UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EMBARQUE DE 1’800,000 TM DE CONCENTRADOS DE COBRE EN LA BAHIA DE PACASMAYO
CALCULO DE LA OPERATIVIDAD DEL MUELLE

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Titulo Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CÉSAR SALVADOR RAMOS BENDEZÚ

Lima- Perú

2010

ÍNDICE

RESUMEN.....02
LISTA DE CUADROS.....03
LISTA DE FIGURAS.....04
LISTA DE SIMBOLOS.....06
LISTA DE SIGLAS.....07
INTRODUCCION.....08
CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO
1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....09
1.2 PROBLEMA Y OBJETIVO DEL PROYECTO.....11
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....11

CAPITULO II: ESTUDIOS HIDRO-OCEANOGRÁFICOS
2.1 ESTUDIO DE VIENTOS.....15
2.2 ESTUDIO DE OLAS.....17
2.3 ESTUDIO DE MAREAS.....21
2.4 ESTUDIO DE LAS CORRIENTES.....27
2.5 ESTUDIO DEL MATERIAL DE FONDO.....31
2.6 ESTUDIO BATIMÉTRICO.....33
2.7 ORIENTACIÓN DE LA LINEA DE COSTAS.....37

CAPITULO III: CÁLCULO DE LA OPERATIVIDAD
3.1 MARCO TEÓRICO.....38
3.2 CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE AGITACIÓN.....44
3.3 CALCULO DE LA MACRO DISTRIBUCIÓN DEL OLEAJE PARA PACASMAYO.....49
3.4 CÁLCULO DE LA OPERATIVIDAD DEL MUELLE DE PACASMAYO.....51

CONCLUSIONES.....53
RECOMENDACIONES.....54
BIBLIOGRAFÍA.....55
ANEXOS.....58

RESUMEN

En el presente informe, se calcula la operatividad del muelle en la Bahía de Pacasmayo, teniendo en consideración que este muelle debe atender el embarque de 1'800,000 TM de concentrados de Cobre anualmente.
Se entiende por operatividad, como la cantidad de días al año que este puerto podrá operar con relativa normalidad, es decir, que no le afectará el oleaje.
El muelle se ubicará en la zona conocida como El Faro, ubicado en el distrito de Pacasmayo, en la provincia de Pacasmayo y Región La Libertad.
Los terrenos, en donde se plantea construir y operar el Terminal Portuario, a la fecha se encuentran deshabitados, y los terrenos son propiedad del Gobierno Regional de La Libertad.
El nuevo Terminal Portuario de Pacasmayo tiene planeado recibir el concentrado de Cobre proveniente de diversos proyectos mineros mediante camiones de tolva, acopiando el concentrado temporalmente en el almacén del puerto. Posteriormente será transportado mediante la faja transportadora al muelle, y de este se embarcara el concentrado a las naves mediante un cargador de naves o "shiploader".

Se considera la construcción de una infraestructura adecuada para la recepción, almacenaje temporal y proceso de embarque hacia la nave que incluye el transporte por medio de faja transportadora hacia el muelle y su embarque propiamente hacia la nave por medio de un cargador o "shiploader".

La flota de camiones proyectada, que realizará el transporte de concentrado, tendrá una capacidad promedio de 29 TM. Esta actividad será realizada por terceros, es decir, transportistas especializados, los mismos que brindarán el servicio de transporte de concentrado desde la mina hasta el almacén del Terminal Portuario de Pacasmayo.

Este proyecto contempla ventajas significativas con respecto a sus competidores inmediatos (Terminal Portuario de Salaverry y Terminal Portuario del Callao), tanto en distancia como en operatividad y cuidado del medio ambiente, lo cual reduce costos y lo hace más competitivo.

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº 1.01: Principales Centros Mineros de la Región Cajamarca.....11

Cuadro Nº 2.01: Escala de Beaufort 16

Cuadro Nº 2.02: Características de la onda progresiva (Teoría Lineal – AIRY) 19

Cuadro Nº 3.01: Características de las Naves BULK CARRIER.....44

Cuadro Nº 3.02: Coeficientes de Refracción para ambas direcciones.....47

Cuadro Nº 3.03: Cálculo de ocurrencia de Oleaje - El Faro.....51

Cuadro Nº 3.04: Factores de ocupación según el número de amarraderos.....52

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº 1.01: Principales Centros Mineros de la Región Cajamarca.....09

Figura Nº 2.01: Refracción de la ola en la costa.....20

Figura Nº 2.02: Resaca costera.....22

Figura Nº 2.03: Mareas que inciden sobre la costa peruana.....24

Figura Nº 2.04: Efecto del Sol y la Luna sobre los niveles del Mar.....25

Figura Nº 2.05: Niveles característicos del Mar.....26

Figura Nº 2.06: Las corrientes oceánicas en el mundo 28

Figura Nº 2.07: Las corrientes de Humboldt y de El Niño.....29

Figura Nº 2.08: Distribución de Facies Texturales en los Sedimentos.....32

Figura Nº 2.09: Carta Náutica 126 de la Caleta Púemape a Punta Huanchaco. Esc.: 1:100,000.....34

Figura Nº 2.10: Carta Náutica 125 del Puerto de Eten a Caleta Puémape. Esc.: 1:100,000.....35

Figura Nº 2.11: Carta Náutica 1253 del Puerto de Pacasmayo. Esc.: 1:15,000 36

Figura Nº 2.12: Formaciones costeras.....37

Figura Nº 3.01: Ubicación Geográfica de San Pedro de Lloc.....38

Figura Nº 3.02: Mapa Físico de las 12 Provincias de la Región La Libertad.....39

Figura Nº 3.03: Ubicación estratégica del distrito de Pacasmayo y ubicación de minas en la Región Cajamarca 39

Figura Nº 3.04: Principales Proyectos Mineros en la Región Cajamarca.....40

Figura Nº 3.05: Ubicación de Puertos en la Región La Libertad y accesos a estos desde el Distrito de Pacasmayo.....41

Figura Nº 3.06: Ruta 001 desde Trujillo a Pacasmayo.....41

Figura Nº 3.07: Ruta 008 desde Cajamarca a Pacasmayo.....42

Figura Nº 3.08: Ruta 001 desde Chiclayo a Pacasmayo.....42

Figura Nº 3.09: Foto Panorámica del Muelle Actual del Distrito de Pacasmayo.....43

Figura Nº 3.10: Procedimiento para cálculo de la operatividad.....45

Figura Nº 3.11: Macro Distribución del Oleaje en Salaverry.....50

Figura Nº 3.12: Ubicación del muelle (amarradero).....52

LISTA DE SIMBOLOS

b_o	Distancia entre dos líneas de corriente inicial.
b_1	Distancia entre dos líneas de corriente final.
C_O	Celeridad de la ola.
d	Profundidad batimétrica.
g	Aceleración de la gravedad 9.81 m/s^2.
Ho	Altura de olas en aguas profundas.
k	Numero de Ola.
K_d	Coeficiente de difracción.
K_D	Coeficiente de estabilidad o coeficiente de daño (Hudson)
Kr	Coeficiente de refracción.
Ks	Coeficiente de bajos. (shoaling)
L_o	Longitud de la onda.
P	Porcentaje de ocurrencia.
T	Periodo del oleaje en la costa norte del Perú
TM	Tonelada Métrica.

LISTA DE SIGLAS

CIRA	Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos.
DWT	Dead Weight Tonnage o Toneladas de Peso Muerto.
EHW	Nivel de marea alta extrema.
ELW	Nivel de marea baja extrema.
INC	Instituto Nacional de Cultura del Perú
ISO	International Organization for Standardization
MHWS	Nivel medio de pleamares de sicigias ordinarias.
MHW	Nivel medio de las altas mareas.
MLW	Nivel medio de las bajas mareas.
MLWS	Nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias.
MSL	Nivel medio del mar.
OSHAS	Especificación Internacional de Evaluación de Higiene y Seguridad Ocupacional.
PBIP	Código Internacional para la Protección de los Buques e Instalaciones Portuaria.
TPC	Terminal Portuario del Callao.
TPP	Terminal Portuario de Pacasmayo.
TPS	Terminal Portuario de Salaverry.

INTRODUCCIÓN

En la bahía de Pacasmayo fue construido entre los años 1,870 y 1,875 un muelle destinado al comercio mediante la modalidad de lanchonaje, el muelle actualmente tiene una longitud de solo 534 m y 10.5 m de ancho, y está prácticamente en desuso ya que su estructura se encuentra bastante deteriorada y es dedicado solo a la pesca artesanal para consumo humano local.

Un puerto en la ciudad de Pacasmayo, seria de mucha importancia para el desarrollo de la Región La Libertad, y puede ser posible debido a las adecuadas condiciones naturales, ambientales y topográficas, y la relación natural que tiene con la Región Cajamarca como su salida natural a la costa norte. Este se encuentra a 200 Km. del área de minas de Cajamarca; y ello es una fortaleza ya que daría mayor eficiencia al transporte de concentrados y por ende menor costo.

El principal aporte del presente informe es determinar, dada la ubicación del terminal portuario, como será afectado por el oleaje y si esta afectación la hace inviable u obliga a construir obras de abrigo.

El presente trabajo se divide en tres capítulos: Capítulo I, da a conocer los aspectos generales como los antecedentes, donde se hace mención del problema y objetivo del proyecto, así como una breve descripción del mismo; en el Capítulo II, se hace mención a los estudios hidro-oceanográficos, necesarios para el desarrollo de un proyecto portuario; en el Capítulo III, se realizan los cálculos de los coeficientes de agitación para luego utilizarlos en la obtención de la macro distribución del oleaje para la bahía de Pacasmayo y finalmente obtener los porcentajes de operación.

El nuevo Terminal Portuario de Pacasmayo es uno de los anhelos más grandes para los pobladores de la zona desde hace mucho tiempo atrás, ya que de construirse daría un gran auge a la economía de esta parte del territorio peruano. Su construcción es considerada de vital importancia, beneficiando considerablemente a la Región Cajamarca, haciendo posible la salida de sus recursos.

CAPITULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Entre los años 1870 y 1875, se construyó el actual muelle para lanchonaje del puerto de Pacasmayo ubicado a 79º33' de longitud oeste y 07º24' de latitud sur, en el distrito de Pacasmayo, provincia de Pacasmayo y Región La Libertad. El muelle originalmente tuvo una longitud de 773.4 m, lamentablemente por la bravura del mar en los años 1918 y 1924 ocasionó el acortamiento de su longitud actualmente a solo 534 m y 10.5 m de ancho.

La estructura esta constituida por pilotes metálicos sobre la cual se apoya la plataforma de madera y a lo largo de la plataforma pasa una línea férrea de una sola vía, por medio de la cual, se trasladaban locomotoras pequeñas, y grúas.
Existía un ferrocarril que unía las ciudades de Chilete en Cajamarca con Pacasmayo en La Libertad con una longitud de 105 km y un ancho de 1.4 m, dicho ferrocarril inició su construcción en 1871 con Ernesto Malinowsky quien trabajaba para Henry Meiggs, y fue administrado por la empresa inglesa Peruvian Corporation por un plazo de 66 años y llegó a su fin, en el año 1967, cuando por efecto de las lluvias torrenciales, se cayeron los puentes Quinden y Pay Pay.
Posteriormente y luego de una evaluación económica por parte de la empresa inglesa Peruvian Corporation, se decidió no invertir en la reconstrucción de los tramos afectados generando el cierre de operaciones del ferrocarril.

Actualmente se desconoce la capacidad resistente del muelle, no tiene almacenes propios, ni tampoco zonas de servicio para cargar, no existe servicio de pasajeros, el sistema de atención a las pequeñas embarcaciones pesqueras es deficiente, el servicio y remolcadores es proporcionado por el propio usuario dedicado solo a la pesca artesanal para consumo humano de la región [1]

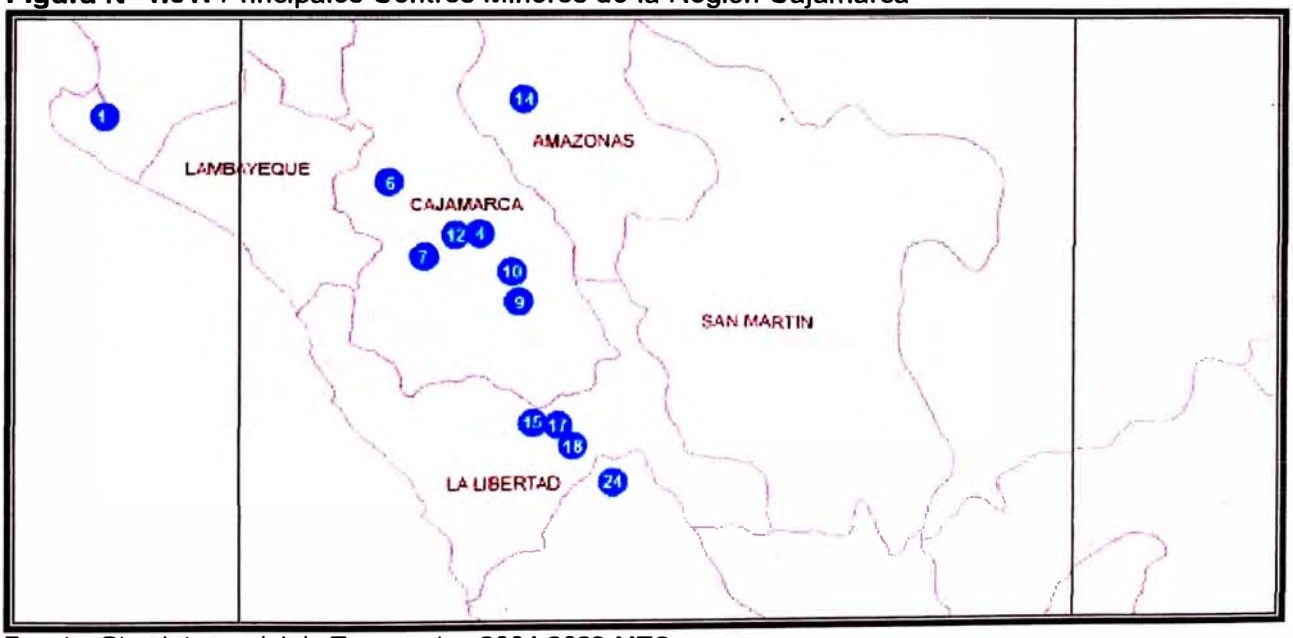
El puerto de la ciudad de Pacasmayo, adquiere importancia en el desarrollo de la Región La Libertad, debido a las adecuadas condiciones naturales, ambientales y topográficas, su ubicación estratégica entre las ciudades de Trujillo y Chiclayo, por sus posibilidades industriales, la existencia de abundantes recursos, y la

relación natural que tiene con la Región Cajamarca como su salida natural a la costa norte.

