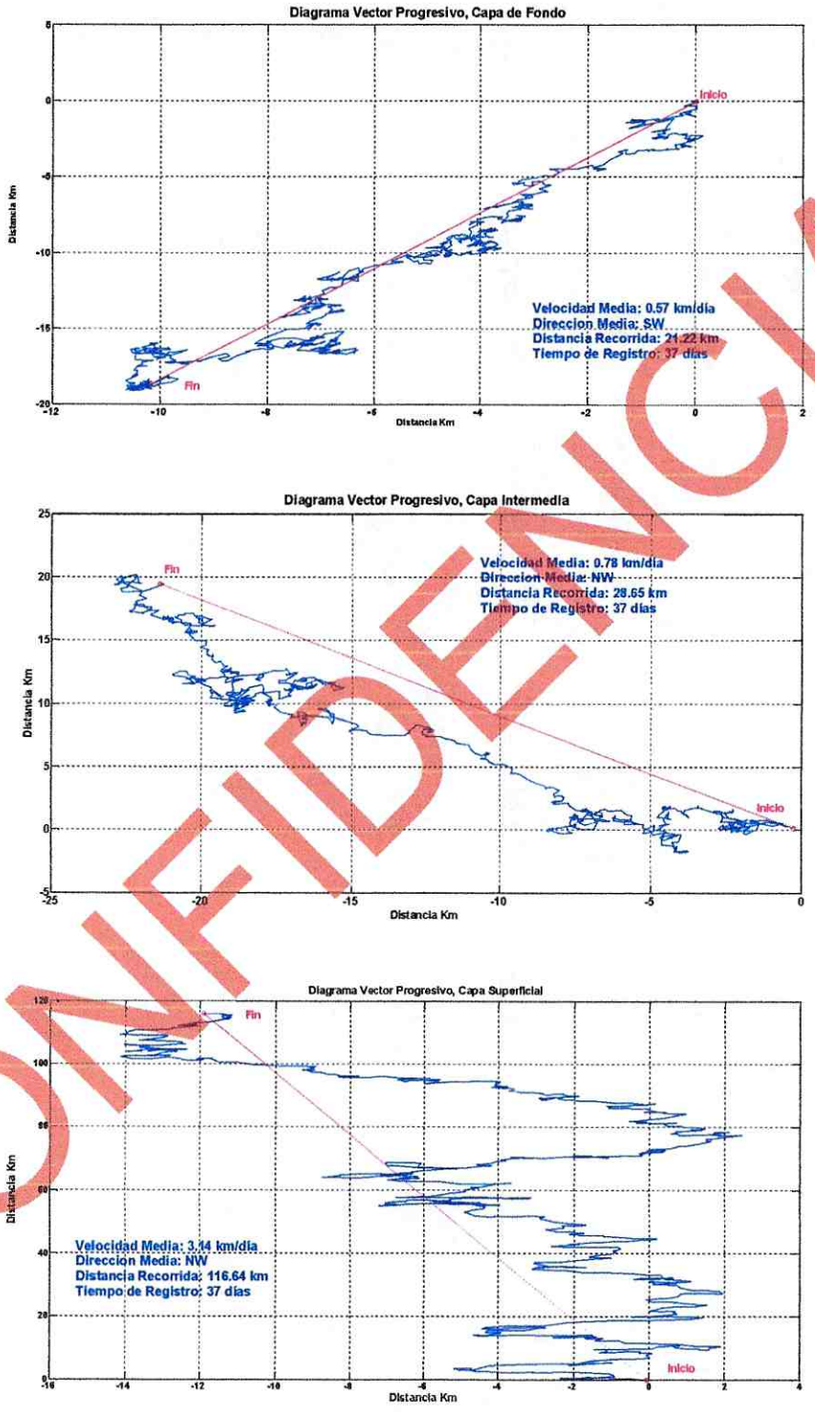
Para explicar el comportamiento de una partícula en el agua de las tres capas analizadas se construyó un vector progresivo para cada caso (Figura 10), los vectores progresivos mostraron que en la capa profunda a) presento un recorrido hacia la direcciona SW con una velocidad media de 0.57 (km/día) recorriendo una distancia de 21.22 (km). La capa intermedia presentó un recorrido hacia la dirección NW con una velocidad media de 0.78 (km/día) desplazándose 28.65 (km) y finalmente la capa superficial presentó un recorrido hacia la componente NW con una velocidad media de 3.14 (km/día), recorriendo una distancia de 116.64 (km).

Como es posible ver en las gráficasen los recorridos del vector progresivo de la capas analizadas, la capa profunda presento el menor avanceregistrando con pequeñas fluctuaciones en su recorrido mostrando un avance neto en dirección SW, la capa intermedia al igual que la capa profunda presento pequeñas fluctuaciones en su recorrido con un recorrido principalmente NW., por último la capa superficial de la misma forma a la capa intermedia presento fluctuaciones evidentes en su recorrido un recorrido direcciones E-W, sin embargo su avance neto se presentó hacia la componente NW, sin embargo, en su recorrido presentó avances hacia las componentes N, SW y S en el último tramo.

Para determinar el comportamiento de la corriente en el dominio de la frecuencia, se aplicó un análisis estadístico a nivel espectral (Figura 11). Este análisis permitió determinar la cantidad de energía (densidad espectral) que se encuentra asociada a las distintas bandas de frecuencia. Para tales efectos, en el análisis espectral se realizó considerando un nivel de confianza del 95% y 12 grados de libertad. De este análisis es posible observar que en las capas más profundas (capa de fondo e intermedia) la mayor densidad espectral se presenta en la frecuencia de 0.08 (cph), en ambas componentes con mayor énfasis en la componente meridional, mientras que en la capa superficial se puede observar mayor densidad espectral tanto en las frecuencias 0.04 y 0.08 (cph), frecuencias diurnas y semidiurnas respectivamente en ambas componentes.

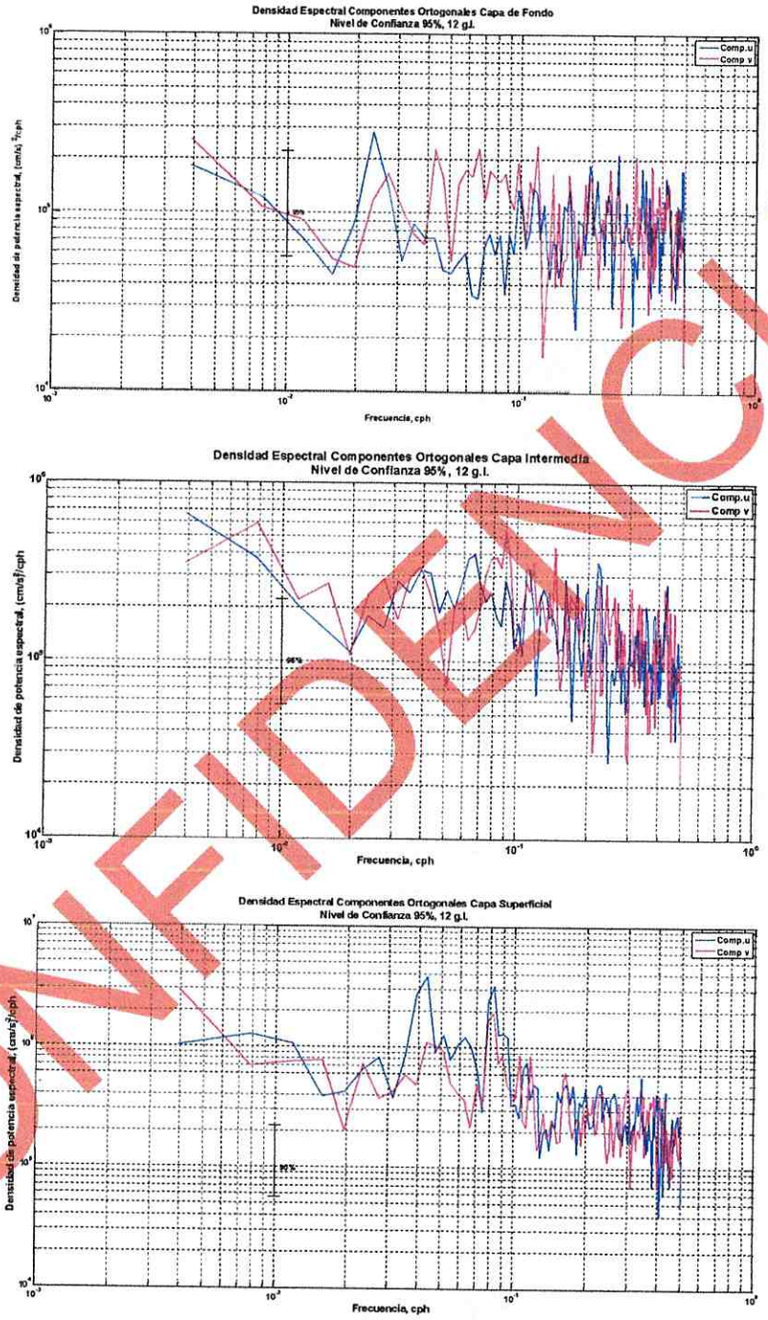
CONFIDENCIAL

Figura 10: Vector progresivo, Panel Superior: "Capa de Fondo", Panel Medio: "Capa Intermedia", Panel Inferior: "Capa Superficial".



CONFIDENCIAL

Figura 11: Densidad Espectral de las Componentes Ortogonalesde la corriente Euleriana por capas (Nivel de Confianza 95%, 12 gl). Panel Superior: "Capa de Fondo", Panel Medio: "Capa Intermedia", Panel Inferior: "Capa Superficial".



CONFIDENCIAL

CORRIENTES EXTREMAS

Con el objeto de determinar las corrientes extremas, se realizó una extrapolación de las corrientes máximas esperadas para distintos periodos de retorno, en base a una proyección de probabilidad tipo Gumbel, considerando las capas de medición analizadas previamente.

Se debe tener presente que la base de datos analizada corresponde a una serie de 37 días de datos de velocidad y dirección, razón por la cual este análisis tiene carácter netamente referencial y debe ser considerado como una primera aproximación de valores extremos.

A continuación se presenta la función de probabilidad utilizada para el ajuste.

Cuadro 6: Distribución de probabilidad utilizada para el ajuste de corrientes máximas.

Distribución Función	Expresión Matemática	Promedio y Desviación Estándar	Parámetros
Gumbel	$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)}}$	$\bar{x} = B + 0.5772A$ $\sigma = 1.283A$	$A = 0.779\sigma_x$ $B = \bar{x} - 0.4500\sigma_x$

En general, los valores extremos se clasifican en orden descendente, con la finalidad de asignar una probabilidad de no excedencia a cada valor extremo. Para ello se utilizan funciones de ploteo, las cuales deben ser tales que la función de distribución sea determinada con mayor precisión.

En el Cuadro 7se presenta la función de ploteo utilizada principalmente para eliminar el error cuadrático medio.

Cuadro 7: Funciones de ploteo.

Aplicación de la Formula	Posición grafica de la formula
Gumbel (Gringorten 1963)	$\widehat{F_m} = 1 - \frac{m - 0.44}{N + 0.12}$

En el Cuadro 8se presentan las lista de corrientes utilizadas para el cálculo de las condiciones extremas en el sector, estos datos corresponden a las 20 mayores intensidades registradas para cada una de las direcciones consideradas.

CONFIDENCIAL

Cuadro 8: Valores extremos Observados (cm/s). Punta Cotitira.

Capa de Fondo

Nº Datos	Corrientes Máximas (cm/s) Capa de Fondo							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	10.90	12.80	9.90	11.20	12.80	12.90	12.60	10.70
2	10.10	12.70	9.80	10.20	12.80	12.90	11.40	8.90
3	10.10	12.60	9.50	8.80	12.70	12.80	11.00	8.50
4	9.80	12.60	9.20	8.80	12.50	12.80	10.80	7.50
5	9.70	12.60	8.90	8.50	12.10	12.70	10.80	7.50
6	9.60	12.50	8.90	8.50	12.10	12.70	10.50	7.20
7	9.50	12.20	8.60	8.30	12.00	12.60	10.30	7.20
8	9.40	12.10	8.50	7.80	11.80	12.60	10.20	7.10
9	9.30	12.00	8.40	7.70	11.80	12.60	9.90	7.10
10	9.10	12.00	8.40	7.50	11.70	12.40	9.80	7.10
11	8.90	11.80	8.30	7.40	11.70	12.30	9.70	7.00
12	8.90	11.70	8.30	7.30	11.70	12.30	9.60	6.80
13	8.80	11.70	8.30	7.00	11.60	12.30	9.20	6.70
14	8.80	11.60	8.10	7.00	11.40	12.30	9.20	6.40
15	8.60	11.60	8.10	6.90	11.20	12.20	9.00	6.30
16	8.50	11.50	8.10	6.70	11.10	12.10	8.90	6.30
17	8.40	11.50	8.10	6.60	11.00	12.00	8.90	6.30
18	8.20	11.50	8.10	6.60	11.00	12.00	8.80	6.20
19	8.00	11.30	8.00	6.60	11.00	12.00	8.80	6.20
20	7.90	11.30	7.90	6.50	10.90	11.90	8.60	6.00

Capa de Intermedia

Nº Datos	Corrientes Máximas (cm/s) Capa Intermedia							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	15.60	16.40	16.30	16.30	16.10	16.10	15.80	14.30
2	15.20	16.20	16.10	16.10	15.70	16.10	15.30	14.10
3	15.00	16.20	15.90	15.40	15.70	15.80	14.80	14.00
4	14.60	16.20	15.90	14.70	15.60	15.80	14.70	14.00
5	14.00	16.00	15.70	14.40	15.60	15.70	14.60	13.60
6	14.00	15.90	15.60	13.70	15.30	15.60	14.50	13.50
7	13.80	15.50	15.50	13.50	15.30	15.40	14.40	13.50
8	13.80	15.40	15.30	13.50	15.10	15.40	14.40	13.40
9	13.70	15.30	15.30	13.40	15.00	15.20	14.30	13.20
10	13.60	15.20	15.20	13.20	14.70	15.20	14.20	13.20
11	13.60	15.20	15.20	13.00	14.20	15.10	14.20	12.90
12	13.50	15.10	15.10	13.00	14.10	15.00	14.20	12.80
13	13.30	14.80	15.10	12.90	14.00	14.90	14.00	12.60
14	13.20	14.70	14.60	12.80	13.90	14.50	14.00	12.50
15	12.90	14.70	14.40	12.80	13.90	14.50	14.00	12.50
16	12.90	14.60	14.30	12.40	13.70	14.30	13.90	12.50
17	12.70	14.60	14.20	12.40	13.70	14.30	13.90	12.40
18	12.70	14.20	14.20	12.20	13.40	14.30	13.70	12.40
19	12.60	14.10	14.10	12.20	13.30	14.20	13.70	12.30
20	12.60	14.10	13.80	12.10	12.80	14.20	13.60	12.10

CONFIDENCIAL

Superficial

Nº Datos	Corrientes Máximas (cm/s)							
	Capa Superficial							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	25.80	26.40	25.80	24.60	25.20	24.50	26.40	22.90
2	24.80	26.40	25.70	24.40	20.80	24.40	25.90	22.90
3	24.30	26.20	25.00	21.50	19.90	24.30	25.70	22.90
4	24.30	26.00	24.60	20.50	19.60	23.40	24.70	21.50
5	23.10	25.90	24.50	20.30	17.90	23.10	24.60	21.00
6	22.60	25.80	24.40	20.30	17.60	22.90	23.90	19.90
7	22.30	25.70	24.40	20.10	16.70	21.80	23.70	19.80
8	21.80	25.60	23.80	20.10	16.50	21.40	23.20	19.70
9	21.70	25.50	23.00	19.70	16.00	21.20	23.20	19.60
10	21.70	25.50	22.80	19.60	16.00	21.10	23.10	19.60
11	21.50	25.40	22.80	19.40	15.60	21.00	23.10	19.50
12	21.40	25.30	21.90	19.20	15.20	20.20	22.90	19.50
13	21.30	25.10	21.80	18.50	14.80	20.20	22.80	19.30
14	21.30	25.10	21.70	17.80	14.00	20.00	22.60	19.30
15	21.30	25.10	21.60	17.30	13.90	19.80	22.30	19.30
16	21.20	25.00	21.20	17.20	13.60	19.80	22.10	19.20
17	20.90	25.00	21.20	17.10	13.20	19.60	21.90	19.20
18	20.80	24.60	21.00	16.70	13.10	19.50	21.60	19.20
19	20.80	24.50	21.00	16.40	13.10	19.30	21.60	19.00
20	20.70	24.50	20.80	16.20	12.90	19.20	21.60	19.00

El Cuadro 9muestra los resultados obtenidos de las extrapolaciones con un intervalo de confianza del 95%, estimando además las corrientes asociadas a periodos de retorno igual a 1, 2, 3, 4, 5 y 6meses.

CONFIDENCIAL

Cuadro 9: Periodo de retorno al 95% de confianza. Punta Cotitira.

Capa de Fondo, (velocidades en cm/s).

Fondo	Gumbel			Gumbel		
Período de Retorno (Mes)	Dirección N	R^2: 97.88%		Dirección NE	R^2: 90.89%	
	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	9.72	10.64	11.57	12.33	12.93	13.52
2	9.97	11.09	12.21	12.48	13.20	13.92
3	10.11	11.35	12.58	12.57	13.36	14.16
4	10.21	11.53	12.84	12.63	13.48	14.32
5	10.29	11.67	13.05	12.67	13.56	14.45
6	10.36	11.78	13.21	12.71	13.64	14.56
Período de Retorno (Mes)	Dirección E	R^2: 93.99%		Dirección SE	R^2: 96.05%	
	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	9.01	9.73	10.45	8.74	10.25	11.75
2	9.20	10.07	10.94	9.14	10.96	12.79
3	9.30	10.26	11.22	9.37	11.38	13.39
4	9.38	10.40	11.42	9.53	11.67	13.81
5	9.44	10.51	11.58	9.66	11.90	14.15
6	9.49	10.60	11.71	9.76	12.09	14.42
Período de Retorno (Mes)	Dirección S	R^2: 93.52%		Dirección SW	R^2: 89.28%	
	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	12.19	12.93	13.67	12.64	13.03	13.42
2	12.38	13.27	14.17	12.74	13.21	13.68
3	12.49	13.48	14.46	12.79	13.31	13.83
4	12.57	13.62	14.66	12.83	13.38	13.93
5	12.63	13.73	14.83	12.86	13.44	14.02
6	12.68	13.82	14.96	12.89	13.49	14.08
Período de Retorno (Mes)	Dirección W	R^2: 98.06%		Dirección NW	R^2: 91.26%	
	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	10.71	11.96	13.21	7.93	9.27	10.61
2	8.22	9.74	11.26	8.27	9.89	11.51
3	8.10	9.77	11.44	8.47	10.25	12.04
4	8.01	9.79	11.58	8.61	10.51	12.41
5	7.94	9.81	11.68	8.71	10.70	12.70
6	7.89	9.83	11.76	8.80	10.87	12.93

CONFIDENCIAL

Capa Intermedia, (velocidades en cm/s).

Intermedio	Gumbel			Gumbel		
Período de	Dirección N	R^2: 97.07%		Dirección NE	R^2: 91.08%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	14.33	15.38	16.43	15.74	16.62	17.51
2	14.61	15.88	17.15	15.96	17.03	18.11
3	14.77	16.17	17.57	16.09	17.27	18.46
4	14.89	16.38	17.87	16.18	17.44	18.70
5	14.98	16.54	18.10	16.25	17.57	18.89
6	15.05	16.67	18.29	16.31	17.68	19.05
Período de	Dirección E	R^2: 90.27%		Dirección SE	R^2: 95.40%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	15.60	16.47	17.35	14.43	15.94	17.44
2	15.82	16.88	17.94	14.83	16.65	18.47
3	15.94	17.11	18.28	15.06	17.06	19.06
4	16.03	17.28	18.52	15.22	17.35	19.49
5	16.10	17.41	18.71	15.34	17.58	19.82
6	16.16	17.51	18.87	15.44	17.77	20.09
Período de	Dirección S	R^2: 89.33%		Dirección SW	R^2: 90.13%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	15.21	16.36	17.52	15.53	16.31	17.08
2	15.50	16.89	18.29	15.72	16.66	17.60
3	15.66	17.20	18.74	15.84	16.87	17.91
4	15.78	17.42	19.05	15.91	17.02	18.12
5	15.87	17.58	19.30	15.97	17.13	18.29
6	15.94	17.72	19.50	16.02	17.23	18.43
Período de	Dirección W	R^2: 97.87%		Dirección NW	R^2: 93.44%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	14.73	15.38	16.02	13.58	14.39	15.20
2	13.52	14.31	15.09	13.79	14.77	15.76
3	13.46	14.33	15.20	13.91	14.99	16.08
4	13.43	14.35	15.27	14.00	15.15	16.30
5	13.39	14.36	15.33	14.06	15.27	16.48
6	13.37	14.37	15.38	14.12	15.37	16.63

CONFIDENCIAL

Capa Superficial, (velocidades en cm/s).

Superficial	Gumbel			Gumbel		
Período de	Dirección N	R^2: 93.23%		Dirección NE	R^2: 93.74%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	23.26	25.04	26.82	25.85	26.54	27.23
2	23.72	25.88	28.03	26.03	26.87	27.70
3	23.98	26.36	28.74	26.13	27.06	27.98
4	24.17	26.70	29.24	26.21	27.19	28.17
5	24.31	26.97	29.63	26.26	27.29	28.32
6	24.43	27.19	29.95	26.31	27.38	28.45
Período de	Dirección E	R^2: 91.61%		Dirección SE	R^2: 94.99%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	24.13	26.15	28.16	21.07	23.87	26.67
2	24.65	27.08	29.51	21.81	25.20	28.58
3	24.94	27.62	30.31	22.23	25.97	29.70
4	25.15	28.01	30.87	22.53	26.51	30.49
5	25.31	28.30	31.30	22.76	26.93	31.10
6	25.44	28.55	31.66	22.95	27.27	31.60
Período de	Dirección S	R^2: 97.17%		Dirección SW	R^2: 92.75%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	18.69	22.48	26.26	22.63	24.79	26.95
2	19.71	24.29	28.87	23.19	25.80	28.42
3	20.29	25.34	30.39	23.51	26.39	29.27
4	20.70	26.08	31.47	23.73	26.81	29.88
5	21.02	26.66	32.30	23.91	27.13	30.35
6	21.28	27.13	32.98	24.05	27.39	30.73
Período de	Dirección W	R^2: 96.69%		Dirección NW	R^2: 83.60%	
Retorno (Mes)	V min (95%)	V	V máx. (95%)	V min (95%)	V	V máx. (95%)
1	24.44	26.18	27.91	20.95	22.55	24.16
2	21.09	23.19	25.29	21.32	23.27	25.21
3	20.93	23.24	25.56	21.54	23.68	25.82
4	20.81	23.28	25.75	21.69	23.97	26.26
5	20.72	23.31	25.89	21.81	24.20	26.60
6	20.65	23.33	26.01	21.90	24.39	26.87

De los datos obtenidos de las extrapolaciones de las velocidades máximas de las corrientes analizadas por dirección, es posible determinar que las velocidades extremas asociada a un periodo de retorno de 6meses se presenta en la capa superficial componentes E con una velocidad de 25.62 (cm/s)pudiendo alcanzar una máxima de 31.66(cm/s), seguida además de la componente SW con una velocidad de 27.39 (cm/s) pudiendo alcanzar una máxima de 31.60 (cm/s).

CONFIDENCIAL

4. CORRENTOMETRIA LAGRANGIANA (DERIVADORES)

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de correntometría con derivadores se realizó en el área de estudio en 3 puntos de lance o estaciones en periodos de cuadratura y sicigia lunar, y condición mareal de llenante y vaciante en tres capas distintas, capa superficial, a 5 m bajo la superficie y 10 m bajo la superficie. Los lanzamientos de cada uno de los derivadores fueron realizados con las características indicadas Cuadro 10.

En cada punto de lanzamiento se desplegaron derivadores del tipo veleta cruzada y su recorrido fue seguido desde una embarcación y posicionado mediante sistema de DGPS,de esta maneralas posiciones de los derivadores fueron vinculados a la red geodésica nacional en coordenadas UTM. La Figura 12 muestra de manera esquemática el procedimiento de medición realizado.

Cuadro 10: Puntos de lance derivadores, Cuadratura lunar.

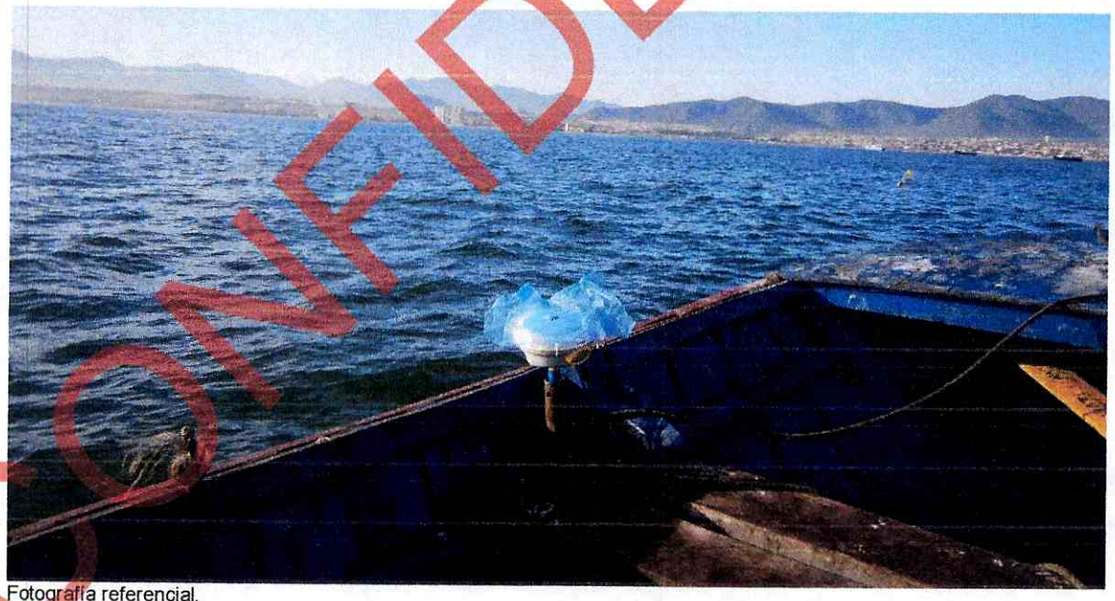
Condición Lunar Cuadratura						
Lance	Fase Marea	Profundidad	Día	Hora local	Coord. N	Coord. E
1	Llenante	0	09-02-2015	15:00:00	7,707,188	375,592
2	Llenante	0	09-02-2015	15:08:00	7,707,114	375,769
3	Llenante	0	09-02-2015	15:14:00	7,707,114	375,769
4	Llenante	5	09-02-2015	15:00:00	7,707,188	375,592
5	Llenante	5	09-02-2015	15:08:00	7,707,114	375,769
6	Llenante	5	09-02-2015	15:04:00	7,706,958	375,845
7	Llenante	10	09-02-2015	15:00:00	7,707,188	375,592
8	Llenante	10	09-02-2015	15:08:00	7,707,114	375,769
9	Llenante	10	09-02-2015	15:14:00	7,706,958	375,845
Lance	Fase Marea	Profundidad	Día	Hora local	Coord. N	Coord. E
10	Vaciante	0	09-02-2015	18:00:00	7,707,166	375,573
11	Vaciante	0	09-02-2015	18:03:00	7,707,121	375,807
12	Vaciante	0	09-02-2015	18:09:00	7,706,963	375,895
13	Vaciante	5	09-02-2015	18:00:00	7,707,166	375,573
14	Vaciante	5	09-02-2015	18:03:00	7,707,121	375,807
15	Vaciante	5	09-02-2015	18:09:00	7,706,963	375,895
16	Vaciante	10	09-02-2015	18:00:00	7,707,166	375,573
18	Vaciante	10	09-02-2015	18:03:00	7,707,121	375,807
19	Vaciante	10	09-02-2015	18:09:00	7,706,963	375,895

CONFIDENCIAL

Cuadro 11: Puntos de lance derivadores, Sicigia lunar.

Condición Lunar Sicigia						
Lance	Fase Marea	Profundidad	Día	Hora local	Coord. N	Coord. E
20	Llenante	0	06-03-2015	8:53:50	7,707,165	375,576
21	Llenante	0	06-03-2015	8:57:45	7,707,129	375,812
22	Llenante	0				
23	Llenante	5	06-03-2015	8:53:50	7,707,165	375,576
24	Llenante	5	06-03-2015	8:57:45	7,707,129	375,812
25	Llenante	5	06-03-2015	9:00:45	7,706,953	375,886
26	Llenante	10	06-03-2015	8:53:50	7,707,165	375,576
27	Llenante	10	06-03-2015	8:57:45	7,707,129	375,812
28	Llenante	10	06-03-2015	9:00:45	7,706,953	375,886
Lance	Fase Marea	Profundidad	Día	Hora local	Coord. N	Coord. E
29	Vaciante	0	06-03-2015	12:02:30	7,707,156	375,573
30	Vaciante	0	06-03-2015	12:05:48	7,707,126	375,813
31	Vaciante	0				
32	Vaciante	5	06-03-2015	12:02:30	7,707,156	375,573
33	Vaciante	5	06-03-2015	12:05:48	7,707,126	375,813
34	Vaciante	5	06-03-2015	12:08:15	7,706,953	375,893
35	Vaciante	10	06-03-2015	12:02:30	375,573	7,707,156
36	Vaciante	10	06-03-2015	12:05:48	375,813	7,707,126
37	Vaciante	10	06-03-2015	12:08:15	375,893	7,706,953

Figura 12: Mediciones de corriente superficiales con derivadores.



Fotografía referencial.

CONFIDENCIAL

4.2. RESULTADOS

A continuación se describen los resultados del comportamiento de los derivadores para cada medición realizada, separando en ciclo lunar y condición mareal (llenante o vaciante).

Mareas en sicigia, 09 de Febrero de 2015.

Llenante

Los lances efectuados en condición de llenante en cuadratura (Cuadro 12), presentan una trayectoria coincidente, orientada hacia el 4to cuadrante con direcciones principalmente NW lo que da cuenta de una columna de agua con tendencia direccional homogénea en esta condición.

En cuanto a las velocidades el punto 3 presento velocidades descendentes, registrándose la mayores velocidades en las lances que se encuentran más cerca de la superficie, en los puntos 1 y 2 las mayores velocidades se registraron en la capa de 5 m bajo la superficie, registrándose la máxima velocidad en este nivel en el lance 5 con 21.43 cm/s, las menores velocidades se presentaron en la capa más profunda coincidiendo con lo registrado en el punto 3.

Cuadro 12: Lances 09 de Febrero de 2015, Llenante en Cuadratura.

09-02-2015 Cuadratura
Llenante

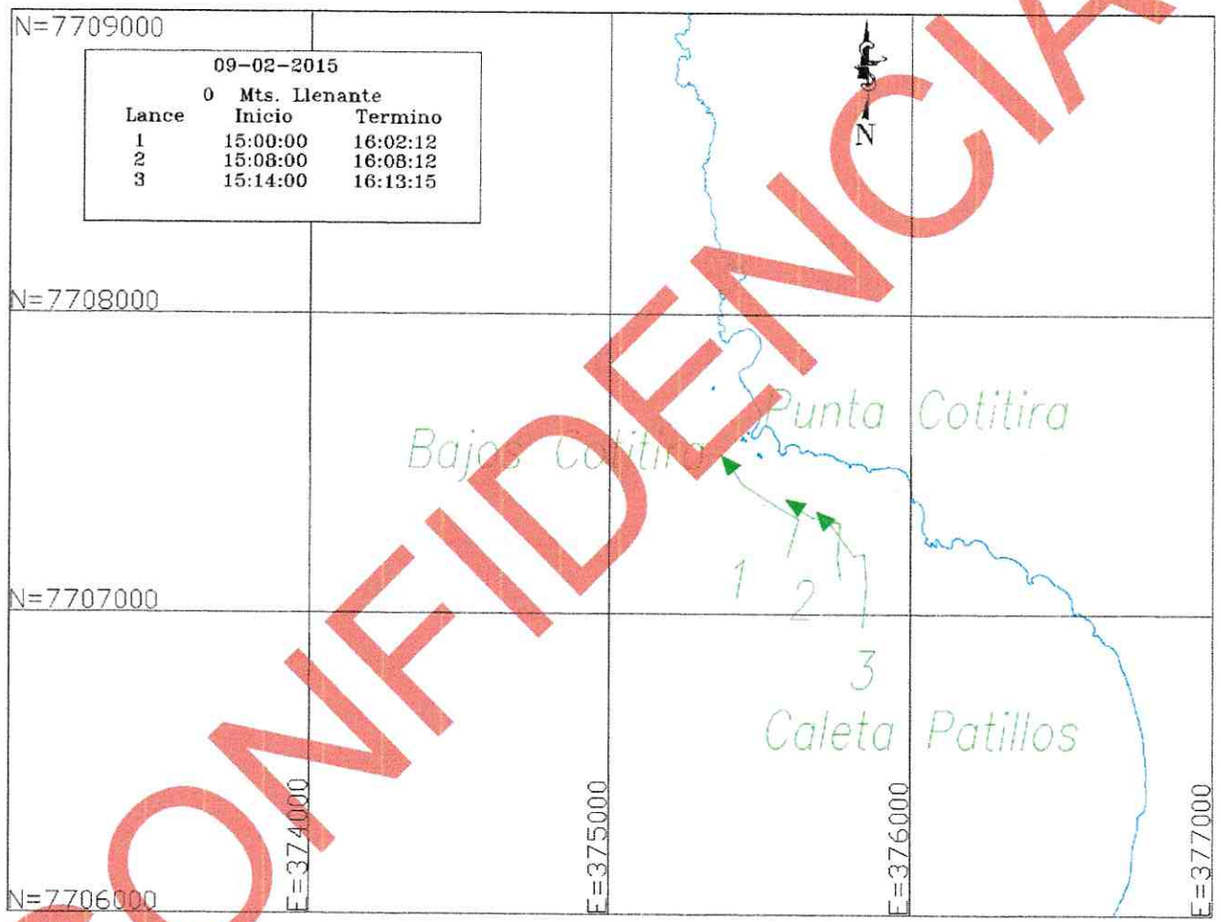
Punto 1	Lance 1	Lance 4	Lance 7
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	9.21	9.89	5.13
Dirección media	NW	NW	NW

Punto 2	Lance 2	Lance 5	Lance 8
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	7.65	21.43	3.24
Dirección media	NW	NW	W

Punto 3	Lance 3	Lance 6	Lance 9
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	7.84	6.40	2.48
Dirección media	NW	W	NW

CONFIDENCIAL

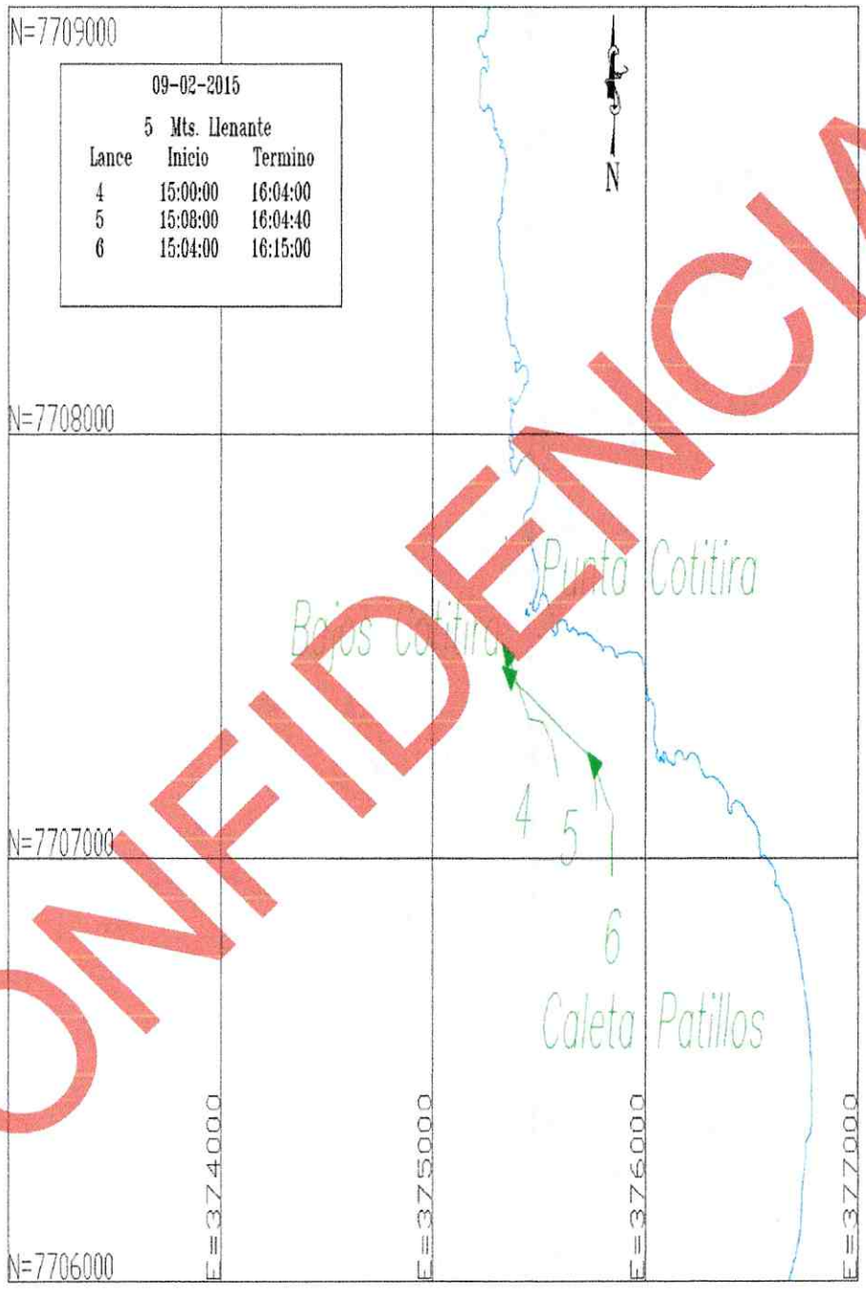
Figura 13: Trayectorias capa superficial, en Llenante, 09 de Febrero de 2015.



CONFIDENCIAL

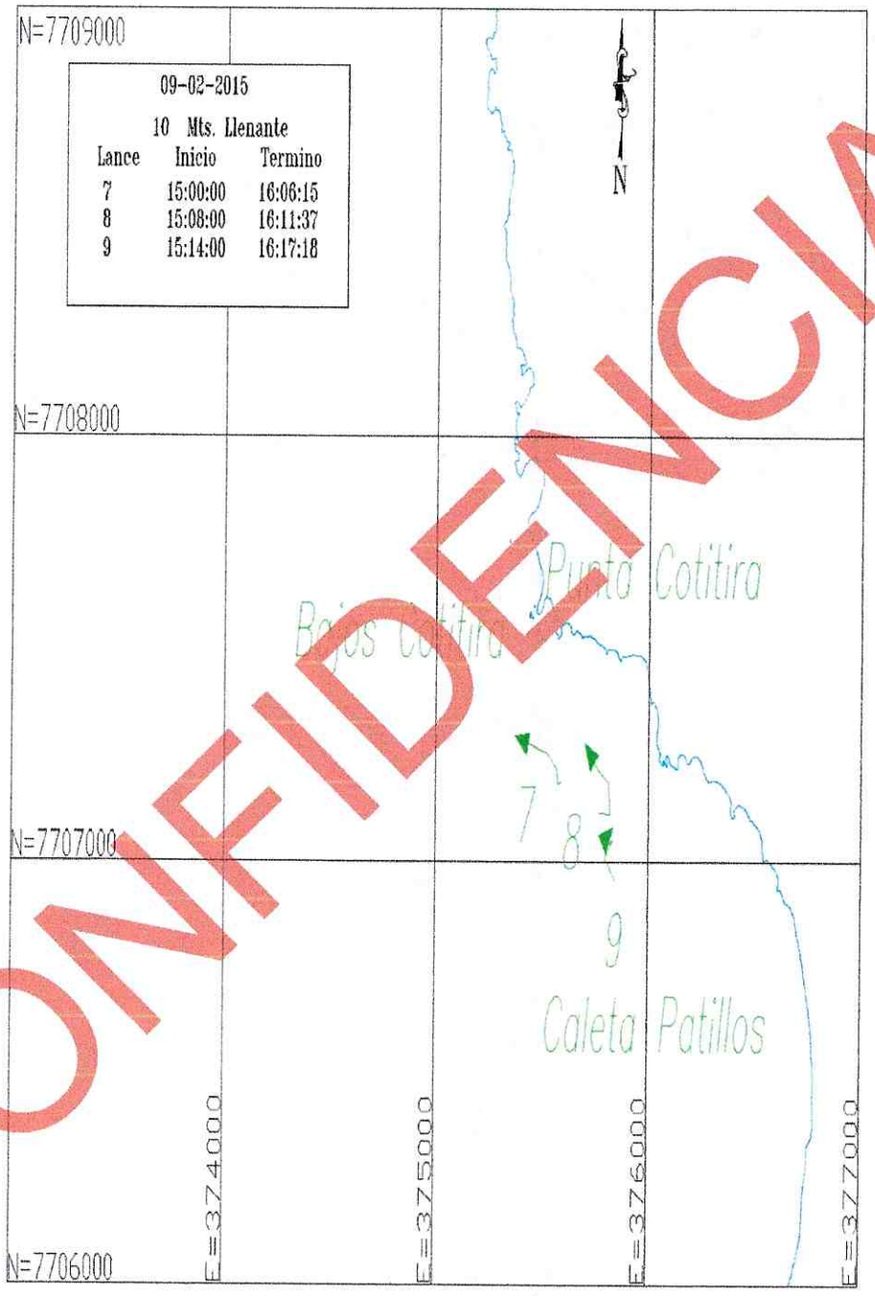
000393

Figura 14: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en Llenante, 09 de Febrero de 2015.



CONFIDENCIAL

Figura 15: Trayectorias a 10 m bajo la superficie en Llenante, 09 de Febrero de 2015.



CONFIDENCIAL

Vaciante

En estado de vaciante las direcciones presentaron recorridos entre el 4to y 2do cuadrante, la capa superficial presento un recorridos con tendencia NW y W, la capa de 5 m bajo la superficie presento una tendencia hacia el 4to cuadrante en los lances 13 y 15 mientras que el lance 14 presento un recorrido SE, la capa de 10 m bajo la superficie presento recorridos hacia las componentes E (lance16) y SE (lance 18) mientras que el lance 19 presento un recorrido hacia el NW.

En cuanto a las velocidades, destacan las velocidades registradas en la capa superficial donde se presentaron las mayores velocidades, siendo el máximo registro promedio el lance 10, Punto 1 con 5.49 (cm/s), por otro lado la mínima velocidad se observó en el lance 13 en la capa de 5 metros bajo la superficie con 1.0 (cm/s).

Cuadro 13: Lances 09 de Febrero 2015, Vaciante en cuadratura.

09-02-2015 Cuadratura
Vaciante

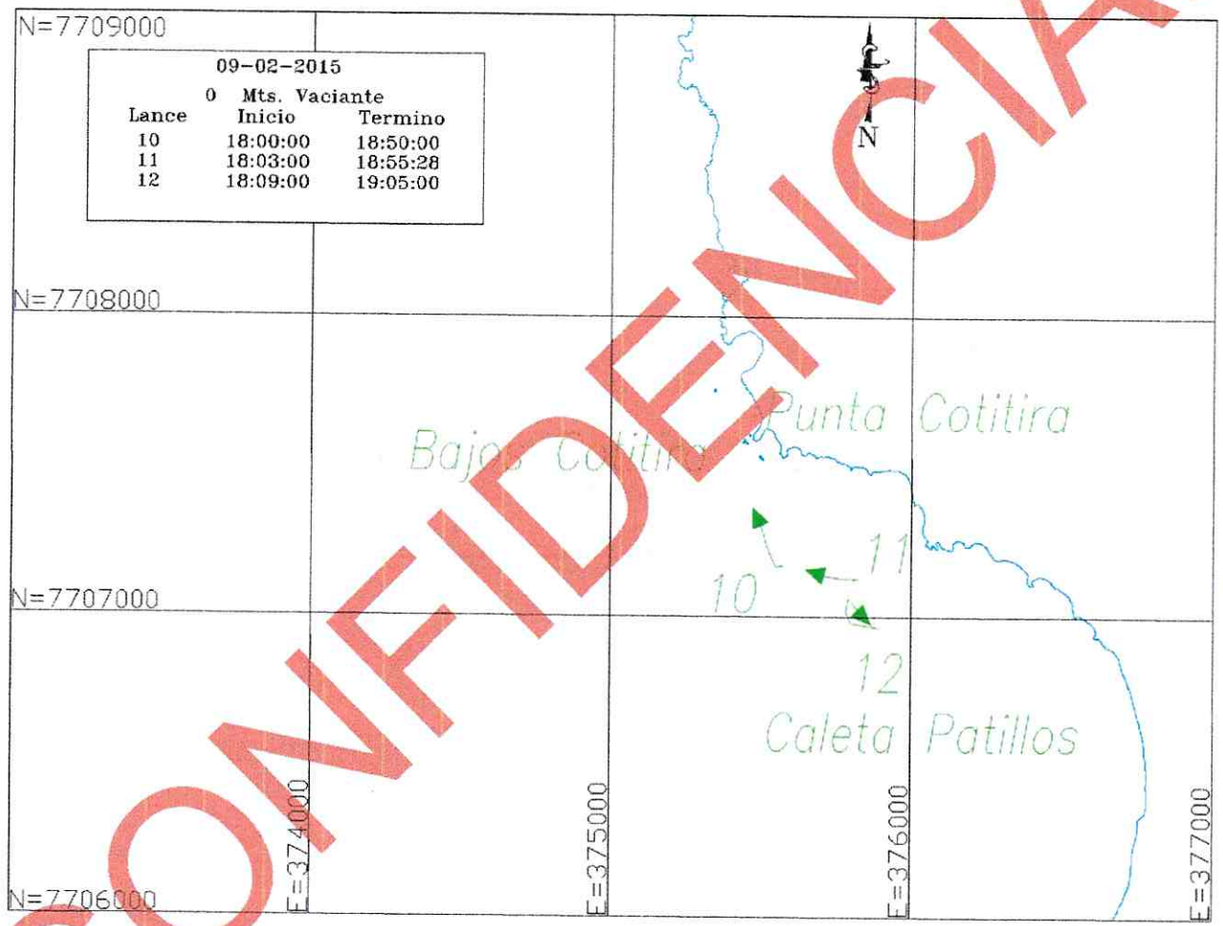
Punto 1	Lance 10	Lance 13	Lance 16
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	5.49	1.00	4.16
Dirección media	NW	NW	E

Punto 2	Lance 11	Lance 14	Lance 18
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	3.23	2.89	2.65
Dirección media	N	SE	SE

Punto 3	Lance 12	Lance 15	Lance 19
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	4.17	2.36	1.28
Dirección media	NW	N	NW

CONFIDENCIAL

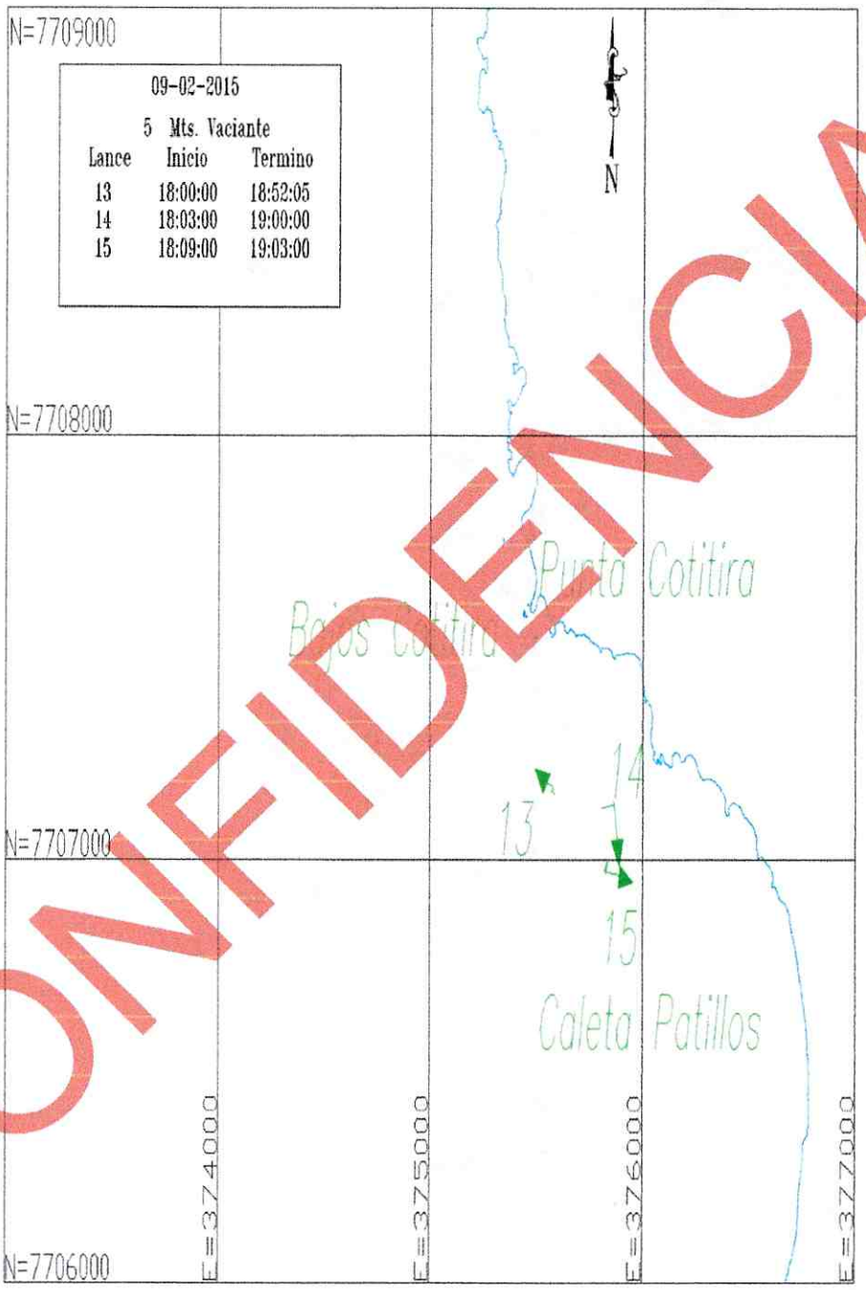
Figura 16: Trayectorias capa superficial en vaciante, 09 de Febrero 2015.



CONFIDENCIAL

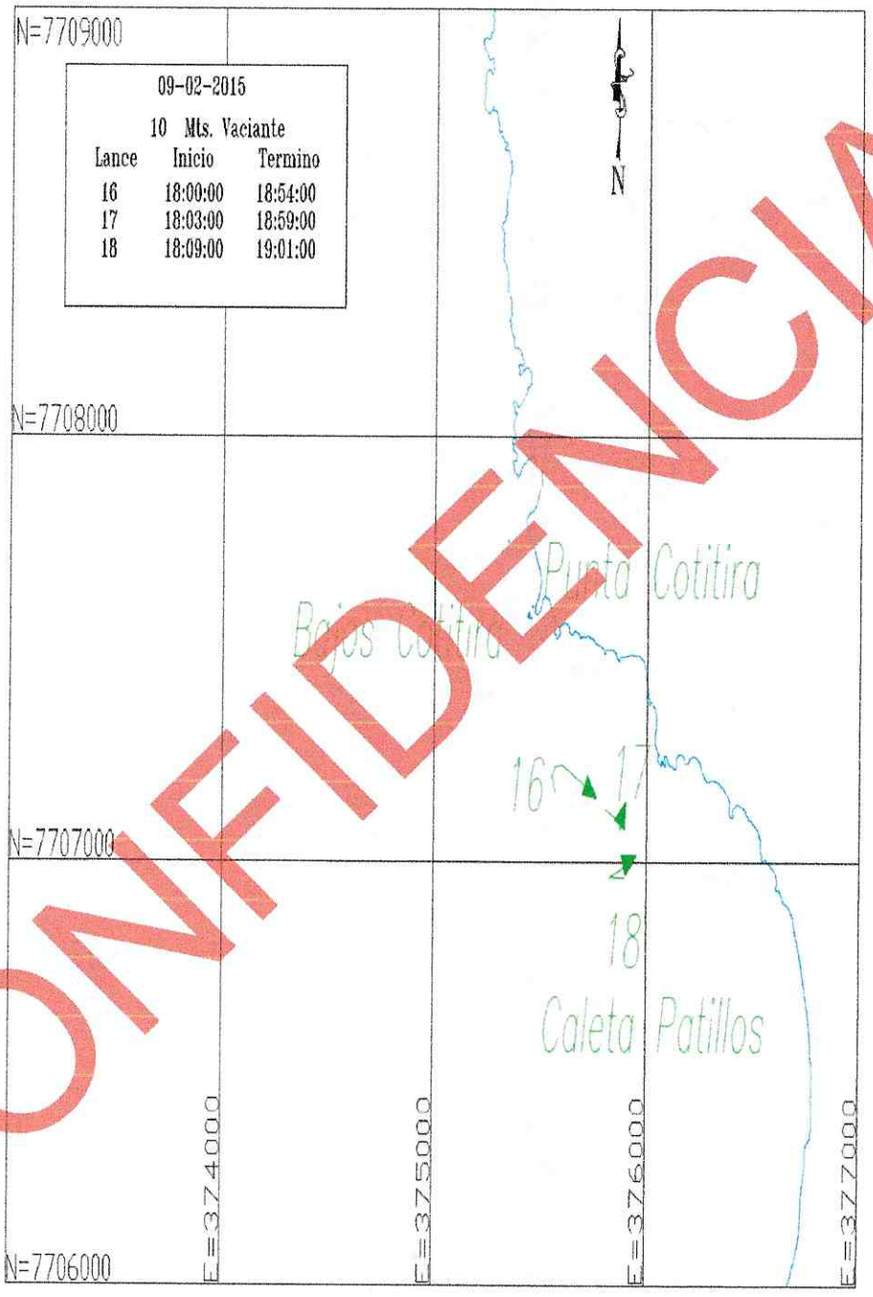
000397

Figura 17: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en vaciante, 09 de Febrero 2015.



CONFIDENCIAL

Figura 18: Trayectorias a 10 m bajo la superficie en vaciante, 09 de Febrero 2015.



CONFIDENCIAL

Mareas en cuadratura, 06 de Marzo del 2015

Llenante

En esta condición mareal se observó que los derivadores presentaron trayectorias hacia las componentes del 1er cuadrante en la capa superficial, mientras que la capa de 5 y 10 (m) bajo la superficie presentaron trayectorias en torno al 2do cuadrante, hacia el interior de la bahía.

En cuanto a las velocidades se registró las máximas velocidades en el lance 20 capa superficial con 5.58 (cm/s), mientras que el mínimo valor registrado se presentó en la capa de 5 m bajo la superficie con 0.75 (cm/s).

Cuadro 14: Lances 06 de Marzode 2015, Llenante en sicigia.

06-03-2015 Sicigia
Llenante

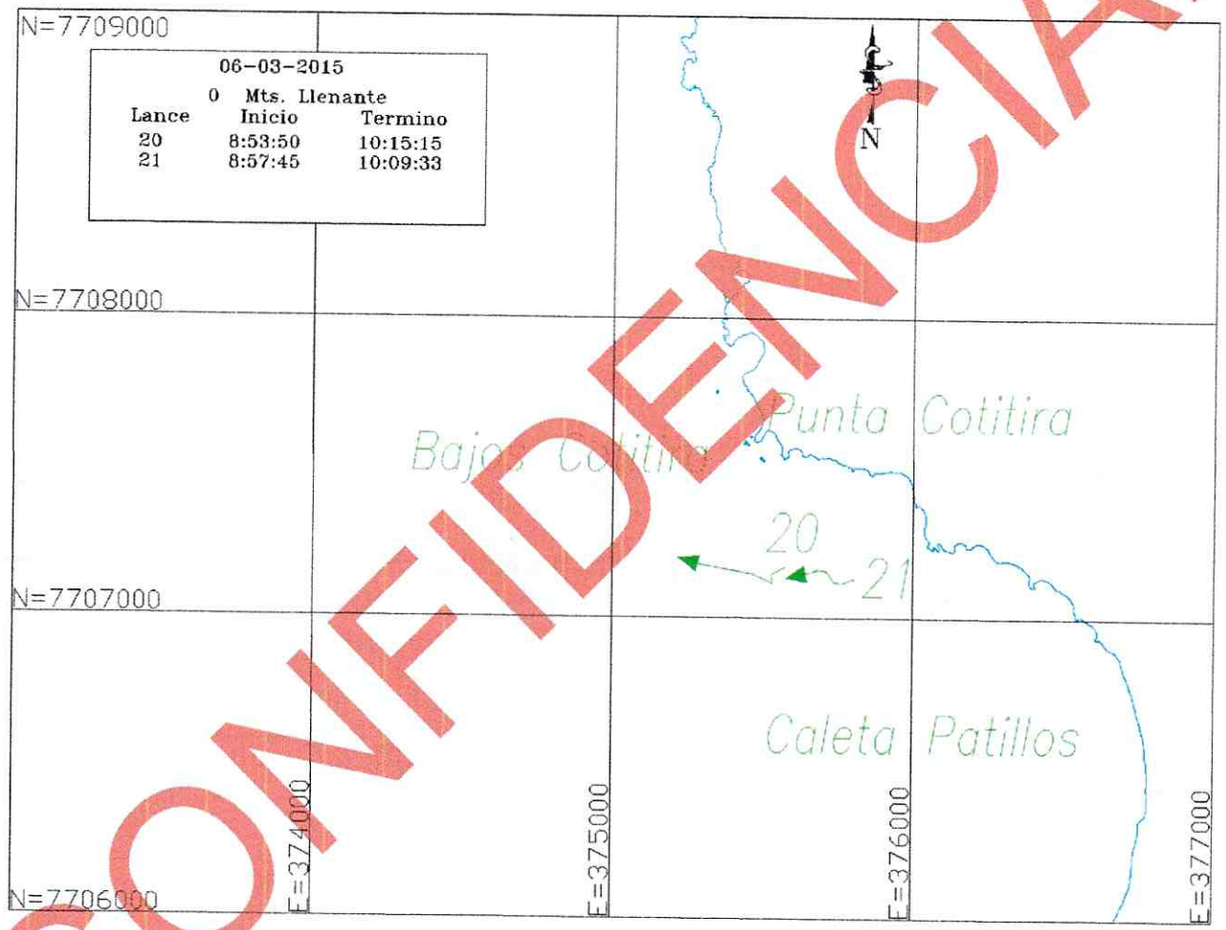
Punto 1	Lance 20	Lance 23	Lance 26
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	5.58	0.75	3.82
Dirección media	W	S	E

Punto 2	Lance 21	Lance 24	Lance 27
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	4.47	4.73	5.02
Dirección media	N	SE	S

Punto 3	Lance 22	Lance 25	Lance 28
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)		2.86	4.25
Dirección media		S	S

CONFIDENCIAL

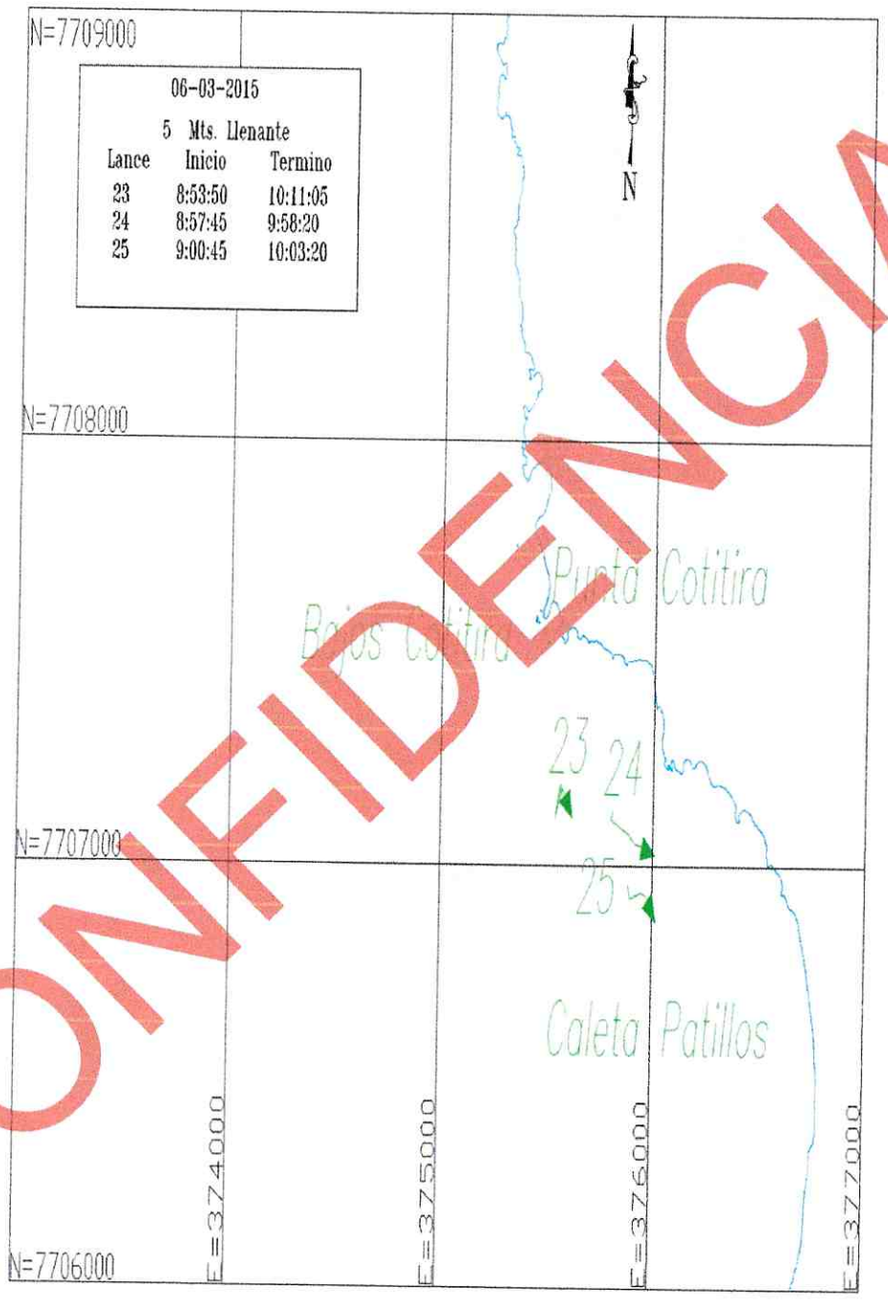
Figura 19: Trayectorias capa superficial en Llenante, 06 de Marzo 2015.



CONFIDENCIAL

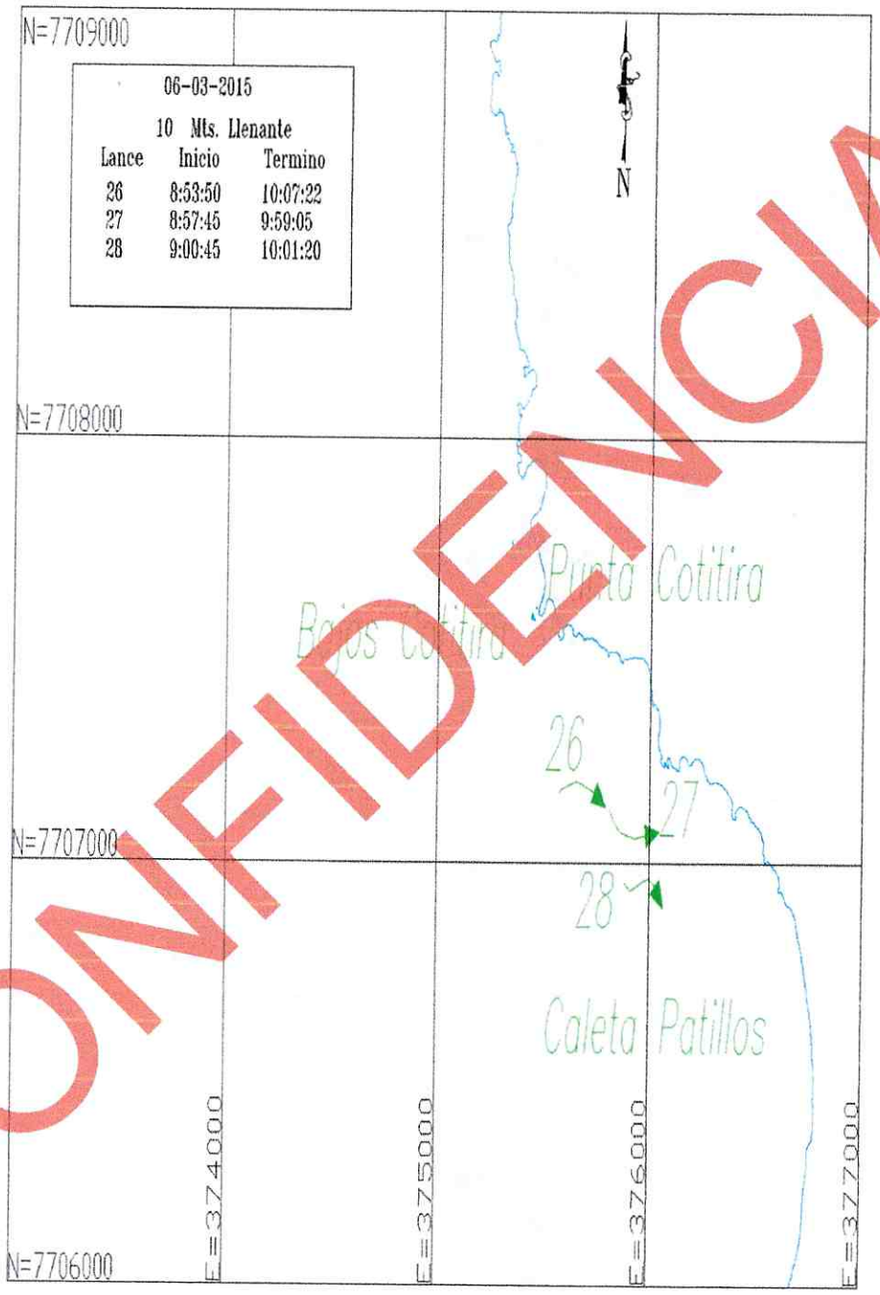
1073001

Figura 20: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en Llenante, 06 de Marzo 2015.



CONFIDENCIAL

Figura 21: Trayectorias a 10 m de superficie en Llenante, 06 de Marzo 2015.



CONFIDENCIAL

Vaciante

En esta condición mareal se observa un comportamiento distinto que en estado de llenante, en esta oportunidad la tendencia general fue el desplazamiento hacia el 4to cuadrante, los lances efectuados presentaron recorridos hacia el norte de la bahía.

En cuanto a las velocidades se observa, que los registros máximos se encuentran en la capa superficial con 12.96(cm/s) Lance 29. Mientras que la menor velocidad se registró en la capa de 5 (m) bajo la superficie con 1.23 (cm/s).

Cuadro 15: Lances 06 de Marzo 2015 vaciante en sicigia.

06-03-2015 Sicigia
Vaciante

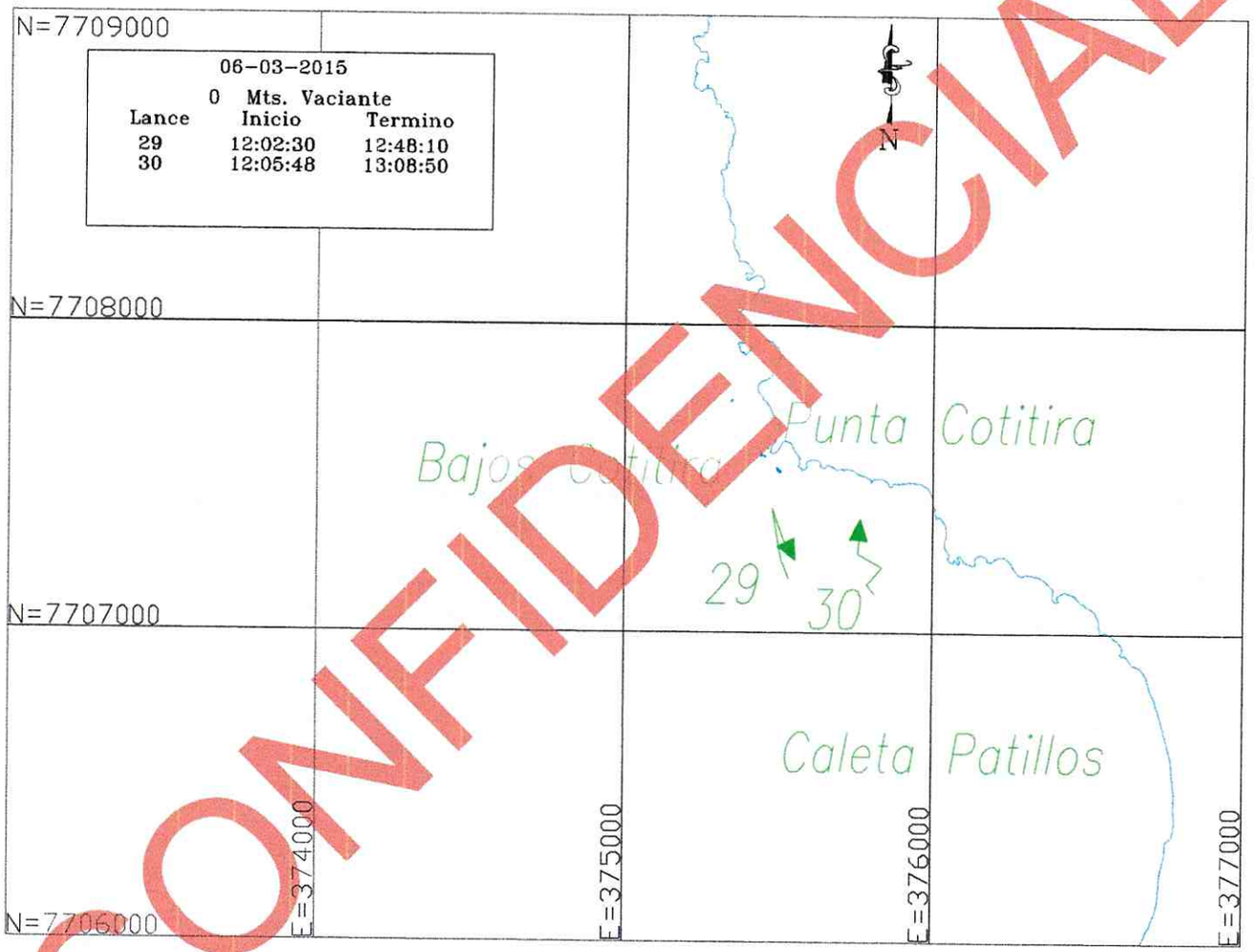
Punto 1	Lance 29	Lance 32	Lance 35
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	12.96	4.39	2.55
Dirección media	E	NW	S

Punto 2	Lance 30	Lance 33	Lance 36
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)	4.92	1.23	1.95
Dirección media	W	NE	NE

Punto 3	Lance 31	Lance 34	Lance 37
Profundidad	superficial	5 m	10 m
Velocidad media (cm/s)		3.43	3.28
Dirección media		N	NE

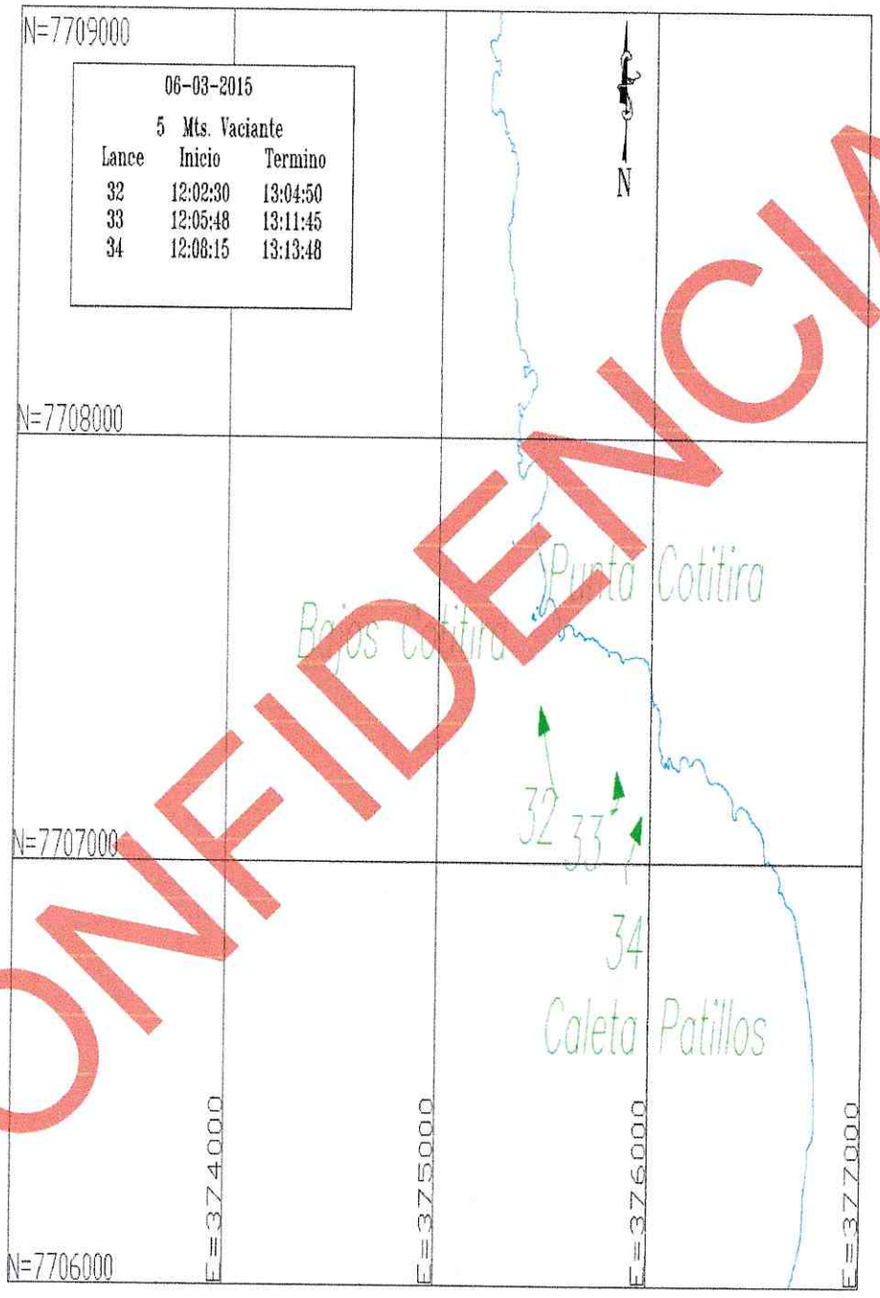
CONFIDENCIAL

Figura 22: Trayectorias capa superficial en vaciante, 06 de Marzo 2015.



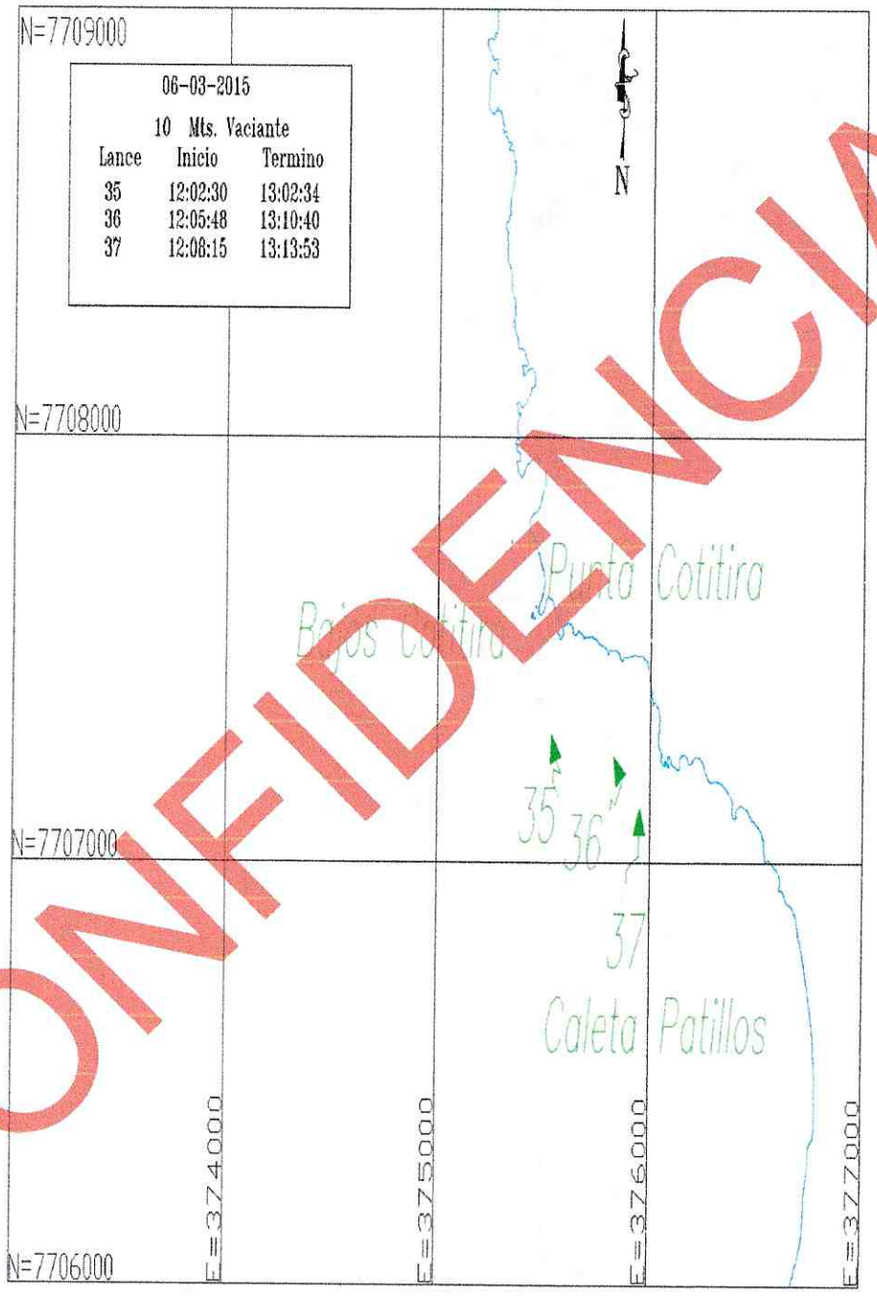
CONFIDENCIAL

Figura 23: Trayectorias a 5 m bajo la superficie en vaciante, 06 de Marzo 2015.



CONFIDENCIAL

Figura 24: Trayectorias a 10 m bajo la superficie en vaciante, 06 de Marzo 2015.



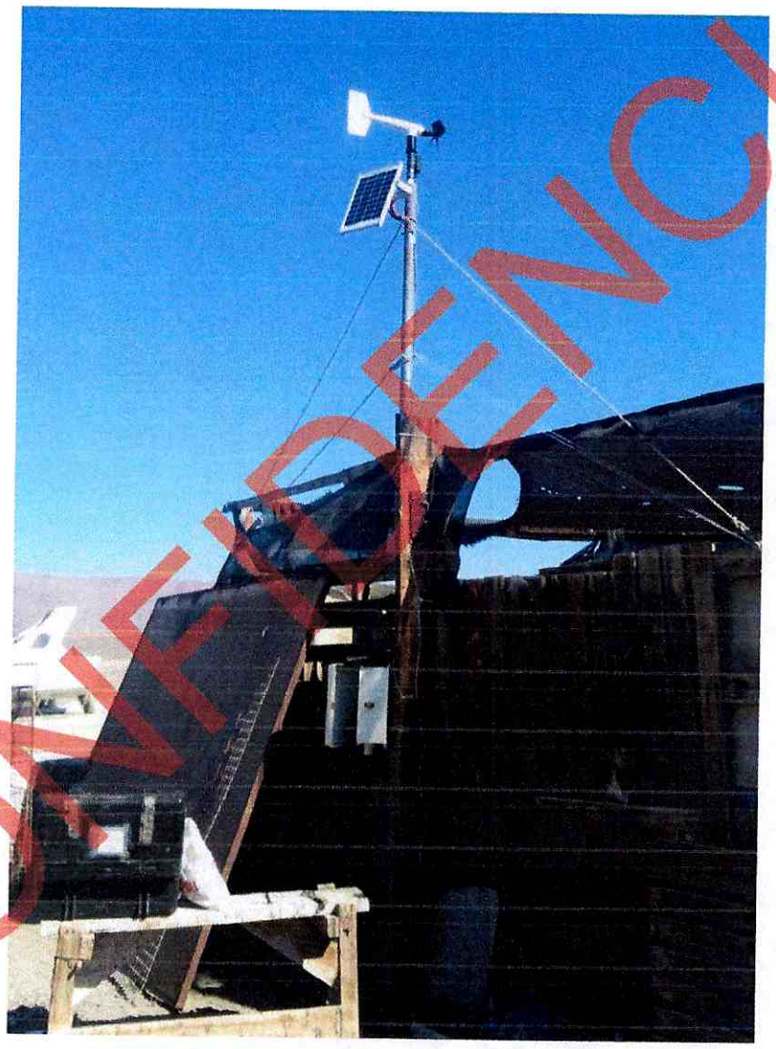
CONFIDENCIAL

5. VIENTO

5.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer el régimen local de vientos se efectuaron mediciones de esta variable con una estación meteorológica Young modelo 05013-5, instalada en el Punta Cotitira (Figura 25) a una altura aproximada de 21 metros sobre el NMM, ubicado en el punto de coordenadas UTM iguales a E: 375.777 y N: 7.709.696Datum WGS – 84.

Figura 25: Estación de Vientos



Las mediciones fueron realizadas en el período comprendido entre el 28 de Enero al 8 de Marzo de 2015.

CONFIDENCIAL

Previamente al análisis estadístico de la base de datos, la medición fue estandariza a una altura de 10 m, considerando una corrección de las velocidades mediante una distribución logarítmica de acuerdo a lo mostrado en la ecuación 1.

$$V_x = V_m \frac{\ln\left(\frac{z_x}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_m}{z_0}\right)}$$

Ecuación (1)

Donde Vx es la velocidad del viento a una altura Zx, Vm es la velocidad medida a la altura Zm y z0 es la altura de la rugosidad superficial. El valor adoptado para la rugosidad superficial en Punta Cotitira fue de 0.03 m, de acuerdo a lo establecido por las recomendaciones para obras marítimas (ROM 04-95), ilustrados en elCuadro 16. Este coeficiente se seleccionó considerando el valor mínimo para un tipo de superficie I.

Cuadro 16: Factores z_0 recomendados para cada tipo de superficie.

Tipo de Superficie		Z_0 (m)
I.	Mar abierto y campo abierto llano sin obstáculos (p.e. zonas costeras llanas, desiertos,...)	0.001 - 0.01
II.	Mar con oleaje muy fuerte y campo abierto, llano u ondulado, con obstáculos dispersos (p.e. praderas, paramos,...)	0.01 - 0.3
III.	Superficie boscosa, campo con obstáculos abundantes y pequeñas zonas urbanas (obstáculos con alturas entre 9 y 15 m)	0.3 - 1.0
IV.	Superficie con grandes y frecuentes obstáculos, y grandes ciudades	1.0 - 5.0

Fuente: ROM 04-95

CONFIDENCIAL

5.2. RESULTADOS

Los vientos fueron procesados a través de un análisis de frecuencia de magnitud y dirección (rosa de 8 direcciones) en términos de estadística básica, ciclo diario, componentes ortogonales y análisis espectral.

En el análisis de frecuencia, los vientos con magnitudes medias inferiores a 1 (m/s) fueron considerados calmas, debido a que éstos son muy débiles y poco importantes dentro del proceso de transferencia de energía desde la atmósfera al océano, de acuerdo a ello estos alcanzaron un 26.14% de los datos registrados.

Cuadro 17: Incidencia de velocidad y dirección, registro completo "Punta Cotitira"

Velocidad	*Dirección (°)*								*Total*	
(m/s)	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*N° Datos*	*% Ocurrencia*
1-2	5		18	82	621	563	34	10	1333	23.96%
2-3			1	6	488	604	5		1104	19.85%
3-4				1	245	769			1015	18.25%
4-5					143	385			528	9.49%
5-6					53	66			119	2.14%
6-7					3	7			10	0.18%
N° Datos	5	0	19	89	1553	2394	39	10	**4109**	
% Ocurrencia	0.09%	0.00%	0.34%	1.60%	27.92%	43.03%	0.70%	0.18%		**73.86%**
Calmas									**1454**	**26.14%**
								Total	**5563**	**100.00%**

Estadística	*Dirección (°)*								*Total*
Básica	*N*	*NE*	*E*	*SE*	*S*	*SW*	*W*	*NW*	*(m/s)*
Vel. Max	1.51	0.66	2.13	3.94	6.29	6.27	2.27	1.62	**6.29**
Vel. Med	0.24	0.32	0.64	0.84	2.16	2.59	0.62	0.55	**2.61**
DesvtSt	0.34	0.18	0.47	0.54	1.26	1.36	0.50	0.36	**1.70**

La incidencia conjunta entre la velocidad del viento y las direcciones de incidencia presentaron un predominio de magnitudes entre 1 a 2 (m/s) correspondiente al 23.96% de los registros, seguida de las magnitudes de 2 a 3 (m/s) con un 19.85% de las ocurrencias registradas, además solo el 0.18% de los datos registrados exceden los 7(m/s).

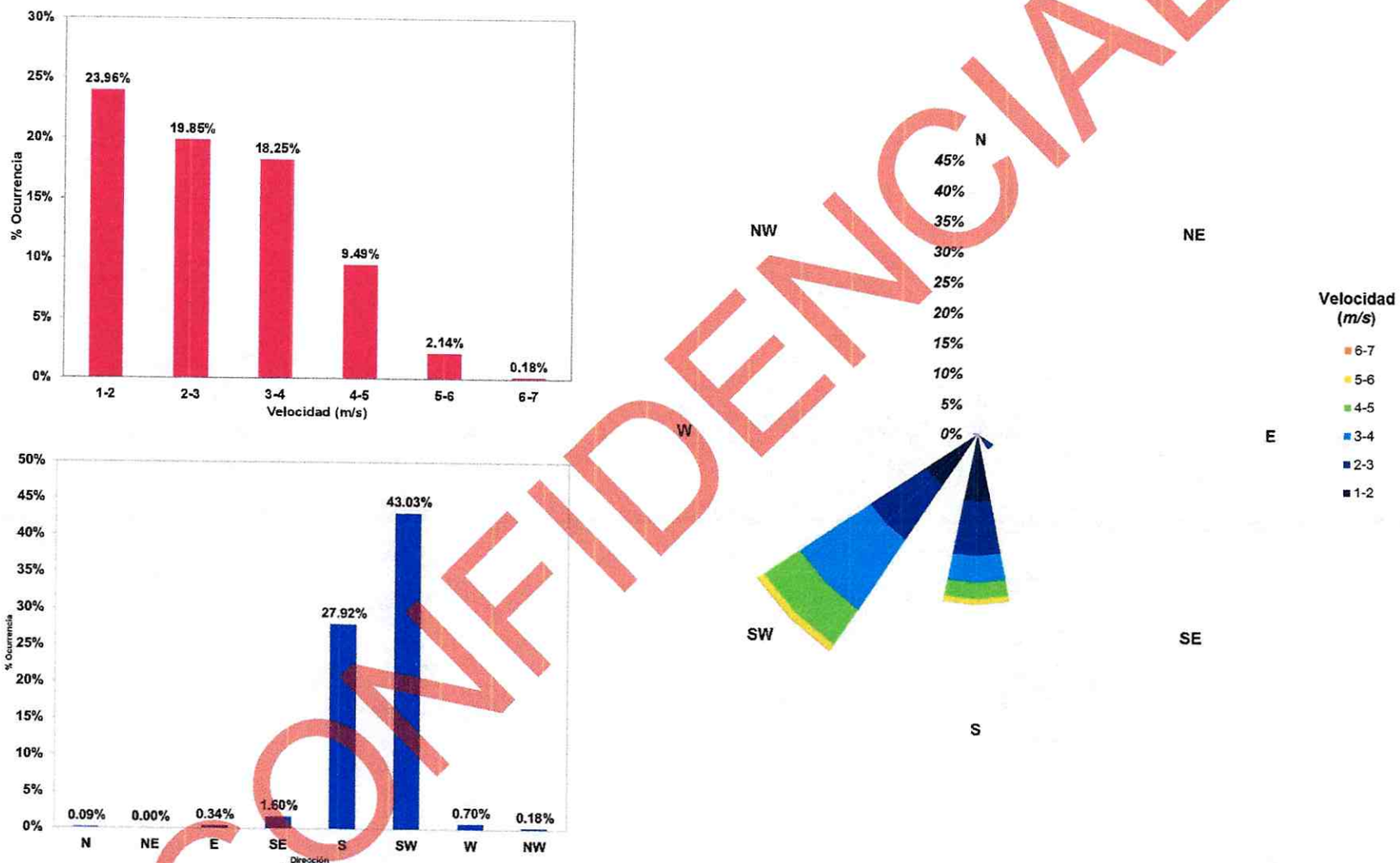
Direccionalmente se advierte que el régimen de vientos se presenta principalmente del 3er cuadrante, donde la dirección reinante fue la componente SW (43.03%) seguida de las componente S (27.92%).

Para determinar el viento dominante en la zona de estudio se obtuvieron los vientos máximos por dirección, registrándose las máximas velocidades desde la componente S con 6.29 m/s, seguida de la dirección SW con 6.27 m/s, el resto de los vientos máximos asociados a cada dirección son presentados en el Cuadro 16.

Finalmente en la rosa de direccionespresenta gráficamente las distribuciones de ocurrencia del viento en el sector de estudio Figura 26(Punta Cotitira).

CONFIDENCIAL

Figura 26: Histograma de Velocidad, Dirección y Rosa de Vientos, "Punta Cotitira".