En cuanto al aspecto minero, existe gran expectativa en el proyecto de explotación de cobre de las minas Galeno, La Granja, Michiquillay, La Zanja, Conga, Chaquicocha y Tantahuatay, ubicadas en la Región Cajamarca. El distrito de Pacasmayo se encuentra a 200 km aproximadamente del área minera en Cajamarca; distancia relativamente corta, por esto puede proveer mayor eficiencia en el transporte de concentrados y por ende menor costo.

El terminal marítimo para el nuevo puerto de Pacasmayo es uno de los anhelos más grandes desde hace mucho tiempo atrás, siendo también reclamados por todos los pueblos que conforman esta área, ya que de construirse daría un gran auge a la economía de esta parte del territorio peruano. Su construcción es considerada de vital importancia, beneficiando considerablemente a la Región Cajamarca, haciendo posible la salida directa de sus recursos.

Figura Nº 1.01: Principales Centros Mineros de la Región Cajamarca



Fuente: Plan Intermodal de Transportes 2004-2023-MTC

Cuadro Nº 1.01: Principales Centros Mineros de la Región Cajamarca

ANEXO 3 - Proyectos y prospectos mineros al 2004

Nº	Proyecto	Empresa	Etapa	Inversión (Mill de US$)	Producción	Produ
1	Bayóvar	Minero Perú S.A.	Factibilidad	600		Fosfatos
2	Rio Blanco	Compañía Minera Coripacha S.A.	Exploración			Pórfido de Cu, Mo
3	Tambogrande	Manhattan Seclusa S.A	Exploración	312	7500 ton/día	VMS de Cu-Zu-Au-Ag
4	Cerro Corona	Sociedad Minera Corona S.A.	Factibilidad	130	15000 ton/día	Pórfido de Cu-Au
5	Galeno	La Asunción Negociación Minera S.A.	Exploración			Pórfido de Cu-Au
6	La Granja	Minero Perú	Factibilidad	33.56	75000 ton/día	Pórfido de Cu-Au - Ag
7	La Zanja	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	Factibilidad	90		Epitermal de Au-Ag (Cu) de
9	Michiquillay	Minero Perú S.A.	Factibilidad			Pórfido Cu
10	Minas Conga	Minera Yanacocha S.A.	Factibilidad	600		Pórfido Cu -Au y Skarn de C
12	Tantahuatay	Compañía Minera Buenaventura S.A.A./Southern Perú (	Prefactibilidad	50		Epitermal de Au-Ag de alta
14	Bongará	Mauricio Hochschild & CIA. LTDA. S.A.C.	Exploración	17		MVT
15	Alto Chicama	Barrick Misquichilca S.A.	Exploración	20		Epitermal de Au-Ag de alta
17	La Arena	Gitennes Exploration Inc.	Exploración	70	100000oz/año	Pórfido de Cu-Au-(Mo)
18	La Virgen	Gitennes Exploration Inc.	Exploración	70		Epitermal de Au-Ag de alta
24	Magistral	Ancash Cobre S.A.	Exploración	200		Pórfido de Skarn de Cu-Mo
37	Macapuna-Shuc	Sociedad Minera El Brocal S A	Exploración			Epitermal de Au-Ag-Cu de
39	Quicay	Chancadora Centauro S.A.C.	Exploración		70000oz/año	Epitermal de Au-Ag de alta
40	San Gregorio	Sociedad Minera El Brocal / Caminco	Exploración	100		Reemplazamiento de carbon
43	Mario	Sulliden	Exploración	1.2		Reemplazamiento de carbon
46	Toromocho	Empresa Minera del Centro del Perú S.A.	Exploración			Pórfido de Cu-Mo y Skarn d
47	Cerro Lindo	Cia. Minera Milpo S.A.	Factibilidad	90		VMS
51	Las Bambas	Minero Perú S A	Exploración			Skarn de Cu-Fe

Fuente: Plan Intermodal de Transportes 2004-2023-MTC

1.2 PROBLEMA Y OBJETIVO DEL PROYECTO

Debido a que en la actualidad, no existe un puerto en la costa norte del Perú con las condiciones necesarias para embarcar 1'800,000 TM de concentrados anualmente, el problema se traduce en determinar si es viable desde el punto de vista de la operatividad, construir y operar un puerto en la zona de El Faro.

Por otro lado el objetivo del presente informe es calcular la cantidad de días al año que el puerto podría operar con normalidad sin ser afectado por el oleaje.

1.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO

EL ENTORNO

El puerto de Pacasmayo tiene salida directa a la Panamericana Norte, por la cual se conecta tomando la Panamericana Norte (Ruta 001), hacia el Sur se puede acceder a Trujillo y por el Norte hacia Chiclayo, además por la Ruta 008 se puede acceder muy fácilmente hacia Cajamarca y de allí a sus minas. No se tiene un sistema ferroviario en todo el norte del país, debido a un estancamiento del mismo.

El puerto actual de Pacasmayo no exporta ningún concentrado de mineral, ya que no tiene ninguna infraestructura para estos fines.

El Puerto de Salaverry queda a 12 Km de Trujillo y exporta concentrados de mineral, pero solo tiene capacidad de almacenamiento cubierto de 14,000 TM, que sería insuficiente para la demanda creciente proyectada en Cajamarca, además este puerto tiene muchos problemas de operación a causa de la sedimentación en la actualidad y no puede funcionar normalmente todo el año. El Puerto de Malabrigo (Chicama) queda al Norte de Trujillo y solo exporta harina de Pescado una o dos veces al año, y no tiene infraestructura conveniente para embarcar concentrado de cobre.

OPERACIONES EN EL PUERTO

Los concentrado de cobre provenientes de las minas de Cajamarca serán transportados mediante camiones de tolva desde la mina hacia el puerto de Pacasmayo, los camiones de tolva transportan alrededor de 29 toneladas aproximadamente por viaje, se trasladarán por una carretera de 200 Km. que une la mina con el puerto.

Estos concentrados de cobre transportados por camiones de tolva deberán de llegar al antepuerto de camiones, para realizarles el pesaje y las pruebas correspondientes, luego pasan a las áreas de descarga y de ahí mediante fajas y elevadores hacia los almacenes.

Posteriormente a la llegada de la nave, estos concentrados de cobre son transportados desde los almacenes hacia el muelle mediante fajas transportadoras herméticas (tubulares) a través del puente.

El embarque de los concentrados de Cobre se realizará desde el muelle, que cuenta con cargador o "shiploader" que posee un brazo telescópico alimentador, cuya versatilidad le permite girar 180º. El muelle tendrá área suficiente para la carga de naves graneleras de sólidos y calado suficiente para el acoderamiento de estas.

El terminal portuario que se propone, debe ser especializado en el embarque de concentrados, por ello la infraestructura mínima con la que debe contar se enlista a continuación.

INFRAESTRUCTURA PARA LA OPERACIÓN DEL PUERTO

Obras interiores:

- Vía de acceso al puerto, desde la Panamericana Norte (Ciudad de Dios) hacia el terminal portuario.
- Áreas de ingreso y salida debidamente señalizados, hacia las zonas de descarga, oficinas y almacenes del terminal portuario.
- Antepuerto para camiones, para poder recepcionar a los camiones y donde se deberá clasificar y pesar los concentrados previos a la descarga.
- Almacenes, destinados para depositar los minerales a ser embarcados posteriormente, estos almacenes deben ser completamente herméticos y provistos de una presión negativa en su interior para evitar la polución de partículas potencialmente dañinas.
- Oficinas, destinadas para los despachos administrativos, de supervisión, talleres, almacenes menores, sala de reuniones, etc, dispuestos en un área exclusivo para estos fines.
- Instalaciones para los Trabajadores, que debe contar con áreas destinadas para oficinas administrativas, sala de reuniones, comedores, vestuarios, SS.HH, zonas recreativas, etc.
- Campamentos, destinados para albergar a los trabajadores y que debe contar con todas las comodidades del caso.
- Mini Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para tratar las aguas contaminadas productos de las operaciones en el puerto, antes de su vertimiento final.

Equipamiento mínimo:

- 03 cargadores frontales, para realizar los trabajos de carguío y acomodo de concentrados dentro del almacén.
- 01 grúa de muelle móvil, que dada su versatilidad servirá para diversos trabajos como mantenimiento, etc.
- 01 Faja Transportadora de 2,450 m de longitud aproximada que va del almacén al muelle.
- 03 camionetas para uso del personal administrativo, de operaciones y mantenimiento tanto dentro como fuera de las instalaciones del puerto.

Obras exteriores:

- Puente de acceso, que será una estructura compuesta por una plataforma sobre pilotes que tiene la función de soportar la faja transportadora y conectar tierra firme con el muelle de embarque.
- Muelle, ubicado al final del puente de acceso hacia mar adentro, en la batimétrica (profundidad) indicada en el proyecto.
- Pluma de carguío o Shiploader, que es una máquina utilizada para realizar la carga de los concentrados minerales desde el amarradero hacia las embarcaciones transportadoras de concentrados ("Bulk Carrier"). Consiste básicamente en un brazo extensible o pluma, una faja transportadora (hermética para el caso de embarque de minerales) y una estructura móvil para apoyar el brazo, por lo general montada sobre rieles o sobre neumáticos con el fin que pueda moverse y llegar a toda la longitud de la nave.
- Obras de atraque, consiste en el amarradero ubicada al final del muelle y todos los dispositivos necesarios para atracar a la nave durante el tiempo que demore el proceso de embarque del mineral.
- Ayudas a la navegación, que son una serie de obras tales como boyas, torres de enfilación, faros, faroletes, etc, que permitan a la nave aproximarse al puerto sin mayores inconvenientes y poder atracar sin dificultad.
- Rompeolas, que será construido mar adentro, del tipo marginal, para dar protección al terminal portuario, y así, este pueda operar normalmente la mayor parte de días al año.
- Canal de acceso, de ser necesario se considerará el dragado de un canal de acceso para poder recibir naves de mayor calado y por ende mayor capacidad; este canal requerirá mantenimiento periódico que consistirá en controles batimétricos y dragado.

CAPITULO II: ESTUDIOS HIDRO-OCEANOGRÁFICOS

Los estudios hidro-oceanográficos, con fines portuarios, son un conjunto de mediciones de parámetros útiles y necesarios para desarrollar cualquier proyecto portuario, se incluyen los estudios de vientos, oleaje, corrientes marinas, batimetría, perfil costero y transporte de sedimentos.

El estudio completo de estas variables esta fuera del alcance del presente informe, solo se pondrá énfasis en el estudio del oleaje, para el cálculo de la operatividad.

A continuación se mencionan los parámetros que se deben considerar dentro de los estudios hidro-oceanográficos.

2.1 ESTUDIO DE VIENTOS

La importancia del estudio de los vientos radica en el hecho de que es uno de los factores que afectan a las operaciones portuarias, particularmente a las maniobras de atraque y desatraque durante el ingreso y la salida de las embarcaciones al puerto.

En todas las partes del mundo existen los llamados vientos predominantes que son los que soplan en una dirección particular la mayor parte del tiempo, pero estos vientos predominantes no son necesariamente los más fuertes. Los vientos más fuertes por lo general ocurren con menos frecuencia y vienen de otras direcciones[6].

La dirección, frecuencia e intensidad de los vientos promedios en un lugar en particular sobre un periodo de tiempo, están representados gráficamente en la llamada Rosa de Vientos; este diagrama indica en porcentaje la frecuencia de los vientos de una velocidad dada y en una dirección dada, para un determinado periodo de tiempo (mes, estación, año, etc).

Los vientos muy fuertes pueden afectar el nivel de las aguas en un puerto, elevando o disminuyendo el nivel del mar sustancialmente en cuestión de pocas horas.

Una colección de datos de vientos (dirección, frecuencia e intensidad), por un periodo de 01 año es lo mínimo deseable como información pertinente.