CONFIDENCIAL

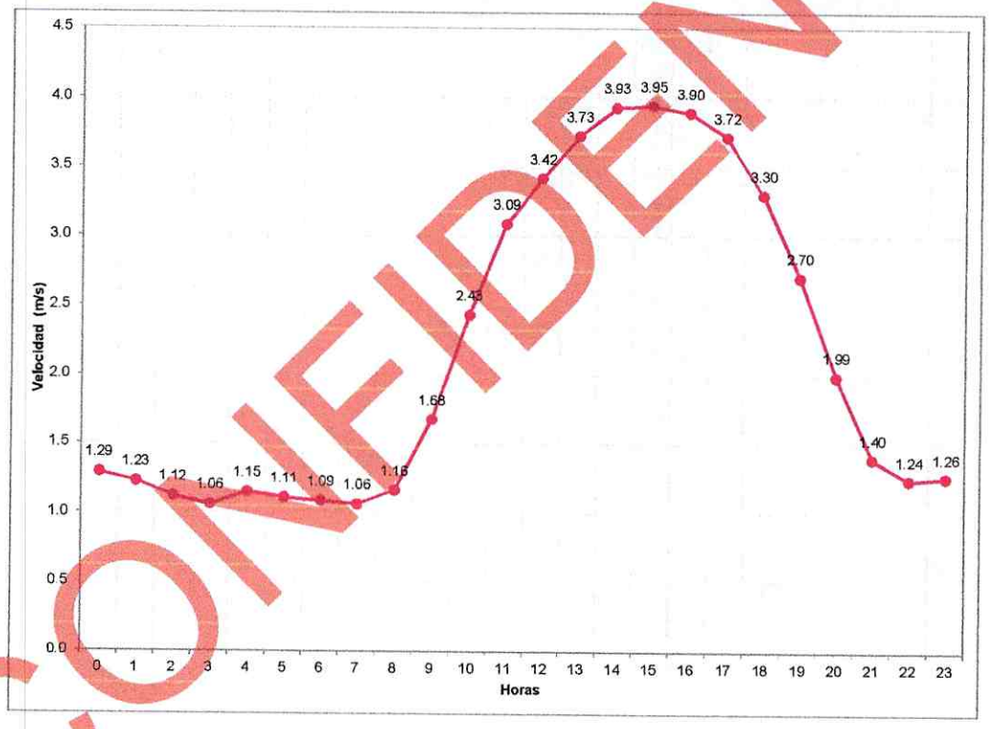
002411

ESTACIONALIDAD HORARIA

El comportamiento de los ciclos medios diarios de las velocidades del viento en Punta Cotitira son presentados en lasFigura 27 y Figura 28correspondiente a la velocidad media y las direcciones incidentes respectivamente. De este modo es posible observar que en cuanto a las velocidades medias estas comienzan a ascender con mayor relevancia a partir de las 07:00 horas, alcanzando el máximo registro de 3.95 m/s a las 15:00 horas, para luego descender alcanzando la mínima velocidad a las 03:00 horas con un registro de 1.06(m/s).

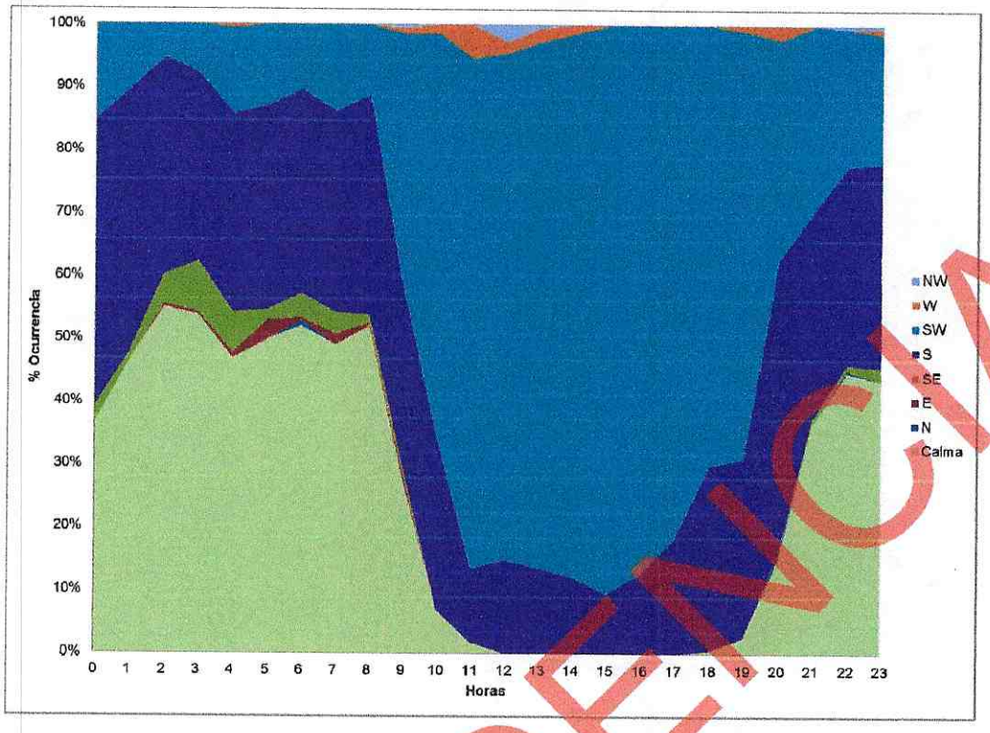
Direccionalmente las mayores ocurrencias se presentan del 3er cuadrante, donde destacaron: La componente SW presentando las mayores ocurrencias entre las 10:00 y las 19:00 horas, además de la componente SE: presentando las mayores ocurrencias entre las 00:00 y 09:00 y luego durante las 21:00 y las 23:00, los estados de calma se presentaron con mayor ocurrencia durante la madrugada entre 00:00 y las 09:00 horas y luego durante las 20:00 y las 23:00 horas.

Figura 27: Estacionalidad horaria de las velocidades incidentes "Punta Cotitira"



CONFIDENCIAL

Figura 28: Estacionalidad horaria de las direcciones incidentes "Punta Cotitira".



Para caracterizar el régimen de vientos como series de tiempo éstas fueron reducidas a series horarias, calculándose las respectivas componentes ortogonales. Así se definen las componentes U y V de la siguiente manera:

Componente U : Weste – Este, positiva si el flujo va hacia el Este.
Componente V : Sur – Norte, positiva si el flujo va hacia el Norte.

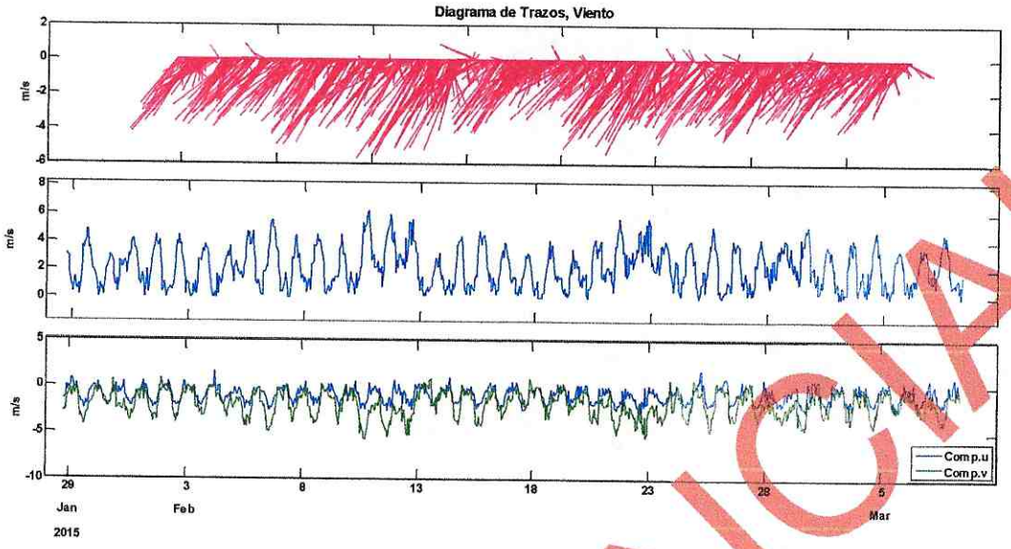
Cuadro 18: Resumen estadístico de las componentes ortogonales del viento.

Componentes Ortogonales	Mínimo [m/s]	Máximo [m/s]	Promedio [m/s]	DesvSt [m/s]
U (Weste-este)	-2.83	1.79	**-0.86**	0.82
V (Norte-Sur)	-5.73	0.88	**-1.85**	1.35

A partir del análisis del diagrama de trazos del viento que se muestran en la Figura 29y los resultados de los estadísticos de las componentes ortogonales Cuadro 18, se observó que los vientos provienen principalmente del 3er cuadrante (componentes promedio U y V negativo, siendo V de mayor intensidad, lo que indica que el flujo principal es de Norte a Sur).

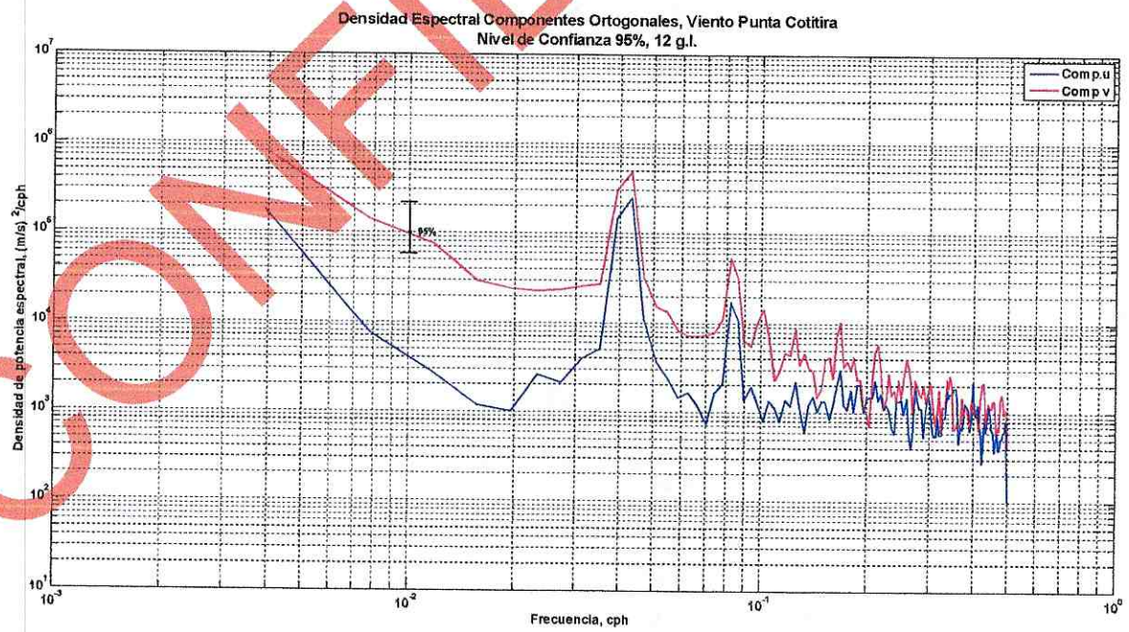
CONFIDENCIAL

Figura 29: Diagrama de trazos, componentes ortogonales del viento "Punta Cotitira"



Por último para determinar el comportamiento del viento en el dominio de la frecuencia, se aplicó un análisis estadístico de tipo espectral estándar (12 grados de libertad y 95% de confianza). El análisis espectral de las componentes ortogonales del viento en el sector de estudio (Figura 30) mostró mayor energía en la componente V respecto a su similar U, en las bajas frecuencias, presentando peak significativos principalmente en las frecuencias diurnas y semidiurnas en ambas componentes.

Figura 30: Autoespectro de energía del viento, "Cotitira" (95% de confianza, 12 g.l).



CONFIDENCIAL

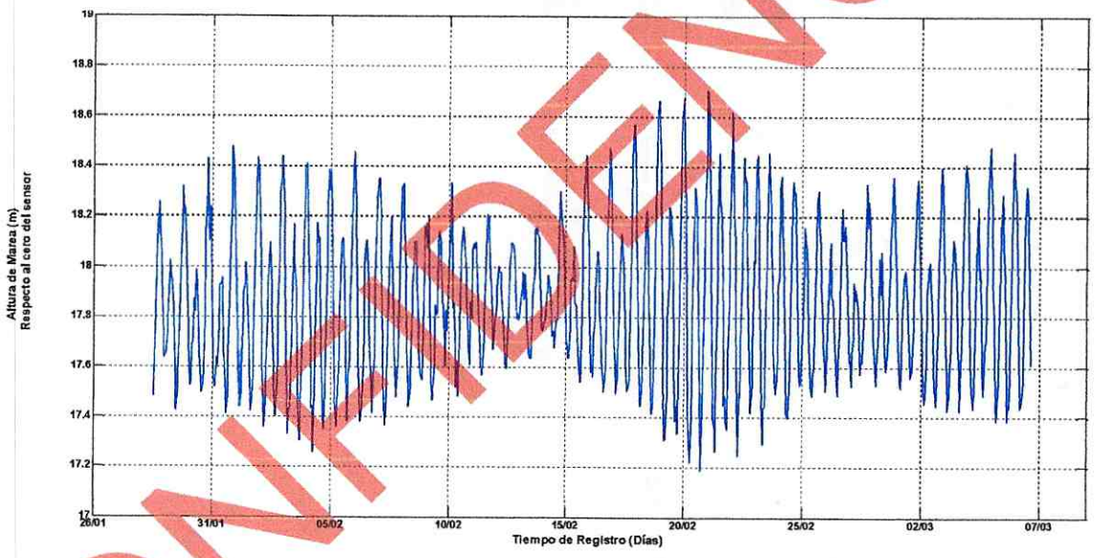
6. MAREAS

El objetivo del presente análisis es determinar las características generales del comportamiento mareal en el área de estudio, cabe destacar que en esta oportunidad el registro fue realizado mediante el sensor de presión del ADCP instalados en la zona, cuya finalidad es realizar posteriormente una correlación de la marea con las corrientes registradas, de manera de poder determinar si la marea es un agente forzante de las corrientes de la zona de estudio.

6.1. RESULTADOS

La Figura 31muestra la curva de marea del área de Caldera. En ella, se observa el efecto de las sicigias de los días3 y 18 de Febrerode 2015, con mayores amplitudes y un retardo inercial de 1 a 2 días. Así también, se observa las mínimas amplitudes producto de las cuadraturas delos días12y 25 de Febrero 2015.

Figura 31: Curva de marea Punta Cotitira



Del registro realizado por el ADCP se define que el rango de marea fue de 1.52 (*m*), con un nivel medio de 16.87 (*m*) (referido al cero del sensor), encontrándose la máxima observada de 18.71 (*m*) sobre el nivel medio estimado y la mínima de 17.19 (*m*) bajo el nivel medio.

CONFIDENCIAL

7. CORRELACIÓN CRUZADA CORRIENTE/MAREA/VIENTO

Para cuantificar el efecto de forzante del viento y marea sobre las corrientes, se analizó la correlación cruzada de las componentes marea/corriente y viento/corriente del sector, de este modo determinó el dominio de estas componentes como forzantes de las corrientes registradas en la zona de estudio.

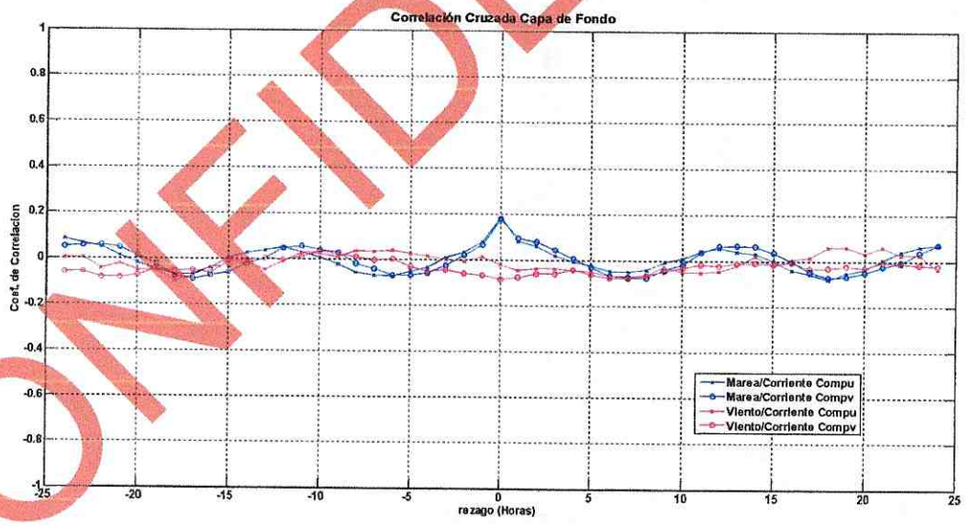
Todos los análisis de correlación cruzada efectuados fueron realizados con un nivel de confianza del 95%

7.1. RESULTADOS

Las Figura 32 presentan las correlaciones cruzadas de las componentes marea/corriente y viento/corriente, de estas, es posible observar en forma general el bajo efecto que tiene el viento y la marea sobre las corrientes, tanto en superficie como en las capas más profundas. Al respecto se advierte que los máximos coeficientes alcanzados en Punta Cotitira se presentaron en la capa superficial con un coef. 0.288 con un rezago de 5 horas en la en el par viento/corr. comp. (u), encontrándose por sobre los coeficientes estimados en las correlaciones restantes.

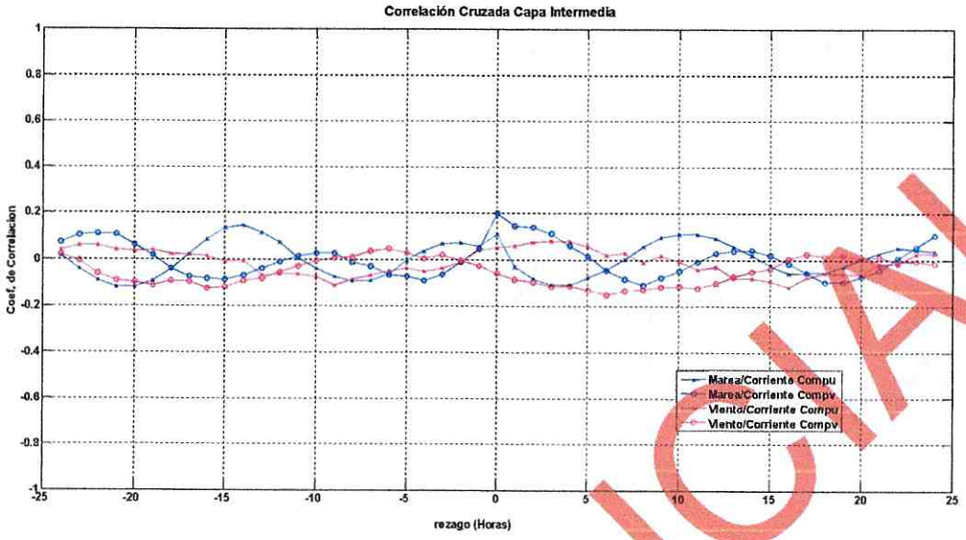
Figura 32: Correlación Cruzada Marea/Viento/Corriente "Punta Cotitira"- 95% confianza

a) Capa de Fondo

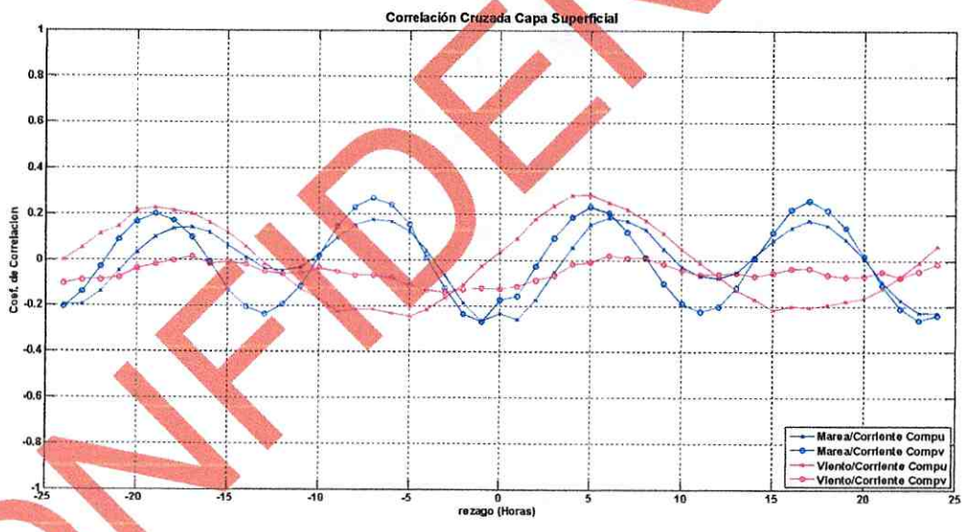


CONFIDENCIAL

b) Capa Intermedia



c) Capa Superficial



CONFIDENCIAL

Cuadro 19: Correlación Cruzada Marea/Viento/Corriente, Punta Cotitira- 95% confianza

a) Capa de fondo.

Rezago	Correlación cruzada - Capa de Fondo			
Horas	Marea/Corr. (comp U)	Marea/ Corr. (comp V)	Viento/Corr. (comp U)	Viento/ Corr. (comp V)
-24	0.085	0.053	0.004	-0.057
-23	0.068	0.057	0.007	-0.053
-22	0.053	0.059	-0.041	-0.082
-21	0.014	0.050	-0.020	-0.081
-20	-0.017	0.012	-0.047	-0.071
-19	-0.043	-0.022	-0.048	-0.042
-18	-0.069	-0.072	-0.093	-0.052
-17	-0.065	-0.085	-0.072	-0.047
-16	-0.035	-0.069	-0.033	-0.061
-15	0.004	-0.057	-0.029	-0.012
-14	0.027	-0.021	-0.014	-0.004
-13	0.039	0.004	-0.043	0.005
-12	0.052	0.048	-0.009	0.000
-11	0.030	0.056	0.030	0.012
-10	0.010	0.042	0.026	0.038
-9	-0.020	0.031	0.011	0.025
-8	-0.055	-0.018	0.039	0.011
-7	-0.068	-0.040	0.036	-0.003
-6	-0.072	-0.067	0.041	0.005
-5	-0.050	-0.065	0.029	-0.029
-4	-0.031	-0.057	0.016	-0.049
-3	0.012	-0.022	0.004	-0.040
-2	0.036	0.023	-0.003	-0.058
-1	0.082	0.067	0.014	-0.066
0	0.191	0.183	-0.017	-0.082
1	0.083	0.097	-0.040	-0.073
2	0.064	0.082	-0.032	-0.058
3	0.024	0.045	-0.032	-0.058
4	-0.004	0.009	-0.040	-0.039
5	-0.021	-0.027	-0.045	-0.059
6	-0.043	-0.066	-0.066	-0.073
7	-0.047	-0.071	-0.068	-0.077
8	-0.038	-0.074	-0.063	-0.061
9	-0.003	-0.040	-0.026	-0.043
10	0.011	-0.014	-0.046	-0.027
11	0.041	0.039	-0.049	-0.015
12	0.056	0.066	-0.043	-0.021
13	0.041	0.067	-0.017	-0.010
14	0.033	0.064	0.022	-0.007
15	-0.022	0.040	-0.017	-0.011
16	-0.040	0.000	0.008	-0.005
17	-0.055	-0.043	0.018	-0.032
18	-0.079	-0.071	0.062	-0.027
19	-0.053	-0.066	0.062	-0.019
20	-0.035	-0.050	0.037	-0.027
21	0.006	-0.021	0.063	-0.001
22	0.041	-0.004	0.028	-0.009
23	0.066	0.038	0.028	-0.016
24	0.073	0.072	-0.030	-0.021

CONFIDENCIAL

b) Capa Intermedia.

Rezago Horas	Correlación cruzada - Capa Intermedia			
	Marea/Corr. (comp U)	Marea/ Corr. (comp V)	Viento/Corr. (comp U)	Viento/ Corr. (comp V)
-24	0.018	0.077	0.042	0.022
-23	-0.042	0.107	0.062	-0.003
-22	-0.089	0.114	0.062	-0.059
-21	-0.118	0.110	0.043	-0.089
-20	-0.117	0.064	0.038	-0.098
-19	-0.093	0.021	0.041	-0.111
-18	-0.041	-0.038	0.025	-0.092
-17	0.025	-0.074	0.023	-0.094
-16	0.089	-0.082	0.016	-0.123
-15	0.137	-0.085	-0.006	-0.119
-14	0.147	-0.068	-0.004	-0.092
-13	0.118	-0.039	-0.068	-0.081
-12	0.075	-0.008	-0.063	-0.056
-11	0.008	0.016	-0.061	-0.027
-10	-0.040	0.028	-0.072	-0.003
-9	-0.074	0.028	-0.110	0.008
-8	-0.092	-0.013	-0.083	0.013
-7	-0.088	-0.027	-0.067	0.038
-6	-0.059	-0.065	-0.047	0.048
-5	0.000	-0.070	-0.035	0.030
-4	0.039	-0.088	-0.050	0.005
-3	0.070	-0.063	-0.035	0.022
-2	0.076	-0.010	-0.008	-0.003
-1	0.059	0.050	0.045	-0.026
0	0.112	0.204	0.055	-0.058
1	-0.029	0.148	0.063	-0.085
2	-0.082	0.141	0.079	-0.094
3	-0.108	0.115	0.083	-0.114
4	-0.107	0.063	0.080	-0.112
5	-0.075	0.017	0.060	-0.130
6	-0.041	-0.044	0.023	-0.147
7	0.004	-0.081	0.032	-0.131
8	0.061	-0.108	-0.009	-0.128
9	0.101	-0.076	0.021	-0.115
10	0.114	-0.048	-0.004	-0.112
11	0.113	-0.008	-0.042	-0.121
12	0.095	0.030	-0.028	-0.099
13	0.060	0.042	-0.075	-0.071
14	0.023	0.045	-0.079	-0.049
15	-0.024	0.023	-0.089	-0.035
16	-0.058	-0.014	-0.115	0.006
17	-0.056	-0.053	-0.076	0.028
18	-0.055	-0.093	-0.053	0.018
19	-0.026	-0.095	-0.059	0.022
20	0.003	-0.070	-0.059	0.006
21	0.032	-0.043	-0.016	0.014
22	0.054	0.009	-0.014	-0.007
23	0.047	0.057	0.028	-0.003
24	0.039	0.107	0.030	-0.016

CONFIDENCIAL

c) Capa Superficial.

Rezago	Correlación cruzada - Capa Superficial			
Horas	Marea/Corr. (comp U)	Marea/ Corr. (comp V)	Viento/Corr. (comp U)	Viento/ Corr. (comp V)
-24	-0.197	-0.203	0.005	-0.103
-23	-0.193	-0.138	0.057	-0.086
-22	-0.137	-0.027	0.116	-0.087
-21	-0.047	0.091	0.149	-0.076
-20	0.035	0.170	0.221	-0.035
-19	0.103	0.203	0.231	-0.018
-18	0.141	0.174	0.220	-0.001
-17	0.145	0.102	0.206	0.018
-16	0.125	-0.007	0.165	-0.016
-15	0.068	-0.130	0.123	-0.006
-14	0.016	-0.203	0.061	-0.017
-13	-0.035	-0.235	-0.016	-0.049
-12	-0.044	-0.194	-0.065	-0.060
-11	-0.031	-0.112	-0.126	-0.057
-10	0.027	0.019	-0.166	-0.034
-9	0.100	0.148	-0.223	-0.048
-8	0.155	0.233	-0.215	-0.065
-7	0.180	0.273	-0.215	-0.066
-6	0.172	0.242	-0.230	-0.075
-5	0.129	0.158	-0.243	-0.111
-4	0.043	0.011	-0.215	-0.128
-3	-0.068	-0.122	-0.165	-0.139
-2	-0.185	-0.231	-0.105	-0.126
-1	-0.264	-0.267	-0.022	-0.121
0	-0.231	-0.170	0.038	-0.124
1	-0.255	-0.156	0.099	-0.112
2	-0.170	-0.025	0.183	-0.086
3	-0.051	0.100	0.239	-0.065
4	0.060	0.191	0.285	-0.016
5	0.159	0.236	0.288	-0.005
6	0.186	0.210	0.255	0.022
7	0.175	0.127	0.226	0.013
8	0.137	0.016	0.178	0.011
9	0.053	-0.099	0.121	-0.015
10	-0.024	-0.188	0.052	-0.041
11	-0.068	-0.223	-0.009	-0.063
12	-0.075	-0.201	-0.070	-0.060
13	-0.052	-0.118	-0.128	-0.054
14	0.019	0.012	-0.169	-0.067
15	0.088	0.123	-0.213	-0.054
16	0.145	0.224	-0.199	-0.037
17	0.178	0.263	-0.203	-0.033
18	0.156	0.221	-0.194	-0.062
19	0.096	0.145	-0.177	-0.069
20	0.011	0.019	-0.164	-0.067
21	-0.091	-0.107	-0.124	-0.048
22	-0.170	-0.210	-0.071	-0.074
23	-0.224	-0.260	-0.007	-0.047
24	-0.226	-0.238	0.065	-0.015

CONFIDENCIAL

8. CONCLUSIONES

Corriente Euleriana

Capa de Fondo (2.62 a 2.12*(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel profundo presentaron una incidencia hacia las componentes SW (23.54%) y SE (16.69%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 3 a 4 cm/s (16.97%), seguido del rango de 2 a 3 cm/s (16.04%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la direcciona SW con una velocidad media de 0.57 (km/día) recorriendo una distancia de 21.22 (km).

Capa intermedia (8.12 a 8.62*(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel intermedio presentaron una incidencia proporcional de las 8 direcciones, sin embargo es posible observar que las mayores ocurrencias se presentan desde el 1er cuadrante desde las direcciones N (14.44%), NE (12.96%) y del 4to cuadrante, direcciones W (16.53%) y NW (15.48%). Las velocidades medias registradas presentaron una mayor ocurrencia en el rango de 4 a 5 cm/s (12.55%), seguido del rango de 3 a 4 cm/s (12.17%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la dirección NW con una velocidad media de 0.78 (km/día) desplazándose 28.65 (km).

Capa superficial (15.62 a 16.12*(m)* sobre el fondo).

Las corrientes registradas en el nivel superficial presentaron mayores ocurrencias en las componentes del primer cuadrante, direcciones N (18.91%) y NE (20.91%) y en las componentes del cuarto cuadrante, direcciones W (16.11%) y NW (16.40%). Las velocidades medias registradas presentaron ocurrencias proporcionales entre los 3 a 14 m/s, observando una mayor ocurrencia en el rango de 7 a 8 cm/s (7.87%), seguido del rango de 6 a 7 cm/s (7.79%).

El vector progresivo presentó un recorrido hacia la componente NW con una velocidad media de 3.14 (km/día), recorriendo una distancia de 116.64 (km).

CONFIDENCIAL

Corriente Lagrangeana

Sicigia:

Los lances realizados en condición de llenante presentaron una trayectoria coincidente orientada principalmente hacia el 4to cuadrante, con un avance hacia el NW, en esta condición la mayor velocidad se presentó en la capa de 5 m bajo la superficie con un avance promedio del derivador de 21.43 cm/s en el punto 2 de lanzamiento.

En fase de vaciante los derivadores mostraron un comportamiento hacia el 4to y 2do cuadrante, la capa superficial presento un recorridos con tendencia NW y W, la capa de 5 m bajo la superficie presento una tendencia hacia el 4to cuadrante en los lances 13 y 15 mientras que el lance 14 presento un recorrido SE, la capa de 10 m bajo la superficie presento recorridos hacia las componentes E (lance16) y SE (lance 18) mientras que el lance 19 presento un recorrido hacia el NW. En esta oportunidad la mayor velocidad de avance promedio se detectó en la capa superficial con 5.49 (cm/s).

Cuadratura

Los lances realizados en condición de llenante presentaron trayectorias hacia las componentes del 1er cuadrante en la capa superficial, mientras que la capa de 5 y 10 (m) bajo la superficie presentaron trayectorias en torno al 2do cuadrante, hacia el interior de la bahía, esta oportunidad se registró la máxima velocidad en la capa superficial con 5.58 (cm/s).

En esta condición mareal se observa un comportamiento distinto que en estado de llenante, en esta oportunidad la tendencia general fue el desplazamiento hacia el 4to cuadrante, los lances efectuados presentaron recorridos hacia el norte de la bahía, en cuanto a las velocidades, los registros máximos se produjeron en la capa superficial con 12.96 (cm/s).

Viento

Se observó que los vientos presentaron un predominio de magnitudes entre 1 a 2 *(m/s)* correspondiente al 23.96% de los registros, seguido del intervalo de 2 a 3 (m/s) con una ocurrencia de 18.85%. Direccionalmente se observó que el régimen de vientos se presenta principalmente del 3er cuadrante, donde la dirección reinante fue la componente SW (43.03%) seguida de la componente S (27.92%).

Para determinar el viento dominante en la zona de estudio se obtuvieron los vientos máximos por dirección, registrándose las máximas velocidades desde la componente S con 6.29 (*m/s*), seguida de la dirección SW con 6.27 (*m/s*).

CONFIDENCIAL

Mareas

Del registro realizado por el ADCP se define que el rango de marea fue de 1.52 (*m*), con un nivel medio de 16.87 (*m*) (referido al cero del sensor), encontrándose la máxima observada de 18.71 (*m*) sobre el nivel medio estimado y la mínima de 17.19 (*m*) bajo el nivel medio.

Correlación Cruzada

Los índices de correlación presentaron escaso aporte de los vientos y la marea como agentes forzantes de las corrientes registradas en el área de estudio, siendo la máxima correlación observada en el par viento/corr. Comp. (u) de la capa superficial con un Coef. 0.288 y rezago negativo de 5 horas, encontrándose por sobre los coeficientes estimados en las correlaciones de las capas más profundas.

CONFIDENCIAL

www.baird.com

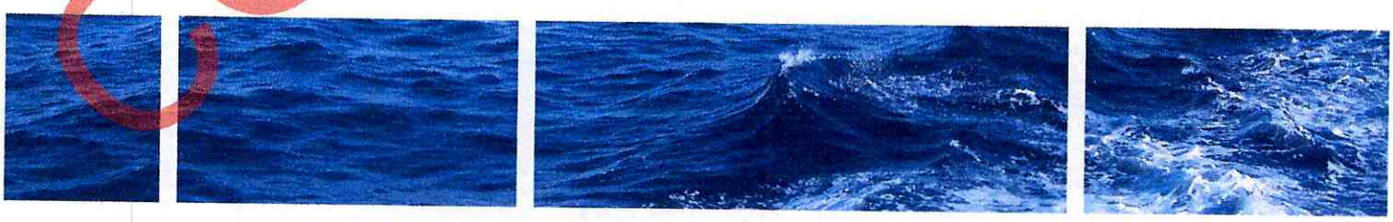
Baird

oceans
engineering
lakes
design
rivers
science
watersheds
construction

CONFIDENCIAL

Criterio de Diseño Estructural
Diseño Conceptual Obras marítimas
Northport - Terminal Punta Cotitira

Fecha Septiembre 2015
Número de Proyecto 0900.113



www.baird.com

Criterios de Diseño Estructurales
Diseño Conceptual Obras marítimas
Northport - Punta Cotitira

Preparado para

NORTHPORT

Northport
Nueva de Lyon 96, of. 204
Providencia, Santiago

Preparado por

Baird

Baird & Associates S.A.
Padre Mariano 181, of. 902, Providencia, Santiago

Para mayor información, favor contactar a
Edgardo Corominas (562) 2236-1222
ecorominas@baird.com

Número de proyecto: 0900.113

CONFIDENCIAL

Revisión	Fecha	Estado	Comentarios	Preparado por	Revisado por	Aprobado por
A	Agosto 2015	Borrador	Para Revisión Interna	ECZ	RSN	
B	Agosto 2015	Borrador	Para Revisión Cliente	ECZ	RSN	
0	Septiembre 2015	Final		ECZ	RSN	

Este informe fue preparado por Baird and Associates S.A., para Northport. El material contenido en él refleja la opinión de Baird & Associates de acuerdo a la información disponible en el momento de su elaboración. Cualquier uso o decisión tomada, basada en este informe, por parte de terceros, es de entera responsabilidad de ellos. Baird & Associates no se hace responsable por daños y/o perjuicios causados como resultado de las decisiones o acciones tomadas por terceros, en relación con la información entregada en este informe.

ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN 5

1.1 Descripción del Contenido del Informe 5

1.2 Objetivos 5

2.0 GENERALIDADES 6

2.1 Ubicación del proyecto 6

2.2 Vida útil 9

2.3 Sistema de unidades 9

3.0 CONDICIONES GENERALES 9

3.1 Sistema de referencia 9

3.2 Referencias 10

3.3 Normas de diseño estructural 10

3.3.1 Normas y manuales chilenos 10

3.3.2 Normas y manuales internacionales (última versión disponible) 10

4.0 REQUERIMIENTOS PARA EL PUERTO 11

4.1 Barco de diseño 11

4.2 Resguardo bajo la quilla 11

4.3 Profundidad del frente de atraque 11

4.4 Elevaciones de las estructuras 11

5.0 MATERIALES 12

6.0 CARGAS PARA EL DISEÑO 13

6.1 Cargas Muertas 13

6.1.1 Peso propio 13

6.1.2 Peso propio del cargador de barcos 13

6.2 Cargas Vivas 13

6.2.1 Oleaje Extremo 13

6.2.2 Cargas de operación del cargador de barcos 14

6.2.3 Cargas de amarre 15

6.2.4 Cargas de atraque 15

6.2.5 Cargas de viento 15

6.2.6 Cargas por corriente 15

6.2.7 Cargas para la operación 15

6.2.8 Cargas de oleaje sobre pilotes 16

6.2.9 Temperatura (T°) 19

CONFIDENCIAL

6.2.10 Tsunami 19
7.0 ANALISIS SISMICO 19
7.1 Filosofía De Diseño Sísmico 19
7.2 Modelos Estructurales 19
7.3 Parámetros Análisis Sísmico 19
7.3.1 Clasificación Sísmica de Estructuras, Factor de Importancia (I) 19
7.3.2 Peso sísmico (W) 20
7.3.3 Factor de Modificación de Respuesta (R) 20
7.4 Acciones Sísmicas (E) 20
7.4.1 Componente Horizontal (Ex, Ey) 20
7.4.2 Componente Vertical (Ez) 21
7.5 Método De Análisis 21
7.5.1 Método de Análisis estático 21
7.5.2 Método de Análisis Espectral 22
7.5.3 Corte Basal 23
7.6 Consideraciones Especiales De Diseño 24
7.6.1 Deformación sísmica 24
7.6.2 Deformaciones Sísmicas Máximas 24
7.6.3 Deformaciones admisibles verticales 24
8.0 COMBINACIONES DE CARGAS 24
8.1 Cargas Normales 25
8.2 Cargas Eventuales 25
8.3 Cargas De Construcción 25
8.4 Combinaciones De Carga 25
9.0 ACERO ESTRUCTURAL 27
9.1 Campo De Aplicación 27
9.2 Calidad Del Acero 27
9.3 Diseño 28
9.4 Conexiones 28
9.4.1 Tipos de Conexiones 28
9.4.2 Soldadura 29
9.4.3 Pernos de Alta Resistencia 29
9.4.4 Consideraciones de Diseño 30
9.5 Requerimientos Sísmicos 30

CONFIDENCIAL

9.5.1 General 30
9.5.2 Marcos Arriostrados 30
9.5.3 Marcos Rígidos 30
9.5.4 Conexiones 30
9.5.5 Arriostramientos Horizontales 31
10.0 PILOTES 31
10.1 Normas De Diseño 31
10.2 Calidad Del Acero 31
10.3 Consideraciones De Diseño 31
10.3.1 Sobre espesor por Corrosión 31
10.3.2 Esbeltez Límite 31
10.3.3 Espesor Mínimo 32

CONFIDENCIAL

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Emplazamiento terminal marítimo granelero mecanizado....6
Figura 2.2: Ubicación de las obras....7
Figura 2.3: Planta de las obras....8
Figura 2.4: Vista lateral del cargador....8
Figura 6.1: Cargas de oleaje vs profundidad, pilotes de 22", marea alta....17
Figura 6.2: Angulo vs profundidad, entre el frente de ola y el eje del muelle, marea alta....17
Figura 6.3: Cargas de oleaje vs profundidad, pilotes de 22", marea baja....18
Figura 6.4: Angulo vs profundidad, entre el frente de ola y el eje del muelle, marea baja....18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Elevaciones de marea según Datum....9
Tabla 4.1: Características de las Naves....11
Tabla 4.2: Elevaciones de las estructuras según Datum....12
Tabla 5.1: Peso Específico de los Materiales....12
Tabla 6.1: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto SW....13
Tabla 6.2: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell cercano SW....14
Tabla 6.3: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto NW....14
Tabla 6.4: Cargas de operación del cargador de barcos....14
Tabla 6.5: Cargas en Defensas tipo Trelleborg, para barco Panamax, atraque oblicuo....15
Tabla 7.1: Factores de modificación de respuestas....20
Tabla 8.1: Combinaciones de carga....25
Tabla 8.2: Combinaciones de carga *ACI (LRFD)*....26

CONFIDENCIAL

1.0 INTRODUCCIÓN

Northport ha contratado a Baird & Associates (Baird) para la ejecución de un Estudio de Prefactibilidad para un terminal granelero en Punta Cotitira, Región de Tarapacá. Para ello se han desarrollado estudios de oleaje (REF. 1) y de respuesta de buque atracado (REF. 2 y 3), los cuales entregan información relevante para el proyecto. En el presente documento se establecen los criterios de diseño para las estructuras marítimas del terminal granelero en Punta Cotitira.

1.1 Descripción del Contenido del Informe

El capítulo 1 contiene la introducción al proyecto. El capítulo 2 presenta la zona de emplazamiento de las obras. Las consideraciones generales del estudio se presentan en el capítulo 3.

En el capítulo 4 se resumen los requisitos para el terminal, en el capítulo 5 los materiales a considerar en el diseño y en el 6 las cargas sobre las estructuras marítimas y sus componentes. El capítulo 7 establece las condiciones para el análisis sísmico y el capítulo 8 presenta las combinaciones de carga.

Finalmente, en los capítulos 9 y 10 se presentan los criterios de diseño para la superestructura de acero y para los pilotes.

1.2 Objetivos

Los objetivos de este criterio de diseño, bajo responsabilidad de Baird son:

- Resumir las condiciones y geometría del terminal, fruto de los estudios previos.
- Establecer los criterios de diseño para la estructura de las obras marítimas, considerando naves del tipo Supramax y Panamax, el cargador de barcos radial y las solicitaciones provenientes del oleaje.

Algunas vistas del terminal y su puente de embarque se presentan en la Figura 2.2, 2.3 y 2.4.

CONFIDENCIAL

2.0 GENERALIDADES

2.1 Ubicación del proyecto



CONFIDENCIAL

Figura 2.1: Emplazamiento terminal marítimo granelero mecanizado

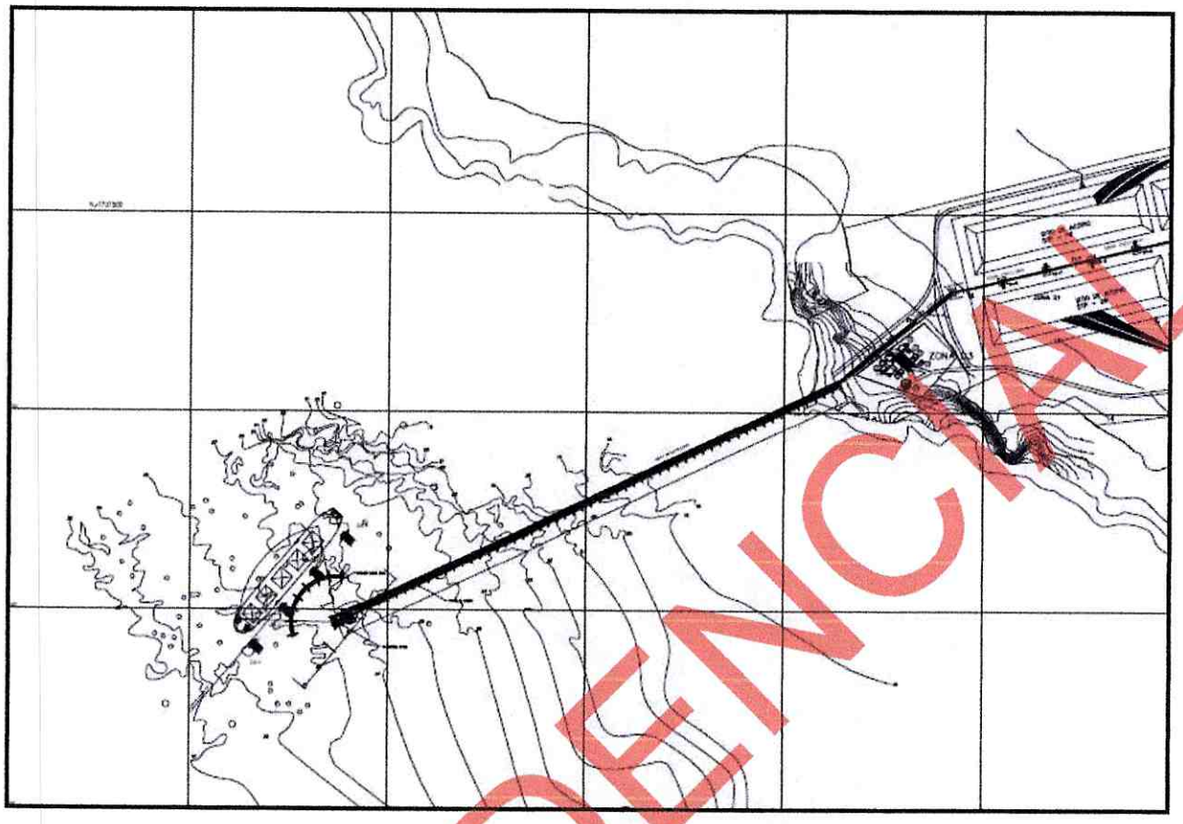


Figura 2.2: Ubicación de las obras

CONFIDENCIAL

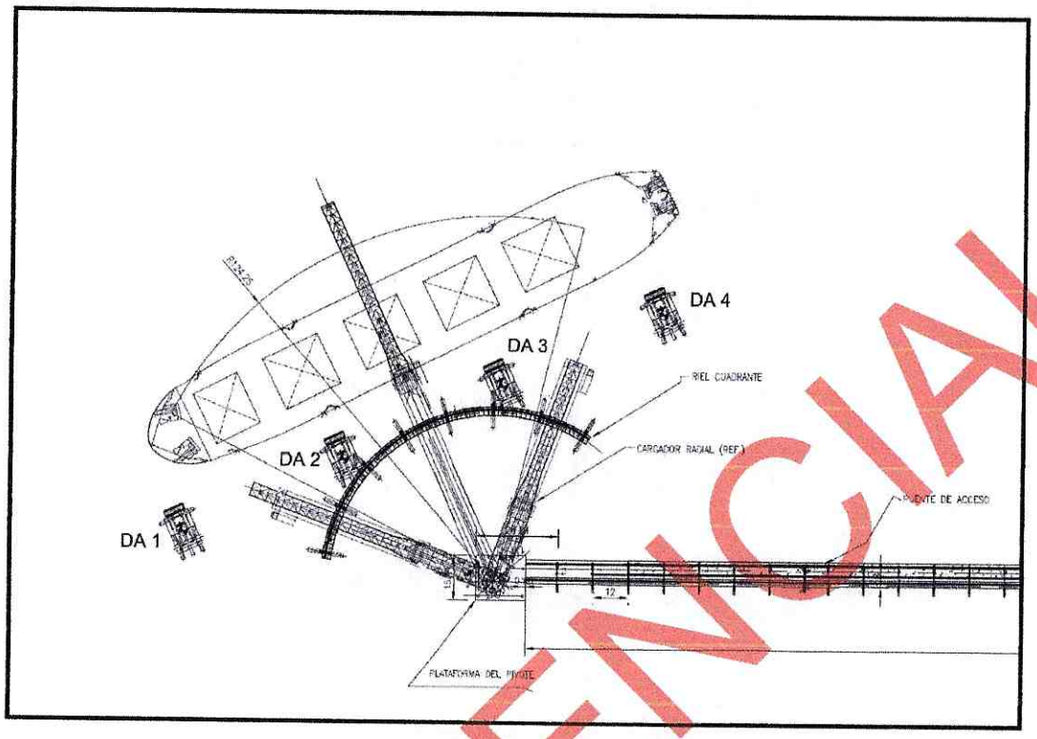


Figura 2.3: Planta de las obras

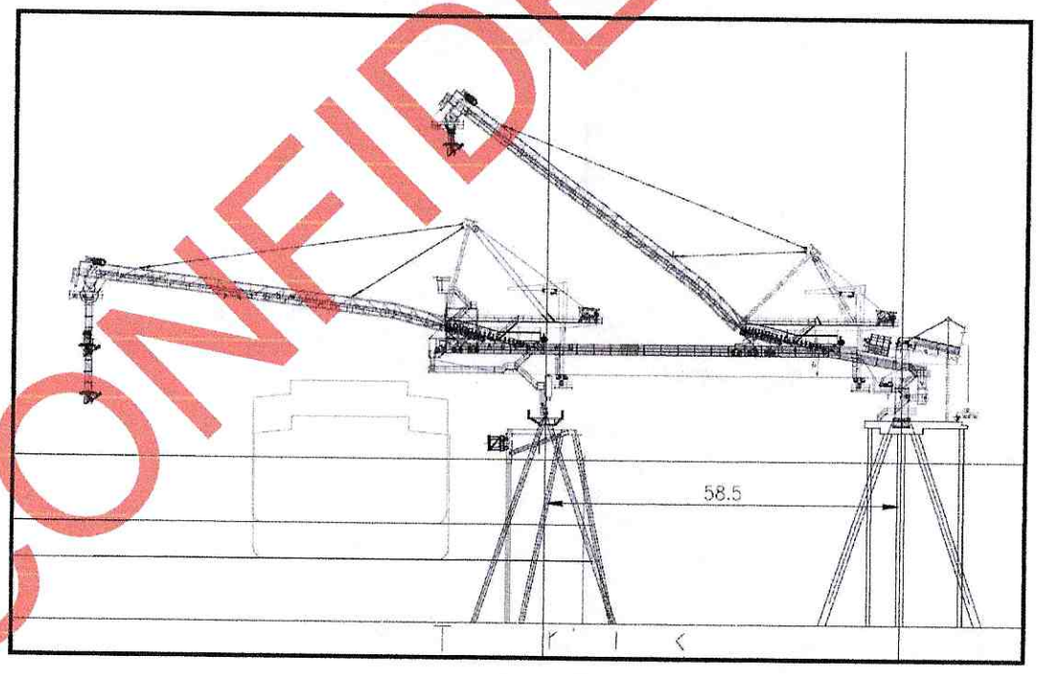


Figura 2.4: Vista lateral del cargador

CONFIDENCIAL

2.2 Vida útil

Todas las estructuras serán diseñadas para una vida útil de 25 años.

2.3 Sistema de unidades

El Sistema Internacional de Unidades (SI) será usado para todos los documentos, dibujos y cálculos. Los resultados pueden ser realizados en unidades inglesas con los resultados convertidos a unidades internacionales (SI).

Unidades de referencia inglesas pueden ser incluidas en paréntesis donde la especificación de equipo requerirá del uso de unidades internacionales.

3.0 CONDICIONES GENERALES

3.1 Sistema de referencia

Para las coordenadas horizontales se ha adoptado el sistema de coordenadas WGS84. En la costa coexisten dos sistemas de referencia para las elevaciones del fondo del mar:

- El referido al Nivel Medio del Mar, usualmente usado para la topografía en tierra (NMM).
- El referido a la más baja marea, usado por las autoridades marítimas para las batimetrías del fondo del mar, conocido como Nivel de Reducción de Sondas (NRS) y usado para las obras en el mar.

Las alturas de marea relevantes en ambos sistemas de referencia son los siguientes:

Tabla 3.1: Elevaciones de marea según Datum

Condición de marea	NMM	NRS
Nivel de marea alta en sicigia	+0,51 m	+1,31 m
Nivel medio del mar	+0,00 m	+0,80 m
Nivel más bajo de la marea	-0,80 m	+0,00 m

En las obras marítimas se usara el Datum NRS.

CONFIDENCIAL

3.2 Referencias

REF. 1: Estudio de Oleaje Northport, Punta Cotitira, Abril 2015, Baird&Associates, Proyecto 0900.102.

REF. 2: Estudio de respuesta de buque atracado y estimación de downtime, Terminal Punta Cotitira, 09 Octubre 2014, Baird & Associates, Proyecto 0900.103.

REF. 3: Estudio de respuesta de buque fondeado y estimación de downtime, Terminal Multiboya Punta Cotitira, Marzo 2015, Baird&Associates, Proyecto 0900.106.

3.3 Normas de diseño estructural

El diseño de las obras marítimas cumplirá los criterios establecidos en el presente documento y las siguientes normas, última revisión.

3.3.1 Normas y manuales chilenos

- NCh 432 para cargas de viento.
- NCh 2369 para el diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- DS60: Decreto de Requisitos de Diseño y cálculo de hormigón Armado.
- DS61: Reglamento que fija el Diseño Sísmico de Edificios.
- Manual ICHA para el diseño de estructuras de acero, 2° Edición.

3.3.2 Normas y manuales internacionales (última versión disponible)

- ASTM A36 A572 Gr. 42 y 50 para acero estructural.
- ASTM A 500 Gr. B y C y A 501 para tubos soldados o sin costura.
- ASTM A 325 y 490 para Pernos de alta resistencia.
- ASTM A 307 para Pernos corrientes.
- ASTM A252 para pilotes.
- AISC 360-10. Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction.
- CIDECT 9. Design Guide for Structural Hollow Section Column Connections.
- RP2A "Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms – Working stress design.

CONFIDENCIAL

4.0 REQUERIMIENTOS PARA EL PUERTO

4.1 Barco de diseño

El diseño actual de las instalaciones considera el arribo de dos (2) tipos de naves, Supramax y Panamax que corresponden a una categoría de barcos cargueros a granel y que se encuentran en el rango de 58.000 a 84.000 DWT en tamaño.

La Tabla 4.1 muestra las características de las naves antes referidas.

Tabla 4.1: Características de las Naves

CARACTERISTICAS DEL BARCO	UNIDAD	SUPRAMAX	PANAMAX
DWT	**Ton**	**58.772**	**83.410**
Desplazamiento Completamente Cargado	Ton	63854	88061
Desplazamiento en balasto	Ton	36993	74948
Eslora (Largo):	m	189	223
Manga (ancho):	m	32,3	32.2
Calado cargado	m	12,7	14,6
Calado en balasto	m	7,7	12,4
N° de bodegas	N°	5	7
Área lateral al viento, 100% cargado	m^2	2.575	2.347
Área frontal al viento, 100% cargado	m^2	728	772

4.2 Resguardo bajo la quilla

El resguardo bajo la quilla está basado en el tamaño de una nave tipo Capesize, más grande que la nave de diseño Panamax, por su eventual llegada en el futuro. Este valor corresponde a 4,3 m en la popa de la nave.

4.3 Profundidad del frente de atraque

El frente de atraque tiene una profundidad mínima de 22 m, en marea baja, en la popa de la nave.

4.4 Elevaciones de las estructuras

Las elevaciones de las estructuras serán:

CONFIDENCIAL

Tabla 4.2: Elevaciones de las estructuras según Datum

Elemento	Elevación tope superior (NMM)	Elevación tope superior (NRS)
Plataforma del pivote	+6,2	+7,0
Riel cuadrante	+6,2	+7,0
Duques de alba	+3,2	+4,0

5.0 MATERIALES

Se consideran los siguientes materiales en el diseño de las estructuras:

- Pilotes: Jackets y camisas pilotes: Acero Q345-B o ASTM 572 Gr 50
- Perfiles de acero: Acero ASTM A36
- Pernos de conexión: Acero ASTM A325
- Planchas de Conexión: Acero ASTM A36
- Soldaduras Electrodos: E70xx
- Hormigón: H35 con una resistencia característica cubica mínima a los 28 días de 300 kg/cm2 o su equivalente cilíndrico según NCh 170 con un nivel de confianza del 90%.
- Armaduras de refuerzo: A630-420H, según NCh 210 y NCh 211.
- Insertos: Acero ASTM A36

Tabla 5.1: Peso Específico de los Materiales

Material	Nomenclatura	Peso específico
Hormigón sin armar	(γ_{HSA})	2400 kg/m³
Hormigón armado	(γ_{HA})	2500 kg/m³
Acero de refuerzo y estructural	(γ_{ACERO})	7850 kg/m³
Agua de Mar	(γ_{MAR})	1026 kg/m³
Grava	(γ_{GRAVA})	1850 kg/m³
Suelo	(γ_{SUELO})	1800 kg/m³

CONFIDENCIAL

6.0 CARGAS PARA EL DISEÑO

6.1 Cargas Muertas

6.1.1 *Peso propio*

Las cargas de peso propio consistirán en las cargas permanentes de las estructuras, materiales y equipos permanentemente conectados a ella.

El peso propio de materiales deberá ser considerado de acuerdo a las disposiciones de NCh1537, mientras que las cargas del peso propio de equipos deberán ser entregadas por el fabricante.

6.1.2 *Peso propio del cargador de barcos*

El peso del cargador se estima en 900 ton.

6.2 Cargas Vivas

6.2.1 *Oleaje Extremo*

Tabla 6.1: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto SW

Dir [°]	Tp [s]	Período de Retorno	Curva	Hmo [m] Aguas Profundas	Aguas Someras	
					Hm0 [m]	DPK [°]
230	18	2	Superior	3.8	3.7	239
			Mejor Ajuste	3.8	3.6	239
		5	Superior	4.1	4.0	239
			Mejor Ajuste	4.0	3.8	239
		10	Superior	4.3	4.2	239
			Mejor Ajuste	4.1	4.0	239
		20	Superior	4.6	4.5	239
			Mejor Ajuste	4.4	4.2	239
		50	Superior	4.9	4.7	239
			Mejor Ajuste	4.5	4.4	239
		100	Superior	5.1	4.9	239
			Mejor Ajuste	4.7	4.5	239

CONFIDENCIAL

Tabla 6.2: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell cercano SW

Dir [°]	Tp [s]	Período de Retorno	Curva	Hmo [m] Aguas Profundas	Aguas Someras	
					Hm0 [m]	DPK [°]
218	7	2	Superior	2.3	2.0	228
			Mejor Ajuste	2.2	1.9	228
		5	Superior	2.6	2.2	228
			Mejor Ajuste	2.4	2.1	228
		10	Superior	2.8	2.4	228
			Mejor Ajuste	2.6	2.2	228
		20	Superior	3.1	2.6	228
			Mejor Ajuste	2.8	2.4	228
		50	Superior	3.3	2.8	228
			Mejor Ajuste	2.9	2.5	228
		100	Superior	3.5	3.0	228
			Mejor Ajuste	3.1	2.7	228

Tabla 6.3: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto NW

Dir [°]	Tp [s]	Período de Retorno	Curva	Hmo [m] Aguas Profundas	Aguas Someras	
					Hm0 [m]	DPK [°]
300	19	2	Superior	1.1	0.9	279
			Mejor Ajuste	1.1	0.9	279
		5	Superior	1.3	1.1	279
			Mejor Ajuste	1.2	1.0	279
		10	Superior	1.5	1.3	279
			Mejor Ajuste	1.4	1.1	279
		20	Superior	1.7	1.4	279
			Mejor Ajuste	1.5	1.3	279
		50	Superior	1.9	1.6	279
			Mejor Ajuste	1.6	1.4	279
		100	Superior	2.1	1.7	279
			Mejor Ajuste	1.8	1.5	279

6.2.2 *Cargas de operación del cargador de barcos*

Tabla 6.4: Cargas de operación del cargador de barcos

Elemento	Condición	Carga vertical (kN)	Carga Horizontal (kN)
Plataforma del pivote	Operación, brazo extendido	2943	-
Riel cuadrante	Operación, brazo extendido	6867	687
Plataforma del pivote	Operación, brazo retraído	4905	
Riel cuadrante	Operación, brazo retraído	4905	491

CONFIDENCIAL

6.2.3 *Cargas de amarre*

Las cargas de espías sobre bitas del tipo fusible ubicadas en los duques de alba serán de 981 kN horizontales en cualquier dirección hacia el lado del barco.

6.2.4 *Cargas de atraque*

Las cargas de atraque han sido calculadas usando la nave Panamax. La tabla 6.5 entrega 3 opciones de defensas para los Duques de Alba, el diseño estructural elegirá una de las opciones en función de la geometría del duque de alba y de las posiciones de las naves de diseño, en dos condiciones de calado (cargado y en balasto) y para marea alta y baja.

Tabla 6.5: Cargas en Defensas tipo Trelleborg, para barco Panamax, atraque oblicuo

Tipo Defensa	Número de defensas	Peso de defensas (kg)	Peso de panel (kg)	Peso completo defensa (kg)	Energía (kN)	Reacción x defensa (kN)	Reacción Total (kN)
SC 800	2,00	1212	1515	2727	190	465	930,0
SC 900	1,00	841	1430	2271	374	805	805,0
SC 950	1,00	980	1593	2573	373	759	759,0

Se usara un coeficiente de roce de 0.1 entre la nave y el panel de defensas.

6.2.5 *Cargas de viento*

El cálculo de las acciones del viento sobre las diversas estructuras y los equipos se hará de acuerdo con la Norma Chilena NCh 432.
Los coeficientes de forma, distribución de presiones en altura, y demás datos necesarios para el cálculo, serán los indicados en la norma; se considerará un viento máximo de operación de 50 kg/m².

6.2.6 *Cargas por corriente*

Las corrientes son débiles y para diseño estructural, las fuerzas inducidas por las mismas son despreciables, en comparación con la fuerza inducida por el oleaje.

Por ello, las corrientes costeras del sector no generan cargas significativas sobre las instalaciones

6.2.7 *Cargas para la operación*

Las sobrecargas de pisos no podrán ser menores que las que se indican a continuación:

	Estática	**Sísmica**
• Plataformas :	0.50 t/m²	0.25 t/m²
• Galerías :	0.30 t/m2	0.15 t/m2

CONFIDENCIAL

- Puente de acceso : 0.25 t/m2 0.125 t/m2

Las cargas podrán reducirse por área de influencia considerando la distribución de carga real más desfavorable para la zona considerada.

El área de la plataforma del muelle y el puente de acceso debe verificarse para la condición que controla de los siguientes casos:

- Camión AASHTO HS20-44, que ingresa al muelle con carga o se retira del mismo después de cargado.
- Cargador frontal o grúa horquilla transitando colaborando en la maniobra de mover espías durante el shifting del barco.

6.2.8 Cargas de oleaje sobre pilotes

Las cargas hidrodinámicas por oleaje se han calculado para Hmax asociada a la tormenta con periodo de retorno Tr = 100 años, para la cual la altura Hmo es de 4,9 (m) de incidencia SW obtenida de la Tabla 5.1, con un periodo de T = 18 (s).

Se consideró dos condiciones de marea:

- Bajamar extraordinaria = -0,80 m NMM (+0,00 NRS)
- Pleamar máxima ordinaria = +0,51 m NMM (+1,31 NRS)

Las cargas hidrodinámicas se entregan en los gráficos de las Figuras 6.1 a 6.4, las condiciones para el cálculo son:

- Se modeló el perfil y la mecánica del oleaje, considerando los efectos de asomeramiento, refracción y rotura.
- Se considera pilotes de 22" de diámetro exterior, para otros diámetros se puede calcular las nuevas cargas en proporción al diámetro.
- Se considera un espesor de 50 mm de crecimiento marino (tubo sucio) para la estimación de cargas de oleaje aplicadas en los pilotes. Esta carga debe considerarse en el peso propio.
- Los gráficos 6.1 y 6.3 presentan la carga en kN/m vs la profundidad en que está fundado el pilote. La carga distribuida se supone constante en la vertical.
- Los gráficos 6.2 y 6.4 presentan el ángulo con que incide el oleaje respecto del eje del muelle, en función de la profundidad.

CONFIDENCIAL

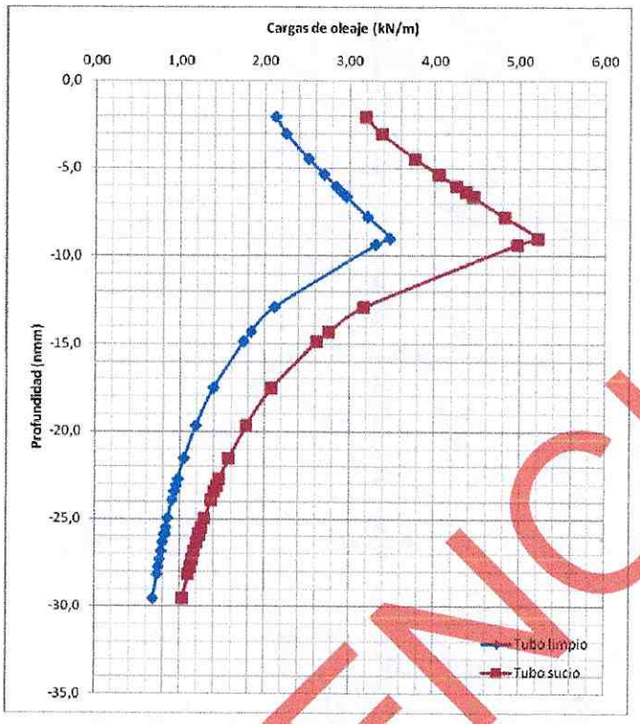


Figura 6.1: Cargas de oleaje vs profundidad, pilotes de 22", marea alta.

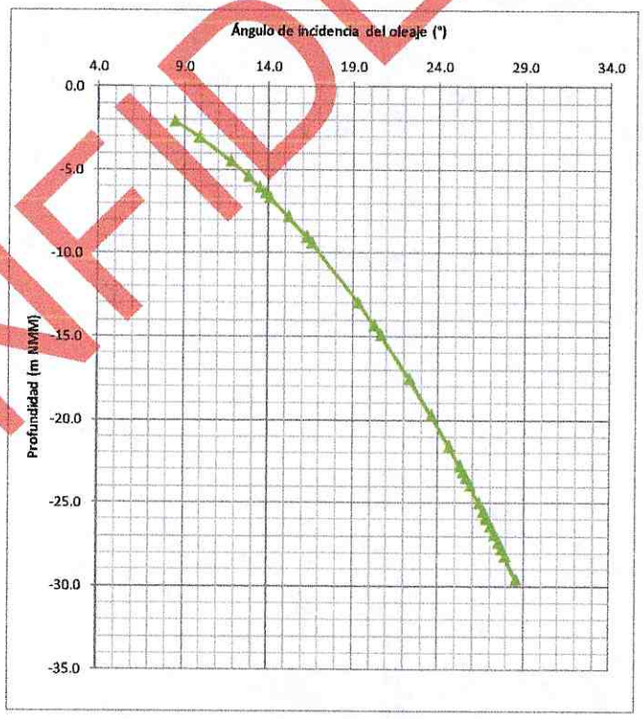


Figura 6.2: Angulo vs profundidad, entre el frente de ola y el eje del muelle, marea alta.

CONFIDENCIAL

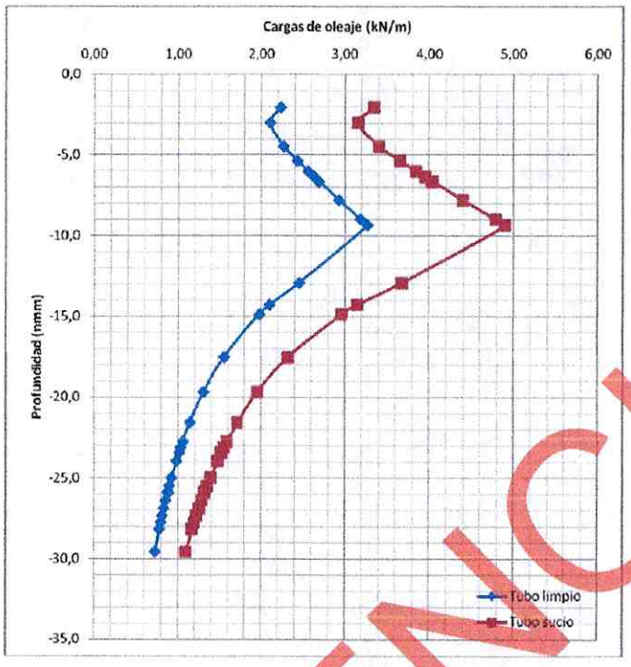


Figura 6.3: Cargas de oleaje vs profundidad, pilotes de 22", marea baja.

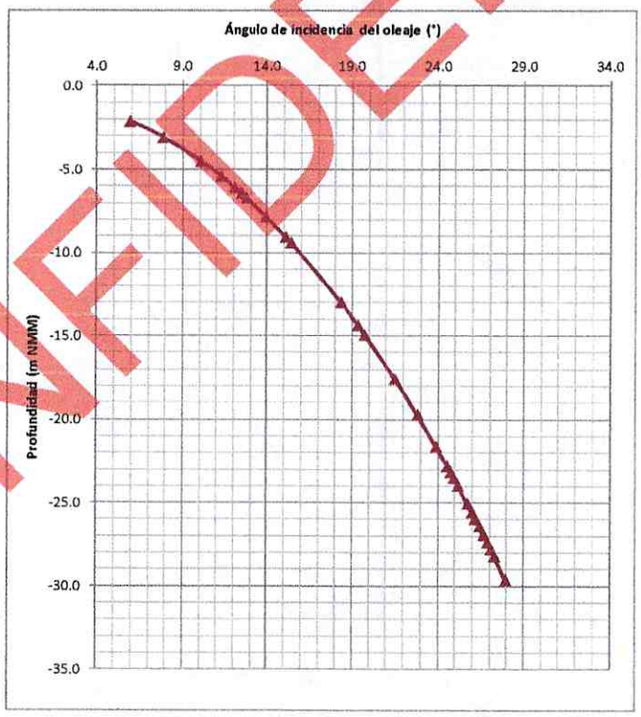


Figura 6.4: Angulo vs profundidad, entre el frente de ola y el eje del muelle, marea baja.

CONFIDENCIAL

6.2.9 Temperatura (T°)

El diseño de la plataforma del muelle se verificara considerando un incremento de temperatura de hasta 40°C.

Se podrán utilizar los siguientes coeficientes de dilatación térmica:

- Acero : 0.000012 (1/°C)
- Hormigón: 0.000012 (1/°C)

6.2.10 Tsunami

No se considerará el tsunami en el diseño.

7.0 ANALISIS SISMICO

7.1 Filosofía De Diseño Sísmico

El análisis sísmico de las obras marítimas deberá preocuparse de las personas y la operatividad, a través de la minimización de interrupciones y de las facilidades para efectuar inspecciones y reparaciones. La estructura se diseñará para resistir las fuerzas sísmicas y deberá ser capaz de absorber grandes cantidades de energía, más allá del rango elástico, antes de su falla final. La estructura deberá estar sometida a esfuerzos que dejen un adecuado margen de reserva de resistencia. Se deberá tener especial preocupación en lograr un diseño dúctil, que prevenga fallas frágiles o de inestabilidad.

7.2 Modelos Estructurales

Se empleará un modelo tridimensional, salvo que el uso de modelos simplificados sea considerado adecuado. El análisis puede realizarse con modelos linealmente elásticos.

Se define el nivel basal como el plano horizontal en cual se han transferido completamente las fuerzas horizontales sobre la estructura al suelo de fundación. A partir de este nivel se mide la altura del modelo estructural.

7.3 Parámetros Análisis Sísmico

7.3.1 Clasificación Sísmica de Estructuras, Factor de Importancia (I)

El puente de acceso y el cabezo son esenciales para la operación del puerto, ya que el daño sísmico puede significar la pérdida de un equipo, impedir ayuda a las personas o una paralización

CONFIDENCIAL

prolongada y pérdidas serias de producción. Por ello, el mismo debe ser considerado categoría C1 según NCh 2369.

I=1,2.

7.3.2 *Peso sísmico (W)*

Se considera como peso sísmico el 100% de las cargas permanentes más el porcentaje de sobrecarga de uso que corresponda de acuerdo al capítulo 8.0. Se considera 50% de la sobrecarga de uso.

7.3.3 *Factor de Modificación de Respuesta (R)*

El diseño de los miembros de los diferentes sistemas resistentes empleará Factores de Modificación de Respuesta, R. De acuerdo al sistema resistente, se emplearán los valores de la Tabla 7.1.

Tabla 7.1: Factores de modificación de respuestas.

Sistema Resistente	R
Estructuras diseñadas para permanecer elásticas.	1
Estructuras de péndulo invertido (1 elemento resistente y más de 50% de la masa sobre el nivel superior). Estructuras sísmicas isostáticas. Estructura de muelles formada por marcos de pilotes inclinados, concéntricos, con la viga superior.	3
Marcos arriostrados y no arriostrados de acero u hormigón sin detallado especial para ductilidad. Estructuras en base a perfiles tubulares de acero. Estructura de muelles formada por marcos de pilotes inclinados, excéntricos, con la viga superior. Tuberías de acero, excepto sus conexiones.	4
Edificios y estructuras de marcos arriostrados, con anclajes dúctiles. Estructura de muelles formada por marcos de pilotes verticales.	5

7.4 Acciones Sísmicas (E)

7.4.1 *Componente Horizontal (Ex, Ey)*

En este caso es suficiente realizar dos análisis sísmicos horizontales, en dos direcciones mutuamente ortogonales. El sismo horizontal se debe evaluar considerado un 30% de participación de la masa sísmica en la otra dirección horizontal. Se explica con mayor detalle en 7.5.2.

CONFIDENCIAL

7.4.2 *Componente Vertical (Ez)*

El análisis considerará la acción de la componente sísmica vertical en todos los elementos estructurales.

La componente sísmica vertical debe considerarse actuando simultáneamente con las horizontales, y no debe ser menor a los siguientes valores:

- Aceleración av = 0.5*a, donde a es la aceleración efectiva del suelo en el plano horizontal.
- $\frac{2 \cdot A_0}{3 \cdot g}$

Donde A0 se obtiene de la Norma NCh 2369.Of2003, Tabla 5.2

Nota: No se considera reducción de cargas verticales, salvo las indicadas en la NCh 1537 para cargas de uso.

Como la estructura está sobre pilotes, se deberá considerar la masa de agua virtual o inductiva sobre los pilotes que se define como un cilindro de agua de diámetro equivalente al diámetro exterior del pilote y altura entre la cota +0,2m NMM (1,0 NRS) y la mitad de la luz libre del pilote.

7.5 Método De Análisis

En general, los métodos de análisis serán estático o modal espectral.

7.5.1 *Método de Análisis estático*

Para el muelle o algún componente simple el análisis estático será de acuerdo a lo indicado en la norma NCh 2369. Se utilizan los siguientes factores:

- Tipo Suelo: I (Se clasificó el suelo de acuerdo a las características del fondo marino presentes en el Estudio Geofísico Refracción Sísmica Marina Proyecto Muelle Punta Cotitira Iquique, I Región-Chile, Dpi Ltda, Febrero 2015), asumiendo que la fundación de las obras, mediante pilotes, será en roca.
- R=Según tabla (Ref.: Tabla 5.6 NCh2369)
- ξ=0.03 Según tabla (Ref.: Tabla 5.5 NCh2369)
- I=1.2 (Factor de Importancia)
- Corte Basal (Qo): El corte basal sobre la estructura, se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_0 = C_{max} \cdot I \cdot P_{sis}$$

Donde:

- Qo= Corte basal sobre la estructura (kg).
- Cmax= Coeficiente sísmico máximo.

CONFIDENCIAL

- I= Coeficiente de importancia.
- Psis= Peso sísmico de la estructura (kg).

7.5.2 *Método de Análisis Espectral*

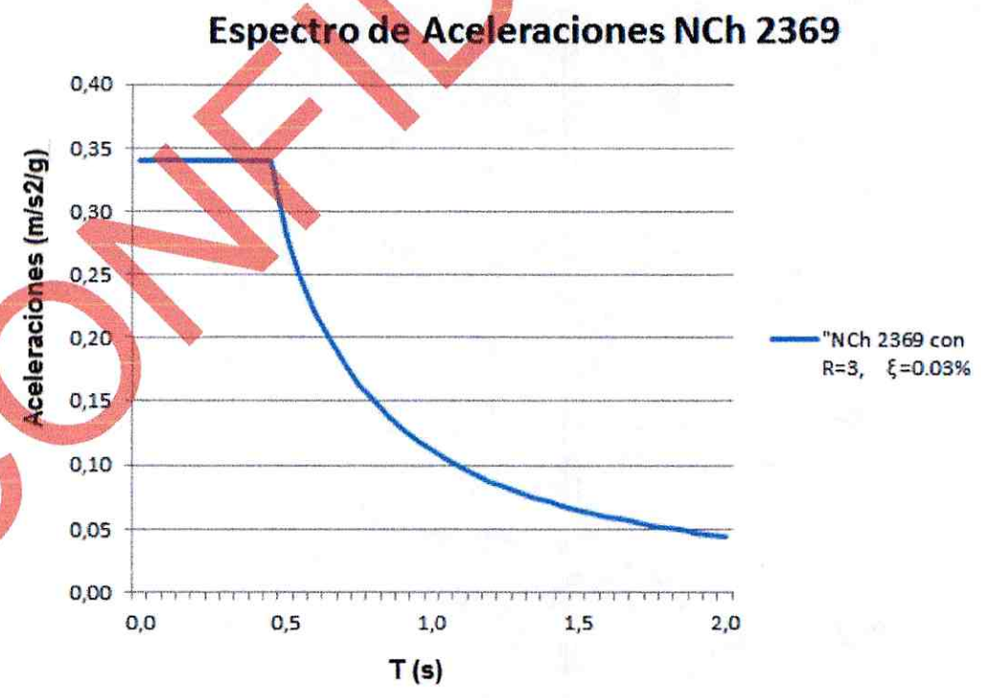
Se utilizará el espectro de aceleraciones especificado por la normativa NCh2369:

$$Sa = \frac{2.75 \cdot A_0 \cdot I}{R} \cdot \left(\frac{T'}{T}\right) \cdot \left(\frac{0.05}{\xi}\right)^{0.4}$$

Donde:

- Zona Sísmica: 3 => A0=0.4*g
- Tipo Suelo: II => T'=0.62(s) ; n = 1.80
- Coeficiente de importancia: C1 => I=1.2
- Razón de amortiguamiento ξ = 0.03
- Factor de modificación de la Respuesta R=3

A continuación, se presenta el espectro obtenido de la norma NCh2369:



CONFIDENCIAL

Para el análisis dinámico, un 90% de participación de la masa debe ser obtenido en cada dirección. El sismo debe ser considerado actuando separadamente en tres direcciones ortogonales (X, Y, Z), agregando una contribución de las otras direcciones según el siguiente criterio.

$$E1 = \pm Ex \pm 0.3Ey \pm Ez$$

$$E2 = \pm 0.3Ex \pm Ey \pm E z$$

Donde:

E1: estado de carga sísmico con dirección principal X

E2: estado de carga sísmico con dirección principal Y

Ex: estado de carga sísmico en x

Ey: estado de carga sísmico en y

Ez: estado de carga sísmico en z (sismo vertical)

7.5.3 Corte Basal

Corte basal sobre la estructura se define como:

$$V = \frac{C_i \cdot M_i}{R}$$

Donde,

- Ci: es el coeficiente sísmico modal de diseño para el modo i
- Mi: es la masa del oscilador modal equivalente según la siguiente expresión

$$M_i = \frac{\left[\sum_i m_i \cdot \phi_{ij}\right]^2}{\sum_i m_i \cdot (\phi_{ij})^2}$$

Φij: es la amplitud del movimiento de la masa m_i, cuando el sistema oscila libremente en el modo j

En ningún caso V podrá ser inferior a 0.12 W, siendo W el peso sísmico.

CONFIDENCIAL

7.6 Consideraciones Especiales De Diseño

7.6.1 Deformación sísmica

La deformación sísmica se obtendrá del análisis con solicitaciones sísmicas reducidas por el factor R y se calculará como:

$$d = do + R*\delta$$

- do = deformación debido a cargas de servicio no sísmicas.
- δ = deformación calculada con solicitación sísmica reducida.
- R = factor que resulta de multiplicar R (tabla 7.1) por Co/C_{min}, dependiendo del valor Co/C_{min}, (ver párrafo 6.1 de Nch2369)

La compatibilidad de deformaciones sísmicas horizontales debe ser compatible con la resistencia de cañerías, ductos y otros elementos no estructurales unidos a la estructura.

7.6.2 Deformaciones Sísmicas Máximas

La deformación sísmica obtenida según 7.6.1 no deben exceder de 0.015 h, donde h es la altura libre de la estructura analizada. Además se debe cumplir con lo indicado en el punto 6.3 de la norma NCh2369.

7.6.3 Deformaciones admisibles verticales

- Vigas L/300
- Enrejados L/700

8.0 COMBINACIONES DE CARGAS

Las combinaciones de cargas serán las indicadas en las normas de cálculo respectivas tales como ACI-318 para el hormigón armado y AISC-2005 para estructuras metálicas. Adicionalmente se incluyen las combinaciones indicadas por NCh 3171 y NCh 2369.

Para las cargas eventuales se podrá reducir las sobrecargas de piso y/o techo tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia simultánea con el sismo o viento máximo. Las cargas de construcción, serán tratadas como las cargas eventuales en las combinaciones de carga que se empleen para verificar el diseño.

CONFIDENCIAL

8.1 Cargas Normales

Se definen como cargas normales las que actúan habitualmente en las estructuras debido a su uso o condición de operación. Son cargas normales el peso propio, sobrecargas de operación y equipos, oleaje normal, temperaturas normales de operación y similares.

8.2 Cargas Eventuales

Se definen como cargas eventuales las que actúan ocasionalmente en la estructura, un número limitado de veces durante su vida útil. Son cargas eventuales las debidas al oleaje máximo, sismo y diferencias máximas de temperatura.

8.3 Cargas De Construcción

Se definen como cargas de construcción, aquellas cargas a que se verá sometida la estructura solamente durante su período de construcción.

8.4 Combinaciones De Carga

Tabla 8.1: Combinaciones de carga

Factores de Carga de Diseño										
Caso	D	H	L	E	CM	IM	W	Wa	T	TA [%]
1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	100
2	1	1	1	-	-	-	-	-	1	100
3	1	1	1	-	-	1	-	-	-	100
4	1	1	1	-	-	-	1(Op)	1(Op)	-	100
5	1	1	1	-	-	-	1	1	-	133
6	1	1	-	-	-	-	1	1	-	133
7	0.9	0.9	-	-	-	-	1	1	-	133
8	1	1	-	-	-	1	1(Op)	1(Op)		133
9	1	1	1	1		-				133
10	0.9	1	0	1		-				133
11	1	-	-	-	1	1	-	-	-	100
12	1	-	-	-	1	-	1(Op)	1(Op)	-	100

CONFIDENCIAL

Tabla 8.2: Combinaciones de carga *ACI (LRFD)*

Factores de Carga de Diseño									
Caso	**D**	**H**	**L**	**E**	**CM**	**IM**	**W**	**Wa**	**T**
1	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.2	1.6	1.6	0	0	0	0	0	1.2
3	1.2	0	1	0	0	0	0	0	0
4	1.2	0	0	0	1.2	1.6	0.5	0	0
5	1.2	0	1	0	0	0	1.6	0	0
6	1.2	1	1	1.4	0	0	0	0	0
7	0.9	1.6	0	0	0	0	1.6	0	0
8	0.9	1.6	0	0	0	1	0	1.6	0

CONFIDENCIAL

Donde:

D: Peso Propio
H: Empuje de Suelos
L: Sobrecargas Verticales
E: Sismo
CM: Cargas de Construcción y Montaje
IM: Cargas de Impacto
W: Cargas de Viento
Wa: Cargas de Oleaje
T: Temperatura

9.0 ACERO ESTRUCTURAL

9.1 Campo De Aplicación

En este capítulo se indican los criterios para el diseño de todas las estructuras de acero y sus conexiones incluyendo vigas, diagonales y sus conexiones. Se exceptúa del presente capítulo el diseño de pilotes, los que deberán diseñarse de acuerdo al capítulo 10 de los presentes criterios de diseño.

9.2 Calidad Del Acero

El acero estructural deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- En el ensayo de tracción deberá presentar ductilidad natural con una meseta pronunciada.
- El cociente de la resistencia a la rotura dividida por el límite de fluencia debe estar entre 1.2 a 1.8.
- El alargamiento mínimo de rotura en la probeta de 50 mm debe ser como mínimo de un 20%.
- Soldabilidad garantizada según AWS.
- Límite de fluencia no superior a 450 MPa.
- Resiliencia mínima de 27 Joules a 21°C en el ensayo de Charpy según ASTM A36.

Los siguientes aceros cumplen con los requisitos antes indicados con excepción del de resiliencia, el cual debe ser solicitado en cada caso:

CONFIDENCIAL

- ASTM A36, A270ES y A572 Gr. 42 y 50
- DIN17.100 calidades St. 44.2, 44.3 y 52.3
- ASTM A500 Gr. B y C y A501
- API 5L X46, X50

9.3 Diseño

- Se evitarán los miembros formados por dos o más elementos en contacto, en los cuales no se pueda alcanzar la superficie para propósitos de mantención.
- En estructuras altas deberá considerarse el efecto P-Δ para fuerzas sísmicas y/o viento, excepto cuando la estabilidad lateral esté garantizada por diagonales en X, tipo K o muros de corte.
- Los elementos con cargas axiales de viento o sismo, con valores mayores al 50% de su capacidad de carga admisible, tendrán una esbeltez máxima:

$$\frac{KL}{r} \leq 1.5\pi\sqrt{\frac{E}{F}}$$

Donde:

- K = coeficiente de longitud de pandeo (adimensional)
- L = longitud del elemento (m)
- r = radio mínimo de giro (m)
- E = módulo de elasticidad (kg/cm2)
- F = límite de fluencia (kg/cm2)

En cuanto a los espesores mínimos, se considerarán los siguientes:

- Alma para perfiles T o doble T : 5.0mm
- Ala para perfiles T o doble T : 6.0mm
- Perfiles L y C : 4.0mm
- Gousset para perfiles T o doble T : 6.0mm
- Gousset para perfiles L y C : 5.0mm
- Pilotes : ver 10.3.3

9.4 Conexiones

9.4.1 Tipos de Conexiones

Salvo indicación contraria en los planos, se emplearán las siguientes conexiones en el acero:

- Soldadura: para conexiones de taller.

CONFIDENCIAL

- Pernos de alta resistencia: para conexiones en terreno, serán de calidad ASTM - A325 o A490 y diámetro mínimo ϕ3/4, los cuales se utilizarán para conexiones en obra como práctica normal.
- En las uniones que se deban realizar bajo agua, se privilegiaran las conexiones mediante abrazaderas.

La soldadura en obra se permitirá en los casos en que no puedan ocuparse pernos (por ejemplo: Unión de estructura a pilotes).

Pernos corrientes: serán de preferencia de ϕ= 5/8", de calidad ASTM A307, y se utilizarán para conexiones de miembros secundarios.

9.4.2 Soldadura

Toda soldadura en acero deberá cumplir las Normas AISC y AWS D1.1. La resistencia de la soldadura deberá ser mayor a la del acero y serán de la serie 70. Los electrodos estarán de acuerdo con la AWS A5.1 "Specification for covered carbon steel Arc Welding Electrodes".

Deberá haber correspondencia entre las suposiciones de diseño y las condiciones desarrolladas en conexiones soldadas.

9.4.3 Pernos de Alta Resistencia

Los pernos de alta resistencia, sus golillas y tuercas deberán regirse por la Norma ASTM A325 o 490 en su última revisión "Specifications for quenched and tempered steel bolts and studs with suitable nuts and plain hardened washers".

Las conexiones estructurales se ejecutarán en la obra según "Specifications for structural joints using ASTM A325 o A490 bolts".

Las dimensiones de pernos y tuercas serán las especificadas en ANSI Standard B18.2.1 y 2. Los hilos de los pernos serán de la serie UNC, especificada en ANSI Standard B1.1. Las conexiones apernadas serán, en general (edificios, muelle, etc.), del tipo aplastamiento con el hilo excluido en el plano de corte.

CONFIDENCIAL

9.4.4 Consideraciones de Diseño

Se evitarán, en lo posible, aquellos detalles en los cuales se pueda acumular agua. El diseño debe evitar soldaduras que produzcan concentraciones de tensiones.

9.5 Requerimientos Sísmicos

9.5.1 General

Se consideran elementos sismo-resistentes, aquellos en los cuales los esfuerzos provenientes de las cargas sísmicas aportan más de un 33% a la combinación de carga que controla el diseño.

9.5.2 Marcos Arriostrados

Los elementos que trabajen en compresión deben tener relaciones ancho espesor menores a λr según tabla B4.1 de la AISC 360-05 y la esbeltez del elemento debe ser menor a 1.5π (E/Fy)1/2.

No se permitirá el uso de arriostramientos sísmicos diseñados para trabajar en tracción únicamente, al menos el 30% del esfuerzo de corte debe ser resistido por diagonales que trabajen en tracción.

Las diagonales en X deben conectarse en el punto de cruce, dicho punto puede considerarse como fijo en el plano perpendicular para efectos de longitud de pandeo, siempre y cuando una de las dos diagonales sea continua.

El esfuerzo de compresión proveniente de las combinaciones de carga que incluyen solicitaciones sísmicas deberá ser menor o igual al 80% a la capacidad resistente del elemento.

Las conexiones de diagonales sísmicas deben diseñarse para resistir el 100% de la capacidad a tracción de la sección bruta del perfil.

9.5.3 Marcos Rígidos

Los elementos que trabajen en compresión deben tener relaciones ancho espesor menores a λp según Tabla B4.1 de AISC 360-05.
Las conexiones de momento entre vigas y columnas de marcos rígidos sismo-resistente deben tener, como mínimo, una resistencia igual a la capacidad a flexión de los elementos conectados.

9.5.4 Conexiones

La conexión de momento entre vigas y columnas de marcos rígidos debe tener como mínimo la resistencia de los elementos conectados.

En las uniones apernadas calculadas por deslizamiento critico o en aquellas que se considere instalación de pernos a pretensión completa se aplicará una pretensión del 70% de la resistencia a la tracción del perno.

CONFIDENCIAL

No se permiten uniones en que la resistencia dependa de una combinación de soldadura y pernos de alta resistencia.

9.5.5 Arriostramientos Horizontales

Las presentes disposiciones son aplicables a arriostramientos de acero cuya función es transmitir las cargas sísmicas de diseño y/o proveer de redundancia estructural.

La disposición anterior no es aplicable cuando el dimensionamiento se efectúe con las cargas sísmicas amplificadas por 0.7R.

La altura de los elementos (diagonales y puntales) debe ser mayor o igual a 1/90 de la proyección horizontal de la longitud del elemento.

10.0 PILOTES

10.1 Normas De Diseño

El diseño de los pilotes de acero deberá realizarse de acuerdo con la norma API RP2A-WSD de *American Petroleum Institute.*

10.2 Calidad Del Acero

El acero para pilotes y jackets deberá ser de calidad ASTM A572 Gr.50 o equivalente.

10.3 Consideraciones De Diseño

10.3.1 Sobre espesor por Corrosión

No se considerará una disminución de espesor por corrosión en elementos nuevos, en elementos usados se considerará una disminución de espesor de 2mm, esta disminución se considerará en una sección del pilote.

10.3.2 Esbeltez Límite

La longitud de pandeo de los pilotes se limitará a:

$$\frac{KL}{r} \leq 1.5\pi\sqrt{\frac{E}{F}}$$

Donde:

- K = coeficiente de longitud de pandeo (adimensional)
- L = longitud del elemento (m)

CONFIDENCIAL

- r = radio mínimo de giro (m)
- E = módulo de elasticidad (kg/cm2)
- F = límite de fluencia (kg/cm2)

10.3.3 Espesor Mínimo

El espesor mínimo de los pilotes (e), por consideraciones de hinca o salvo que se demuestre que en la hinca no se sobrepasarán las tensiones admisibles, debe cumplir con la siguiente relación:

$$e = 6.35 + 0{,}01*\varphi \text{ (mm)}$$

Donde:

- e = espesor del pilote (mm)
- ϕ = diámetro del pilote (mm)

CONFIDENCIAL

NORTHPORT SpA

INDICE DE ESTUDIOS

1. 14/08/2014 Estudio de Propagación de Oleaje – Terminal Northport, realizado por Apuerto Ingeniería Limitada
2. 09/10/2014 Campañas de Invierno y Verano de Estudio de Oleaje, realizado por Baird S.A.
3. 09/10/2014 Estudio de Respuesta de Buque Atracado, realizado por Baird S.A.
4. 14/10/2014 Estudio de Simulación Portuaria, realizado por Baird S.A.
5. 22/12/2014 Estudios sobre Provisión de Graneles Sólidos en la Zona de Iquique, en preparación por Windrose Chartening S.A., preinforme
6. 12/01/2015 Ingeniería conceptual terrestre avanzada, en preparación por FDA Ingeniería Limitada, preinforme. Este estudio abarca las siguientes disciplinas:
   a. Disciplina Mecánica: Informe General de Diseño, Memoria de Cálculo del Diseño Sistema de Manejo de Materiales
   b. Disciplina Industrial: Plan de Ejecución del Proyecto, Diagrama de Quiebre de Proyecto (WBS)
   c. Disciplina Eléctrica: Memoria de Cálculo del Sistema Eléctrico Principal
   d. Disciplina Estructural: Memoria de Cálculo de Estructuras Correas Transportadoras
7. 21/01/2015 Informe de Revisión de eventuales cambios en la Línea de Base del Proyecto Puerto Punta Cotititra: Período julio 2009 – enero 2015, elaborado por Mejores Prácticas Asociados SpA
8. 03/02/2015 Estudio de Refracción Marina, en preparación por Desarrollo Proyectos de Ingeniería Limitada, que tiene por objeto conocer la estratigrafía y composición del subsuelo para la colocación de los pilotes de soporte del muelle.
9. 20/03/2015 Estudio de Maniobrabilidad, realizado por Hugo Riveros Zamorano, Cap. Fragata (R) y Práctico Portuario, Ingeniero en Transporte Marítimo, preinforme de fecha 22 de Diciembre de 2014, que tiene por finalidad definir operación marítima de naves para el terminal portuario.
10. 20/11/2015 Informe de Oleaje, en preparación por Baird S.A., para solicitar la validez hidrográfica al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.
11. 01/11/2015 Estudios oceanográficos, campañas de invierno y verano, relacionados con corrientes, mareas, fondo marino y barimetría en preparación por Consultora e Ingeniería Geomar Limitada.
12. 01/11/2015 Ingeniería Conceptual Marítima Avanzada

MEJORESprácticas

REVISIÓN DE EVENTUALES CAMBIOS EN LA LÍNEA BASE DEL PROYECTO PUERTO PUNTA COTITIRA: PERÍODO JULIO 2009 – ENERO 2015

Informe preparado para Northport SpA

Informe MP–35-2015

Enero de 2015

CONFIDENCIAL

Coronel Pereira 72, of. 301
Las Condes, Santiago
Tel. (56 2) 24958672
www.mejores-practicas.com

MEDIO AMBIENTE – ENERGÍA – CAMBIO CLIMÁTICO

MEJORES PRÁCTICAS

REVISIÓN DE EVENTUALES CAMBIOS EN LA LÍNEA BASE DEL PROYECTO PUERTO PUNTA COTITIRA: 2009 – 2015

Preparado para
Northport SpA.
Vitacura 2939, Vitacura, Santiago

Preparado por
MEJORES PRÁCTICAS
Coronel Pereira 72, of. 301
Las Condes, Santiago

Versión	0
Fecha	21 de Enero, 2015
Estado	Final
Comentarios	Entrega a cliente.
Preparado por	Pablo Barañao D. pbaranao@mejores-practicas.com FIRMA

CONFIDENCIAL

Este informe fue elaborado por Mejores Prácticas Asociados SpA., persona jurídica a la que pertenece su propiedad intelectual de acuerdo con la normativa nacional e internacional vigente. El informe fue preparado para el cliente identificado arriba, para los fines que éste estime convenientes, en base al conocimiento e información disponibles a la fecha de su entrega. Cualquier otro uso, decisión adoptada, resultado o conclusión arribada por terceros en base a la información contenida en este informe, será de su entera responsabilidad. Mejores Prácticas Asociados SpA. no se hace responsable de cualquier daño o perjuicio causado, directa o indirectamente, como resultado de ello.

Indice

1. Introducción 3

2. Objetivos 4

3. Metodología 5

4. Resultados 7

4.1 Medio ambiente biótico 7

4.2 Flora terrestre 14

4.3 Fauna terrestre 17

4.4 Asentamientos humanos 17

4.5 Restos de asentamientos humanos sub-actuales 23

5. Conclusiones 26

6. Referencias 27

CONFIDENCIAL

1. Introducción

Con fecha 27 de febrero de 2008, Eric Karstegl y Cia Ltda. presentó, ante la Comisión Nacional de Medio Ambiente Región de Tarapacá, la Declaración de Impacto Ambiental (en adelante la DIA) del proyecto "Puerto Punta Cotitira", la que fue aprobada por Resolución Exenta N° 92/2009 de la Comisión Regional de Medio Ambiente de la I Región de Tarapacá de fecha 13 de julio de 2009 (en adelante RCA 92/09).

Junto con la DIA, se presentó una descripción de la Línea de Base, la que incluyó los siguientes componentes ambientales: estudios oceanográficos, medio ambiente biótico, vertebrados marinos, geología y geomorfología, hidrología y edafología, medio humano, meteorología, ruido y riesgos naturales. Este levantamiento fue complementado por un estudio de Línea Base Arqueológica acompañado en la Adenda 1 del proceso de evaluación ambiental del Proyecto.

Por su parte, el artículo 4 transitorio del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, D.S. N° 40 de 2012, establece que los proyectos o actividades calificados favorablemente con anterioridad al 26 de enero de 2010 y que no se hubiesen ejecutado, deberán acreditar ante el Servicio de Evaluación Ambiental, antes del 26 de enero de 2015, las gestiones, actos o faenas mínimas que permitan constatar el inicio de la ejecución del mismo, para, de ese modo evitar que se decrete la caducidad de la RCA respectiva. Se debe tener presente que la principal preocupación que se tuvo para establecer la caducidad de las RCAs fue precisamente evitar la ocurrencia de cambios sustantivos en la línea de base analizada en la aprobación del proyecto.

Como la RCA 92/09 es de fecha anterior al 26 de enero de 2010, el titular del proyecto "Puerto Punta Cotitira" debe acreditar a la autoridad ambiental la ejecución del mismo. A su vez, ha solicitado a Mejores Prácticas revisar si durante la aprobación del Proyecto y al día de hoy se han verificado cambios relevantes en los elementos esenciales sobre la base que se emitió la RCA del Proyecto, en particular, cambios en el proyecto, o en su Línea Base o la eventual ejecución de intervenciones humanas que pudieran haber alterado el sitio de emplazamiento del Proyecto.

El presente documento analiza en detalle la evolución de los componentes del medio ambiente físico, biológico y humano susceptibles de haber sufrido modificaciones de 2009 a la fecha, y los compara con lo presentado en la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto, con el objetivo de constatar eventuales cambios sustantivos en dichos componentes ambientales. Así, **se concluye que no existen cambios sustantivos en la línea de base del proyecto "Puerto Punta Cotitira" desde la fecha de su aprobación (julio de 2009) al presente (enero de 2015).**

CONFIDENCIAL

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es revisar la eventual ocurrencia de cambios sustantivos en la línea de base del proyecto "Puerto Punta Cotitira" entre el momento de su aprobación (julio de 2009) y el presente (enero de 2015).

Los objetivos específicos se detallan a continuación:

a) Realizar una visita al sitio de emplazamiento del Proyecto para verificar eventuales cambios significativos de los componentes ambientales o las condiciones bajo las cuales éste fue evaluado en las siguientes componentes ambientales:
   a. Medio ambiente biótico (flora y fauna terrestre, y fauna asociada al borde costero)
   b. Geomorfología
   c. Medio humano
b) Identificación de aquellos aspectos que han variado entre 2009 y enero de 2015
c) Cuantificar la significancia de los cambios identificados, si los hubiera.

CONFIDENCIAL

3. Metodología

El levantamiento de información de terreno fue realizado el día 2 de enero de 2015, oportunidad en la que se revisó la totalidad del área del Proyecto para cada una de las componentes ambientales incluidas en este análisis e identificadas en la Sección 2.

Las componentes seleccionadas para este análisis fueron aquellas que son susceptibles de ser modificadas por la acción humana en la escala temporal motivo de esta revisión (cinco años y medio), razón por la cual no se incluyeron las componentes ambientales que no tienen la potencialidad de ser afectadas en este período, a saber:

a) Estudios oceanográficos
b) Geología
c) Hidrología
d) Meteorología
e) Riesgos naturales

La revisión se basó en un recorrido pedestre por toda la superficie del predio del proyecto (ver Figura 1), cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 1. La superficie del área terrestre prospectada es de 30 hectáreas (300.000 m^2).

Tabla 1: Coordenadas del Proyecto (WGS-84 huso 19s)

Vértices	UTM Norte	UTM Este
Vértice 1	7.707.386	376.068
Vértice 2	7.707.403	376.104
Vértice 3	7.707.727	377.028
Vértice 4	7.707.315	377.028
Vértice 5	7.707.237	376.391
Vértice 6	7.707.481	376.074
Vértice 7	7.707.303	376.276
Vértice 8	7.707.239	376.141

CONFIDENCIAL

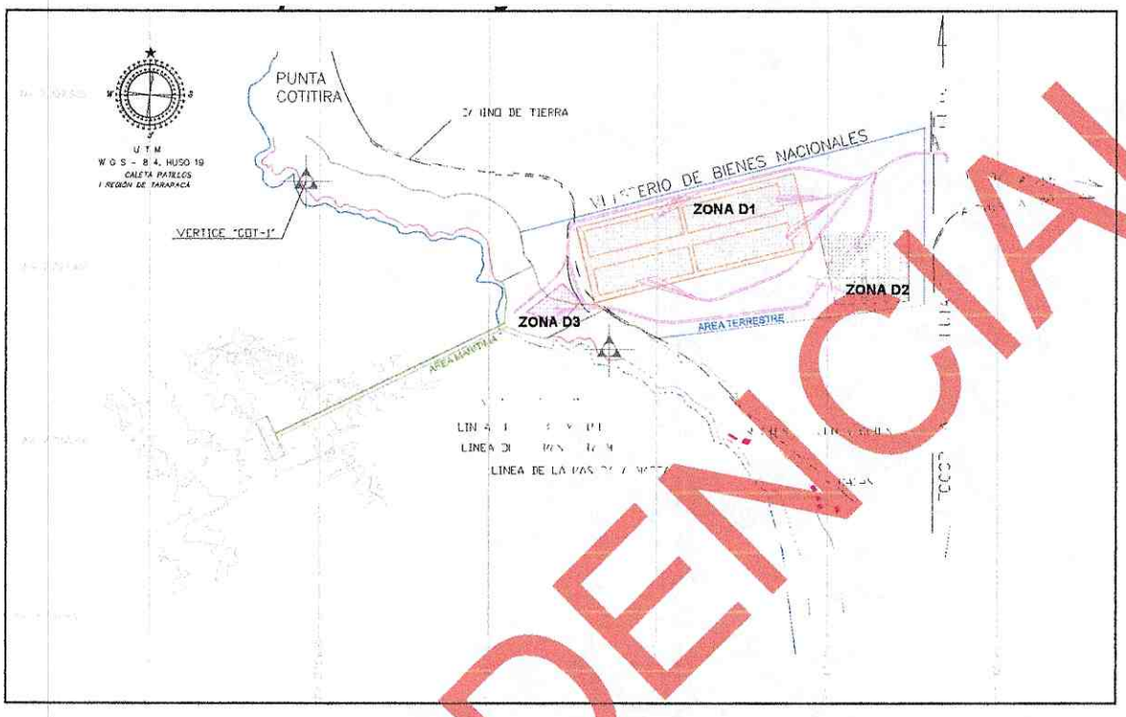


Figura 1: Localización del Proyecto

CONFIDENCIAL

4. Resultados

Los resultados del análisis se presentan a continuación, incluyendo una descripción de la información levantada así como el respaldo fotográfico respectivo.

4.1 Medio ambiente biótico

La totalidad de la flora y fauna marina observada en el área del proyecto está constituida por especies marinas o directamente relacionadas con dicho ecosistema. Destaca la presencia de aves marinas, mamíferos marinos, algas y moluscos. A continuación se presenta en detalle cada uno de estos componentes de la flora y fauna marina del lugar.

4.1.1 Aves marinas

Se observó una gran cantidad de aves marinas, tanto vivas como sus restos y huellas. Las especies identificadas fueron: gaviota dominicana (*Larus dominicanus*), cormorán o pato yeco (*Phalacrocorax*), cormorán lile (*Stictocarbo gaimardi*), pelícano (*Pelecanus occidentalis*), jote cabeza roja (*Cathartes aura*), huairaviro (*Nycticorax nycticorax*), aunque es posible considerar también la presencia de las otras especies identificadas en el levantamiento de línea base de la DIA y que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Aves presentes en la Región de Tarapacá

ESPECIE	NOMBRE COMUN	HABITAT
Sphenicus humboldti	Pingüino de humboldt	Costero y pelágico
Spheniscus	Pingüino de Magallanes	Pelágico
Diomedea epomophora	Albatros real	Pelágico
Diomedea bulleri	Albatros de buller	Pelágico
Diomedea cauta	Albatros de frente blanca	Pelágico
Diomedea melanophris	Diomedea de ceja neara	Pelágico
Phoebetria palpebrata	Albatros oscuro	Pelágico
Macronedesamanreus	Petrel gigante antartico	Pelágico
Macronectes halli	Petrel gigante subantartico	Pelágico
Fulmarus glacialoides	Petrel plateado	Pelágico
Daotion capense	Petrel moteado	Pelágico
Pachyptila belcheri	Petrel paloma de pico delg.	Pelágico
Procellaria	Fardela negra grande	Pelágico
Puffinus creatopus	Fardela blanca	Pelágico
Puffinus griseus	Fardela negra	Pelágico - costero

CONFIDENCIAL

ESPECIE	NOMBRE COMUN	HABITAT
Halobaena caerulea	Petrel azulado	Pelágico
Oceanites oceanicus	Golondrina de mar	Pelágico
Oceanodroma	Golondrina de mar negra	Pelágico
Oceanodroma hombvi	Golond .. de mar de collar	Pelágico
Fregetta tropica	Golond ... de vientre nearo	Pelágico
Pelecanoides gamotii	Yunco	Costero
Pelecanus occidentalis	Pelicano	Costero
Sula variegata	Piquero	Costero
Sula nebouxii	Piaqero patas azules	Costero
Phalacrocorax	Cormorán yeco	Costero
Stictocarbo gaimardi	Cormorán lile	Costero
Leucocarbo	Cormorán guanay	Costero
Fregata magnificens	Ave fragata	Costero
Egretta caerulea	Garza azul	Litoral
Bubulcus ibis	Garza boyera	Quebradas - litoral
Nycticorax nycticorax	Huairavo	Litoral a altiplano
Theristicus caudatus	Bandurria	Litoral a altiplano
Vultur gryphus	Condor	Litoral a altiplano
Coragyps atratus	Jote cabeza negra	Litoral
Cathartes aura	Jote cabeza colorada	Litoral - desierto
Cathartes burrovianus	Jote de cabeza amarilla	Litoral (camaraca)
Buteo polyosoma	Aguilucho	Litoral - altiplano
Pandion haliaetus	Aguila pescadora	Litoral - costero
Polyborus plancus	Traro	Litoral - quebradas
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Litoral a altiplano
Haematopus ater	Pilpilén negro	Litoral
Pluvialis squatarola	Chorlo ártico	Litoral
Pluvialis dominica	Chorlo dorado	Litoral v altiplano
Charadrius	Chorlo semipalmado	Litoral
Charadrius	Chorlo nevado	Litoral
Charadrius vociferus	Chorlo gritón	Litoral
Tringa flavipes	Pitotoy chico	Litoral v altiplano
Tringa melanoleuca	Pitotoy arande	Litoral v altiplano
Arenaria interpres	Playero vuelvepiedras	Litoral
Actitis maculata	Playero manchado	Litoral

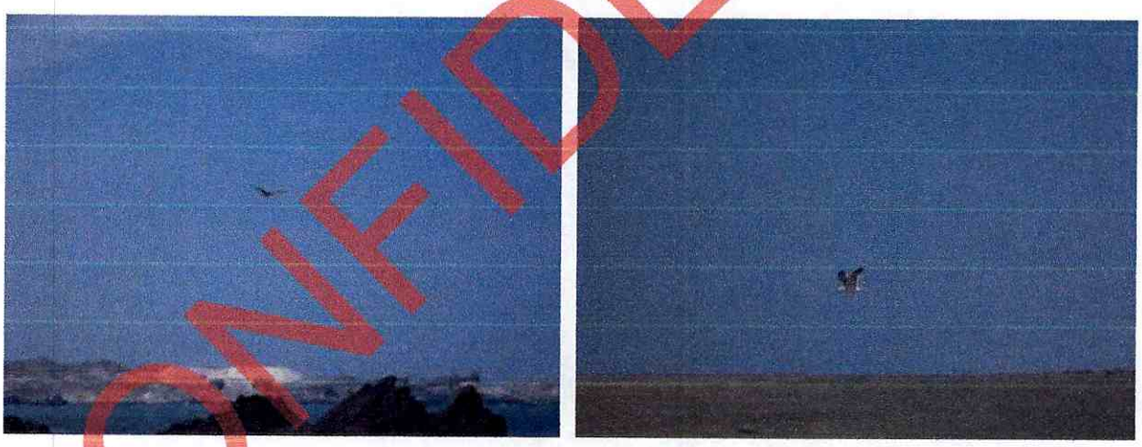
CONFIDENCIAL

ESPECIE	NOMBRE COMUN	HABITAT
Catootroohorus	Playero grande	Litoral
Aohriza viraata	Playero de las rompientes	Litoral
Calidirs canutus	Playeri ártico	Litoral
Calidris minutilla	Playeri enano	Litoral
Calidris bairdii	Playero de baird	Litoral
Calidris melanotos	Playero pectoral	Litoral
Calidirs pusilla	Playero semipalmado	Litoral
Calidris alba	Playero blanco	Litoral
Micropalama	Playero de patas largas	Litoral y altiplano
Numenius phaeopus	Zarapito	Litoral
Numenius borealis	Zarapito boreal	Litoral
Limosa haemastica	Zarapito de pico recto	Litoral
Limosa fedoa	Zarapito moteado	Litoral
Phalaropus fulicarius	Pollito de mar rojizo	Litoral
Lobipes lobatus	Pollito de mar boreal	Litoral
Steganoous tricIor	Pollito de mar tricolor	Litoral
Catharacta chilensis	Salteador chileno	Pelágico
Catharacta /onnberai	Salteador Dardo	Pelágico
Stercorarius	Salteador de cola larga	Pelágico - costero
Stercorarius parasiticus	Salteador chico	Pelágico - costero
Larus modestus	Gaviota garuma	Costero
Larus be/cheri	Gaviota peruana	Costero
Larus dominicanus	Gaviota dominicana	Costero
Larus pipixcan	Gaviota de franklin	Costero
Xema sabini	Gaviota sabine	Costero
Creaorus furcatus	Gaviota de las galápagos	Pelágico
Stema hirundinacea	Gaviotín sudamericano	Costero
Stema oaradisaea	Gaviotín ártico	Costero
Stema lorata	Gaviotín chico	Costero
Stema elegans	Gaviotín elegante	Costero
Stema sandwicensis	Gaviotín de sandwich	Costero
Larostema inca	Gavíotín monja	Costero
Rvnchoos ninra	Rayador	Costero
Athene cunicularia	Peauén	Quebradas - litoral
Chordeiles acutipennis	Gallina ciega peruana	Litoral

CONFIDENCIAL

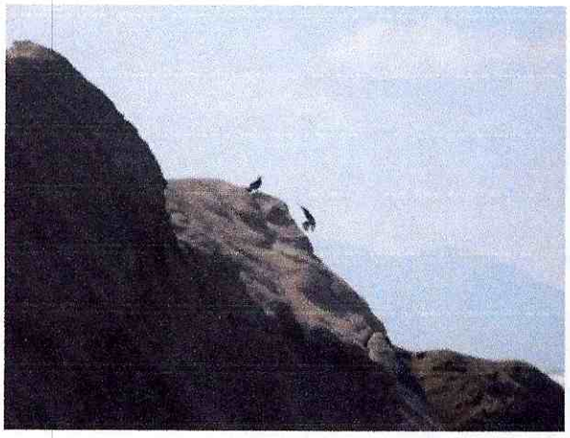
ESPECIE	NOMBRE COMUN	HABITAT
Geositta cunicularia	Minero	Litoral a altiplano
Cinclodes	Churrete costero	Litoral
Leptasthenura	Tijeral	Litoral a prealtiplano
Agriomis microotera	Mero de tarapacá	Litoral a altiplano
Muscisaxicola	Dormilona fraile	Litoral a altiplano
Muscisaxicola rufivertex	Dormilona de nuca rojiza	Litoral a altiplano
Muscisaxicola	Dormilona chica	Litoral a altiplano
Muscisaxicola	Dormilona tontito	Litoral a altiplano
Hymenoos perspicillata	Run-run	Quebradas a. Litoral
Pyaochelidon	Golondrina de dorso negro	Litoral a altiplano
Progne modesta	Golondrina negra	Litoral - quebradas
Zonotrichia capensis	Chincol	Litoral a prealtiplano

Las siguientes fotografías presentan la evidencia observada en terreno.



Fotografías 1 y 2: Gaviotas dominicanas en vuelo

CONFIDENCIAL





Fotografías 3 y 4: Jotes de cabeza roja en roca y pelícano en el mar





Fotografías 5 y 6: Huellas de aves marinas en la arena

CONFIDENCIAL

4.1.2 Mamíferos marinos

En el sitio del proyecto se pudo observar evidencia de la presencia eventual de la especie lobo de mar común (*Otaria byronia*), aunque no fue posible su observación directa, lo que no es raro dadas las características de mar bravo de la costa en la ubicación del proyecto. Adicionalmente, es posible considerar también la presencia eventual de las otras especies identificadas en el levantamiento de línea base de la DIA y que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Mamíferos marinos presentes en la Región de Tarapacá

ESPECIE	NOMBRE COMUN	HABITAT
Lutra felina	Chungungo	Costero
Otaria byronia	Lobo de mar común	Costero
Arctocephalus australis	Lobo fino austral	Costero - pelágico
Mesoplodon lavardi	Ballena de sowerby	Pelágico
Ziohius cavirostris	Ballena de cuvier	Pelágico
Myperoodon planifrons	Ballena nariz de botella	Pelágico
Kogia breviceps	Cachalote pigmeo	Pelágico
Physeter	Cachalote	Pelágico
Physeter catodon	Cachalote	Pelágico
Stenella coeruleoalba	Delfín Listado	Pelágico
Stenella lonairostris	Delfín manchado	Pelágico
Delphinus delphis	Delfín común	Pelágico
Tursiops truncatus	Delfín nariz de botella	Pelágico
Laaenorhynchus	Delfín obscuro	Pelágico
Feresa attenuata	Delfín	Pelágico
Grampus griseus	Calderón Gris	Pelágico
Orcinus orca	Orca	Pelágico
Pseudorca crassidens	Falsa orca	Pelágico
Globicephala melaena	Ballena piloto	Pelágico
Globiceohala	Ballena piloto de alete	Pelágico
Lissodelohis oeronii	Delfín liso	Pelágico
Phocaena sopnipinnis	Marsopa o tonina	Pelágico
Balaenoptera	Rorcual	Pelágico
Balaenoptera edeni	Ballena de Bryde	Pelágico
Balaenoptera physalus	Rorcual ballena azul	Pelágico
Balaenoptera borealis	Rorcual	Pelágico
Megaptera	Ballena jorobada	Pelágico
Eubalaena australis	Ballena franca	Pelágico

CONFIDENCIAL

4.1.3 Otros animales marinos

Adicionalmente a las aves y mamíferos marinos, y aunque una revisión detallada de la fauna marina escapaba de los alcances de este estudio, en el área del proyecto fueron observados restos de moluscos y otros invertebrados marinos, los que se presentan en las fotografías 7 a 13.





Fotografías 7 y 8: Conchas de moluscos en sectores cercanos al borde costero





Fotografías 9 y 10: Conchas de moluscos en sectores cercanos al borde costero

CONFIDENCIAL





Fotografías 11 y 12: Restos de moluscos sin concha



Fotografía 13: Restos de medusas en playa

CONFIDENCIAL

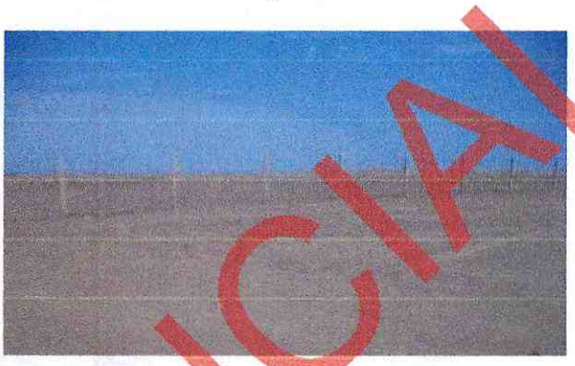
4.2 Flora terrestre

Al igual que en el levantamiento realizado en el marco de la DIA, y debido a las condiciones de extrema sequedad en el área del proyecto, no se observó ninguna especie vegetal en el área del proyecto, tal como puede observarse en las Fotografías 14 a la 26.

En efecto, Punta Cotitira se emplaza dentro de la región ecológica del Desierto, en lo que corresponde a la subregión del Desierto Costero, en el ambiente ecológico del Desierto Costero de Tocopilla. En este sector, la vegetación se encuentra en puntos específicos dentro del área, siendo las especies características: *Eulychnia iquiquensis* "rumpa de Iquique", "copao", y *Frankenia chilensis* "salitre". En el área geográfica de esta formación (Quintanilla, 1988) se define la comunidad de Barjanes o "calanchucal", caracterizada por ser dispersa en cuanto a distribución y

estar constituida únicamente por la bromeliacea *Tillandsia marconae*. No obstante, ninguna de esas especies se encuentra presente en el sitio donde se localiza el Proyecto.



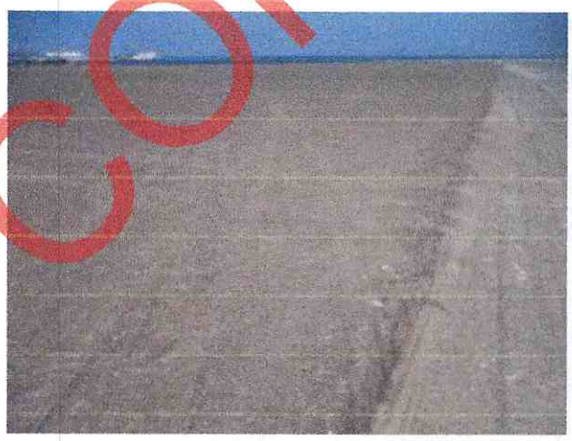


Fotografías 14 y 15: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto





Fotografías 16 y 17: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto





CONFIDENCIAL

Fotografías 18 y 19: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto





Fotografías 20 y 21: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto





Fotografías 22 y 23: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto





CONFIDENCIAL

Fotografías 24 y 25: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto



Fotografía 26: Ausencia total de vegetación en área del Proyecto

4.3 Fauna terrestre

De manera similar a la flora terrestre y tal como puede observarse en las Fotografías 14 a la 26, se observó una total falta de fauna terrestre en el área de emplazamiento del proyecto. Durante la prospección sólo se observaron especies asociadas al ecosistema litoral, ya descritas en las secciones anteriores.

4.4 Asentamientos humanos

Al igual que lo observado en la prospección realizada en la DIA, los únicos asentamientos humanos permanente observados en las cercanías del proyecto fueron la caleta Chanavayita y la caleta Cáñamo, las que mantienen sus características principales con respecto a lo registrado en 2008, tal como se observa en las Fotografías 27 a 49.

Adicionalmente, pudo observarse la presencia de asentamientos temporales (carpas) con ocasión de vacaciones, en las inmediaciones del área del Proyecto, las cuales no constituyen ocupaciones permanentes ni tampoco a usuarios del borde costero como pescadores y otros similares (ver Fotografías 50 y 51).

4.4.1 Caleta Chanavayita

Caleta Chanavayita es una caleta de pescadores artesanales y área de veraneo y turismo, ubicada entre Punta Yape y Punta Cotitira. Se ubica a 60 kilómetros al Sur de Iquique. Se accede a ésta a través de un camino costero en buen estado. En el sector existe una caleta de pescadores, posta, agua potable, servicio de restaurante y algunas casas de veraneo. Sus playas son aptas para los

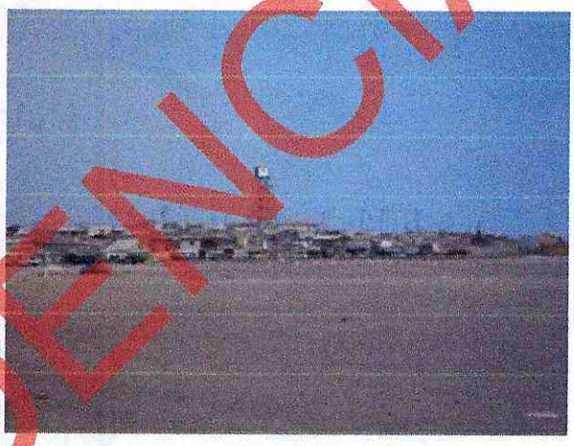
CONFIDENCIAL

deportes náuticos, natación y pesca deportiva. Actualmente existe infraestructura de Camping.

La caleta presenta una playa de arena, habilitada como balneario, con instalaciones para operaciones turísticas y servicios menores. Existe una organizada comunidad de pescadores artesanales, con viviendas de buena calidad y definición urbanística. Chanavayita tiene reconocimiento como caleta de pescadores artesanales según D.S N° 240 de Agosto 1998.

Las Fotografías 27 a la 40 muestran el estado actual de la caleta Chanavayita.





Fotografías 27 y 28: Acceso u vista general de Caleta Chanavayita





Fotografías 29 y 30: Templo y plaza de juegos en caleta Chanavayita

CONFIDENCIAL





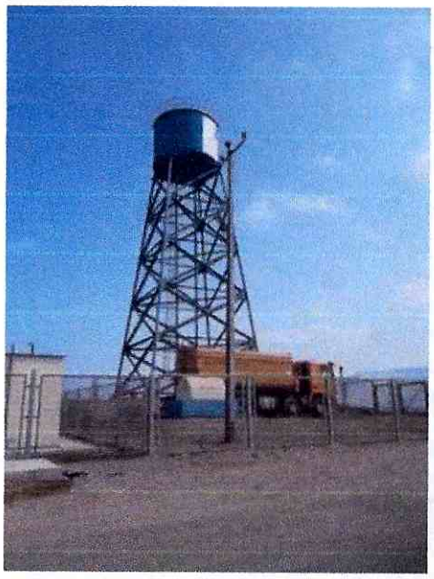
Fotografías 31 y 32: Posta vista de bahía de caleta Chanavayita





Fotografías 33 y 34: Construcciones y viviendas en caleta Chanavayita

CONFIDENCIAL





Fotografías 35 y 36: Instalaciones de servicios de agua potable en Chanavayita

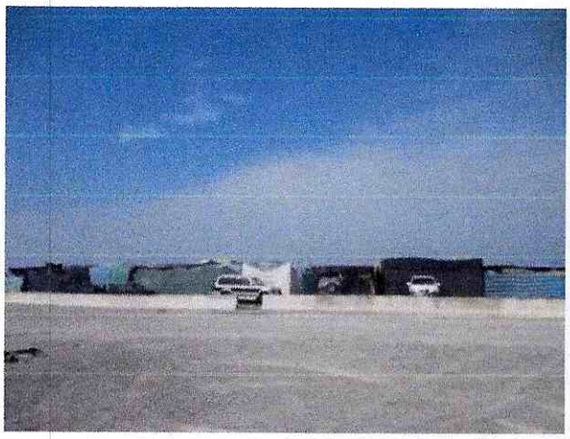


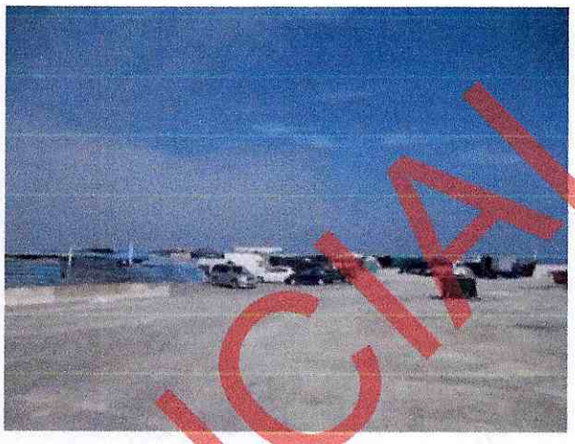
Fotografía 37: Secado de algas frente a casa de caleta Chanavayita



Fotografías 38: Botes pesqueros anclados en bahía de caleta Chanavayita

CONFIDENCIAL





Fotografías 39 y 40: Ocupación temporal de playa al sur de Chanavayita por vacaciones

4.4.2 Caleta Cáñamo

La caleta Cáñamo se encuentra a 63 Km de la ciudad de Iquique y a 8 Km del área del proyecto. Se emplaza a 500 m al norte de las instalaciones de Celta y Punta Patache. Caleta Cáñamo es una más pequeña que Chanavayita, pero que posee algunos adelantos en materia de urbanización (señalética, iluminación).

Las Fotografías 41 a la 49 muestran el estado actual de la caleta Cáñamo.

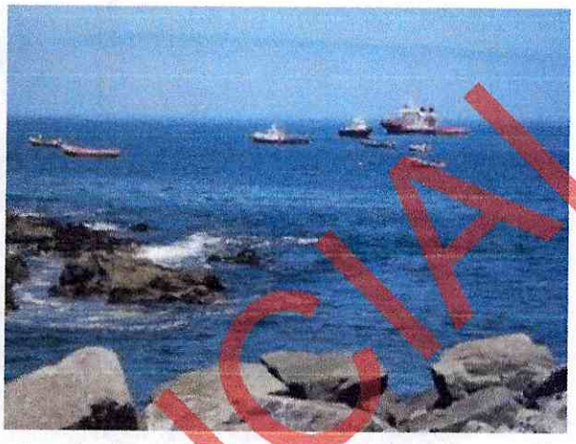




Fotografías 41 y 42: Vistas generales de caleta Cáñamo

CONFIDENCIAL





Fotografías 43 y 44: Sitio de significación cultural y botes de pesca en caleta Cáñamo





Fotografías 45 y 46: Ocupación temporal por vacaciones en playa al norte de Cáñamo





Fotografías 47 y 48: Secado de algas en caleta Cáñamo

CONFIDENCIAL



Fotografías 49: Secado de algas en caleta Cáñamo

4.4.3 Otros asentamientos humanos





Fotografías 50 y 51: Carpas de veraneantes en sector cercano a Punta Cotitira

4.5 Restos de asentamientos humanos sub-actuales

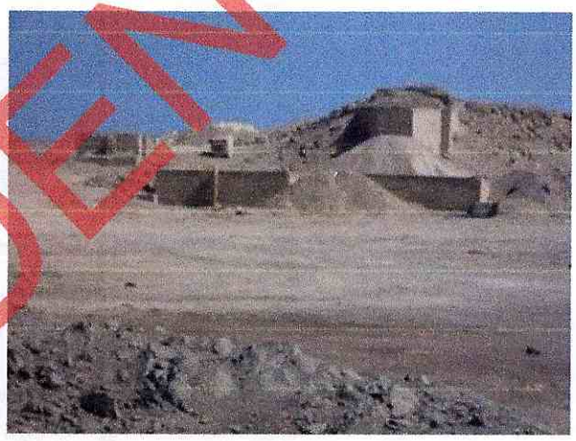
El reconocimiento arqueológico realizado en el área de estudio durante el proceso de calificación ambiental de la DIA permitió documentar evidencias de ocupación humana en tiempos subactuales, es decir, ocupaciones humanas posteriores a 1950 y anteriores a la actualidad. Se trata de tres áreas que se localizan dentro y en las inmediaciones del área del proyecto, con los siguientes hallazgos:

CONFIDENCIAL

- Un área de alrededor de 1,2 hectáreas donde se observan múltiples evidencias de un antiguo campamento industrial.
- Un área de alrededor de 0,7 hectáreas localizada en las inmediaciones de una pequeña colina ubicada cerca de la pista aérea donde se observaron una serie de depresiones circulares asociadas a basuras domésticas subactuales del campamento cercano.
- Un área de alrededor de 5,1 hectáreas de una ocupación industrial donde se observó una innumerable cantidad de estructuras de concreto, restos de maquinarias, acumulaciones de áridos y desechos de minerales, plataformas, piscinas, entre otras evidencias.

Todas estas estructuras y evidencias de ocupación subactual se mantienen hasta el día de hoy en un buen estado de conservación, tal como se puede observar en las Fotografías 52 a la 56.





Fotografías 52 y 53: Restos de construcciones sub-actuales en sector del Proyecto





Fotografías 54 y 55: Restos de construcciones sub-actuales en sector del Proyecto

CONFIDENCIAL



Fotografía 56: Restos de construcciones sub-actuales en sector del Proyecto

CONFIDENCIAL

5. Conclusiones

El sitio de emplazamiento del Proyecto Puerto Punta Cotitira se encuentra actualmente en una situación equivalente, desde el punto de vista ambiental, a la que presentaba el año 2009, según consta en los documentos de línea base presentados en el marco del proceso de calificación ambiental de la DIA de dicho proyecto.

En efecto, todos los componentes ambientales revisados durante la visita al sitio en enero de 2014 (medio biótico, geomorfología, medio humano y restos de asentamientos humanos subactuales) dan cuenta de la ausencia de cambios sustantivos en la línea de base del proyecto "Puerto Punta Cotitira" entre el momento de su aprobación (julio de 2009) y el presente (enero de 2015).

La única diferencia detectada fue el crecimiento y mayor equipamiento de los poblados más cercanos al proyecto (caletas Chanavayita y Cáñamo), lo que constituye un hecho normal en la evolución de este tipo de asentamientos humanos y no representa ninguna modificación sustantiva de las condiciones bajo las cuales fue aprobado el Proyecto.

CONFIDENCIAL

6. Referencias

ERIC KARSTEGL Y COMPAÑÍA LIMITADA, Declaración de Impacto Ambiental TT. MM. Granelero Mecanizado, Punta Cotitira, Caleta Patillos, Región de Tarapacá. Chile, Revisión B, Febrero 2008.

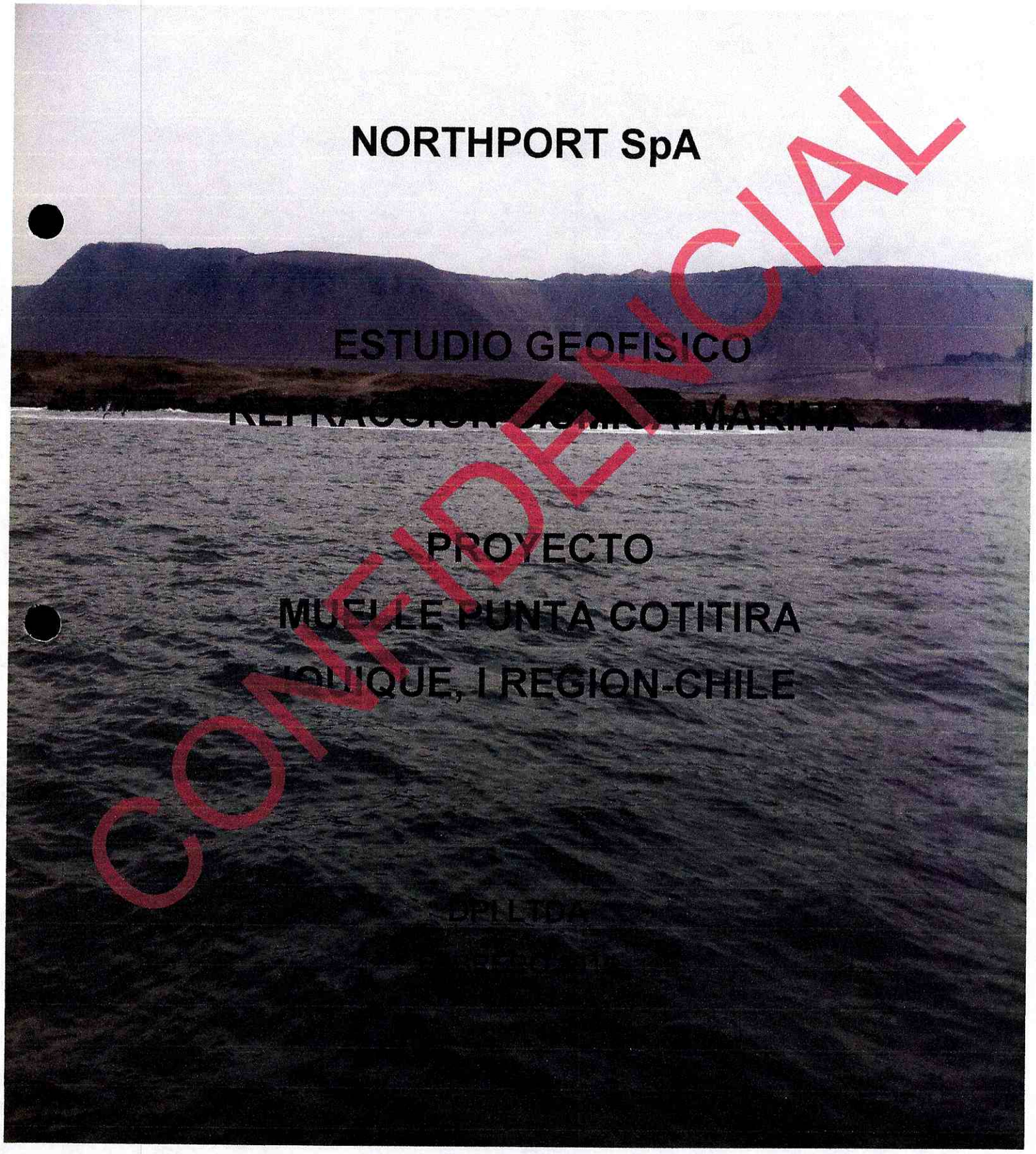
AJATA, Rolando. C. L. Estudio de Línea Base Arqueológica, Proyecto Puerto Punta Cotitira, Comuna de Iquique. Chile, 2008.

ERIC KARSTEGL Y COMPAÑÍA LIMITADA, Declaración de Impacto Ambiental Proyecto Puerto Punta Cotitira: Anexo C, Línea de Base. Chile, Revisión B, Febrero 2008.

CONFIDENCIAL

DPI INGENIEROS LTDA.

NORTHPORT SpA



ESTUDIO GEOFISICO

REFRACCION SISMICA MARINA

PROYECTO

MUELLE PUNTA COTITIRA

IQUIQUE, I REGION-CHILE

CONFIDENCIAL

DPI LTDA.

INDICE DE MATERIAS

1.0 INTRODUCCIÓN 2

2.0 METODOLOGÍA 4

2.1 MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA 4

2.2 ONDAS SÍSMICAS 4

2.3 HIPÓTESIS DEL MÉTODO SÍSMICO 5

3.0 INSTRUMENTAL 6

3.1 PERSONAL DE DPI LTDA 6

4.0 TRABAJOS DE TERRENO 7

4.1 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES EN TERRENO. 11

5.0 ANTECEDENTES FOTOGRÁFICOS 14

6.0 RESULTADOS 19

6.1 PERFIL SÍSMICO MARINO, PS-1, (FIGURAS 2 Y 3.1). 22

6.2 PERFIL SÍSMICO MARINO, PS-2, (FIGURAS 2 Y 3.2). 26

6.3 PERFIL SÍSMICO MARINO, PS-3, (FIGURAS 2 Y 3.3). 28

6.4 PERFIL SÍSMICO MARINO, PS-4, (FIGURAS 2 Y 3.4). 30

6.5 PERFIL SÍSMICO MARINO, PS-5, (FIGURAS 2 Y 3.5). 32

6.6 PERFIL SÍSMICO TERRESTRE, PS-PLAYA, (FIGURAS 2 Y 3.6). 34

7.0 MÓDULOS ELÁSTICOS. 36

8.0 RESUMEN Y CONCLUSIONES 40

CONFIDENCIAL

1.0 INTRODUCCIÓN

A solicitud de la empresa portuaria Northport SpA y como parte de la ingeniería básica del proyecto "Muelle de Transferencia de Carga Punta Cotitira", se realizó el presente estudio de refracción sísmica marina en el sector ubicado 57 km al sur de la ciudad de Iquique, I región, fig. 1.

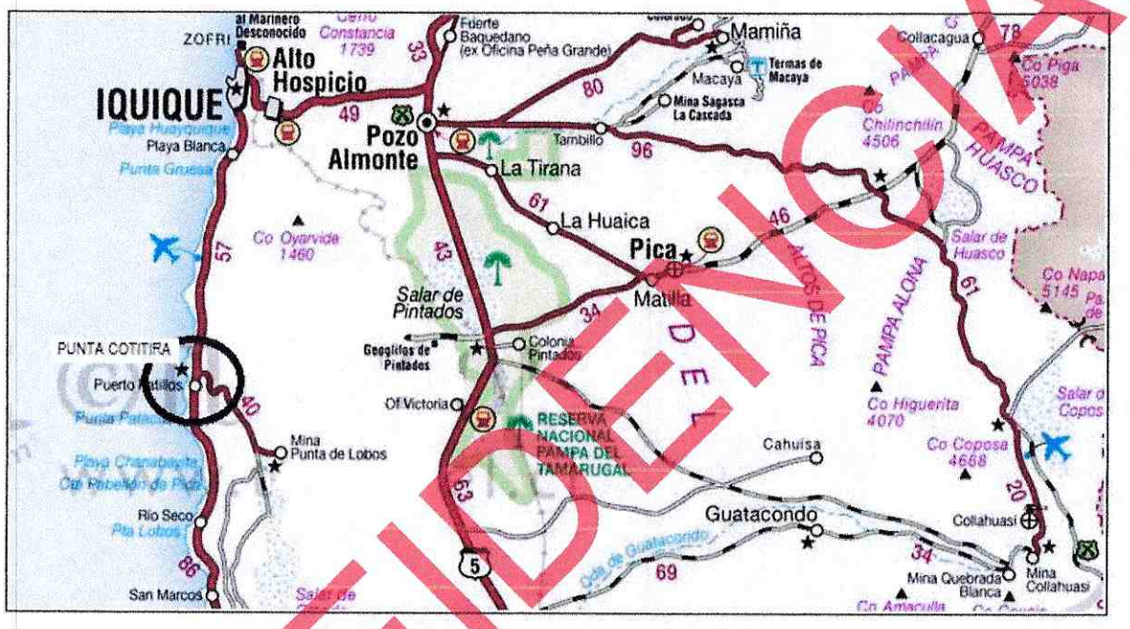


Fig. Nº1. Plano de ubicación, área de estudio. (Fuente Turistel)

El proyecto corresponde a la implementación y construcción de un muelle que servirá para la transferencia de minerales y cargas marinas de exportación e importación en la I región..

El objeto del estudio de refracción sísmica es investigar la geometría del subsuelo marino, precisar la potencia de los sedimentos, determinar el basamento rocoso y sus características geotécnicas.

La metodología empleada, refracción sísmica marina, investiga la trayectoria de los frentes de ondas compresionales producidas por micro cargas explosivas instaladas en el fondo del mar por buzos especializados y controlada topográficamente. Las

CONFIDENCIAL

refracciones sísmicas son recibidas por sensores o geófonos ubicados en el fondo marino, a lo largo del perfil que se estudia.

Se investigaron 5 perfiles marinos, PS-1, PS-2, PS-3 PS-4 y PS-5 con longitudes variables y que totalizan 1.556m de refracción sísmica.

La investigación e interpretación de las propagaciones de los frentes de ondas, en el área de proyecto, ha sido calibrada con los antecedentes de un perfil sísmico adicional, "PS-Playa", ejecutado en el borde costero. Los resultados demuestran que el subsuelo marino se compone fundamentalmente de un relleno moderado de arenas de baja compacidad, las cuales coexistirían con rocas ligeramente fracturadas o agrietadas de bajo espesor y finalmente un basamento de rocas con muy buena calidad geotécnica.

El presente informe detalla estos resultados además que entrega todos los antecedentes de este trabajo en terreno.

CONFIDENCIAL

2.0 METODOLOGÍA

En la investigación del subsuelo correspondiente al desarrollo del presente proyecto, se usó el método de Refracción Sísmica Marina, el cual se resume a continuación.

2.1 Método de Refracción Sísmica

En toda investigación del subsuelo, en que se proyecta la construcción de obras civiles, tales como muelles, túneles, tranques, represas, etc., se hace cada vez más corriente el uso de métodos geofísicos para complementar y programar estudios que definen los sectores con mejores condiciones geomecánicas para su emplazamiento.

El método geofísico aplicado con mayor frecuencia es el de Refracción Sísmica. Este método permite diferenciar los estratos del subsuelo de acuerdo a las velocidades de propagación de ondas elásticas de compresión dentro de ellos. Así mismo, permite calcular la profundidad a las diversas interfaces y el buzamiento de horizontes refractores.

2.2 Ondas Sísmicas

La técnica consiste en generar ondas elásticas mediante explosiones o golpes en la superficie y medir el tiempo que demora la energía en propagarse desde la fuente u origen a cada uno de una serie de detectores o geófonos ubicados en los extremos de una línea. Conocido el arreglo geométrico fuente-detectores y el tiempo de viaje de las ondas compresionales, es posible construir los Diagramas "Camino-Tiempo", que constituyen la base de la interpretación posterior.

A partir de las curvas "Camino-Tiempo", se elige el modelo que mejor se ajusta al conjunto de datos de terreno y se afina la interpretación, considerando las condiciones topográficas y geológicas de superficie.

CONFIDENCIAL

Se obtiene así una interpretación en forma de corte o perfil a lo largo de la línea investigada, en la que se muestran las capas del subsuelo y sus espesores. Además, se sugiere una correlación probable con estratos geológicos.

Sin embargo, es importante destacar que el método de refracción sísmica en si mismo sólo diferencia capas de acuerdo a las velocidades de propagación de ondas elásticas en ellas. La correlación geológica se establece posteriormente, en lo posible, con información adicional, tal como sondajes y reconocimiento geológico superficial.

Las informaciones de profundidad que da el método, deben entenderse como distancias a las interfaces determinadas y no son por lo tanto, necesariamente verticales.

2.3 Hipótesis del Método Sísmico

Para el éxito de una prospección sísmica es necesario además que las características del subsuelo sean lo más aproximadas a las siguientes hipótesis que emplea el método:

- El subsuelo está dividido en capas relativamente planas de cualquier inclinación.
- La velocidad de propagación de ondas elásticas es aproximadamente constante dentro de cada capa.
- Las capas sucesivamente más profundas presentan velocidades sísmicas sucesivamente mayores.
- Las capas son de un espesor suficiente para poder apreciar las ondas refractadas en ellas.

Los resultados de un estudio de refracción sísmica serán tanto más confiables, cuanto mejor se cumplan las hipótesis postuladas. En general la literatura especializada y corroborado por la amplia experiencia desarrollada por nuestra

CONFIDENCIAL

empresa, es posible establecer que la precisión del método varía normalmente entre un 80 y un 90%.

La teoría del método y los diversos procedimientos de interpretación se encuentran suficientemente difundidos en las publicaciones especializadas por lo que no se entra en el detalle de esta materia.

3.0 INSTRUMENTAL

Se usaron los siguientes instrumentos y equipamiento de apoyo logístico:

- 1 Sismógrafo Digital de 24 canales GEODE-GEOMETRICS, USA.
- 1 Computadores DELL para el procesamiento y control de calidad
- 1 cable sísmico con 12 hidrófonos incorporados
- Cables sísmicos (2)
- Blaster (1)
- GPS resolución de 1m.
- Explosivos Tronex Plus y Fulminantes eléctricos instantáneos.
- 2 embarcaciones con motor fuera de borda
- 2 Camioneta 4 x 4

3.1 Personal de DPI LTDA

- 1 Ingeniero Geofísico
- 1 Operador Geofísico
- 1 Ingeniero Prevencionista
- 2 Buzos Comerciales con licencia manipulador de explosivos
- 1 Supervisor de Buzos
- 2 Patrones de nave menor o lancha
- 2 Tripulantes

CONFIDENCIAL

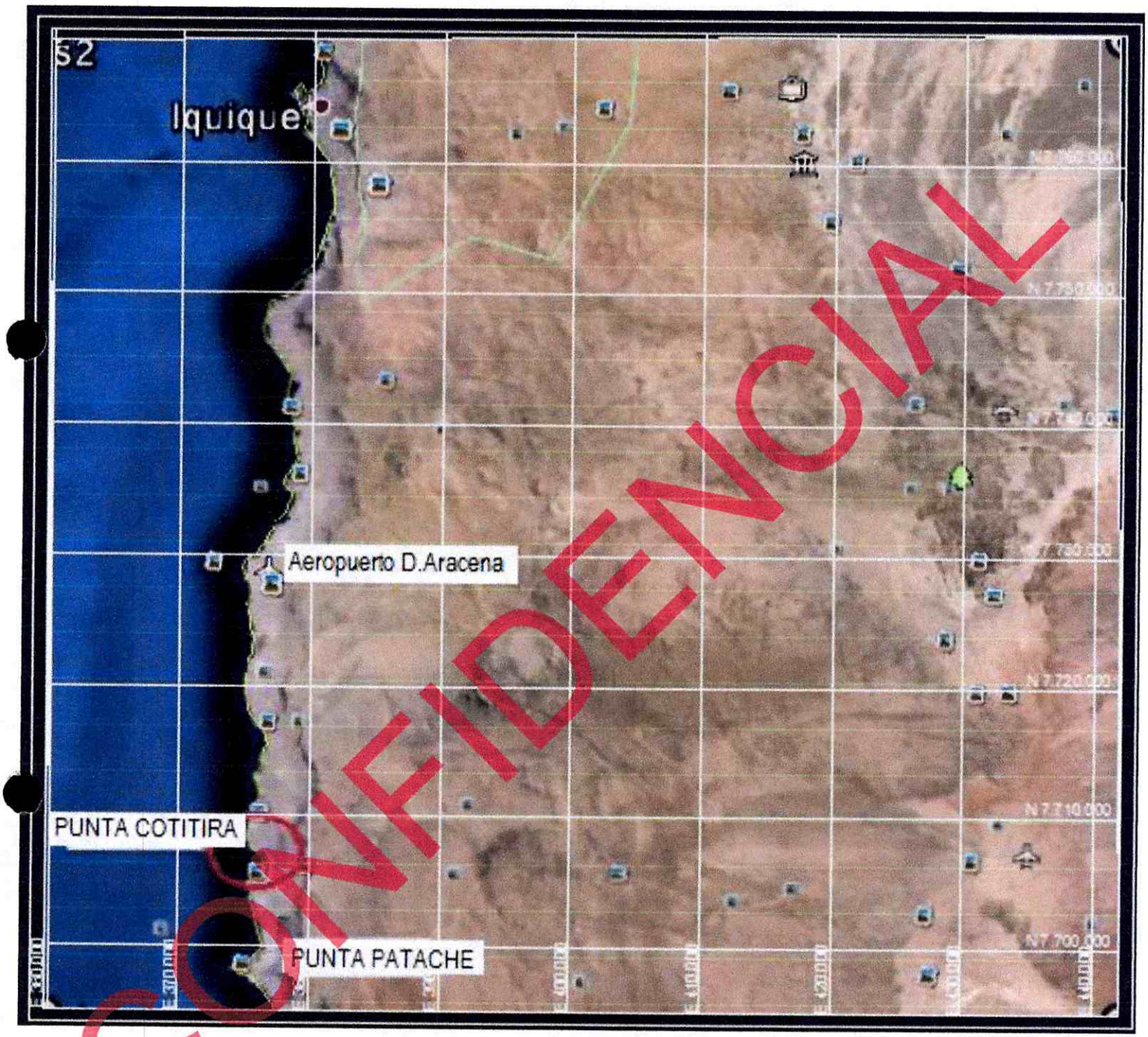
4.0 TRABAJOS DE TERRENO

Los trabajos se iniciaron el 14 de Enero con el traslado de nuestro personal al lugar de estudio, el día 15 se iniciaron las maniobras marinas de refracción sísmica.

En efecto, los estudios se realizaron entre los días 15 de Enero y 19 de Agosto, en forma continua, totalizando 1.824m de refracción sísmica en 6 perfiles, PS-1 a PS-5 y 1 perfil costero indicados en la figura Nº2 y cuyas secciones sísmicas se muestran en las figuras 3.1 a 3.6 a escala 1 a 1.000, al final del texto.

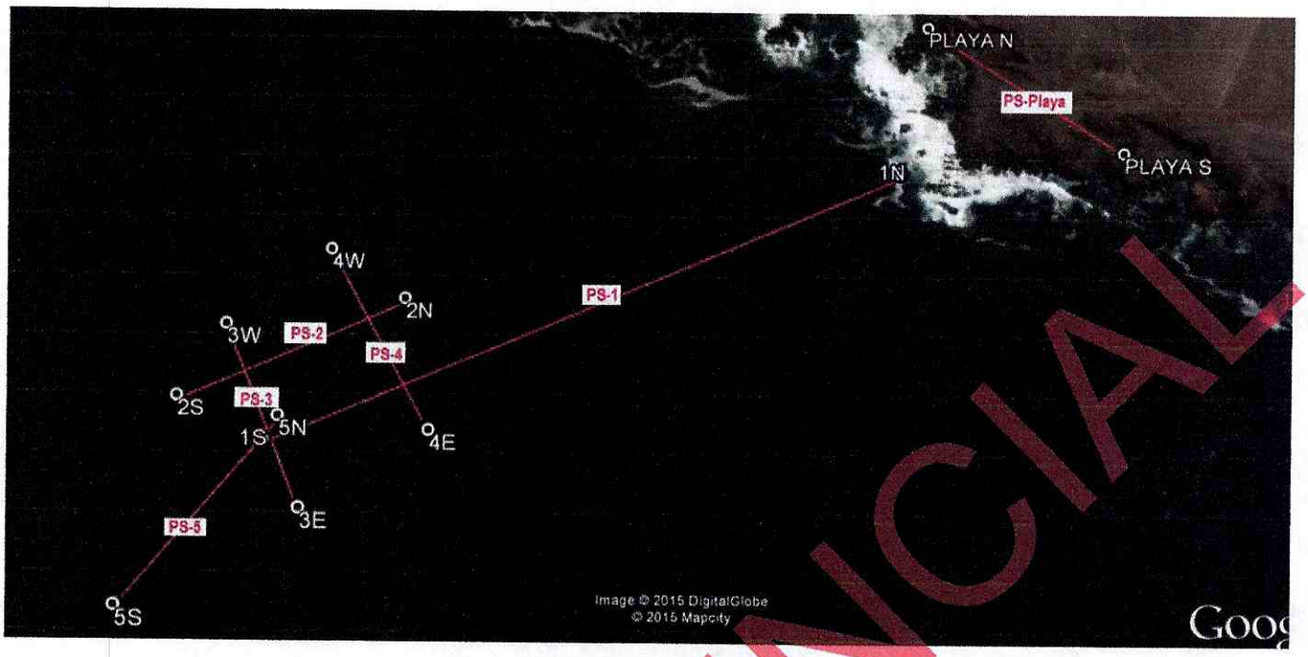
La siguiente fotografía satelital de Google Earth muestra el área de estudio y los perfiles ejecutados:

CONFIDENCIAL



CONFIDENCIAL

Area de estudio ubicada aproximadamente a 57km al Sur de Iquique.



Planta con distribución de los perfiles en Punta Cotitira, (fuente Google)

Las coordenadas geográficas aproximadas del lugar son las siguientes:

Longitud:	70° 11' 47" W.
Latitud:	20º 43' 56" S.

La ubicación de los perfiles corresponde a lo planificado por el consultor con excepción del perfil PS-Playa cuya realización en el borde costero fue de apoyo a los perfiles marinos. Para su ejecución todos los perfiles fueron materializados en la superficie del mar a través de boyas, controladas con GPS de alta resolución.

Las micro cargas explosivas también fueron controladas con GPS, con precisión menor de 1m lo que no influye en la interpretación sísmica.

Las características de los perfiles y el detalle de las coordenadas en extremos del perfil e hidrófonos se entrega en las siguientes Tablas Nº1 y Nº2.

CONFIDENCIAL

TABLA Nº1

CARACTERISTICAS PERFILES SISMICOS.

N° PERFIL	DISPAROS REALIZADOS	METROS REALIZADOS
LINEA PS1	8	686
LINEA PS 2	3	226
LINEA PS 3	4	212
LINEA PS 4	4	224
LINEA PS 5	2	208
LINEA PS-PLAYA	3	268
TOTAL REALIZADO	24	1824

TABLA Nº2

CUADRO COORDENADAS PERFILES SISMICOS

PERFIL LINEA PS 1		
EXTREMOS	ESTE	NORTE
NE	375.956	7.707.217
SW	375.369	7.706.941

PERFIL LINEA PS 2		
EXTREMOS	ESTE	NORTE
NE	375.485	7.707.080
SW	375.286	7.706.982

PERFIL LINEA PS 3		
EXTREMOS	ESTE	NORTE
NW	375.321	7.707.053
SE	375.409	7.706.880

PERFIL LINEA PS 4		
EXTREMOS	ESTE	NORTE
NW	375.410	7.707.130
SE	375.518	7.706.952

CONFIDENCIAL

PERFIL LINEA PS 5		
EXTREMOS	ESTE	NORTE
NE	375.262	7.706.794
SW	375.380	7.706.964

PERFIL PS-PLAYA		
EXTREMOS	ESTE	NORTE
NW	375.992	7.707.381
SE	376.175	7.707.238

4.1 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES EN TERRENO.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN PROYECTO SISMICA MARINA SECTOR PUNTA COTITIRA, CALETA PATILLOS, I REGION.		
Fecha	Actividades Realizada	Observación
Jueves 13 noviembre 2014	Se envía solicitud de trabajos a SHOA de Valparaíso.	Enviada vía mail.
Miércoles 19 noviembre 2014	SHOA envía a nuestras oficinas resolución en donde Autoriza la realización de los trabajos en sector Punta Cotitira.	Enviada vía mail.
Jueves 20 noviembre 2014	En Iquique se presenta documentación ante la Autoridad Fiscalizadora de Control de Armas y Explosivos. Esta autoridad entrega su Resolución una vez recibida Resolución de la Capitanía de Puerto.	Se viaja desde Santiago a Iquique, Autorización queda pendiente.
Jueves 20 noviembre 2014	Se presenta documentación en Capitanía de Puerto Patache. Se nos informa que será revisada por personal encargado y comunicaran a la empresa por cualquier novedad.	Se viaja desde Iquique a Patache, Autorización queda pendiente.
Lunes 24 noviembre 2014	Se informa que carpeta fue revisada y será enviada a la Gobernación Marítima de Iquique para su aprobación ambiental.	Información entregada por la Capitanía de Puerto Patache, vía telefónica. Se mantiene pendiente.

CONFIDENCIAL

Martes 25 noviembre 2014	Se solicita información vía telefónica sobre estado de de la documentación presenta, a la Capitanía de Patache.	Esta se encuentra en trámite, por parte de la Gobernación Marítima de Iquique, pendiente.
Viernes 05 diciembre 2014	Durante toda la semana se ha consultado por la documentación presentada a la Capitanía de Puerto Patache, quienes nos han informado vía telefónica que esta se encuentra en trámite, por parte de la Gobernación Marítima de Iquique y que esperan respuesta a consultas realizadas a la Gobernación Marítima de Valparaíso.	En trámite y pendiente.
Martes 16 diciembre 2014	Se consulta a la Gobernación Marítima de Iquique, quien aun espera respuesta de Valparaíso.	En trámite y pendiente.
Viernes 19 diciembre 2014	Gobernación Marítima de Iquique, recibe autorización de Valparaíso para iniciar trabajos, se comunican internamente con Capitanía de PuertoPatache.	Se recibe información telefónicamente. Con Patache vía mail.
Martes 30 diciembre 2014	Se recibe resolución en donde se autoriza los trabajos por parte de la Capitanía de Puerto Patache. A su vez es enviada a la AF de Iquique para su revisión y posterior entrega de resolución por parte de Carabineros.	Vía mail
Martes 6 enero 2015	Carabineros nos solicita una visita a terreno para indicar el lugar de trabajo.	Personal DPI viaja desde Santiago a Iquique.
Jueves 8 enero 2015	Autoridad Fiscalizadora de Iquique entrega resolución la cual autoriza los trabajos a realizar en Punta Cotitira.	Se entrega en terreno resolución a personal DPI.
Lunes 12 enero 2015	Se trasladan personal, camioneta y equipo a terreno.	Viaje por tierra Santiago-Iquique.
Jueves 14 enero 2015	Viaja a la zona segundo contingente de personal.	Vía aérea.
Viernes 15 enero 2015	Se ingresa al mar y se realizan Línea 1 y Línea 5, además de 10 detonaciones.	Condiciones climáticas optimas.

CONFIDENCIAL

Sábado 16 a 19 de enero 2015	Se ingresa al mar y se realizan línea 2, 3 y 4., además de 11 detonaciones. Por la tarde se realiza perfil en playa, además de 3 detonaciones.	Condiciones climáticas optimas.
Lunes 19 enero 2015	Se presenta cierre de faena en las Autoridades de Carabineros y Armada Se da término a los trabajos en terreno. A su vez personal y equipos retornan a Santiago.	Vía aérea.

CONFIDENCIAL

5.0 ANTECEDENTES FOTOGRÁFICOS.

A continuación se entregan antecedentes de los trabajos en terreno.



Foto 1. Muestra equipos sismógrafo utilizado en la captura de datos.



Foto 2. Muestra buzo en la instalación de cable sísmico, además realiza filmación.

CONFIDENCIAL



Foto 3. Muestra instalación de cable sísmico en Línea PS1, tramo 1.



Foto 4. Muestra preparativos de detonación en línea sísmica PS 2, en extremo SW.

CONFIDENCIAL



Foto 5. Muestra manipuladores de explosivos y buzos que participan en proyecto.



Foto 6. Muestra cable sísmico utilizado para la captura de señales.

CONFIDENCIAL



Foto 7. Muestra fondo marino en Línea 1 sector costero.



Foto 8. Muestra cable sísmico extendido en extremo SW de Línea PS1.

CONFIDENCIAL



Foto 9. Muestra línea sísmica de "playa" realizada en tierra en dirección NW.



Foto 10. Muestra vista panorámica desde tierra sobre Línea PS 1 en dirección SW.

CONFIDENCIAL

6.0 RESULTADOS

Estos se muestran en las Figura 2 a partir de un plano de planta a la escala 1:5.000 y en secciones verticales en las Figuras 3.1 a 3.6, con sus respectivas curvas camino-tiempo, a la escala 1:1.000.

En estas figuras se indica la ubicación del perfil y las unidades geosísmicas, interpretadas con su respectiva correlación geotécnica. También se muestran las respectivas curvas camino-tiempo correspondientes a las propagaciones de las ondas sísmicas compresionales.

A continuación y a modo de referencia se entrega para este proyecto una tabla que muestra la correlación geomecánica más frecuente de las velocidades sísmicas, con rangos de velocidades que se traslapan, y sus respectivas unidades geológicas, indicando su capacidad de remoción con maquinaria pesada. También se destaca que mediciones in situ del agua saturada en terreno entregaron velocidades de ondas sísmicas compresionales de 1.450m/s.

CONFIDENCIAL

TABLA Nº3

CORRELACIÓN VELOCIDADES DE ONDAS SÍSMICAS VS.

UNIDADES GEOLÓGICAS

VELOCIDAD SISMICA (m/s)	UNIDAD GEOLÓGICA	CARACTERISTICAS
340 – 700	Capas superficiales, suelos.	Sedimentos sueltos
600 – 1.200	Sedimentos y/o rocas descompuestas.	Baja compactación y fácil remoción con maquinaria
1.000 – 1.800	Sedimentos saturados y/o rocas fracturadas.	Removible con maquinaria
1.600 – 2.500	Sedimentos muy compactos y/o Rocas con menor fractura.	Difícil remoción, buena calidad geotécnica
2.500 – 4.000	Rocas sanas con bajo a muy bajo nivel de fracturamiento.	Muy buena calidad geotécnica.
Mayor que 4.000	Rocas sanas.	

Bajo estos parámetros, recién descritos, se muestra a continuación la ubicación de los perfiles sísmicos y el detalle de los resultados obtenidos en esta investigación.

CONFIDENCIAL

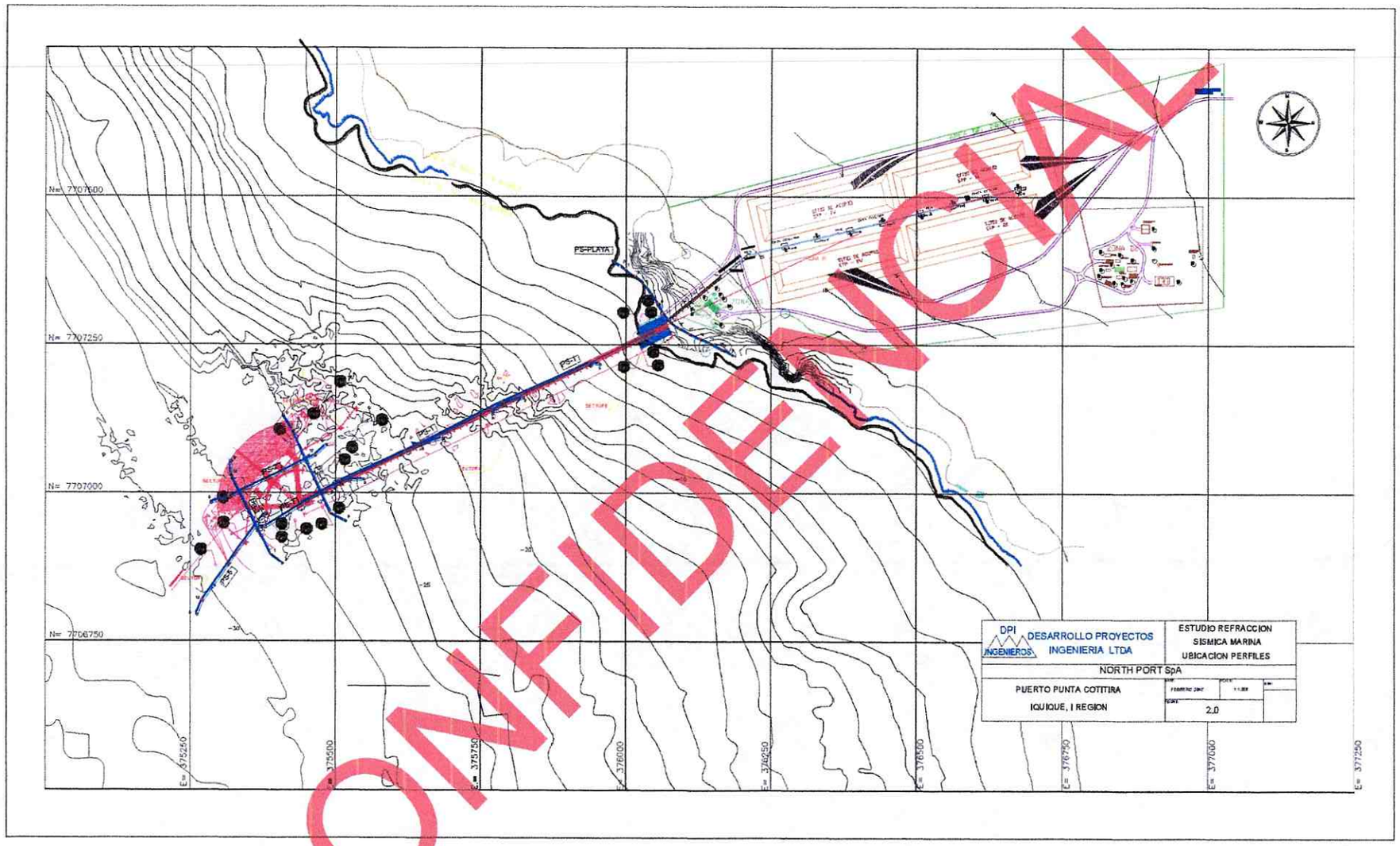


Fig. Nº2. Plano de ubicación perfiles sísmicos marinos, en color azul. (Se adjunta al final del texto a la escala 1:5.000)

CONFIDENCIAL

8,5300

6.1 Perfil Sísmico Marino, PS-1, (Figuras 2 y 3.1).

Este perfil se ubica en el eje de muelle con una longitud de 686m. Su orientación aproximada es SW-NE y posee una profundidad de columna de agua de 28m en el extremo SW.

Su posición se ajustó de acuerdo a lo solicitado por el cliente, sin embargo dado que parte de él, los primeros 20m, se encuentra en la zona de rompiente y roqueríos se optó por acortarlo en esta parte y extenderlo ligeramente hacia el SW, (perfil PS-5).

Las figuras 2 y 3.1 muestran respectivamente, a las escalas 1 a 5.000 y 1 a 1.000, la ubicación del perfil y la sección sísmica interpretada para la curva camino-tiempo.

Se identificaron 3 unidades geosísmicas, las cuales se detallan a continuación:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 1.450m/s asociadas a sedimentos sueltos o arenas de baja compactación.

  El espesor varía entre 0.5m y 12m, observándose valores mínimos en el extremo NE en dirección del borde costero. El espesor máximo 12m se observa en el extremo SW, metraje 150m.

- Unidad con velocidad de onda sísmica compresional variable entre 1.880 y 3.410m/s, aumentando progresivamente en dirección NE.
  Corresponde a rocas de regular a buena calidad geotécnica con un grado menor de fracturamiento y/o grietas.
  Su espesor aumenta en forma progresiva en dirección SW desde 0m, entre los 460 y 500m, en donde se encuentra expuesta, a 42m en el extremo SW..

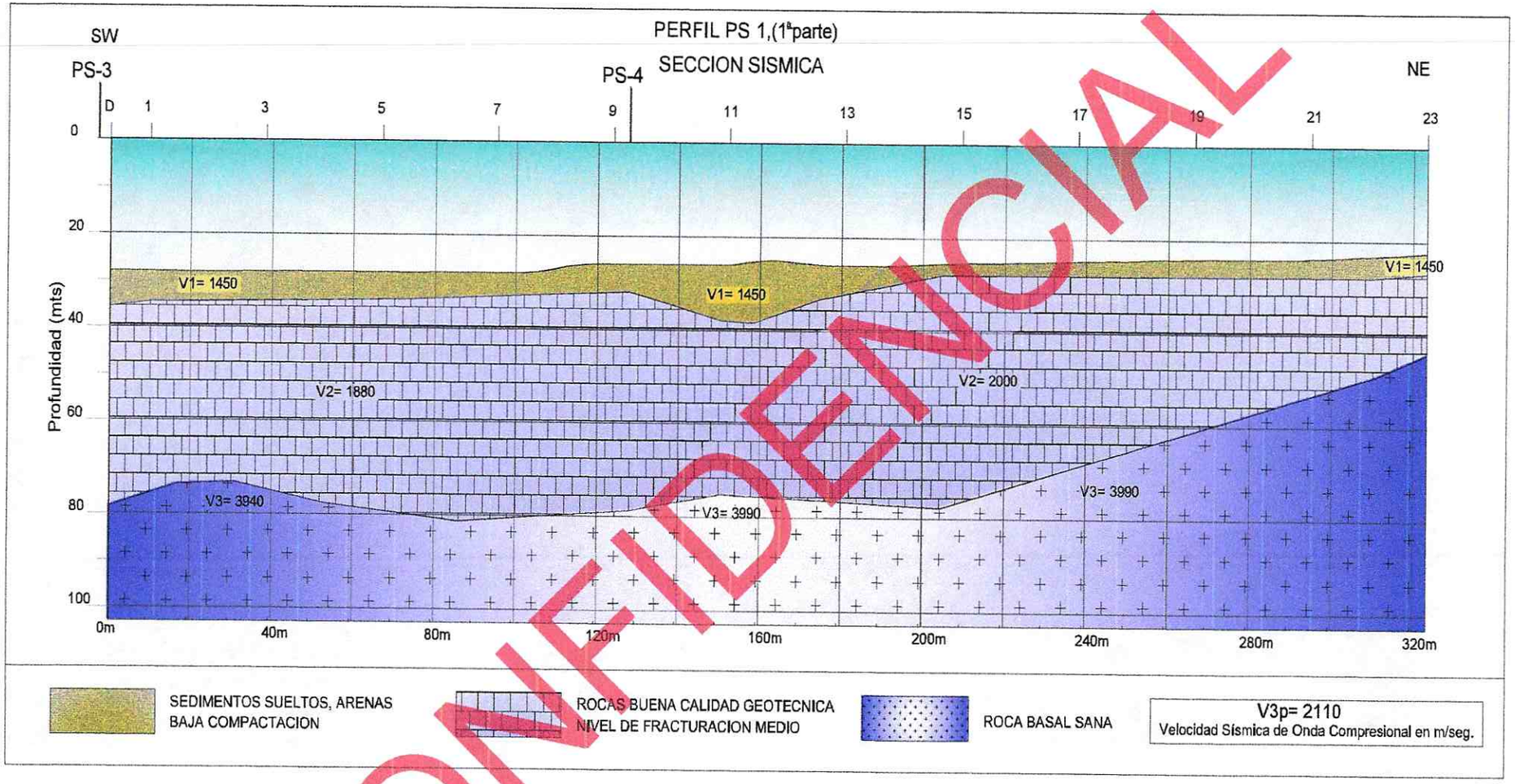
- Roca basal. Tiene velocidad de onda sísmica compresional variable entre 3.940 y 4.130m/s, también aumentando progresivamente en dirección NE.
  Corresponde a roca fundamental sana y de muy buenas condiciones geotécnicas.

CONFIDENCIAL

La roca fundamental no presenta evidencia de grietas y/o estructuras tipo fallas ni contactos litológicos asociados a rocas fracturadas en profundidad o de mala calidad geotécnica.

A continuación se entrega en 2 partes la sección sísmica de este perfil, sin escala, y al final de este informe a la escala 1 a 1.000..

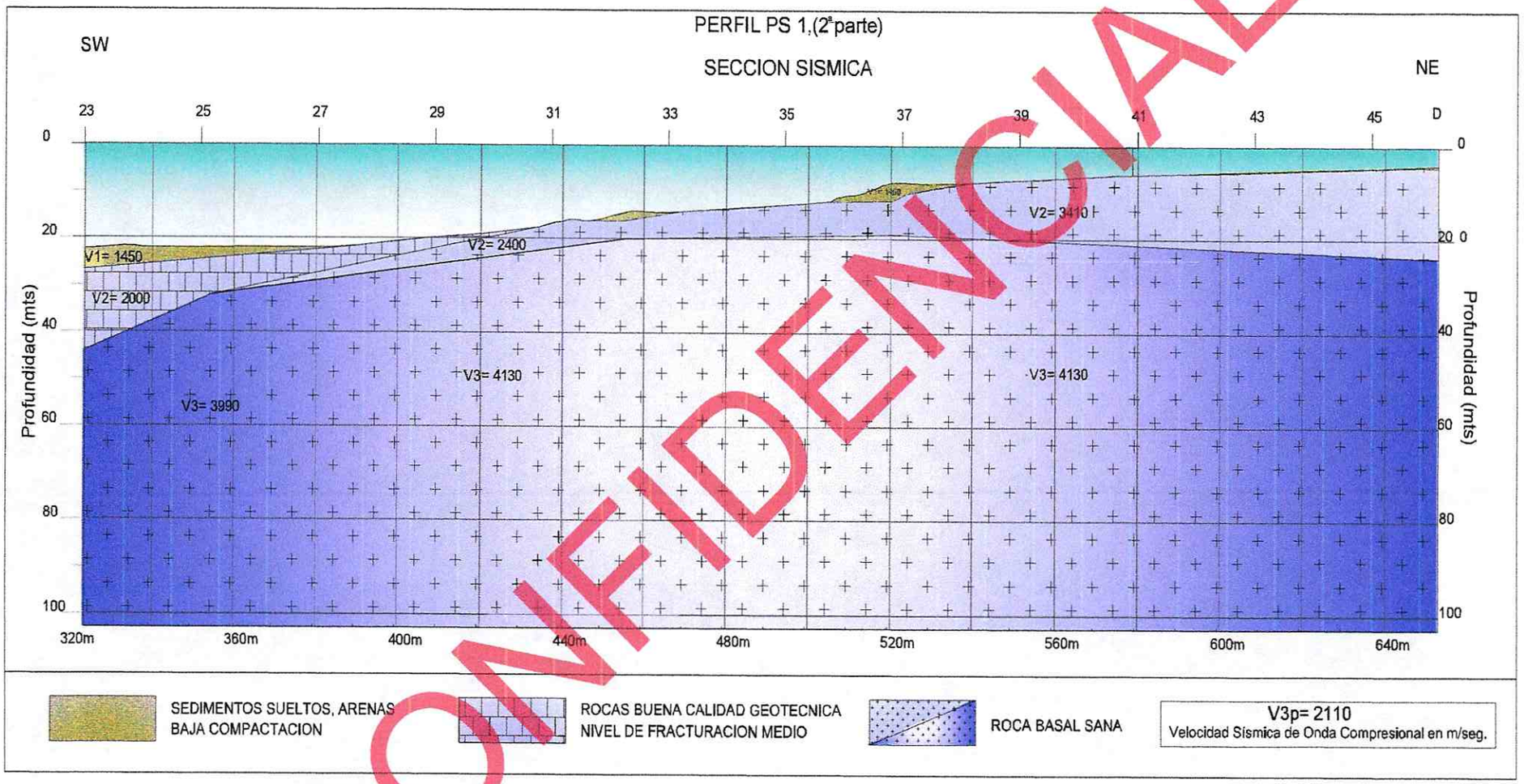
CONFIDENCIAL



Sección sísmica de 1ª parte del perfil PS-1, sin escala. En el anexo final del texto se muestra a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL

000511



Sección sísmica de 2ª parte del perfil PS-1, sin escala. En el anexo final del texto se muestra a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL

006512

6.2 Perfil Sísmico Marino, PS-2, (Figuras 2 y 3.2).

Este perfil se ubica paralelo al anterior 65m al Norte del anterior manteniendo la orientación SW-NE, con una longitud de 226m. Alcanza profundidades de columna de agua de 28m.

Su posición también se ajustó de acuerdo a lo solicitado por el cliente.

La figura 3.2 al final del texto muestra a la escala 1 a 1.000, la sección sísmica interpretada para este perfil y su correspondiente curva camino-tiempo.

Se identificaron 3 unidades geosísmicas, las cuales se detallan a continuación:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 1.450m/s.

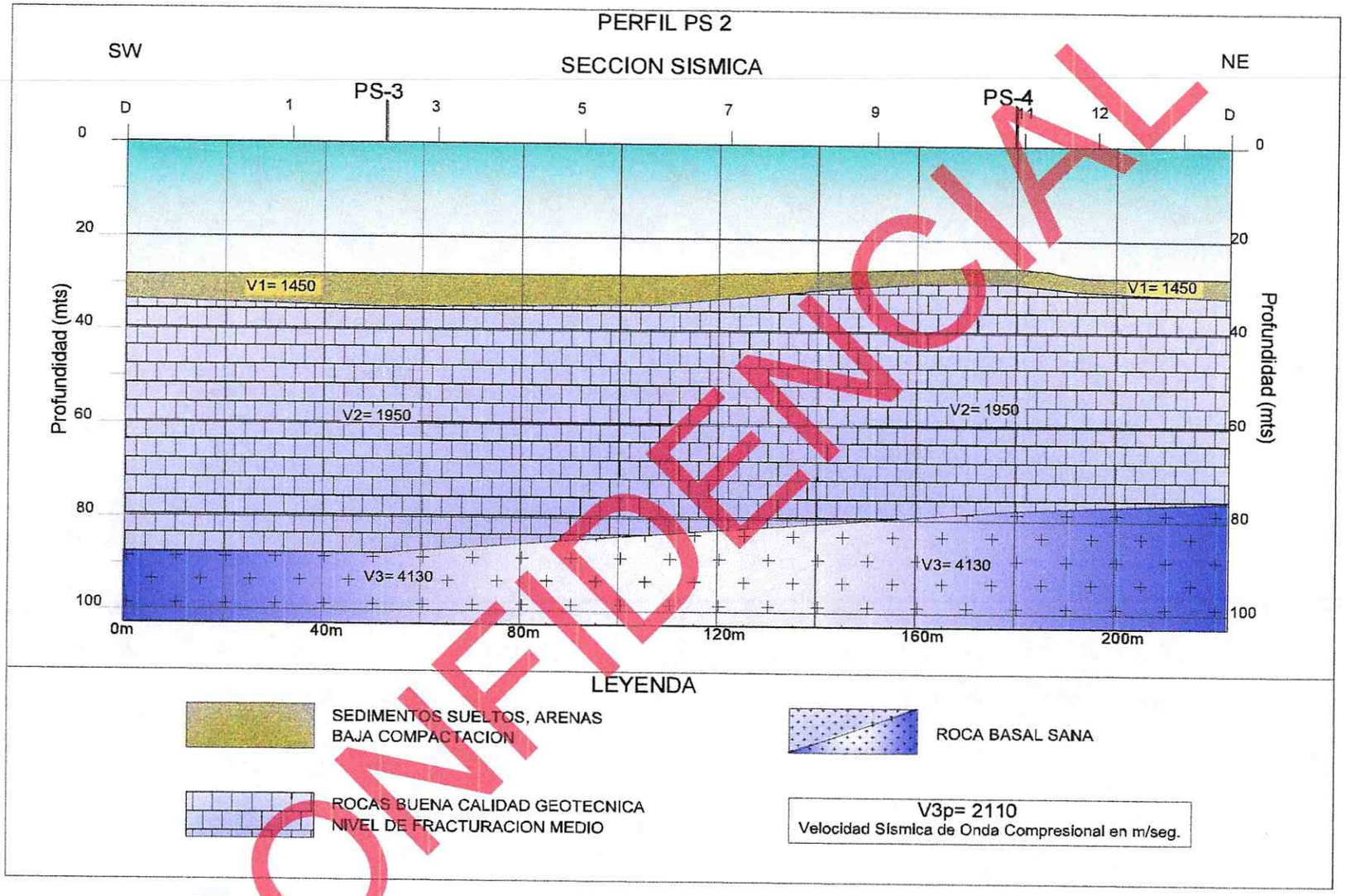
  Corresponde a sedimentos sueltos, arenas de baja compactación. Su espesor varía entre 3m y 6.5m con valores mínimos en el extremo NE del perfil desde donde aumenta progresivamente en dirección SW.

- Unidad con velocidad de onda sísmica compresional variable 1.950m/s.
  Corresponde a rocas de regular y buena calidad geotécnica con un grado menor de fracturamiento y/o grietas.
  Su espesor aumenta en forma regular en dirección SW, desde 43m a 54m.

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 4.130m/s.
  Corresponde a roca fundamental sana, de muy buenas condiciones geotécnicas.
  Al igual que en el perfil anterior, esta unidad no presenta evidencias de estructuras tipo fallas ni contactos litológicos asociados a rocas fracturadas en profundidad o de mala calidad geotécnica.

A continuación se entrega la sección sísmica de este perfil, sin escala.

CONFIDENCIAL



Sección sísmica del perfil PS-2, sin escala. En el anexo final del texto se muestra a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL

1005514

6.3 Perfil Sísmico Marino, PS-3, (Figuras 2 y 3.3).

Este perfil tiene una longitud de 212m y fue construido perpendicular al anterior y también a PS-1.

Tiene una columna de agua de 28m de profundidad. Su posición también se ajustó de acuerdo a lo solicitado por el cliente.

Se identificaron 3 unidades geosísmicas, las cuales se detallan a continuación:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 1450m/s.