La fuerza de un viento es clasificada de la Escala de Beaufort, que se muestra a continuación:

Cuadro Nº 2.01: Escala de Beaufort

Escala	Velocidad del viento (km/h)	Denominación	Aspecto de la mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	**Calma**	Espejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	**Ventolina**	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	**Flojito** (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	**Flojo** (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	**Bonancible** (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	**Fresquito** (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	**Fresco** (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	**Frescachón** (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	**Temporal** (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	**Temporal fuerte** (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	**Temporal duro**(Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	**Temporal muy duro** (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y más	**Temporal huracanado** (Huracán)	El aire está lleno de espuma y rociones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total

Fuente: www.wikipedia.org.pe

2.2 ESTUDIO DE OLAS

En los estudios de ingeniería con fines portuarios, es necesario predecir cuál será el comportamiento del oleaje durante las etapas de construcción y de operación de las obras. Ahí radica la importancia del conocimiento de este fenómeno.

La predicción de las olas consiste en el pronóstico de valores medios y extremos de valores de Amplitud, Periodo, Longitud y Celeridad de las olas que llegarán a la zona costera del proyecto.

Las olas son movimientos ondulatorios causados por diferentes factores, tales como vientos, sismos, variaciones atmosféricas, fuerza de atracción de los astros y se caracterizan por desarrollarse en la superficie del agua y tener periodicidad y ritmo casi constantes.

Para trabajar de manera analítica con las olas es necesario definir parámetros descriptivos que pudieran ser medidos mediante observaciones directas.

A continuación se definine los parámetros de una ola:

- Altura (H): Es la diferencia vertical entre una depresión y la cresta siguiente medida en un mismo punto.
- Periodo (T): Es el tiempo que transcurre entre el paso de dos crestas sucesivas o dos valles sucesivos por un mismo punto.
- Longitud (L): Es la distancia horizontal entre dos crestas o dos depresiones sucesivas de una ola.
- Profundidad (d): Es la distancia vertical (variable) entre el nivel medio del mar y el fondo marino en un punto específico.
- Velocidad (C): Está definida matemáticamente por C=L/T, es conocida también como celeridad de la onda

Los distintos tipos de olas se clasifican de acuerdo a diferentes parámetros que la definen:

Por su Origen

- Olas Sea u Olas Forzadas: Se denominan así por encontrarse dentro de su zona de generación por acción de los vientos. Este tipo de olas se caracterizan por ser de periodo corto, tener poca longitud y gran peralte, además de carecer de ritmo y armonía.
- Olas Swell u Oleaje Libre: Son generadas en una zona de vientos al sur de nuestro continente, en la denominada zona de tormentas o tierra del fuego entre los 18º a 22º de longitud y 45º a 50º de latitud sur, frente a las costas de Chile. Estas olas se propagan de Sur a Norte de aguas profundas hacia aguas poco profundas y cubren gran distancia durante su recorrido. Se caracterizan por ser de mayor longitud, altura, periodo, orden y armonía. Se puede decir que las olas Sea se convierten en olas Swell una vez que salen del área de acción del viento. La propagación de las olas no se produce de manera individual, sino que ellas forman trenes de olas de diferentes amplitudes y periodos.
- Olas de Tsunamis: Son las que se generan como resultado de sismos submarinos de gran magnitud y foco poco profundo, tienen longitud de onda muy larga y viajan a grandes distancias.

Por la Profundidad en que se encuentran

- Olas de Aguas Poco Profundas: Son aquellas que se propagan en zonas donde la profundidad de agua es menor o igual a 1/20 de la longitud de la ola, donde la influencia del fondo altera la forma del movimiento orbital, de circular a elíptico o cercano al elíptico.
- Olas de Aguas Profundas: Son aquellas que se propagan en zonas donde la profundidad de agua es mayor o igual a 1/2 de la longitud de la ola, donde el fondo marino no tiene ninguna influencia en el movimiento orbital de las partículas.
- Olas de Agua Intermedias: Son aquellas que se propagan en zonas donde la profundidad de agua es mayor a 1/20 de la longitud de la ola pero menor que 1/2 de dicha longitud.

Las siguientes son fórmulas para calcular la longitud de onda (L) y la velocidad (C) de estos tres tipos de olas:

Cuadro Nº 2.02: Características de la onda progresiva (Teoría Lineal – AIRY)

Profundidad relativa	Aguas someras o poco profundas $\frac{d}{L} < \frac{1}{20}$	Aguas intermedias $\frac{1}{20} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Aguas profundas $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
Periodo de la onda	T	T	T
Longitud de la onda	$L_s = T\sqrt{g*d}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$
Celeridad de la onda	$C_s = \sqrt{g*d}$	$C = \frac{gT}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_o = \frac{gT}{2\pi}$

Fuente: Asesores

Por el Periodo

- Olas de Mareas: Son oscilaciones periódicas del nivel del mar, provocadas por la fuerza gravitaciones del Sol y la Luna sobre la Tierra, son olas de periodo muy largo (12h 25' aprox.).
- Olas Seiches: Son olas estacionarias que se generan cuando el cuerpo de agua es afectado por cambios meteorológicos, como variación atmosférica o tormentas en la zona. Se caracterizan por periodos largos de 10' a 60'.
- Olas de Tsunamis: Generadas por sismos con epicentro en el fondo marino y cuyo periodo oscila entre 30" a 5'.
- Olas de Gravedad: Son olas de periodo corto provocadas por el viento, entre las que se encuentran las Olas Swell (periodos entre 7" a 30") y las Olas Sea (periodos entre 1" a 7").

Por la Longitud

- Olas Largas: Cuando la longitud es mucho mayor que la profundidad.
- Olas Cortas: Cuando la longitud es menor que la profundidad.

Para los estudios portuarios es muy importante conocer de qué manera y en qué magnitud se modifican las olas en su recorrido desde aguas profundas hasta el lugar donde se emplazará el puerto.

Al propagarse las olas sufren alteraciones debido a las condiciones de borde o de fondo marino. Estos cambios en la estructura (longitud y altura) de las olas pueden ser debidos a lo siguiente: perdida de profundidad durante el recorrido, fricción, refracción, difracción y reflexión. Cada uno de lo anteriormente mencionado modificará la característica de la ola en un factor K que calcularemos matemáticamente.

Dentro de ese grupo de factores, los más importantes son:

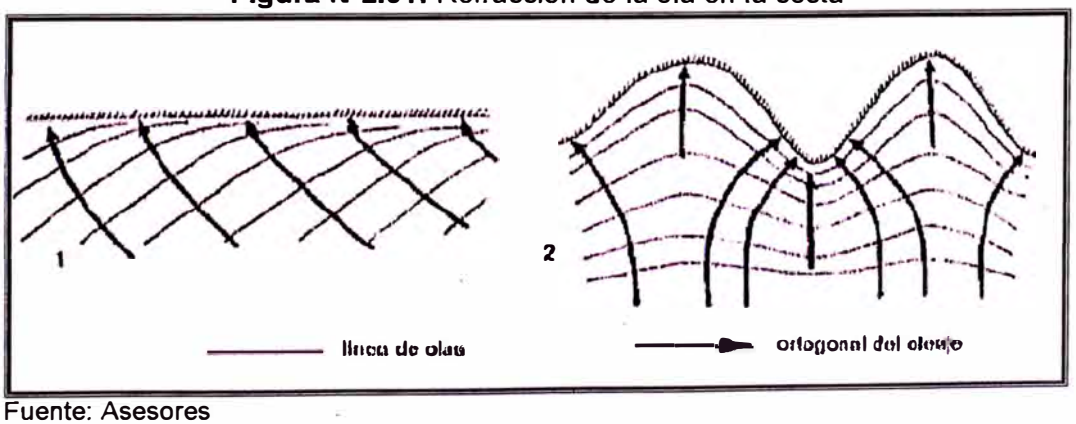
- Poca Profundidad (Ks): Es la variación de la longitud y la altura como consecuencia de la disminución de profundidad, esta matemáticamente cuantificado por el coeficiente de Shoaling o llamado también coeficiente de bajos. Matemáticamente este coeficiente se calcula según la siguiente fórmula:

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{\tanh(k \cdot d) \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot k \cdot d}{\operatorname{senh}(2 \cdot k \cdot d)}\right)}}, \text{ donde } k = \frac{2\pi}{L}$$

- Refracción (Kr): Es el fenómeno que se produce por el cambio en la dirección de propagación de las olas, esta variación de dirección puede ser causado, entre otras, por las variaciones de la topografía del fondo marino, por las corrientes marinas o por cualquier otro fenómeno que provoque que una parte de la ola avance más lenta o más rápida que la otra. Un fenómeno típico es que las líneas de corriente se juntan o congestionan en las puntas costeras y se abren o separan en las bahías costeras. Los cambios de oleaje debido a la refracción son comúnmente estimados mediante la construcción de diagramas de refracción en forma gráfica y uno de los métodos usados comúnmente es el de las ortogonales, cuyo coeficiente de refracción esta expresado por:

$Kr = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}}$, donde b_o y b_1 las distancias entre dos líneas de corriente al inicio y al final respectivamente.

Figura Nº2.01: Refracción de la ola en la costa



Fuente: Asesores

- Difracción (Kd): Es el fenómeno típico que se manifiesta en las ondas debido a la transferencia lateral de energía a lo largo de las líneas de cresta de las olas cuando se interrumpe el avance del oleaje mediante barreras tales como

rompeolas, islas, diques, etc. Esta transferencia de energía da lugar a la propagación de las olas dentro de la zona protegida, delimitada por una línea geométrica de sombra y la barrera.

Un ejemplo típico de difracción de olas se produce en un puerto completamente protegido por rompeolas. La brecha entre los rompeolas admite un cierto número de olas hacia el puerto que contiene aguas en calma, estas olas se propagan en toda el área del puerto en frentes de ola con centro en la brecha, su energía decrece, por lo tanto, las estructuras deben situarse a la mayor distancia posible de la brecha para reducir la acción de las olas.

2.3 ESTUDIO DE MAREAS

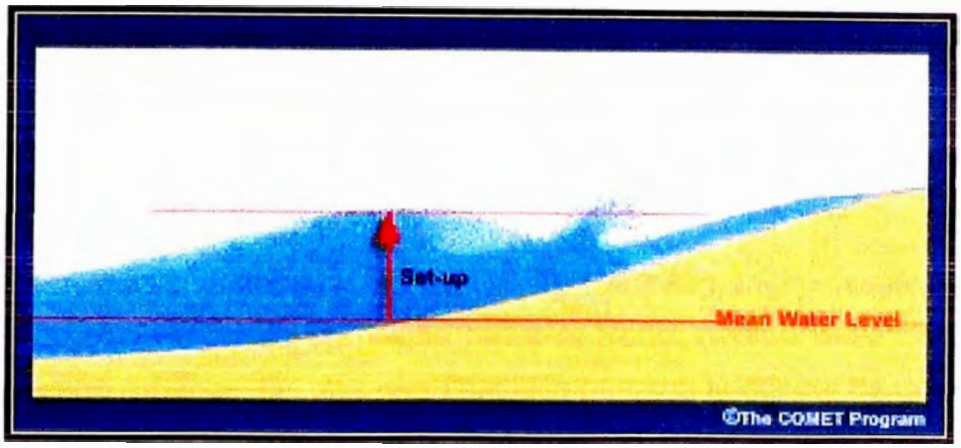
Son las variaciones del nivel medio del mar y que son movimientos de carácter ondulatorio y periódico de una porción extensa de mar. Estas variaciones del nivel del mar tienen muchas causas y podemos clasificarlas en:

2.3.1 Tsunamis: Se originan por el rápido y repentino desplazamiento de grandes volúmenes de agua como consecuencia de movimientos sísmicos, deslizamientos, erupciones volcánicas entre otros.
Este tipo de oleaje se inicia en un foco y se propaga radialmente por miles de kilómetros, las olas pueden llegar a tener longitudes e onda de hasta 20 Km y velocidades de propagación de 1000 Km/h. El efecto costero de un tsunami es el llamado "maremoto" y puede producir grandes efectos destructivos en las instalaciones y poblaciones costeras.
Los "maremotos" pueden predecirse con algunas horas de antelación ya que los sismos pueden ser detectados mediante la red sísmica mundial; conocido el sismo y su epicentro, se conoce que el tiempo de llegada de la primera ola puede estimarse mediante la expresión $C=(g \times d)^{1/2}$. [6]
Las predicciones de los maremotos son emitidas por el Centro Internacional de Alerta de Tsunamis, localizado en las Islas Hawaii.

2.3.2 Resacas Costeras: Conocidas en ingles como Wave Set Up y son provocadas por la acción del oleaje sobre una masa líquida que la arrastra hacia

la costa y que provoca una sobre-elevación del nivel del mar que se presenta entre la línea de rompientes y la costa.

Figura Nº2.02: Resaca costera



Fuente: https://www.meted.ucar.edu

2.3.3 Resacas en Dársenas: Son movimientos ondulatorios del tipo estacionarios y cuyo periodo es relativamente largo, las dársenas pueden ser cerradas o ligeramente abiertas como es el caso de puertos, canales, lagos o bahías.