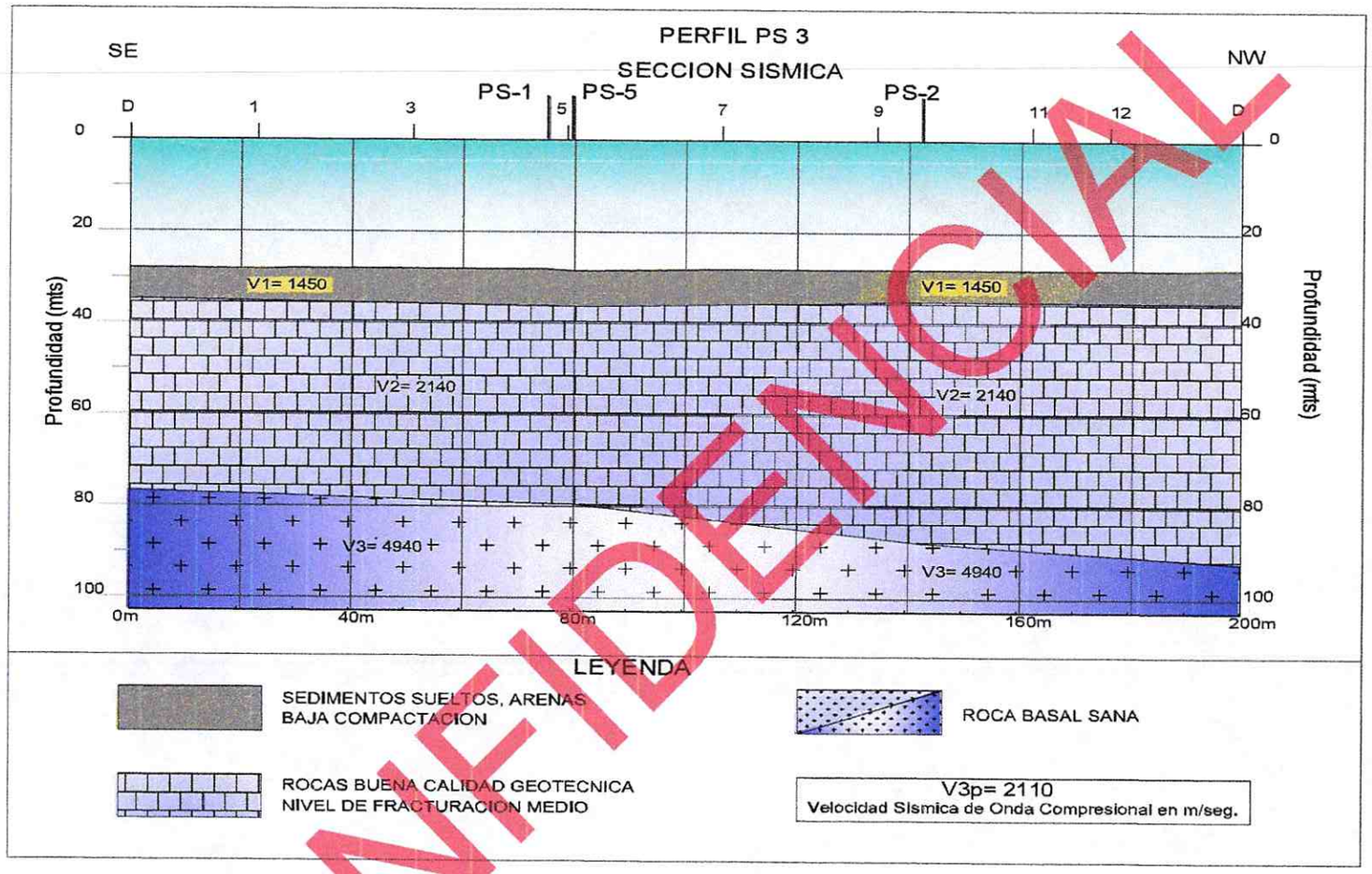
  Corresponde a sedimentos sueltos, arenas de baja compactación. Su espesor varía entre 7 y 8m..

- Unidad con velocidad de onda sísmica compresional 2.140m/s.
  Corresponde a rocas de regular a buena calidad geotécnica y que no obstante presenta además un nivel de fracturación bajo.
  Su espesor aumenta en forma regular en dirección NW, desde 42m a 57m.

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 4.940m/s.
  Corresponde a roca fundamental sana, de muy buenas condiciones geotécnicas.
  Al igual que en el perfil anterior, no presenta evidencias de estructuras tipo fallas ni contactos litológicos asociados a rocas fracturadas en profundidad o de mala calidad geotécnica.

A continuación se entrega la sección sísmica de este perfil, sin escala, y también en el anexo final del texto a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL



Sección sísmica correspondiente a perfil PS-3. En el anexo final del texto se muestra a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL

000516

6.4 Perfil Sísmico Marino, PS-4, (Figuras 2 y 3.4).

Este perfil corta transversalmente los perfiles PS-1 y 2, siendo paralelo a PS-3 125m hacia el Este, con una orientación SE-Nw. Tiene una longitud de 224m y presenta una columna de agua máxima de 26m.

La figura 3.4 en el anexo final del texto muestra a la escala 1 a 1.000 la sección sísmica interpretada para el perfil PS-4 y la correspondiente curva camino-tiempo.

Se identificaron 3 unidades geosísmicas, las cuales se detallan a continuación:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 1.450m/s.

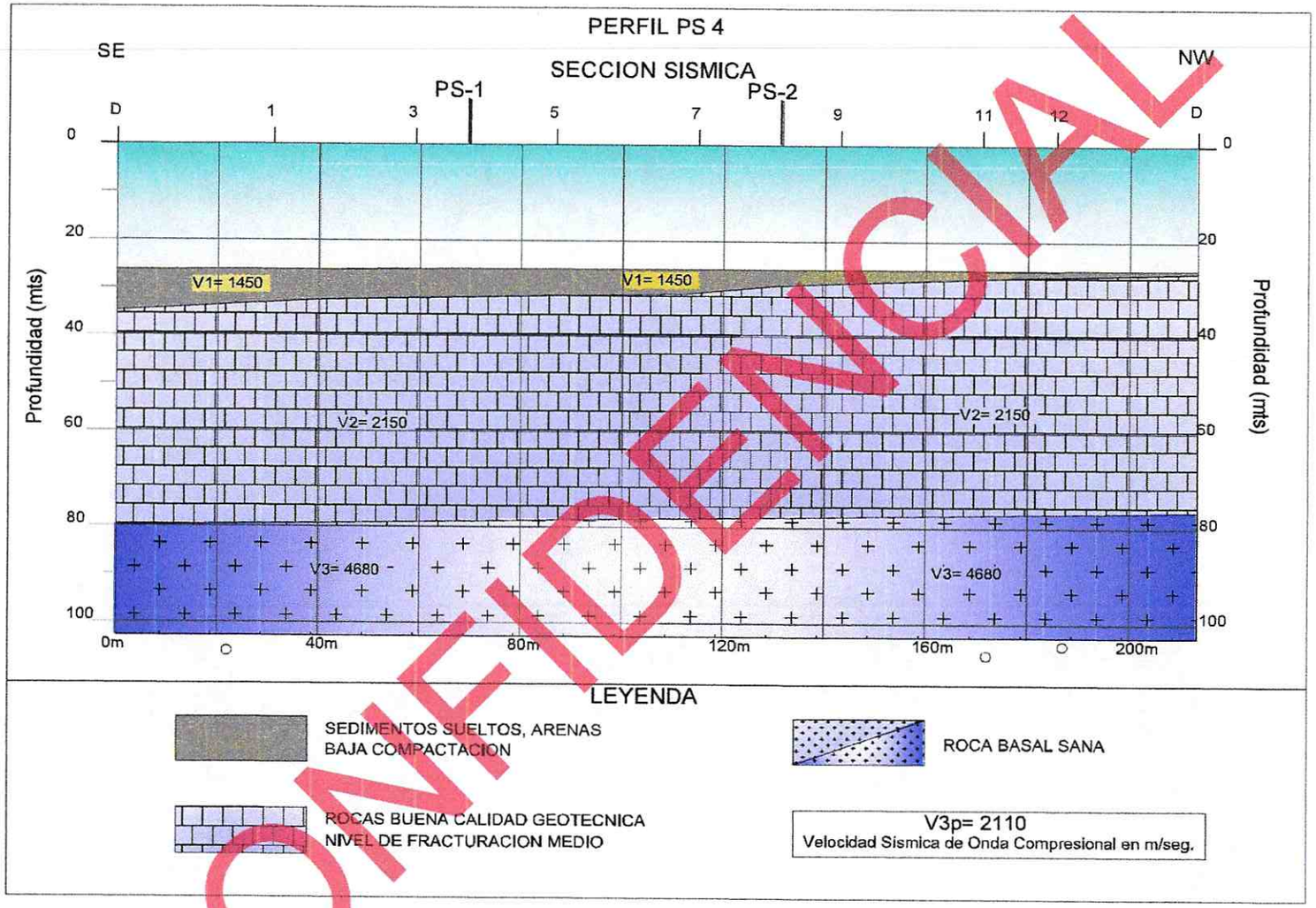
  Esta unidad identifica depósitos de arenas sueltas cuyos espesores aumentan progresivamente desde el extremo NW, 0.5m, hacia el extremo SE, en donde alcanza 8.5m.

- Unidad con velocidad de onda sísmica compresional 2.150m/s.
  Corresponde a rocas de regular a buena calidad geotécnica con bajo nivel de fracturación y/o grietas.
  Esta unidad se manifiesta en el extremo SE con un espesor de 45m aumentando progresivamente en dirección SW en dónde alcanza un espesor máximo de 50m.

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 4.680m/s.
  Corresponde a roca fundamental sana, de muy buenas condiciones geotécnicas. No presenta manifestaciones de rocas fracturadas.

A continuación se entrega la sección sísmica de este perfil, sin escala, y también en el anexo final del texto a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL



Sección sísmica del perfil PS-4.n el anexo final del texto se muestra esta sección a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL

0001518

6.5 Perfil Sísmico Marino, PS-5, (Figuras 2 y 3.5).

Este perfil se ubica a continuación del extremo SW del perfil PS-1.con una longitud de 208m. Tiene en el extremo SW una columna máxima de agua 30m.

Su posición al igual que el anterior se ajustó de acuerdo a lo solicitado por el cliente.

La figura 3.5 muestra la sección sísmica, a la escala 1 a 1.000, interpretada de acuerdo a su correspondiente curva camino-tiempo.

Se identificaron 3 unidades geosísmicas, las cuales se detallan a continuación:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 1.450m/s asociada a arenas sueltas.

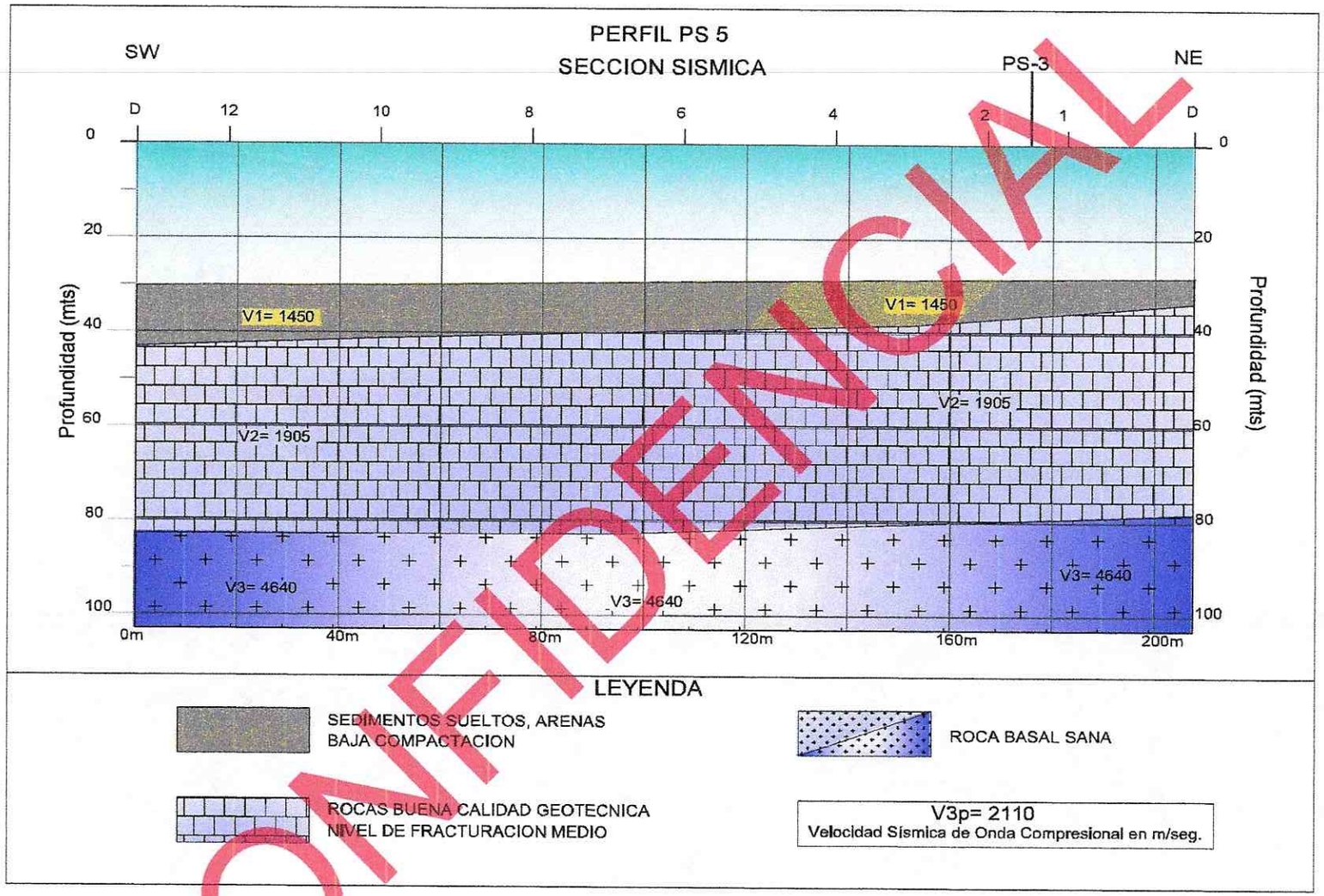
  Esta unidad se identificó con un espesor de 5.5m en el extremo NE y con un espesor de 13m en el extremo SW.

- Unidad con velocidad de onda sísmica compresional de 1.905m/s.
  Corresponde a rocas de regular a buena calidad geotécnica con presencia de grietas y o fracturas en cantidades menores.
  Tiene un espesor de 40m en el extremo SW desde donde aumenta progresivamente hacia el NE alcanzando espesores máximos de 45m.

- Unidad con velocidad sísmica compresional 4.640m/s.
  Corresponde a roca fundamental sana, de muy buenas condiciones geotécnicas.
  Al igual que en los perfiles anteriores, no presenta evidencias de estructuras tipo fallas ni contactos litológicos asociados a rocas fracturadas en profundidad o de mala calidad geotécnica.

A continuación se entrega la sección de este perfil sin escala y en el anexo 1:1.000.

CONFIDENCIAL



Sección sísmica del perfil PS-5. En el anexo final del texto se muestra este perfil a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL

050300

6.6 Perfil Sísmico Terrestre, PS-Playa, (Figuras 2 y 3.6).

Este perfil tiene una longitud de 268m y fue construido en la orilla de playa con una orientación aproximada NW-SE. La ejecución de este perfil se debió a la necesidad de reconocer las unidades geosísmicas en el sector costero cercano a la rompiente de olas y determinar la propagación de ondas de corte en las unidades identificadas en el fondo marino. Esto permite deducir directamente las velocidades de ondas de corte para cada una de las unidades identificadas en los perfiles PS-1 a PS-5.

Se identificaron 3 unidades geosísmicas, las cuales se detallan a continuación:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 400m/s.

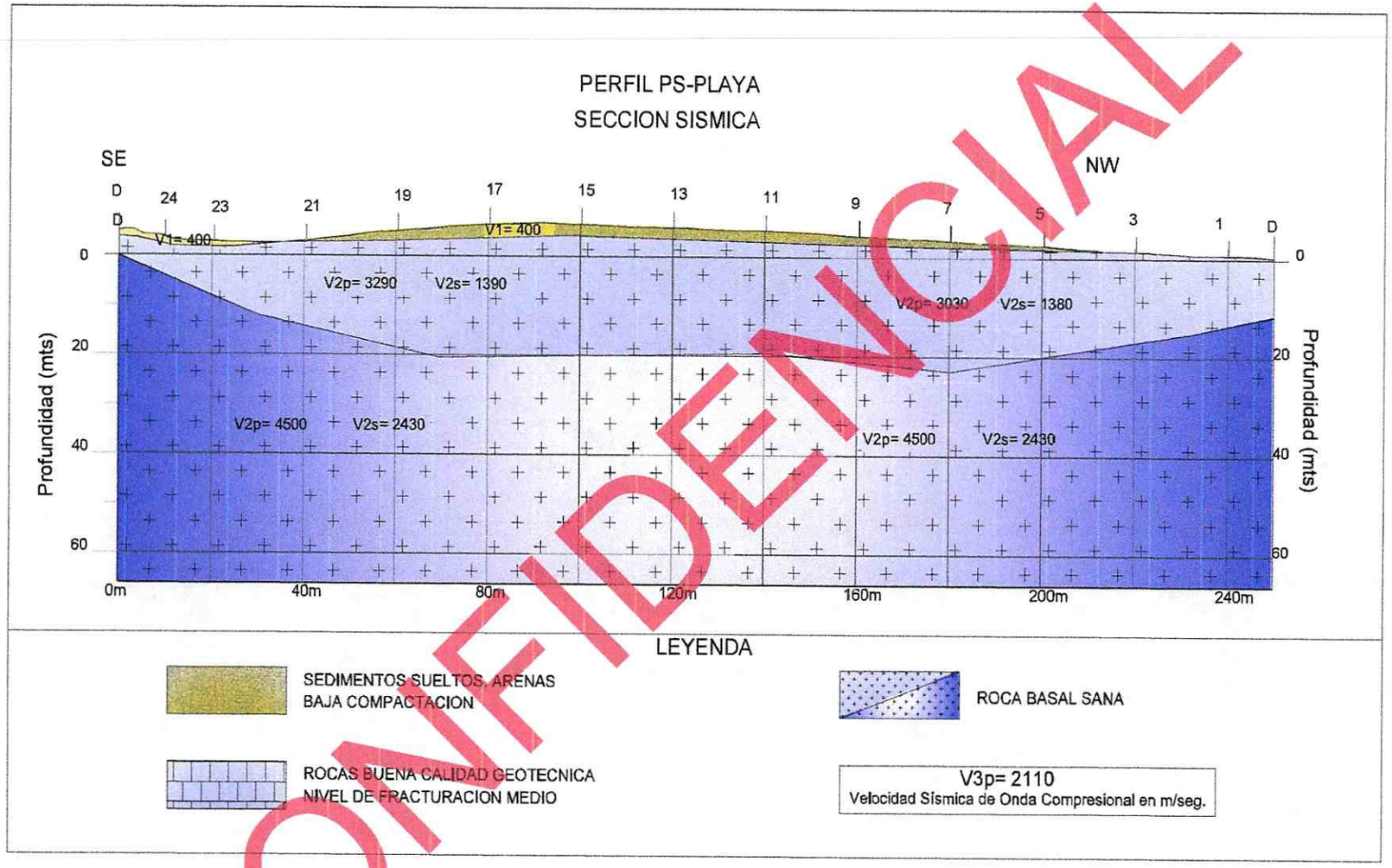
  Corresponde a sedimentos sueltos, arenas de baja compactación no saturadas. Su espesor es bastante menor en los extremos 0.5 a 1m con un espesor mayor 3m en la parte central del perfil.

- Unidad con velocidad 3.030 y 3.290m/s para las ondas sísmicas compresionales y 1.380 y 1.390 para las ondas de corte. De aquí se infiere un factor de 0.44 entre ambos frentes de ondas. .
  Corresponde a rocas de buena calidad geotécnica las cuales afloran parcialmente en el área de estudio.
  Su espesor es muy irregular, variando desde 4m en el extremo SE, 24m en la parte central del perfil y 12m en el extremo NW.

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 4.500m/s y ondas de corte con 2.430m/s, de donde se establece una correlación con un factor de 0.54 entre ambos frentes de ondas..
  Corresponde a roca fundamental sana, con muy buenas condiciones geotécnicas.

A continuación se entrega la sección sísmica de este perfil, sin escala, y también en el anexo final del texto a la escala 1:1.000.

CONFIDENCIAL



Sección sísmica correspondiente a perfil PS-Playa, ejecutado en el borde costero.

CONFIDENCIAL

23 JUN 2

7.0 Módulos Elásticos.

El conocimiento de las velocidades de las ondas de corte y de compresión y de la densidad del material permite normalmente el cálculo de los módulos de Poisson, Módulo de Young y el Módulo de Corte, parámetros que definen el comportamiento elasto-dinámico del subsuelo.

Para ello se emplean las siguientes expresiones:

Módulo de Poisson $\sigma = \dfrac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2(Vp/Vs)^2 - 2}$ (1)

Módulo de Young $E = 2G(1+\sigma)$ (2)

Módulo de Corte $G = \rho V^2 s$ (3)

En que: Vp=Velocidad de Ondas Sísmicas Compresionales
Vs=Velocidad de Ondas Sísmicas de Corte
ρ =Densidad de la formación.

Sin embargo en los trabajos de sísmica marina no es posible la medición de ondas de corte ya que estas no se propagan en medios incompresibles líquidos. Para estos efectos se recurren a perfiles ubicados en el borde costero en dónde si se pueden medir los frentes de ondas de corte y que identifican las mismas unidades del fondo marino. De este modo es posible establecer una correlación entre ellos como se ha observado en el capítulo anterior.

También a modo de comparación se entrega el siguiente cuadro con valores obtenidos por nuestra empresa para los módulos de Poisson, Young y en estudios similares realizados en el valle de Santiago.

CONFIDENCIAL

MÓDULOS ELÁSTICOS DE DIFERENTES MATERIALES EN EL RELLENO DEL VALLE DE SANTIAGO, (Pequeñas deformaciones).

Material	Vp	Vs	ρ	Poisson, σ	Módulo Young, E	Módulo de Corte, G
	(m/seg)	(m/seg)	(gr/cm³)	ρ	mPa	mPa
Gravas	1.380	716	2.17	0.32	2.928	1.113
"	1.410	680	2.31	0.35	2.881	1.069
"	1.160	620	2.31	0.30	2.310	888
"	1.290	655	2.14	0.33	2.436	919
"	1.260	625	2.23	0.34	2.329	873
"	1.080	540	2.05	0.33	1.594	598
Aluvios	1.050	532	2.2	0.33	1.652	623
"	945	580	2.2	0.20	1.774	740
"	1.540	700	2.2	0.37	2.954	1.078
"						
Gravas Húmedas	2.350	1.200	2.2	0.32	8.389	3.170
"	2.430	1.320	2.2	0.29	9.899	3.834
"	2.670	1.450	2.2	0.29	11.946	4.627
"	2.400	1.200	2.2	0.33	8.451	3.167
"						
Gravas Secas	1.125	680	2.2	0.21	2.467	1.018
"	1.500	800	2.2	0.30	3.666	1.409
"	1.160	650	2.2	0.27	2.364	929

Tomando en consideración la correlación establecida entre los frentes de ondas compresionales y de corte se obtienen los siguientes parámetros geotécnicos para las capas del fondo marino en Punta Cotitira.

CONFIDENCIAL

PERFILES SISMICOS PROYECTO PUERTO PUNTA COTITIRA - IQUIQUE

PERFIL	CAPA	ESPESOR (m)		PROF. (m)		VELOCIDADES Vp m/s	Vs m/s	Densidad gr/cm³	POISSON	CORTE (mPa)	YOUNG (mPa)
		SE	NW	SE	NW						
PERFIL PLAYA	1ª	1,0	0,5	1,0	0,5	400	176	2,5	0,380	77	214
	2ª	5,2	5,0	6,2	5,5	3.290	1390	2,5	0,391	4.832	13.447
						3.030	1380	2,5	0,369	4.763	13.042
	3ª					4.500	2430	2,7	0,294	15.950	41.283

PERFIL	CAPA	Desde (m)	Hasta (m)	ESPESOR (m) SE	NW	VELOCIDADES Vp m/s	Vs m/s	Densidad gr/cm³	POISSON	CORTE (mPa)	YOUNG (mPa)
PERFIL PS-1	1ª	0,0	686,0	7,7	0.4	1.450	638	2,5	0,380	1.018	2.810
	2ª	0,0	180,0	42,7	44,2	1.880	827	2,5	0,380	1.711	4.723
		180,0	350,0	44,2	9,0	2.000	880	2,5	0,380	1.937	5.345
		350,0	520,0	9,0	7,2	2.400	1056	2,5	0,380	2.789	7.697
		520,0	686,0	7,2	19,5	3.410	1500	2,5	0,380	5.630	15.539
	3ª	0,0	180,0			3.940	2128	2,7	0,294	12.227	31.648
		180,0	350,0			3.990	2155	2,7	0,294	12.539	32.456
		350,0	520,0			4.130	2230	2,7	0,294	13.435	34.774
		520,0	686,0			4.130	2230	2,7	0,294	13.435	34.774

PERFIL	CAPA	ESPESOR (m)		PROF. (m)		VELOCIDADES Vp m/s	Vs m/s	Densidad gr/cm³	POISSON	CORTE (mPa)	YOUNG (mPa)
		SE	NW	SE	NW						
PERFIL PS-2	1ª	5,2	4,1	5,2	4,1	1.450	638	2,5	0,380	1.018	2.810
	2ª	54,0	44,0	59,2	48,1	1.950	858	2,5	0,380	1.841	5.081
	3ª					4.130	2230	2,7	0,294	13.435	34.774

CONFIDENCIAL

PERFIL	CAPA	ESPESOR (m)		PROF. (m)		VELOCIDADES Vp	Vs	Densidad	POISSON	CORTE	YOUNG
		SE	NW	SE	NW	m/s	m/s	gr/cm^3		(mPa)	(mPa)
PERFIL PS-3	1ª	6,7	7,4	6,7	7,4	1.450	638	2,5	0,380	1.018	2.810
	2ª	42,0	57,0	48,7	64,4	2.140	942	2,5	0,380	2.217	6.120
	3ª					4.940	2668	2,7	0,294	19.221	49.751

PERFIL	CAPA	ESPESOR (m)		PROF. (m)		VELOCIDADES Vp	Vs	Densidad	POISSON	CORTE	YOUNG
		SE	NW	SE	NW	m/s	m/s	gr/cm^3		(mPa)	(mPa)
PERFIL PS-4	1ª	8,5	0,5	8,5	0,5	1.450	638	2,5	0,380	1.018	2.810
	2ª	45,0	50,0	53,5	50,5	2.150	946	2,5	0,380	2.238	6.177
	3ª					4.680	2527	2,7	0,294	17.251	44.652

PERFIL	CAPA	ESPESOR (m)		PROF. (m)		VELOCIDADES Vp	Vs	Densidad	POISSON	CORTE	YOUNG
		SW	NE	SE	NW	m/s	m/s	gr/cm^3		(mPa)	(mPa)
PERFIL PS-5	1ª	13,0	5,5	13,0	5,5	1.450	638	2,5	0,380	1.018	2.810
	2ª	39,5	44,7	52,5	50,2	1.905	838	2,5	0,380	1.757	4.850
	3ª					4.640	2506	2,7	0,294	16.957	43.892

Los valores obtenidos en la Tabla anterior deben considerarse válidos para pequeñas deformaciones y para efecto del cálculo de diseños de fundación en que se evalúan grandes deformaciones es recomendable usar un factor de 20.

CONFIDENCIAL

8.0 RESUMEN Y CONCLUSIONES

A solicitud de la empresa portuaria Northport SpA. y para el proyecto terminal de transferencia Punta Cotitira, se ejecutó el presente estudio geofísico de sísmica marina, como parte de la ingeniería básica, en los terrenos ubicados 57km al Sur de Iquique, I región, fig. Nº1.

El objetivo del estudio de refracción sísmica es investigar el fondo marino en el sector dónde se planifica desarrollar un terminal multipropósito de descarga, precisar la potencia de los sedimentos marinos, caracterizar la geometría del subsuelo y la calidad geotécnica del basamento rocoso.

El estudio geofísico consistió en la ejecución de 6 perfiles de refracción sísmica, 5 de los cuales se ejecutaron en el mar, PS-1 a PS-5, y un perfil PS-Playa, de 268m longitud, ejecutado en la orilla de playa, este último con la finalidad de correlacionar los frentes de ondas compresionales con los de ondas de corte. Se totalizaron 1.824m de refracción sísmica marina.

Como fuente de ondas compresionales se usaron micro-cargas explosivas activadas con detonadores eléctricos las cuales no perturbaron ni dañaron el ecosistema, tampoco produjeron contaminación. Las unidades y velocidades sísmicas interpretadas se correlacionaron con unidades geológicas de distintas condiciones geomecánicas.

Se identificaron los siguientes horizontes sísmicos:

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales 1.450m/s, correspondiente a bolsones de arenas saturadas no compactadas.

  En la orilla de playa, las velocidades sísmicas medidas para esta unidad son 400m/s.

CONFIDENCIAL

El espesor de esta unidad varía entre 0.5m y 13m, observándose el mayor espesor en el perfil PS-5, mar adentro.

- Unidad con velocidad sísmica de ondas compresionales variables entre 1.880 y 3.400m/s. Corresponde a rocas de regular a buena calidad geotécnica y que afloran en el borde costero. Aguas adentro esta unidad presenta espesores importantes de 55m

  Son rocas con bajo nivel de agrietamiento y/o fracturación. No se evidencia la presencia de estructuras tipo fallas ni contactos litológicos asociados a rocas fracturadas en profundidad o de mala calidad geotécnica.

- Roca basal. Su velocidad de onda sísmica compresional es variable entre 3.990 y 4.940m/s.
  Se trata de roca fundamental sana y con muy buenas condiciones geotécnicas.

Para efectos del cálculo, en las unidades del fondo marino, de los módulos elásticos de Poisson, Young y de Corte se determinaron en el borde costero los factores de correlación entre los frentes de ondas compresionales y de corte. Esto permitió determinar los correspondientes módulos para pequeñas deformaciones en el fondo marino y que degradados adecuadamente permitirán el cálculo de fundaciones para deformaciones mayores. Finalmente, al comparar los módulos obtenidos con los valores obtenidos en los rellenos sedimentarios del valle de Santiago se comprueba que los materiales del fondo marino de Punta Cotitira son altamente competentes.

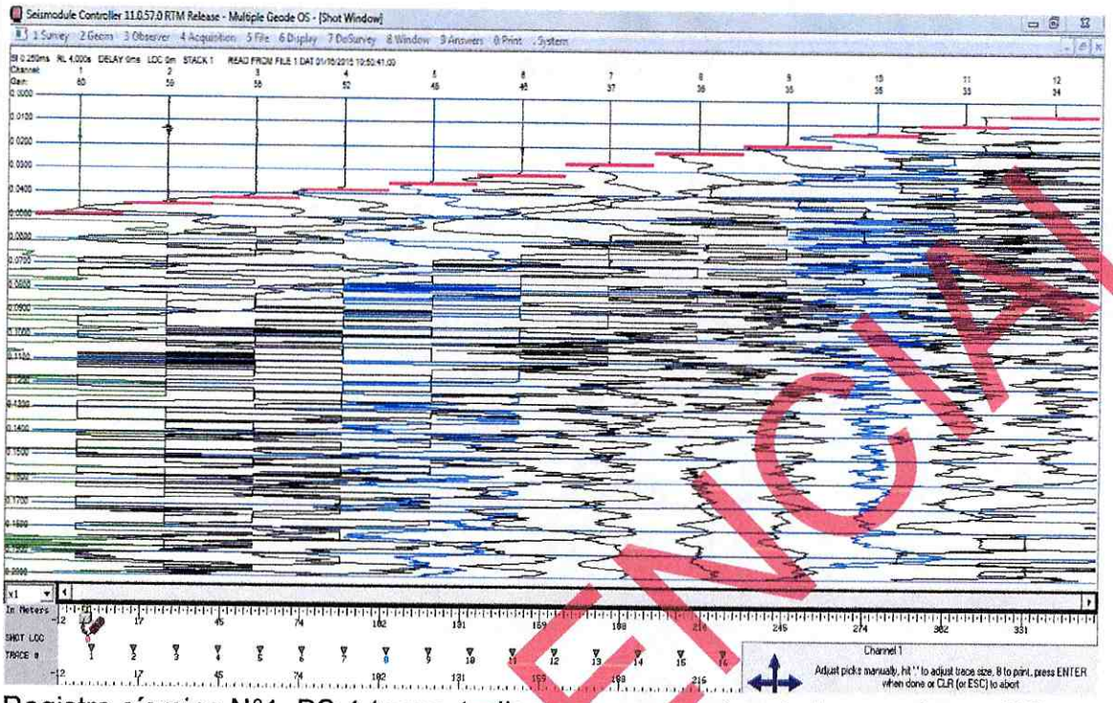
Febrero 2015
Rafael Alarcón R./Ingeniero Civil U. de Chile
DPI LTDA.

CONFIDENCIAL

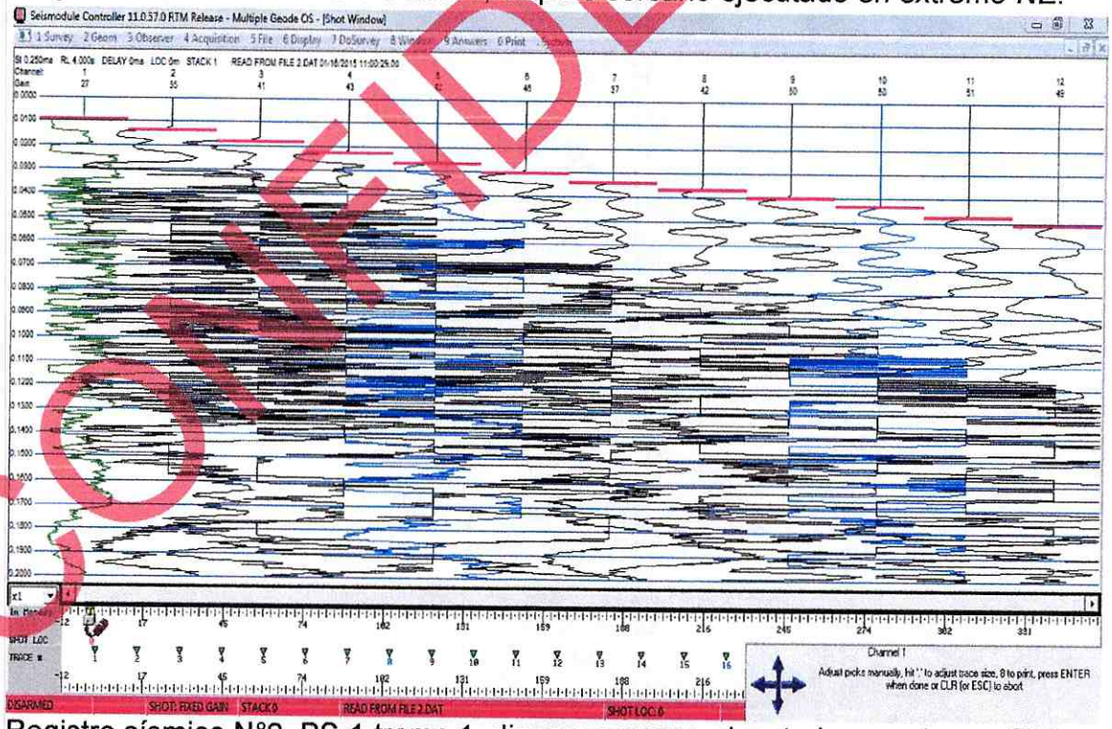
CONFIDENCIAL

ANEXO
REGISTROS SÍSMICOS

REGISTRO SISMICO PERFIL LINEA 1.

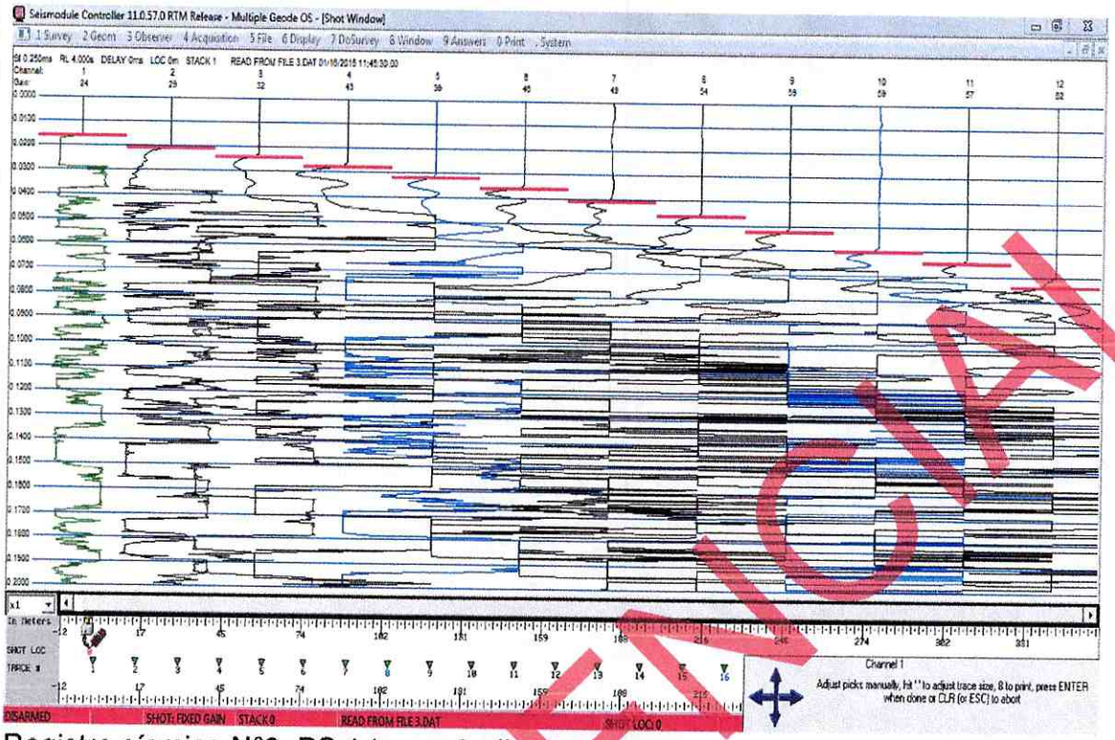


Registro sísmico N°1. PS-1 tramo 1, disparo cercano ejecutado en extremo NE.

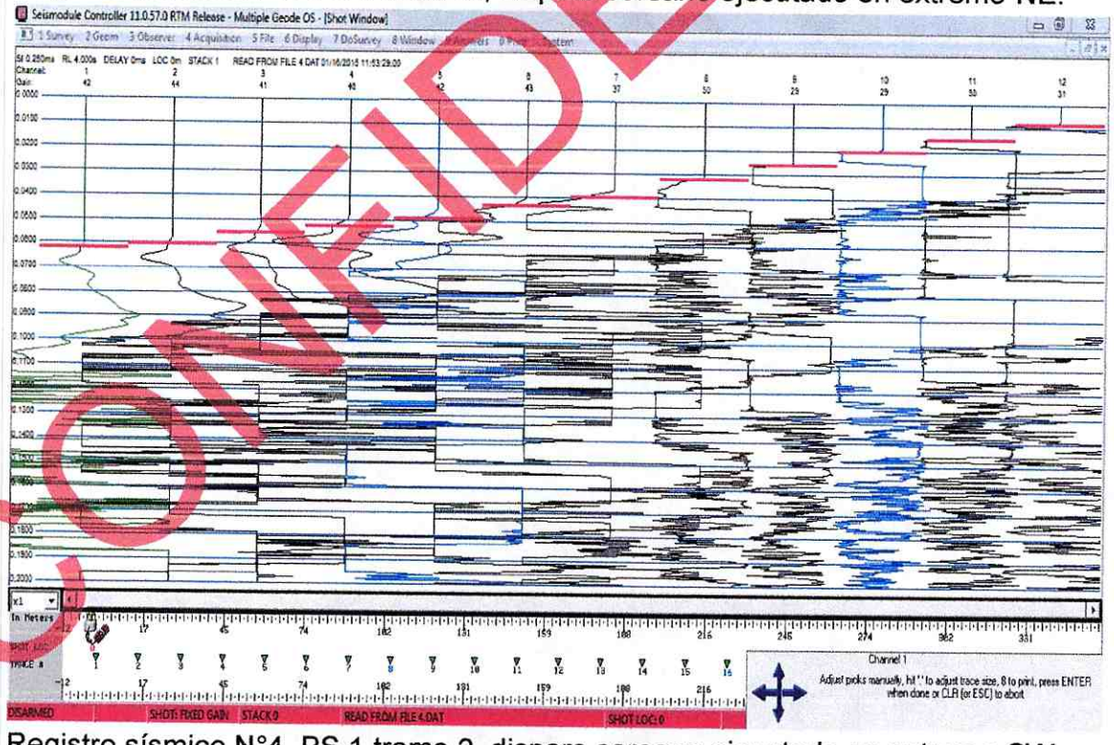


Registro sísmico N°2. PS-1 tramo 1, disparo cercano ejecutado en extremo SW.

CONFIDENCIAL

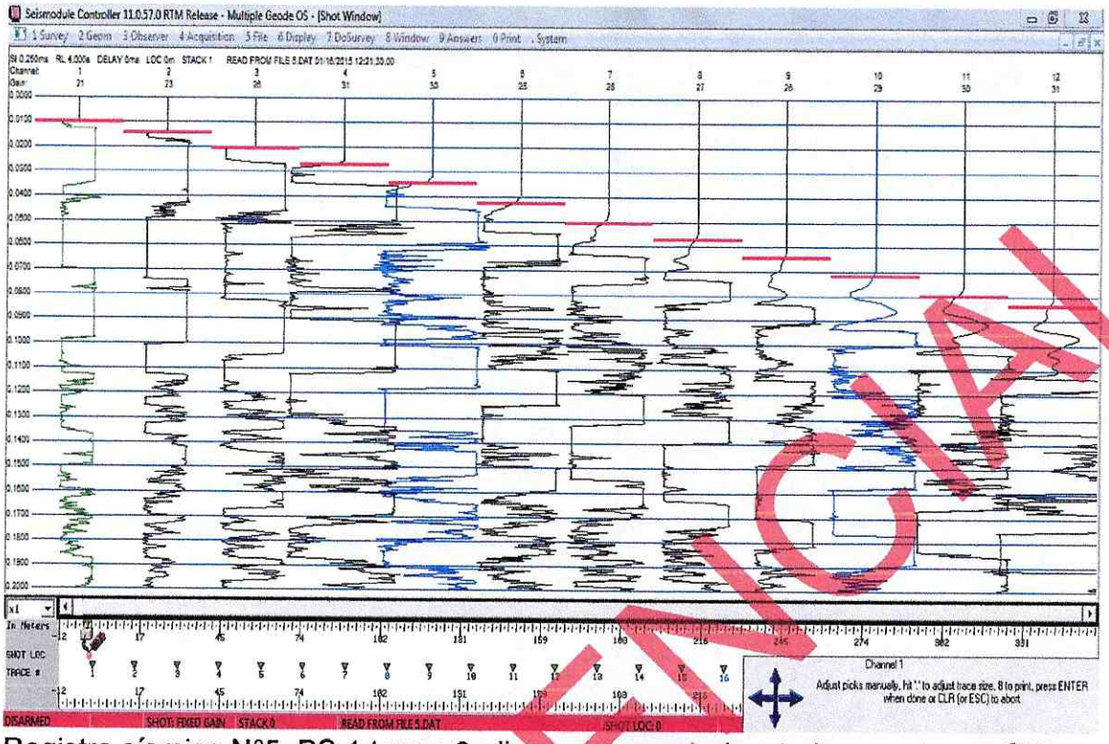


Registro sísmico N°3. PS 1 tramo 2, disparo cercano ejecutado en extremo NE.

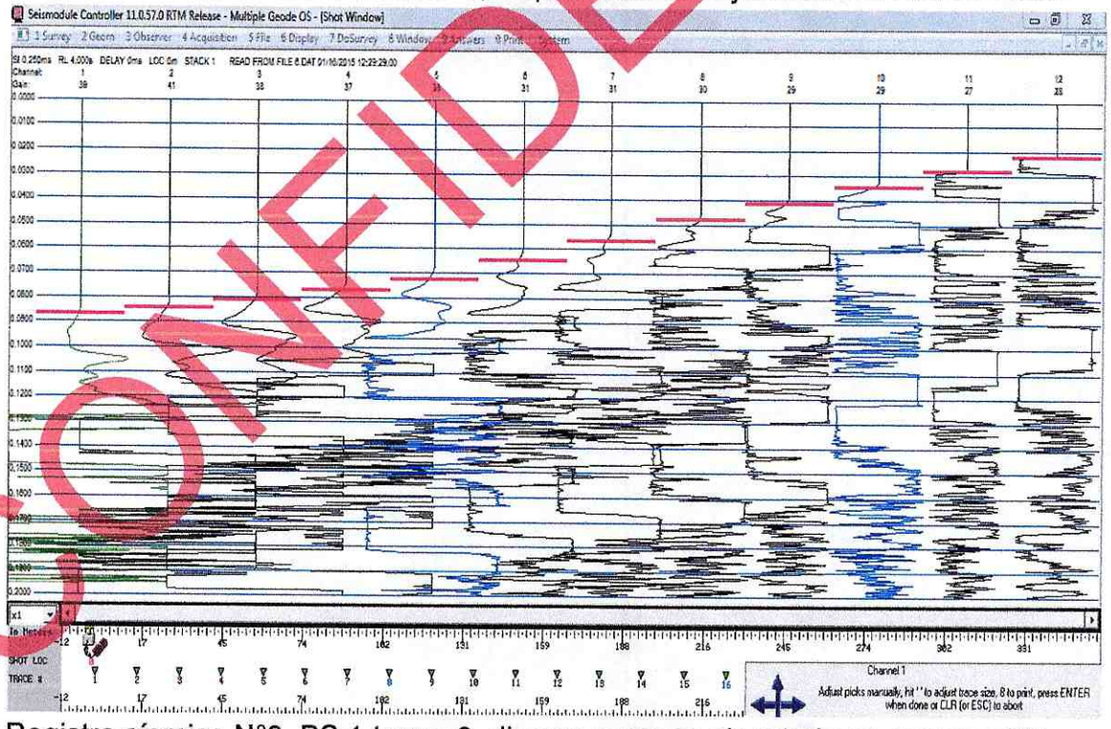


Registro sísmico N°4. PS 1 tramo 2, disparo cercano ejecutado en extremo SW.

CONFIDENCIAL

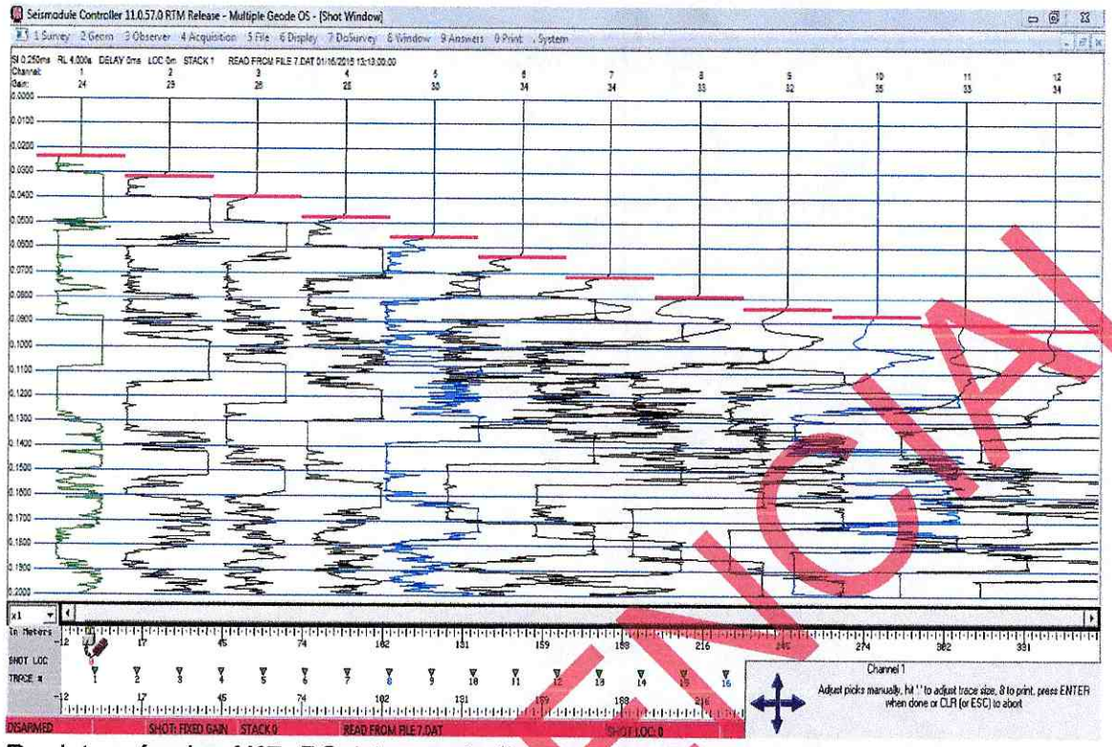


Registro sísmico N°5. PS 1 tramo 3, disparo cercano ejecutado en extremo SW.

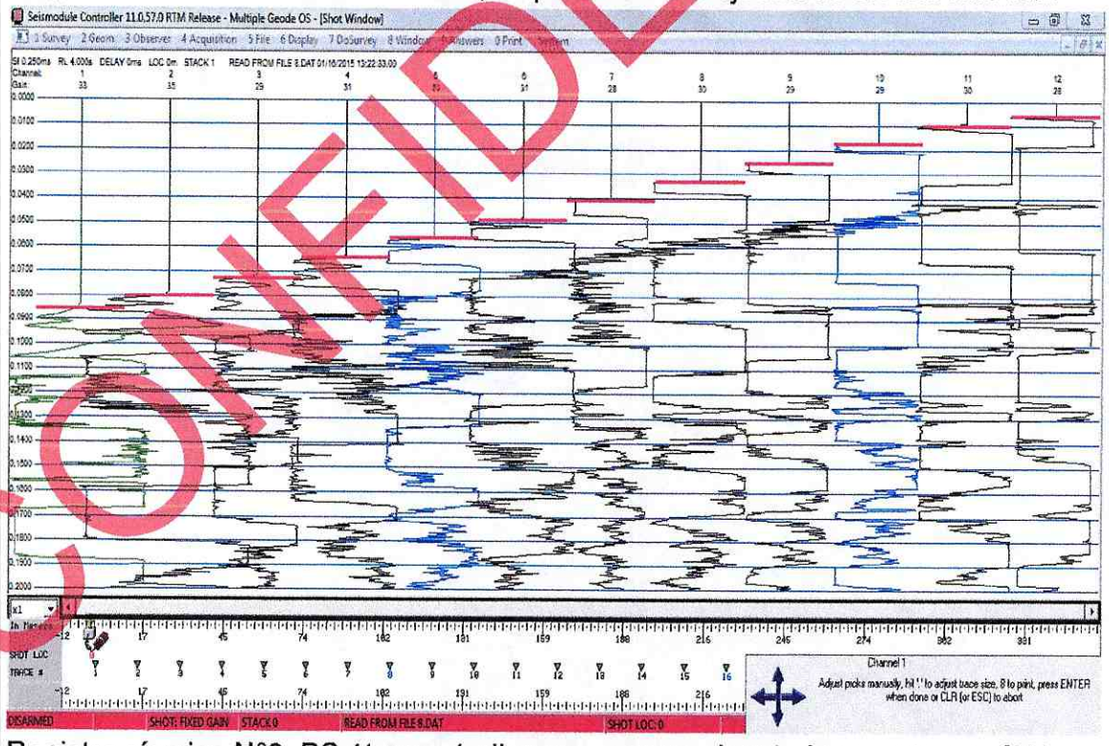


Registro sísmico N°6. PS 1 tramo 3, disparo cercano ejecutado en extremo NE.

CONFIDENCIAL



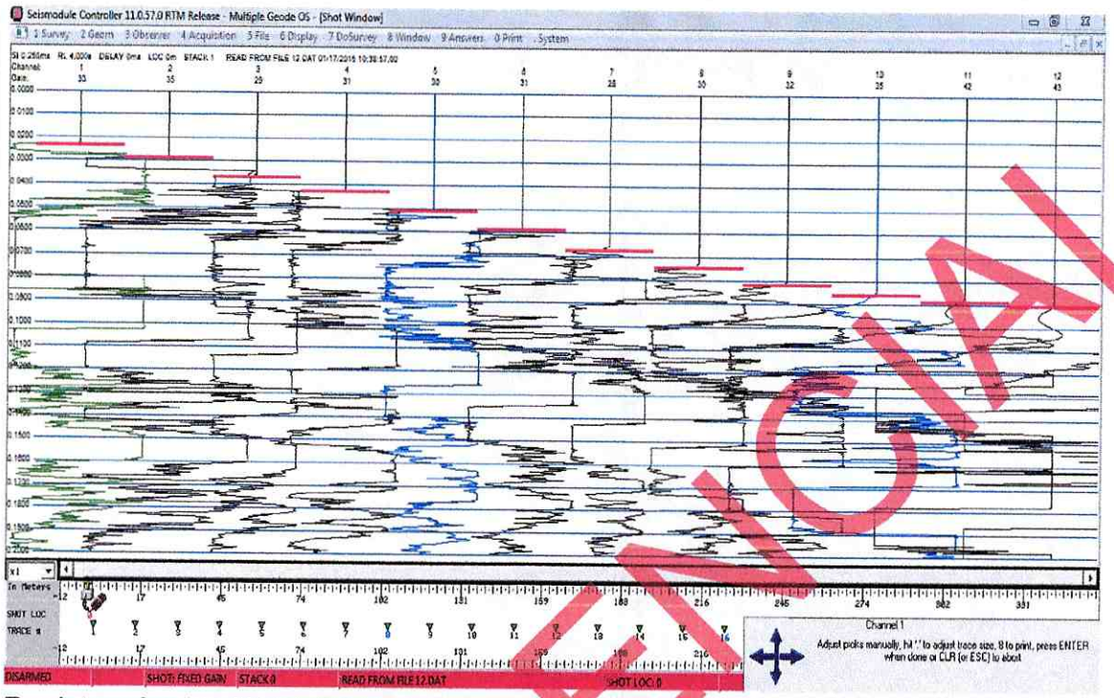
Registro sísmico N°7. PS 1 tramo 4, disparo cercano ejecutado en extremo NE.



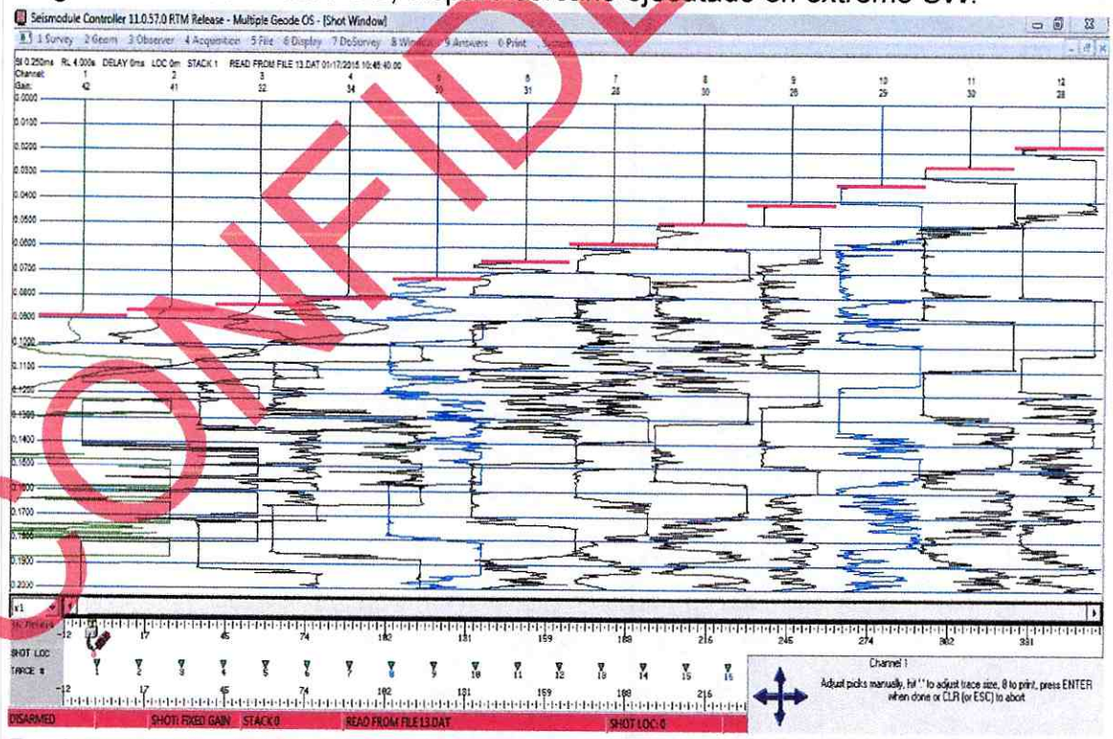
Registro sísmico N°8. PS 1tramo 4, disparo cercano ejecutado en extremo SW.

CONFIDENCIAL

REGISTRO SISMICO PERFIL LINEA 2

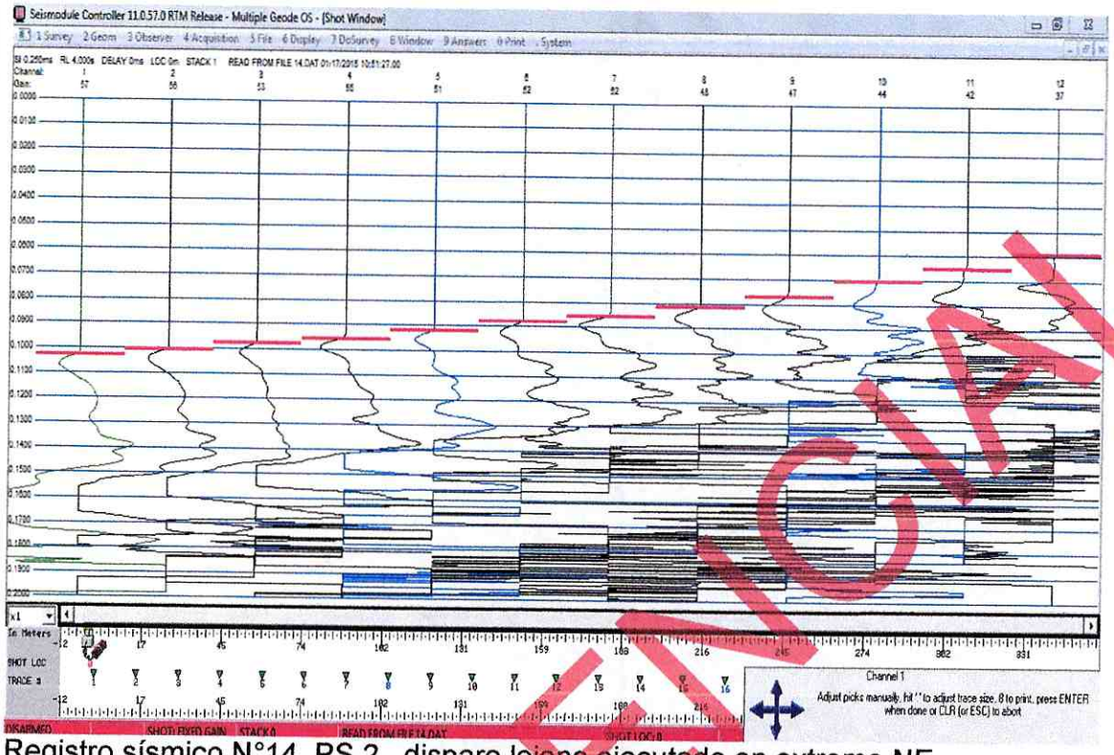


Registro sísmico N°12. PS 2, disparo cercano ejecutado en extremo SW.



Registro sísmico N°13. PS 2, disparo cercano ejecutado en extremo NE.

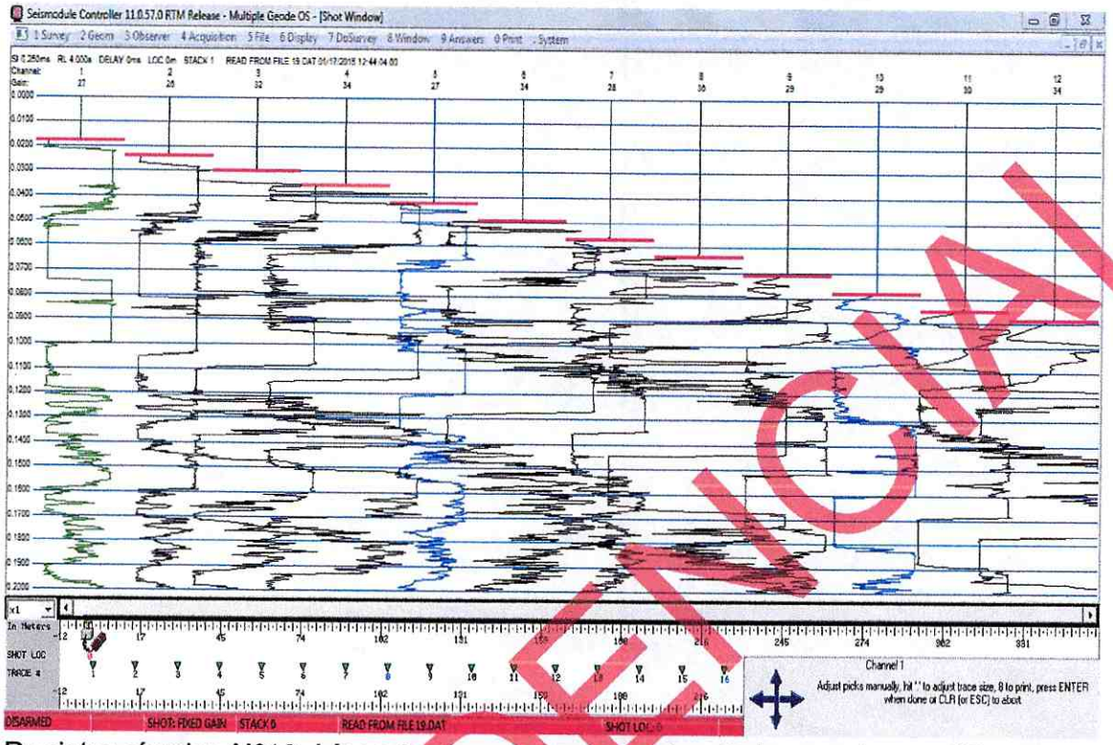
CONFIDENCIAL



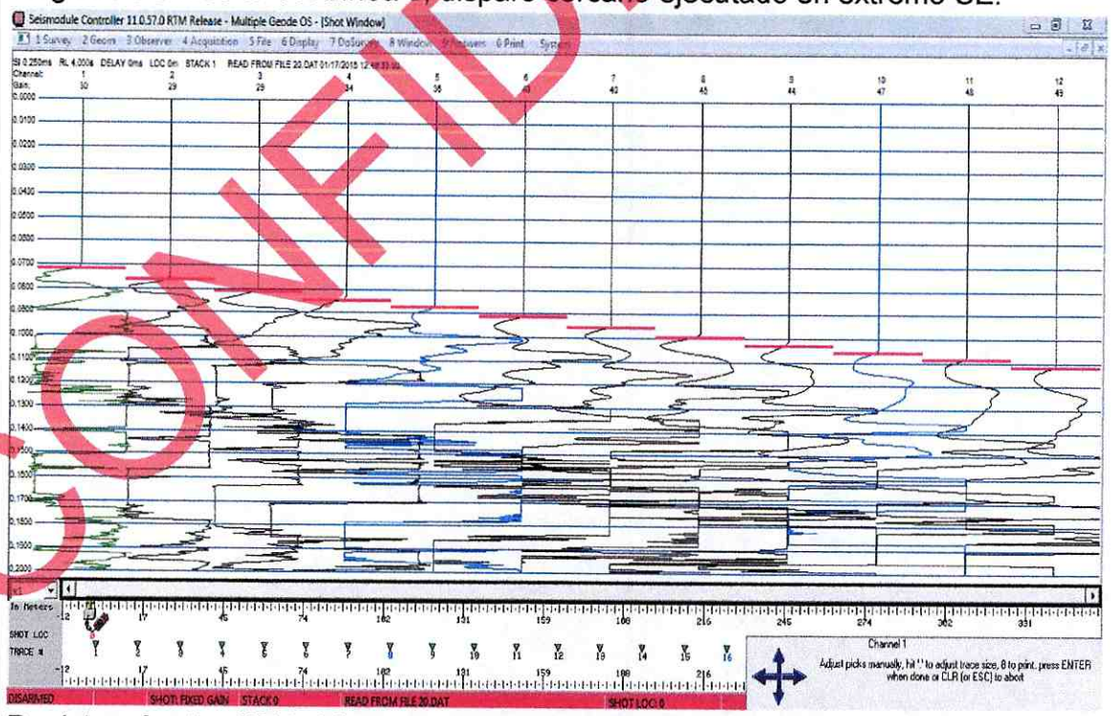
Registro sísmico N°14. PS 2, disparo lejano ejecutado en extremo NE.

CONFIDENCIAL

REGISTRO SISMICO PERFIL LINEA 3

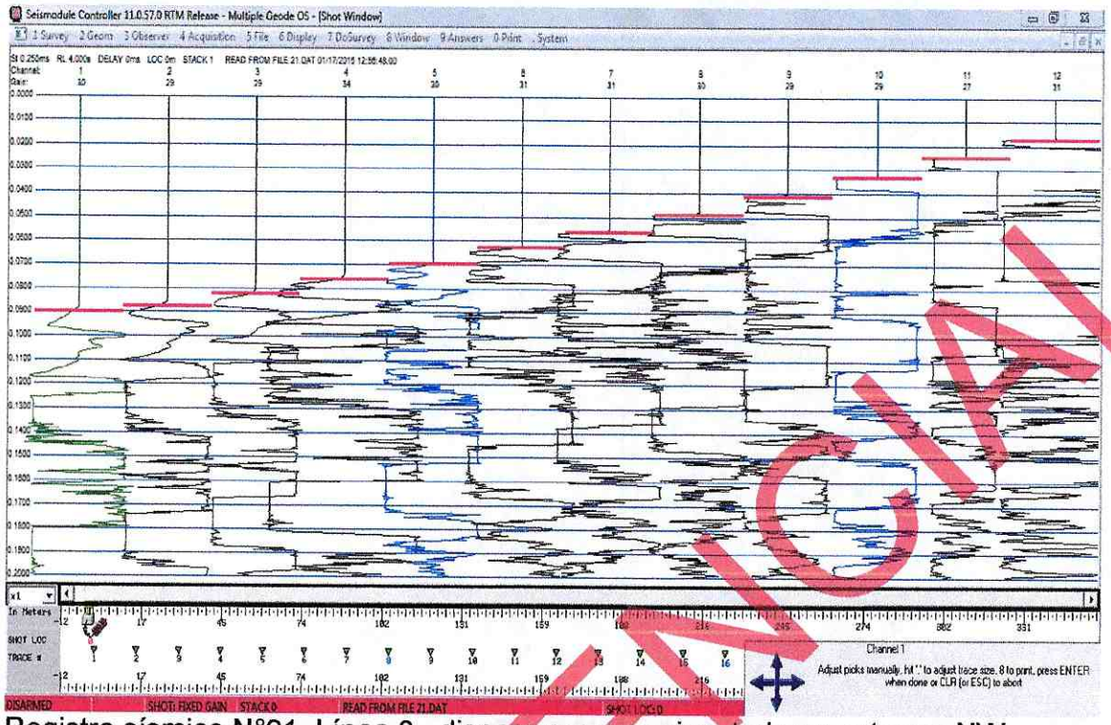


Registro sísmico N°19. Línea 3, disparo cercano ejecutado en extremo SE.

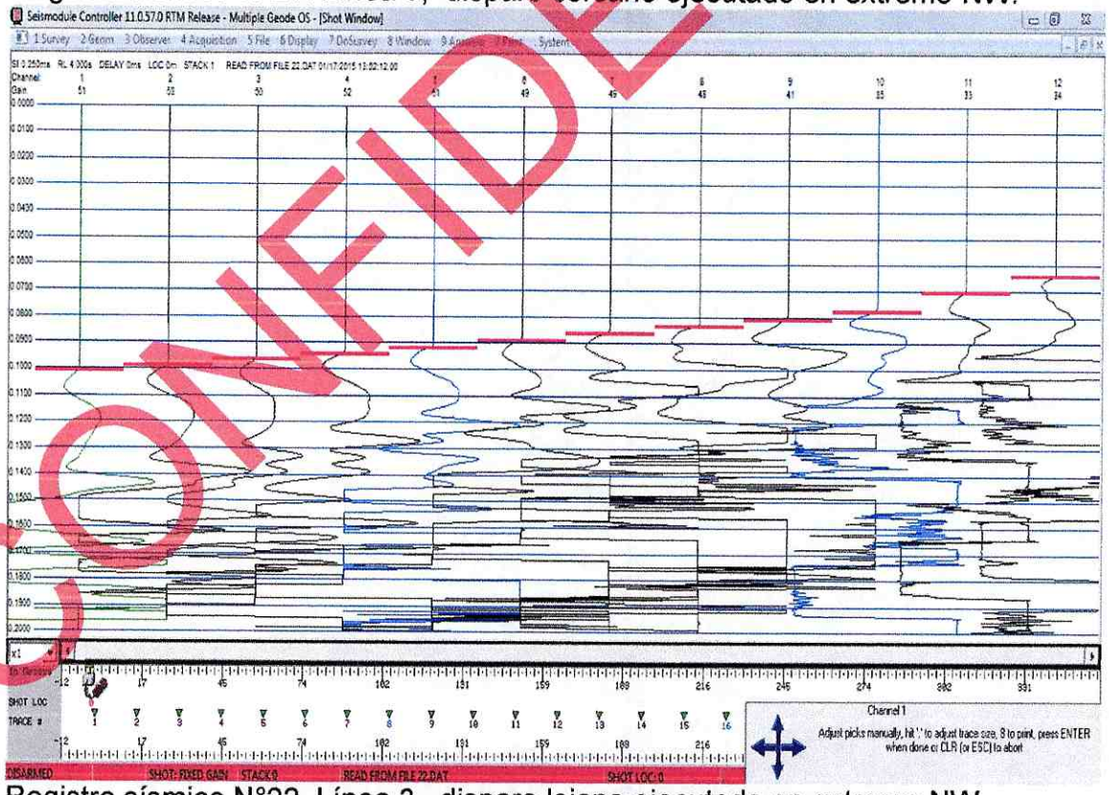


Registro sísmico N°20. Línea 3, disparo lejano ejecutado en extremo SE.

CONFIDENCIAL



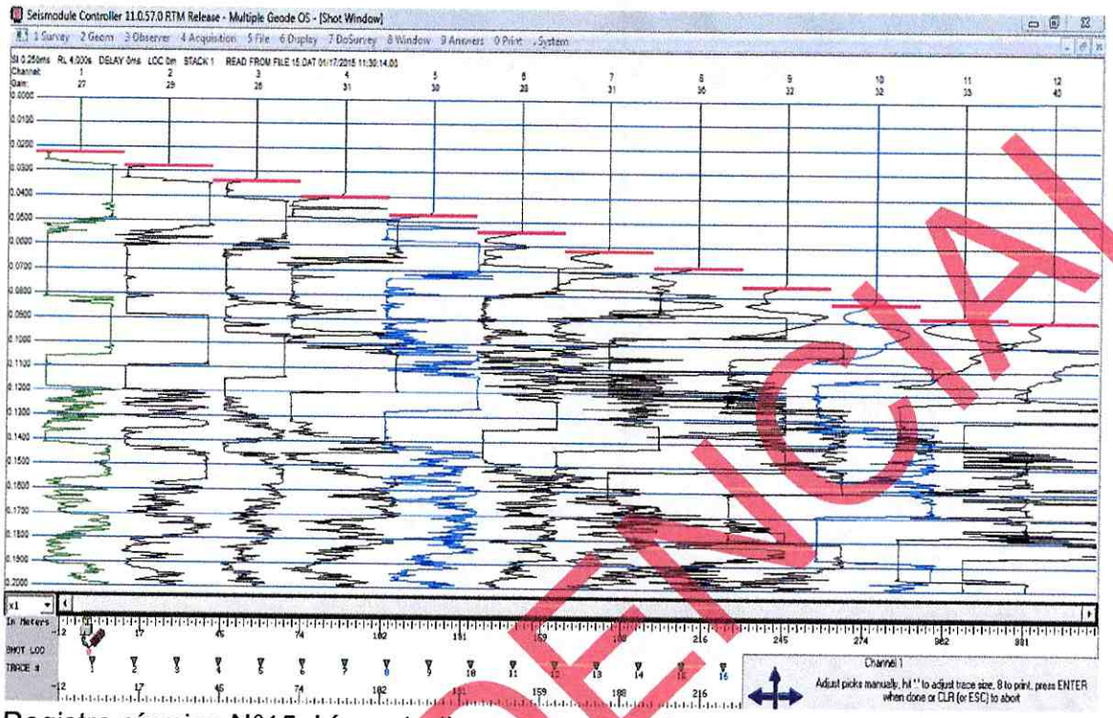
Registro sísmico N°21. Línea 3, disparo cercano ejecutado en extremo NW.



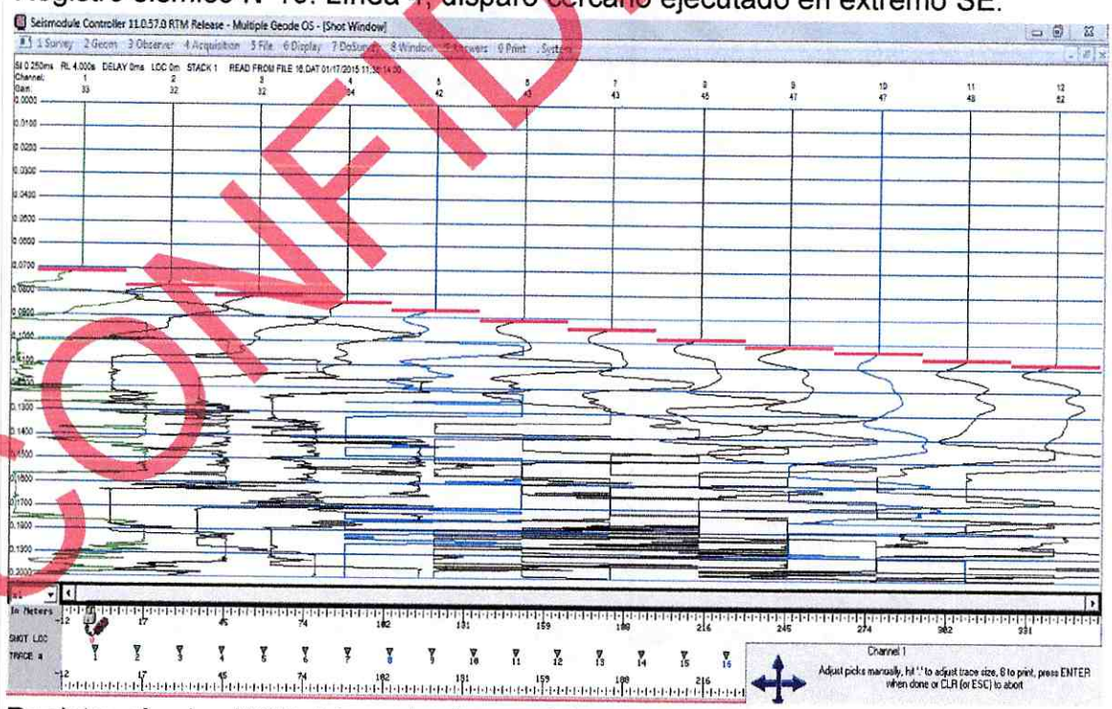
Registro sísmico N°22. Línea 3, disparo lejano ejecutado en extremo NW.

CONFIDENCIAL

REGISTRO SISMICO PERFIL LINEA 4

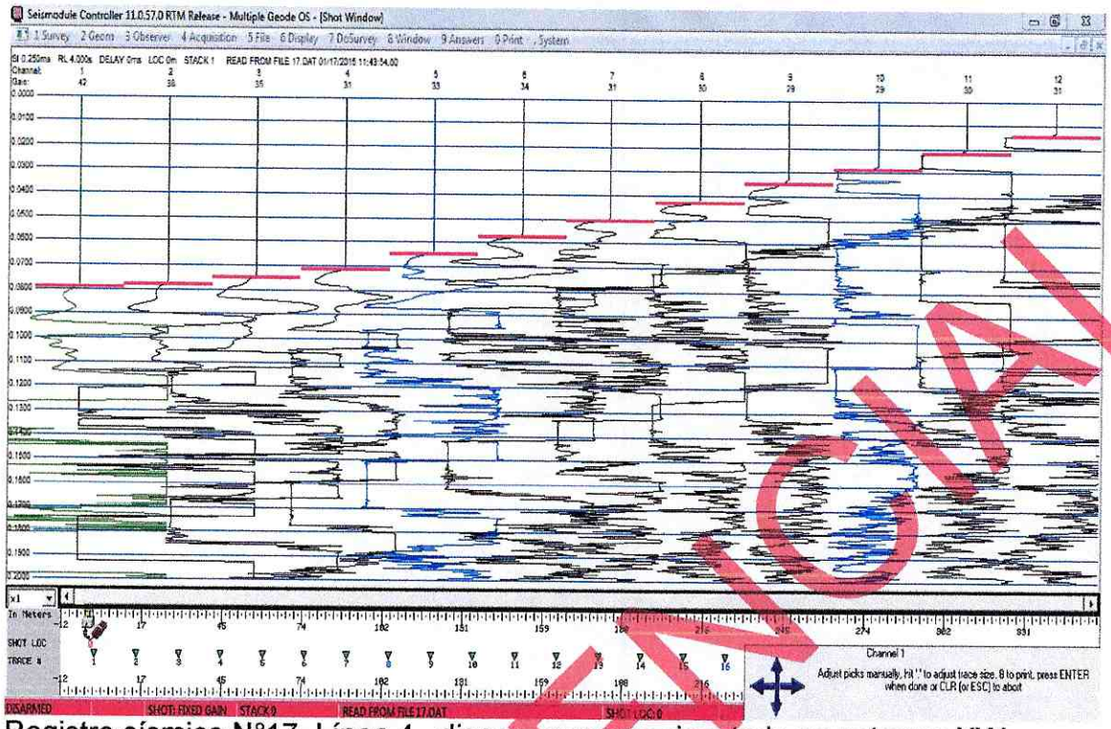


Registro sísmico N°15. Línea 4, disparo cercano ejecutado en extremo SE.

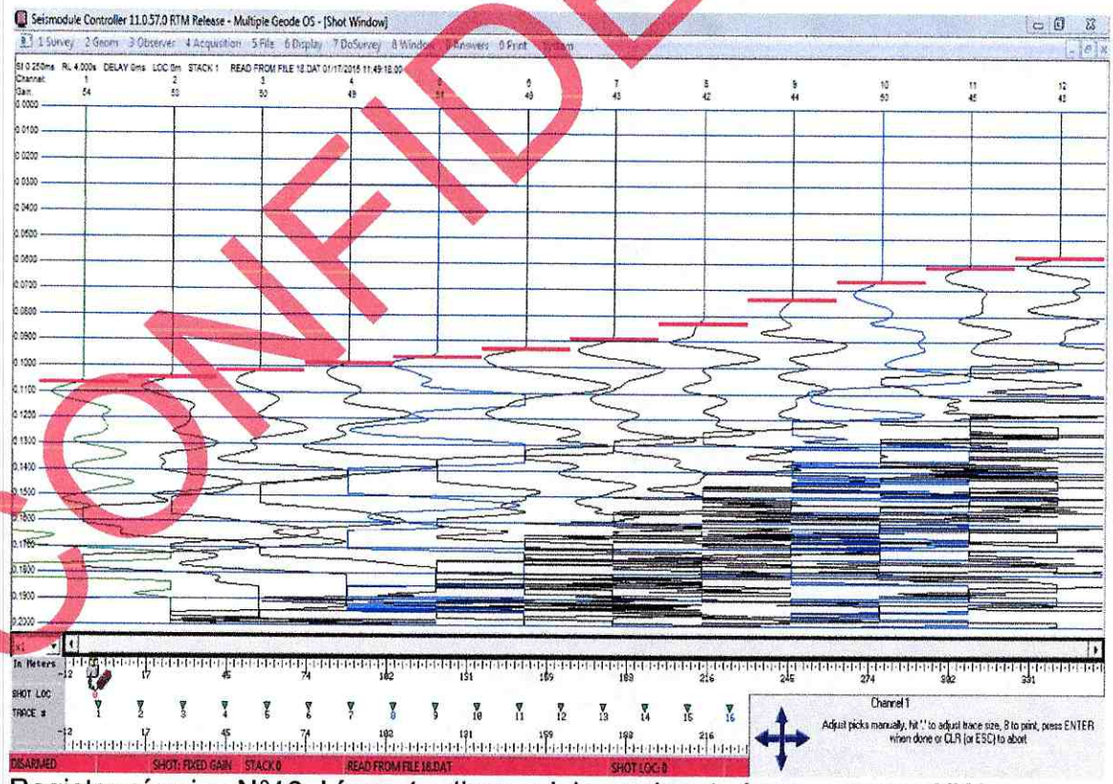


Registro sísmico N°16. Línea 4, disparo lejano ejecutado en extremo SE.

CONFIDENCIAL



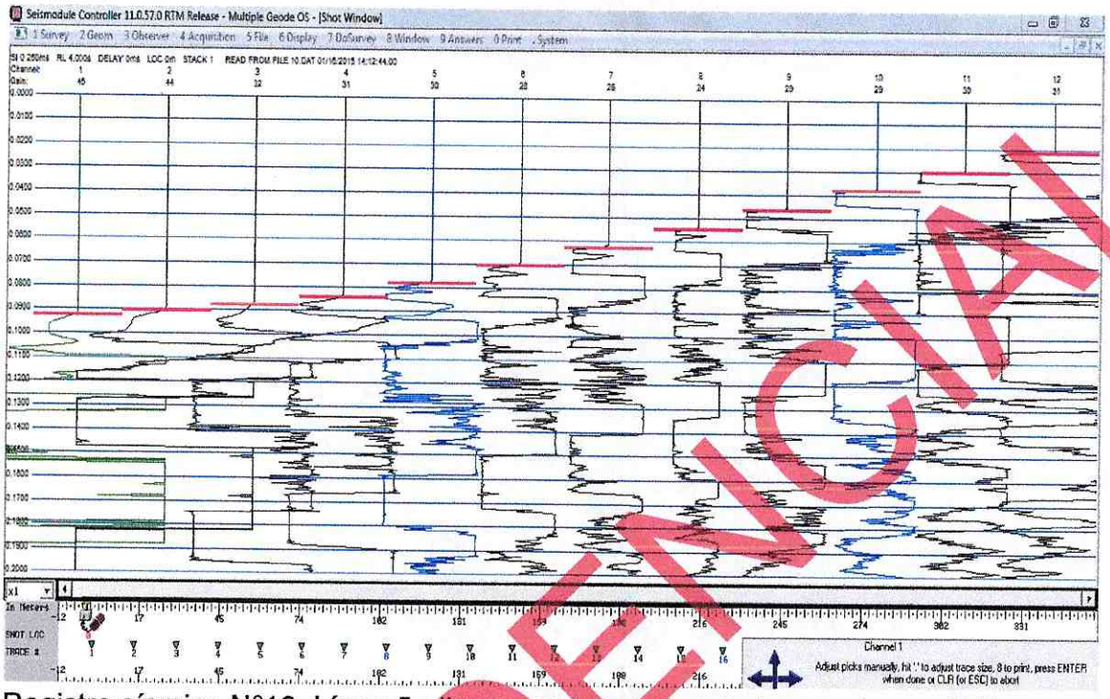
Registro sísmico N°17. Línea 4, disparo cercano ejecutado en extremo NW.



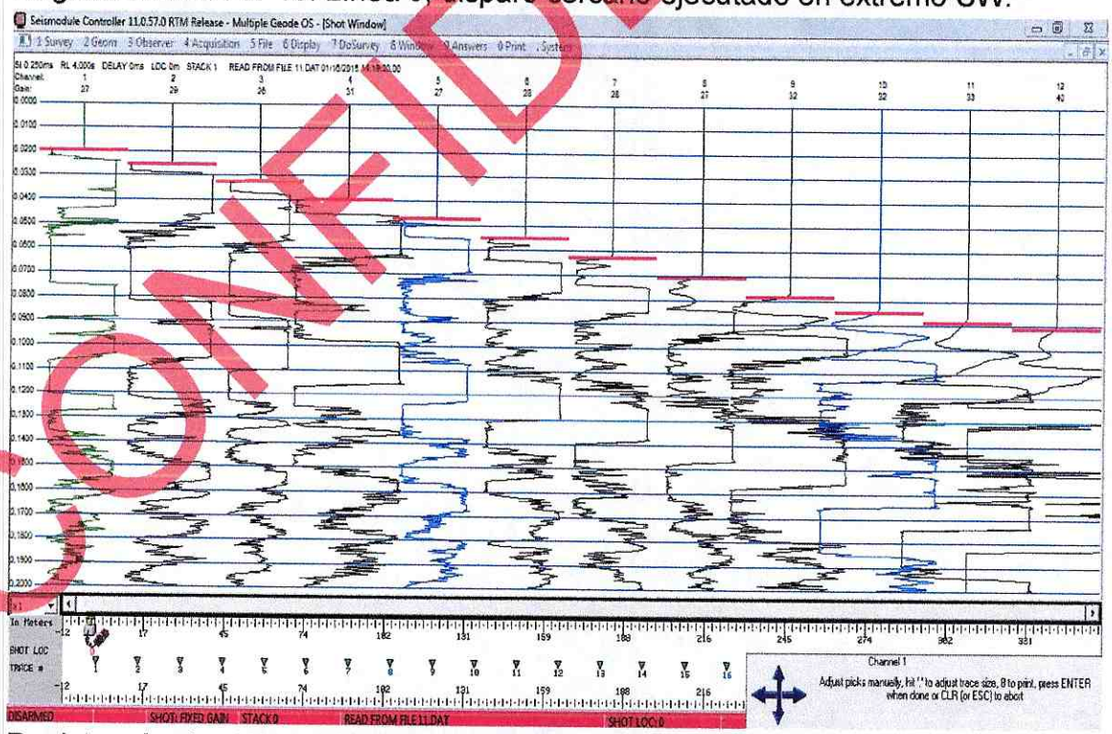
Registro sísmico N°18. Línea 4, disparo lejano ejecutado en extremo NW.

CONFIDENCIAL

REGISTRO SISMICO PERFIL LINEA 5



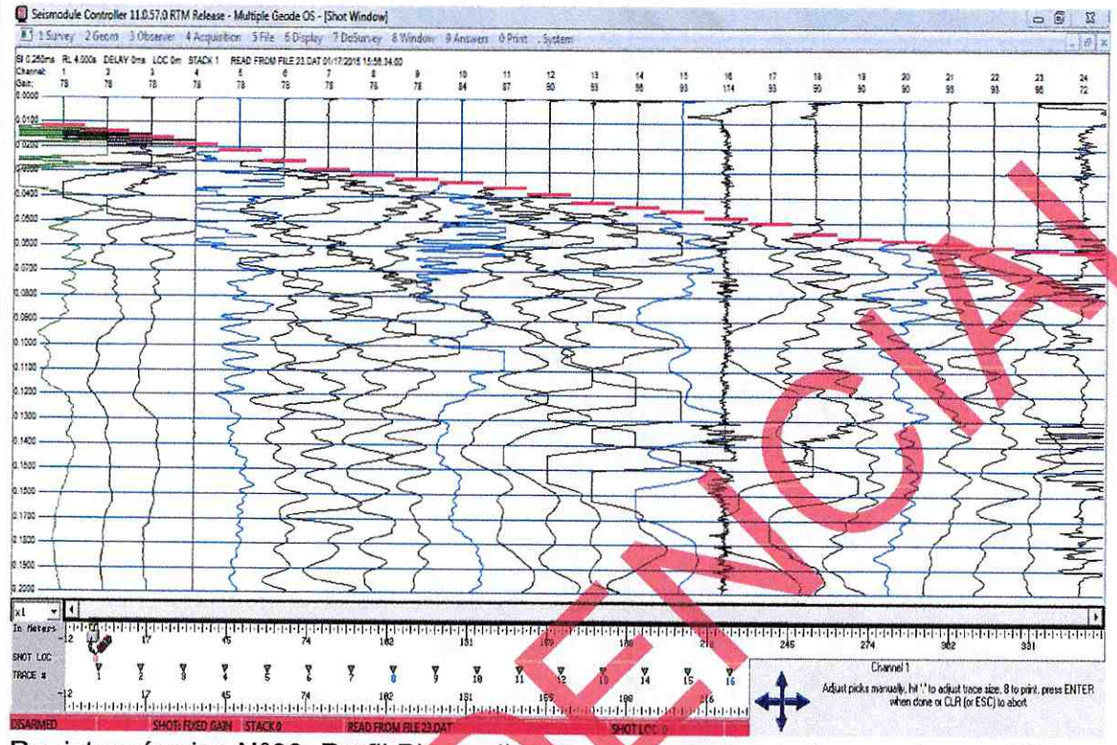
Registro sísmico N°10. Línea 5, disparo cercano ejecutado en extremo SW.



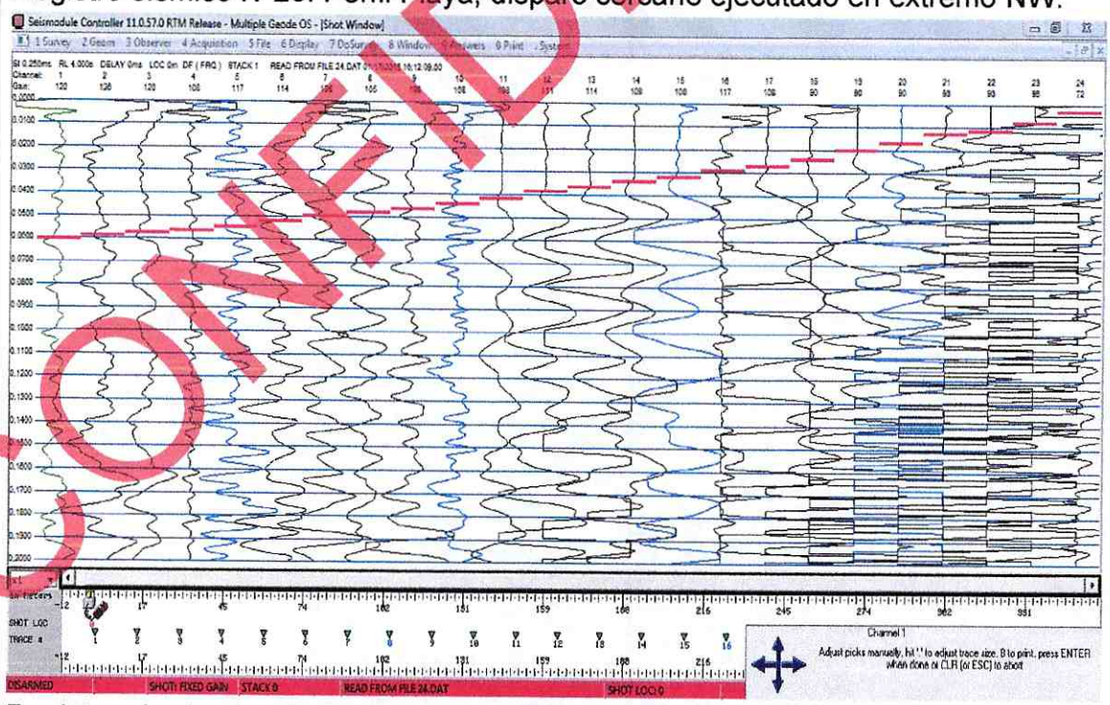
Registro sísmico N°11. Línea 5, disparo lejano ejecutado en extremo NE.

CONFIDENCIAL

REGISTRO SISMICO PERFIL PLAYA

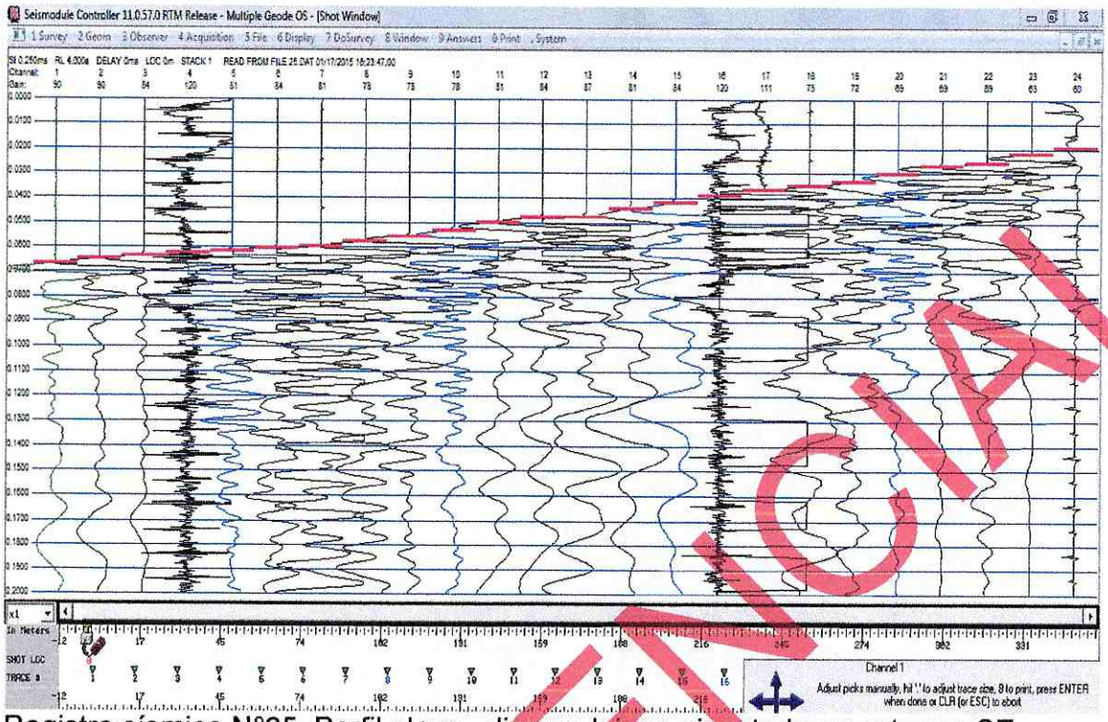


Registro sísmico N°23. Perfil Playa, disparo cercano ejecutado en extremo NW.



Registro sísmico N°24. Perfil playa, disparo cercano ejecutado en extremo SE.

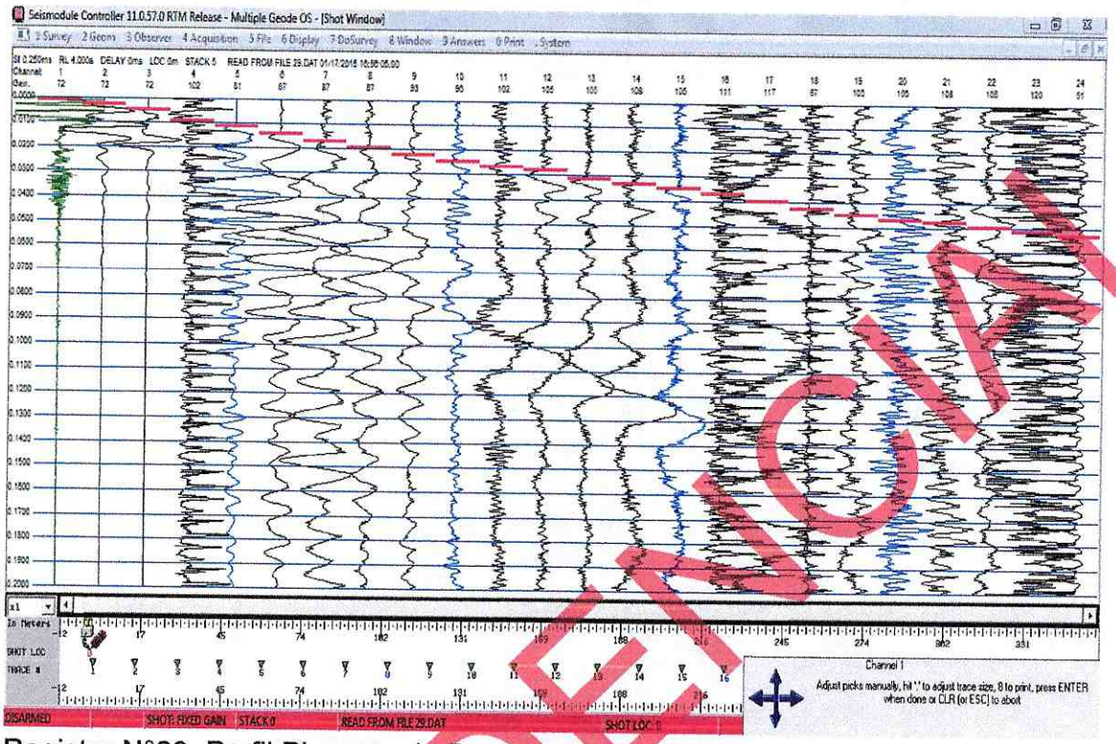
CONFIDENCIAL



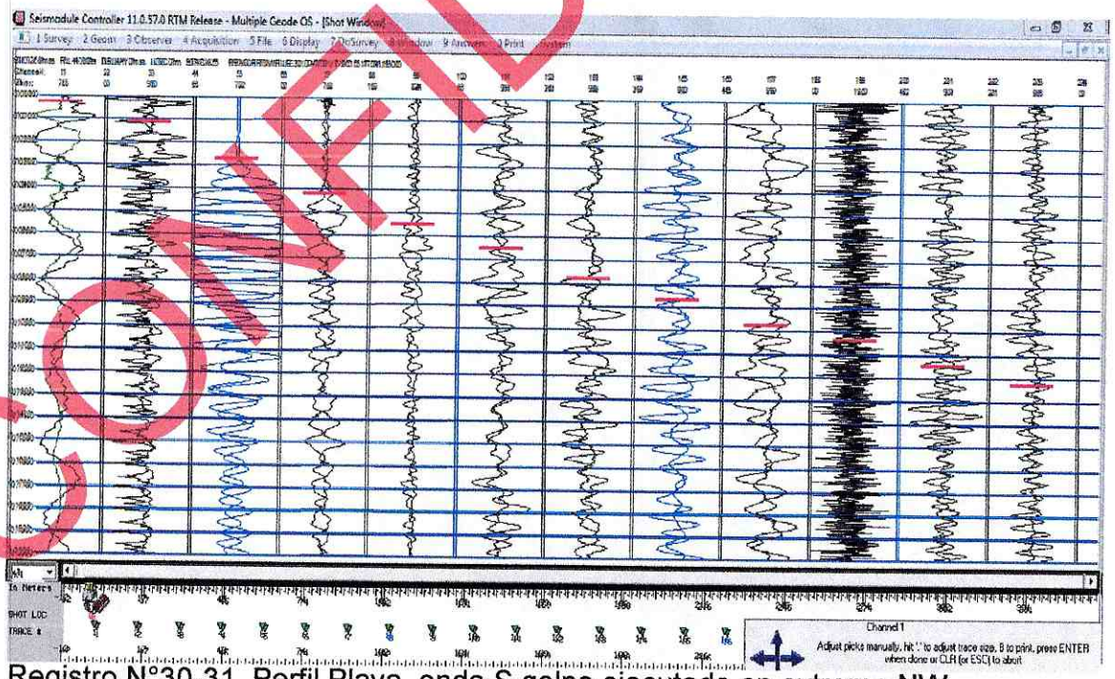
Registro sísmico N°25. Perfil playa, disparo lejano ejecutado en extremo SE

CONFIDENCIAL

REGISTRO SISMICO PERFIL PLAYA ONDAS DE CORTE S Y P

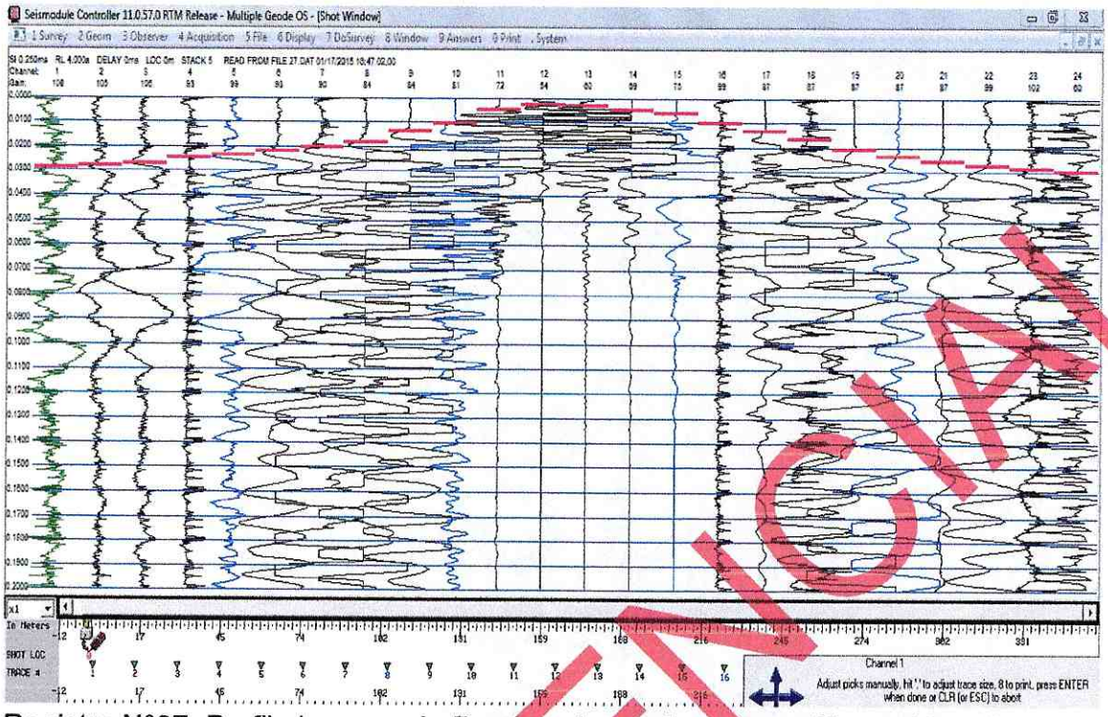


Registro N°29. Perfil Playa, onda P golpe ejecutado en extremo NW.

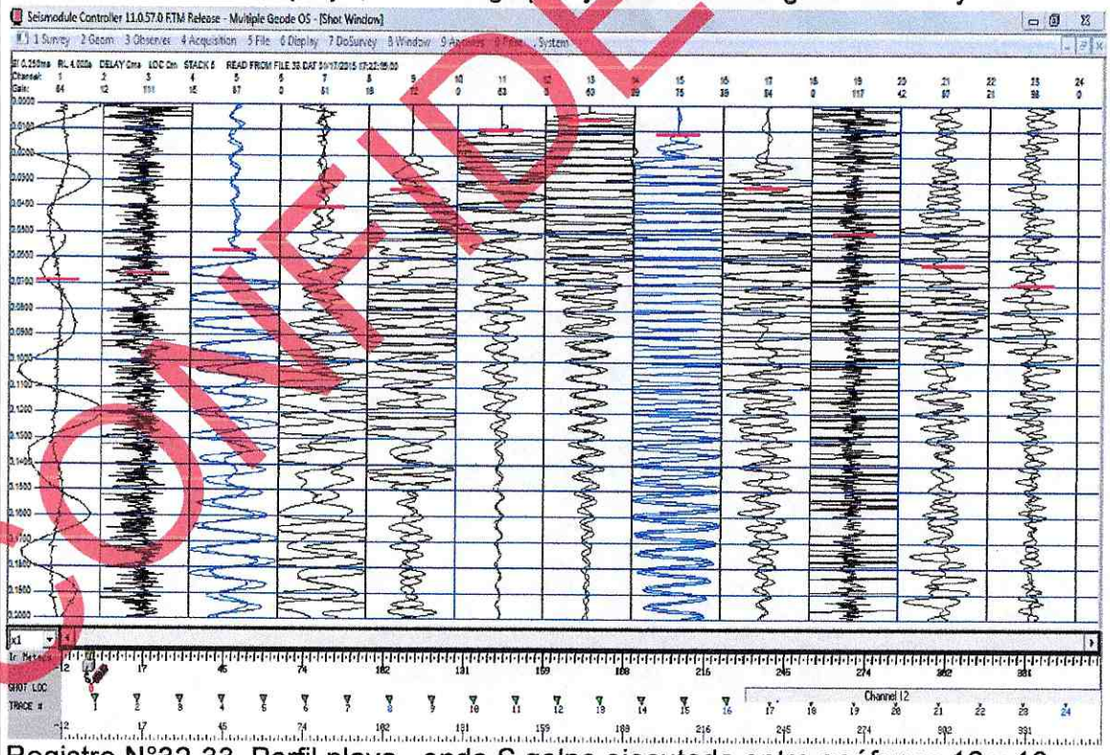


Registro N°30-31. Perfil Playa, onda S golpe ejecutado en extremo NW.

CONFIDENCIAL

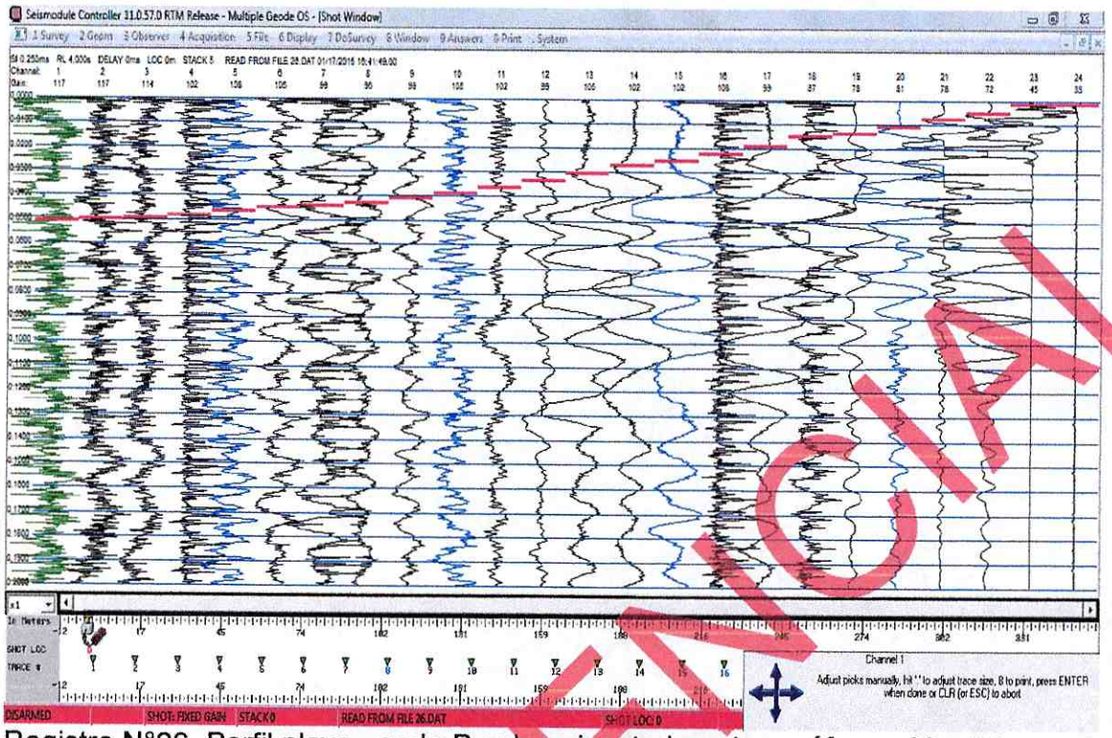


Registro N°27. Perfil playa, onda P golpe ejecutado entre geófonos 12 y 13.

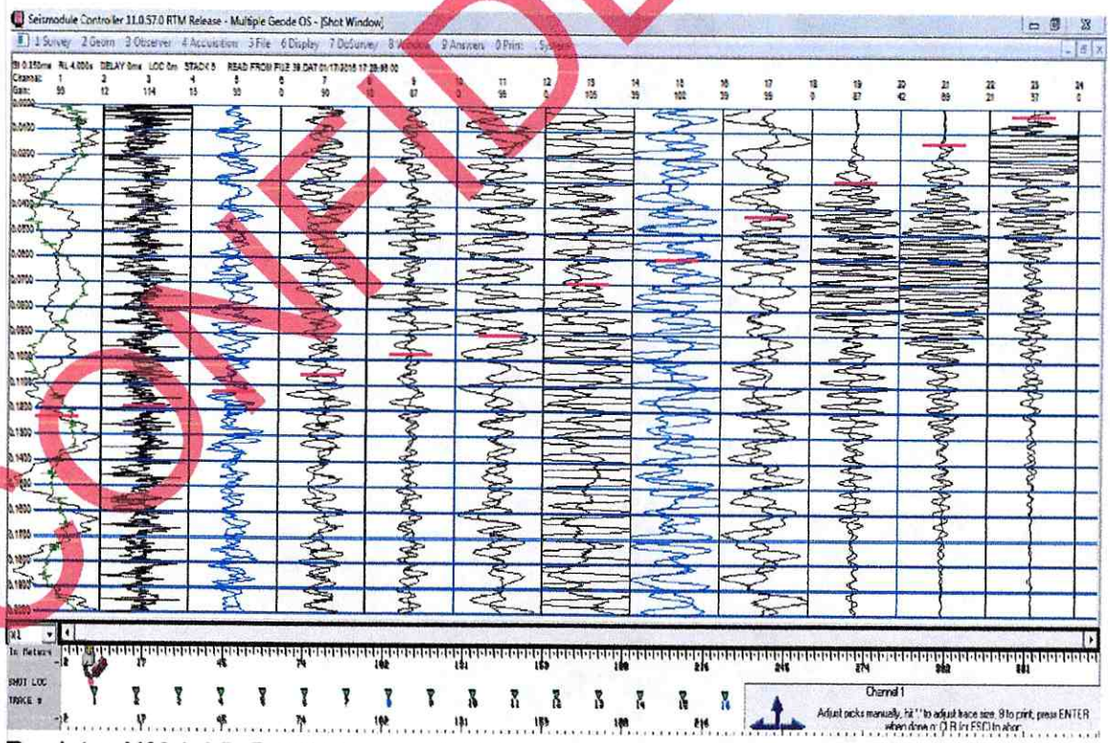


Registro N°32-33. Perfil playa, onda S golpe ejecutado entre geófonos 12 y 13.

CONFIDENCIAL



Registro N°26. Perfil playa, onda P golpe ejecutado entre geófonos 23 y 24.



Registro N°34-35. Perfil playa, onda S golpe ejecutado entre geófonos 23 y 24.

CONFIDENCIAL

000546

PROYECTO PUERTO GRANELERO

PUNTA COTITIRA - PUERTO DE PATILLOS

I REGION DE TARAPACÁ

ESTUDIO DE MANIOBRABILIDAD

VERSIÓN A REV. 5

MARZO 2015



NORTHPORT SpA

CONFIDENCIAL

ÍNDICE

MATERIA — PÁGINA

I. ANTECEDENTES 1

1.1 EMPRESA PROPIETARIA DEL PROYECTO 1
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA CONSULTORA 1
1.3 ANTECEDENTES ASESOR MARÍTIMO DE EMPRESA CONSULTORA 1

1. CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO Y DE LA NAVE DE DISEÑO. 2

1.1 DEL PROYECTO 2
1.1.1 *Objetivo del Proyecto 2*
1.1.2 *Ubicación geográfica 2*
1.1.3 *Características generales del proyecto 4*
1.2. NAVES TIPOS 15

2. CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA. 18

2.1 VIENTOS 18
2.1.1 *Lugar donde se efectuaron las mediciones de viento 18*
2.1.2 *Lugar correspondiente a los resultados del estudio vientos. 18*
2.1.3 *Breve descripción del régimen de vientos del lugar del emplazamiento. 18*
2.2 CORRIENTES 21
2.2.1 *Lugar en el que se efectuaron las mediciones de corrientes 21*
2.2.2 *Lugar al cual corresponden los resultados del estudio corrientes. 21*
2.2.3 *Breve descripción del régimen de corrientes del lugar de emplazamiento de la instalación portuaria. 21*
2.3 OLEAJE 23
Lugar en el que se efectuaron las mediciones de olas 23
2.3.1 *Lugar al cual corresponden los resultados del estudio olas. 23*
2.3.2 *Breve descripción del régimen de olas del lugar de emplazamiento de la instalación portuaria. 23*
2.4 MAREAS 24
2.4.1 *Breve descripción del régimen de mareas del lugar de emplazamiento de la instalación portuaria, indicando alturas máximas y mínimas en sicigias 24*
2.5 BATIMETRÍA 25
2.6 FONDO MARINO 25

3. CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DE LA CONDICIÓN LÍMITE PARA LA EJECUCIÓN DE LA MANIOBRA 27

4. CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE REMOLCADORES 28

4.1 GENERALIDADES 28
4.2 CÁLCULO DE BOLLARD PULL PARA MANIOBRAS DE APROXIMACIÓN, ATRAQUE Y DESATRAQUE AL TERMINAL DE PUNTA COTITIRA. 29
4.2.1 *Maniobra de aproximación y atraque Nave Bulk Carrier de 290 metros de eslora 29*
4.2.2 *Maniobra de desatraque y salida Nave Bulk Carrier de 290 metros de eslora 30*
4.2.3 *Maniobra de corrida de la Nave Bulk Carrier de 290 metros de eslora 30*

CONFIDENCIAL

5. **CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE LA MANIOBRA 31**

5.1 NAVE BULK CARRIER TIPO CAPESIZE DE 290 METROS DE ESLORA. 31

5.1.1 *Descripción de la aproximación al área de atraque y señalización marítima 31*

5.1.2 *Descripción de la maniobra de fondeo y número de paños a fondear. 32*

5.1.3 *Descripción de la maniobra de atraque/amarre terminal 32*

5.1.4 *Descripción de la maniobra de desatraque/desamarre terminal 35*

5.1.5 *Planos de Maniobrabilidad. 36*

5.2 NAVE BULK CARRIER TIPO PANAMAX DE 220 METROS DE ESLORA. 36

5.3 NAVE BULK CARRIER TIPO SUPRAMAX DE 195 METROS DE ESLORA. 37

5.4 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO BAJO LA QUILLA Y CALADO OPERACIONAL 39

6. **CAPÍTULO 6. ELEMENTOS DE AMARRE Y DEFENSAS 40**

6.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS EMPLEADOS EN EL DIAGRAMA DE AMARRE, CONSIDERANDO DISPONIBILIDAD DE WINCHES, Y GUÍAS DE ACURDO AL PLAN DE ARREGLO GENERAL DE LAS NAVES DE DISEÑO 40

6.1.1 ***NAVE TIPO CAPESIZE DE 290 m DE ESLORA*** *41*

6.1.2 *NAVE TIPO SUPRAMAX y PANAMAX DE 220 m y 195 m DE ESLORA* *43*

7. **CAPÍTULO 7. RESUMEN 49**

7.1 CARACTERÍSTICA NAVE DE DISEÑO 49

7.2 CONDICIONES AMBIENTALES 50

7.2.1 *Vientos 50*

7.2.2 *Corrientes 50*

7.2.3 *Olas 50*

7.2.4 *Mareas 50*

7.2.5 *Fondo Marino 50*

7.3 RESGUARDO BAJO LA QUILLA 51

7.3.1 *Nave Diseño: Eslora 290 m. Manga 44 m. Calado operacional 17.5 m. 51*

7.3.2 *Nave Diseño: Eslora 220 m. Manga 32.3 m. Calado operacional 12.0 m.* ***Error! Bookmark not defi***

7.3.3 *Nave Diseño: Eslora 195 m. Manga 29 m. Calado operacional 11.5 m.* ***Error! Bookmark not defin***

7.4 CONDICIÓN LÍMITE OPERACIONAL 51

8. **RECOMENDACIONES 51**

9. **ANEXOS 52**

CONFIDENCIAL

CONTENIDO

MATERIA PÁGINA

TABLAS

Tabla 1.1: Ubicación Geográfica Punta Cotitira en Caleta Patillos....2
Tabla 1.2: Características de las cadenas de la boyas de amarre. 6
Tabla 1.3: Características de las anclas y tipos de boyas de amarre....6
Tabla 1.4: Ubicación geográfica de de boyas de amarre. 7
Tabla 1.5. Pneumatic Fender Performance and Dimensions....8
Tabla 1.6: Descripción del balizamiento de la enfilación de entrada. 9
Tabla 1.7: Descripción del Balizamiento enfilación de fondeo nave 290 m. de eslora. 10
Tabla 1.8: Descripción del balizamiento enfilación de fondeo nave 220 m. y 195 m. de eslora. 10
Tabla 1.9: Coordenadas Terminales en Puerto Patillos. 13
Tabla 1.10: Coordenadas Terminales en Puerto Patache. 14
Tabla 1.11: Características de las nave tipo Bulk Carrier de diseño. 15
Tabla 2.1: Frecuencia de incidencia de vientos. 19
Tabla 2.2: Frecuencia incidencia viento. 20
Tabla 2.3. Coordenadas En Wgs-84, Huso 19....21
Tabla 2.4 Frecuencia de corrientes. 21
Tabla 2.5: Coordenadas del nodo N1....23
Tabla 2.6: Características suelo fondo marino....26
Tabla 3.1: Límites operacionales diurno y nocturno en el frente de atraque. 27
Tabla 3.2: Límites permanencia diurno y nocturno en el frente de atraque. 28
Tabla 4.1: Requerimiento remolcador maniobra aprox. y atraque....29
Tabla 4.2: Requerimiento remolcador maniobra desatraque y salida Terminal. 30
Tabla 4.3: Requerimiento remolcador maniobra corrida de la nave. 30
Tabla 5.1: Amarras sector proa, nave 290 m. eslora....35
Tabla 5.2: Amarras sector popa, nave 290 m. eslora....35
Tabla 5.3: Amarras sector proa, nave 220 m. eslora....36
Tabla 5.4: Amarras sector popa, nave 220 m. eslora....36
Tabla 5.5: Amarras sector proa, nave 195 m. eslora....38
Tabla 5.6: Amarras sector popa, nave 195 m. eslora....38
Tabla 7.1: Características naves de diseño. 49
Tabla 7.2: Incidencia del viento....50
Tabla 7.3: Incidencia de corrientes....50
Tabla 7.4: Incidencia olas....50
Tabla 7.5: Incidencia mareas 50
Tabla 7.6: Límites operacionales diurno y nocturno en el frente de atraque. 51
Tabla 7.7: Límites operacionales diurno y nocturno en el frente de atraque. 51

CONFIDENCIAL

CONTENIDO

MATERIA PÁGINA

FIGURAS

Figura 1.1: Plano general de ubicación del proyecto, ubicación de Caleta Patillos. 2
Figura 1.2: Plano general nivel Nacional, Regional y Local de Caleta Patillos. 3
Figura 1.3: Plano General Proyecto Terminal Punta Cotitira. 5
Figura 1.4: Boya 60 m3 7
Figura 1.5: Defensas tipo PNEUMATIC 8
Figura 1.6: Enfilación de entrada, Baliza anterior y Baliza posterior. 9
Figura 1.7: Enfilaciones de fondeo. 11
Figura 1.8: Vista de terminales marítimos en Caleta Patillos. 13
Figura 1.9: Vista de terminales marítimos en Punta Patache. 14
Figura 1.10: Nave Bulk Carrier tipo Supramax de 195 m de Eslora. 16
Figura 1.11: Nave Bulk Carrier tipo Panamax de 3231 m. Eslora. 16
Figura 1.12: Nave Bulk Carrier tipo Capesize de 290 m. de eslora. 17
Figura 2.1: Frecuencia de magnitud del viento Punta Cotitira. 19
Figura 2.2: Frecuencia de dirección del viento Punta Cotitira. 19
Figura 2.3: Diagrama de magnitud y dirección del viento Punta Cotitira. 20
Figura 2.4: Frecuencia de magnitud de la corriente en Punta Cotitira. 22
Figura 2.5: Frecuencia de dirección de la corriente en Punta Cotitira. 22
Figura 2.6: Mareas Punta Cotitira. 25
Figura 5.1: Diagrama y elementos de amarre, nave 290 m. eslora 34
Figura 5.2. Diagrama y elementos de amarre, nave 220 m. eslora 37
Figura 5.3. Diagrama y elementos de amarre, nave 195 m. 39
Figura 6.1: Diagrama de amarre sector de proa (Estribor y Babor Respectivamente). 42
Figura 6.2: Diagrama de amarre sector de popa (Estribor y Babor Respectivamente). 43
Figura 6.3. Diagrama de amarre sector de proa (Estribor y Babor respectivamente). 44
Figura 6.4: Diagrama de amarre sector de popa (Estribor y Babor respectivamente). 45

CONFIDENCIAL

CONTROL INTERNO

Revisión	Elaboró			Revisó			Aprobó			Observaciones
	Nombre	Fecha	Firma	Nombre	Fecha	Firma	Nombre	Fecha	Firma	
1	HRZ/MHN	06.12.14		HRZ	27.12.14					Entrega Interna
2	HRZ/MHN	10.02.15		HRZ	12.02.15					Entrega cliente
3 - 4	HRZ/MHN	10.02.15		HRZ	14.02.15					Entrega cliente
5				HRZ/MHN	06.03.15					Entrega cliente
CLIENTE: **NORTHPORT SpA/BAIRD S.A.**							CÓDIGO PROYECTO			

CONFIDENCIAL

I. ANTECEDENTES

1.1 Empresa Propietaria del Proyecto

NORTHPORT SpA
Eric Karstegl P.
Nueva de Lyon 96, Of. 204
Providencia, Santiago
56-9-61570430
fernando.bou@northportspa.cl

1.2 Identificación de la Empresa Consultora

BAIRD & ASSOCIATES S.A.
Patricio Monárdez S.
Padre Mariano 181, Oficina 902
Providencia, Santiago
56-2-2-2361222
pmonardez@baird.com

1.3 Antecedentes Asesor Marítimo de empresa consultora

Hugo Riveros Z.
Ingeniero de Transporte Marítimo
Fono: 32-2476908 – 9335 7719
e-mail: hriverosz@yahoo.com
Dirección: 2 Norte 1184 - Viña del Mar

CONFIDENCIAL

1. CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO Y DE LA NAVE DE DISEÑO.

1.1 Del Proyecto

1.1.1 Objetivo del Proyecto

El objetivo general de este proyecto es la construcción de un muelle mecanizado en el sector Norte de Caleta Patillos, denominado Punta Cotitira, con el propósito de embarcar minerales de sal a granel, conforme a los procedimientos y exigencias técnicas de la Resolución DGTM y MMN N° 12.600/565 de fecha 02 de Octubre 2012, tanto diurnas como nocturnas, que permita operaciones seguras de atraque, permanencia y desatraque.

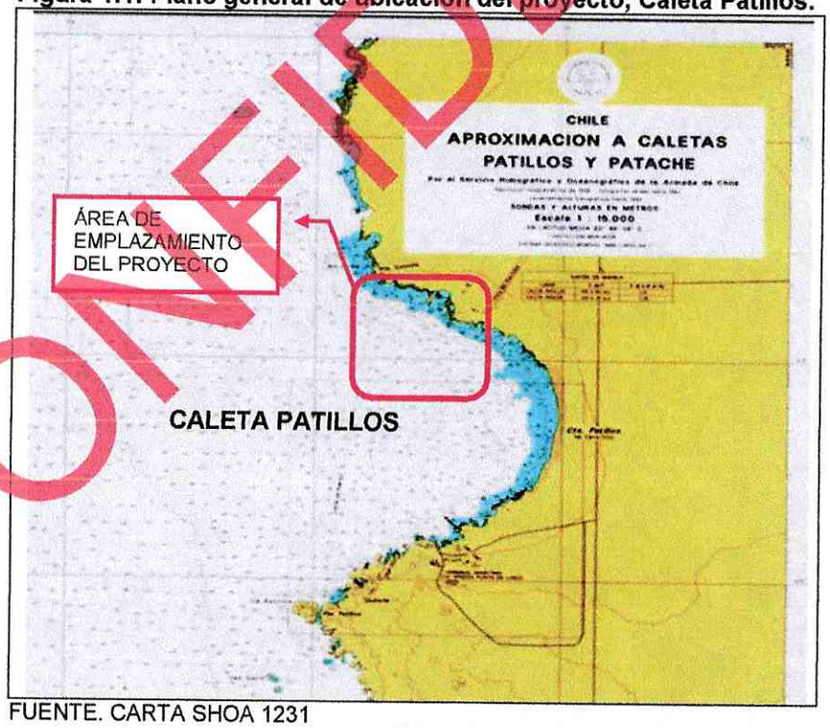
1.1.2 Ubicación geográfica

El proyecto marítimo de Punta Cotitira se localiza en la Primera Región de Tarapacá, Provincia de Iquique, ubicada a 56 km al sur del Puerto de Iquique, como se aprecia en el plano siguiente:

Tabla 1.1: Ubicación Geográfica Punta Cotitira en Caleta Patillos

Latitud	Longitud
20° 43' 52" S	70° 11' 32" W

Figura 1.1: Plano general de ubicación del proyecto, Caleta Patillos.

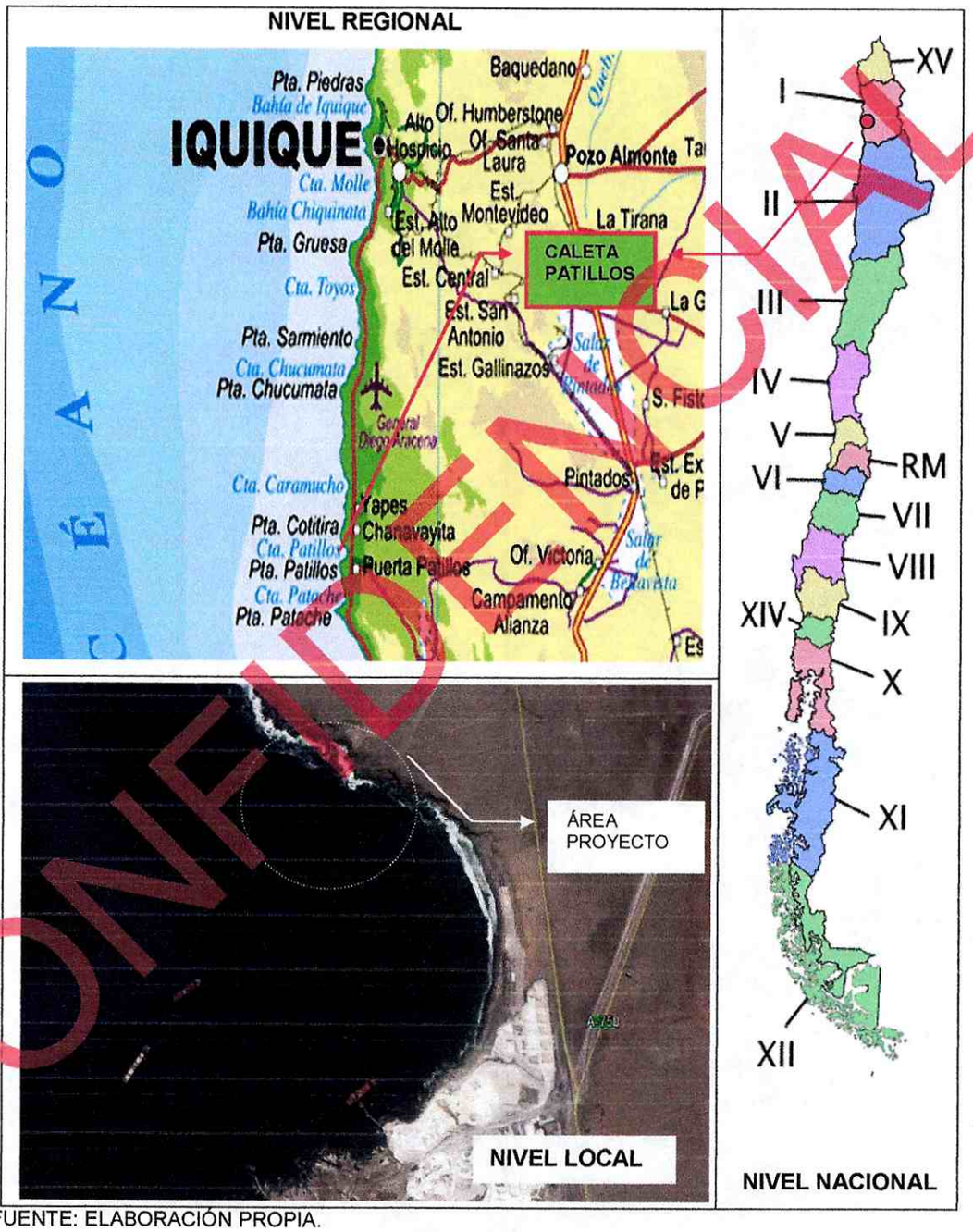


FUENTE. CARTA SHOA 1231

CONFIDENCIAL

1.1.3 Plano de ubicación del proyecto

Figura 1.2: Plano general nivel Nacional, Regional y Local de Caleta Patillos.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

CONFIDENCIAL

1.1.4. Características generales del proyecto

1.1.4.1. Descripción General de las Instalaciones que contempla el Proyecto

a) Infraestructura Portuaria – Terrestre y Marítima

El presente proyecto tiene por finalidad operacional de efectuar embarques de hasta 3.000.000 toneladas de sal a granel por año y con una operación portuaria de hasta 5 naves mensuales, para lo cual se ha considerando una permanencia promedio de 4 días por nave en faenas de carga.

El sector terrestre considera una zona de almacenamiento temporal de sal a granel en cuatro (4) áreas, denominadas canchas de acopio con una capacidad de máxima de 120.000 T/M cada una, que corresponde desde la molienda hasta la granulometría, pesaje y finalmente el carguío por intermedio de un sistema de 8 correas transportadoras encapsuladas, que corren sobre una galería metálica hasta una cinta final de traspaso al buque de un largo aproximado total de 1.310 m.

En el sector marítimo este proyecto contempla el porteo y embarque a través de un muelle mecanizado que comprende la construcción de un puente por donde corre una cinta transportadora, pasarelas peatonales y demás estructuras auxiliares, entre los sectores de acopio de mineral y el cabezo del muelle o plataforma de carga, con una extensión de 702 metros de largo por un ancho de 8,58 metros, con una orientación al 220° verdadero y una profundidad de sonda a la altura del cabezal del muelle de 26 metros bajo el NRS.

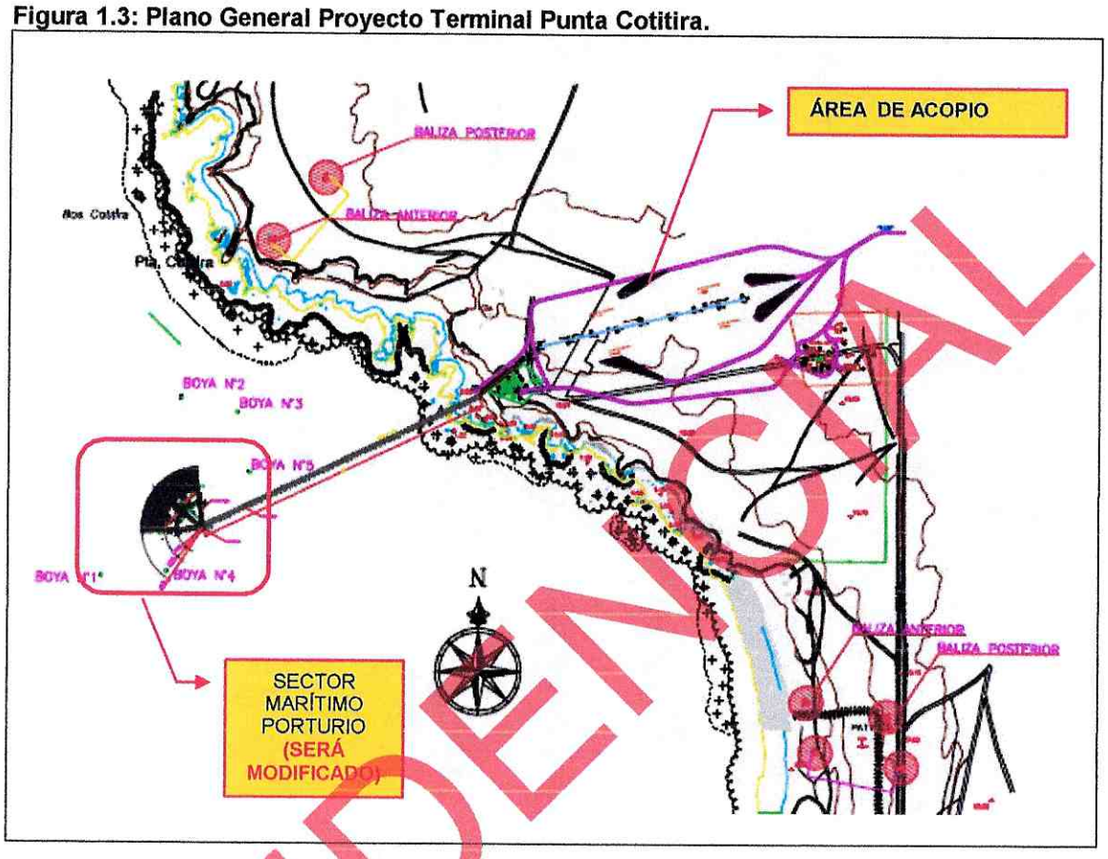
Toda esta infraestructura va montada sobre pilotes verticales e inclinados en el fondo marino, tubulares y de acero, con un diámetro entre 16 y 20 pulgadas y un espesor de 12 mm., que proveen apoyos a la estructura cada 30 metros, que soportan una torre de carguío, que contiene un cargador radial con riel cuadrante que tiene un chute terminal telescópico tipo cascada que alimenta las diferentes bodegas del buque.

El sistema de atraque está conformado por 5 Duques de Alba, construidos en base a plataformas de hormigón armado que conectan rígidamente el sistema a pilotes tubulares de acero anclados al fondo del mar, protegidos por defensas de goma tipo Pneumatic en el frente de atraque.

Estos Duques de Alba estarán destinados al atraque de naves, junto a un sistema de boyas para amarre de las naves y un sistema de señalización marítima en base a enfilación de aproximación al terminal y fondeo de anclas.

CONFIDENCIAL

Figura 1.3: Plano General Proyecto Terminal Punta Cotitira.



Dado lo anterior, este terminal tendrá una capacidad de operar una nave tipo Bulk Carrier de hasta 150.000 TDW de 290 m. de eslora, manga de 44 m. y calado operacional de 17,5 m.

El terminal tiene asociadas obras en tierra, destinadas a permitir el manejo de los materiales considerados para este proyecto.

b) **Sistema de amarre por boyas. (SERÁ COMPARADO Y ACTUALIZADO DE ACUERDO A ESTUDIO DE BAIRD)**

Dado que el área de Caleta Patillos es afectada generalmente por oleaje procedente del SW (43,7%), y los períodos presentan un rango que abarca desde los 8 s hasta los 20 s (98,8%), afectando la operatividad de la nave atracada al muelle, se ha proyectado para este caso la instalación de 5 boyas de amarre con sus correspondientes pernadas (2) y retenidas (1) como se indica en las tablas 1.2. y 1.3.

La boya es de forma troncocónica, tipo Admiralty, de eje y orinque vertical, con 4 compartimientos estancos y defensa perimetral de goma, de 60 m^3 de volumen, 5,5 m de diámetro, 2,5 m de altura, peso 10,0 ton, con su correspondiente gancho de escape tipo pelícano, con botador de espías, con capacidad de 120 ton. de tiro. Las cadenas serán grado 2 del ABS, con mallete. Su ubicación geográfica se indica en el plano general de maniobras y en la tabla 1.4.

CONFIDENCIAL

Las cadenas de fuerza, serán dos pernadas formando un ángulo de 60° con cadenas de diámetro de 3 7/8 ", acero grado 2.

Los dos tramos tienen 5 paños de 27,5 m. cada uno, con un largo total de 137,5 m. Tienen un grillete giratorio a un paño de las anclas correspondientes. Se unen a los argollones y a las anclas con grilletes tipo D. Los paños de cadenas se unirán entre sí mediante grilletes tipo Kenter.

Se agrega para completar cada una de estas pernadas, una ancla tipo OFF DRILL II o equivalente, (HALL) de 18,0 ton.

La pernada de retenida, cuenta con 3 paños de cadena de 2 1/2", acero grado 2, con un largo total de 82,5 m. con un ancla tipo OFF DRILL de 8 ton.

El orinque formado por cadena de 3 1/2", acero grado 2, que une la boya con las pernadas a través de un anillo de 3 7/8" con un largo total correspondiente a la sonda indicada en la posición de fondeo, más la altura máxima de la marea, más altura máxima de la ola 2.5 m. como se indica en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Características de las cadenas de la boyas de amarre.

BOYAS	CADENAS			ORINQUE
	PERNADA A	PERNADA B	RETENIDA	
1	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	38 m.– 31/2"
2	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	24 m.– 3" 3/2"
3	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	23 m.– 31/2"
4	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	32 m.– 31/2"
5	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	26 m.– 31/2"

Tabla 1.3: Características de las anclas y tipos de boyas de amarre.

BOYAS	ANCLAS Y TIPO BOYA		
	PERNADA A	PERNADA B	BOYA TIPO TRONCOCÓNICA
1	TIPO OFF DRILL 6,0 t.	TIPO OFF DRILL 6	60 metros cúbicos
2	TIPO OFF DRILL 6,0 t.	TIPO OFF DRILL 6	60 metros cúbicos
3	TIPO OFF DRILL 6,0 t.	TIPO OFF DRILL 6	60 metros cúbicos
4	TIPO OFF DRILL 6,0 t.	TIPO OFF DRILL 6	60 metros cúbicos
5	TIPO OFF DRILL 6,0 t.	TIPO OFF DRILL 6	60 metros cúbicos

CONFIDENCIAL

Tabla 1.4: Ubicación geográfica de de boyas de amarre.

BOYA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA BOYAS DE AMARRE	
	GEOGRÁFICA	UTM
1	Lat.20° 44´12.76" S Long. 70° 11´53.032" W	E 375262.816 N 7706510.634
2	Lat.20° 43´59.78" S Long. 70° 11´46.641" W	E 375444.668 N 7706917.211
3	Lat.20° 44´00.65" S Long. 70° 11´42.072 W	E 375577.093 N 7706886.217
4	Lat.20° 44´12.46" S Long. 70° 11´47.808 W	E 375413.834 N 7706520.831
5	Lat.20° 44´05.14" S Long. 70° 11´41.143 W	E 375604.956 N 7706747.369

Figura 1.4: Boya 60 m3



CONFIDENCIAL

c) Defensas

La permanencia de la nave atracada al terminal marítimo considera altura de oleaje de hasta 2.0 m., por lo anterior el frente de atraque está compuesto de 5 Duques de Alba, con defensas del tipo Pneumatic, cuyas propiedades mecánicas se basan en el catálogo de Bridgestone (Cylinder Fender Catalogue, Bridgestone Tire Co. Ltd.):

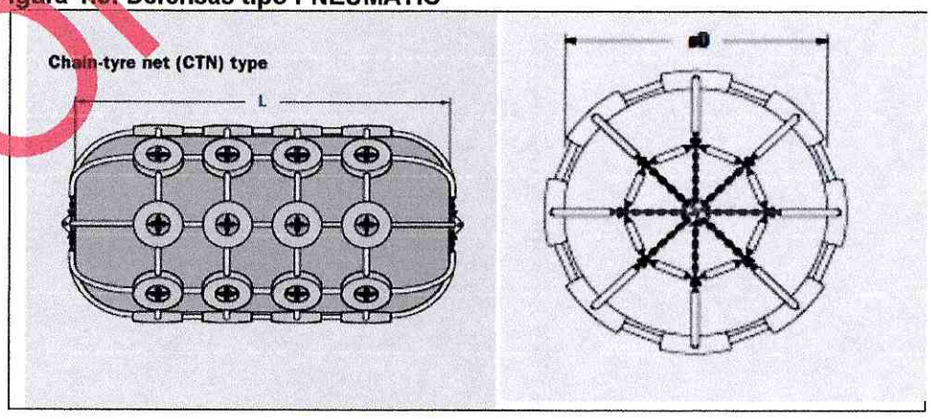
Tabla 1.5. Pneumatic Fender Performance and Dimensions

PNEUMATIC FENDER PERFORMANCE AND DIMENSIONS

Fender Size øD x L		Hook Type (kg)	CTN Type (kg)	Chain (mm)	Energy (kNm)	0.5kgf/cm² Reaction (kN)	Hull Pressure (kN/m²)	Energy (kNm)	0.8kgf/cm² Reaction (kN)	Hull Pressure (kN/m²)
300 x 500		10	10	10	1.3	22.6	189	1.7	29.4	246
300 x 600		15	15	10	1.5	26.5	180	2.0	35.3	239
500 x 800		25	25	13	5.7	58.9	187	7.4	78.5	249
500 x 1000		35	35	13	7.2	73.6	179	9.1	99.1	239
800 x 1200		75	175	16	21.6	141	188	28.1	187	250
800 x 1500		95	205	16	27.5	186	191	35.1	235	241
1000 x 1500		140	310	16	40.2	222	190	52.7	281	240
1000 x 2000		170	370	16	54.0	295	180	70.2	374	228
1200 x 1800		180	390	19	69.7	320	190	91.0	404	240
1200 x 2000		200	420	19	77.5	354	185	101	449	235
1350 x 2500		270	530	19	125	496	181	175	650	238
1500 x 2500		300	700	22	152	554	186	196	697	234
1500 x 3000		350	790	22	182	658	178	235	837	227
2000 x 3000		550	1430	25	324	883	189	422	1122	240
2000 x 3500		650	1570	29	378	1030	183	491	1315	234
2000 x 6000		950	2170	32	547	1766	171	843	2246	217
2500 x 4000	P	1100	2610	32	675	1481	188	872	1864	236
2500 x 5500	P	1350	2970	35	926	2037	178	1197	2560	224
3000 x 5000	P	1700	4320	38	1226	2207	185	1570	2786	233
3300 x 4500	P	1800	4160	38	1324	2197	194	1712	2764	244
3300 x 6500	P	2250	5370	44	1913	3169	181	2472	3993	228
3300 x 10500	P	2800	6850	51	3090	5121	171	4297	6612	220
4500 x 10500	P	4300	4850	51	4689	5690	144	6563	7465	189

P = Pressure Relief Valve fitted as standard.
Mooring chains should be used in conjunction with appropriate swivels and shackles.
Standard tolerances apply.
Rated deflection is 60%

Figura 1.5: Defensas tipo PNEUMATIC



CONFIDENCIAL

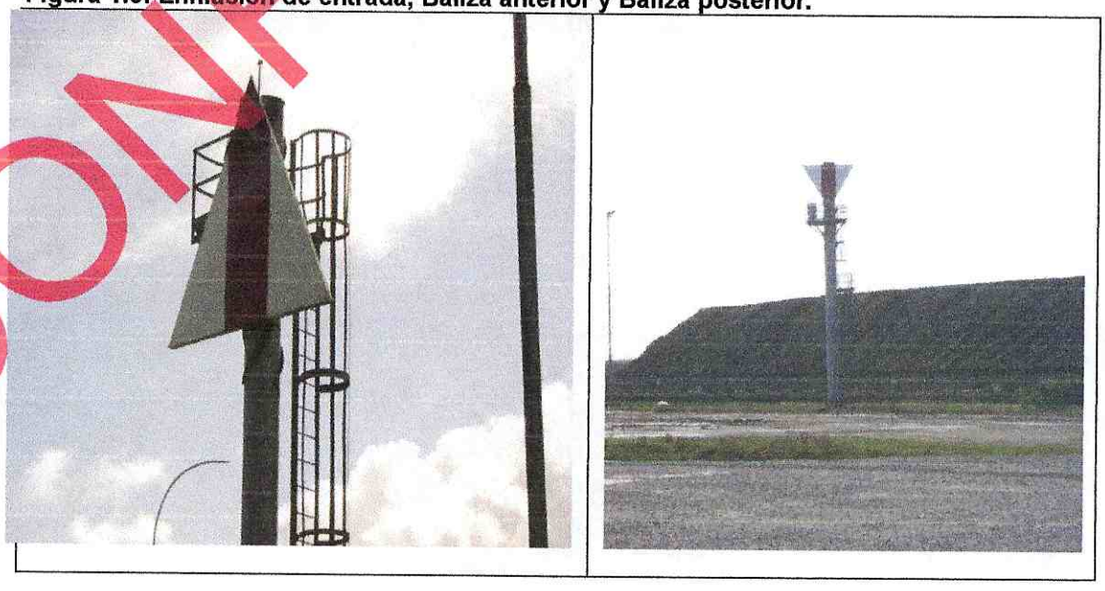
d) Balizamiento de apoyo al plan de maniobra

El acceso al terminal marítimo contará con una enfilación de entrada común para las diferentes esloras de las tres (3) naves de diseño, orientada al rumbo verdadero 040° compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 1.6: Descripción del balizamiento de la enfilación de entrada.

Balizas	Posición geográfica	Carac. luminosa	Alcance nominal	Descripción
Anterior	20° 43´ 48.144" S 70° 11´ 39.462" W UTM N 7707270.296 E 375649.724	Destello blanco de 60 destellos por minuto	6 millas	Poste metálico de color blanco con franjas horizontales de color rojo; en su parte superior, un triangulo equilátero de 3 m de lado, de color blanco, con franja estándar de color rojo en su centro.
Posterior	Al 040° y 200 m de la anterior	Destello blanco de 60 destellos por minuto	6 millas	Poste metálico de color blanco con franjas horizontales de color rojo; en su parte superior, un triangulo equilátero de 3 m de lado, invertido, de color blanco, con franja estándar de color rojo en su centro.

Figura 1.6: Enfilación de entrada, Baliza anterior y Baliza posterior.



CONFIDENCIAL

Cada nave de diseño contará con una enfilación de corte para el punto de fondeo, cuyas orientaciones serán en las demarcaciones verdaderas 110° la que se deberá tomar desde el puente de mando de la nave, estas enfilaciones estarán compuestas por los siguientes elementos:

Tabla 1.7: Descripción del Balizamiento enfilación de fondeo nave 290 m. de eslora.

Balizas Sitio 1	Posición geográfica	Carac. luminosa	Alcance nominal	Descripción
Anterior	20° 44´ 26.015" S. 70°10´56.513" W UTM N 7706115.031 E 376900.564	Fija Roja	5 millas	Poste metálico de color blanco con franjas horizontales rojas; en su parte superior un triángulo equilátero de 3.5 m de lado de color blanco con franja vertical roja al centro, en posición vertical.
Posterior	Al 110° y 200 m de la anterior	Fija Roja	5 millas	Poste metálico de color blanco con franjas horizontales rojas; en su parte superior un triángulo equilátero de 3.5 m de lado de color blanco con franja vertical roja al centro, en posición invertida.

Tabla 1.8: Descripción del balizamiento enfilación de fondeo nave 220 m. y 195 m. de eslora.

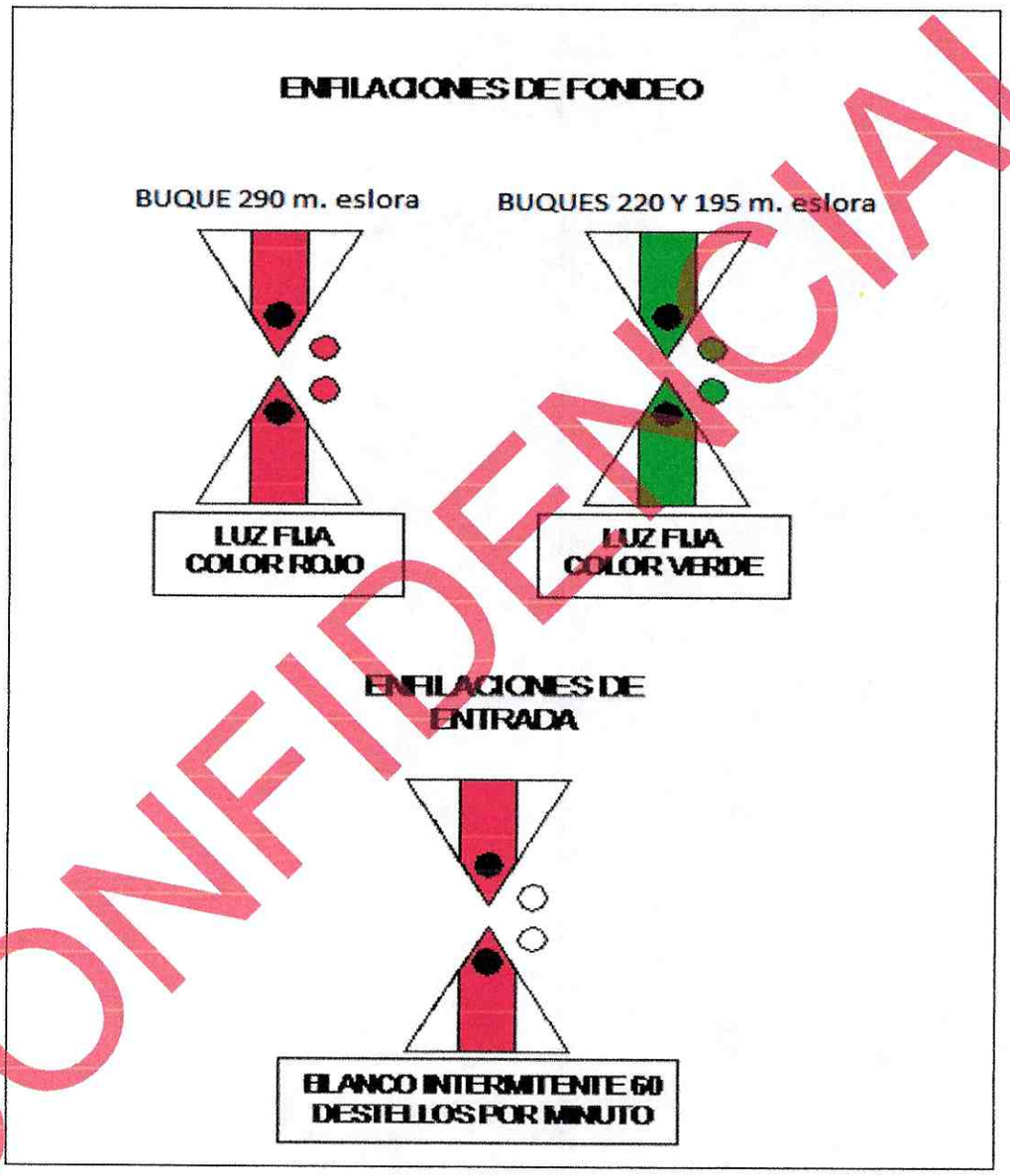
Balizas Sitio 2	Posición geográfica	Carac. luminosa	Alcance nominal	Descripción
Anterior	20°44´22.385" S. 70°10´57.209" W UTM N 77006226.513 E 376879.614	Fija Verde	5 millas	Poste metálico de color blanco con franjas horizontales rojas; en su parte superior un triángulo equilátero de 3.5 m de lado de color blanco con franja vertical verde al centro, en posición vertical.
Posterior	Al 110° y 200 m de la anterior	Fija Verde	5 millas	Poste metálico de color blanco con franjas horizontales rojas; en su parte superior un triángulo equilátero de 3.5 m de lado de color blanco con franja vertical verde al centro, en posición invertida.

En los planos de enfilaciones y planes de atraque, adjuntos a este estudio, se muestra claramente la posición de las enfilaciones.

CONFIDENCIAL

En el cuadro figura N°1.7.que se muestra a continuación, se observa la señalética utilizada, conforme a las normas establecidas por la autoridad marítima.

Figura 1.7: Enfilaciones de fondeo.



CONFIDENCIAL

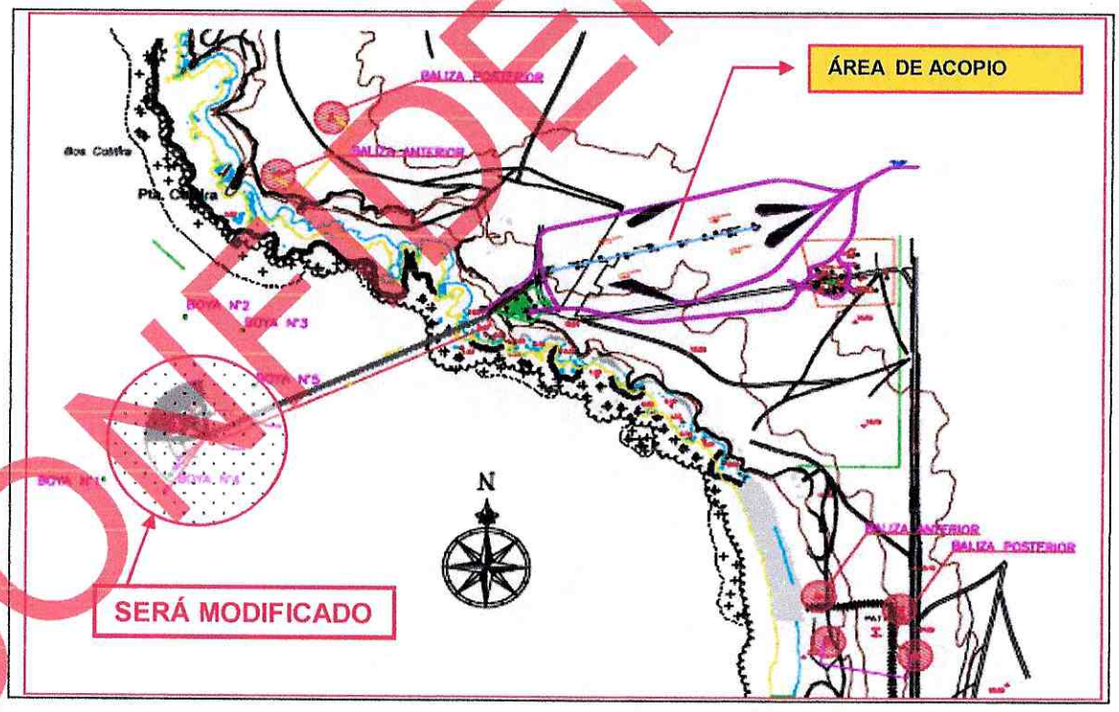
1.1.2.1 Descripción General de las Operaciones

El terminal está destinado a desarrollar faenas de porteo y embarque de diferentes tipos de sal a granel, con un sistema mecanizado que permitirá operar en horario diurno y nocturno.

Esta operación se inicia al vaciar la sal proveniente de una cancha de acopio a través de una tolva a una cinta transportadora, que consiste en una banda sintética que corre sobre un sistema de polines, montada sobre la estructura metálica de una galería o puente y que está provista de una cubierta de PVC para evitar su dispersión por efecto del viento, hasta llegar a un cargador de tipo abatible-telescópico, para embarcar el mineral en las bodegas del buque.

Se han destinado 4 zonas de acopio para el embarque de sal, que posteriormente será trasladado para su carguío por intermedio de un sistema de correas transportadoras encapsuladas, que corren sobre una galería metálica hasta una cinta final de traspaso al buque, hasta el buzón alimentador y desde allí a través de la cinta transportadora hacia el cargador radial

Figura N°1.8. Áreas de acopio minerales de sal.



El sistema de carga hacia las bodegas del buque, consiste en un sistema de cargador radial que se desplaza sobre rieles en el cabezo del muelle para posicionarse según la bodega de la nave que se desee cargar con mineral de sal, de acuerdo al plan de carguío que presente el Capitán.

CONFIDENCIAL

El cargador tendrá como rendimiento una capacidad máxima de 3.000 toneladas métricas por hora.

1.1.2.2 Otras instalaciones portuarias del sector

a) CALETA PATILLOS

En Caleta Patillos ubicada a 56 Km al Sur de Iquique existen actualmente 2 terminales marítimos perteneciendo a la empresa Salinas Punta de Lobos, Patillos 1 y Patillos 2, cuya posición geográfica se encuentra en el sector SE de la caleta para embarque de mineral sal en la siguiente posición geográfica:

Tabla 1.9: Coordenadas Terminales en Puerto Patillos.

PATILLO 1	PATILLO 2
Lat.: 20° 44' 43" S Long. : 070° 11' 28" W	Lat.: 20° 44' 47" S Long. : 070° 11' 30" W

Figura 1.8: Vista de terminales marítimos existentes en Caleta Patillos.



CONFIDENCIAL

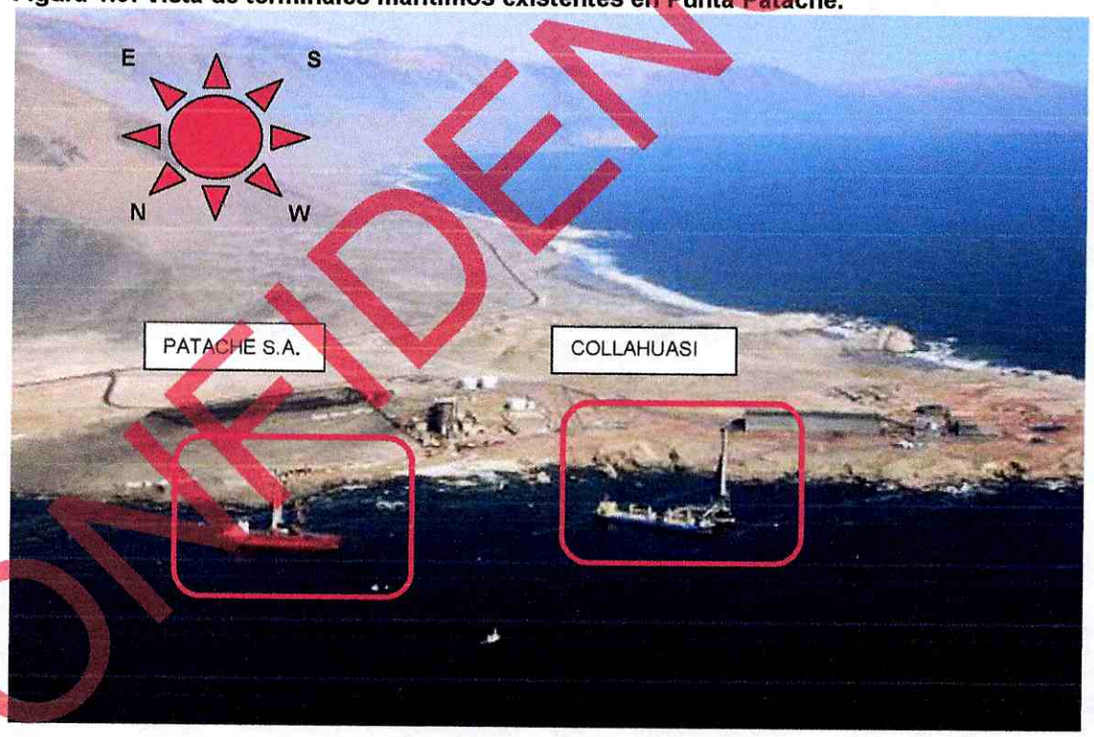
b) PUNTA PATACHE

Punta Patache ubicada a 61 Km al Sur de Iquique, se ubican actualmente 2 terminales marítimos: Terminal Marítimo Patache S.A. y Terminal Marítimo Collahuasi, ambos en el sector NE de Punta Patache, para embarque de mineral sal y descarga de carbón y ácido sulfúrico en la siguiente posición geográfica:

Tabla 1.10: Coordenadas Terminales en Puerto Patache.

PATACHE S.A.	COLLAHUASI
Lat.: 20° 48' 06" S Long. : 070° 11' 24" W	Lat.: 20° 48' 14" S Long. : 070° 11' 52" W

Figura 1.9: Vista de terminales marítimos existentes en Punta Patache.



CONFIDENCIAL

1.2. Naves Tipos

El proyecto Terminal Marítimo Punta Cotitira, contempla la utilización de las siguientes naves del tipo Bulk Carrier, cuyas características se indican en la siguiente tabla.

Tabla 1.11: Características de las nave tipo Bulk Carrier de diseño.

Tipo de nave	Unidad	1. Bulk Carrier	2. Bulk Carrier	3. Bulk Carrier
Características		Supramax	Panamax	Capesize
Nombre		TBN	TBN	TBN
Eslora total	[m]	195,0	220,0	290,0
Eslora Entrep.	[m]	185,0	210,0	276,0
Manga	[m]	29,0	32,3	44,0
Puntal Cubierta Ppal.	[m]	16,3	18,2	23,3
Calado en lastre	[m]	5,5	7,0	9,0
Calado máximo	[m]	11,5	12,8	17,5
Calado operacional	[m]	11,5	12,8	17,5
Deadweight	[t/m]	40.000	60.000	150.000
Desplazamiento máx.	[t/m]	50.000	74.000	179.000
Caserío Área Lateral	[m^2]	(11,2 – 21,0) 235,20	(18,40-20,45) 381,20	(24,2 – 27,5) 665,50
Caserío Área Transv.	[m^2]	29,0 – 21,0) 609,00	(20,45 – 32,3) 660,55	(27,5 – 24,2) 1.210,00

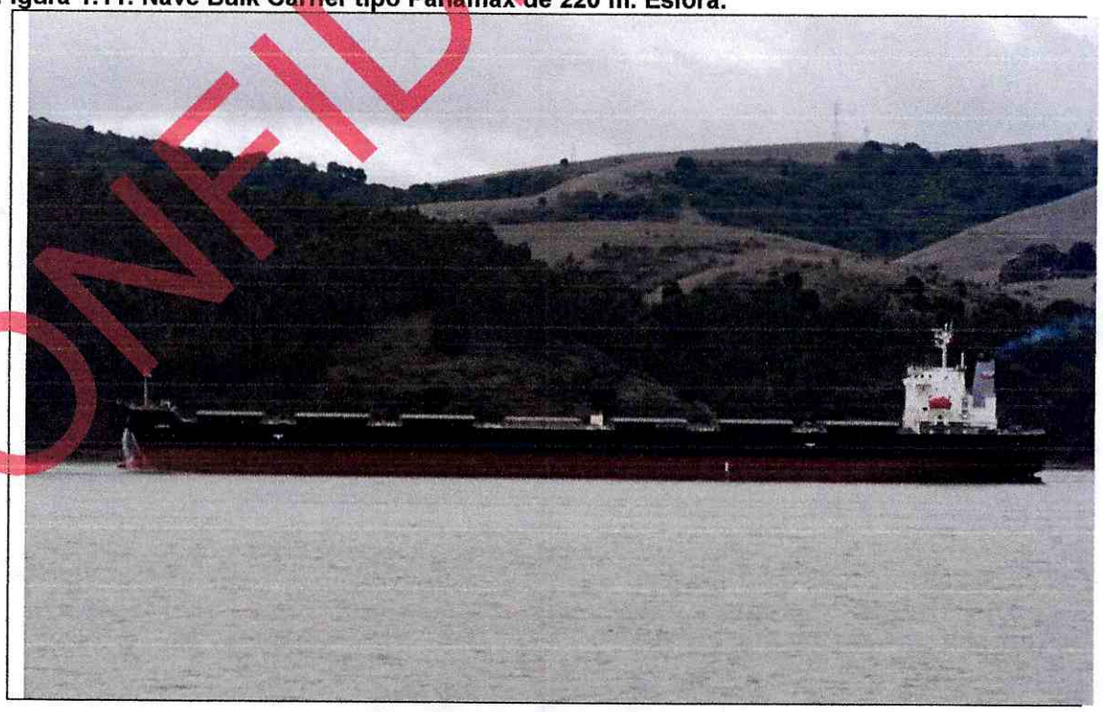
Fuente: Port Designer's Handbook y ROM 3.1-99

CONFIDENCIAL

Figura 1.10: Nave Bulk Carrier tipo Supramax de 195 m de Eslora.



Figura 1.11: Nave Bulk Carrier tipo Panamax de 220 m. Eslora.



CONFIDENCIAL

Figura 1.12: Nave Bulk Carrier tipo Capesize de 290 m. de eslora.



CONFIDENCIAL

2. CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA.

NOTA:
LOS INFORMES TÉCNICOS DE VIENTOS Y OCEANOGRÁFICOS SERÁN REACTUALIZADOS UNA VEZ EFECTUADOS ESTUDIO DE VIENTOS, CORRIENTES OLAS, MAREAS Y FONDO MARINO CON SU CORRESPONDIENTE VALOR SHOA.

Los informes técnicos de vientos, corrientes, oleaje, mareas y naturaleza del fondo marino sin valor SHOA, fueron desarrollados por la empresa SIRIUS Consultores Marítimos Ltda. el año 2008, para Eric Karstegl y Compañía Ltda. en el desarrollo de la Declaración de Impacto Ambiental, D.I.A.

Dado lo anterior, en el presente capítulo se incluye un resumen de los antecedentes relevantes y necesarios como información al informe técnico de maniobrabilidad. A su vez los informes principales han sido incluidos en la resolución de habilitación del Caleta Patillos, C. P. Patache Ord. N° 4910/1/VRS de fecha 22 de Agosto 2012.

2.1 VIENTOS

2.1.1 Lugar donde se efectuaron las mediciones de viento

Las mediciones de viento corresponden a registros del aeropuerto Internacional Diego Aracena, siendo la serie más larga de mediciones del 1995 y al 2005 y las de Punta Cotitira, correspondiente 10 días de mediciones en Octubre y Noviembre 2007.

2.1.2 Lugar correspondiente a los resultados del estudio vientos.

Las mediciones de viento se realizaron con una estación meteorológica Campbell instalada en las cercanías del sector de estudio. El instrumento fue programado para obtener datos de dirección y magnitud de la velocidad del viento cada treinta minutos, además se obtuvieron datos de rachas junto con la hora en la que ocurrieron. La estación meteorológica fue instalada el 30 de septiembre y se tomaron datos desde esta fecha hasta el 10 de octubre de 2007.

2.1.3 Breve descripción del régimen de vientos del lugar del emplazamiento.

El porcentaje de calmas es cercano al 16%, el rango con mayor frecuencia es entre 2-3 m/s con un 29%, seguido del rango de velocidad 0-1,0 m/s, con 26,5 % en tanto los rangos de velocidad mayores abarcaron un porcentaje inferior al 10%. La dirección más frecuente fue SE, seguida de la SSE. La dirección menos frecuente fue la WNW. Las direcciones más frecuentes en el rango de velocidad intermedio (1,0-2,0 m/s) fueron la dirección SE, así también las velocidades más altas presentaron una dirección predominante del SSE.

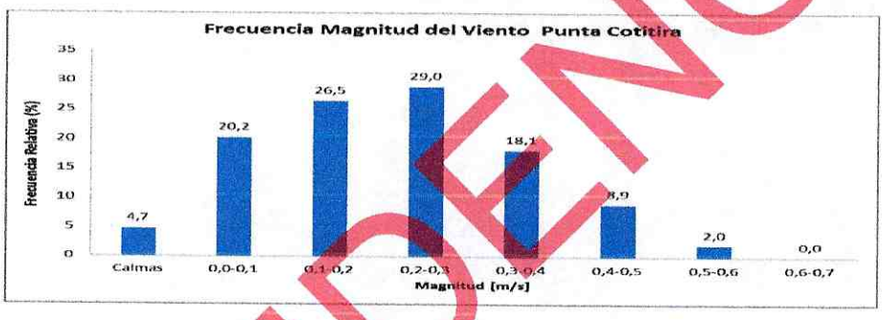
CONFIDENCIAL

Tabla 2.1: Frecuencia de incidencia de vientos.

Magnitud [m/s]	FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE VIENTOS DIRECCIONES																Total (%)
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
Calmas																	4,7
0,0-0,1	0	0,2	0,2	0,5	0,2	0,7	1,6	1,9	2,3	1,4	0,7	1,9	0,9	0	1,6	1,4	15,5
0,1-0,2	0,7	0,9	0	0	1,6	4,7	5,3	3	0,5	0,2	1,6	1,9	1,9	0	2,6	1,6	26,5
0,2-0,3	0,5	0,2	0	0	0,7	4,9	10	5,1	0,7	0,2	0,7	0,9	1,6	0	2,6	0,9	29,0
0,3-0,4	0,5	0	0	0	0	0,9	5,1	4,9	1,4	0,9	0	0	1,2	0	1,6	1,6	18,1
0,4-0,5	0,5	0,2	0	0,2	0	0	1,6	3,3	1,4	0,5	0	0	0	0	0,7	0,5	8,9
0,5-0,6	0	0	0	0	0	0	0,2	1,2	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0,2	2,0
0,6-0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	2,2	1,5	0,2	0,7	2,5	11,2	23,8	19,4	6,5	3,2	3,0	4,7	5,6	0,0	9,3	6,2	100
maximo	0,7	0,9	0,2	0,5	1,6	4,9	10,0	5,1	2,3	1,4	1,6	1,9	1,9	0,0	2,6	1,6	
Promedio	0,3	0,2	0,0	0,1	0,4	1,6	3,4	2,8	0,9	0,5	0,4	0,7	0,8	0,0	1,3	0,9	

Fuente: Resumen incidencia viento. informe Sirius Ltda Rev.1 Febrero 2008.

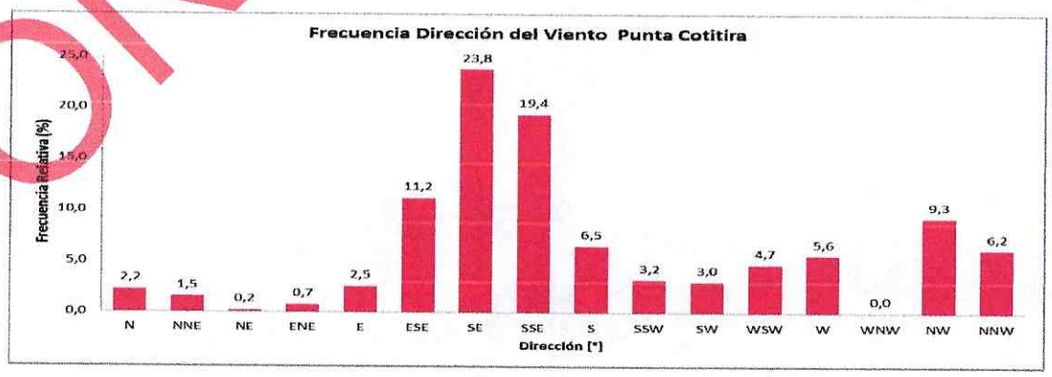
Figura 2.1: Frecuencia de magnitud del viento Punta Cotitira.



Fuente: Informe viento efectuado por Sirius Ltda Rev.1 Febrero 2008.

Figura 2.2: Frecuencia de dirección del viento Punta Cotitira.

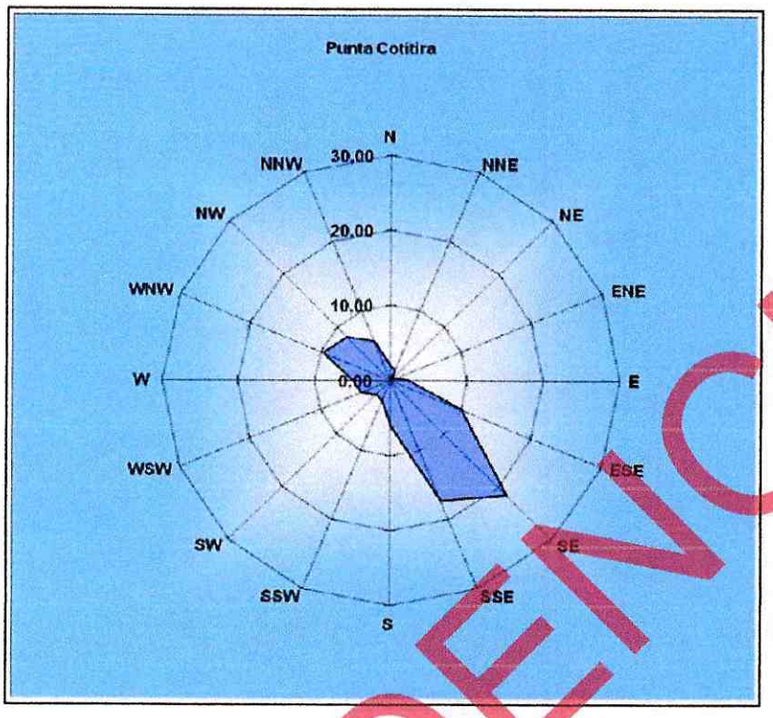
Fuente: Informe viento efectuado por Sirius Ltda Rev.1 Febrero 2008.



Fuente: Informe viento efectuado por Sirius Ltda Rev.1 Febrero 2008

CONFIDENCIAL

Figura 2.3: Diagrama de magnitud y dirección del viento Punta Cotitira.



Fuente: Informe viento efectuado por Sirius Ltda Rev.1 Febrero 2008.

El viento presenta su mayor frecuencia de ocurrencia en la dirección SE, con un porcentaje de 24.0%, seguida de las direcciones asociadas a esta, es decir SSE y ESE, con porcentajes de 19.3 y 11.2% respectivamente, el resto de las direcciones presentan porcentajes de ocurrencia menores a 10% cada uno. En cuanto a la intensidad del viento, el mayor porcentaje de ocurrencia se centra en las velocidades menores a 3m/s, siempre asociados a las direcciones más frecuentes mencionadas anteriormente. Los rangos de velocidad más altos, entre 5 y 6 m/s se encuentran asociados a la predominancia de las direcciones SSE, SE y S. En general se encuentran intensidades del viento relativamente bajas, siendo el porcentaje de calmas de un 4.7%

Tabla 2.2: Frecuencia incidencia viento.

MAGNITUD (M/S)	FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DEL VIENTO DIRECCIONES								TOTAL (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Total	2.2	0.2	2.5	23.9	6.5	3.0	5.6	9.3	100
Máximo (nudos)	0.7	0.2	1.6	10.0	2.3	1.6	1.9	2.6	
Promedio (nudos)	2.2	0.2	2.5	23.9	6.5	3.0	5.6	9.3	100

Fuente: Capítulo 2, Circular DGTM Y MM Ord. A – 31/002

CONFIDENCIAL

2.2 CORRIENTES

2.2.1 Lugar en el que se efectuaron las mediciones de corrientes

Las mediciones de corrientes se efectuaron en áreas colindantes de Punta Cotitira en el cual se instaló un correntómetro, el cual fue anclado entre los veriles de los 20 y 25 m registrando datos horarios de magnitud y dirección, en la zona adyacente al punto medio futuro Puerto Granelero Mecanizado.

2.2.2 Lugar al cual corresponden los resultados del estudio corrientes.

La campaña de medición se desarrolló en período de verano entre los días 30 de septiembre al 10 de octubre de 2007 y durante este período se mantuvo anclado un correntómetro en Punta Cotitira de la Empresa Eric Karstegl y Cia. Ltda, cuya posición de anclaje del correntómetro se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2.3. Coordenadas En Wgs-84, Huso 19

COORDENADAS EN WGS-84, HUSO 19		
ESTACIÓN	ESTE	NORTE
C 1	375653,6481	7707089,6077

2.2.3 Breve descripción del régimen de corrientes del lugar de emplazamiento de la instalación portuaria.

Resultados:

Tabla 2.4 Frecuencia de corrientes.

	0-2 cm/s	2-4 cm/s	4-6 cm/s	6-8 cm/s	Total
N	5,29	2,11	0,00	0,00	7,40
NNE	1,27	1,06	0,00	0,00	2,33
NE	3,17	3,38	0,00	0,00	6,55
ENE	1,69	3,17	0,00	0,00	4,86
E	3,17	1,48	0,00	0,00	4,65
ESE	2,11	0,63	0,00	0,00	2,75
SE	1,69	2,75	0,85	0,00	5,29
SSE	1,48	6,34	0,42	0,00	8,25
S	1,69	4,86	0,00	0,00	6,55
SSW	1,90	0,85	0,00	0,00	2,75
SW	1,69	0,00	0,00	0,00	1,69
WSW	8,03	0,00	0,00	0,00	8,03
W	8,88	0,00	0,00	0,00	8,88
WNW	12,90	0,21	0,00	0,00	13,11
NW	8,46	0,00	0,00	0,00	8,46
NNW	7,19	0,42	0,00	0,00	7,61
Calmas	1,69				1,69
Total	72,30	27,27	1,27	0,00	100,00

Elaboración Propia, en base a data de correntómetro sensor data 6000

CONFIDENCIAL

Figura 2.4: Frecuencia de magnitud de la corriente en Punta Cotitira.

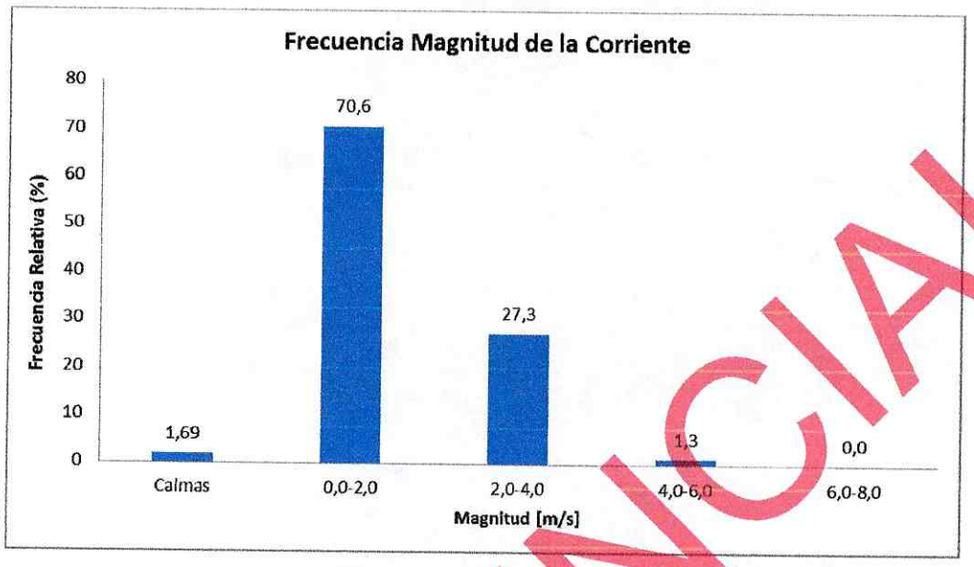
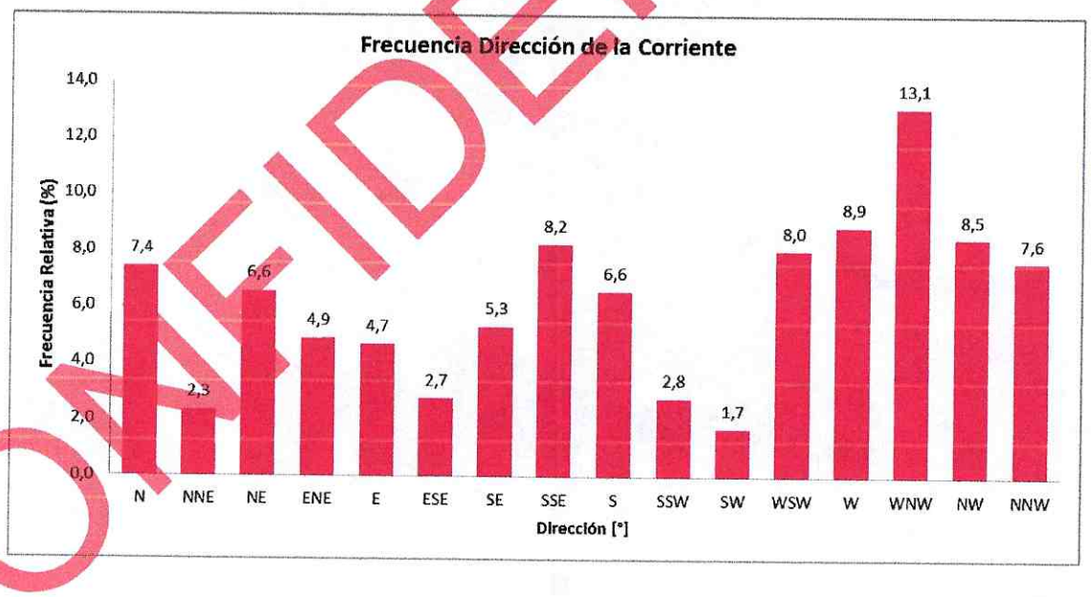


Figura 2.5: Frecuencia de dirección de la corriente en Punta Cotitira.



El análisis de frecuencia de dirección muestra una predominancia relativa de las direcciones asociadas al NW, es decir NW, NNW y WNW, lo que corresponde al cuarto cuadrante. En un segundo plano se encuentran las direcciones asociadas al SSE y luego al NE es decir al primer y segundo cuadrante. En general se aprecia una dispersión de los datos al no mostrarse un predominio absoluto en las frecuencias de una determinada dirección, la frecuencia más alta correspondiente a WNW alcanzó un 13.1% y de ahí el resto de las direcciones presenta un porcentaje de ocurrencia entre 2.3 y 8.8 %.

CONFIDENCIAL

En cuanto a la intensidad las velocidades más frecuentes están centradas en los rangos menores, hasta 4 cm/s. En general las velocidades registradas son bajas a moderadas. En el rango de 4 a 6 cm/s, se registran observaciones de corrientes hacia el SE y SSE.

2.3 OLEAJE

Lugar en el que se efectuaron las mediciones de olas
El estudio detallado del clima de olas fue realizado por Baird para Northport en el memorándum ME-001-BAIRD-NORTHPORT. De este estudio, se obtuvo el clima de oleaje en aguas someras en un punto representativo del terminal, coincidente con la ubicación del centro de masa del buque, en el nodo denominado N1.

2.3.1 Lugar al cual corresponden los resultados del estudio olas.

Tabla 2.5: Coordenadas del nodo N1.

Nodo	UTM		Profundidad (en modelo)
	Este	Norte	
N1	375,536	7,707,030	26 m

2.3.2 Breve descripción del régimen de olas del lugar de emplazamiento de la instalación portuaria. (COMPARAR Y ACTUALIZAR CON ESTUDIO DE BAIRD)

Los resultados de la transferencia del clima de olas operacional indica que el oleaje en aguas someras proviene mayoritariamente del SW, específicamente entre los 220° (41.5%) y 230° (43.7%), y un porcentaje menor (9.3%) que proviene desde la dirección 240°. Los períodos presentan un rango de aparición que abarca desde los 8 s hasta los 20 s (98.8%).