Se originan debido a la acción del viento o la variación de la presión atmosférica; esta acción origina una oscilación rítmica del nivel medio del mar, siendo amplificada por la resonancia provocada al coincidir los periodos de oscilación de la masa de agua contenida en la dársena y el periodo de oscilación natural de la dársena.

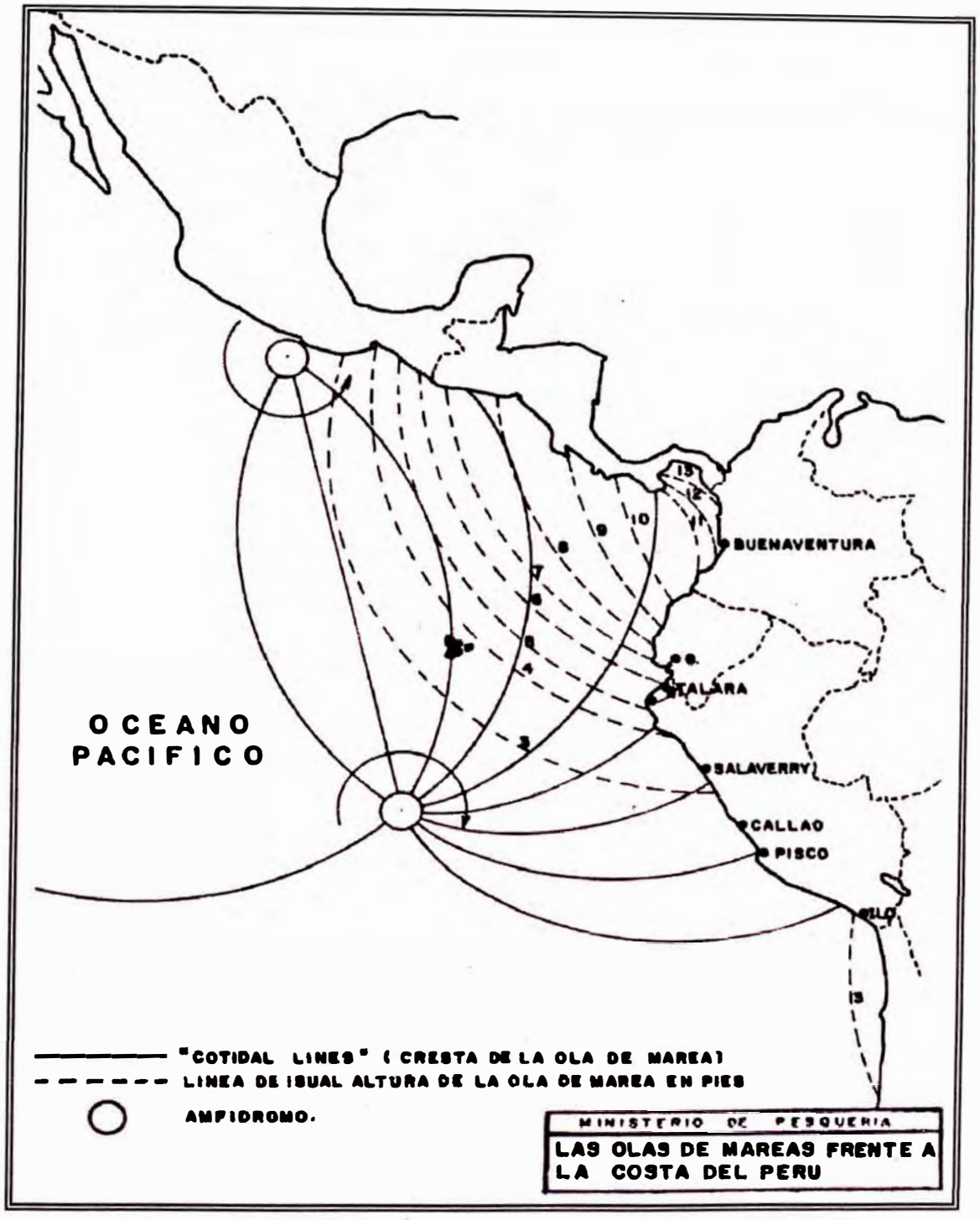
2.3.4 Sobre-elevaciones meteorológicas: Son causadas por la acción del viento y son importantes donde se presentan fuertes vientos de origen ciclónico o huracanado. La acción del viento sobre la superficie del mar genera una corriente en la misma dirección que se ve interrumpía por la costa, provocándose así una elevación del nivel del mar hacia donde sopla el viento, y una ligera disminución del nivel en el lado desde el cual sopla.

2.3.5 Mareas Astronómicas: Son los movimientos periódicos de ascenso y descenso del nivel del mar a causa de la fuerza de atracción gravitatoria de los astros, principalmente el Sol y la Luna. El movimiento de ascenso se denomina flujo o creciente y el movimiento de descenso se denomina reflujo vaciante; el nivel más alto recibe el nombre de pleamar y el más bajo, bajamar; la diferencia

de alturas entre pleamar y bajamar constituye la amplitud o altura de marea. El nivel permanece constante durante cierto tiempo, tanto en pleamar como en bajamar, dicho intervalo se denomina "estoa de marea". [6]
Generalmente en un día lunar se dan dos pleamares y dos bajamares con lo que podemos estimar el periodo del movimiento ondulatorio en 12 horas y 25 minutos aproximadamente, sin embrago, en muchos puntos de la tierra esto no se cumple, debido a las variaciones de posición de la Luna respecto al Ecuador. Es así que la predicción de las mareas en determinadas localidades se basa en la información acumulada de años anteriores.

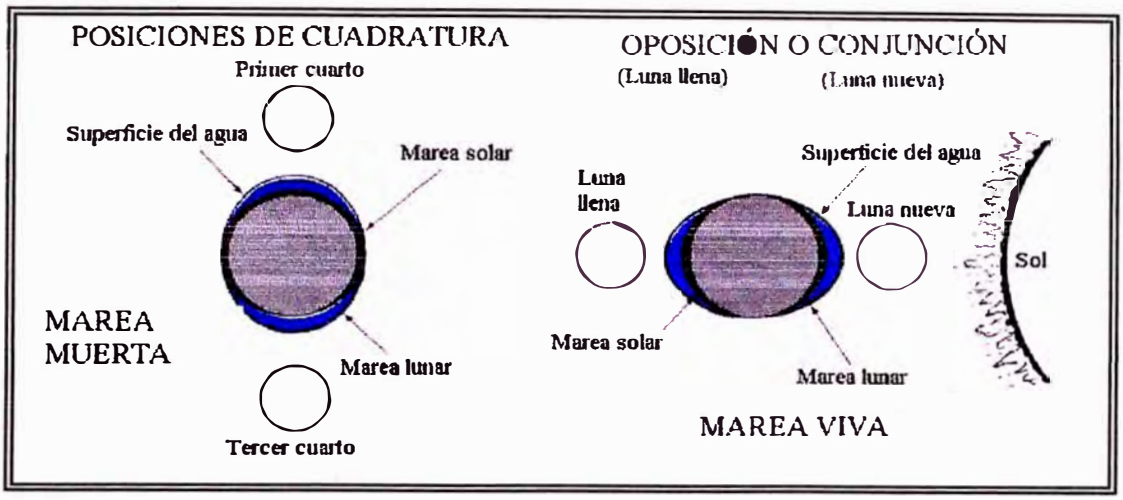
Las olas de mareas que llegan a las costas del Perú son originadas en el mar alrededor del Polo Sur, y de ahí viajan hacia el Norte. Acercándose hacia las costas de Centro América, las olas giran hacia la derecha alrededor de un punto, conocido como Punto Anfídromo o Anfidrómico, debido a la influencia de la Fuerza de Coriolis y a las distintas profundidades del mar.
Las crestas de las olas de marea llegan a las costas de Talara y de allí parten en dirección sur. Al norte de Talara la dirección de propagación es invertida, es decir hacia el norte. [6]
Lo descrito anteriormente varia drásticamente cuando se presenta la Corriente de El Niño.

Figura Nº2.03: Mareas que inciden sobre la costa peruana.



Fuente: Asesores

Figura Nº2.04: Efecto del Sol y la Luna sobre los niveles del Mar



Fuente: http://www.cientec.or.cr

La poca anterioridad y precisión con la que se pueden predecir estos fenómenos, a excepción de las mareas astronómicas, y la probabilidad que ésos ocurran simultáneamente, hacen que la predicción exacta del nivel del mar sea una operación muy compleja.

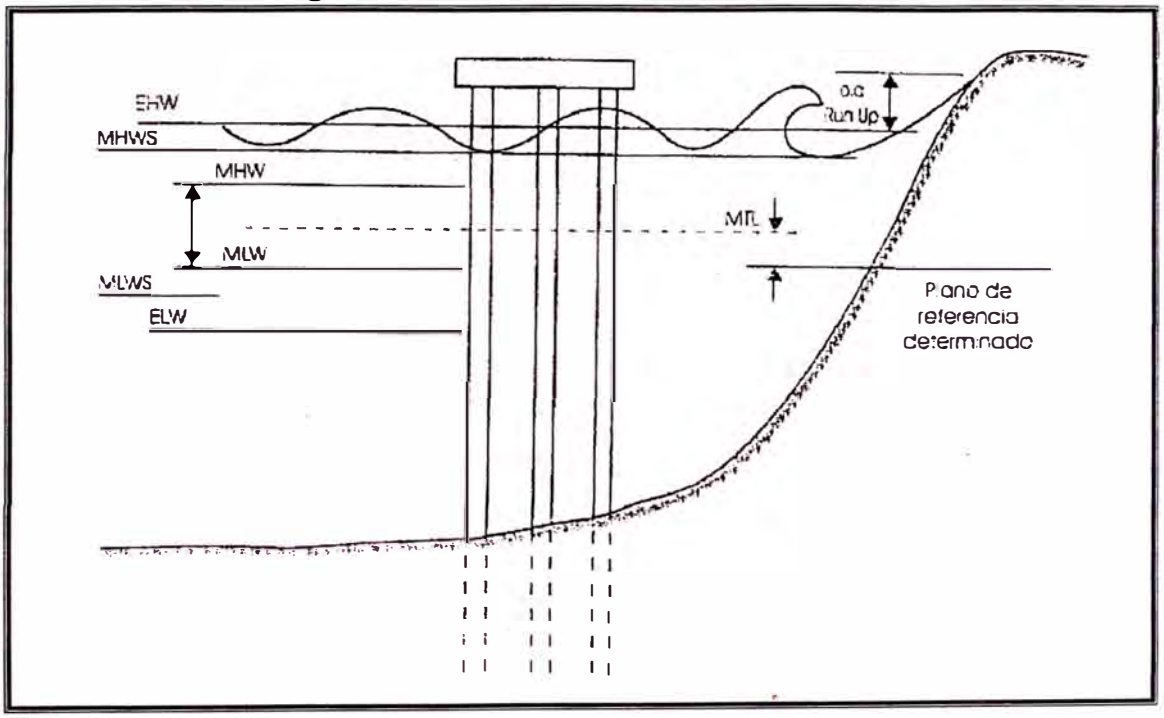
En el Perú existe una Red Mareográfica a cargo de la Marina de Guerra del Perú mediante la Dirección de Hidrografía y Navegación que entre otras cosas se encargan de emitir las Tablas de Mareas, que es un documento, donde se pueden encontrar para todo el año, las predicciones de las mareas para varios puntos de nuestro litoral, a saber: Zorritos, Cabo Blanco, Lobitos, Talara, Paita, Bayovar, Lobos de Afuera, Etén, Malabrigo, Salaverry, Chimbote, Huarmey, Huacho, Chancay, Callao, Cerro Azul, Pisco, San Juan, Atico, Matarani e Ilo.

Los niveles característicos del mar empleados en ingeniería portuaria para el planeamiento y diseño para las estructuras marítimas son las siguientes:

- MLWS (Mean Low Water Spring): nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias. Cada dos semanas se produce una marea baja de sicigia. Se suman los valores más bajos de cada dos semanas de manera que al formar el promedio sobre 19 años, se encuentra el MLWS.
- EHW: nivel de marea alta extrema.
- MHWS: nivel medio de las más alta de las altas mareas, sobre un periodo de 19 años (nivel medio de pleamares de sicigias ordinarias), su cálculo es análogo al MLWS.

- MHW: nivel medio de las altas mareas.
- MSL: nivel medio del mar.
- MLW: nivel medio de las bajas mareas.
- ELW: nivel de marea baja extrema.

Figura Nº2.05: Niveles característicos del Mar



Fuente: Ingeniería Portuaria. Cesar Fuentes Ortiz

2.4 ESTUDIOS DE CORRIENTES

Una corriente oceánica o marina es un movimiento de traslación, continuado y permanente de una masa de agua. Desde hace unas cuantas décadas se sabe que la estructura de las corrientes marinas a escala global es tridimensional, existen las corrientes superficiales, observadas y estudiadas desde hace siglos, que están ligadas, por movimientos convectivos de agua, y las corrientes profundas de características mucho menos conocidas pero cuyo estudio en los últimos años ha recibido un fuerte impulso debido a su importancia oceánica y climática.
Estas corrientes tienen multitud de causas, siendo las principales:

El movimiento de rotación terrestre: Que actúa de manera distinta y hasta opuesta en el fondo del océano y en la superficie. Esta rotación genera una corriente ecuatorial que se dirige, por inercia, en sentido contrario a la rotación terrestre. En el fondo submarino tanto del océano Atlántico como del Pacífico, el agua acompaña a la litosfera en el movimiento de rotación terrestre y ello se debe a la enorme presión que soportan esas aguas abisales.