En relación con las alturas significativas (Hmo) del oleaje operacional, se observa que el 90% del tiempo la altura de la ola es superior a 1,0 m. De modo de validar el proceso de hindcast y transferencia de oleaje, los datos resultantes en el nodo fueron cotejados con registros de oleaje direccional efectuados entre el 10 de agosto y el 11 de Septiembre del año 2014.

Las comparaciones estadísticas realizadas entre las mediciones y los datos de oleaje resultantes del Hindcast fueron satisfactorias.

De modo de estimar los eventos de diseño, se realizó una partición espectral multimodal del nodo Iquique en aguas profundas, identificando tres sistemas de oleaje importantes, los cuales corresponden a un sistema Swell remoto SW, un sistema Swell cercano SW y otro sistema Swell remoto NW. A partir de los eventos seleccionados se extrapolaron las alturas de olas de diseño, las cuales fueron transferidas espectralmente hacia la zona de estudio.

CONFIDENCIAL

Se definieron las alturas de olas asociadas a los 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de período de retorno y para diversos límites de confianza. Para efectos de diseño de estructuras, se recomienda que se adopte valores entre la altura de ola asociada con los 50 años de período de retorno (50% de probabilidad de excedencia) y el límite superior de la altura de olas asociada con los 100 años de período de retorno (2.5 % de probabilidad de excedencia). La selección final dependerá de la naturaleza y el tipo de estructura que se diseñará, y del tipo de riesgo que se quiera asumir.

Luego de la trasferencia de oleaje extremo hacia aguas someras, se tiene que la ola de diseño para el caso Swell remoto SW es igual a 4.9 m con una dirección incidente de 239°. Así mismo, para el sistema Swell cercano SW la ola es de 3 m con una dirección 228°, mientras que el sistema de oleaje Swell remoto NW presenta una altura de 1.7 m con una dirección de 279° para el mismo punto.

2.4 MAREAS

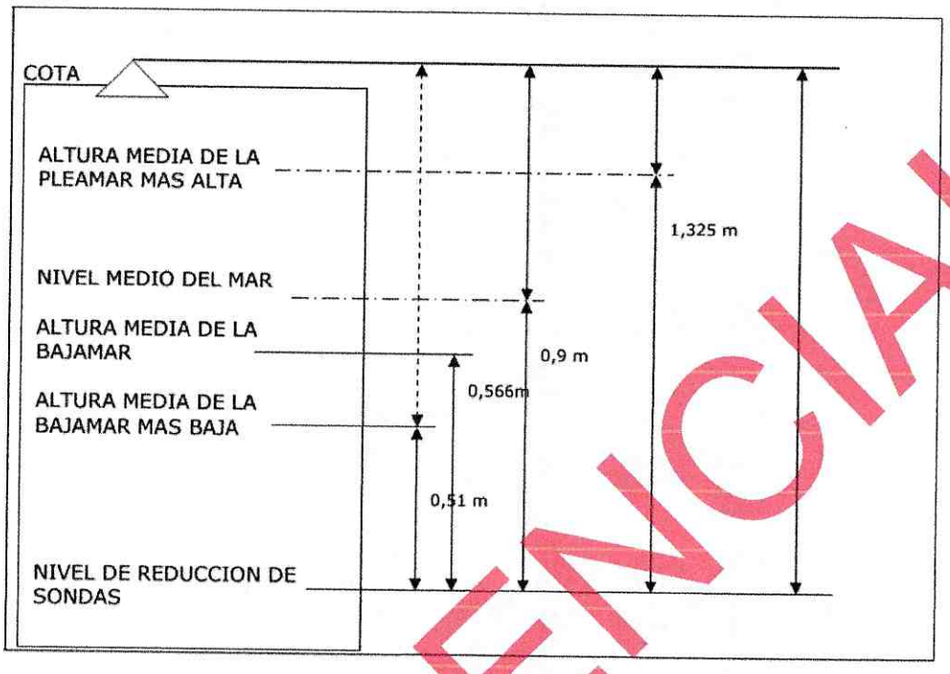
2.4.1 Breve descripción del régimen de mareas del lugar de emplazamiento de la instalación portuaria, indicando alturas máximas y mínimas en sicigias

Entre el 30 de septiembre y el 10 de octubre de 2007 se llevaron a cabo observaciones de marea en Punta Cotitira, Iquique, utilizando para ello un mareógrafo de registro continuo marca Valeport.

Los principales planos de marea muestran un bajo rango de la misma, ya que la Altura Media de la Pleamar más alta alcanza un valor de 1,325 m, en tanto que la Altura Media de la Bajamar más baja alcanza los 0,510 m, es decir existe un rango de variación entre estos valores de 0,815 m. El Nivel Medio del Mar para este periodo de observación fue de 0,9 m sobre el nivel de reducción de sonda. El régimen de marea en Punta Cotitira es del tipo semidiurno mixto; se presentan dos bajamares y dos pleamares en un lapso aproximado de 1 día, con un periodo del orden de 12 horas.

CONFIDENCIAL

Figura 2.6: Mareas Punta Cotitira.



Fuente: Capítulo 2, Circular DGTM Y MM Ord. A – 31/002

2.5 BATIMETRÍA

Efectuado por empresa SIRIUS Consultores Marítimos Ltda. El presente estudio, tanto en su fase de terreno como en la de procesamiento, se realizó según lo exige el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (S.H.O.A.), mediante las Instrucciones Hidrográficas N°5 S.H.O.A. Pub. 3105 _ "Especificaciones técnicas para la realización de sondajes de precisión"_, e Instrucciones Hidrográficas Nº9 S.H.OA. Pub. 3109 _ "Especificaciones técnicas para el empleo y aplicación de tecnología G.P.S. en trabajos geodésicos, hidrográficos y topográficos".

El área del sondaje batimétrico comprende una zona de prospección que abarca una superficie de 27,0 Há. aproximadas. La batimetría fue posicionada mediante receptores satelitales (Equipos G.P.S. diferenciales), Marca _STEC, Modelo ProMark 2.

2.6 FONDO MARINO

El muestreo de sedimentos se realizó en forma paralela al de comunidades bentónicas submareales. Para este fin las muestras se obtuvieron en cada estación con una draga tipo Van-Veen de 0,1 m de mordida. Cada muestra de aproximadamente 300 g fue almacenada en frascos plásticos y mantenidas a temperatura < 4°C y transportadas a laboratorio para su análisis.

CONFIDENCIAL

La siguiente tabla contiene los resultados del análisis granulométrico. En el presente monitoreo, el porcentaje de arena total, asociados a las estaciones C-1, C-4 y C-5, fue superior al 50%. La fracción de sedimento dominante correspondió a arena muy fina, limo y arcilla, donde los valores porcentuales de ambas fracciones dieron cuenta del 51% y 61%, en las estaciones C-4 y C-5, respectivamente.

Tabla 2.6: Características suelo fondo marino

MALLA	4	8	16	30	50	100	200	<2 00
mm	2	0,84	0,42	0,25	0,177	0,125	0,074	0,,074
	Gránulo	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina	Limo	Arcilla
	%	%	%	%	%	%	%	%
C . 1	35,74	20,59	31,53	11,79*	0,32	0,03	0	0
C . 4	0	0,03	0,25	1,87	6,02	51,67	39,55	0,62
C - 5	0	0	0,16	0,73	4,32	61,34	32,84	0,61

CONFIDENCIAL

3. CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DE LA CONDICIÓN LÍMITE PARA LA EJECUCIÓN DE LA MANIOBRA

Se ha tomado en consideración la ubicación y orientación geográfica del Terminal Marítimo de Punta Cotitira en el sector Norte de la Caleta Patillos, con el propósito de determinar la acción y efectos del viento, corriente y oleaje que interactúan sobre las naves en sus maniobras, basado en los estudios de vientos y oceanográficos efectuados por la Empresa Sirius Ltda. y Baird Ltda.

Para este efecto, se han utilizado las recomendaciones establecidas en el manual español ROM 3.1-99 "Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos, Canales de accesos y Áreas de Flotación", capítulo 8, párrafo 8.4.2. (Pág. 251) aplicando la norma de seguridad de efectuar la aproximación paralela al frente de atraque para evitar accidente en caso de pérdida de control de la nave, especialmente la nave tipo Capesize de 290 m. de eslora y párrafo 8.10.5 (Pág. 339) "Condiciones límites de operación", basados en los estudios de viento y oceanográficos presentados en el capítulo anterior.

Por otra parte se ha tomado como referencia la Resolución C.P. PAT Ord. N° 49100/1/VRS de fecha 22 de Agosto 2012, en la cual se establecen las condiciones límites de operatividad, tanto diurnas como nocturnas, de las naves que operan en los terminales mecanizados de Patillo 1 y Patillo 2

En conclusión, para efecto de seguridad de las condiciones límites para la ejecución de maniobras de atraque y desatraque el terminal Marítmo de Punta Cotitira, corresponden a un máximo de viento equivalente a 15 nudos (7,71 m/s) **(POR CONFIRMAR)** de cualquier dirección, olas no mayor de 1,5 m. **(POR CONFIRMAR)** de altura y corriente máxima de 0,3 nudos en dirección Nor - Weste.

Para la condición de permanencia los límites de seguridad atracado a los duques de alba corresponden a vientos de 20 nudos, (10,28 m/s), de cualquier dirección olas no mayor de 2,0 m. de altura y corriente máxima de 0,4 nudos en dirección Nor- Weste.

Si durante el período de permanencia en el terminal el capitán considera no segura la nave atracada a los duques de alba por efecto del oleaje, se mantendrá la nave separado de éstos en una distancia de alrededor de 5,0 m.

Los antecedentes indicados anteriormente se exponen en los siguientes cuadros:

Tabla 3.1: Límites operacionales diurno y nocturno en el frente de atraque.

NAVE TIPO: BULK CARRIER DE 195 m. a 290 m. DE ESLORA				
Maniobra	Viento		Altura de la Ola del lugar metros	Corriente Dirección NW Intensidad nudos
	Dirección	Velocidad (m/seg)		
Atraque	Todas	7,71	**1,5** (por confirmar)	0,30
Desatraque	Todas	7,71	**1,5** (por confirmar)	0,30

CONFIDENCIAL

Tabla 3.2: Límites permanencia diurno y nocturno en el frente de atraque.

NAVE TIPO: BULK CARRIER DE 195 a 220 m. ESLORA				
Maniobra	Viento		Altura de la Ola del lugar metros	Corriente Dirección NW Intensidad nudos
	Dirección	Velocidad (m/seg)		
Corrida	Todas	7,71	1,5	0,30
Permanencia	Todas	10,28	2,0	0,40

4. CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE REMOLCADORES

4.1 Generalidades

Para los efectos de la acción de vientos, corriente y oleaje, se ha considerado como medida de seguridad la potencia necesaria de tiro (bollard pull) de remolcadores tipo ASD que operan actualmente en el área de Iquique y se ha tomado la nave de mayor diseño en su máxima carga tipo Bulkcarrier de 290 m. de eslora para operar en el terminal marítimo de Punta Cotitira, Caleta Patillos.

Considerando las características de este tipo de nave para el desarrollo de las maniobras de atraque/amarre/desatraque/desamarre y salida del terminal los parámetros de viento y oleaje, la condición orográfica del área y las corrientes máximas conforme a la determinación de la condición de operación límite para el terminal expuesta en el capítulo anterior, y lo dispuesto en la Circular D.G.T.M. Y M.M. ORD Nº A-31/002 de fecha 2 de octubre de 2012, se establece la necesidad de contar para la maniobra de atraque con la asistencia de dos remolcadores tipo ASD de una capacidad de 30.0 toneladas de tiro cada uno.

Para estos efectos el cálculo de bollard pull se han utilizado las recomendaciones de las normas españolas ROM 3.1-99.

Como medida de seguridad se ha considerado las condiciones de la nave tipo Capesize en la incorporación del cálculo para establecer si con ellas el requerimiento de la capacidad de tiro de los remolcadores es la condición más exigente.

Al margen de lo anterior, la condición corresponde a la nave de mayor porte en máxima carga, a la que se ha aplicado un factor de seguridad de 1,25.

La acción conjunta de factores que afectan la operatividad de cada una de las naves de diseño contemplan:

- Presión frontal y lateral del viento según el ángulo de incidencia sobre el buque
- Presión frontal y lateral de la corriente según el ángulo de incidencia sobre el buque
- Fuerza de fricción de la corriente sobre el buque.
- Fuerza de las olas actuando sobre el buque

CONFIDENCIAL

Los diversos cálculos de bollard pull requerido para la nave tipo de 290 m. de eslora, se encuentran contenido en el Anexo "A" para lo cual se han considerado los parámetros de viento máximos de 15 nudos y oleaje de una altura de 1.5 m. de la condición de operación límite y corriente máxima de 0,4 nudos de dirección general NW.

En los cuadros que se muestran a continuación, se encuentran los resúmenes de las potencias y la cantidad de remolcadores requeridos para la maniobra de atraque y desatraque, corrida de la nave de diseño considerada.

4.2 Cálculo de Bollard Pull para maniobras de Aproximación, Atraque y Desatraque al terminal de Punta Cotitira.

4.2.1 Maniobra de aproximación y atraque Nave Bulk Carrier de 290 metros de eslora

Tabla 4.1: Requerimiento remolcador maniobra aprox. y atraque.

POTENCIA REQUERIDA CON UN REMOLCADOR (ROM 3.1-99).						
COMBINACIONES DE FUERZAS			Fuerza Resultante Transversal		Fuerza Resultante Longitudinal	
VIENTO [m/s]	CORRIENTE [m/s]	OLAS [m]	FACTOR DE SEGURIDAD 1.25 %		FACTOR DE SEGURIDAD 1.25 %	
7.72	0,15440	1,5	Nave en carga [t]	Nave en lastre [t]	Nave en carga [t]	Nave en lastre [t]
N	NW	N	**46,38**	**44,75**	**9,49**	**1,45**
NE	NW	NE	**29,07**	**28,21**	**5,24**	**4,03**
E	NW	E	**51,45**	**48,99**	**7,71**	**0,15**
SE	NW	SE	**31,29**	**-0,49**	**-11,04**	**-9,25**
S	NW	S	**24,58**	**10,24**	**-10,68**	**-3,59**
SW	NW	SW	**26,28**	**23,14**	**-3,12**	**0,15**
W	NW	W	**25,91**	**6,91**	**-12,22**	**-4,66**
NW	NW	NW	**60,42**	**57,64**	**-6,62**	**-7,23**

CONFIDENCIAL

4.2.2 Maniobra de desatraque y salida Nave Bulk Carrier de 290 metros de eslora

Tabla 4.2: Requerimiento remolcador maniobra desatraque y salida Terminal.

POTENCIA REQUERIDA CON UN REMOLCADOR (ROM 3.1-99).						
COMBINACIONES DE FUERZAS			Fuerza Resultante Transversal		Fuerza Resultante Longitudinal	
VIENTO [m/s]	CORRIENTE [m/s]	OLAS [m]	FACTOR DE SEGURIDAD 1.25 %		FACTOR DE SEGURIDAD 1.25 %	
7.72	0,15440	1,5	Nave en carga [t]	Nave en lastre [t]	Nave en carga [t]	Nave en lastre [t]
N	NW	**N**	**-2,56**	**-15,18**	**3,27**	**8,36**
NE	NW	**NE**	**-0,92**	**-2,62**	**19,15**	**16,03**
E	NW	**E**	**0,39**	**-19,55**	**20,55**	**11,89**
SE	NW	**SE**	**29,87**	**31,38**	**3,34**	**2,79**
S	NW	**S**	**13,83**	**16,98**	**3,83**	**8,47**
SW	NW	**SW**	**1,26**	**2,36**	**11,01**	**12,14**
W	NW	**W**	**18,35**	**21,25**	**2,49**	**7,44**
NW	NW	**NW**	**2,19**	**-26,51**	**7,35**	**4,73**

4.2.3 Maniobra de corrida de la Nave Bulk Carrier de 290 metros de eslora

Tabla 4.3: Requerimiento remolcador maniobra corrida de la nave.

POTENCIA REQUERIDA CON UN REMOLCADOR (ROM 3.1-99).						
COMBINACIONES DE FUERZAS			Fuerza Resultante Transversal		Fuerza Resultante Longitudinal	
VIENTO [m/s]	CORRIENTE [m/s]	OLAS [m]	FACTOR DE SEGURIDAD 1.25 %		FACTOR DE SEGURIDAD 1.25 %	
7.72	0,15440	1,5	Nave en carga [t]	Nave en lastre [t]	Nave en carga [t]	Nave en lastre [t]
N	NW	**N**	**-3,52**	**-16,17**	**0,82**	**7,07**
NE	NW	**NE**	**-0,87**	**-2,45**	**13,69**	**12,08**
E	NW	**E**	**0,08**	**-18,96**	**15,25**	**8,47**
SE	NW	**SE**	**30,01**	**31,46**	**0,10**	**1,19**
S	NW	**S**	**14,70**	**17,82**	**0,37**	**7,01**
SW	NW	**SW**	**1,35**	**2,53**	**8,20**	**11,20**
W	NW	**W**	**19,31**	**22,03**	**-1,02**	**5,89**
NW	NW	**NW**	**2,08**	**-26,40**	**2,91**	**1,63**

CONFIDENCIAL

Del resultado de los Cálculos de Bollard Pull se determina lo siguiente:

1.- Maniobra de aproximación al terminal y atraque por babor al terminal.
Navegando la nave en su aproximación al 040° verdadero, reviro y atraque el mayor bollard pull de es de 60,42 toneladas de tiro y está determinado por viento del NW de 15 nudos, corriente del NW de 0,4 m/s y oleaje del NW de 1,5 m. de altura Dado lo anterior el requerimiento mínimo es de dos (2) remolcadores ASD de 30,20 toneladas de tiro cada uno.

2.- Maniobra de desatraque y salida del terminal.
La maniobra desarrollada con proa hacia el 220° verdadero, el mayor bollard pull es de 29,87 toneladas de tiro y está determinado por viento de SE de 15 nudos, corriente del NW de 0,4 m/s y oleaje del SE de 1,5 m. de altura. Dado lo anterior el requerimiento mínimo es de dos remolcadores ASD de 15 toneladas de tiro cada uno.

3.- Maniobra de corrida de la nave
En general el desplazamiento para el embarque de las bodegas extremas, 1 y 9 de la nave de 290 m de eslora es de aproximadamente de 50 m. tanto a proa como a popa, (ver figura 5.1página 34) luego la máxima fuerza que interactúa sobre la nave es de 22,03 toneladas. Dado lo anterior se requiere la asistencia de un (1) remolcador ASD para esta maniobra.de 11,0 toneladas de tiro.

5. CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE LA MANIOBRA

5.1 Nave Bulk Carrier Tipo Capesize de 290 metros de eslora.

5.1.1 Descripción de la aproximación al área de atraque y señalización marítima

En conformidad a lo dispuesto por el Reglamento de Practicaje y Pilotaje de la D.G.T.M. Y M.M. se embarcan dos prácticos en la zona de espera de prácticos o en el área de fondeo. El práctico N° 1 tomará el control de la maniobra, mientras que el N° 2 asistirá al primero en los requerimientos de éste.

Embarcados dos prácticos a bordo de la nave, en la zona de espera de prácticos o en el área de fondeo, el práctico N° 1 tomará el control de la maniobra, mientras que el N° 2 asistirá al primero en los requerimientos de éste.

El acceso al terminal se tomará como referencia la enfilación de aproximación orientada al 040° verdadero, ubicada ésta en el sector Norte de Punta Cotitira, y la enfilación posterior por un triángulo invertido de similares características a la anterior, tal como lo indica la Figura 1.7.

CONFIDENCIAL

A instrucciones del práctico N° 1 se inicia la aproximación al terminal a una velocidad que le permita el control de la navegación (Aprox. 2 a 3 nudos) y se procederá a alistar el ancla de estribor a la pendura mientras que el ancla de babor se encontrará lista para fondearla en caso de emergencia.

El acceso al terminal se tomará como referencia la enfilación de aproximación orientada al 040° verdadero, ubicada ésta en el sector Norte de Punta Cotitira, compuesta la enfilación anterior por un Poste metálico de color blanco con franjas horizontales de color rojo; en su parte superior, un triangulo equilátero de 3.5 m de lado, de color blanco, con franja estándar de color rojo en su centro y la enfilación posterior por un triángulo invertido de similares características a la anterior, tal como lo indica la Figura 1.7.

Ambas disponen de una señal luminosa blanca de 60 destellos por minuto para las maniobras nocturnas.

Con la asistencia de 2 remolcadores tipo ASD se desplazarán hacia la nave y posteriormente navegarán en las proximidades de ésta ubicándose ambos en posición de carnereo por la banda de estribor, el primero por la amura de proa y el segundo por la aleta de popa y a instrucciones del práctico pasarán sus propios cabos por las gateras por dichos sectores los que se encapillarán en las bitas de la nave y navegarán junto a ésta sin interferir en su desplazamiento.

Próximo a la enfilación de fondeo orientada desde el puente de mando al 110° verdadero y avistada en horas nocturnas por una luz fija de color Roja, se parará la máquina y se detendrá la viada dando máquina atrás y los remolcadores se pondrán en posición de fondeo.

Para establecer una mayor precisión del punto de fondeo, se instruirá a la lancha de amarre de proa ubicarse en la enfilación de fondeo correspondiente informando vía VHF la aproximación al punto de fondeo.

Para mayor información, ver plano N° 2 de maniobra en Anexo "M".

5.1.2 Descripción de la maniobra de fondeo y número de paños a fondear.

Al avistamiento de la enfilación de fondeo, se fondeará el ancla de estribor hasta 4 paños en el agua y posteriormente se hará firme para apoyar a la maniobra de reviro.

5.1.3 Descripción de la maniobra de atraque/amarre terminal

Encontrándose los remolcadores en su posición de maniobra, se procederá a revirar la nave en condición de torque, el remolcador de proa dando máquinas atrás, mientras que el remolcador de popa lo efectuará dando máquinas avante. La aplicación de la potencia de cada remolcador será determinada por el práctico de acuerdo a su experiencia y condiciones operativas de la nave en lastre.

CONFIDENCIAL

Una vez revirada la nave quedando la proa orientada al 220° verdadero, paralelo al frente de atraque, la nave será desplazada hacia el frente de atraque a través de los remolcadores ubicados en posición de camereo en la amura y aleta de estribor a una velocidad transversal y aproximación de 0,50 a 0,80 m/s. Durante el desplazamiento de la nave se procederá a estirar al máximo el seno de la cadena de estribor y una vez que ésta comience a llamar se lascará en forma moderada de modo que siempre llame levemente por la amura de estribor.

En una distancia aproximada de 50 a 60 metros del frente de atraque, con la asistencia de los remolcadores se detendrá la viada de la nave y a través de las lanchas de amarre se pasarán a proa primeramente tres (3) largos por las gateras de proa la que se encapillará en el gancho de la Boya N°1 y posteriormente se pasarán por una gatera de babor dos (2) través las que se encapillarán en el gancho de amarre de la boya de N° 4, ubicada en el sector Sur interior. Ambas espías se virarán solamente sus senos de acuerdo instrucciones del puente de mando

La lancha de amarre que asiste a la maniobra de popa pasará primeramente tres (3) largos por una gatera de estribor las que se encapillarán en el gancho en la Boya N° 2, siendo posteriormente hechas levemente firmes en las bitas de la nave, las que se arrearán sobre mano en su avance hacia el terminal.

Posteriormente se pasarán dos (2) largos por las gateras de popa las que se encapillarán el gancho en la Boya N° 3. Finalmente, se pasarán por una gatera de babor dos (2) través los que se encapillarán en el gancho de amarre de la boya N° 5, ubicada en el sector Norte interior del frente de atraque.

En las condiciones anteriormente señaladas, con la asistencia de los remolcadores procederán atracar la nave en los duques de alba. Es necesario establecer como medida de seguridad que si el capitán estima necesario permanecer desatracado de los duques de alba, la nave permanecerá del frente de atraque una distancia de 5,0 m., siendo factible esta condición de carguío dado el radio de acción del cargador radial.

Los remolcadores ubicados en posición de camereo, durante la aproximación al frente de atraque, comenzarán a desplazarse lentamente a una velocidad a 0,10 m/s hacia el cabezo del terminal.

Durante la maniobra de atraque se virarán los largos (2) pasadas a las boya N° 1 y boya N° 3 respectivamente ubicadas en las cabezas de los winches y se irán cobrando solamente sus respectivos senos sin que éstas comiencen a trabajar, mientras que la cadena y los largos (3) de la boya N° 2 se lascarán en forma controlada de modo que queden siempre con un leve seno para controlar la separación de la nave con respecto al frente de atraque.

Una vez que el eje longitudinal la nave se oriente en la dirección de las boyas N° 1 y N° 3, los largos de proa y popa se harán firmes en las bitas respectivas. Se virarán los través de proa y popa de modo que se controle el efecto transversal de la nave.

CONFIDENCIAL

Una vez atracada la nave en su posición final establecida por el operador del terminal, ya sea atracada sobre las defensas de los duques de alba o separada 5 metros del cabezo, se reforzarán las amarras pasando a través de la lanchas de amarre, tanto a proa como a popa, un (1) través a las boyas de amarre N° 4 y 5, como en la indica en l figura 5.1.

La cadena quedará finalmente con alrededor de 7 a 7.5 paños en el agua, llamando en dirección del ancla.

El práctico recomendará al capitán de acuerdo a las condiciones de tiempo, especialmente oleaje, pasar mayor cantidad de espías a las boyas si es necesario.

Figura 5.1: Diagrama y elementos de amarre, nave 290 m. eslora. (SE MODIFICARÁ).



CONFIDENCIAL

Finalmente como norma de seguridad, dicho Terminal en consideración a las condiciones climáticas de viento, está programado con siguientes elementos de amarre como se indica:

Tabla 5.1: Amarras sector proa, nave 290 m. eslora

SECTOR DE PROA	Longitud
3 Largos al gancho de la boya N° 1	100 m.
3 Través a los ganchos de la boya N° 4	93 m.
7.0 a 7.5 paños de cadena ancla de estribor	192.5 /206 m.

Tabla 5.2: Amarras sector popa, nave 290 m. eslora

SECTOR DE POPA	Longitud
3 largos al gancho de la boya N° 2	118 m.
2 largos al gancho de la boya N° 3	99 m.
3 Través a gancho de la boya N° 5	96 m.

5.1.4 Descripción de la maniobra de desatraque/desamarre terminal

Encontrándose la nave lista para zarpar con su máquina operativa en un 100%, disponiendo de la asistencia de apoyo de dos remolcadores tipo ASD, los que asistirán al buque en el sector de estribor en proa y popa, ambos en posición de carnereo, pasando sus propios cabos.

Durante el proceso de alivianar las espías los remolcadores mantendrán la nave separada de los duques de alba y paralelo al frente de atraque, de modo que no implique riesgos en mantener claro y seguro la proa y la popa del Terminal.

Para efecto del procedimiento de alivianar las espías pasadas a las boyas del Terminal se largarán éstas en la siguiente orden:

1. Se largan a proa y a popa todos los través de las boyas de amarre N° 4 y 5, las que se virarán hasta quedar claro en cubierta.
2. Se vira la cadena de estribor hasta que ésta comience a llamar fuertemente en dirección del ancla y simultáneamente los largos de la boyas N° 2 se ubican en los winches y se viran ambos senos.
3. Se largan todos los largos de las boyas 1 y 3 correspondientes a proa y popa, las que se virarán hasta quedar claro en cubierta.

A medida que la nave se separa del Terminal con la asistencia de los remolcadores de acuerdo instrucciones del práctico, se comenzará a virar la cadena y los largos de la boya N° 2.

En una distancia que la popa se encuentre próximo a la boya N° 2, se largarán los largos los que se virarán rápidamente, para mantener clara la hélice. Una vez que

CONFIDENCIAL

asome el segundo paño en cubierta, se largarán los remolcadores y se reubicarán de acuerdo instrucciones del práctico.

Una vez que el ancla asome arriba clara a indicaciones del práctico gobernará al 220° verdadero, hasta dejar claro la boya N° 1 por babor, teniendo como referencia la enfilación "B" y posteriormente gobernará hacia babor con la asistencia de un remolcador a popa si es necesario hasta que la proa demarque el 159° verdadero en demanda de la estación de práctico donde posteriormente se desembarcará. Los remolcadores asistirán a la nave en caso de emergencia hasta el desembarco del práctico.

5.1.5 Planos de Maniobrabilidad.

Se adjuntan los siguientes planos:

Plano N° 1.- Características Generales Nave Diseño.
Plano N° 2.- Plan de aproximación y atraque al terminal.
Plano N° 3.- Plan de desatraque y salida de terminal.
Plano N° 4.- Esquema de amarre en el Terminal.

5.2 Nave Bulk Carrier Tipo Panamax de 220 metros de eslora.

En general el plan de maniobrabilidad de la nave Bulk Carrier tipo Panamax de 220 m. de eslora en su maniobra de aproximación, atraque, desatraque y salida del terminal, es similar a la nave Bulk Carrier tipo Capesize de 290 m de eslora, indicada en los párrafos 5.11 – 5.1.2 – 5.1.3 y 5.1.4 (Pág. 31 – 35) diferenciándose de la anterior sólo en el punto de fondeo del ancla de estribor que está identificada como una segunda enfilación "B" y compuesta como se indica y se describe en Tabla 1.8 anterior, orientada desde el puente de mando al 110° verdadero y avistada en horas nocturnas por una luz fija de color verde.

Para mayor información, ver plano N° 6 de maniobra en Anexo "M".

Finalmente, como norma de seguridad en dicho Terminal en consideración a las condiciones climáticas de viento, está programado con siguientes elementos de amarre como se indica.

Tabla 5.3: Amarras sector proa, nave 220 m. eslora

SECTOR DE PROA	Longitud
2 Largos al gancho de la boya N° 1	128 m.
3 Través al gancho de la boya N° 4	95 m.
7.0 a 7.5 paños de cadena ancla de estribor	192.5 /206 m.

Tabla 5.4: Amarras sector popa, nave 220 m. eslora

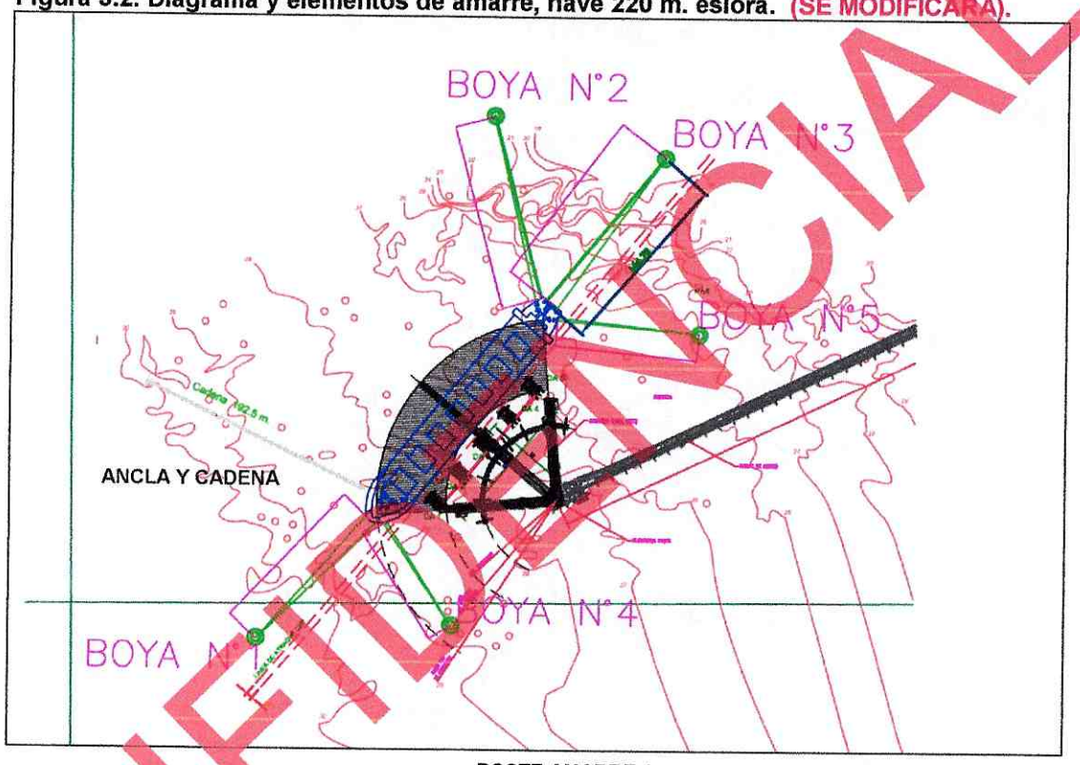
SECTOR DE POPA	Longitud
2 largos al gancho de la boya N° 2	146 m.
2 largos al gancho de la boya N° 3	144 m.
3 Través al gancho de la boya N° 5	110 m.

CONFIDENCIAL

Se adjuntan los siguientes planos de maniobrabilidad:

Plano N° 5.- Características Generales Nave Diseño.
Plano N° 6.- Plan de aproximación y atraque al terminal.
Plano N° 7.- Plan de desatraque y salida de terminal.
Plano N° 8.- Esquema de amarre en el terminal.

Figura 5.2. Diagrama y elementos de amarre, nave 220 m. eslora. (SE MODIFICARÁ).



5.3 Nave Bulk Carrier Tipo Supramax de 195 metros de eslora.

En general el plan de maniobra de la nave de 195 m. de eslora en su maniobra de aproximación, atraque, desatraque y salida del terminal, es similar a la nave de 290 m de eslora, indicada en los párrafos 5.11 – 5.1.2 – 5.1.3 y 5.1.4 (Pág. 31 – 35) diferenciándose de la anterior sólo en el punto de fondeo del ancla de estribor que está identificada como una segunda enfilación "B" como se describe en Tabla 1.8 anterior, orientada desde el puente de mando al 110° verdadero y avistada en horas nocturnas por una luz fija de color verde.

En general el plan de maniobrabilidad de la nave Bulk Carrier tipo Supramax de 195 m. de eslora en su maniobra de aproximación, atraque, desatraque y salida del terminal, es similar a la nave Bulk Carrier tipo Capesize de 290 m de eslora, indicada en los párrafos 5.11 – 5.1.2 – 5.1.3 y 5.1.4 (Pág. 31 – 35) diferenciándose de la anterior sólo en el punto de fondeo del ancla de estribor que está identificada como una segunda enfilación "B" y compuesta como se indica:

CONFIDENCIAL

Poste metálico de color blanco con franjas horizontales rojas; en su parte superior un triángulo equilátero de 3.5 m de lado de color blanco con franja vertical verde al centro, en posición vertical y la enfilación posterior por un triángulo invertido de similares características a la anterior, separadas ambas en 200 m., orientada desde el puente de mando al 110° verdadero y avistada en horas nocturnas por una luz fija de color verde.

Para mayor información, ver plano N° 10 de maniobra en Anexo "M"

Finalmente, como norma de seguridad en dicho Terminal en consideración a las condiciones climáticas de viento, está programado con siguientes elementos de amarre como se indica.

Tabla 5.5: Amarras sector proa, nave 195 m. eslora

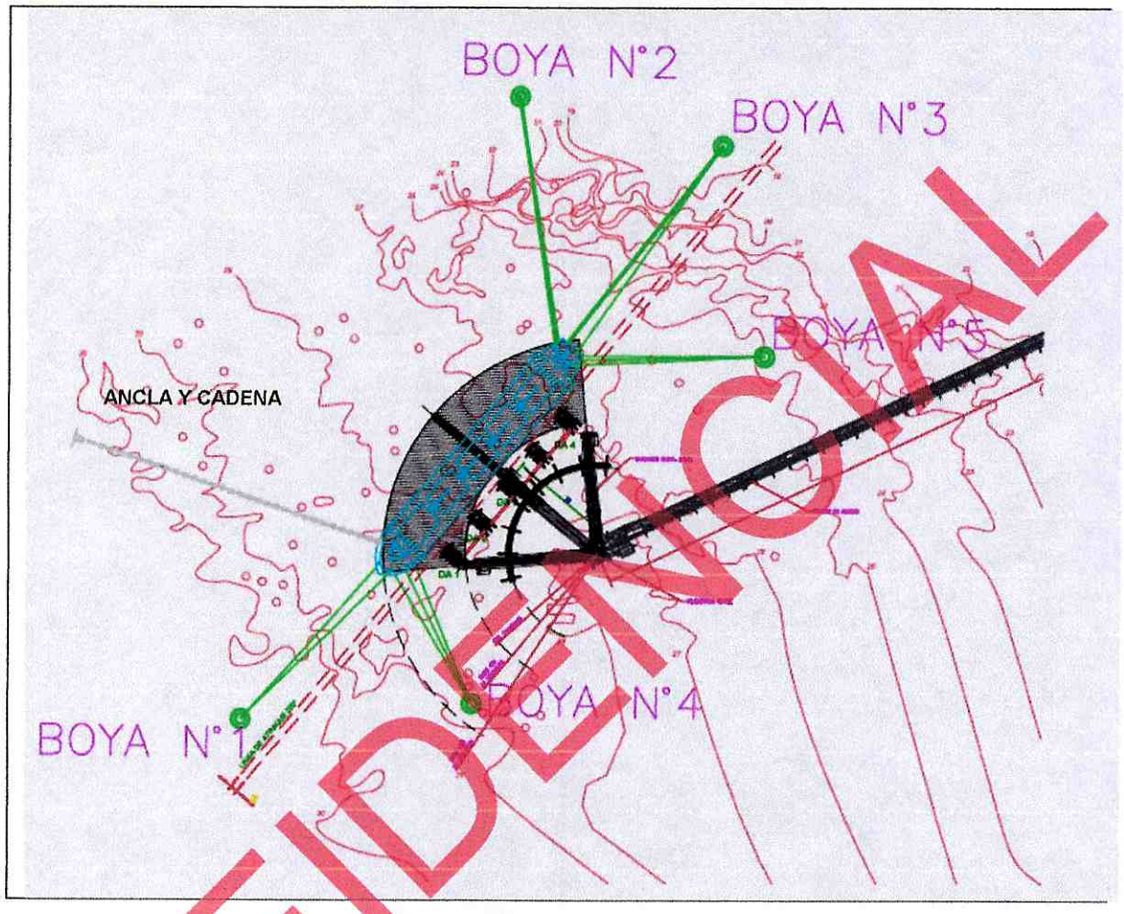
SECTOR DE PROA	Longitud
2 Largos al gancho de la boya N° 1	131 m.
3 Través al ganchos de la boya N° 4	98 m.
7,2 a 7,5 paños de cadena ancla de estribor	198 /206 m.

Tabla 5.6: Amarras sector popa, nave 195 m. eslora

SECTOR DE POPA	Longitud
2 largos al gancho de la boya N° 2	160 m.
2 largos al gancho de la boya N° 3	162 m.
3 Través a gancho de la boya N° 5	120 m.

CONFIDENCIAL

Figura 5.3. Diagrama y elementos de amarre, nave 195 m. (SE MODIFICARÁ).



CONFIDENCIAL

Se adjuntan los siguientes planos de maniobrabilidad:

Plano N° 9.- Características Generales Nave Diseño.
Plano N° 10.- Plan de aproximación y atraque al terminal.
Plano N° 11.- Plan de desatraque y salida de terminal.
Plano N° 12.- Esquema de amarre en el terminal.

5.4 Determinación del Resguardo Bajo la Quilla y Calado Operacional

El procedimiento para la determinación del resguardo de seguridad bajo la quilla (en adelante UKC) se ha considerado para la nave de diseño de mayor porte y calado, tipo Bulk Carrier de 290 metros de eslora y 17,5 m de calado operacional, adoptando los criterios establecidos en las recomendaciones para Obras Marítimas Españolas, ROM 3.1-99: "Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos" cuya factores relacionados con el UKC del buque de diseño se presentan en la parte 7, capítulo 7.2 (Pág. 200 a 216).

El resultado del UKC obtenido es 18,62 metros, factores relacionados con el fondo, correspondiente a imprecisiones en la batimetría y depósito de sedimentos

Profundidad mínima de resguardo	18,62 m.	6,42 %
Profundidad en la zona de atraque	23,00 m.	
Factor de seguridad	1,23 m.	

El desarrollo del cálculo del resguardo de seguridad bajo la quilla se encuentra establecido en el Anexo "C" del presente estudio.

6. CAPÍTULO 6. ELEMENTOS DE AMARRE Y DEFENSAS

6.1 Descripción y características de los elementos empleados en el diagrama de amarre, considerando las instalaciones en los sectores de proa y popa de acuerdo al plan de Arreglo General de las naves de diseño.

El cálculo del numeral de equipo establecido en el Reglamento D.G.T.M. y M.M. para el equipamiento de los Cargos de Cubierta de las Naves y Artefactos Navales Nacionales, Publicación TM – 038, corresponde a la fórmula que se señala a continuación:

Tabla N° 5.5.

Fórmula: $NE = D^{2/3} + 2B\,(a + Shi) + 0{,}1A$

Donde:

NE = Numeral de Equipo
D = Desplazamiento moldeado en toneladas métricas, correspondiente a la máxima flotación del proyecto, elevado a 2/3.
B = Manga máxima en metros.
a = Distancia en metros desde la máxima flotación de proyecto al centro superior de la cubierta continua más alta, medida en el centro de la eslora en el costado del buque.
Shi = Sumatoria de la altura en metros, medida en el eje longitudinal, de las casetas y superestructuras cuya manga exceda de B/4. Para la caseta o superestructura se medirá **hi** en el eje longitudinal, desde la cubierta superior o desde una línea teórica de cubierta cuando la cubierta superior no sea continua. Al calcular **hi** no se tendrán en cuenta el arrufo ni el asiento.
A = Área en m² de la proyección lateral del casco, medida entre perpendiculares y sobre la línea de flotación.

Como se muestra en las figuras siguientes los elementos empleados en el diagrama de amarre y sujeción sobre la cubierta de la nave tipo Bulk Carrier tipo Capesize, Panamax y Supramax se compone de las siguientes instalaciones que se indican más adelante.

CONFIDENCIAL

6.1.2 NAVE TIPO CAPESIZE DE 290 m. DE ESLORA

6.1.2.1 SECTOR DE PROA DE LA NAVE - INSTALACIONES

El desarrollo de la fórmula del Numeral de Equipo para la nave en referencia se dispone de dos (2) cabrestantes hidráulicos para la maniobra de fondeo de las anclas y cadenas de estribor y babor respectivamente, con 13,5 paños útiles de cadena de 120 mm de espesor y 2 anclas tipo Hall de 18,8 toneladas cada una.

Las condiciones de disponibilidad de acuerdo al Plan de Arreglo General son las siguientes:

1. Dos (2) cabrestantes para utilizar en las faenas de anclas, que disponen de dos (2) cabezales para ser utilizadas en faenas de amarra.

2. Seis (6) Tambores de winches eléctricos que disponen de una espía de 80 mm. de mena por 220 metros de largo adujado en cada tambor.

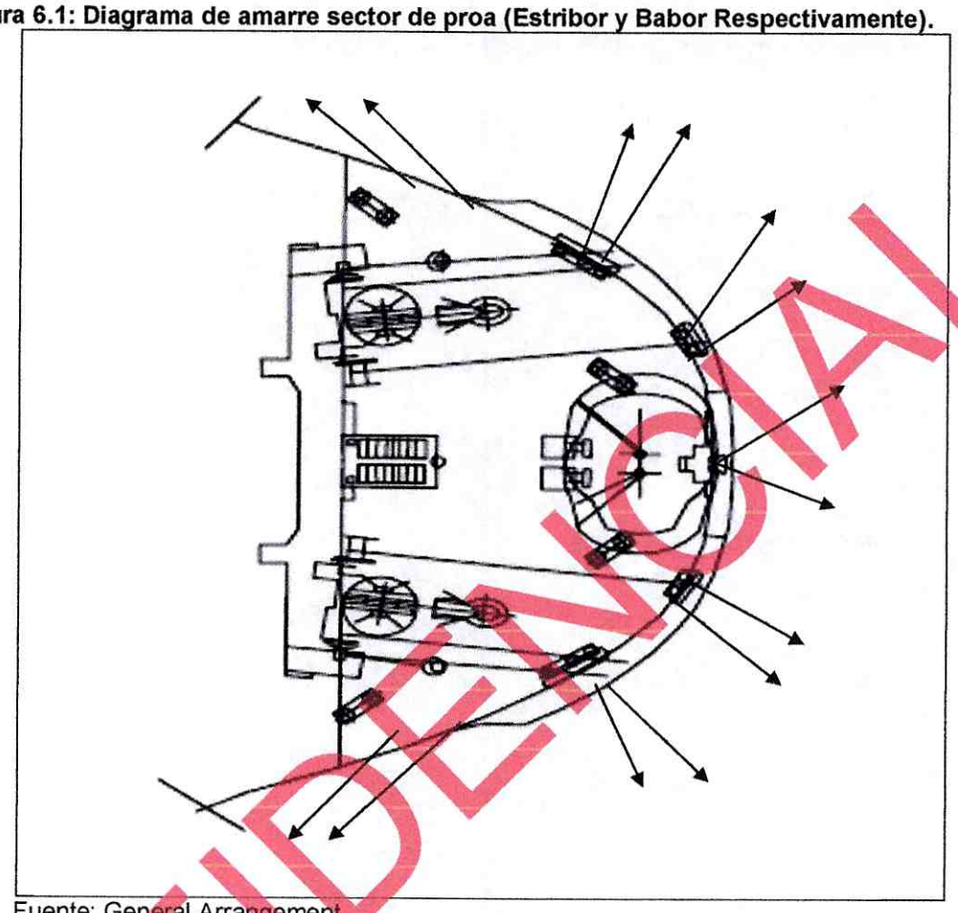
3. Cuatro (4) guías - espías que actúan como guías para ser laboreadas en los cabezales de los winches.

4. Seis (6) gateras con dos roletes cada una y la gatera de proa central.

5. Ocho (8) bitas de amarre, 4 por cada banda.

CONFIDENCIAL

Figura 6.1: Diagrama de amarre sector de proa (Estribor y Babor Respectivamente).



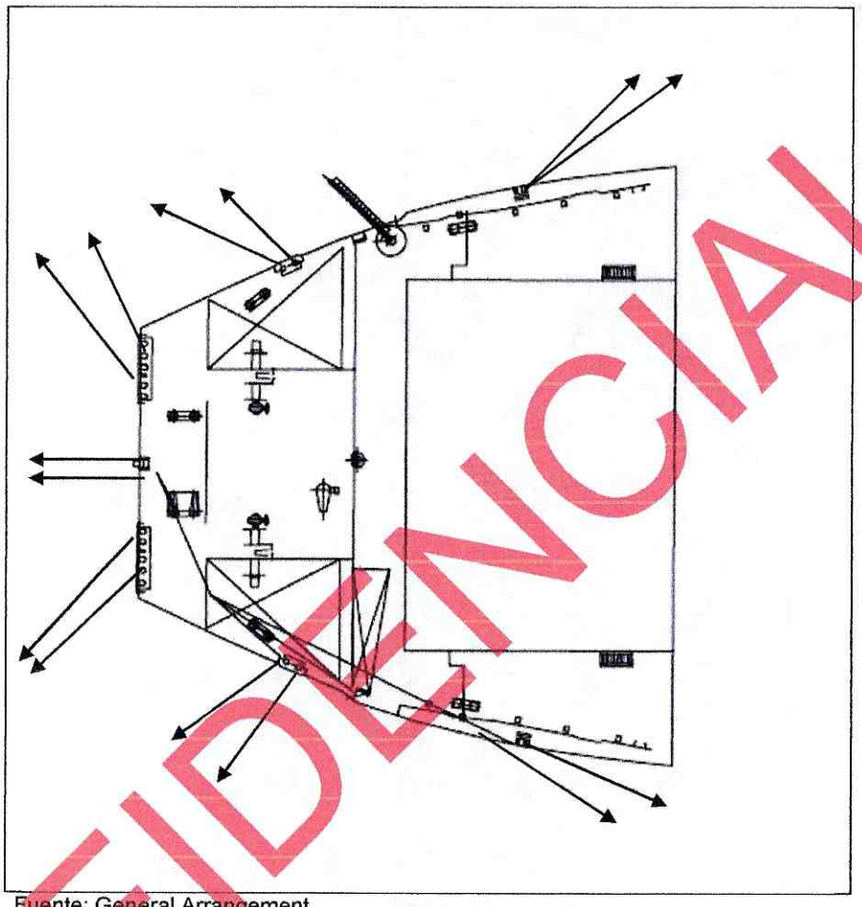
Fuente: General Arrangement.

CONFIDENCIAL

6.1.2.2 SECTOR DE POPA DE LA NAVE. INSTALACIONES

1. Dos (2) winches eléctricos de un tambor con dos cabezales para virar las espías de 80 mm de mena por 220 metros de largo adujadas en dicho tambor,
2. Cuatro (4) guías - espías que actúan como guías para ser laboreadas en los tambores de los winches.
3. Cuatro (4) gateras con dos roletes cada banda y la gatera de popa central.
4. Cuatro (4) bitas de amarre, 2 por cada banda.

Figura 6.2: Diagrama de amarre sector de popa (Estribor y Babor Respectivamente).



Fuente: General Arrangement,

CONFIDENCIAL

6.1.3 NAVE TIPO SUPRAMAX y PANAMAX DE 220 m y 195 m DE ESLORA

Ambas naves disponen prácticamente de los mismos elementos correspondientes a cabrestante, winches, roletes guías, bitas de amarre y gateras.

6.1.3.1 SECTOR DE PROA DE LA NAVE

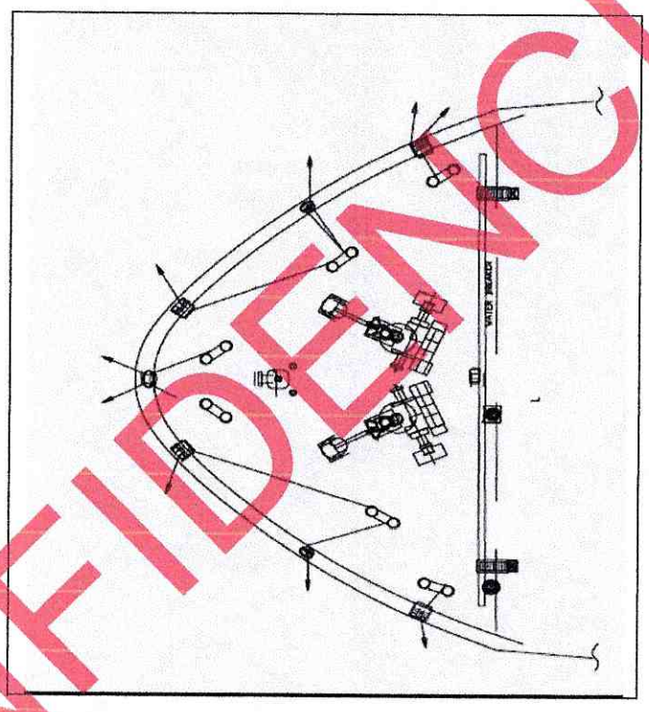
Nave 220 m. eslora con 12 paños útiles de cadena grado 2 de un diámetro de 90 mm y 2 anclas tipo Hall de 10, 50 toneladas cada una.

Nave 195 m. eslora con 11 paños útiles de cadena grado 2 de un diámetro 76 mm y 2 anclas tipo Hall de 7.350 toneladas cada una.

PROA: INSTALACIONES

1. Dos (2) cabrestantes utilizada en las faenas de anclas y que dispone de dos (2) cabezales para ser utilizadas en faenas de amarra.
2. Tres (3) bitas de amarre por cada banda de acero formada por dos columnas verticales sobre una misma base para amarre de las espías a bordo.
3. Dos roletes guías por banda para laboreo de las espías hacia los cabezales.
4. Una (1) gatera a proa central y tres (3) gateas por banda de doble guía de rolines para laboreo de las espías.

Figura 6.3. Diagrama de amarre sector de proa (Estribor y Babor respectivamente).



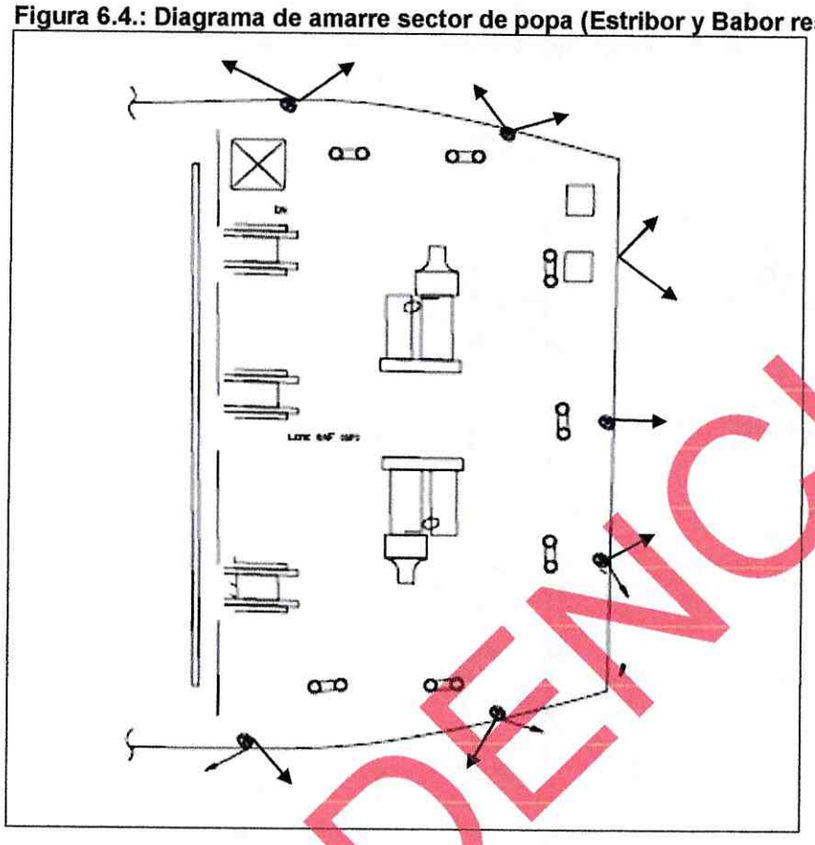
6.1.3.2 SECTOR DE POPA DE LA NAVE

POPA: INSTALACIONES

1. Dos (2) winches eléctricos utilizados en las faenas de espías y que dispone de dos (2) cabezales para ser utilizadas en faenas de amarra.
2. Tres (3) bitas de amarre por cada banda de acero y una (1) central formadas por dos columnas verticales sobre una misma base para amarre de las espías a bordo.
3. Dos roletes guías por banda para laboreo de las espías hacia los cabezales.
4. Una (1) gatera a proa central y tres (3) gateras por banda de doble guía de rolines para laboreo de las espías.

CONFIDENCIAL

Figura 6.4.: Diagrama de amarre sector de popa (Estribor y Babor respectivamente).



CONFIDENCIAL

6.2. BOYAS DE AMARRE. ESPECIFICACIONES DE UNO DE SUS COMPONENTES

La boya es de forma troncocónica, tipo Admiralty, de eje y orinque vertical, con 4 compartimientos estancos y defensa perimetral de goma, de 60 m^3 de volumen, 5,5 m de diámetro, 2,5 m de altura, peso 10,0 ton, con su correspondiente gancho de escape tipo pelícano, con botador de espías, con capacidad de 120 ton. de tiro. Las cadenas serán grado 2 del ABS, con mallete.

Las cadenas de fuerza, serán dos pernadas formando un ángulo de 60° con cadenas de diámetro de 3 7/8 ", acero grado 2.

Los dos tramos tienen 5 paños de 27,5 m. cada uno, con un largo total de 137,5 m. Tienen un grillete giratorio a un paño de las anclas correspondientes. Se unen a los argollones y a las anclas con grilletes tipo D. Los paños de cadenas se unirán entre sí mediante grilletes tipo Kenter.

Se agrega para completar cada una de estas pernadas, una ancla tipo OFF DRILL II o equivalente, (HALL) de 18,0 toneladas.

La pernada de retenida, cuenta con 3 paños de cadena de 2 1/2", acero grado 2, con un largo total de 82,5 m. con un ancla tipo OFF DRILL de 8 toneladas.

El orinque formado por cadena de 3 1/2", acero grado 2, que une la boya con las pernadas a través de un anillo de 3 7/8" con un largo total correspondiente a la sonda indicada en la posición de fondeo, más la altura máxima de la marea, más altura máxima de la ola 2.5 m. como se indica en la tabla 6.1.

Tabla 6.1.: Características de las cadenas de la boyas de amarre.

BOYAS	CADENAS			
	PERNADA A	PERNADA B	RETENIDA	ORINQUE
1	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	38 m.– 31/2"
2	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	24 m.– 3" 3/2"
3	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	23 m.– 31/2"
4	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	32 m.– 31/2"
5	5 PAÑOS – 3. 7/8"	5 PAÑOS – 3. 7/8"	3.0 PAÑOS – 3"	26 m.– 31/2"

Tabla 6.2.: Características de las anclas y tipos de boyas de amarre.

BOYAS	ANCLAS Y TIPO BOYA		
	PERNADA A	PERNADA B	BOYA TIPO TRONCOCÓNICA
1	TIPO OFF DRILL 6,0 t.	TIPO OFF DRILL 6,0 t	60 metros cúbicos
2	TIPO OFF DRILL 6,0 t	TIPO OFF DRILL 6,0 t	60 metros cúbicos
3	TIPO OFF DRILL 6,0 t	TIPO OFF DRILL 6,0 t	60 metros cúbicos
4	TIPO OFF DRILL 6,0 t	TIPO OFF DRILL 6,0 t	60 metros cúbicos
5	TIPO OFF DRILL 6,0 t	TIPO OFF DRILL 6,0 t	60 metros cúbicos

Tabla 6.3.: Ubicación geográfica de de boyas de amarre.

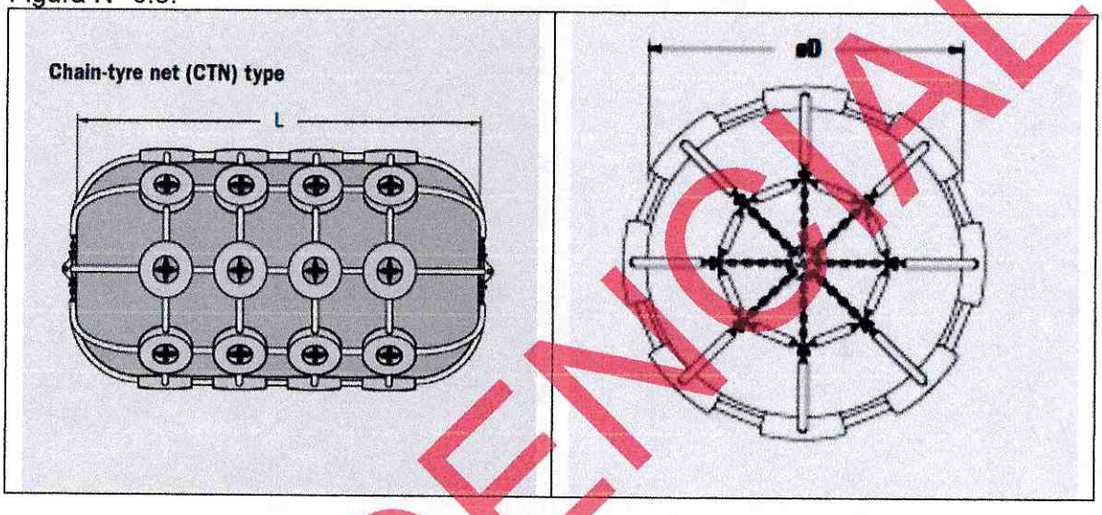
BOYA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA BOYAS DE AMARRE	
	GEOGRÁFICA	UTM
1	Lat.20° 44´12.76" S Long. 70° 11´53.032" W	E 375262.816 N 7706510.634
2	Lat.20° 43´59.57" S Long. 70° 11´46.641" W	E 375444.668 N 7706917.211
3	Lat.20° 44´00.65" S Long. 70° 11´42.072 W	E 375577.093 N 7706886.217
4	Lat.20° 44´12.46" S Long. 70° 11´47.808 W	E 375413.834 N 7706520.831
5	Lat.20° 44´05.14" S Long. 70° 11´41.143 W	E 375604.956 N 7706747.369

CONFIDENCIAL

6.3. DEFENSAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS DEFENSAS

La permanencia de la nave atracada al terminal marítimo considera altura de oleaje de hasta 2.0 m., por lo anterior el frente de atraque está compuesto de 5 Duques de Alba, con defensas del tipo Pneumatic, cuyas propiedades mecánicas se basan en el catálogo de Bridgestone (Cylinder Fender Catalogue, Bridgestone Tire Co. Ltd.):

Figura N° 6.5.



CONFIDENCIAL

PNEUMATIC FENDER PERFORMANCE AND DIMENSIONS

Fender Size øD x L		Hook Type (kg)	CTN Type (kg)	Chain (mm)	Energy (kNm)	0.5kgf/cm² Reaction (kN)	Hull Pressure (kN/m²)	Energy (kNm)	0.8kgf/cm² Reaction (kN)	Hull Pressure (kN/m²)
300 x 500		10	10	10	1.3	22.6	189	1.7	29.4	246
300 x 600		15	15	10	1.5	26.5	180	2.0	35.3	239
500 x 800		25	25	13	5.7	58.9	187	7.4	78.5	249
500 x 1000		35	35	13	7.2	73.6	179	9.1	98.1	239
800 x 1200		75	175	16	21.6	141	188	28.1	187	250
800 x 1500		95	205	16	27.5	186	191	35.1	235	241
1000 x 1500		140	310	16	40.2	222	190	52.7	281	240
1000 x 2000		170	370	16	54.0	295	180	70.2	374	228
1200 x 1800		180	390	19	69.7	320	190	91.0	404	240
1200 x 2000		200	420	19	77.5	354	185	101	449	235
1350 x 2500		270	530	19	125	496	181	175	650	238
1500 x 2500		300	700	22	152	554	186	196	697	234
1500 x 3000		350	790	22	182	658	178	235	837	227
2000 x 3000		550	1430	25	324	883	189	422	1122	240
2000 x 3500		650	1570	29	378	1030	183	491	1315	234
2000 x 6000		950	2170	32	647	1766	171	843	2246	217
2500 x 4000	P	1100	2610	32	675	1481	188	872	1864	236
2500 x 5500	P	1350	2970	35	928	2037	178	1197	2560	224
3000 x 5000	P	1700	4320	38	1226	2207	185	1570	2786	233
3300 x 4500	P	1800	4160	38	1324	2197	194	1712	2764	244
3300 x 6500	P	2250	5370	44	1913	3169	181	2472	3993	228
3300 x 10500	P	2800	6850	51	3090	5121	171	4297	6612	220
4500 x 10500	P	4300	4850	51	4689	5690	144	6563	7465	189

P = Pressure Relief Valve fitted as standard.
Mooring chains should be used in conjunction with appropriate swivels and shackles.
Standard tolerances apply.
Rated deflection is 60%

CONFIDENCIAL

6.5. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LAS BOYAS

Se adjunta Anexo M, relacionado con memoria de cálculo y simulaciones realizadas por el modelo numérico Optimoor con la aprobación SHOA.

7. CAPÍTULO 7. RESUMEN

7.1 Característica Nave de Diseño

Tabla 7.1: Características naves de diseño.

Tipo de nave	Unidad	1. Bulk Carrier	2. Bulk Carrier	3. Bulk Carrier
Características		Supramax	Panamax	Capesize
Nombre		TBN	TBN	TBN
Eslora total	[m]	195,0	220,0	290,0
Eslora Entrep.	[m]	185,0	210,0	276,0
Manga	[m]	29,0	32,3	44,0
Puntal Cubierta Ppal.	[m]	16,3	18,2	23,3
Calado en lastre	[m]	5,5	7,0	9,0
Calado máximo	[m]	11,5	12,8	17,5
Calado operacional	[m]	11,5	12,8	17,5
Deadweight	[t/m]	40.000	60.000	150.000
Desplazamiento máx.	[t/m]	50.000	74.000	179.000
Caserío Área Lateral	[m^2]	(11,2 – 21,0) 235,20	(18,40-20,45) 381,20	(24,2 – 27,5) 665,50
Caserío Área Transv.	[m^2]	29,0 – 21,0) 609,00	(20,45 – 32,3) 660,55	(27,5 – 24,2) 1.210,00

Fuente: Elaboración propia

CONFIDENCIAL

7.2 Condiciones Ambientales

7.2.1 Vientos

Tabla 7.2: Incidencia del viento

MAGNITUD (M/S)	FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DEL VIENTO DIRECCIONES								TOTAL (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Total	2.2	0.2	2.5	23.9	6.5	3.0	5.6	9.3	100
Máximo (nudos)	0.7	0.2	1.6	10.0	2.3	1.6	1.9	2.6	
Promedio (nudos)	0.3	0.0	0.4	3.4	0.9	0.4	0.8	1.3	

7.2.2 Corrientes

Tabla 7.3: Incidencia de corrientes

PROFUNDIDAD	DIRECCIÓN	VELOCIDAD
(m)	[°]	cm/s - nudos
23	NW	20,76 – 0,4

7.2.3 Olas

Tabla 7.4: Incidencia olas

DIRECCIÓN	ALTURA	PERÍODOS
(°)	(m)	s
220° 41.5% - 230° 43.7%	1,0 – 2,0	De 8 s hasta 20 s

7.2.4 Mareas

Tabla 7.5: Incidencia mareas

	NIVEL	SICIGIA	CUADRATURA
Máxima Pleamar	NRS	1.325 m	0.9 m
Mínima Bajamar	NRS	0.51 m	0.566 m

7.2.5 Fondo Marino

[x] LIMOS [x] ARENA MUY FINA (51%) [x] ARCILLA (61%)

CONFIDENCIAL

7.3 Resguardo bajo la quilla

7.3.1 Nave Diseño: Eslora 290 m. Manga 44 m. Calado operacional 17.5 m.

Profundidad mínima de resguardo	18,62 M	6,42 %
Profundidad en la zona de atraque	23,00	
Factor de seguridad	1,23	

7.4 Condición Límite Operacional

Tabla 7.6: Límites operacionales diurno y nocturno en el frente de atraque.

NAVE TIPO: BULK CARRIER DE 195 m. a 290 m. DE ESLORA				
Maniobra	Viento		Altura de la Ola del lugar metros	Corriente Dirección NW Intensidad nudos
	Dirección	Velocidad (m/seg)		
Atraque	Todas	7,71	1,5 (se modificará)	0,30
Desatraque	Todas	7,71	1,5 (se modificará)	0,30

Tabla 7.7: Límites operacionales diurno y nocturno en el frente de atraque.

NAVE TIPO: BULK CARRIER DE 195 a 220 m. ESLORA				
Maniobra	Viento		Altura de la Ola del lugar metros	Corriente Dirección NW Intensidad nudos
	Dirección	Velocidad (m/seg)		
Corrida	Todas	7,71	1,5	0,30
Permanencia	Todas	10,28	2,0	0,40

8. RECOMENDACIONES

1.- El capitán de la nave debe ser advertido oportunamente de la ocurrencia de bravezas que afectan el "alteo" de las naves atracadas pudiendo resultar en la conveniencia de suspender la faena de carga y, si esta atracada a los duques de alba, separar la nave a los 5 m. de las defensas.

2.- Dado el gran tamaño de las naves que operarán en el terminal resulta recomendable contar con un sensor que indique al práctico la velocidad transversal de la nave en su fase final de atraque.

CONFIDENCIAL

9. ANEXOS

A continuación se presenta la lista de anexos utilizados en el presente estudio.

- Anexo A: Planilla de Cálculo Bollard Pull
- Anexo B: Memoria del Cálculo de la Boya (DOP)
- Anexo C: Memoria del Cálculo del UKC
- Anexo D: Memoria del Cálculo del Numeral de Equipo
- Anexo E : Estudio de Vientos
- Anexo F : Estudio de Corrientes
- Anexo G: Estudio de oleaje
- Anexo H Estudio de Mareas
- Anexo I: Estudio de Calidad de Fondo
- Anexo J: Informe y Plano Topobatimétrico
- Anexo K: Cálculo de tracción de las boyas aprobado por D.O.P
- Anexo L: Planos Ingeniería
- Anexo M: Planos de Maniobra

CONFIDENCIAL

Datos persona responsable del estudio

Nombre	Cédula de identidad	Título profesional	Empresa
Roberto Salinas Naranjo	15.338.619 - 6	Ingeniero Civil	Baird & Associates S.A.

CONFIDENCIAL

Baird

oceans
engineering
lakes
design
rivers
science
watersheds
construction

Estudio de Oleaje
Northport - Punta Cotitira

Fecha Noviembre 2015
Número de Proyecto 0900.102



www.baird.com

Estudio de Oleaje
Northport - Punta Cotitira

Preparado para

NORTHPORT

Northport
Nueva de Lyon 96, of. 204
Providencia, Santiago

Preparado por

Baird

Baird & Associates S.A.
Padre Mariano 181, of. 902, Providencia, Santiago

Mediciones en terreno realizadas por

GEOMARO INGENIERIA

Para mayor información, favor contactar a
Roberto Salinas (562) 2236-1222
rsalinas@baird.com

Número de proyecto: 0900.102

Revisión	Fecha	Estado	Comentarios	Preparado por	Revisado por	Aprobado por
0	Noviembre 2015	Final	Para Revisión SHOA	CMV	RSN	RSN

Este informe fue preparado por Baird and Associates S.A., para para Northport. El material contenido en él refleja la opinión de Baird & Associates de acuerdo a la información disponible en el momento de su elaboración. Cualquier uso o decisión tomada, basada en este informe, por parte de terceros, es de entera responsabilidad de ellos. Baird & Associates no se hace responsable por daños y/o perjuicios causados como resultado de las decisiones o acciones tomadas por terceros, en relación con la información entregada en este informe.

CONFIDENCIAL

ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN 1

2.0 *HINDCAST* GLOBAL DE BAIRD 3

2.1 PROYECTO OLAS CHILE: ANTECEDENTES GENERALES 4

2.2 Comparaciones contra datos satelitales 5

3.0 VALIDACIÓN OLAS CHILE V EN AGUAS PROFUNDAS 9

3.1 Validación con estaciones Topex 9

3.2 Validación con boyas del SHOA 13

3.2.1 Comparación de las series de tiempo de parámetros de resumen 14

3.2.2 Comparación de las curvas de excedencia de altura de ola 22

4.0 TRANSFERENCIA DE OLEAJE 26

4.1 Metodología 26

4.2 Resultados del modelo de transferencia – Olas operacionales 28

5.0 RESULTADOS: CLIMA DE OLEAJE OPERACIONAL 31

5.1 Resultados clima de oleaje operacional en aguas someras 31

6.0 VALICACIÓN DEL ESTUDIO DE OLEAJE 34

6.1 Metodología de validación directa de oleaje 34

6.2 Mediciones efectuadas en terreno 34

6.3 Resultados de la validación del estudio de oleaje (*Hindcast* de olas operacionales en aguas someras) 35

7.0 ANÁLISIS DE OLAS EXTREMAS EN AGUAS PROFUNDAS 40

7.1 Análisis espectral multimodal de valores extremos de oleaje 40

7.2 Oleaje de diseño – Swell remoto SW 41

7.3 Oleaje de diseño – Swell cercano SW 44

7.4 Oleaje de diseño – Swell remoto NW 46

8.0 RESULTADOS: OLAS EXTREMAS EN AGUAS SOMERAS 48

8.1 Transferencia Oleaje de Diseño – Sistema Swell remoto SW 48

8.2 Transferencia Oleaje de Diseño – Sistema Swell cercano SW 50

8.3 Transferencia Oleaje de Diseño – Sistema Swell remoto NW 51

9.0 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS 52

ANEXO A DATOS DE GENERACIÓN DE ESPECTROS DE ENTRADA A MODELO STWAVE

ANEXO B RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VALORES EXTREMOS

ANEXO C INFORME DE MEDICIONES DE TERRENO

ANEXO D BATIMETRÍA UTILIZADA PARA SIMULACIONES NUMÉRICAS

CONFIDENCIAL

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Emplazamiento terminal marítimo granelero mecanizado 2
Figura 2.1: Área de cobertura del *Hindcast* Global 3
Figura 2.2: Área de cobertura de Olas del Pacífico como parte del *hindcast* global de Baird 4
Figura 2.3: Área de cobertura datos satelitales 5
Figura 2.4: Resultados de altura de ola promedio globales - IFREMER 5
Figura 2.5: Sesgo de *hindcast* global de Baird – verano austral 6
Figura 2.6: Sesgo de *hindcast* global de Baird – otoño austral 6
Figura 2.7: Sesgo de *hindcast* global de Baird – invierno austral 7
Figura 2.8: Sesgo de *hindcast* global de Baird – primavera austral 7
Figura 2.9: Sesgos por estación – Costa Pacífica Sudamericana 8
Figura 3.1: Puntos de validación Olas del Pacífico – Satélite Topex 9
Figura 3.2: Validación Olas del Pacífico – Topex 1 10
Figura 3.3: Validación Olas del Pacífico – Topex 2 10
Figura 3.4: Validación Olas del Pacífico – Topex 3 11
Figura 3.5: Validación Olas del Pacífico – Topex 4 11
Figura 3.6: Validación Olas del Pacífico – Topex 5 12
Figura 3.7: Validación Olas del Pacífico – Topex 6 12
Figura 3.8: Ubicación de las boyas oceanográficas de validación 13
Figura 3.9: Validación directa en aguas profundas, boya Waverider 1981 v/s Olas Chile V 15
Figura 3.10: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2000 v/s Olas Chile V 16
Figura 3.11: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2001 v/s Olas Chile V 17
Figura 3.12: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2002 v/s Olas Chile V 18
Figura 3.13: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2003 v/s Olas Chile V 19
Figura 3.14: Validación directa en aguas profundas, boya Watchkeeper 2006-2007 v/s Olas Chile V 20
Figura 3.15: Validación directa en aguas profundas, boya Watchkeeper 2009-2010 v/s Olas Chile V 21
Figura 3.16: Comparación de las curvas de excedencia para la boya Waverider 22
Figura 3.17: Comparación de las curvas de excedencia para la boya TriAxys 23
Figura 3.18: Comparación de las curvas de excedencia para la boya Watchkeeper 25
Figura 4.1: Grillas utilizadas para modelar la transformación de olas 27
Figura 4.2: Resultados típicos del modelo STWAVE. Hmo = 1m, Tp=14 s, DPK= SW. 28
Figura 4.3: Funciones de transferencia desde aguas profundas hasta nodo N1 30
Figura 5.1: Rosa de altura y rosa de períodos de oleaje – N1 33
Figura 5.2: Gráfico de excedencia de Hmo – N1 33
Figura 6.1: Validación directa en nodo de mediciones - Campaña de invierno– Punta Cotitira 36
Figura 6.2: Validación directa en nodo de mediciones - Campaña de verano – Punta Cotitira 38
Figura 7.1: Rosa de intensidad de puntos – Partición espectral multimodal – Nodo S20_45 40
Figura 7.2: Análisis de valores extremos S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto SW 43
Figura 7.3: Análisis de valores extremos S20_45 – Aguas Profundas – Swell cercano SW 45
Figura 7.4: Análisis de valores extremos S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto NW 47
Figura 8.1: Resultados típicos de los modelos utilizados, olas de diseño Swell remoto SW: Hmo= 5.8m (Tr= 100 años), DPK= 227°, Tp=18 s 49
Figura 8.2: Resultados típicos de los modelos utilizados, olas de diseño Swell cercano SW: Hmo= 4.0 m (Tr= 100 años), DPK= 220°, Tp= 9 s 50
Figura 8.3: Resultados típicos de los modelos utilizados, olas de diseño Swell remoto NW: Hmo= 2.0 m (Tr= 100 años), DPK= 300°, Tp=18 s 51

CONFIDENCIAL

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Posicionamiento de las boyas oceanográficas de validación 9
Tabla 3.2: Posicionamiento de las boyas oceanográficas de validación 13
Tabla 4.1: Ubicación de los nodos de extracción de datos de olas 27
Tabla 5.1: Listado de las representaciones gráficas y tablas 31
Tabla 5.2: Tabla bi-variable de olas– Altura (Hs) por Período (Tp) – N1 32
Tabla 5.3: Tabla bi-variable de olas – Altura (Hs) por Dirección (DPK) – N1 32
Tabla 6.1: Parámetros estadísticos de oleaje – Campaña de invierno – Punta Cotitira. 37
Tabla 6.2: Parámetros estadísticos de oleaje – Campaña de verano – Punta Cotitira. 39
Tabla 7.1: Listado de 34 tormentas extremas para S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto SW 41
Tabla 7.2: Análisis de valores extremos S20_45 - Aguas profundas – Swell remoto SW 43
Tabla 7.3: Caso de Dirección/Período - oleaje de diseño – Swell remoto SW 43
Tabla 7.4: Listado de 34 tormentas extremas para S20_45 – Aguas Profundas – Swell cercano SW 44
Tabla 7.5: Análisis de valores extremos S20_45 - Aguas profundas – Swell cercano SW 45
Tabla 7.6: Caso de Dirección/Período - oleaje de diseño - Swell cercano SW 45
Tabla 7.7: Listado de 340 tormentas extremas para S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto NW 46
Tabla 7.8: Análisis de valores extremos S20_45 - Aguas profundas – Swell remoto NW 47
Tabla 7.9: Caso de Dirección/Período - oleaje de diseño – Swell remoto NW 47
Tabla 8.1: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto SW 49
Tabla 8.2: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell cercano SW 50
Tabla 8.3: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto NW 51

CONFIDENCIAL

1.0 INTRODUCCIÓN

Baird & Associates S.A. (Baird) ha desarrollado, bajo solicitud de Northport, un estudio de clima de oleaje en el sector de Punta Cotitira, Región de Tarapacá. Esto obedece al interés en desarrollar un terminal marítimo granelero mecanizado, para lo cual es necesario definir el clima de oleaje operacional y de diseño en la zona de interés, de modo de apoyar el desarrollo del proyecto.

Este estudio fue desarrollado utilizando la base de datos de olas en aguas profundas *Olas Chile V*, que fue completada el año 2014. Este proyecto tuvo como principal objetivo el desarrollo de una base de datos de olas operacionales de largo plazo, confiable y válida para toda la costa de Chile, que además considera el análisis de climas de olas extremas (de diseño) en aguas profundas.

El nodo de la base de datos de Olas Chile S20_45 (latitud 20° 45' Sur) fue utilizado como la fuente de datos de olas para este estudio. Este nodo de aguas profundas fue transferido de manera espectral hacia tres nodos en la zona de estudio, correspondientes a N1 y los puntos de validación Ninv para la campaña de invierno y Nver para la campaña de verano (Figura 1.1), resultando en la definición de los climas de olas operacional y extremo en dichos nodos.

La transferencia de oleaje fue realizada mediante el empleo del modelo STWAVE (*Steady state spectral WAVE model*), versión 4.0, desarrollado por el USACE (*US Army Corps of Engineers*). El detalle de la metodología de transferencia empleada se describe más adelante.

El **Capítulo 2** de este estudio del clima de olas contiene una revisión general del Hindcast Global de Baird y Proyecto Olas Chile.

En el **Capítulo 3** se presentan los resultados de las validaciones de la base de datos Olas Chile V en aguas profundas.

El proceso de transferencia espectral del oleaje desde aguas profundas hacia la zona de Punta Cotitira se presenta en el **Capítulo 4**.

Los resultados del estudio del clima de oleaje operacional en el nodo N1, se presentan en el **Capítulo 5**.

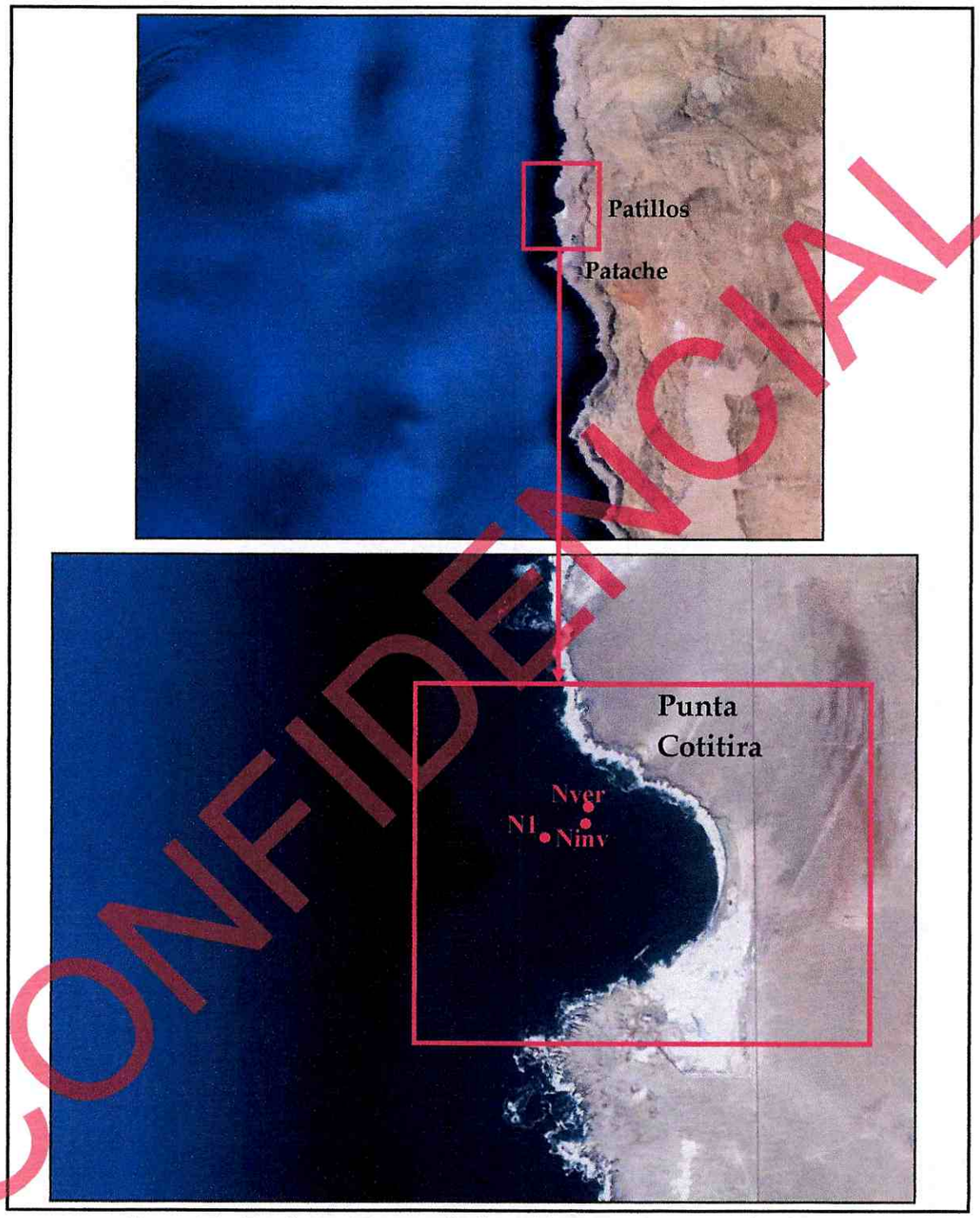
El **Capítulo 6** muestra los resultados del proceso de validación del oleaje resultante en aguas someras efectuado con los registros de oleaje obtenidos en el sitio de estudio.

En el **Capítulo 7** se describen la metodología y análisis para determinar el clima de olas de diseño en aguas profundas.

Los resultados del clima de oleaje extremo (de diseño) en el sector de interés se presenta en el **Capítulo 8**.

Finalmente, en el **Capítulo 9** se presentan las conclusiones y comentarios del estudio.

CONFIDENCIAL



CONFIDENCIAL

Figura 1.1: Emplazamiento terminal marítimo granelero mecanizado

2.0 *HINDCAST* GLOBAL DE BAIRD

Baird cuenta con un sistema de *hindcast* que permite la generación y extracción de oleaje espectral en cualquier lugar del planeta. Este *hindcast* global considera procesos que se encuentran a la vanguardia mundial en lo que respecta a generación de oleaje, incluyendo en su proceso mejoras que permiten una representación más robusta respecto de sus versiones anteriores.

En la siguiente figura, (Figura 2.1) se ilustra el sistema de *hindcast* global.



Figura 2.1: Área de cobertura del *Hindcast* Global

Entre estas mejoras que presenta el *hindcast* se encuentra el reemplazo de 3 modelos oceánicos independientes por un solo modelo global, el aumento de resolución de la grilla en algunas zonas, un modelo de vientos mejorado para la determinación de los datos de entrada, inclusión de hielo en el sistema global y también comparaciones contra mediciones satelitales e información de boyas actualizadas. Además de esto, se aprecia una mejora en la representación de la energía asociada a olas de periodo largo y mejores resultados en las simulaciones.

Respecto de la costa sudamericana, el *hindcast* de Baird considera nodos de extracción cada ¼ de grado en un límite de aguas profundas de 500 m.

Como input, el modelo de *hindcast* global considera vientos CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) provisto por NCEP (National Centers for Environmental Prediction), los cuales son utilizados en baja resolución con una extensión que abarca desde 1980 hasta el presente cada 6 horas. El nuevo programa de interpolación de vientos puede incluir correcciones satelitales, promedios y efectos curvilíneos.

CONFIDENCIAL

2.1 PROYECTO OLAS CHILE: ANTECEDENTES GENERALES

El Proyecto Olas Chile fue desarrollado por el SHOA y Baird & Associates S.A en sus versiones I (2002) y II (2005). Posteriormente Baird, conforme al avance del estado del arte en esta materia, genera dos nuevas versiones en el año 2007 y 2010. En estas últimas se extraen nodos en todo el Océano Pacífico, razón por la cual la base de datos toma el nombre Olas del Pacífico. Éste proyecto tiene por objetivo definir una base de datos de largo plazo de espectros direccionales de oleaje en aguas profundas, sobre toda la costa del Pacífico. La Figura 2.2 muestra la grilla de Olas del Pacífico en color azul como parte del *hindcast* global de Baird

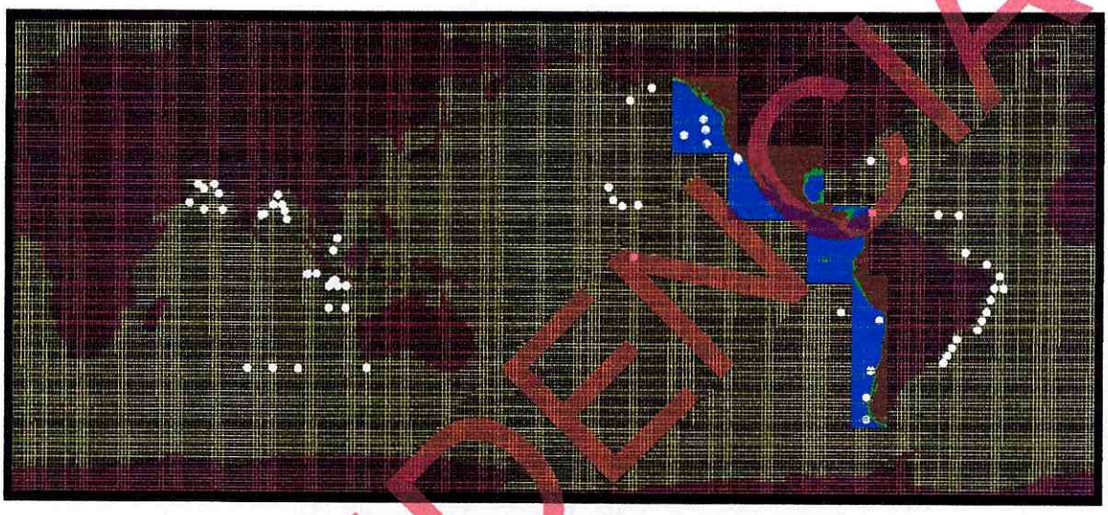


Figura 2.2: Área de cobertura de Olas del Pacífico como parte del *hindcast* global de Baird

En Enero de 2015 Baird lanza la quinta versión de Olas Chile, la cual abarca un periodo de tiempo de 34 años de oleaje espectral (1980 hasta 2013). La extensión de la base de datos hasta el 2013 es importante considerando la ocurrencia de eventos extremos de oleaje en los últimos 4 años. Como parte del *hindcast* global de Baird, Olas Chile V incluye una mayor sofisticación en la generación de oleaje, incluyendo en sus simulaciones grillas de ¼ de grado de resolución y un mejoramiento de los inputs de viento, además de contar con validaciones contra datos de satélite y también con dato de boyas en distintos puntos en el Océano Pacífico.

Esta es la más sofisticada iniciativa de modelación de oleaje llevada a cabo para definir el clima de olas a lo largo de toda la costa de Chile.

La página www.olasdelpacifico.com cuenta con mayor información acerca de este proyecto.

CONFIDENCIAL

2.2 Comparaciones contra datos satelitales

Las simulaciones del *hindcast* global de Baird han sido comparadas contra datos satelitales de IFREMER desde el año 1992 al presente. La Figura 2.3 muestra el *track* del satélite de registro, mientras que la Figura 2.4 muestra el oleaje promedio a nivel global obtenido con los datos satelitales.

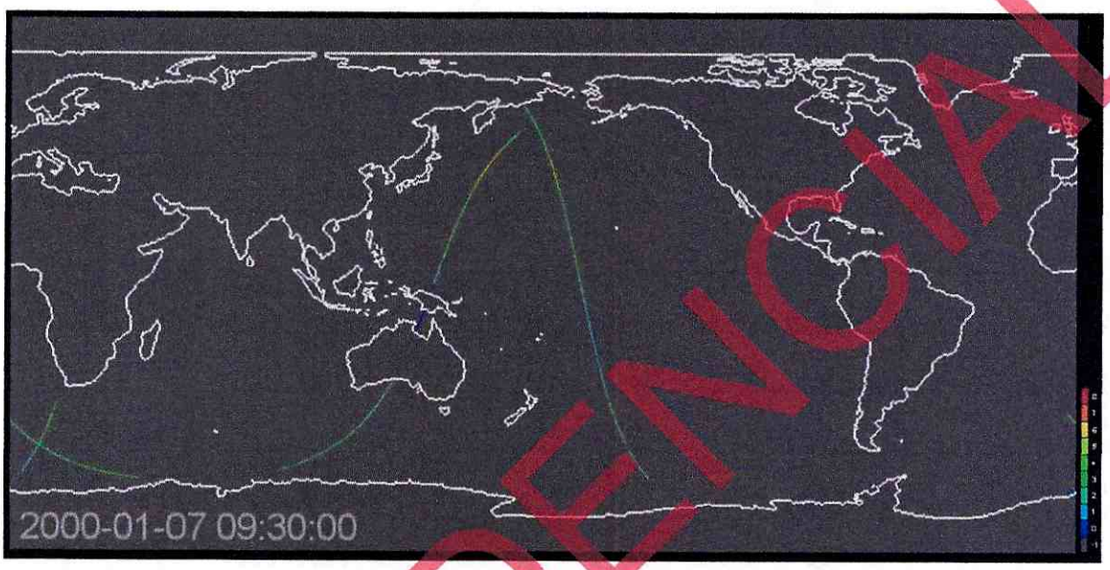


Figura 2.3: Área de cobertura datos satelitales

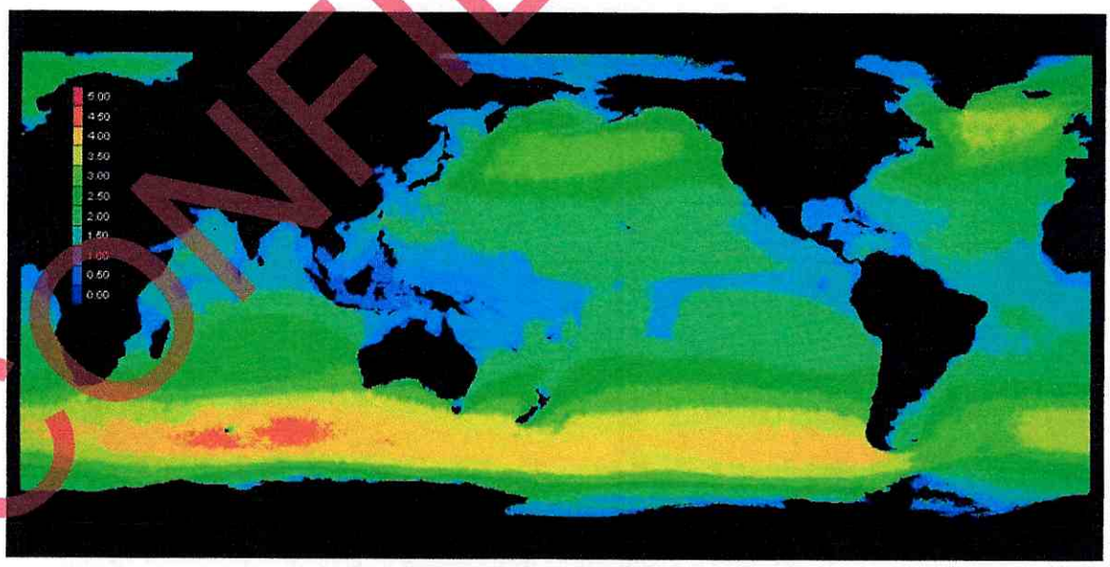


Figura 2.4: Resultados de altura de ola promedio globales - IFREMER

CONFIDENCIAL

A continuación se presenta una serie de figuras con los resultados del *hindcast* generado para cada una de las estaciones del año, en las cuales se representa el sesgo (BIAS) existente entre las modelaciones efectuadas por Baird y las mediciones de oleaje de IFREMER. Los colores cálidos indican los valores del *hindcast* que se encuentran por sobre las mediciones satelitales, mientras que los colores fríos indican las zonas en las que el *hindcast* se encuentra por debajo de las mediciones.

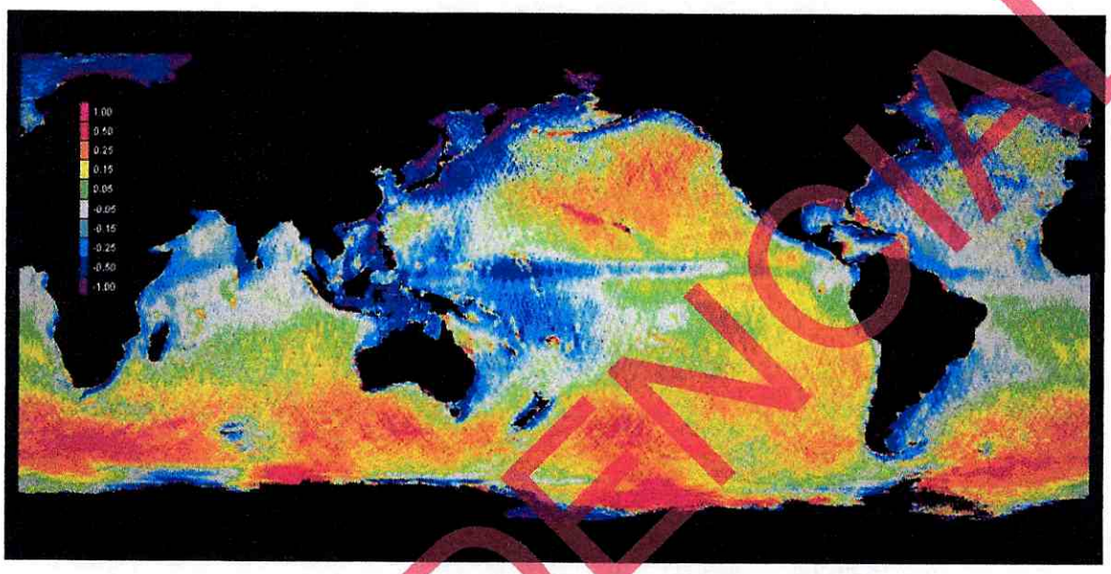


Figura 2.5: Sesgo de *hindcast* global de Baird – verano austral

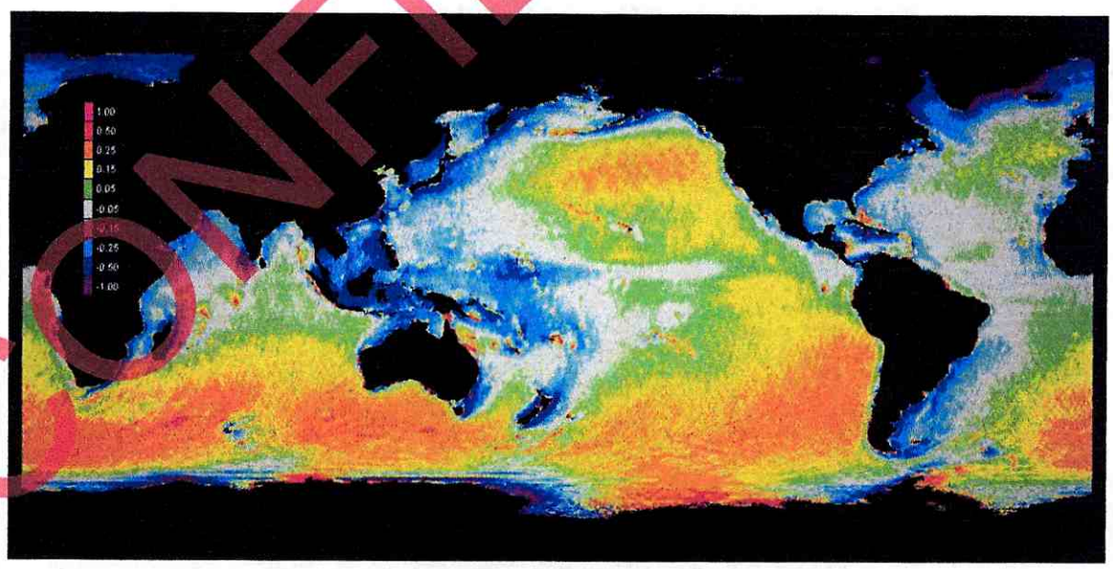


Figura 2.6: Sesgo de *hindcast* global de Baird – otoño austral

CONFIDENCIAL

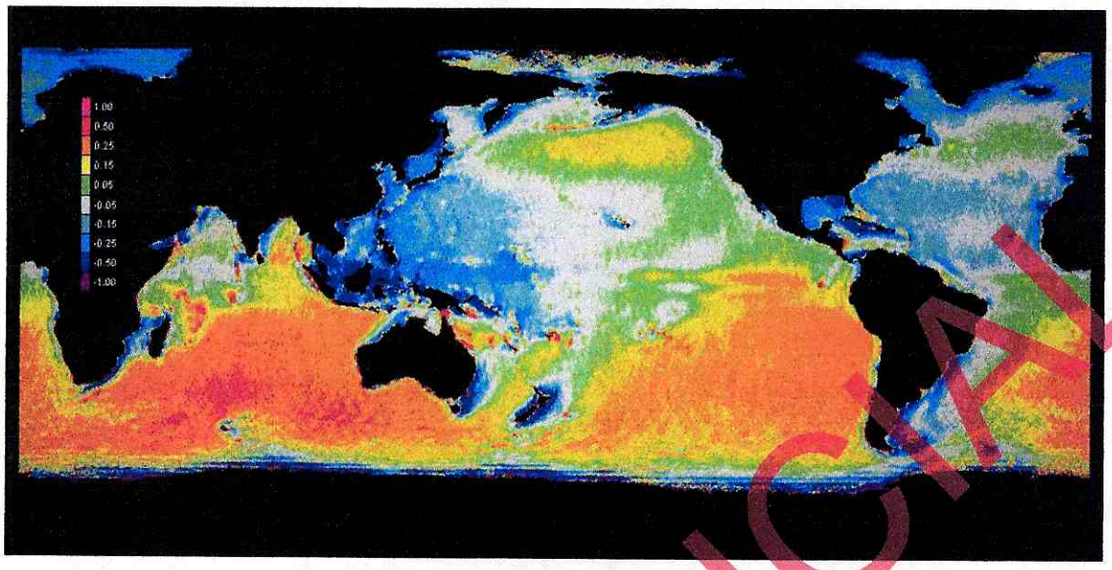


Figura 2.7: Sesgo de *hindcast* global de Baird – invierno austral

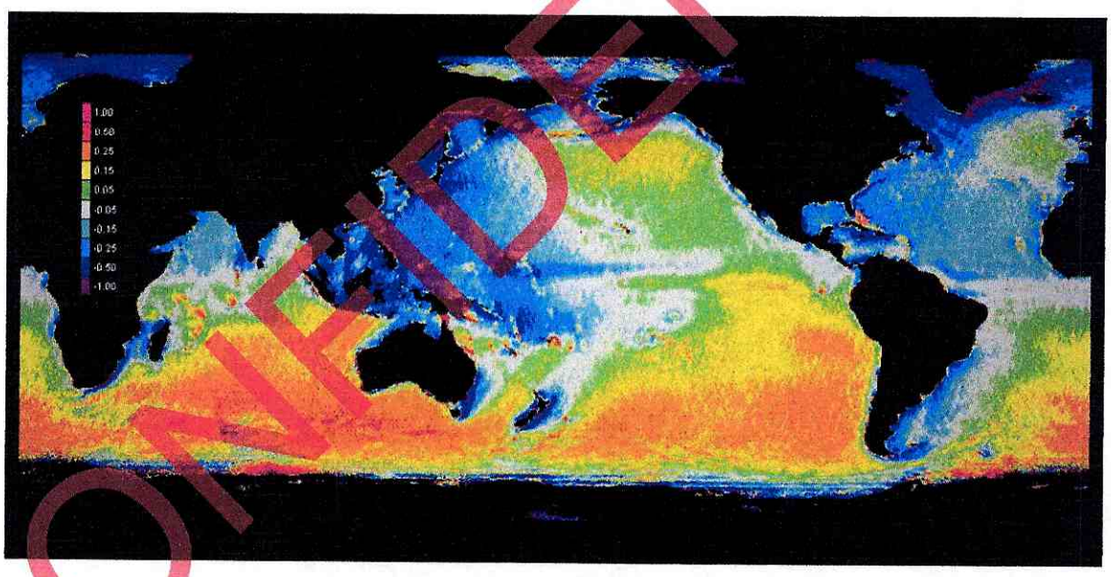


Figura 2.8: Sesgo de *hindcast* global de Baird – primavera austral

CONFIDENCIAL

En la Figura 2.9 se exponen el sesgo (BIAS) estacional del *hindcast* global de Baird para la costa Sudamericana utilizando una grilla anidada con celdas de tamaño de ¼ de grado

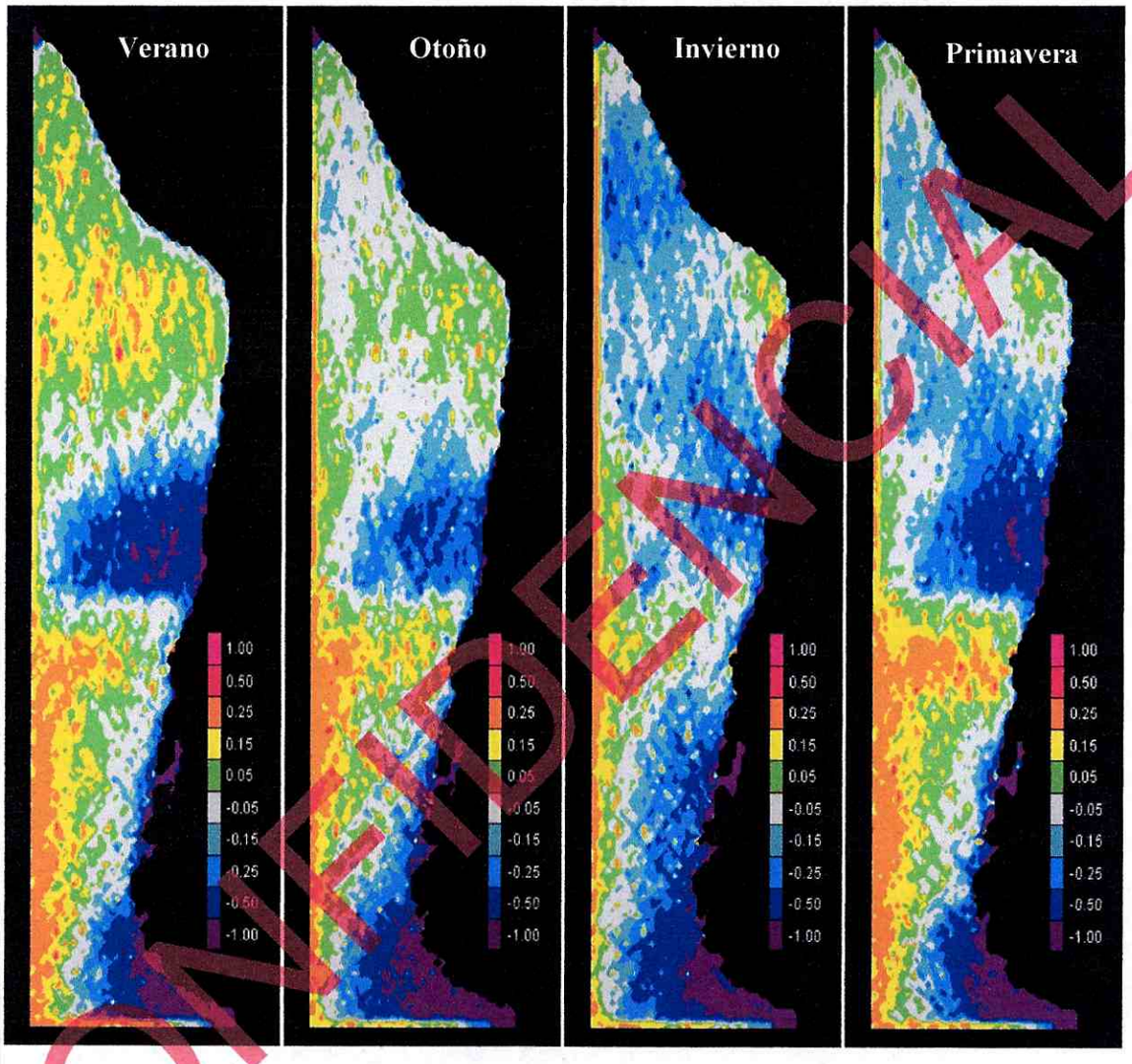


Figura 2.9: Sesgos por estación – Costa Pacífica Sudamericana

De ella es posible inferir que la diferencia entre las mediciones satelitales y las simulaciones realizadas por Baird en general son menores a 25 cm lo cual se considera adecuado dada la magnitud del dominio y la complejidad de los fenómenos físicos representados en el modelo.

CONFIDENCIAL

3.0 VALIDACIÓN OLAS CHILE V EN AGUAS PROFUNDAS

La base de datos de Olas del Pacífico – Olas Chile V se encuentra validada contra 6 estaciones de medición de oleaje realizadas por el satélite Topex y también con mediciones de boyas en las cercanías de Valparaíso. En las secciones subsiguientes se exponen los resultados de las validaciones efectuadas.

3.1 Validación con estaciones Topex

Se han realizado validaciones de la base de datos Olas Chile para distintas ubicaciones del satélite Topex en 6 localidades de Chile. En la Figura 3.1 se muestran las ubicaciones de las boyas.



Figura 3.1: Puntos de validación Olas del Pacífico – Satélite Topex

En las siguientes figuras (Figura 3.2 a 3.7) se presentan los resultados de las validaciones cuantil-cuantil de la base de datos de Olas Chile vs los resultados del Satélite Topex, mientras que en la Tabla 3.1 se encuentra la estadística de dichas validaciones.

Tabla 3.1: Posicionamiento de las boyas oceanográficas de validación

	Estadística		
Estación	**BIAS (m)**	**RMSE (m)**	**Correlación**
Topex 1	0.13	0.58	0.93
Topex 2	0.26	0.54	0.92
Topex 3	0.20	0.43	0.91
Topex 4	0.09	0.38	0.89
Topex 5	0.16	0.34	0.87
Topex 6	0.26	0.38	0.88

CONFIDENCIAL

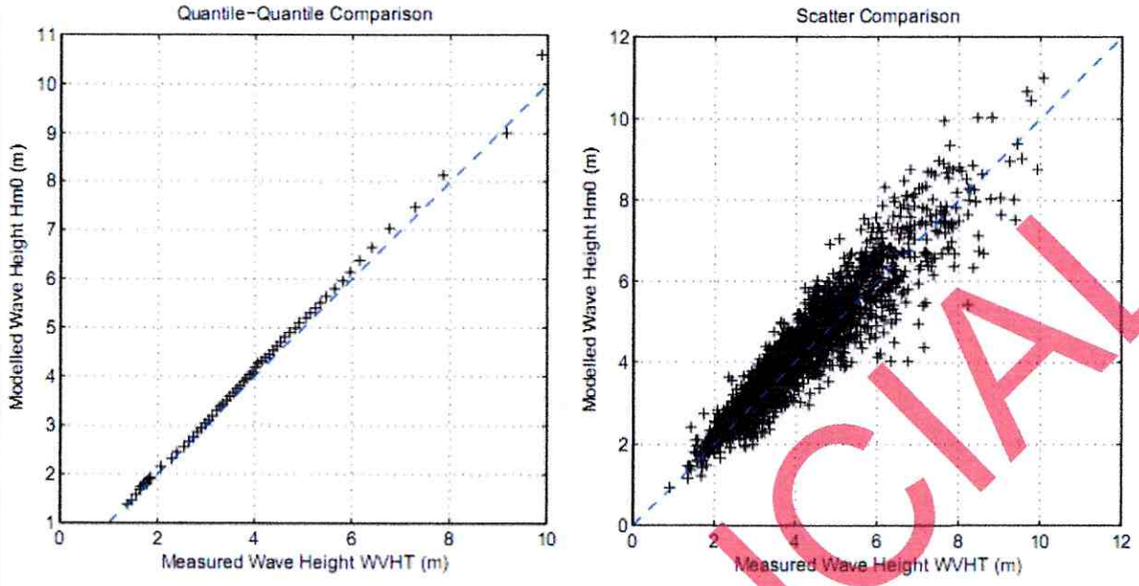


Figura 3.2: Validación Olas del Pacífico – Topex 1

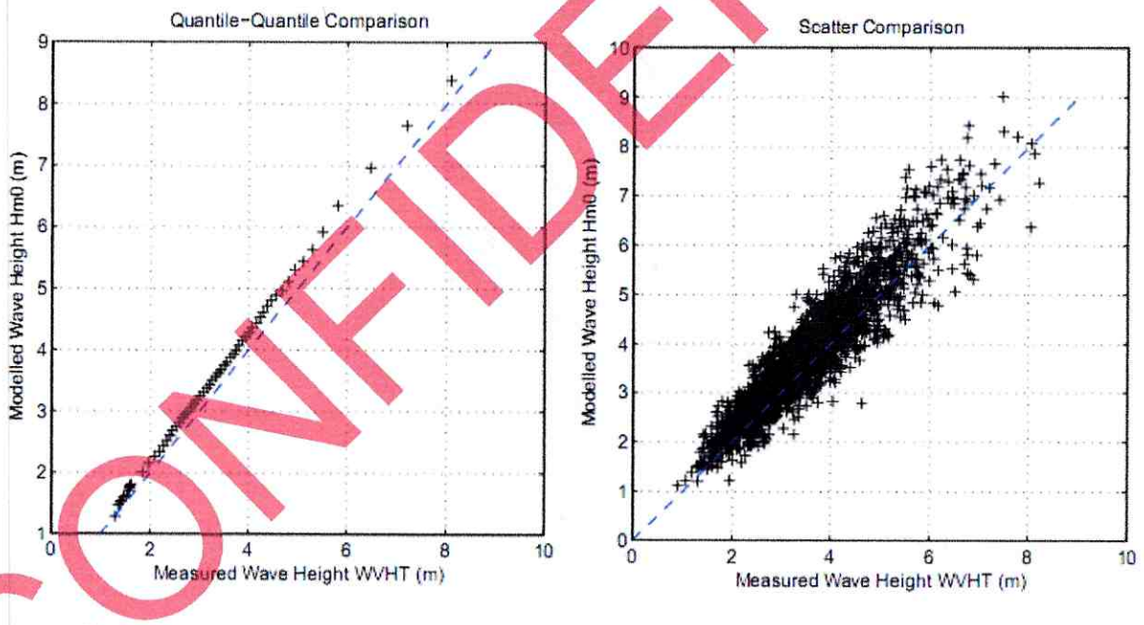


Figura 3.3: Validación Olas del Pacífico – Topex 2

CONFIDENCIAL

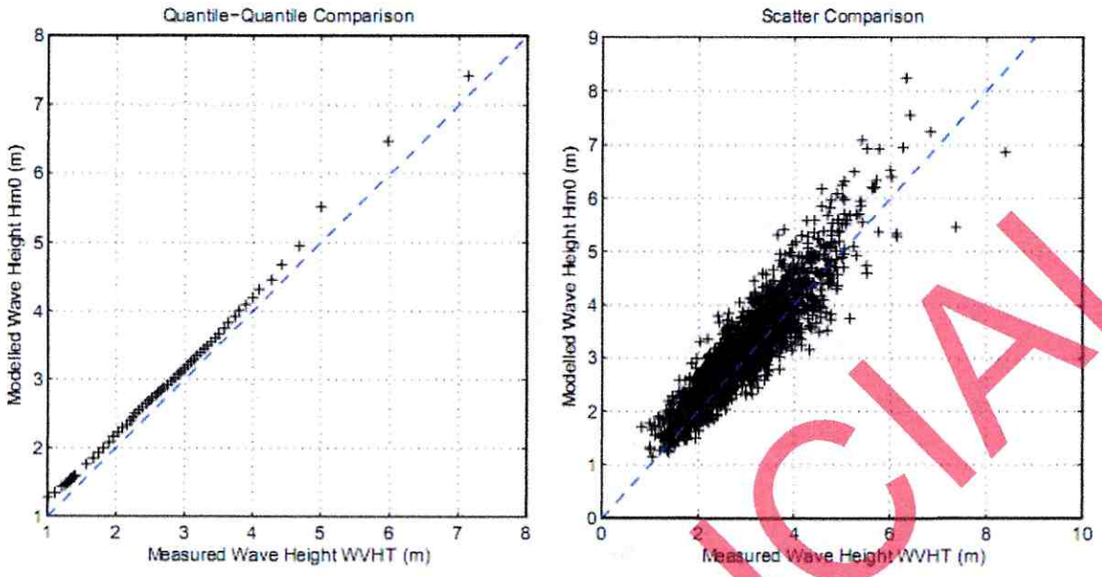


Figura 3.4: Validación Olas del Pacífico – Topex 3

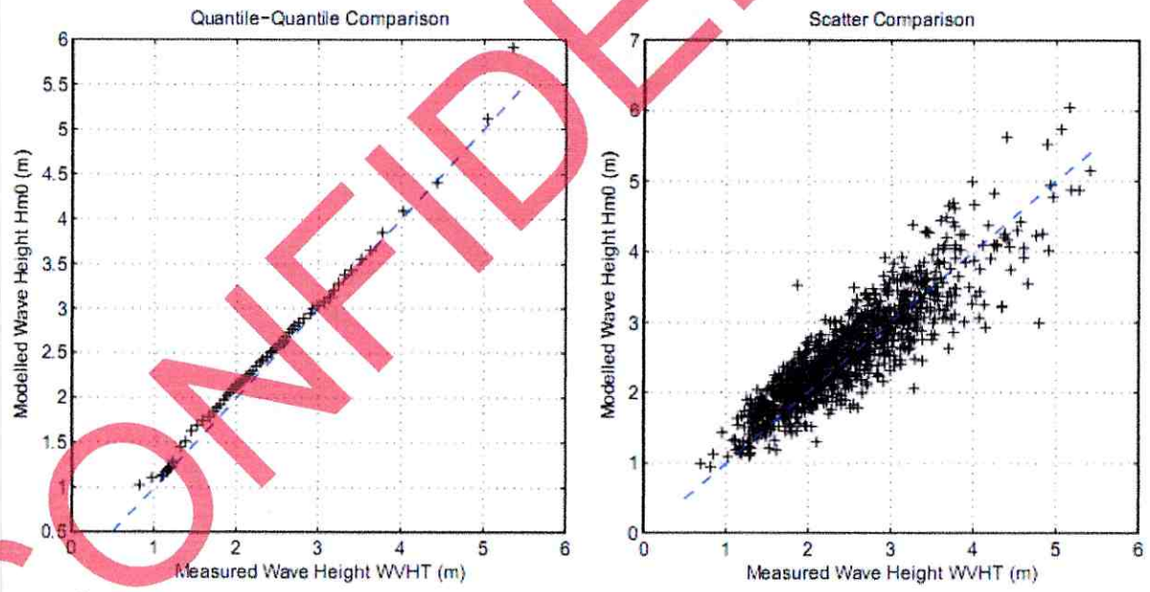


Figura 3.5: Validación Olas del Pacífico – Topex 4

CONFIDENCIAL

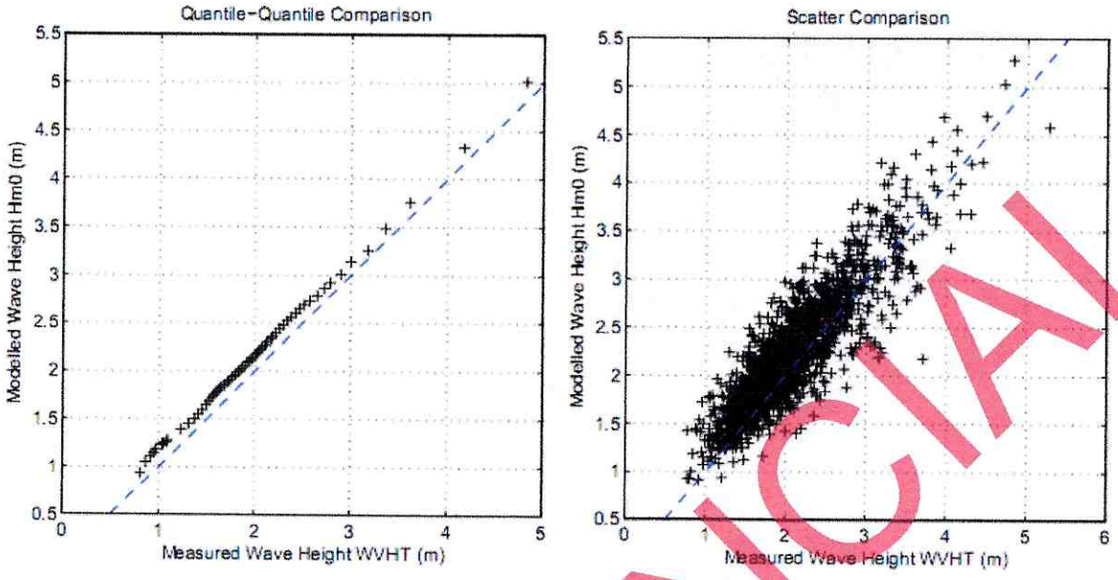


Figura 3.6: Validación Olas del Pacífico – Topex 5

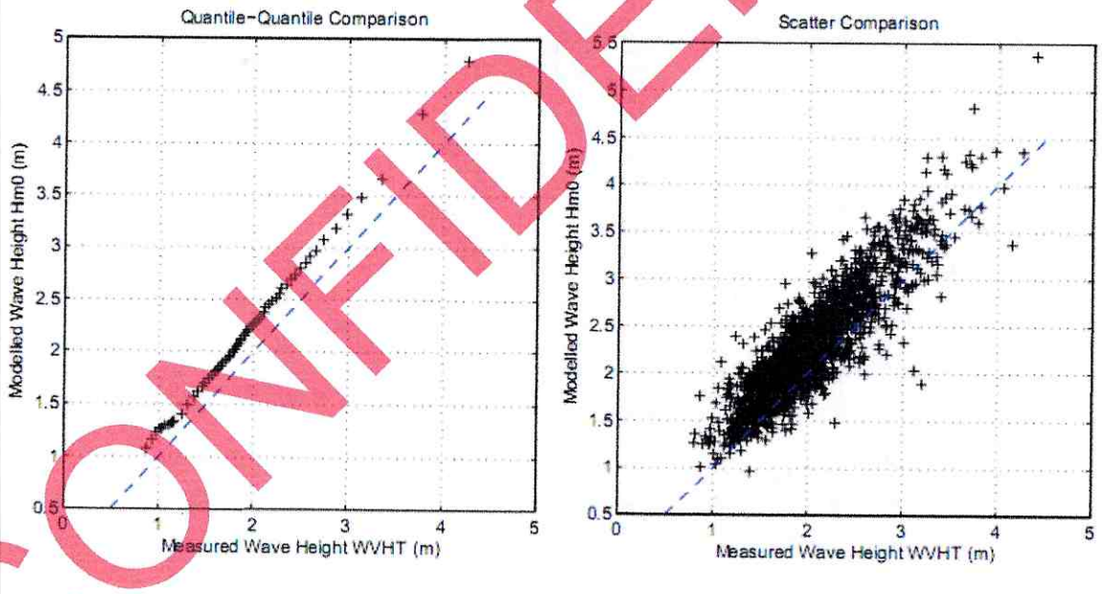


Figura 3.7: Validación Olas del Pacífico – Topex 6

CONFIDENCIAL

3.2 Validación con boyas del SHOA

Durante el proyecto Olas del Pacífico se puso especial énfasis en la validación de los resultados del *hindcast* contra las mediciones de boyas del SHOA durante los últimos años. Para realizar la validación de la base de datos en aguas profundas se dispuso de información proveniente desde las boyas oceanográficas del SHOA, TriAxys, Watchkeeper y Waverider en la bahía de Valparaíso.

Cada una de éstas se ubicó de acuerdo a información provista por el SHOA, la cual se muestra en la Figura 3.8 y se detallada en la Tabla 3.2.

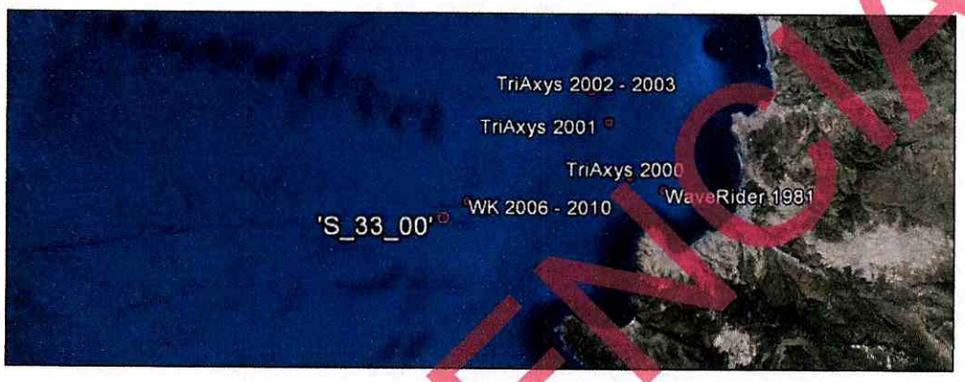


Figura 3.8: Ubicación de las boyas oceanográficas de validación

Tabla 3.2: Posicionamiento de las boyas oceanográficas de validación

Tipo de Boya	Latitud	Longitud	Profundidad	Distancia a la costa	Período de medición
Waverider	32°59'20.00"S	71°37'30.00"O	105 m	7.25 Km	05/02/81 al 13/08/81
TriAxys	32°58'31.00"S	71°39'30.00"O	110 m	10.5 Km	01/06/00 al 29/09/00
TriAxys	32°55'43.00"S	71°40'34.00"O	135 m	12.0 Km	06/04/01 al 29/12/01
TriAxys	32°54'03.63"S	71°41'32.43"O	138 m	17.3 Km	01/01/02 al 31/12/02 01/02/03 al 31/12/03
Watchkeeper	32°59'13.00"S	71°49'26.00"O	485 m	26.3 Km	24/10/06 al 26/10/07 01/09/09 al 10/10/10

Se compararon tanto las series de tiempo de parámetros de resumen como las curvas de excedencia de altura de olas para cada una de las boyas oceanográficas en sus respectivas ubicaciones en los períodos de tiempo registrados, por lo cual se desarrolló una transferencia espectral bidimensional de la base de datos de Olas Chile V hasta cada uno de los nodos, mediante la construcción de funciones de transferencia desde el modelo numérico STWAVE.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los análisis desarrollados. Se destaca que al tratarse de comparaciones de bases de datos en aguas profundas, estos son representativos de la calidad total del modelo (generación y propagación en aguas profundas) y por lo tanto se pueden considerar como válidos para el dominio completo, especialmente el Pacífico Sur.

CONFIDENCIAL

3.2.1 Comparación de las series de tiempo de parámetros de resumen

En las Figuras 3.9 a 3.15 se ilustran los resultados de las comparaciones de las series de tiempo de parámetros de resumen de oleaje en aguas profundas, para cada una de las mediciones detalladas en la Tabla 3.2, las que constituyen aproximadamente 9 años de mediciones.

Adicionalmente se han incorporado los gráficos de cuantil-cuantil a la derecha de las Figuras 3.9 a 3.15. En estas figuras, los puntos muestran la relación entre el dato de campo (mediciones) y el resultado obtenido con el modelo para la misma información. Cruza el gráfico una línea roja, que simboliza la relación directa entre mediciones y modelaciones (línea de 45°, es decir, relación uno a uno, correlación de 100%). De este modo, cada vez que los puntos se encuentren más cercanos a la línea, se interpreta que el modelo es capaz de representar de manera adecuada el comportamiento del oleaje en el lugar.

Del análisis de las figuras se advierte que en términos generales existe un comportamiento similar entre los parámetros de resumen medidos y los obtenidos mediante la transferencia del *hindcast* hacia cada una de las posiciones de las boyas oceanográficas empleadas.

a) Waverider – 6 meses de datos

En el caso de la boya waverider (Figura 3.9) sólo se han comparado la altura y período del oleaje, debido a que solo es un sensor de medición escalar (sin dirección). Se advierte que existe una similitud adecuada entre los parámetros de oleaje analizados, tanto para su evolución temporal como para su comportamiento dato a dato.

b) Triaxys – 36 meses de datos

Los resultados obtenidos para las boyas triaxys permitieron comparar las alturas, períodos y direcciones. En todos los años disponibles de esta boya en distintas ubicaciones cerca de la bahía de Valparaíso, se obtuvieron comportamientos similares entre las mediciones y los resultados del *hindcast*, tanto para su evolución temporal como para su correlación dato a dato.

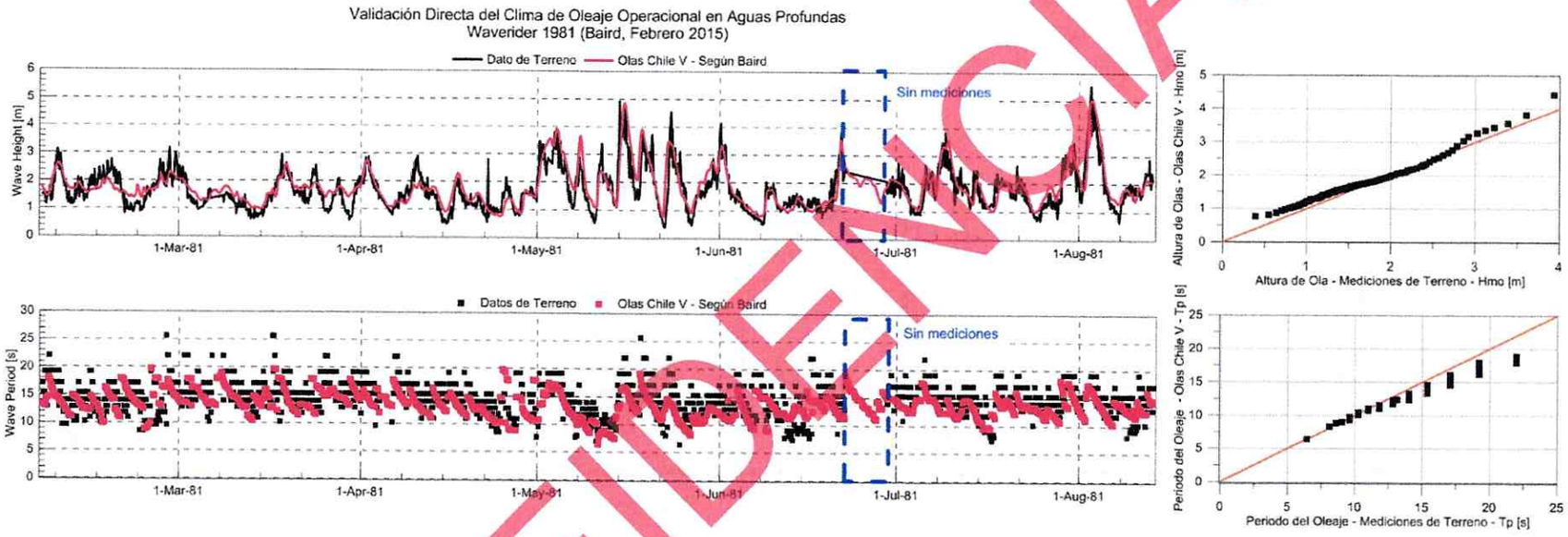
Del análisis de las figuras de la boya triaxys (Figura 3.10 a Figura 3.13) se concluye que la base de datos en aguas profundas es capaz de representar de manera adecuada las condiciones operacionales del oleaje, asi como también los eventos de mayor energía para los tres parámetros de resumen analizados.

c) Watchkeeper – 24 meses de datos

La boya direccional watchkeeper mostró resultados similares a los obtenidos previamente por los sensores waverider y triaxys, siendo similares las series de tiempo simuladas y medidas, para los parámetros de resumen del oleaje analizados. Estos se presnetan en las Figuras 3.14 y 3.15.

La correspondencia entre las alturas, períodos y direcciones muestran que la base de datos de Olas Chile V es capaz de simular las bimodalidades propias de las condiciones de oleaje en las costas de Valparaíso, debido a que tanto los cambios de períodos como de direcciones en el tiempo son representados de manera adecuada.

CONFIDENCIAL



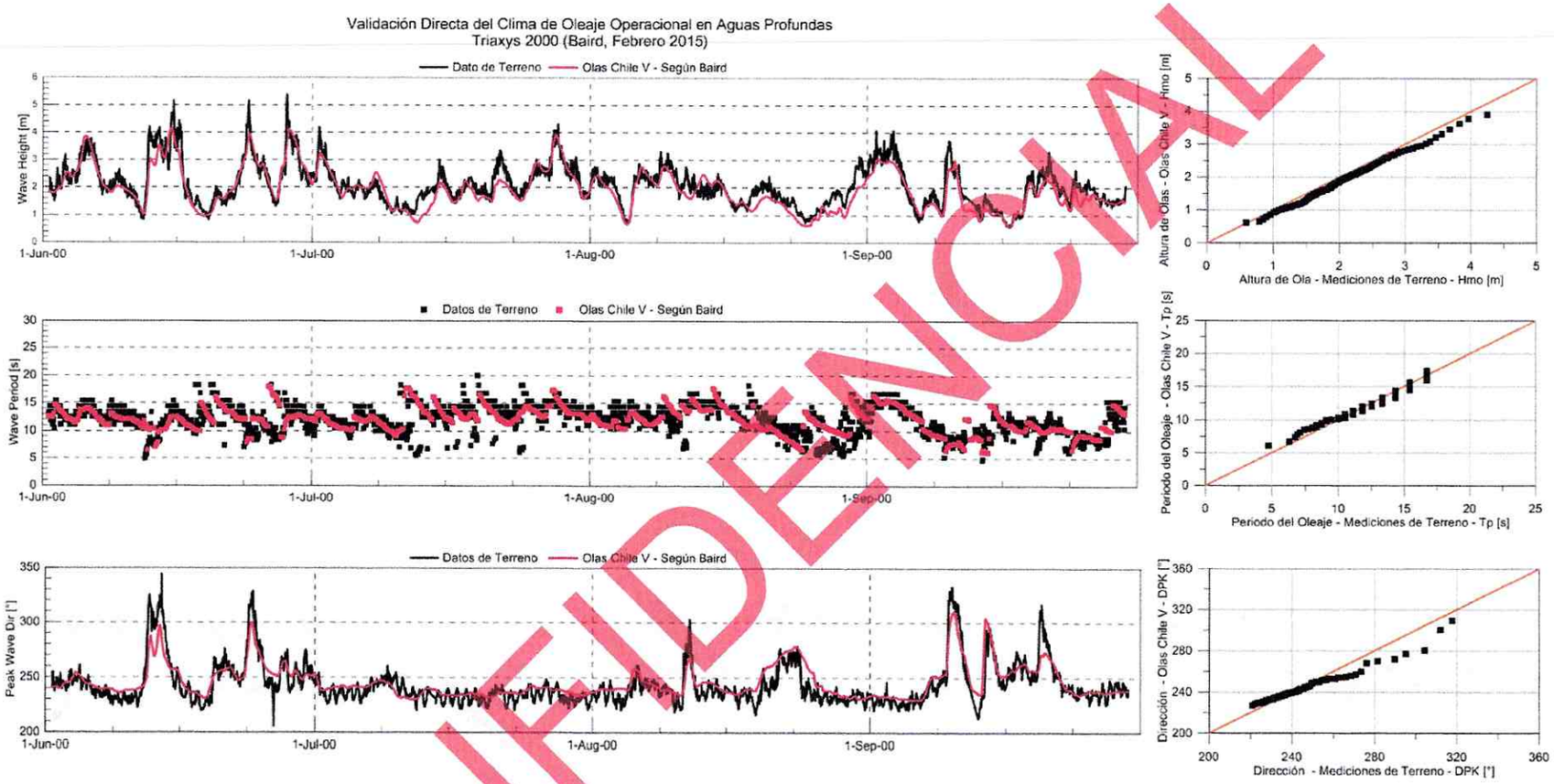
Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.9: Validación directa en aguas profundas, boya Waverider 1981 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL

000633

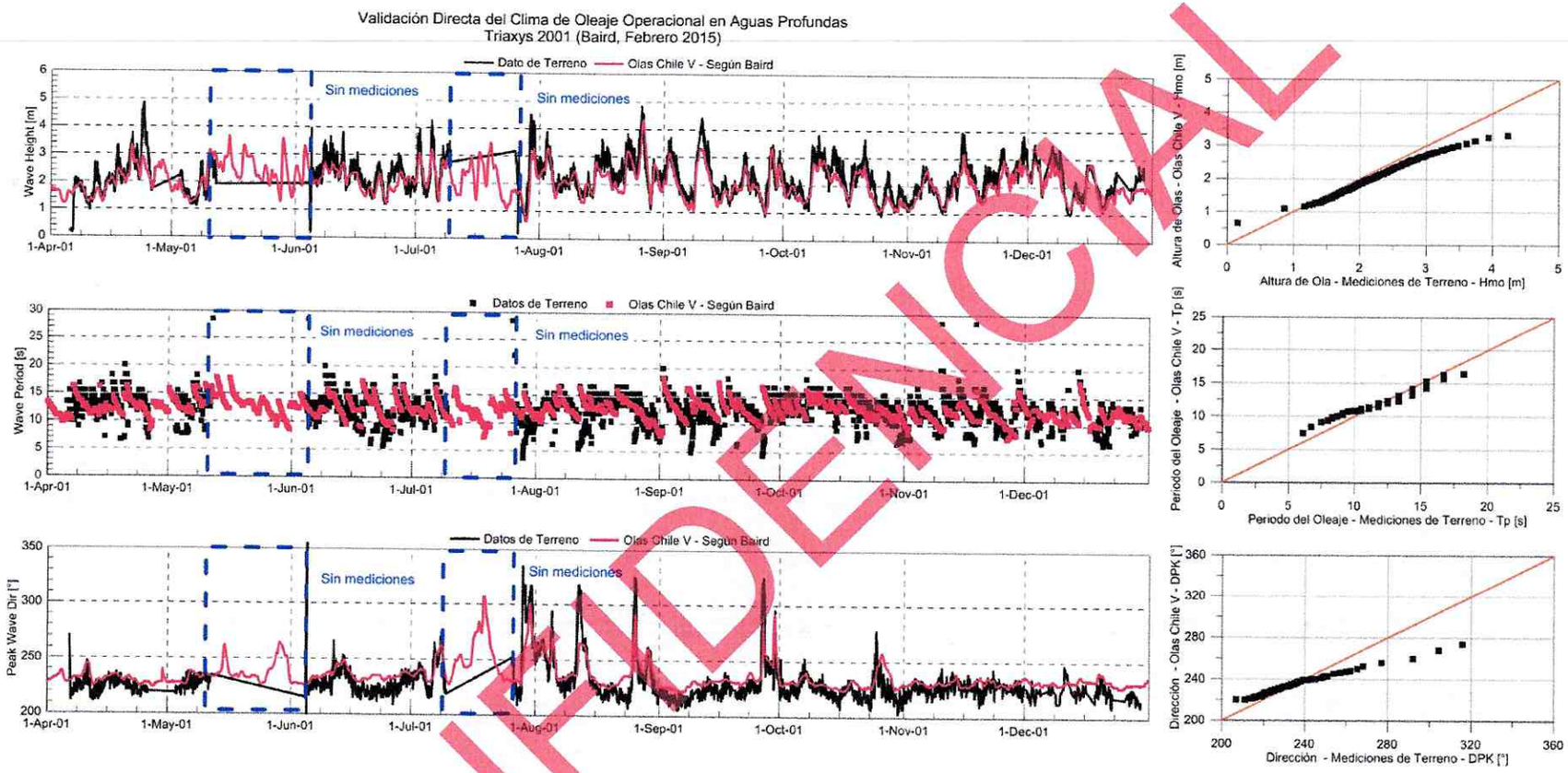


Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.10: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2000 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL



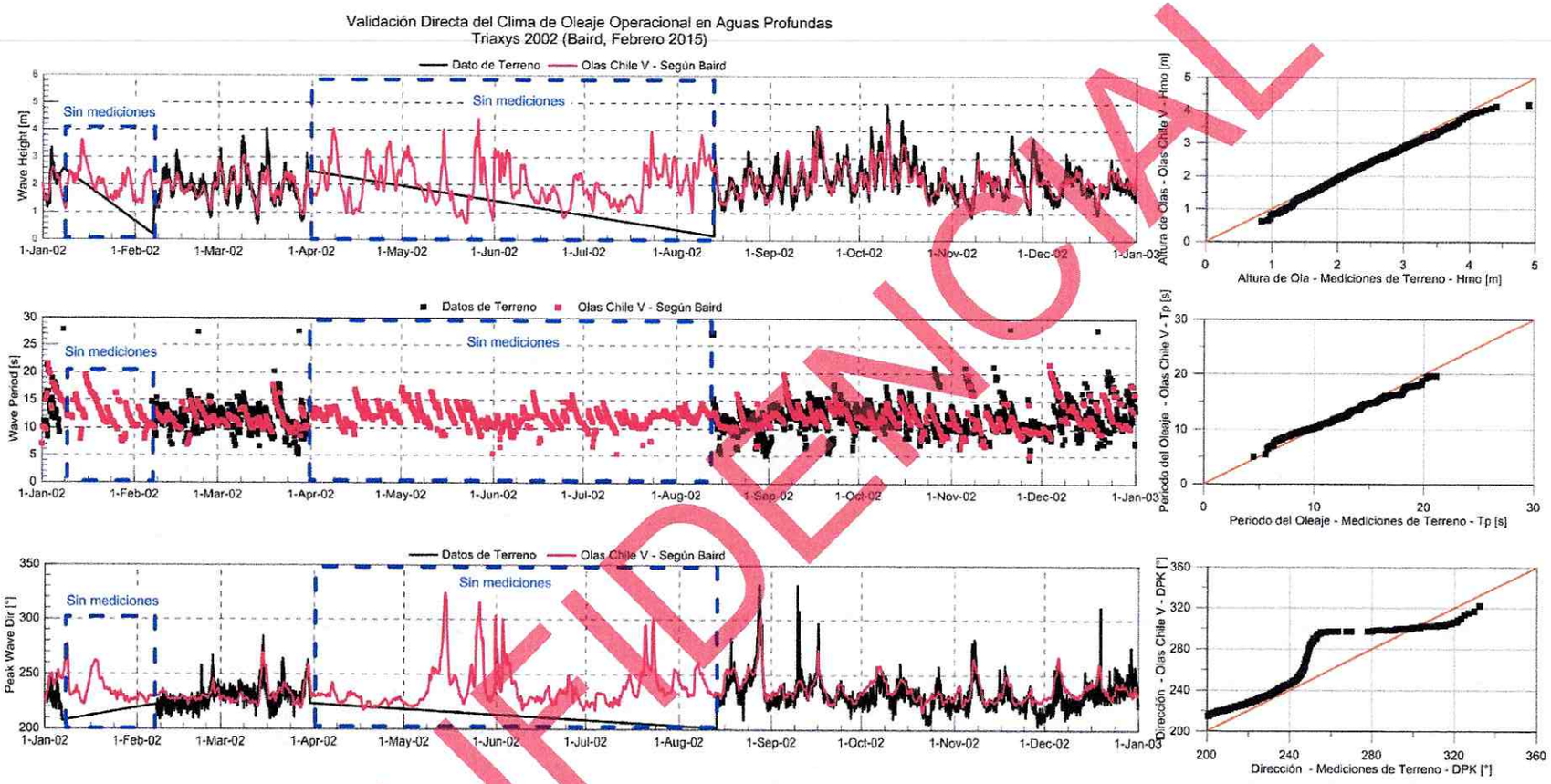
Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.11: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2001 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL

000625

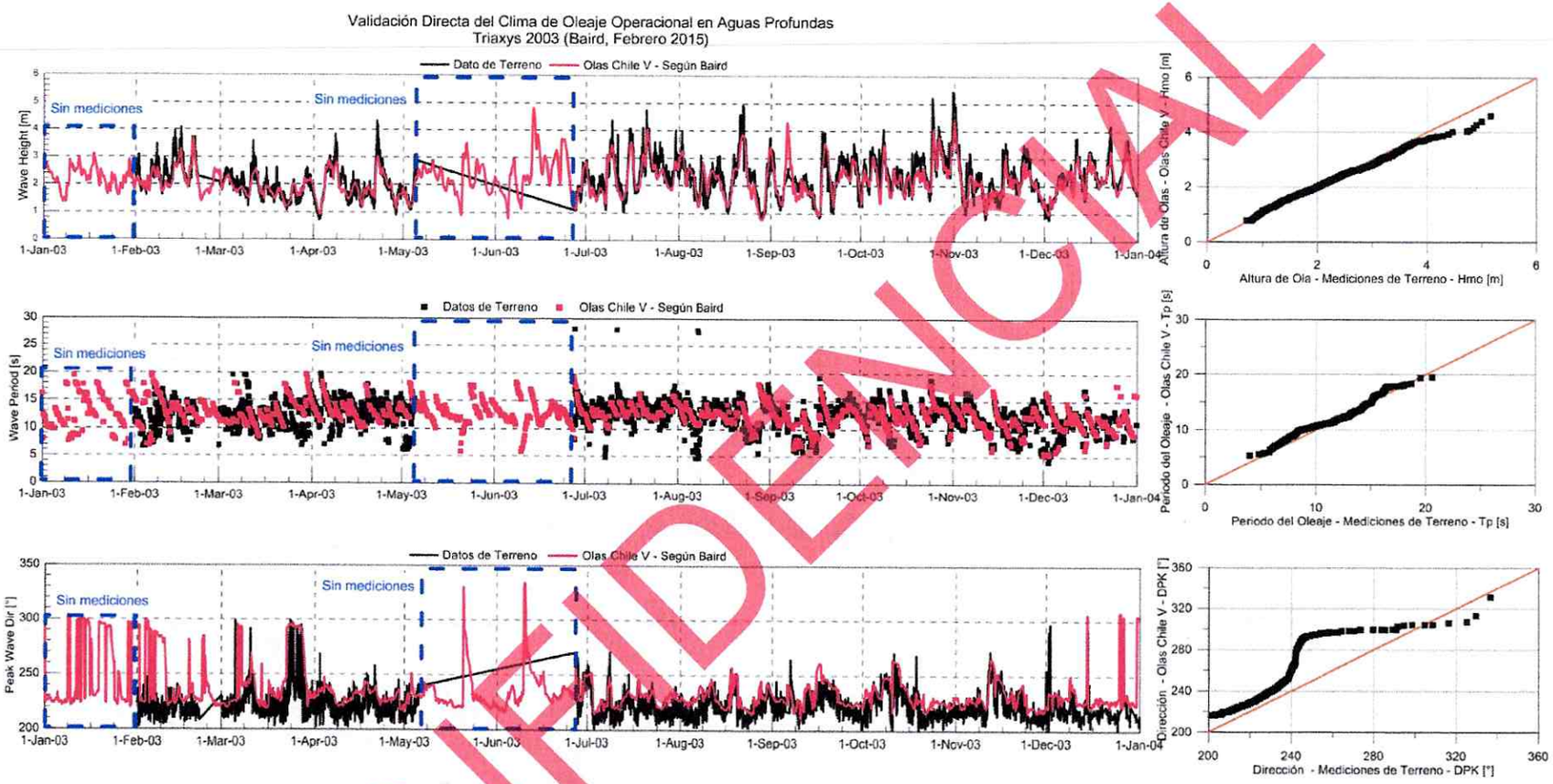


Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.12: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2002 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL



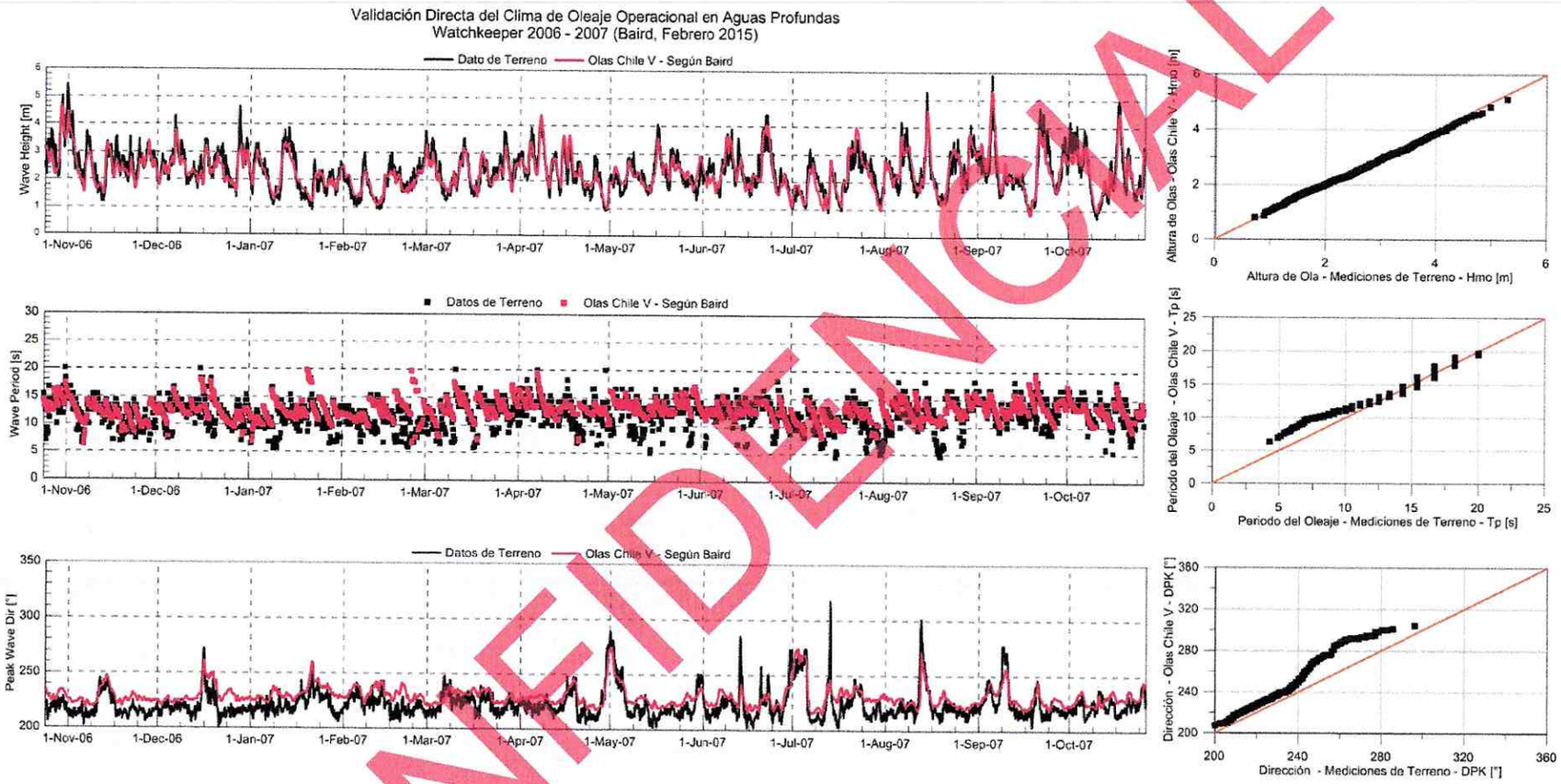
Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.13: Validación directa en aguas profundas, boya Triaxys 2003 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL

3

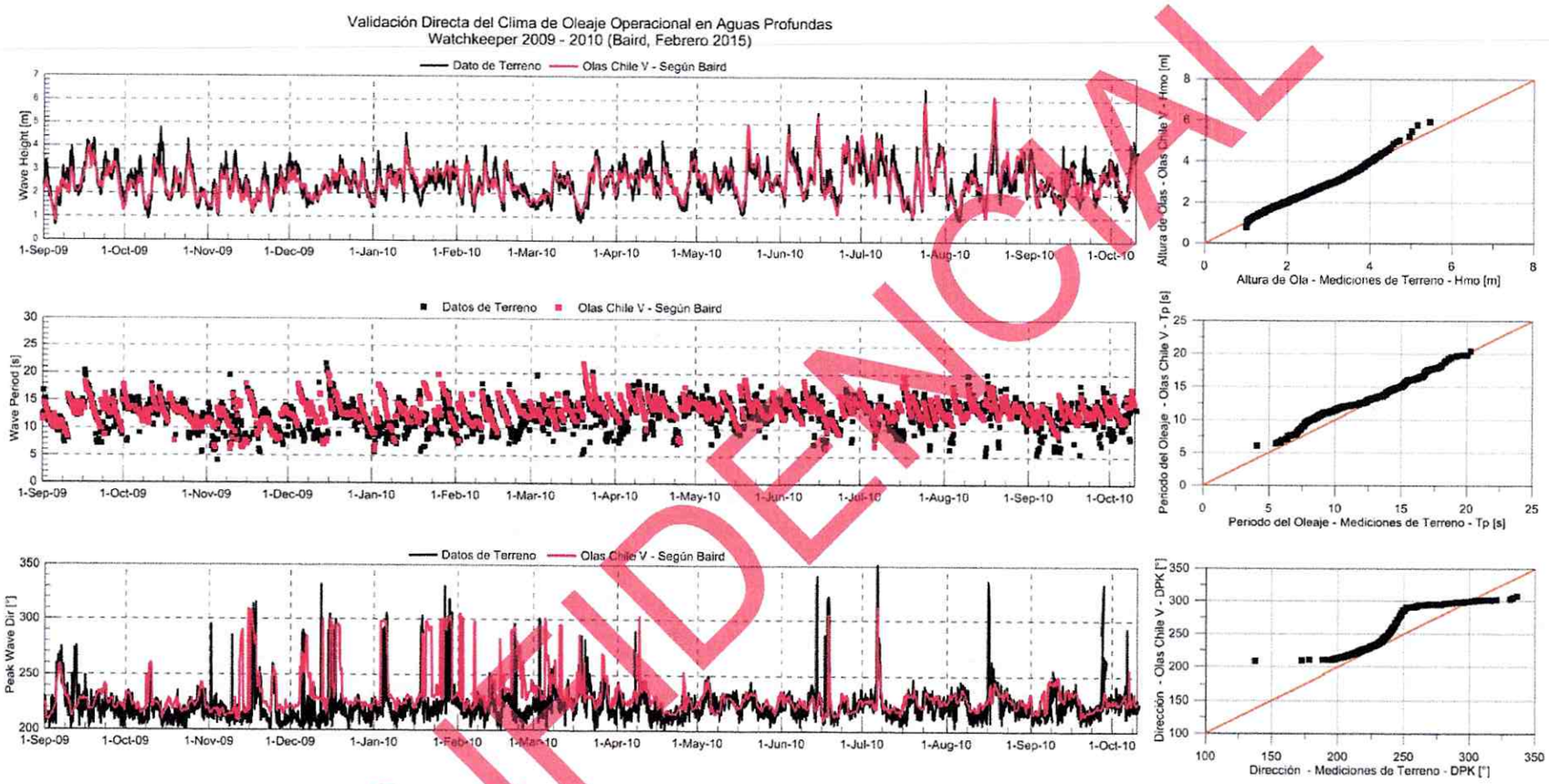


Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.14: Validación directa en aguas profundas, boya Watchkeeper 2006-2007 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL



Izq) Comparaciones en serie de tiempo

Der) Comparaciones dato a dato

Figura 3.15: Validación directa en aguas profundas, boya Watchkeeper 2009-2010 v/s Olas Chile V

CONFIDENCIAL

0900629

3.2.2 Comparación de las curvas de excedencia de altura de ola

En las Figuras 3.16 a 3.18 se muestran los resultados obtenidos de la comparación de las curvas de excedencia para cada una de las boyas oceanográficas empleadas. Del análisis de estas se advierte que la base de datos de Olas Chile V representa de manera adecuada las condiciones de oleaje en aguas profundas a intermedias.

a) Waverider – 6 meses de datos

En la Figura 3.16 se presentan los resultados para el caso específico de la boya Waverider, las curvas de excedencia ilustradas muestran una similitud adecuada con leve tendencia de la base de datos de Olas Chile V al subestimar las alturas de olas asociadas a probabilidades de excedencia mayores al 40%. Sin embargo esta diferencia no supera los 50 cm (como valor máximo para olas excedidas sólo el 3% del tiempo).



Figura 3.16: Comparación de las curvas de excedencia para la boya Waverider

CONFIDENCIAL

b) Triaxys – 36 meses de datos

En la Figura 3.17 se muestran los resultados obtenidos de la comparación de las curvas de excedencia de altura de olas para los años 2000 (a), 2001 (b), 2002 (c) y 2003 (d) medidos con la boya triaxys. Cada uno de estos períodos de tiempo mostró valores similares entre las mediciones y los datos del *hindcast* proveniente de la base de datos de Olas Chile V. Aquí, las diferencias no sobrepasan los 20 centímetros en promedio para los cuatro años de estadísticas analizados.

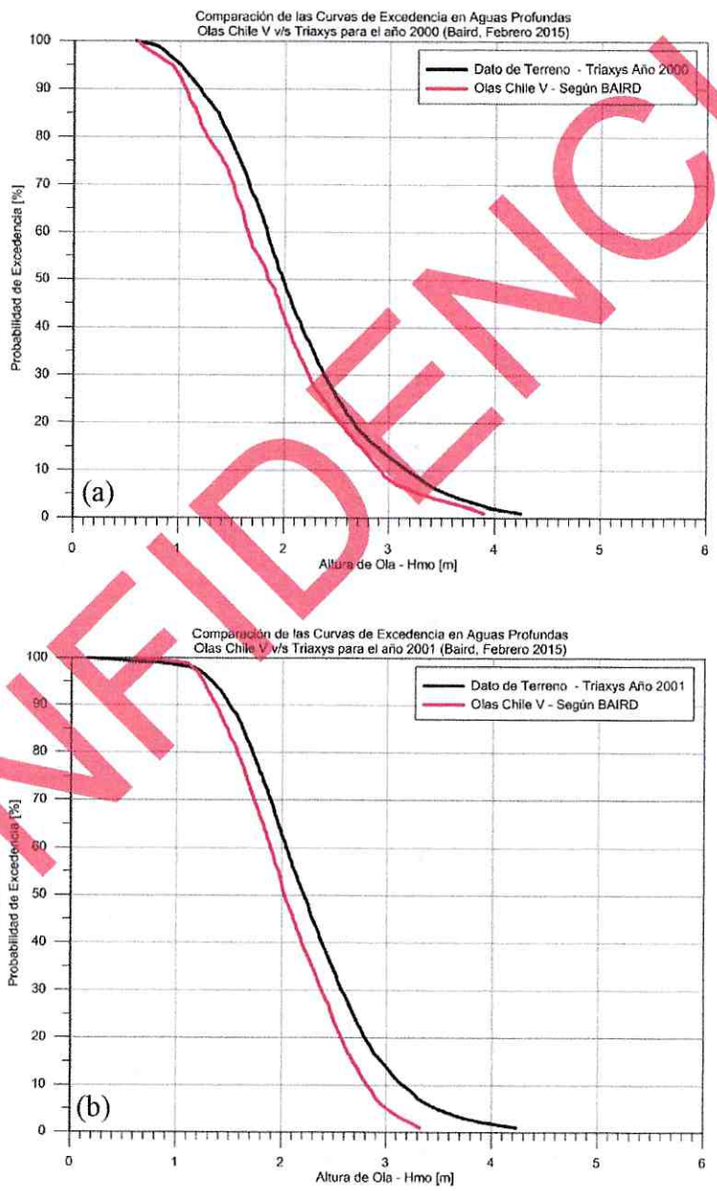
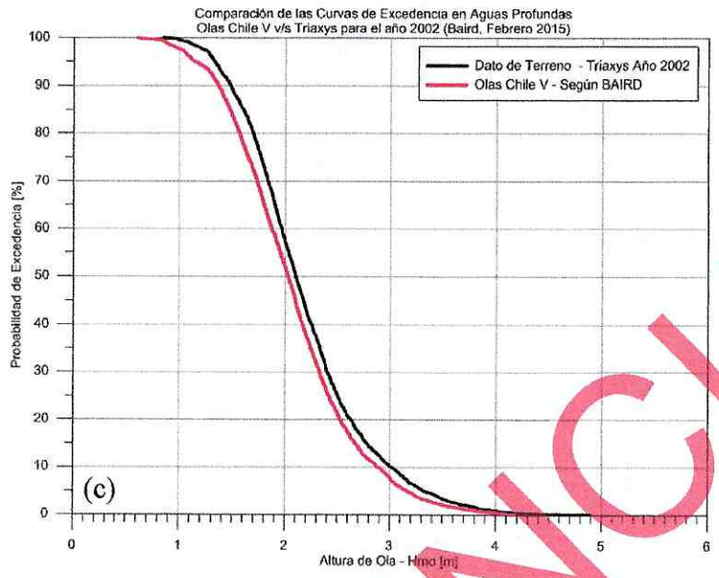
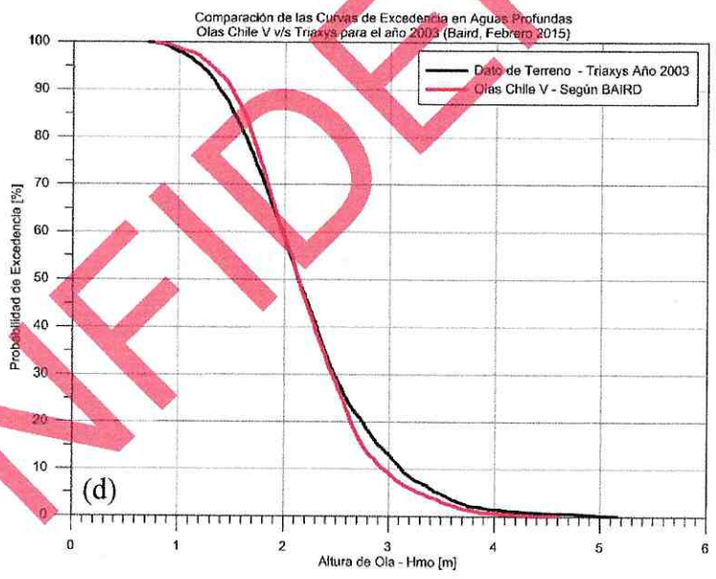


Figura 3.17: Comparación de las curvas de excedencia para la boya TriAxys

CONFIDENCIAL





Continuación Figura 2.12

CONFIDENCIAL

c) *Watchkeeper - 24 meses de datos*

En la Figura 3.18 se exponen los resultados para las mediciones de la boya Watchkeeper (2006 a 2007 y 2009 a 2010) y el *hindcast* Olas Chile V para los mismos periodos de tiempo.

En ella se muestran los resultados de la comparación de las curvas de excedencia de las mediciones para ambas periodos de mediciones. En ambos casos se aprecia que la base de datos de Olas Chile V tiende a un ajuste adecuado, con diferencias no significativas para olas que solo se exceden el 20% del tiempo para ambos periodos de mediciones.

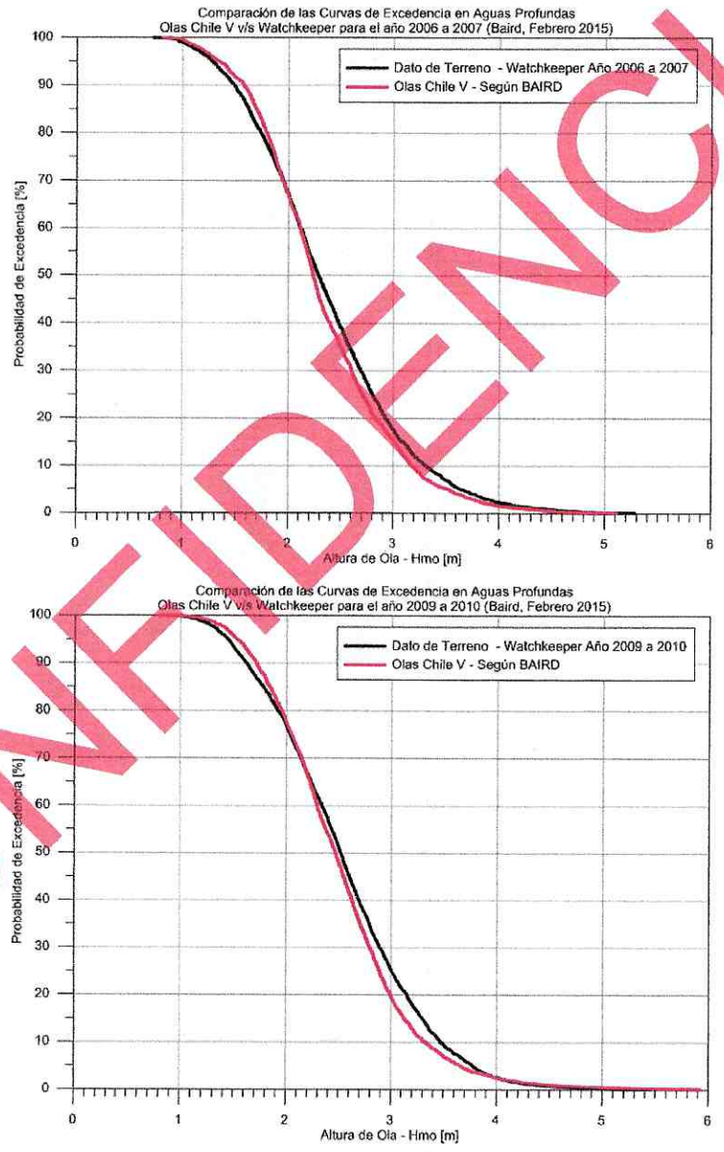


Figura 3.18: Comparación de las curvas de excedencia para la boya Watchkeeper

CONFIDENCIAL

4.0 TRANSFERENCIA DE OLEAJE

4.1 Metodología

Se efectuó un análisis de refracción y shoaling del oleaje para transferir las condiciones de las olas obtenidas del *hindcast* en aguas profundas hacia tres puntos ubicados en Punta Cotitira. Este proceso de transformación simula los cambios en la altura y dirección de ola de acuerdo con la respuesta del oleaje a la batimetría en aguas someras.

Para simular la transformación del oleaje se utilizó el modelo espectral STWAVE (*STeady state spectral WAVE model*), que fue desarrollado por el USACE (*US Army Corps of Engineers*). Este modelo tiene la capacidad de simular espectros de olas irregulares, multidireccionales y los procesos de refracción, shoaling, rompiente, interacción olas-corrientes y difracción.

Es importante hacer notar que la difracción en el modelo está incluida como un suavizado numérico de la energía de olas en cada columna de la grilla del modelo, de manera de evitar gradientes de energía muy pronunciados.

Con STWAVE, se simularon las condiciones de oleaje en aguas profundas para direcciones desde el SSW al NNW, con un incremento de 15°, para períodos (Tp) de 6 a 24 seg. y condiciones de altura significativa del oleaje unitaria (Hmo= 1). Dichas simulaciones se realizaron con una grilla externa más espaciada (100m X 100m), que coincide con las direcciones principales del oleaje para la zona de interés (SW, W y NW); y una grilla interna de mayor resolución (20m X 20m), representadas en la Figura 4.1.

Las grillas externas fueron extendidas hasta una profundidad de al menos 500 metros, de modo de asegurar que los coeficientes de transferencia resultantes pudieran ser aplicados a los espectros de energía en aguas profundas directamente.

El uso de un sistema de dos grillas es beneficioso, ya que permite simular la amplia zona de la plataforma submarina con mayor espaciamiento, mientras que los detalles dentro de la zona de estudio pueden ser simulados con una mejor resolución.

Para proceder con el análisis de transferencia, primero fueron simuladas las olas en la grilla externa, para luego extraer sus resultados sobre el borde de entrada del modelo más fino. De este último modelo se extraen los resultados de los nodos de análisis, cuya ubicación y profundidad se presentan en la Tabla 4.1. El nodo N1 corresponde a un punto de interés para el desarrollo de un terminal marítimo, mientras que Ninv y Nver son los nodos de validación con las mediciones en aguas someras para las campañas de inverno y verano, respectivamente.

Las cartas SHOA 1200, 1231 y 1233, edición 2006, fueron utilizadas como base para la construcción del modelo batimétrico. Dichas cartas poseen información suficiente para una correcta modelación en la zona cercana a la ubicación del proyecto.

Las simulaciones fueron realizadas considerando una marea media de 0.80 m en el puerto patrón de Iquique, de acuerdo a las Tablas de Marea de la Costa de Chile, año 2010, publicadas por el SHOA.

CONFIDENCIAL

Tabla 4.1: Ubicación de los nodos de extracción de datos de olas

Nodo	Lat/Long		UTM		Profundidad (en modelo)
	Latitud	Longitud	Este	Norte	
N1	20°43'55.93" S	70°11'43.45" W	375,451	7,706,991	28.7 m
Ninv	20°43'52.32" S	70°11'34.16" W	375,804	7,707,143	15.2 m
Nver	20°43'52.22" S	70°11'34.13" W	375,805	7,707,146	14.9 m

Notas: Coordenadas aproximadas de los nodos en UTM, Datum WGS84
N1 –ubicación del terminal proyectado
Ninv– nodo de mediciones campaña de invierno
Nver – nodo de mediciones campaña de verano

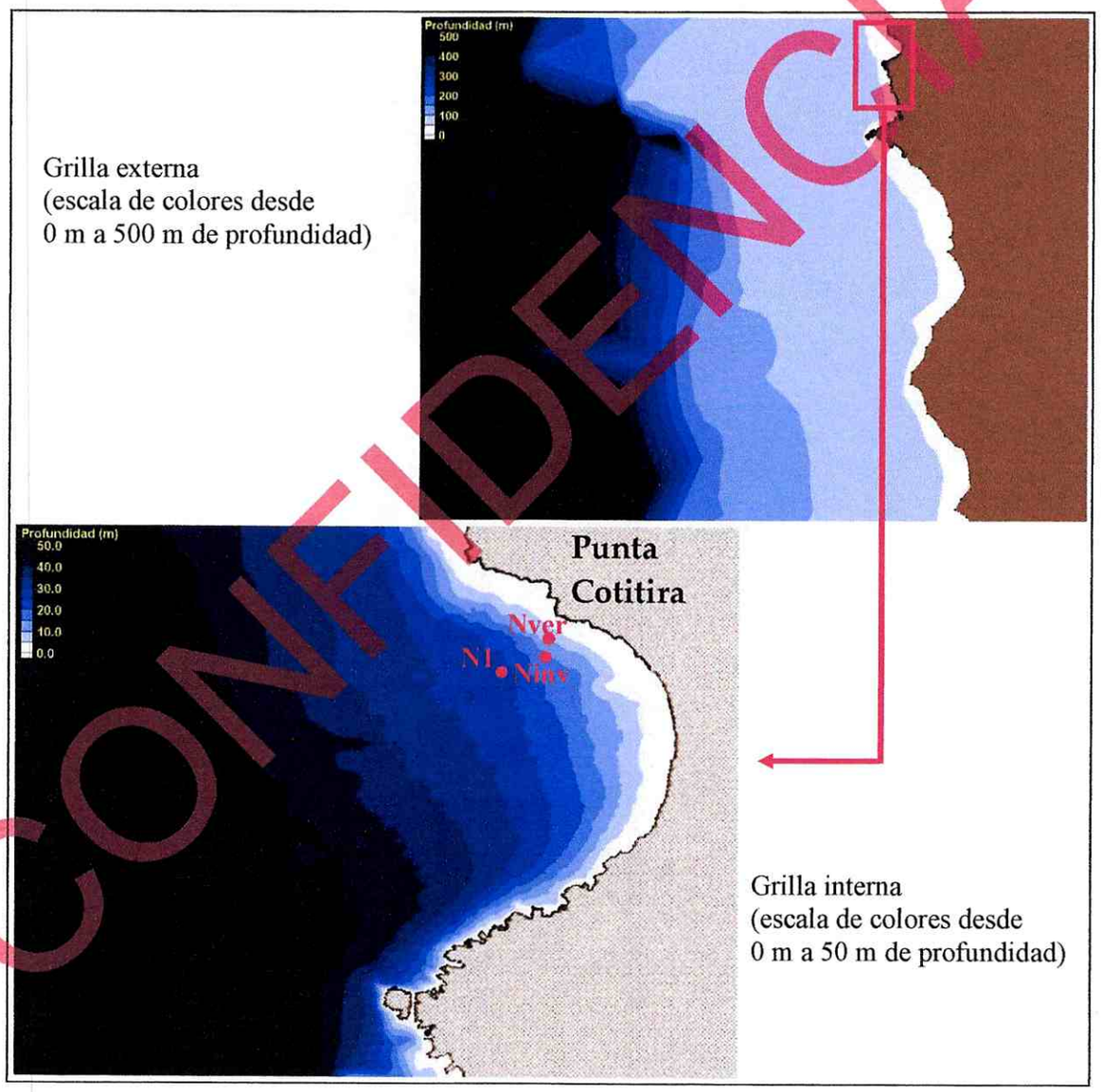


Figura 4.1: Grillas utilizadas para modelar la transformación de olas

CONFIDENCIAL

4.2 Resultados del modelo de transferencia – Olas operacionales

Se realizaron un total de 110 simulaciones con STWAVE, cuyos parámetros de oleaje se encuentran en el Anexo A. Luego de esto, la altura y dirección de ola fueron extraídas de la grilla *nearshore* en los puntos definidos (N1, Ninv y Nver).

Las Figura 4.2 presenta los resultados típicos del modelo STWAVE para las siguientes condiciones ingresadas: Hmo = 1,0 m, Tp = 14seg, DPK = SW.

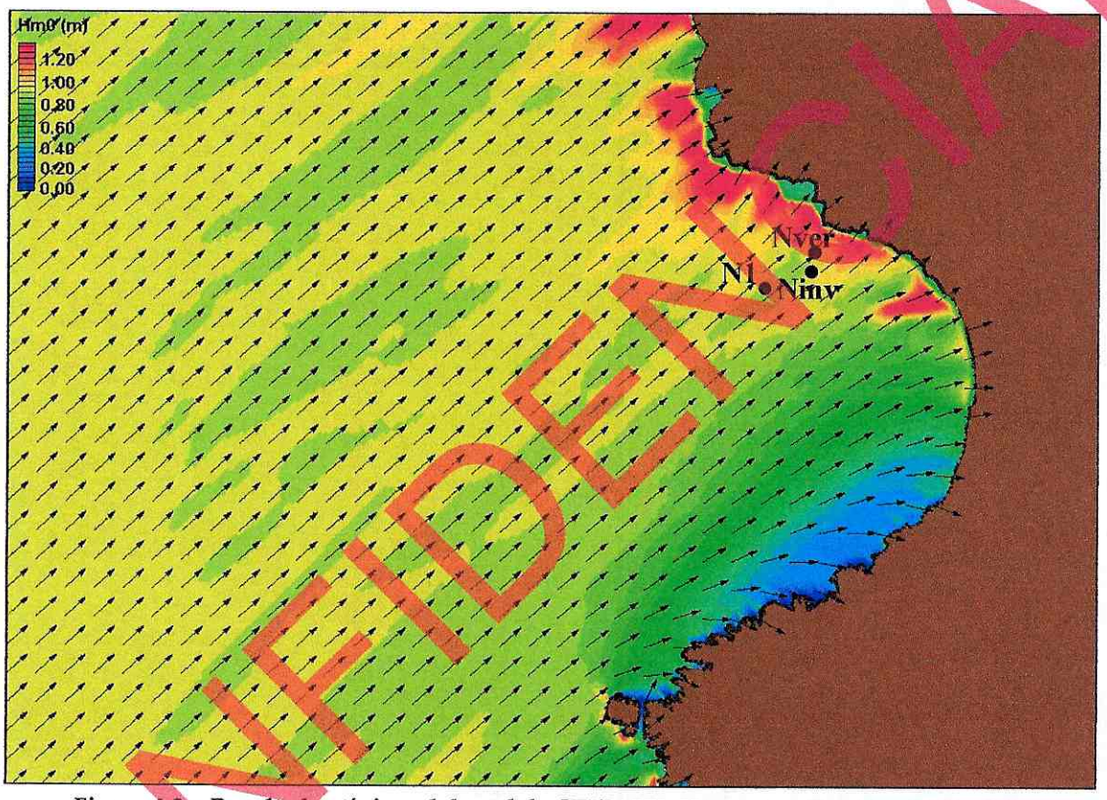


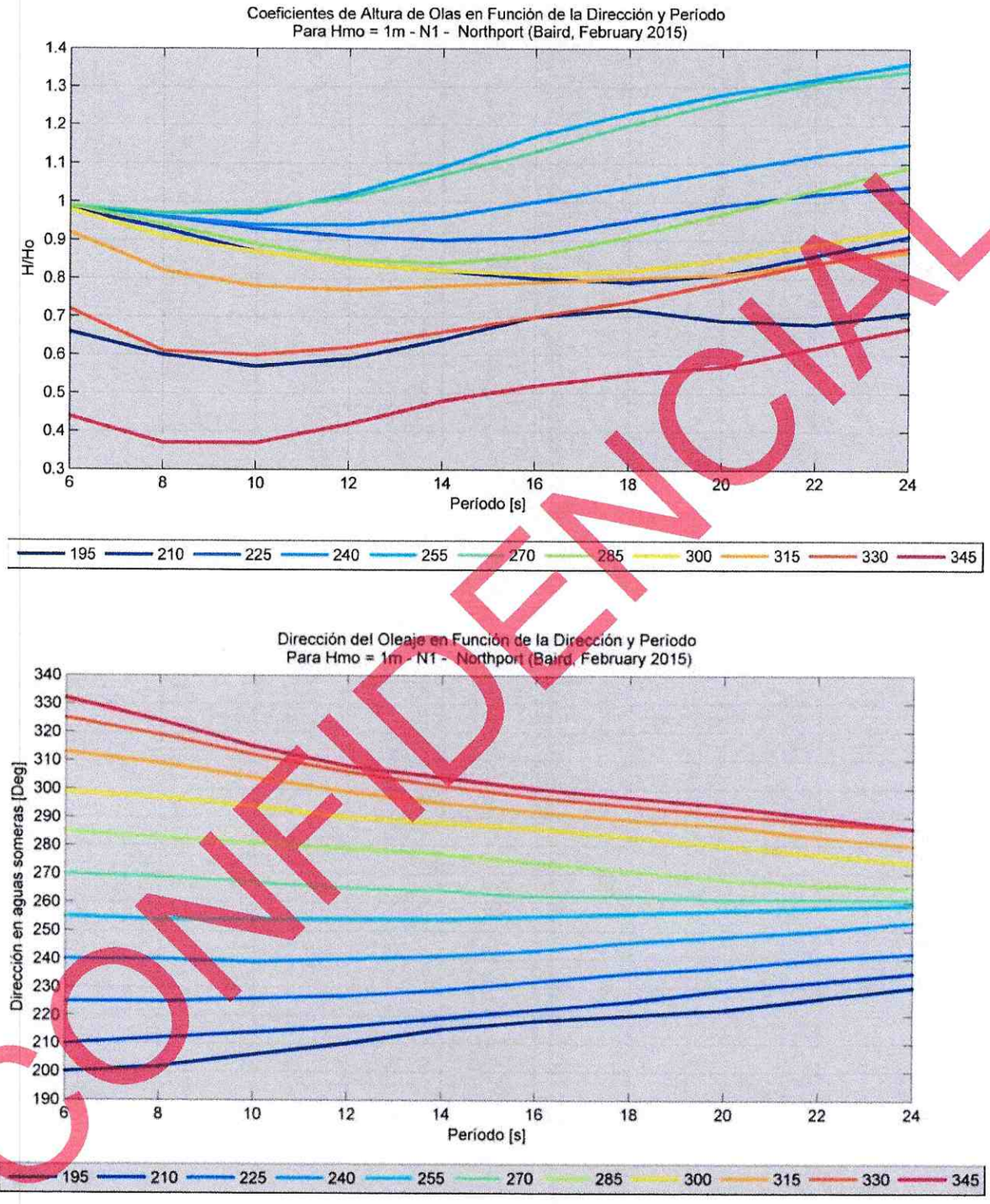
Figura 4.2: Resultados típicos del modelo STWAVE: Hmo = 1m, Tp=14 s, DPK= SW.

CONFIDENCIAL

Se creó una base de datos que define el cambio en la altura y dirección de olas en los nodos N1, Ninv y Nver para cada una de las 110 condiciones ingresadas. Estas funciones permiten obtener coeficientes de altura de ola (altura de ola refractada dividida por la altura de ola *offshore*) y la dirección de ola en aguas someras en la localización del nodo considerado como una función de la dirección y período de ola en aguas profundas. La representación de estas funciones de transferencia de la altura y dirección del oleaje se muestra en la Figura 4.3 para el nodo N1.

Con estas funciones se transfiere el espectro 2D hacia los nodos de interés. Esto se realiza aplicando a cada uno de los "*bins*" del espectro de energía el correspondiente coeficiente de altura de oleaje y el cambio de dirección asociado, para luego ensamblar el espectro resultante en aguas someras, el cual es integrado de modo de obtener los parámetros de resumen respectivos. Para la ejecución de este proceso se utiliza un algoritmo contenido en el programa Ref-Spec, desarrollado por Baird. Esta metodología fue descrita en detalle, junto con una comparación con otras metodologías de transferencia, en la memoria de título de Nicolau, F. (2004). Siguiendo esta metodología se asegura una transferencia adecuada de todos los componentes de olas en los espectros direccionales hacia los puntos de interés, logrando una representación estadística adecuada del clima de olas operacional en el sitio.

CONFIDENCIAL



CONFIDENCIAL

Figura 4.3: Funciones de transferencia desde aguas profundas hasta nodo N1

5.0 RESULTADOS: CLIMA DE OLEAJE OPERACIONAL

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la transferencia del clima de olas operacional en aguas profundas del nodo S20_45 hacia la ubicación del terminal proyectado en Punta Cotitira, tal como fue descrito en el capítulo 3. Los resultados son presentados en forma de gráficos y tablas, las que se describen a continuación:

- Tabla Bi-variable de altura significativa por período peak. Esta tabla presenta los porcentajes de ocurrencia, en un rango de altura y período de ola, durante los 30 años de datos.
- Tabla Bi-variable de altura significativa por dirección. Esta tabla presenta los porcentajes de ocurrencia, en un rango de altura y dirección de ola, durante los 30 años de datos.
- Rosa de altura de olas. Este gráfico representa la distribución direccional de las olas, para los 30 años de datos. La longitud de las barras radiales representa el porcentaje de ocurrencia de olas por dirección. Adicionalmente, cada barra está subdividida en sectores representando el porcentaje de ocurrencia para cada rango de altura de ola, por dirección.
- Rosa de períodos (Tp). Este gráfico representa la distribución direccional de los períodos de todos los eventos de oleaje, para los 30 años de datos.
- Ploteo de excedencia de Hs. Se presenta la agitación de olas (más específicamente, el diagrama de excedencia de olas) para cada localización. Este diagrama está basado en las Tablas bi-variables y presenta el cálculo del tiempo de excedencia de las condiciones de oleaje específicas. Este puede interpretarse como probabilidad de excedencia de altura de oleaje.

5.1 Resultados clima de oleaje operacional en aguas someras

La Tabla 5.1 contiene un listado de las representaciones gráficas y en formato de tablas de los resultados del estudio de olas.

Tabla 5.1: Listado de las representaciones gráficas y tablas

Representación	N1
Tabla Bi-variable de altura significativa por período *peak*	Tabla 5.2
Tabla Bi-variable de altura significativa por dirección	Tabla 5.3
Rosa de itensidad de altura (Hm0) y Rosa de períodos (Tp)	Figura 5.1
Curva de excedencia de excedencia de alturas (Hm0)	Figura 5.2

CONFIDENCIAL

Los datos que se entregan en las figuras mencionadas en la Tabla 5.1 se refieren a los datos considerando la energía conjunta proveniente de los dos cuadrantes (NW y SW).