La configuración del fondo submarino: Modifican los efectos de la rotación de la Tierra, que crea una fuerza centrífuga tendente a "abultar" el nivel oceánico a lo largo de la circunferencia ecuatorial, generando movimientos verticales.
Existen muchos tipos de relieve submarino: fosas oceánicas, dorsales oceánicas, llanuras abisales y cordilleras submarinas entre las más importantes.

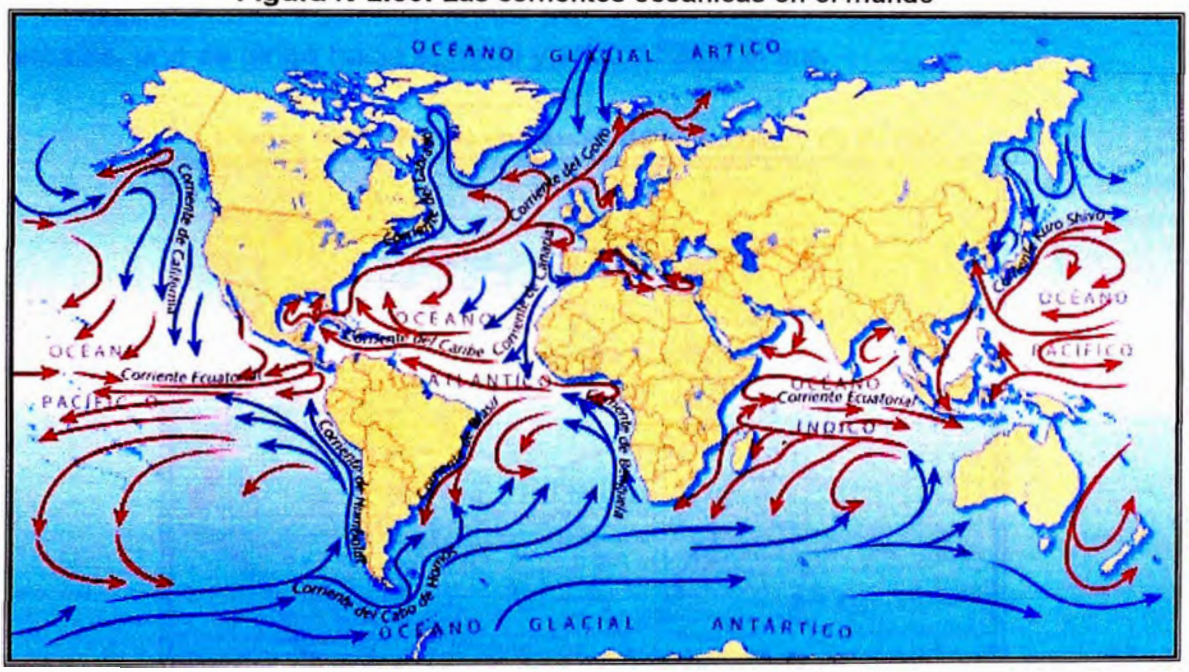
Los vientos constantes o planetarios: Los vientos planetarios se deben fundamentalmente, lo mismo que las corrientes oceánicas, a las consecuencias del movimiento de rotación terrestre y en menor grado al movimiento de traslación de la tierra.

La configuración de las costas de los continentes: Al llegar a las costas occidentales de los continentes, el talud continental, que constituye un plano inclinado, actúa como una especie de "ascensor" para esas aguas profundas haciéndolas subir y creando lo que se denomina surgencia de aguas frías, lo que viene a ocasionar una corriente, esta vez superficial, en sentido contrario al que tenían las aguas profundas, es decir, de este a oeste. De esta manera se

originan en las costas occidentales de los continentes corrientes de aguas sumamente frías ya que emergen de gran profundidad, recordemos que la temperatura de las aguas profundas del es de 4° C, ya que a esta temperatura es cuando alcanza su mayor densidad.

Las zonas donde dos corrientes se encuentran suelen ser particularmente ricas en nutrientes y vida. Debido a estos movimientos, las aguas oceánicas han conservado durante millones de años sus características y permitido el desarrollo de diversas formas de vida.

Figura Nº2.06: Las corrientes oceánicas en el mundo



Fuente: www.kalipedia.com/geografia-peru

Frente a la costa peruana se han detectado cinco corrientes marinas y por esto se habla de un sistema de corrientes:

La Corriente Peruana (o de Humboldt): Se desplaza paralela a la costa, de sur a norte. Se caracteriza por sus bajas temperaturas que, en promedio, están entre los 13 y 14º en invierno (mayo - octubre) y entre 15 y 17º C en verano (noviembre - abril). A la altura de Punta Pariñas (5º L. S.) se dirige hacia el oeste, perdiéndose en el océano Pacífico. Las consecuencias más importantes de esta corriente son dos:

- Crea condiciones especiales para una alta productividad en la parte marina bajo su influencia, por su alta salinidad y alto contenido de Oxígeno (O_2) y Dióxido de Carbono (CO_2).
- Ejerce influencia determinante sobre el clima de la costa peruana con cielos cubiertos de neblinas, ausencia de lluvias y temperaturas templadas durante el invierno. Por la latitud, el clima debería ser tropical; pero las aguas enfrían la atmósfera.

La Corriente de El Niño: Denominada así porque se manifiesta a partir de Navidad, es parte de la Contracorriente Ecuatorial, de aguas cálidas, que al llegar frente a las costas de América del Sur (0º a 10º L. N.) se divide en dos ramales, uno se dirige hacia el norte y el otro hacia el sur.

Figura Nº 2.07: Las corrientes de Humboldt y de El Niño

Fuente: www.kalipedia.com/geografia-peru

La Corriente Oceánica: Se desplaza al oeste de la anterior, y llega hasta unos 700 metros de profundidad. Sus aguas son más cálidas, por encima de los 21º C. Por alteraciones en la Corriente Peruana, sus aguas pueden llegar hasta la costa.

La Contracorriente del Perú: Se desplaza en sentido contrario (norte-sur) de las dos anteriores y por debajo de ellas. Es la responsable principal del afloramiento de aguas profundas y se manifiesta entre los 40 y los 400 m de profundidad. Separa la Corriente Peruana de la Oceánica, siendo superficial (verano) o subsuperficial. En el primer caso está íntimamente ligada al Fenómeno de El Niño.

La Corriente Submarina o Sub-superficial del Perú: Se manifiesta entre los 100 y los 200 metros de profundidad, y se desplaza en dirección norte-sur, muy pegada a la costa.

2.5 ESTUDIO DEL MATERIAL DE FONDO

Las principales causas de sedimentación en los océanos son: productos de erosión de los continentes arrastrados por ríos o acarreados por el viento, cenizas de explosiones volcánicas, también acarreadas y distribuidas por el viento, y desechos orgánicos formados por fragmentos de conchas, esqueletos y otras partes duras de especies animales y vegetales, la gran mayoría de los cuales habitan aguas menos profundas de 400 m.

Los productos gruesos de erosión continental son naturalmente más numerosos en las regiones costeras, donde pueden depositarse de 50 a 500 m de sedimentos cada millón de años.

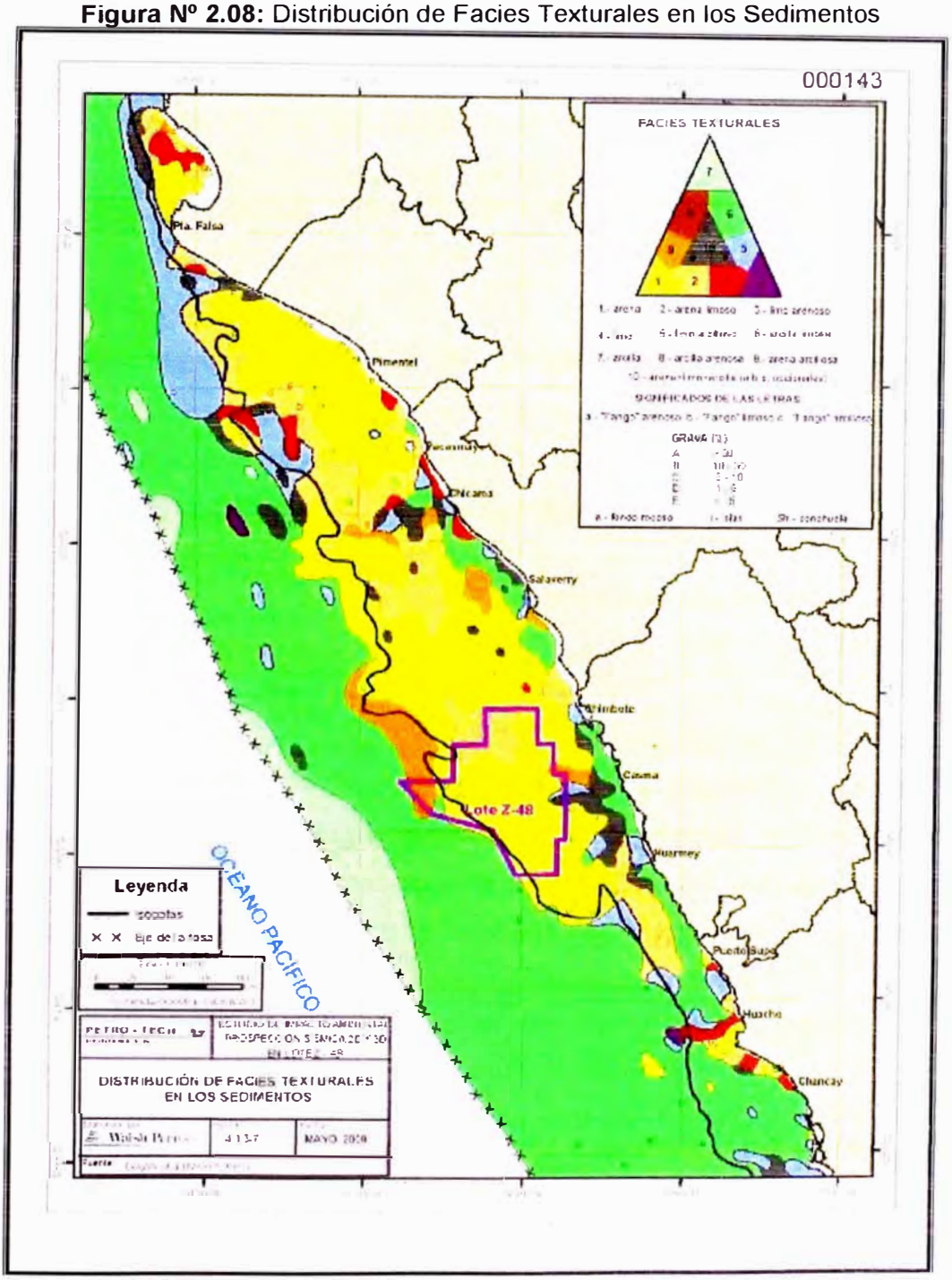
Por otro lado, las partículas más finas de erosión y vulcanismo continentales pueden ser acarreadas muy lejos sobre los océanos por el viento, después de lo cual pueden permanecer largo tiempo en suspensión en el agua antes de ser depositadas, por lo que pueden alcanzar una distribución bastante uniforme en las cuencas oceánicas. Estas partículas se depositan produciendo arcillas abisales (a profundidades de 2,000 a 6,000 m) a razón de 1 a 20 metros cada millón de años.

La producción de desechos orgánicos es mayor donde hay más concentración de vida marina, principalmente de los seres microscópicos que forman el plancton, los cuales no se encuentran distribuidos de manera uniforme por todos los océanos. Sus concentraciones son mayores en zonas donde existen corrientes ricas en sustancias nutritivas, que se encuentran cerca de las costas occidentales de los continentes, a lo largo del ecuador y, cosa curiosa, en el Ártico y en el Antártico.

No todos los desechos orgánicos llegan a depositarse, pues gran cantidad se disuelve antes. Los que están compuestos por carbonatos normalmente se disuelven por completo antes de los 3,700 m (profundidad de compensación de carbonatos), los de sílice alcanzan profundidades un poco mayores. Esto quiere decir que no debemos esperar encontrar sedimentos orgánicos donde la profundidad del fondo oceánico es mucho mayor que la de compensación. En

regiones someras se deposita un promedio de 10 metros por cada millón de años de sedimentos orgánicos.

Figura Nº 2.08: Distribución de Facies Texturales en los Sedimentos



Fuente: IMARPE
Elaboración: Walsh Perú S.A.

Para el presente proyecto y teniendo en cuenta la Figura 2.08, el material del fondo marino es una arena limosa.

2.6 ESTUDIO BATIMÉTRICO

En su definición más general, la batimetría es el levantamiento topográfico del fondo de una extensión acuática, con la finalidad de establecer las curvas de nivel del terreno sumergido. Se puede decir que es el equivalente submarino de la altimetría.
El resultado de un estudio batimétrico será un mapa o carta batimétrica, que normalmente mostrará el relieve del fondo, y puede también dar información adicional para la navegación.

2.6.1 Técnicas Batimétricas:

Las primeras técnicas usaban segmentos de longitud conocida de cable o cuerda pesada, descolgadas por la parte lateral de un barco. La mayor limitación de esta técnica es que mide la profundidad en un solo punto cada vez, por lo que es muy ineficiente e imprecisa, ya que está sujeta a los movimientos del barco, las mareas, y las corrientes que puedan afectar al cable.
Los datos usados hoy en día para la confección de mapas batimétricos provienen normalmente de un sonar montado bajo la quilla o en el lateral de un buque, lanzando una onda de sonido hacia el fondo acuático, la cantidad de tiempo que tarda el sonido en ir a través del agua, rebotar en el fondo y volver, informa al equipo de la profundidad, este dato de profundidad tendrá que corregirse teniendo en cuenta lo siguiente: la velocidad del sonido en el agua, que varia con la salinidad de la misma, la variación del nivel de la superficie acuática, los movimientos propios de la embarcación; entre otros.

El sistema de referencia horizontal que se usa casi de forma generalizada son el sistema de coordenadas UTM y como datum el WGS-84.
Así mismo, para el sistema de referencia vertical, en el medio marino, esta normada la utilización de la referencia denominada Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (MLWS), cuya información se puede obtener de la Tabla de Mareas, emitida anualmente por la Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina de Guerra del Perú.

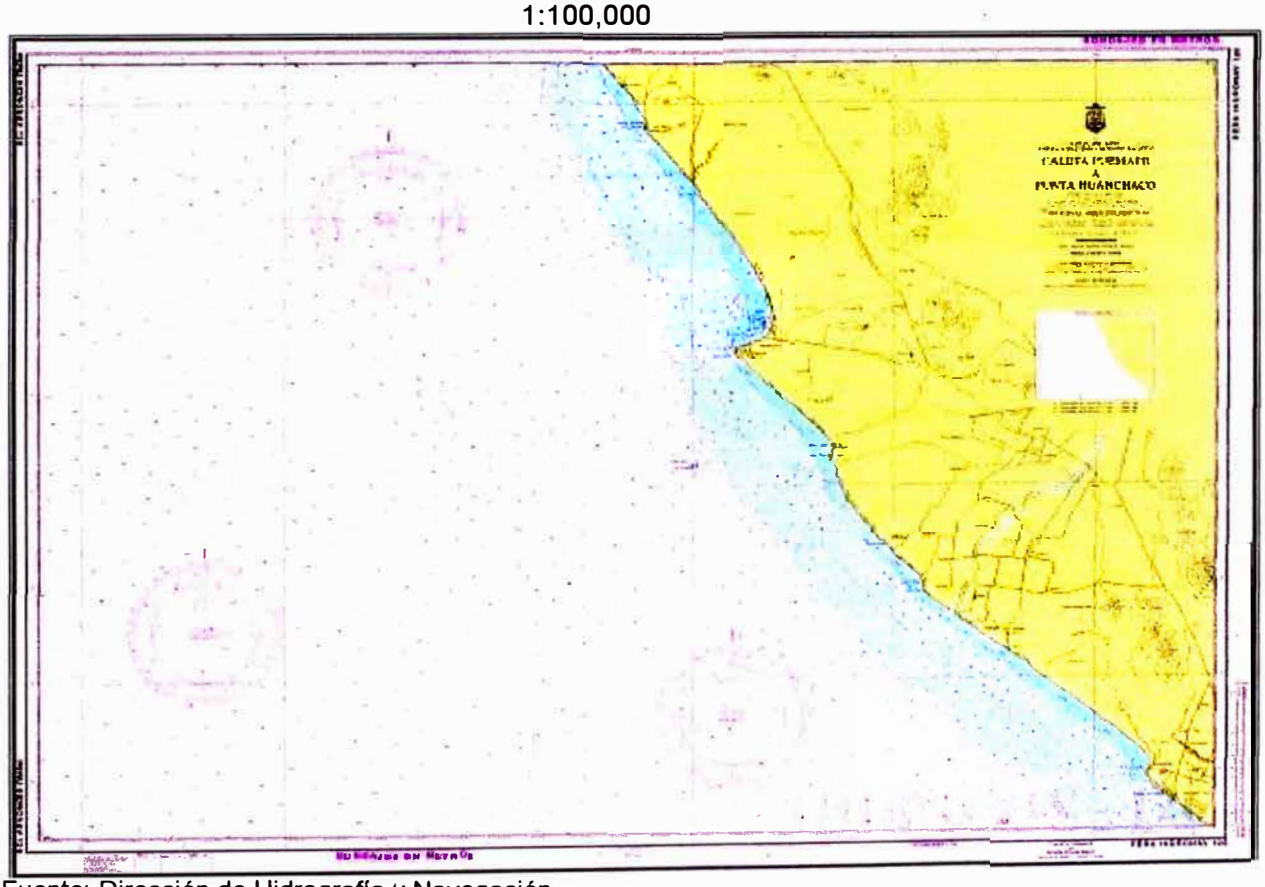
Adicionalmente, un sistema GPS puede especificar de forma exacta la posición del buque. Se emplean también mediciones exactas de la velocidad del sonido en el agua para calcular la refracción de las ondas de sonido al atravesar capas

de agua con distinta temperatura, conductividad y presión. Un sistema informático procesa todos los datos, corrigiendo según cada uno de los factores, así como por el ángulo de cada rayo individual. Al final, mediante este conjunto masivo de datos se consigue generar un mapa de forma casi automática.

Para el caso particular que nos ocupa en el presente informe, el levantamiento batimétrico se debería hacer en el mar, en toda la zona donde se emplazará las estructuras del puerto, sin embrago, se ha visto conveniente usar las Cartas Náuticas que han sido adquiridas a la Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina de Guerra del Perú.

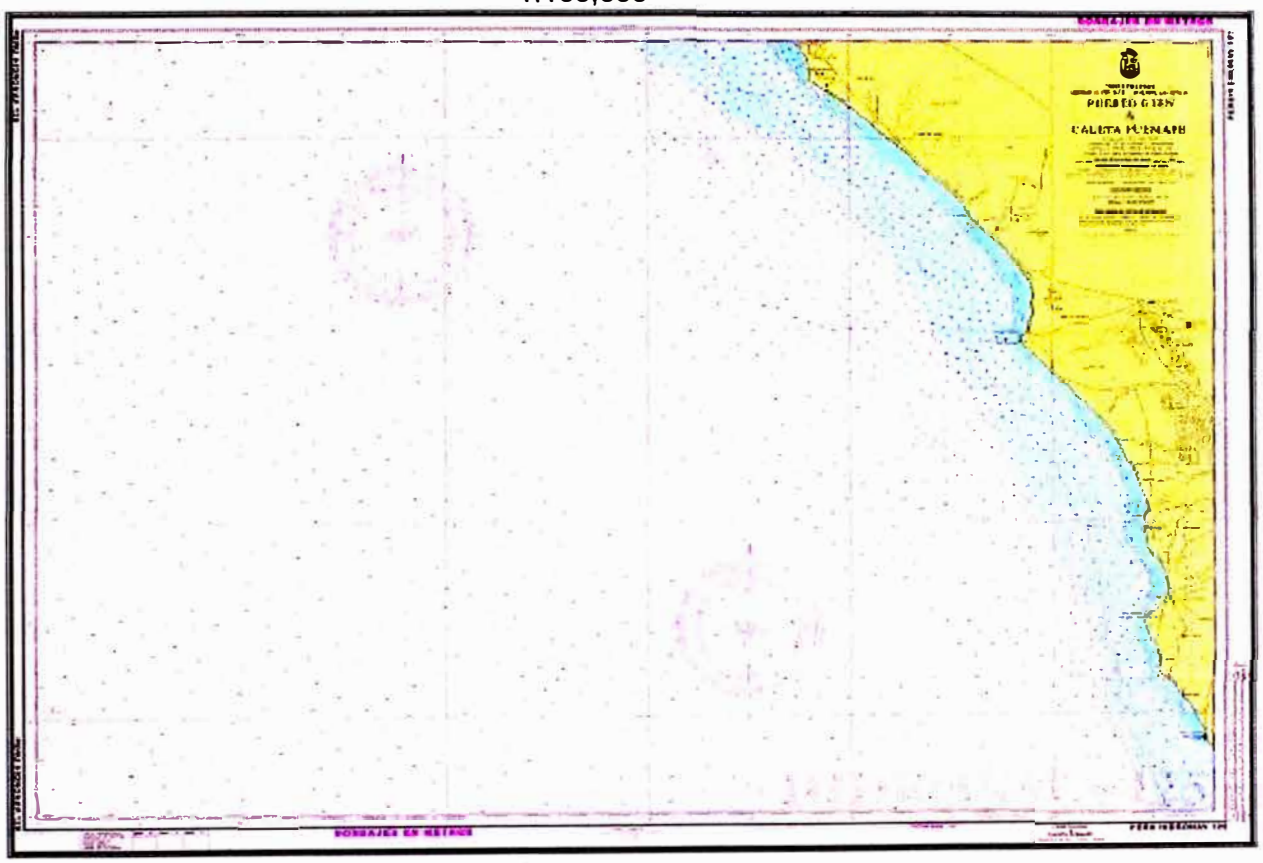
A continuación se muestran los portulanos usados para el análisis del presente informe.

Figura Nº 2.09: Carta Náutica 126 de la Caleta Puémape a Punta Huanchaco. Esc.: 1:100,000



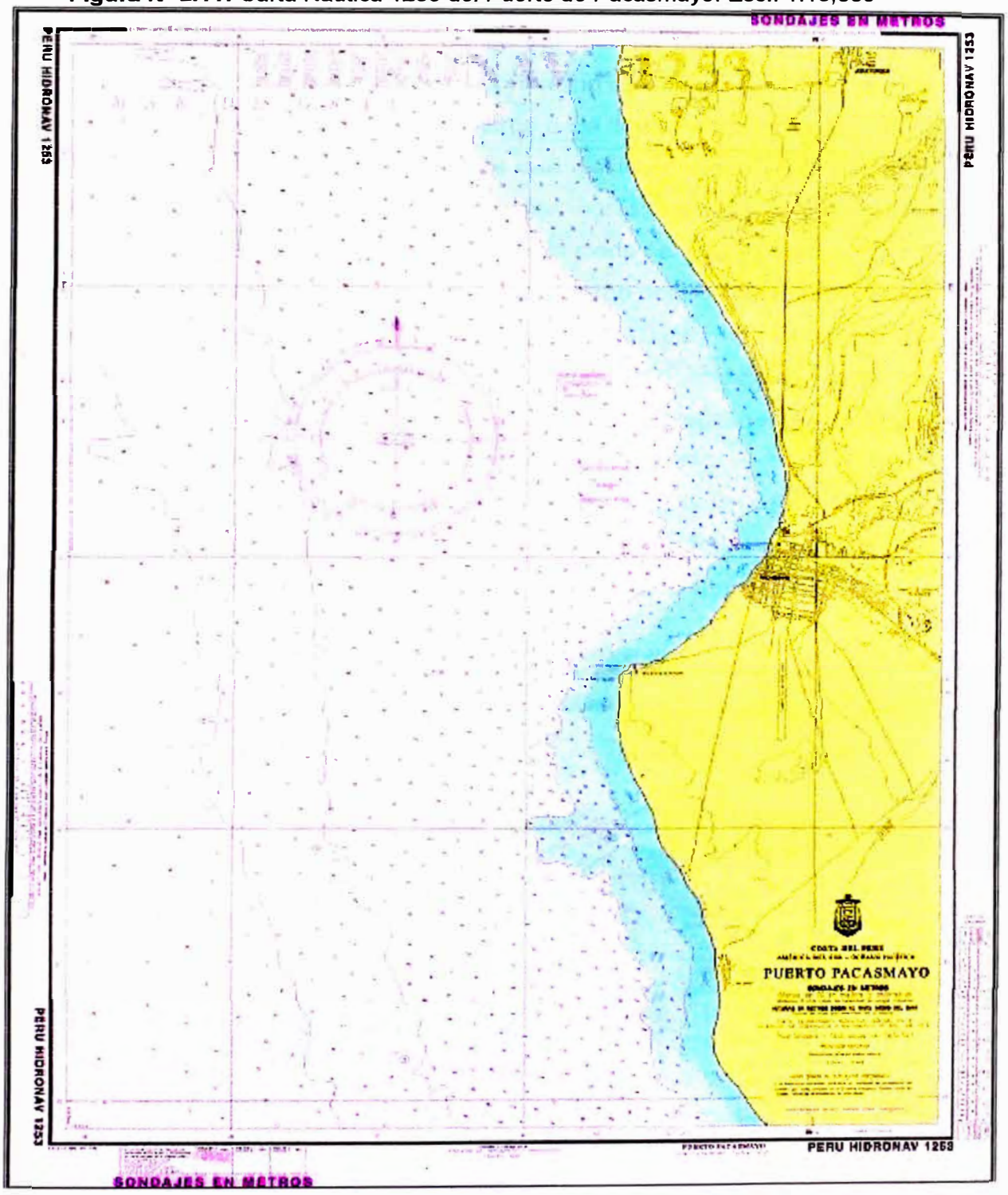
Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación

Figura Nº 2.10: Carta Náutica 125 del Puerto de Eten a Caleta Puémape. Esc.: 1:100,000



Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación

Figura Nº 2.11: Carta Náutica 1253 del Puerto de Pacasmayo. Esc.: 1:15,000



Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación

2.7 ORIENTACION DE LA LINEA DE COSTAS

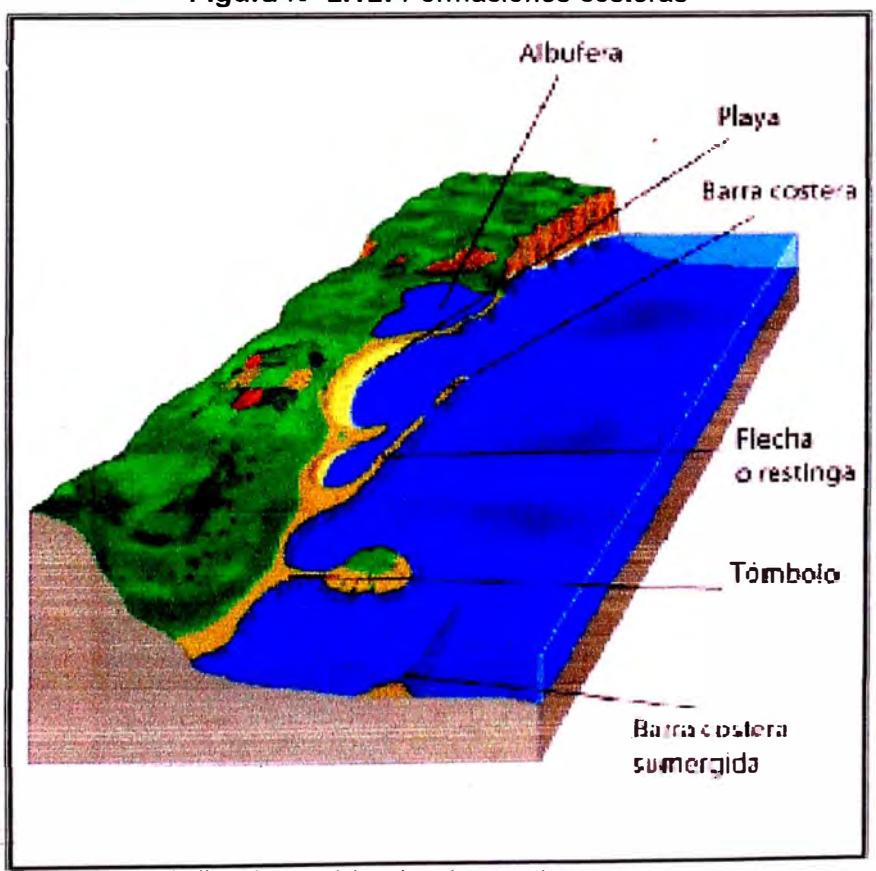
La energía contenida en los movimientos del mar es transmitida a la costa produciendo continuamente una ligera deformación en el perfil del litoral, debido al proceso de arenamiento y erosión a lo largo de la línea de costas.

En una determinada zona costera se dice que existe equilibrio en la dinámica sedimentaria si el volumen de sedimentos que ingresa es igual al volumen de sedimentos que sale de dicho sector luego de un cierto periodo de tiempo.

Las formaciones costeras que se presentan a lo largo del litoral son provocados por ciertas barreras o irregularidades que obstaculizan el transporte de sedimentos, estos obstáculos pueden ser naturales o artificiales, entre las formaciones costeras más comunes tenemos: playas de arena, frentes deltaicos, flechas, barras sumergidas, tómbolos, hemitombolos, etc.

Una manera fiable de conocer el comportamiento de la dinámica del litoral es mediante la observación y medición mediante el uso de imágenes satelitales y/o fotografías aéreas de la zona en estudio, esto, a lo largo de varios años.

Figura Nº 2.12: Formaciones costeras



Fuente: www.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo

CAPITULO III: CÁLCULO DE LA OPERATIVIDAD

3.1 MARCO TEÓRICO

UBICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El Puerto de Pacasmayo se encuentra ubicado en el Distrito de Pacasmayo, Provincia de Pacasmayo y Región La Libertad, en la actualidad solo es usado para pesca artesanal y no tiene ninguna infraestructura conveniente para realizar el embarque de 1´800,000 TM de concentrados de cobre.

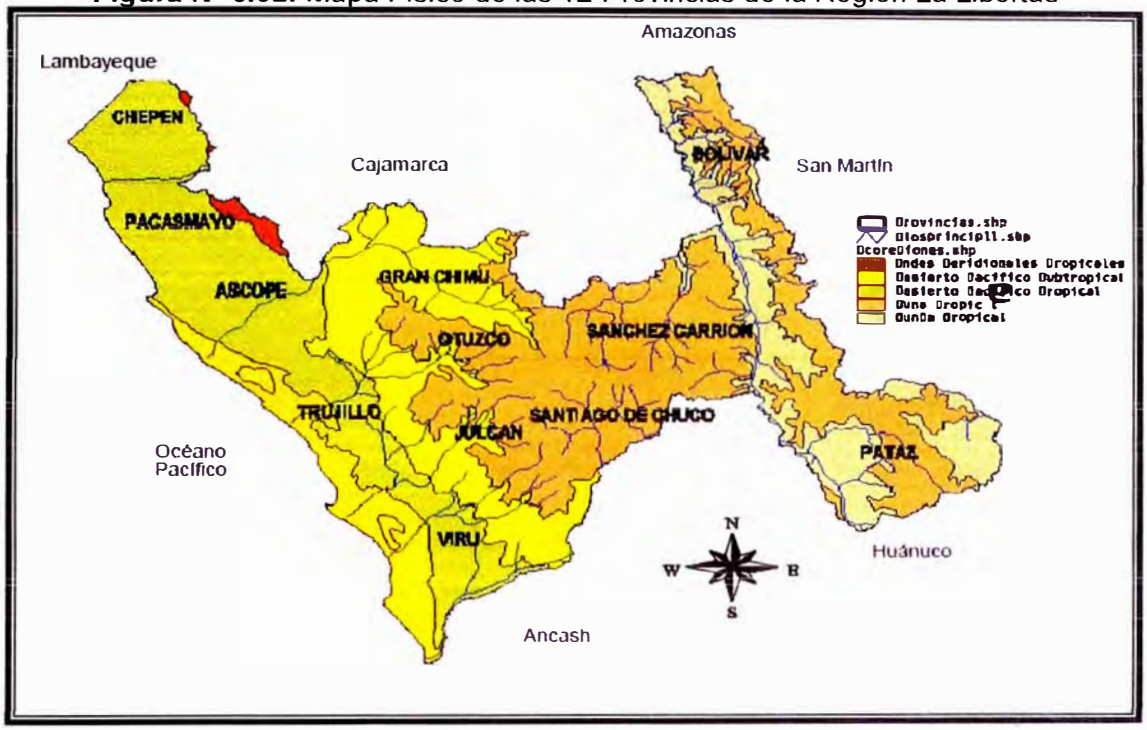
El área de influencia del puerto incluye las provincias de Trujillo y Chiclayo y las Regiones de La Libertad, Lambayeque y Cajamarca.

La finalidad principal de este puerto será la exportación de concentrados de Cobre de la Región Cajamarca, ya que esta zona al 2014 se distinguirá por sus importantes recursos mineros, especialmente Cobre.

Figura Nº 3.01: Ubicación geográfica de San Pedro de Lloc

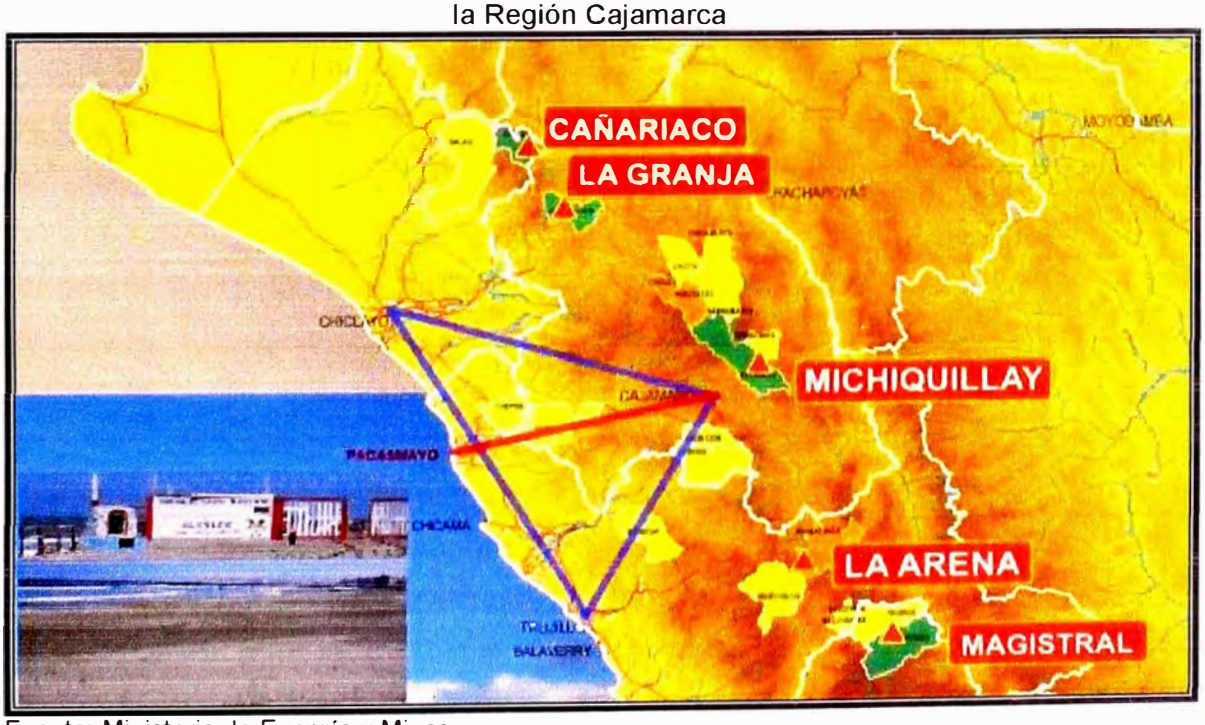
Fuente: World Map Finder

Figura Nº 3.02: Mapa Físico de las 12 Provincias de la Región La Libertad



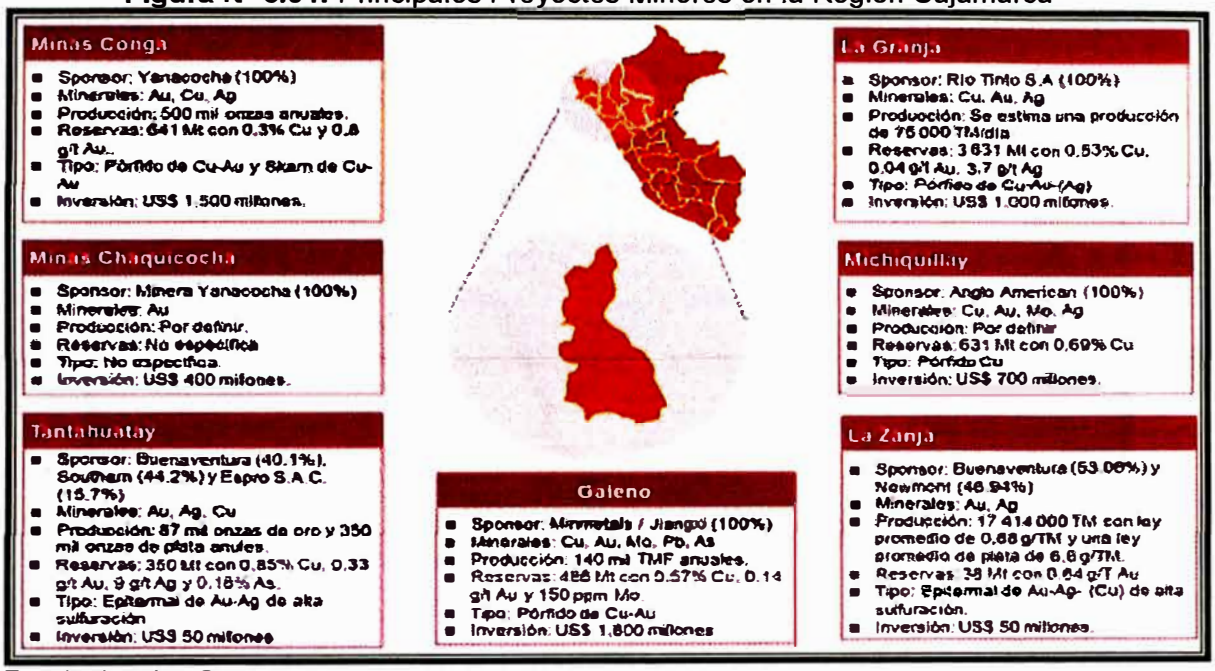
Fuente: Anuario Geográfico de la región La Libertad 2008

Figura Nº 3.03: Ubicación estratégica del distrito de Pacasmayo y ubicación de minas en la Región Cajamarca