Tabla 5.2: Tabla bi-variable de olas– Altura (Hs) por Período (Tp) – N1

Wave Height (m)	Wave Period (s) 0.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-8.00	8.00-10.00	10.00-12.00	12.00-14.00	14.00-16.00	16.00-18.00	18.00-20.00	20.00-22.00	22.00-24.00	24.00+	Total	C(%)	Maximum Period (s)
0.00-0.20															100.00	
0.20-0.40															100.00	
0.40-0.60															100.00	
0.60-0.80					0.01	0.03	0.04	0.01	0.01					0.09	100.00	17.93
0.80-1.00			0.00	0.01	0.16	0.58	0.48	0.20	0.08	0.02	0.00			1.53	99.91	21.69
1.00-1.20			0.01	0.02	0.37	2.14	1.76	0.71	0.46	0.10	0.02			5.58	98.38	21.85
1.20-1.40			0.00	0.07	0.84	4.37	4.67	1.88	1.02	0.16	0.01			13.04	92.80	21.85
1.40-1.60			0.00	0.10	0.63	4.68	6.96	2.53	1.29	0.23	0.02			16.43	79.76	21.77
1.60-1.80				0.04	0.45	3.67	9.29	3.32	1.38	0.23	0.02			18.40	63.32	21.79
1.80-2.00				0.02	0.22	2.03	7.53	3.33	1.14	0.20	0.01	0.00		14.48	44.93	23.92
2.00-2.20				0.00	0.13	1.13	5.01	3.13	0.93	0.17	0.01	0.00		10.52	30.44	23.92
2.20-2.40				0.00	0.06	0.49	3.26	2.89	0.84	0.14	0.01	0.00		7.69	19.92	22.64
2.40-2.60				0.00	0.02	0.22	1.84	2.49	0.66	0.09	0.01			5.32	12.23	21.86
2.60-2.80					0.00	0.05	0.90	1.66	0.48	0.05	0.01			3.14	6.91	21.78
2.80-3.00						0.01	0.40	0.89	0.33	0.05	0.01			1.69	3.77	21.72
3.00-3.20						0.00	0.14	0.46	0.28	0.03	0.00			0.93	2.08	21.54
3.20-3.40							0.05	0.25	0.21	0.02	0.00			0.53	1.15	21.18
3.40-3.60							0.01	0.14	0.12	0.02	0.00			0.29	0.62	20.50
3.60-3.80								0.06	0.10	0.02				0.18	0.33	19.83
3.80-4.00								0.02	0.05	0.01				0.08	0.15	19.48
4.00-4.20								0.00	0.03					0.03	0.07	17.90
4.20-4.40								0.01	0.02	0.00				0.02	0.04	19.00
4.40-4.60								0.00	0.01	0.00				0.01	0.01	18.13
4.60-4.80									0.00					0.00	0.00	17.56
4.80-5.00															0.00	
5.00+															0.00	
Totals			0.01	0.26	2.88	19.40	42.34	24.00	9.42	1.54	0.14	0.00		100.00		
C(%)	100.00	100.00	100.00	99.99	99.73	96.85	77.44	35.10	11.10	1.68	0.14	0.00	-0.00			

Tabla 5.3: Tabla bi-variable de olas – Altura (Hs) por Dirección (DPK) – N1

Direction	Wave Height (m) 0.00-0.20	0.20-0.40	0.40-0.60	0.60-0.80	0.80-1.00	1.00-1.20	1.20-1.40	1.40-1.60	1.60-1.80	1.80-2.00	2.00-2.20	2.20-2.40	2.40-2.60	2.60-2.80	2.80-3.00	3.00-3.20	3.20-3.40	3.40-3.60	3.60-3.80	3.80-4.00	4.00-4.20	4.20-4.40	4.40-4.60	4.60-4.80	4.80-5.00	5.00+	Total	C(%)	Maximum Height (m)
200.00																											100.00	
210.00				0.00	0.05	0.18	0.39	0.27	0.11	0.02	0.01															1.04	100.00	2.15
220.00				0.02	0.33	1.75	4.82	6.82	7.80	6.12	4.34	2.86	1.94	0.92	0.39	0.15	0.07	0.02	0.01	0.00								38.32	98.96	3.84
230.00				0.02	0.50	2.02	4.93	6.23	7.57	6.64	5.08	4.12	2.90	1.95	1.17	0.68	0.40	0.23	0.13	0.06	0.02	0.02	0.01	0.00				44.69	60.64	4.63
240.00				0.02	0.27	0.77	1.41	1.67	1.89	1.55	0.92	0.62	0.44	0.26	0.13	0.10	0.07	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00				10.05	15.95	4.67
250.00				0.00	0.08	0.18	0.32	0.37	0.33	0.15	0.11	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00												1.64	5.90	3.19
260.00				0.01	0.06	0.08	0.18	0.17	0.14	0.04	0.01	0.01	0.00															0.69	4.26	2.47
270.00				0.01	0.07	0.13	0.24	0.26	0.16	0.03	0.02	0.01	0.00															0.91	3.56	2.44
280.00				0.01	0.14	0.40	0.68	0.59	0.39	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00														2.36	2.65	2.64
290.00					0.04	0.09	0.08	0.06	0.01	0.00																		0.29	0.29	1.82
300.00																													-0.00	
Totals				0.09	1.53	5.58	13.04	16.43	18.40	14.48	10.52	7.69	5.32	3.14	1.69	0.93	0.53	0.29	0.18	0.08	0.03	0.02	0.01	0.00				100.00		
C(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	99.91	98.38	92.80	79.76	63.32	44.93	30.44	19.92	12.23	6.91	3.77	2.08	1.15	0.62	0.33	0.15	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00			

CONFIDENCIAL

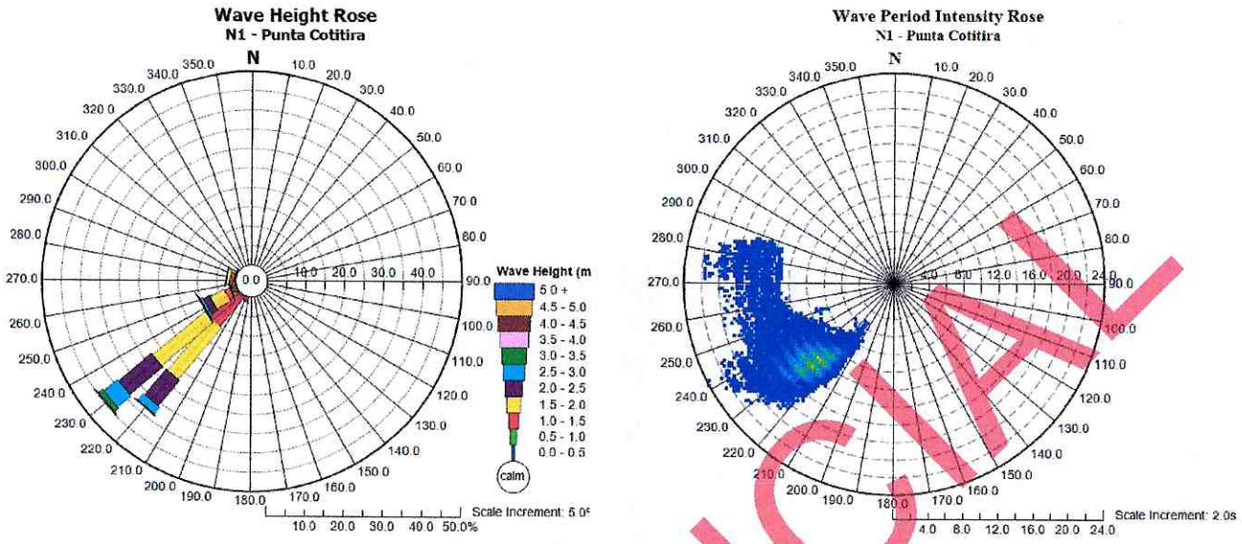


Figura 5.1: Rosa de altura y rosa de períodos de oleaje – N1

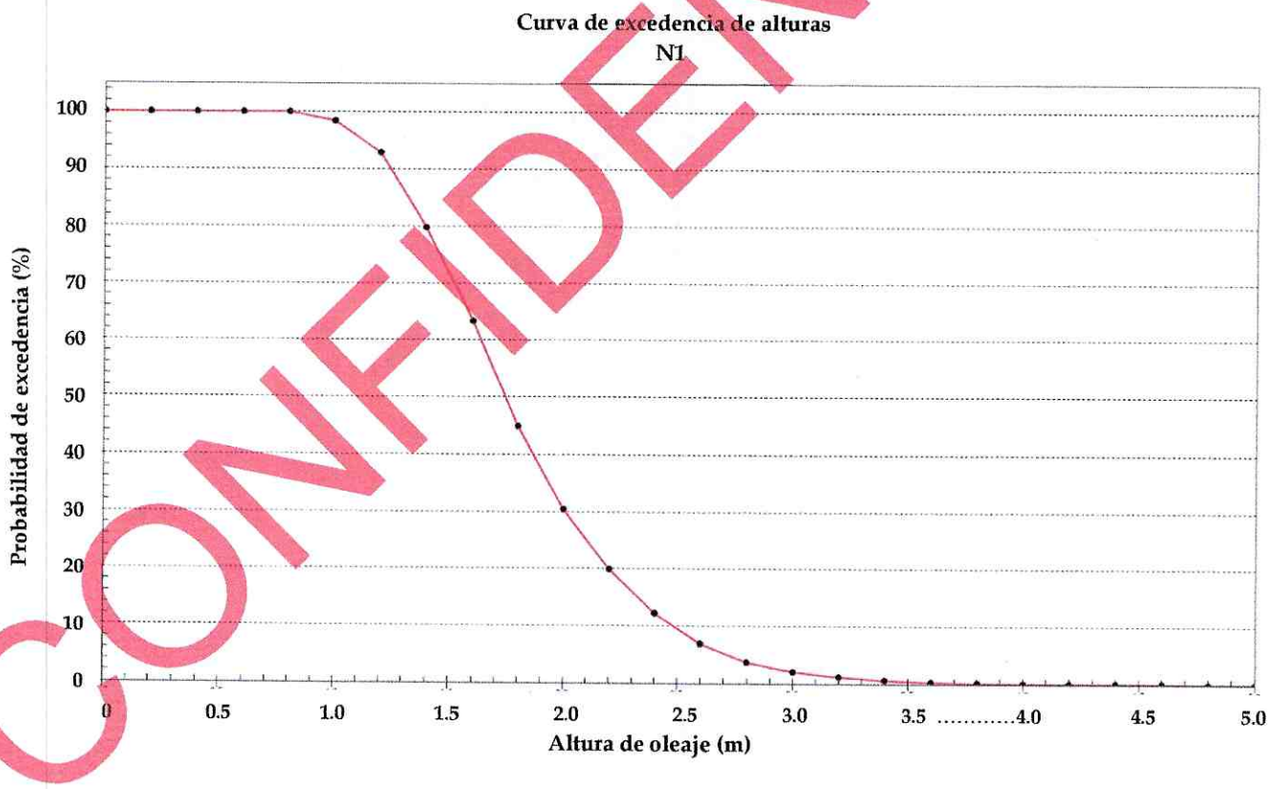


Figura 5.2: Gráfico de excedencia de Hmo – N1

CONFIDENCIAL

6.0 VALICACIÓN DEL ESTUDIO DE OLEAJE

En el presente capítulo se presenta una descripción del procedimiento de validación del estudio de oleaje, además de las mediciones en terreno realizadas en el sitio del proyecto. La metodologia de validación consiste en realizar una comparación directa entre los registros de olas y los resultados de la transferencia de la base de datos durante el mismo período de tiempo, en la ubicación del nodo de validación de las campañas de invierno (Ninv) y verano (Nver).

6.1 Metodología de validación directa de oleaje

En este estudio fue posible realizar una validación directa debido a que se desarrolló una modelación global de generación del oleaje mediante la aplicación del modelo WAVEWATCH III cubriendo el período comprendido entre Agosto y Septiembre del año 2014 para la campaña de invierno y Diciembre de 2014 hasta Enero de 2015 para la campaña de verano. La validación directa consiste en comparar la serie de tiempo medida y simulada de cada uno de los parámetros del oleaje (altura, período y dirección) para la campaña de mediciones efectuada, como se muestra en la Figura 6.1.

Se destaca que este proceso de validación constituye uno de los métodos más exigentes desde el punto de vista técnico, debido a que se comparan en el mismo lugar e instante las condiciones de oleaje medidas y simuladas cada 3 horas durante un período de un mes.

6.2 Mediciones efectuadas en terreno

De manera de complementar el estudio de olas descrito en el presente informe, se realizó una campaña de medición en terreno de los siguientes componentes ambientales:

- Olas operacionales
- Olas de período largo

La medición de oleaje fue realizada por medio de un olígrafo direccional instalado en las coordenadas de los nodos Ninv y Nver, respectivamente. Estas mediciones fueron realizadas por la empresa GeoMAR Ingeniería Ltda., durante el período comprendido entre el 10 de agosto y el 11 de septiembre del año 2014 para la campaña de invierno, mientras que para la campaña de verano el periodo comprendido entre el 02 de Diciembre de 2014 y el 11 de Enero de 2015.

La metodología y resultados de esta campaña de medición serán presentados en el Informe de Mediciones de Olas en Terreno (Aneexo C). En este informe también se incluirá el análisis de oleaje de período largo.

Cabe notar que los datos de dirección de oleaje presentadas por GeoMAR están referidos al norte magnético, mientras que las direcciones simuladas están referidas al norte geográfico. De modo de poder comparar adecuadamente las direcciones medidas con las simuladas se realizó una corrección a las mediciones sumando 1.58°, que de acuerdo a la información de la carta 1231 del SHOA, corresponde a la desviación del norte magnético respecto al norte geográfico en el lugar.

CONFIDENCIAL

Los datos medidos fueron comparados con los resultados del estudio de olas operacionales, de manera de validar el estudio de *Hindcast* y transferencia de olas.

6.3 Resultados de la validación del estudio de oleaje (*Hindcast* de olas operacionales en aguas someras)

Se realizaron comparaciones entre los datos medidos y simulados de altura espectral, período y dirección de cada estado de mar cada 3 horas, para las campañas de invierno y verano.

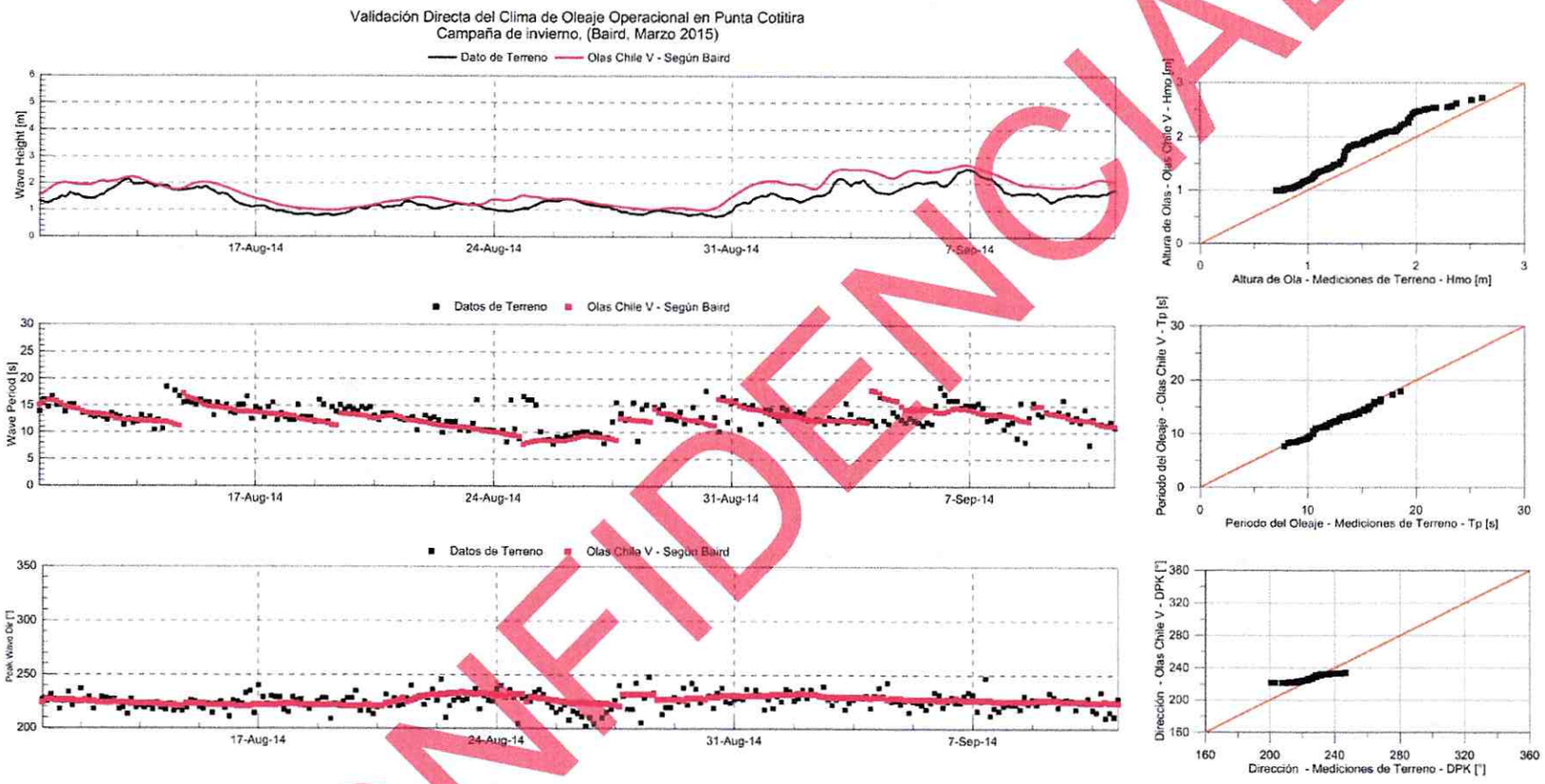
La Figura 6.1 (A) y la Figura 6.2 (A) muestran las comparaciones punto a punto para cada campaña realizada. Al analizar esta figura se puede observar que el ajuste entre los valores medidos y simulados es adecuado.

Otra manera de realizar la comparación es a través de gráficos Cuantil-Cuantil (Q-Q), como se muestra en la Figura 6.1 (B) y Figura 6.2 (B). Además, se obtuvieron parámetros estadísticos como el sesgo o error medio (bias). Estos resultados se presentan en la Tabla 6.1 para la campaña de invierno y Tabla 6.2 para la campaña de verano.

De la comparación de los datos se obtiene un sesgo hacia los datos simulados, cuya magnitud es de +0.3 m para las alturas. En el caso del período y la dirección el sesgo es reducido, con valores respectivos de -0.4 s y +4° para la campaña de invierno. Así mismo, para la campaña de verano el sesgo hacia las alturas simuladas es de +0.2 m, mientras que para periodos es de -0.1 s. Las direcciones para esta campaña no presentan sesgo.

En la Tabla 6.1 y Tabla 6.2 se presentan otros parámetros estadísticos del oleaje, destacándose el promedio. Como se puede observar, las diferencias en el período, dirección y altura de ola son bajas. En general el ajuste entre las mediciones y los datos simulados es adecuado, considerándose válidos los resultados del *hindcast* y la transferencia espectral para ambas campañas.

CONFIDENCIAL



A) Comparaciones en serie de tiempo

B) Comparaciones dato a dato

Figura 6.1: Validación directa en nodo de mediciones - Campaña de invierno– Punta Cotitira

CONFIDENCIAL

0900.102

Tabla 6.1: Parámetros estadísticos de oleaje – Campaña de invierno – Punta Cotitira.

Oleaje

	Mediciones in-situ (10 de Agosto a 11 de Septiembre)	Estudio Hindcast - Transferencia de olas (10 de Agosto a 11 de Septiembre)
Número de datos	254	254
Máximo	2.61	2.75
Mínimo	0.70	0.99
Promedio	**1.42**	**1.73**
Desviación Estándar	0.44	0.50
Percentil 25%	1.06	1.26
Percentil 75%	1.70	2.10

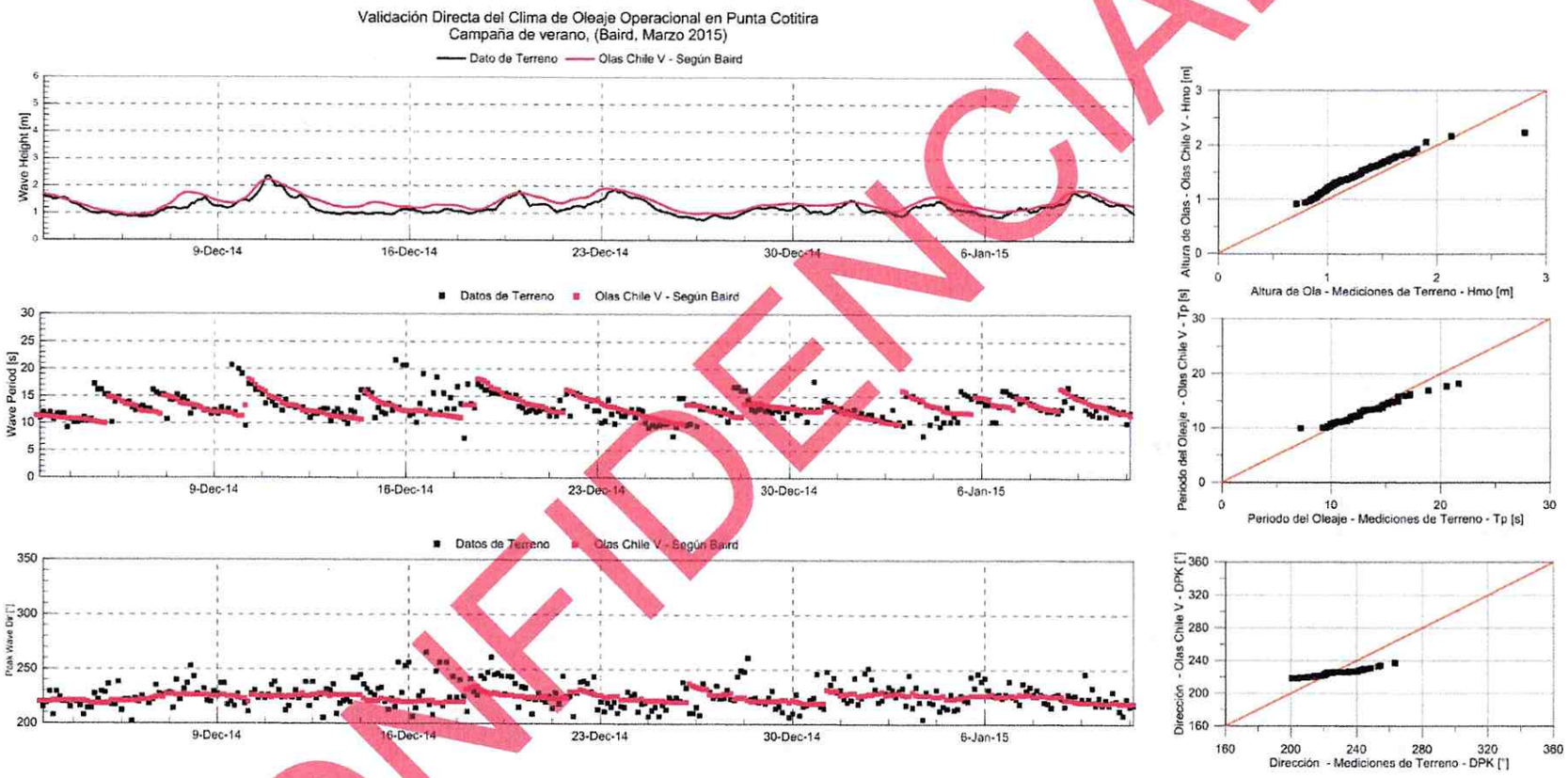
Periodo

	Mediciones in-situ (10 de Agosto a 11 de Septiembre)	Estudio Hindcast - Transferencia de olas (10 de Agosto a 11 de Septiembre)
Número de datos	254	254
Máximo	18.50	17.87
Mínimo	7.80	7.50
Promedio	**13.10**	**12.72**
Desviación Estándar	2.11	1.98
Percentil 25%	12.00	11.99
Percentil 75%	14.70	13.84

Dirección

	Mediciones in-situ (10 de Agosto a 11 de Septiembre)	Estudio Hindcast - Transferencia de olas (10 de Agosto a 11 de Septiembre)
Número de datos	254	254
Máximo	246	234
Mínimo	200	220
Promedio	**223**	**227**
Desviación Estándar	8	4
Percentil 25%	218	223
Percentil 75%	227	230

CONFIDENCIAL



A) Comparaciones en serie de tiempo

B) Comparaciones dato a dato

Figura 6.2: Validación directa en nodo de mediciones - Campaña de verano – Punta Cotitira

CONFIDENCIAL

0900.646

Tabla 6.2: Parámetros estadísticos de oleaje – Campaña de verano – Punta Cotitira.

Oleaje

	Mediciones in-situ (2 de diciembre de 2014 - 11 de enero de 2015)	Estudio Hindcast - Transferencia de olas (2 de diciembre de 2014 - 11 de enero de 2015)
Número de datos	320	320
Máximo	2.80	2.23
Mínimo	0.71	0.92
Promedio	**1.22**	**1.40**
Desviación Estándar	0.29	0.27
Percentil 25%	1.01	1.21
Percentil 75%	1.38	1.57

Periodo

	Mediciones in-situ (2 de diciembre de 2014 - 11 de enero de 2015)	Estudio Hindcast - Transferencia de olas (2 de diciembre de 2014 - 11 de enero de 2015)
Número de datos	320	320
Máximo	21.60	18.17
Mínimo	7.20	9.91
Promedio	**13.02**	**12.87**
Desviación Estándar	2.25	1.66
Percentil 25%	11.70	11.80
Percentil 75%	14.30	13.64

Dirección

	Mediciones in-situ (2 de diciembre de 2014 - 11 de enero de 2015)	Estudio Hindcast - Transferencia de olas (2 de diciembre de 2014 - 11 de enero de 2015)
Número de datos	320	320
Máximo	263	237
Mínimo	200	218
Promedio	**224**	**224**
Desviación Estándar	11	3
Percentil 25%	216	221
Percentil 75%	230	226

CONFIDENCIAL

7.0 ANÁLISIS DE OLAS EXTREMAS EN AGUAS PROFUNDAS

7.1 Análisis espectral multimodal de valores extremos de oleaje

Para el desarrollo del clima de olas de diseño, se realizó un análisis multimodal de la base de datos de Olas Chile en aguas profundas. Específicamente, se aisló la energía del oleaje a partir de los modos de cada espectro bidimensional de la base de datos, con el fin de identificar los eventos extremos dentro de cada uno de ellos de manera aislada. Esto resultó en la definición de climas de olas de diseño del 3er y 4to cuadrantes en aguas profundas, los cuales fueron transferidos de manera independiente hacia la zona de interés en la zona de proyecto. A continuación se describe este proceso con más detalle.

Para la determinación de los eventos extremos, se realizó una partición espectral multimodal sobre cada espectro direccional de energía de oleaje. Esto permitió la segregación e identificación del oleaje en aguas profundas incluyendo la mayor cantidad de energía de oleaje para cada partición seleccionada, identificando tres sistemas de oleaje importantes, Swell remoto SW, Swell cercano SW y Swell remoto NW. Dichos sistemas se muestran en la Figura 7.1.

De manera subsecuente, se identificaron los mayores eventos de tormenta en aguas profundas contenidos en el nodo utilizado. Luego, se realizó un análisis estadístico para estimar las condiciones de olas extremas asociadas a distintos períodos de retorno, incluyendo las características del oleaje asociado a 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años de período de retorno, proveniente de cada sistema de oleaje de manera independiente.

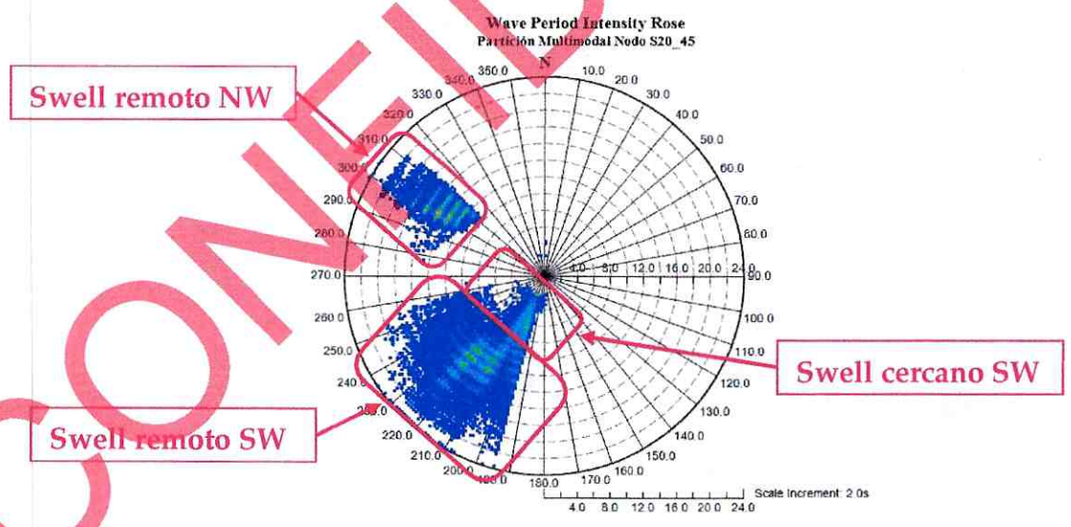


Figura 7.1: Rosa de intensidad de puntos – Partición espectral multimodal – Nodo S20_45

La simulación fue realizada considerando como nivel de marea máxima la amplitud de la marea en sicigias en Iquique, igual a 1.31 m según la carta 1231. En las siguientes secciones se presentan los resultados de análisis de clima de olas de diseño en aguas profundas para los sistemas de oleaje identificados.

CONFIDENCIAL

7.2 Oleaje de diseño – Swell remoto SW

Para la definición del clima de oleaje de diseño asociado al sistema de oleaje Swell remoto SW se analizaron los parámetros de oleaje de los eventos extremos provenientes entre los 180° y los 270°. Luego, se realizó un análisis estadístico para estimar las condiciones de olas extremas asociadas a 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de período de retorno proveniente de este sistema de oleaje de manera aislada.

La Tabla 7.1 presenta los eventos extremos de altura de oleaje de las mayores 34 tormentas para el Swell remoto del SW durante los años 1980 hasta 2013.

Tabla 7.1: Listado de 34 tormentas extremas para S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto SW

Fecha del Peak	Altura de Ola Hm0 [m]	Período Peak Tp [s]	Dirección Peak DPK [°]
23-08-1992	5.26	17.2	223
19-08-2010	5.14	16.9	224
15-07-1983	5.1	17.7	211
04-07-2013	4.94	17.6	225
27-07-1987	4.92	15.3	223
22-06-1983	4.84	16.2	212
16-05-1981	4.77	17.3	224
26-07-1991	4.72	16.9	223
09-06-1982	4.71	17.4	210
11-09-1985	4.7	17.9	209
19-05-1981	4.68	17.5	214
03-08-1981	4.64	16.7	225
26-05-1985	4.63	16.3	222
11-08-2011	4.57	16.5	227
05-05-1981	4.56	16.7	214
23-06-1989	4.51	17.5	212
31-03-1990	4.51	17.2	201
17-10-1986	4.5	17.4	220
28-07-1990	4.5	17.2	219
08-05-1993	4.48	16.1	211
19-06-1994	4.47	16.4	222
09-09-1988	4.46	17.8	220
22-11-1988	4.42	17.5	222
06-07-1984	4.41	15.8	222
09-10-1989	4.4	18.1	211
25-07-2010	4.4	14.8	212
14-08-1988	4.38	14.6	223
06-08-1983	4.36	18.0	223
05-06-2010	4.31	16.2	219
23-09-1992	4.3	15.3	209
12-10-1990	4.28	15.6	220
04-05-1983	4.27	15.5	220
16-10-1990	4.26	17.5	207
14-08-2012	4.26	17.5	210

CONFIDENCIAL

El análisis estadístico de valores extremos mostró que la distibución Gumbel es la que mejor se ajusta a los valores de Tabla 7.1. Un resumen del cálculo de los parámetros de la distribución se encuentra en Anexo B. La Figura 7.2 incluye los resultados del análisis estadístico realizado y la Tabla 7.2 brinda un listado de las alturas de olas más probables o mejor estimación de altura de ola significativa de diseño como función del período de retorno.

Nótese también que la Figura 7.2 y la Tabla 7.2 contemplan los límites de seguridad 2SD (*standard deviation* - desviación estándar) para estos cálculos, con lo que se analiza el riesgo. Sobre la base de estos límites, puede afirmarse que con información ideal existe un 50% de probabilidades que la altura de ola significativa de diseño sea superior o inferior al mejor cálculo, mientras que existe un 97,5% de probabilidad de que la altura significativa de ola de diseño real (con información perfecta) sea menor que el intervalo superior de 2 SD.

Desde el punto de vista del diseño, una condición de diseño final se establece entre la línea de mejor ajuste (50% de probabilidad) y el límite superior de confianza (límite superior del intervalo de 95% de confianza) basado en la naturaleza de la estructura que se construirá y en la disposición de los propietarios de aceptar o reducir el riesgo técnico. Es importante destacar que estos límites de confianza no contemplan ninguna incertidumbre o parcialidad en el proceso de *Hindcast*, sino que simplemente están relacionados con los procedimientos para el cálculo de olas extremas.

CONFIDENCIAL

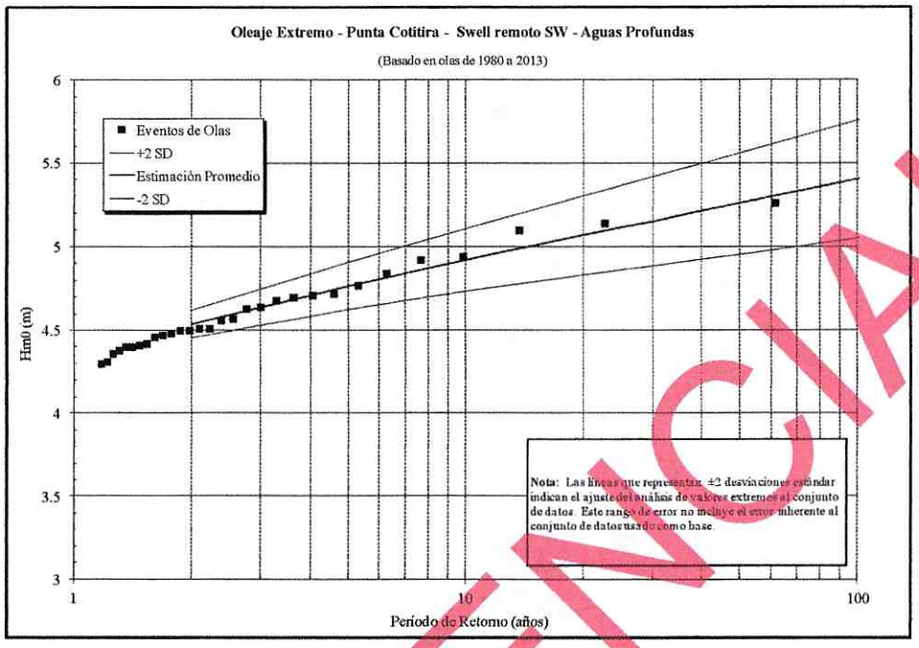


Figura 7.2: Análisis de valores extremos S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto SW

Tabla 7.2: Análisis de valores extremos S20_45 - Aguas profundas – Swell remoto SW

Lugar	Parámetro	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
S20_45	Cálculo Superior	4.6	4.9	5.1	5.4	5.6	5.8
	Cálculo Promedio	4.5	4.8	4.9	5.1	5.3	5.4
	Cálculo Inferior	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0	5.0

Al analizar la distribución de períodos de las olas extremas (ver Tabla 7.2) y las funciones de transferencia (Figura 4.3), se estableció un período característico promedio igual a 18 s para la transferencia del oleaje de diseño hacia aguas someras, y una dirección asociada igual a 227°, como se presenta en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3: Caso de Dirección/Período - oleaje de diseño – Swell remoto SW

Caso	Período de ola – Tp (s)	Dirección de la Ola – MWD (°)
1	18	227

CONFIDENCIAL

7.3 Oleaje de diseño – Swell cercano SW

De manera similar a los análisis anteriores, en la Tabla 7.4 se presentan los 34 eventos extremos de oleaje considerando la energía del sistema de oleaje Swell cercano del SW.

Tabla 7.4: Listado de 34 tormentas extremas para S20_45 – Aguas Profundas – Swell cercano SW

Fecha del Peak	Altura de Ola Hm0 [m]	Período Peak Tp [s]	Dirección Peak DPK [°]
17-09-2013	3.53	9.2	202
22-07-1991	3.29	9.2	217
31-07-1992	3.26	9.2	212
27-07-2002	3.24	9.8	217
27-09-1998	3.20	10.0	210
16-10-1991	3.14	9.4	207
05-07-1988	3.11	7.9	205
13-09-1981	3.10	8.2	205
19-09-2012	2.95	9.0	211
08-09-2009	2.88	9.8	214
31-01-2005	2.82	9.8	207
13-06-1987	2.81	9.8	210
01-09-1983	2.77	8.8	210
27-06-1997	2.76	9.9	212
17-09-1986	2.70	8.2	203
31-07-1992	2.66	8.6	211
17-08-2006	2.64	9.9	216
15-10-1991	2.63	8.1	208
06-08-2003	2.63	8.4	212
01-08-1991	2.62	8.3	207
09-09-2011	2.62	9.1	206
14-09-1997	2.61	8.5	208
22-07-2010	2.61	9.3	224
21-07-1990	2.60	9.8	210
25-07-2010	2.60	8.3	208
10-09-1987	2.59	8.6	212
05-08-1989	2.58	9.9	211
10-11-2002	2.58	10.0	216
25-06-2001	2.57	9.9	204
20-08-2002	2.57	9.2	217
26-10-1989	2.56	9.8	212
30-10-1997	2.56	9.0	212
05-08-1987	2.55	8.8	212
10-09-2003	2.55	9.9	202

CONFIDENCIAL

Los resultados del análisis estadístico de valores extremos mostraron que la distribución Gumbel se ajusta de mejor manera a los valores de la Tabla 7.4. A partir de los eventos extremos identificados se estimó el oleaje de diseño como función del período de retorno. Los resultados se presentan en la Figura 7.3 y en la Tabla 7.5.

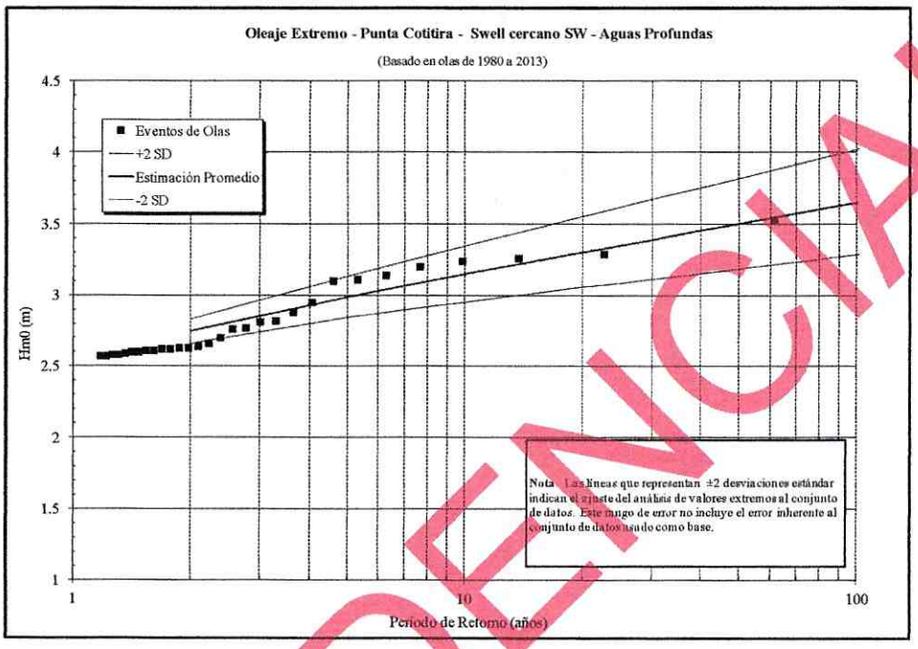


Figura 7.3: Análisis de valores extremos S20_45 – Aguas Profundas – Swell cercano SW

Tabla 7.5: Análisis de valores extremos S20_45 - Aguas profundas – Swell cercano SW

Lugar	Parámetro	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
S20_45	Cálculo Superior	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.0
	Cálculo Promedio	2.7	3.0	3.1	3.4	3.5	3.7
	Cálculo Inferior	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3

Los casos de dirección-período de ola considerados para la transferencia del oleaje de diseño Swell cercano SW hacia los sitios de interés en Punta Cotitira se presentan en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6: Caso de Dirección/Período - oleaje de diseño - Swell cercano SW

Caso	Período de ola – Tp (s)	Dirección de la Ola – MWD (°)
2	9	220

CONFIDENCIAL

7.4 Oleaje de diseño – Swell remoto NW

La Tabla 7.7 presenta la lista de los 34 eventos extremos de oleaje seleccionados considerando la energía del sistema de oleaje Swell remoto del NW.

Tabla 7.7: Listado de 340 tormentas extremas para S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto NW

Fecha del Peak	Altura de Ola Hm0 [m]	Período Peak Tp [s]	Dirección Peak DPK [°]
08-02-1998	1.73	17.4	300
23-02-1998	1.67	16.5	299
08-03-1983	1.63	17.7	303
29-01-1981	1.52	16.7	300
04-03-1986	1.52	17.9	298
08-03-1983	1.51	16.2	299
03-02-1983	1.49	17.9	301
16-01-2002	1.49	17.6	299
19-02-1983	1.48	17.8	299
18-01-1987	1.47	17.8	299
15-02-1998	1.39	16.1	300
04-01-2006	1.39	17.9	300
09-01-2006	1.37	17.0	299
04-02-1998	1.34	15.4	299
26-01-2005	1.34	17.4	298
30-01-2011	1.34	16.6	298
27-02-1983	1.33	17.7	299
15-12-1987	1.33	17.2	304
26-02-1986	1.32	16.4	298
18-01-1995	1.32	17.6	302
27-01-2010	1.32	16.2	302
01-02-1983	1.29	14.9	300
09-02-1995	1.29	16.2	298
01-02-1983	1.27	21.5	304
23-02-1986	1.27	16.2	300
07-01-1996	1.27	17.9	299
01-02-1983	1.25	15.0	300
07-02-1989	1.25	17.5	298
10-03-1991	1.25	16.2	301
03-01-2006	1.24	15.9	299
20-01-1998	1.23	17.6	300
19-12-1985	1.22	17.8	299
24-03-1984	1.20	17.9	298
09-03-1991	1.20	14.9	300

CONFIDENCIAL

El oleaje de diseño como función del período de retorno para este sistema de oleaje se presenta en la Figura 7.4 y en la Tabla 7.8. Cabe mencionar que la distribución exponencial es la que mejor ajusta a los datos seleccionados de la Tabla 7.7.

En la Tabla 7.9 se exponen los casos de dirección-período de ola considerados para la transferencia del oleaje de diseño Swell remoto NW hacia N1.

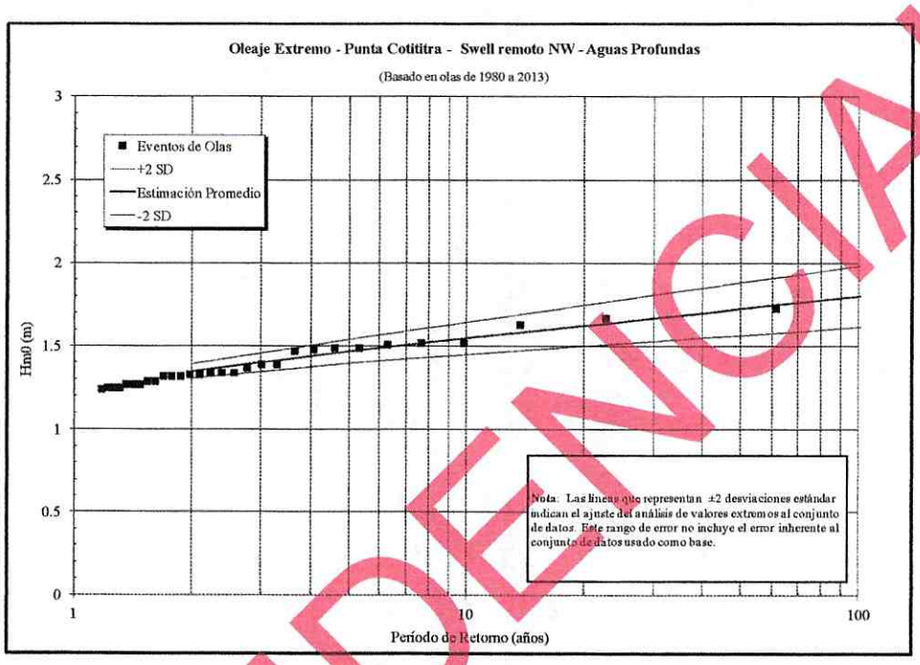


Figura 7.4: Análisis de valores extremos S20_45 – Aguas Profundas – Swell remoto NW

Tabla 7.8: Análisis de valores extremos S20_45 - Aguas profundas – Swell remoto NW

Lugar	Parámetro	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
S20_45	Cálculo Superior	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0
	Cálculo Promedio	1.3	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8
	Cálculo Inferior	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6

Tabla 7.9: Caso de Dirección/Período - oleaje de diseño – Swell remoto NW

Caso	Período de ola – Tp (s)	Dirección de la Ola – MWD (°)
3	18	300

CONFIDENCIAL

8.0 RESULTADOS: OLAS EXTREMAS EN AGUAS SOMERAS

En este capítulo se presenta una descripción del clima de olas extremo para el nodo N1. El clima de olas extremo aporta información valiosa para el diseño de estructuras.

Se realizó la transferencia de los valores de altura de ola (Hmo), período (Tp) y dirección (DPK) de diseño definidos en aguas profundas según los sistemas de oleaje identificados en el nodo de aguas profundas de Iquique, hacia el nodo N1 definido anteriormente utilizando el modelo STWAVE.

Esta transferencia fue realizada para las olas de diseño con 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de período de retorno, considerando los casos de combinaciones representativos de dirección-período de olas para cada sistema de oleaje, tal como se describió en la sección anterior. Los resultados obtenidos de la transferencia de los oleajes de diseño se presentan a continuación.

8.1 Transferencia Oleaje de Diseño – Sistema Swell remoto SW

En la Figura 8.1 se presenta un resultado típico de la transferencia de oleaje del caso considerado de oleaje de diseño Swell remoto SW.

Los resultados de la transferencia de cada una de las condiciones de diseño Swell remoto SW para el nodo N1 se presentan en la Tabla 8.1.

CONFIDENCIAL

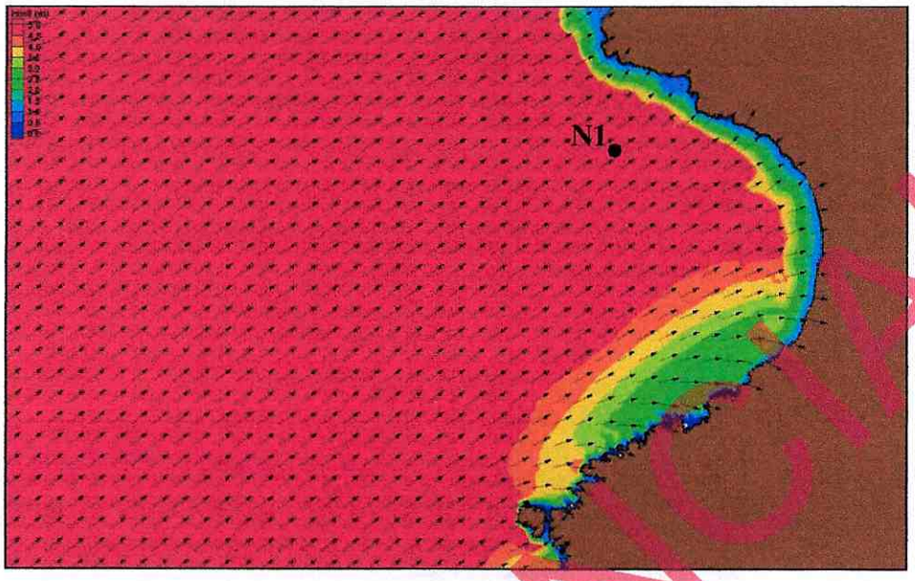


Figura 8.1: Resultados típicos de los modelos utilizados, olas de diseño Swell remoto SW: Hmo= 5.8m (Tr= 100 años), DPK= 227°, Tp=18 s

Tabla 8.1: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto SW

Dir [°]	Tp [s]	Periodo de Retorno	Curva	Hmo [m] Aguas Profundas	Aguas Someras	
					Hm0 [m]	DPK [°]
227	18	2	Superior	4.6	4.4	237
			Mejor Ajuste	4.5	4.3	237
		5	Superior	4.9	4.7	237
			Mejor Ajuste	4.8	4.5	237
		10	Superior	5.1	4.8	237
			Mejor Ajuste	4.9	4.7	237
		25	Superior	5.4	5.1	237
			Mejor Ajuste	5.1	4.8	237
		50	Superior	5.6	5.3	237
			Mejor Ajuste	5.3	5.0	237
		100	Superior	5.8	5.4	237
			Mejor Ajuste	5.4	5.1	237

CONFIDENCIAL

8.2 Transferencia Oleaje de Diseño – Sistema Swell cercano SW

En la Figura 8.2 se presenta un resultado típico de la transferencia de oleaje del caso considerado de oleaje Swell cercano SW. Los resultados de la transferencia de cada una de las condiciones de diseño para el nodo N1 se presentan en la Tabla 8.2.

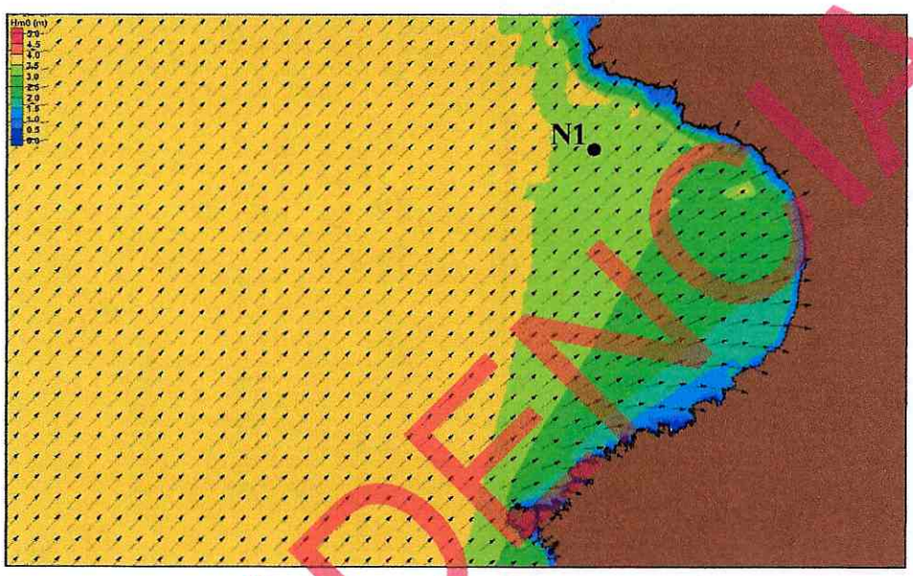


Figura 8.2: Resultados típicos de los modelos utilizados, olas de diseño Swell cercano SW: Hmo= 4.0 m (T$_R$= 100 años), DPK= 220°, Tp= 9 s

Tabla 8.2: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell cercano SW

Dir [°]	Tp [s]	Período de Retorno	Curva	Hmo [m] Aguas Profundas	Aguas Someras	
					Hm0 [m]	DPK [°]
220	9	2	Superior	2.8	2.4	230
			Mejor Ajuste	2.7	2.3	230
		5	Superior	3.1	2.6	230
			Mejor Ajuste	3.0	2.5	230
		10	Superior	3.3	2.8	230
			Mejor Ajuste	3.1	2.7	230
		25	Superior	3.6	3.1	230
			Mejor Ajuste	3.4	2.8	230
		50	Superior	3.8	3.2	230
			Mejor Ajuste	3.5	3.0	230
		100	Superior	4.0	3.4	230
			Mejor Ajuste	3.7	3.1	230

CONFIDENCIAL

8.3 Transferencia Oleaje de Diseño – Sistema Swell remoto NW

En la Figura 8.3 se presenta un resultado típico de la transferencia de oleaje del caso considerado de oleaje Swell remoto NW. Los resultados de la transferencia de cada una de las condiciones de diseño para el nodo N1 se presentan en la Tabla 8.3.

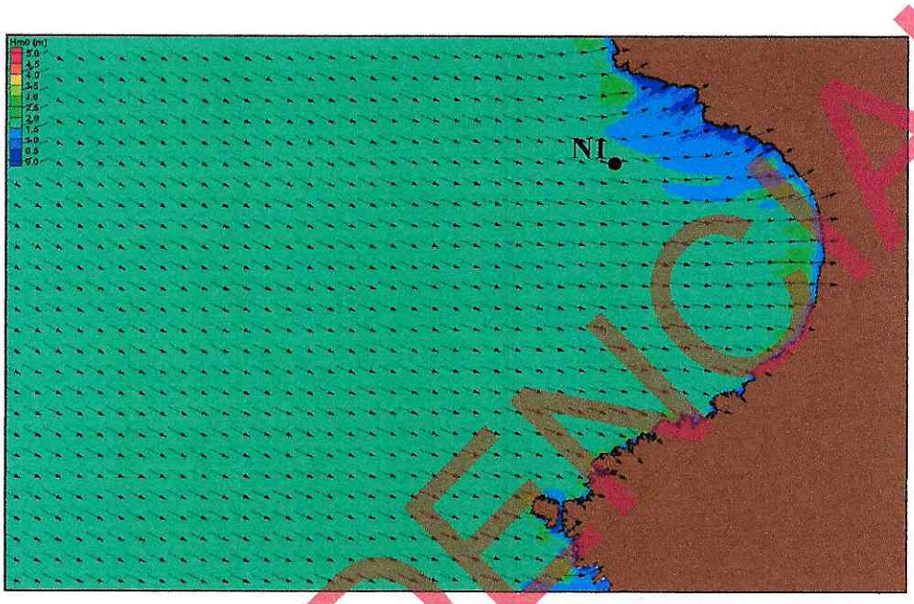


Figura 8.3: Resultados típicos de los modelos utilizados, olas de diseño Swell remoto NW: Hmo= 2.0 m (Tr= 100 años), DPK= 300°, Tp=18 s

Tabla 8.3: Valores extremos de altura de olas en nodo N1 - Oleaje de diseño Swell remoto NW

Dir [°]	Tp [s]	Período de Retorno	Curva	Hmo [m] Aguas Profundas	Aguas Someras	
					Hm0 [m]	DPK [°]
300	18	2	Superior	1.4	1.1	282
			Mejor Ajuste	1.3	1.1	282
		5	Superior	1.5	1.3	282
			Mejor Ajuste	1.5	1.2	282
		10	Superior	1.6	1.4	282
			Mejor Ajuste	1.5	1.3	282
		25	Superior	1.8	1.5	282
			Mejor Ajuste	1.6	1.4	282
		50	Superior	1.9	1.5	282
			Mejor Ajuste	1.7	1.4	282
		100	Superior	2.0	1.6	282
			Mejor Ajuste	1.8	1.5	282

CONFIDENCIAL

9.0 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

El estudio de olas fue realizado tomando como base de datos de olas en aguas profundas los 34 años de espectros direccionales definidos durante la actualización del proyecto SHOA: Olas Chile, denominado Olas Chile V.

De manera de transferir los datos de olas generados por el modelo *Hindcast* hacia los puntos de interés, se realizó una transferencia espectral de estos datos mediante la aplicación del modelo STWAVE. Con la utilización de este modelo se pudo obtener el clima de olas operacional en la ubicación del terminal proyectado (Nodo N1).

Los resultados de la transferencia del clima de olas operacional en N1 indica que el oleaje en aguas someras proviene mayoritariamente del SW, específicamente entre los 220° (34.4%) y 230° (48.3%), y un porcentaje menor (10.6%) que proviene desde la dirección 240°. Los períodos presentan un rango de aparición que abarca desde los 8 s hasta los 20 s (99.7%).

En relación con las alturas significativas (Hmo) del oleaje operacional, se observa que el 80% del tiempo la altura de las olas están por sobre 1,5 m en el nodo N1.

De modo de validar el proceso de *hindcast* y transferencia de oleaje, los datos resultantes en los nodos Ninv y Nver fueron cotejados con registros de oleaje direccional efectuados entre el 10 de Agosto y el 11 de Septiembre del año 2014 y entre el 02 de Diciembre y el 11 de Enero, respectivamente. Las comparaciones estadísticas realizadas entre las mediciones y los datos de oleaje resultantes del *Hindcast* fueron satisfactorias.

De modo de estimar los eventos de diseño, se realizó una partición espectral multimodal del nodo Iquique en aguas profundas, identificando tres sistemas de oleaje importantes, los cuales corresponden a un sistema Swell remoto SW, un sistema Swell cercano SW y otro sistema Swell remoto NW. A partir de los eventos seleccionados se extrapolaron las alturas de olas de diseño, las cuales fueron transferidas espectralmente hacia la zona de estudio.

Se definieron las alturas de olas asociadas a los 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de período de retorno, para el nodo N1, y para diversos límites de confianza. Para efectos de diseño de estructuras, se recomienda que se adopte valores entre la altura de ola asociada con los 50 años de período de retorno (50% de probabilidad de excedencia) y el límite superior de la altura de olas asociada con los 100 años de período de retorno (2.5 % de probabilidad de excedencia). La selección final dependerá de la naturaleza y el tipo de estructura que se diseñará, y del tipo de riesgo que se quiera asumir.

Luego de la trnaferencia de oleaje extremo hacia aguas someras, se tiene que la ola de diseño en N1 para el caso Swell remoto SW es igual a 5.4 m con una dirección incidente de 238°. Así mismo, para el sistema Swell cercano SW la ola en N1 es de 3.4 m con una dirección 230°, mientras que el sistema de oleaje Swell remoto NW presenta una altura de 1.6 m con una dirección de 282° para el mismo punto.

CONFIDENCIAL

000661

CONFIDENCIAL

Anexo A

Datos de Generación de Espectros de Entrada a Modelo STWAVE

Para crear las funciones de transferencias de oleaje desde aguas profundas hacia los puntos de interés, se realizaron simulaciones con el modelo STWAVE, versión 4.0, considerando altura significativa del oleaje (Hmo) de 1 m; períodos (Tp) de 6 a 24 seg y direcciones del SSW al NNE con aumento de 15°.

De manera de crear los espectros de entrada al modelo, para cada caso considerado se generó un espectro utilizando una forma espectral TMA (Bouws et al 1985), y con una dispersión direccional igual a $\cos^{nn}\alpha$. Los parámetros utilizados para cada uno de los casos de generación de espectros se presentan en la Tabla A1.

Tabla A1
Parámetros de espectro TMA ingresados a STWAVE

Caso	Dirección (°)	Hmo (m)	Periodo (s)	Gamma	NN	Profundidad de generación (m)
19506	195	1	6	3.3	76	500
19508	195	1	8	3.3	76	500
19510	195	1	10	3.3	76	500
19512	195	1	12	4	76	500
19514	195	1	14	5	76	500
19516	195	1	16	6	76	500
19518	195	1	18	7	76	500
19520	195	1	20	8	76	500
19522	195	1	22	8	76	500
19524	195	1	24	8	76	500
21006	210	1	6	3.3	76	500
21008	210	1	8	3.3	76	500
21010	210	1	10	3.3	76	500
21012	210	1	12	4	76	500
21014	210	1	14	5	76	500
21016	210	1	16	6	76	500
21018	210	1	18	7	76	500
21020	210	1	20	8	76	500
21022	210	1	22	8	76	500
21024	210	1	24	8	76	500
22506	225	1	6	3.3	76	500
22508	225	1	8	3.3	76	500
22510	225	1	10	3.3	76	500
22512	225	1	12	4	76	500
22514	225	1	14	5	76	500
22516	225	1	16	6	76	500
22518	225	1	18	7	76	500
22520	225	1	20	8	76	500
22522	225	1	22	8	76	500
22524	225	1	24	8	76	500

CONFIDENCIAL

Caso	Dirección (°)	Hmo (m)	Periodo (s)	Gamma	NN	Profundidad de generación (m)
24006	240	1	6	3.3	76	500
24008	240	1	8	3.3	76	500
24010	240	1	10	3.3	76	500
24012	240	1	12	4	76	500
24014	240	1	14	5	76	500
24016	240	1	16	6	76	500
24018	240	1	18	7	76	500
24020	240	1	20	8	76	500
24022	240	1	22	8	76	500
24024	240	1	24	8	76	500
25506	255	1	6	3.3	76	500
25508	255	1	8	3.3	76	500
25510	255	1	10	3.3	76	500
25512	255	1	12	4	76	500
25514	255	1	14	5	76	500
25516	255	1	16	6	76	500
25518	255	1	18	7	76	500
25520	255	1	20	8	76	500
25522	255	1	22	8	76	500
25524	255	1	24	8	76	500
27006	270	1	6	3.3	76	500
27008	270	1	8	3.3	76	500
27010	270	1	10	3.3	76	500
27012	270	1	12	4	76	500
27014	270	1	14	5	76	500
27016	270	1	16	6	76	500
27018	270	1	18	7	76	500
27020	270	1	20	8	76	500
27022	270	1	22	8	76	500
27024	270	1	24	8	76	500
28506	285	1	6	3.3	76	500
28508	285	1	8	3.3	76	500
28510	285	1	10	3.3	76	500
28512	285	1	12	4	76	500
28514	285	1	14	5	76	500
28516	285	1	16	6	76	500
28518	285	1	18	7	76	500
28520	285	1	20	8	76	500
28522	285	1	22	8	76	500
28524	285	1	24	8	76	500

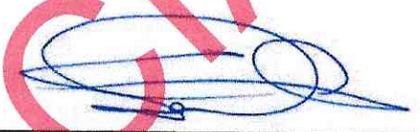
CONFIDENCIAL

Caso	Dirección (°)	Hmo (m)	Periodo (s)	Gamma	NN	Profundidad de generación (m)
30006	300	1	6	3.3	76	500
30008	300	1	8	3.3	76	500
30010	300	1	10	3.3	76	500
30012	300	1	12	4	76	500
30014	300	1	14	5	76	500
30016	300	1	16	6	76	500
30018	300	1	18	7	76	500
30020	300	1	20	8	76	500
30022	300	1	22	8	76	500
30024	300	1	24	8	76	500
31506	315	1	6	3.3	76	500
31508	315	1	8	3.3	76	500
31510	315	1	10	3.3	76	500
31512	315	1	12	4	76	500
31514	315	1	14	5	76	500
31516	315	1	16	6	76	500
31518	315	1	18	7	76	500
31520	315	1	20	8	76	500
31522	315	1	22	8	76	500
31524	315	1	24	8	76	500
33006	330	1	6	3.3	76	500
33008	330	1	8	3.3	76	500
33010	330	1	10	3.3	76	500
33012	330	1	12	4	76	500
33014	330	1	14	5	76	500
33016	330	1	16	6	76	500
33018	330	1	18	7	76	500
33020	330	1	20	8	76	500
33022	330	1	22	8	76	500
33024	330	1	24	8	76	500
34506	345	1	6	3.3	76	500
34508	345	1	8	3.3	76	500
34510	345	1	10	3.3	76	500
34512	345	1	12	4	76	500
34514	345	1	14	5	76	500
34516	345	1	16	6	76	500
34518	345	1	18	7	76	500
34520	345	1	20	8	76	500
34522	345	1	22	8	76	500
34524	345	1	24	8	76	500

CONFIDENCIAL

Datos persona responsable del estudio

Nombre	Cédula de identidad	Título profesional	Empresa
Roberto Salinas Naranjo	15.338.619 - 6	Ingeniero Civil	Baird & Associates S.A.



Roberto Salinas Naranjo
Jefe de Proyecto
Baird & Associates S.A.

CONFIDENCIAL

000666

CONFIDENCIAL

Anexo B

Resultados del Análisis Estadístico de Valores Extremos

Para el análisis de valores extremos se utilizó el método de Separación de Swells (Hanson, 2001), el cual permite la extracción de parámetros de oleaje a partir de la evolución de cada tomenta presente en el nodo de aguas profundas estudiado.

Se ajustaron diversas distribuciones de valores extremos, siendo la distribución de Gumbel la que mejor se ajustó a los datos de olas en aguas profundas en ambos cuadrantes, según los resultados de los tests de confianza.

Para obtener los resultados de valores extremos en función de distintos períodos de retorno, se adoptaron las siguientes variables auxiliares, según FSR, 1975:

$$\beta = \frac{N(\bar{x} - \min)}{N-1} \qquad x_o = \min - \frac{\beta}{N}$$

Donde: N: Número de datos

$\bar{x}$: Promedio de la muestra

min: Valor mínimo de la muestra

La Tabla C1 muestra los valores de β y x_o para los sistemas de oleaje identificados:

Tabla C1. Variables auxiliares distribución Gumbel para sistemas de oleaje identificados.

Sistema de oleaje	**μ**	**α**
Swell remoto SW	4.46	4.89
Swell cercano SW	2.67	4.67
Swell remoto NW	1.31	9.36

La función que entrega las alturas extremas para cada período de retorno se define según:

$$x(T_r) = x_o + \beta(LN(\lambda) - LN(T_r))$$

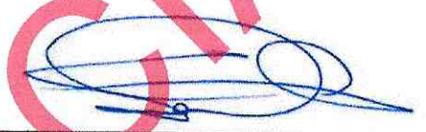
Donde: Tr: Período de retorno, en años

λ : Se define como $1/\alpha$ y corresponde al tiempo promedio entre eventos, en este caso es igual a 1.

CONFIDENCIAL

Datos persona responsable del estudio

Nombre	Cédula de identidad	Título profesional	Empresa
Roberto Salinas Naranjo	15.338.619 - 6	Ingeniero Civil	Baird & Associates S.A.



Roberto Salinas Naranjo
Jefe de Proyecto
Baird & Associates S.A.

CONFIDENCIAL

006669

CONFIDENCIAL

Anexo C

Informe Campañas de Terreno para Mediciones de Oleaje

000670

INFORME TECNICO
MEDICION DE OLEAJE CALETA PATILLO
I REGIÓN DE TARAPACÁ

CAMPAÑA DE INVIERNO Y VERANO 2014

CONFIDENCIAL

Preparado para:

Elaborado por:

GeoMar Ingeniería
6 Norte 981, Viña del Mar
Viña del Mar, Chile.

MARZO 2015

000671

ÍNDICE

1 INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS 3
2 MEDICIÓN OLAS OPERACIONALES 6
2.1 MEDICIONES DE OLAS DE PERIODO CORTO 7
2.2 MEDICIONES DE OLAS DE PERIODO LARGO 12
2.3 CONCLUSIONES OLAS 25

CONFIDENCIAL

1 INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS

El estudio de clima de oleaje para el proyecto considera un nodo de medición de olas en Caleta Patillo, tanto en época de invierno como verano en las coordenadas N: 7.707.143, E: 375.804 (invierno) y N: 7.707.146, E: 375.805 (verano), el punto de registro en ambas temporadas es prácticamente el mismo. Para poder caracterizar y definir las condiciones de oleaje del sector, en ambos casos se efectuaron mediciones continuas durante 40 días, de alturas, periodos y dirección de olas ambos puntos con medidores de olas direccional marca RD Instruments modelo Teledyne Nº de serie 11376 (invierno) y 16849 (Gruesa).

El instrumento se programó para activarse cada tres (3) horas y registrar olas a razón de 2 Hz (0,5 segundos), durante 35 minutos generando con esto un burst.
Los datos de configuración del instrumento son los siguientes:

Campaña de Invierno

	Campaña de Invierno 2014	Campaña de Verano 2014
Instrumento	ADCP Patillo Invierno	ADCP Patillo Verano
Número de serie	16849	11376
Ubicación del fondeo	Lat.:20° 43' 52.32"S; Long.: 70° 11' 34.16"O	Lat.:20° 43' 52.22"S; Long.: 70° 11' 34.13"O
Profundidad (NRS)	17.8 m	18.0 m
Fecha instalación	10 de Agosto 2014	2 de Diciembre 2014
Fecha retiro	11 de Septiembre 2014	11 de Enero 2015
Altura sensor desde el fondo	1 m	1 m
Intervalo entre burst	3 horas	3 horas
Intervalo medición corrientes	10 minutos	10 minutos
Frecuencia de muestreo	2 Hz oleaje; 1 Hz corrientes	2 Hz oleaje; 1 Hz corrientes
Número de datos por burst	4200	4200
Tamaño de celdas	1 m	1 m
Sistema de referencia	Norte magnético	Norte Magnético
Huso horario	Z + 4	Z + 3

Los instrumentos se instalaron en un punto cuya profundidad aproximada es de 17.8 metros (Invierno) y 18.0 metros (Verano) bajo el NRS y a una altura de 1 metro sobre el fondo marino ***Figura 1***

Periodo de Invierno:

Comienzo de las mediciones	10/08/2014	15:00 horas (Z+4)
Término de las mediciones	11/09/2014	06:00 horas (Z+4)

CONFIDENCIAL

Periodo de Verano:

Comienzo de las mediciones	02/12/2014	12:00 horas (Z+3)
Término de las mediciones	11/01/2015	09:00 horas (Z+3)

Figura 1: Imagen Satelital, Posición Fondeo ADCP Periodo de Invierno y Verano.



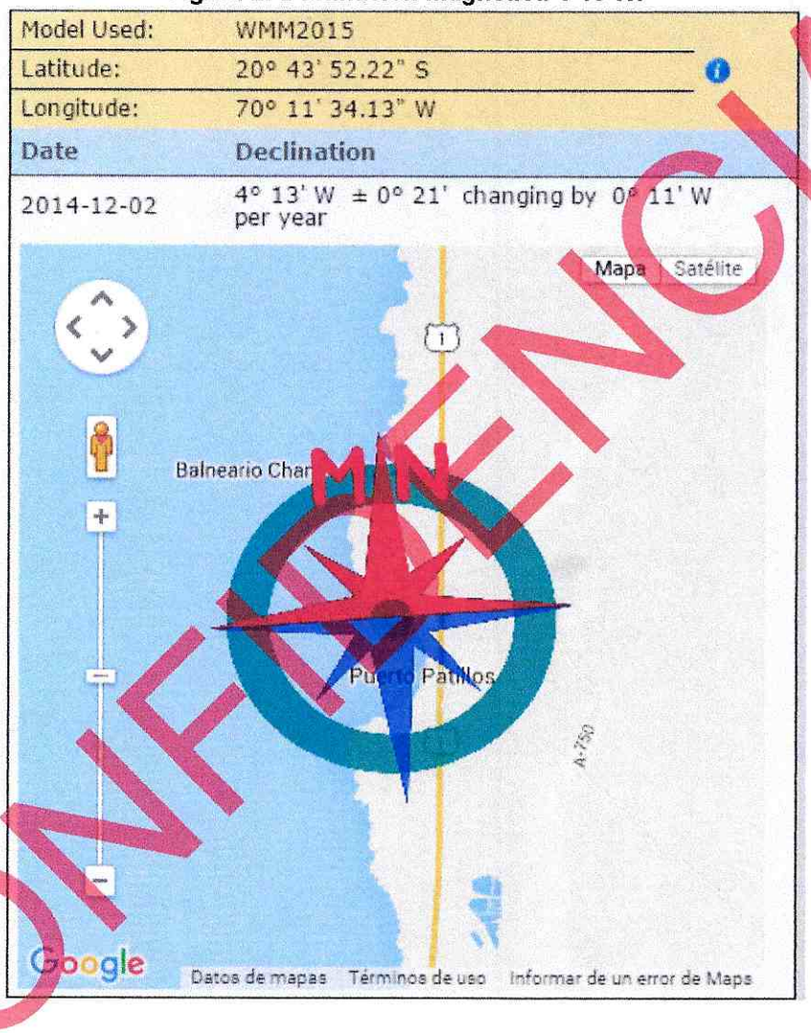
Debido a que los ADCP's orientan sus datos en base a un compás magnético, se realizó una corrección para obtener los datos orientados con respecto al norte geográfico

El polo norte geográfico, utilizado como referencia en todos los mapas, es consecuencia de la división imaginaria del globo terráqueo en diferentes gajos (husos) a través de los meridianos. El punto de intersección de todos ellos da lugar a los polos Norte y Sur. El polo norte magnético es el punto de la superficie terrestre que atrae el extremo rojo de la aguja de la brújula. Este punto no tiene una ubicación física fija y se desplaza unos 15 km por año. Actualmente, está situado en el norte del Canadá a unos mil doscientos kilómetros al sudoeste del polo norte geográfico.

CONFIDENCIAL

Los datos deben ser orientados al norte geográfico, para tener una referencia fija y poder compáralos con datos anteriores y posteriores. Los registros de la dirección de las Olas son referidos originalmente al norte magnético, sin embargo, para el análisis de la información, la dirección es referida al norte geográfico, empleándose para tal efecto, la corrección de desviación magnética local calculada utilizando el modelo geomagnético ***Current World Magnetic Model (WMM)*** (**Figura 2**) siendo la corrección para Caleta Patillo, de 4º 13' W, cambiando 0º 11' W por Año.

Figura 2: Declinación magnética 4º13'W.



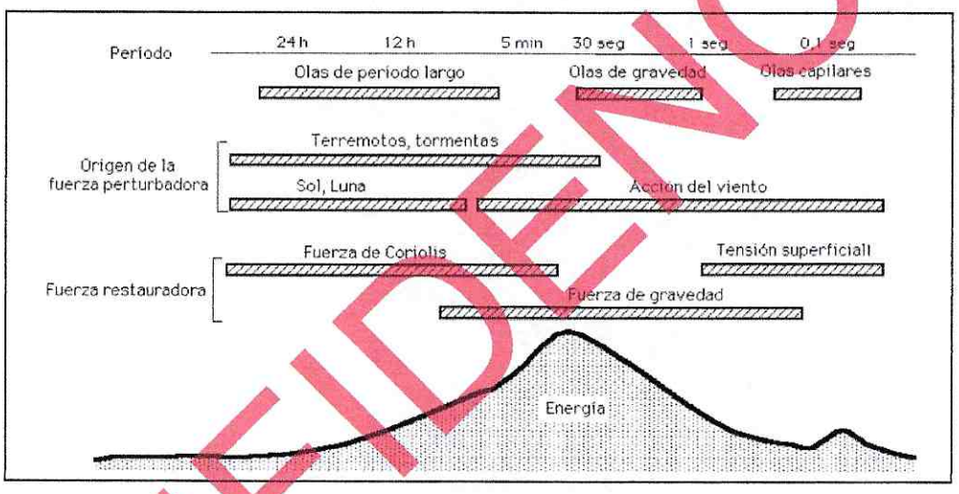
CONFIDENCIAL

2 MEDICIÓN OLAS OPERACIONALES

Las mediciones se realizaron de acuerdo a las Instrucciones oceanográficas del SHOA Pub 3201. Deberán desarrollarse las campañas de medición de olas por medios instrumentales con una duración mínima de 30 días, para caracterizar el oleaje en el rango de períodos de olas de 3 a 30 segundos. El instrumento deberá ser instalado cerca del sitio de interés y registrar olas cada 3 horas como máximo, por un período de muestreo de a lo menos 18 minutos y con una frecuencia de muestreo de 0,5 segundos (2Hz) como mínimo.

A continuación se presenta en la **Figura 3**, donde se representa los tipos de olas según la fuerza perturbadora, restauradora y su periodo incluyendo la curva de energía asociada en cada caso particular.

Figura 3: Representación esquemática de los tipos de olas que existen en la superficie del océano y de la energía en ellas contenida.



Se observa que la mayor parte de la energía disponible se encuentra en las olas de periodos comprendidos entre 5 minutos y 1 segundos, es decir, las denominadas olas de gravedad.

Como resultado, el oleaje en un determinado lugar suele estar compuesto por una combinación de olas de viento local (sea) y olas largas generadas por tormentas que han tenido lugar a cientos o miles de km (mar de fondo o swell).

Olas de periodo corto (Olas de gravedad), (3 seg a 30 seg). A este grupo corresponden las olas cuya fuerza restauradora principal es la gravedad. Estas pueden viajar largas distancias y romper muy lejos de su punto de origen, provocando una oscilación o movimiento orbital de las partículas de agua.

Ondas de periodo largo (infra gravedad), (30 seg. y 5 minutos). Son ondas de gravedad, que causan oscilaciones notorias en la superficie del mar y se producen en grandes tormentas.

CONFIDENCIAL

2.1 MEDICIONES DE OLAS DE PERIODO CORTO

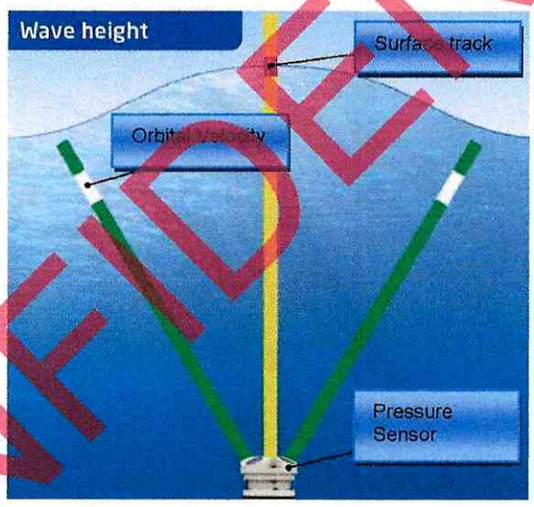
Una vez obtenido los datos crudos del medidor de olas direccionales marca RD Instruments modelo Sentynel, estos se procesaron utilizando el software WavesMon versión 3.08, software desarrollado por RD Instruments para el procesamiento de datos de olas direccionales.

Los diversos instrumentos que miden oleaje lo hacen de diferentes formas. La mayoría lo hace indirectamente mediante variables como la presión y las velocidades orbitales asociadas a él.

El ADCP tiene tres diferentes técnicas independientes para la medición del espectro **(Figura 4)**.

- Velocidad Orbital (The orbital velocity)
- Seguimiento superficial (The surface track)
- Sensor de presión (Thepressure sensor)

Figura 4: Representación esquemática de los tipos de técnicas independientes para la medición del oleaje.

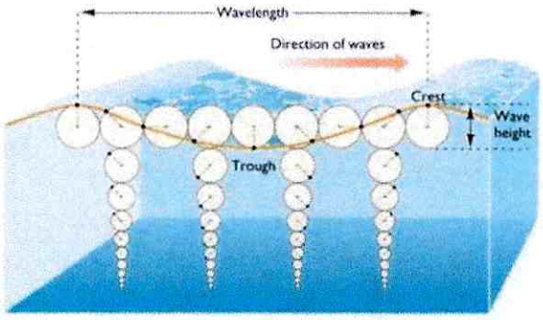


De los tres métodos mencionados para la estimación de la ola, en este informe se ha utilizado el espectro de velocidades orbitales, el cual es recomendado en sectores de bahías abiertas como es el caso de la zona analizada.

Con el paso de una ola por un punto se generan movimientos bajo la superficie. Estos movimientos en el seno del agua son un tipo especial de corrientes debido a que su dirección cambia continuamente, al describir círculos. Este movimiento cíclico genera trayectorias circulares en aguas profundas y a menudo se denomina velocidad orbital del oleaje.

CONFIDENCIAL

Figura 5: Representación de la Velocidad orbital del oleaje



Se Determinaron los parámetros no direccionales del oleaje utilizando las velocidades orbitales del oleaje como método primario.

The Orbital Velocity: La velocidad orbital mide cerca de la superficie, esta información es traducida a un espectro de desplazamiento de la superficie. Este método proporciona una frecuencia de respuesta mucho mejor, puesto que las mediciones pueden hacerse a través de la columna de agua.

Del procesamiento de los datos se obtuvo la siguiente información, la cual se encuentra en el **Anexo 1 (Patillo Invierno) y Anexo 3 (Patillo Verano).**

B#	Numero de burst
YY	Año
HH	Hora en huso Z+4 (invierno); Z+3 (Verano).
Hs	Altura de ola significativa en metros
TP	Periodo peak espectral en segundos
Dp	Dirección de las olas peak con respecto al norte magnético
Depth	Marea referida al 0 del instrumento en milímetros
H1/10	Ola del 10 % Superior en metros
Tmean	Periodo promedio en segundos
Dmean	Dirección promedio con respecto al norte magnético

La información de Olas fue sometida a un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de 8 direcciones.

CONFIDENCIAL

Olas Caleta Patillo Corto Periodo, Campaña de Invierno

El proceso de estimación de oleaje acotado a periodo corto, muestra que las mayores ocurrencias se registraron en el intervalo de 0.75 a 0.95 (m) con una ocurrencia de 16.54%, seguido de los intervalos entre 1.15 a 1.35 (m) con un total de 15.75% de las ocurrencias.

Las máximas alturas registradas por dirección se muestran en la **Tabla 1**, en esta se puede observar que existe una máxima de 2.61 (m) de incidencia SW, siendo la altura de ola promedio para el total de la estadística considerada de 1.42 (m).

Direccionalmente se observa que las olas incidentes en la zona de estudio se presentan desde el 3er cuadrante, destacando la dirección SW con ocurrencias de 98.43%.

En cuanto a los periodos estos se agruparon principalmente en los tramos de 12s a 14s (44.88%), seguido de los periodos de 14s a 16s (23.62%), siendo el promedio de 13.10s.

CONFIDENCIAL

Tabla 1: Distribución de Altura y Dirección de Oleaje Peak-Corto Periodo Caleta Patillo Invierno.

Altura Hs (m)	Dirección (°)								Total	
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nº Datos	%Ocurrencia
<0.75						2			2	0.79%
0.75-0.95					1	41			42	16.54%
0.95-1.15					1	38			39	15.35%
1.15-1.35					2	38			40	15.75%
1.35-1.55						34			34	13.39%
1.55-1.75						39			39	15.35%
1.75-1.95						26			26	10.24%
1.95-2.15						7			7	2.76%
>2.15						25			25	9.84%
Nº Datos	0	0	0	0	4	250	0	0	**254**	100.00%
% Ocurrencia	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.57%	98.43%	0.00%	0.00%		**100.00%**
									254	**100.00%**

Estadística Básica	Dirección (°)								Total (m)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Hs. Max	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	2.61	0.00	0.00	**2.61**
Hs. Med	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	1.42	0.00	0.00	**1.42**
Desvt St	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.44	0.00	0.00	**0.44**

Tabla 2: Distribución de Periodo y Dirección de Oleaje Peak-Corto Periodo Caleta Patillo Invierno.

Período [s]	Dirección (°)								Total	
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Nº Datos	% Ocurrencia
6-8						2			2	0.79%
8-10					2	18			20	7.87%
10-12					2	33			35	13.78%
12-14						114			114	44.88%
14-16						60			60	23.62%
16-18						21			21	8.27%
18-20						2			2	0.79%
Nº Datos	0	0	0	0	4	250	0	0	**254**	
% Ocurrencia	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.57%	98.43%	0.00%	0.00%		**100.00%**
									254	**100.00%**

Estadística Básica	Dirección (°)								Total (s)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Tp. Max	0.00	0.00	0.00	0.00	10.70	18.50	0.00	0.00	**18.50**
Tp. Med	0.00	0.00	0.00	0.00	9.68	13.15	0.00	0.00	**13.10**
Desvt St	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	**2.11**

CONFIDENCIAL

Figura 6: Histograma de incidencia de Oleaje, Corto Periodo Patillo Invierno

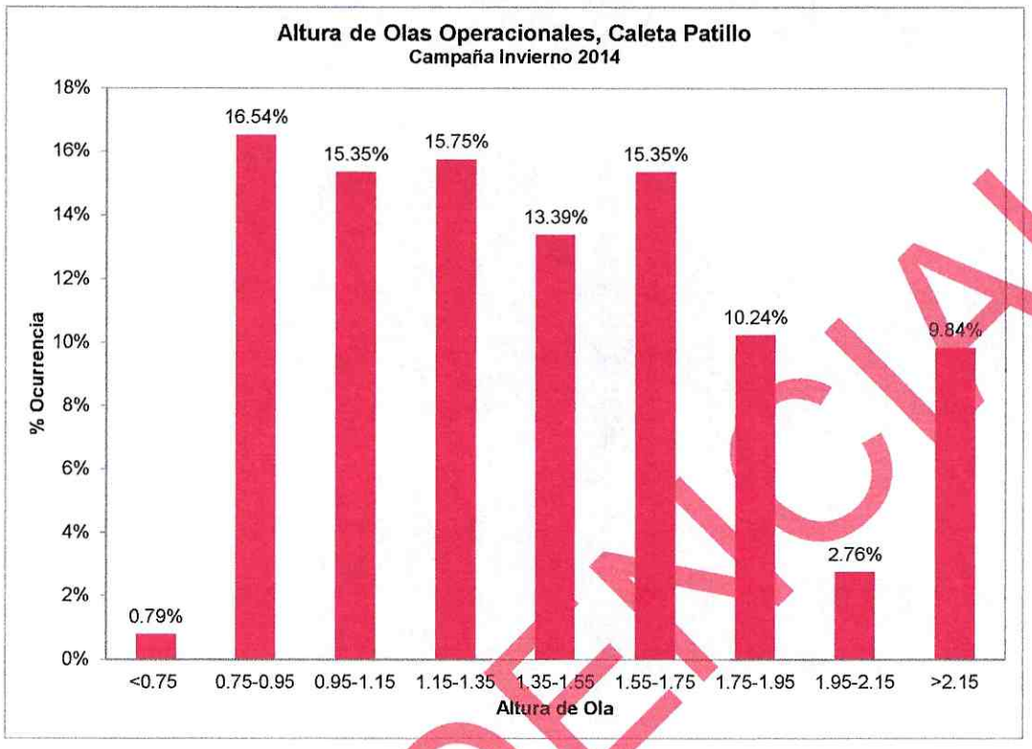
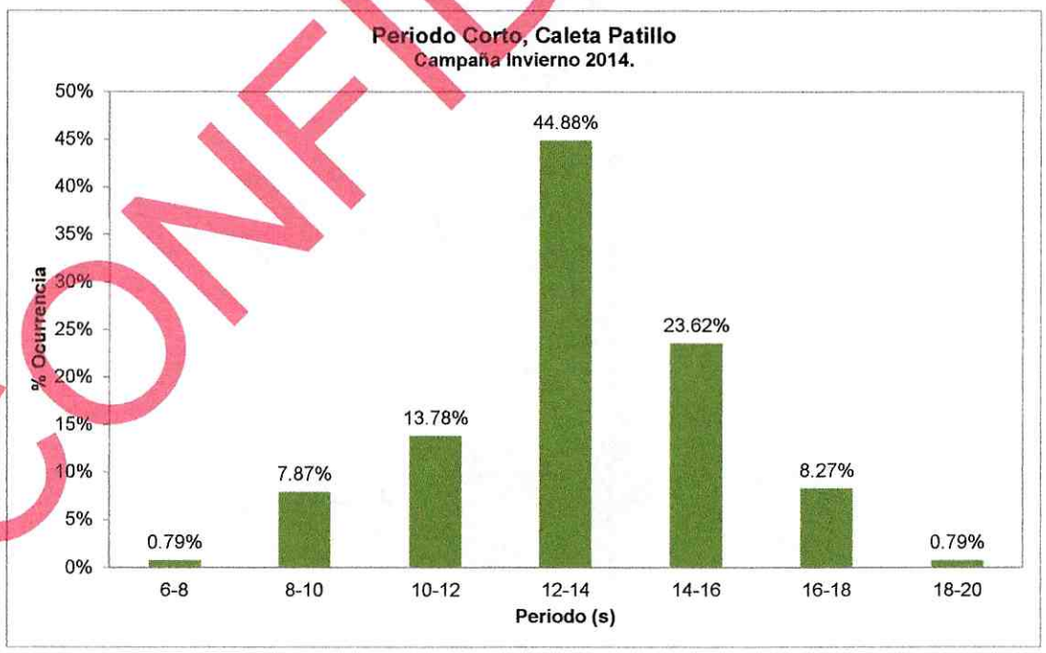


Figura 7: Histograma de incidencia de Periodos, Corto Periodo Patillo Invierno



CONFIDENCIAL

Figura 8: Histograma de Dirección de incidencia de oleaje, Corto Periodo Patillo Invierno



2.2 MEDICIONES DE OLAS DE PERIODO LARGO

Del mismo modo al proceso del olas de corto periodo, se procedió a procesar la base de datos de registro del instrumento para olas de largo periodo, estos fueron procesados utilizando el software WavesMon versión 3.08, software desarrollado por RD Instruments para el procesamiento de datos de olas.

Los parámetros para el procesamiento de las olas fueron los siguientes:

Frecuencia de corte superior	30 segundos (0,0333 Hz)
Frecuencia de corte inferior	300 segundos (0,00333 Hz)
Altura del instrumento sobre el fondo marino	1 metro

Del procesamiento de los datos se obtuvo la siguiente información, la cual se encuentra en el **Anexo 2 (Patillo Invierno) y Anexo 4 (Patillo Verano).**

B#	Numero de burst
YY	Año
HH	Hora en huso Z+4 (Invierno); Z+3 (Verano).
Hs	Altura de ola significativa en metros
TP	Periodo peak espectral en segundos
Dp	Dirección de las olas peak con respecto al norte magnético
Depth	Marea referida al 0 del instrumento en milímetros
H1/10	Ola del 10 % Superior en metros
Tmean	Periodo promedio en segundos
Dmean	Dirección promedio con respecto al norte magnético

CONFIDENCIAL

La información de Olas fue sometida a un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de 8 direcciones.

Olas Caleta Patillo, Largo Periodo Campaña de Invierno.

El proceso de estimación de oleaje acotado a periodos largos, muestra que mayores ocurrencias se registraron en el intervalo de 0.06 a 0.08 (m) con una ocurrencia de 50.00% seguida de aquellas que oscilan entre los 0.08 y 0.1 (m) con una ocurrencia del 28.74%. Las máximas alturas registradas por dirección se muestran en la **Tabla 3**, en esta se puede observar que las máximas alturas oscilaron entre los 0.10 m y los 0.14 (m), se advierte además que la altura promedio considerando todos los datos registrados fue de 0.07 (m).

Direccionalmente (**Figura 11**) se observa que las olas incidentes en la zona de estudio se presentan con mayor ocurrencia desde la componente SW (18.50%), seguido de la dirección S (14.96%).

En cuanto a los periodos estos se agruparon principalmente entre los 40s y 50s ***(Figura 10)***, con una ocurrencia 20.87%, seguido de los periodos 30s a 40s (18.11%) y una media de 85.01 segundos.

CONFIDENCIAL