Fuente: Ministerio de Energía y Minas
Elaboración: Propia

Figura Nº 3.04: Principales Proyectos Mineros en la Región Cajamarca



Fuente: Lumina Copper

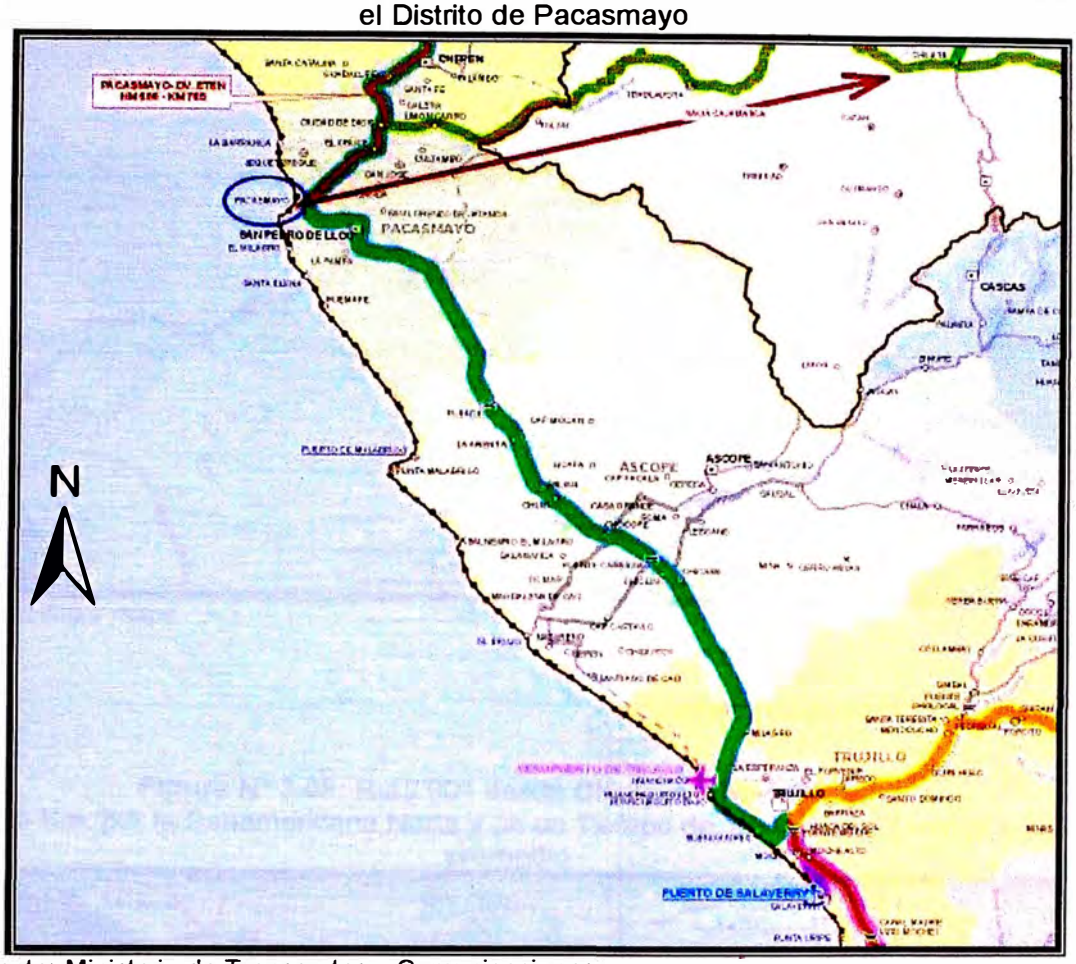
DIAGNOSTICO SITUACIONAL

El puerto de Pacasmayo tiene salida directa a la Panamericana Norte, por lo cual se conecta tomando la Panamericana Norte (Ruta 001) hacia el Sur se puede acceder a Trujillo y por el Norte hacia Chiclayo, además por la Ruta 008 se puede acceder muy fácilmente hacia Cajamarca y de allí a sus minas. No se tiene un sistema ferroviario en todo el Norte de nuestro país, debido a un estancamiento del mismo.

El puerto actual de Pacasmayo no exporta ningún concentrado de mineral, ya que no tiene ninguna infraestructura para estos fines.

El Puerto de Salaverry queda a 12 Km. de Trujillo y exporta concentrados de mineral, y solo tiene capacidad de almacenamiento cubierto de 14,000 TM, que sería insuficiente para la demanda creciente proyectada en Cajamarca, además hay que tener en cuenta que este puerto tiene muchos problemas de sedimentación en la actualidad y no puede funcionar normalmente todo el año. El Puerto de Malabrigo (Chicama) queda al norte de Trujillo y sólo exporta harina de Pescado una o dos veces al año, y no tiene infraestructura conveniente para embarcar concentrado de cobre.

Figura Nº 3.05: Ubicación de Puertos en la región La Libertad y accesos a estos desde el Distrito de Pacasmayo



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Elaboracion: Grupo 7

Figura Nº 3.06: Ruta 001 desde Trujillo a Pacasmayo A 109 Km. por la Panamericana Norte y en un Tiempo de 1 hora con 35 minutos en promedio.

Fuente: Google maps

Figura Nº 3.07: Ruta 008 desde Cajamarca a Pacasmayo
A 169 Km. Por la Ruta 008 y en un Tiempo de 2 horas con 16 minutos en promedio

Fuente: Google maps

Figura Nº 3.08: Ruta 001 desde Chiclayo a Pacasmayo
A 106 Km. por la Panamericana Norte y en un Tiempo de 1 hora con 25 minutos en promedio

Fuente: Google maps

Figura Nº 3.09: Foto Panorámica del Muelle Actual del Distrito de Pacasmayo (Solo para fines de Pesca Artesanal)

Elaboración: Propia

3.2 CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE AGITACIÓN

3.2.1 Consideraciones Previas:

Para el presente proyecto, se calcularán a continuación los coeficientes de agitación para la alternativa de ubicación, en la zona de El Faro.

Previamente se tiene que seleccionar la nave de diseño del siguiente cuadro:

Cuadro Nº 3.01: Características de las Naves BULK CARRIER

DWT (t)	DESPLAZAMIENTO (t)	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)
50,000	67,500	220	30	12
60,000	81,000	240	32	12
70,000	93,300	250	34	13
80,000	108,000	260	35	14
100,000	135,000	260	38	16
150,000	202,500	290	45	16
170,000	230,000	310	46	18
200,000	267,000	315	50	18
250,000	333,000	330	54	21

Fuente: Asesores.

Del cuadro 3.01, se puede indicar que la nave a usar será:

DWT (t)	DESPLAZAMIENTO (t)	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)
50,000	67,500	220	30	12

Debido a que para el proyecto se tiene restricciones con la profundidad, es decir, para alcanzar mayores profundidades se debe alejarse demasiado de la costa.

Se debe tener en cuenta además, que se tiene que embarcar 150,000 TM de concentrados al mes (1'8000,000 al año), por lo que se usara 03 naves mensuales inicialmente.

Por otra parte, para la ubicación del muelle se necesitara una profundidad (d) de:

$$d = \text{CALADO} + \text{FACTOR DE OLAJE}$$

Dónde:

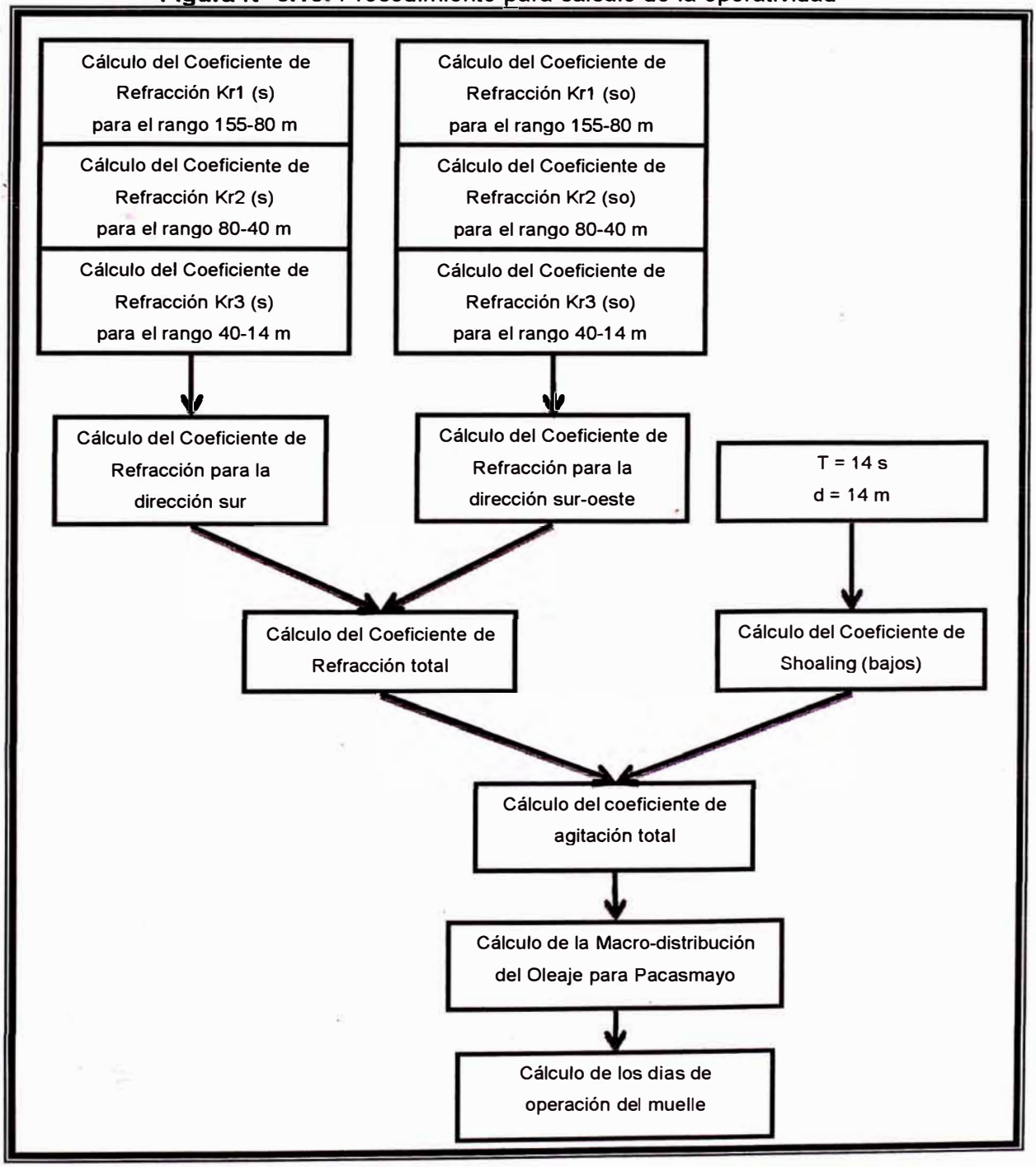
FACTOR DE OLEAJE = 2 m, debido a que el material de fondo marino en el presente proyecto es arena limosa, según la Figura Nº 2.08: Distribución de Facies Texturales en los Sedimentos.

Reemplazando, $d = 12 + 2 = 14$ m

Con ayuda de la Carta Náutica 1253 del Puerto de Pacasmayo. Esc.: 1:15 000 (Figura 2.11) se puede afirmar que la longitud del puente de acceso es 2 478 m para la ubicación en El Faro, esto, sin considerar trabajos de dragado.

A continuación se presenta un diagrama de flujo, donde se muestra la metodología a seguir para el cálculo de la operatividad del muelle.

Figura Nº 3.10: Procedimiento para cálculo de la operatividad



Elaboración: Propia

Se calcularán los coeficientes de agitación en base a las formulas dadas en la sección 2.2. y con el apoyo de las cartas náuticas se construyen los diagramas de refracción de olas.

Para la elección correcta de las cartas náuticas debemos tener claro que s consideran aguas profundas, para este caso, a partir de una profundidad d=153 m aproximadamente.

Justificación:

Utilizando el periodo T = 14 s (periodo de pico o significante de Salaverry).

Se usará la teoría lineal de AIRY, para aguas profundas:

$$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi}$$, donde L_o es la longitud de la onda

Reemplazando, L_o = 306.02 m

Se considera d/L = ½, entonces reemplazando: d = 153.01 m, donde d es la profundidad relativa.

Para el presente proyecto una altura de ola máxima admisible de 1.50 m, es decir, se considerará que durante el tiempo que el oleaje registrado alcance o supere ese valor, no se operará en el muelle por razones de seguridad.

3.2.2 Cálculo de los Coeficientes de Refracción

Se hallará los Kr con el uso de las cartas náuticas y mediante el método de refracción:

Dirección SUR:

- Carta Náutica 126 (Figura 2.09/plano G7-01) y rango batimétrico: 155 m–80 m

$$Kr_{1\text{-}S} = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}}$$, reemplazando $Kr_{1\text{-}S} = \sqrt{\frac{20}{17.5}} = 1.0690$

- Carta Náutica 125 (Figura 2.10/plano G7-02) y rango batimétrico: 80 m–40 m

$$Kr_{2\text{-}S} = \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}$$, reemplazando $Kr_{2\text{-}S} = \sqrt{\frac{17.5}{31.5}} = 0.7454$

- Carta Náutica 1253 (Figura 2.11/plano G7-03) y rango batimétrico: 40 m–14 m

$$Kr_{3-S} = \sqrt{\frac{b_2}{b_3}}\text{, reemplazando } Kr_{3-S} = \sqrt{\frac{31.5}{73.0}} = 0.6569$$

Dirección SUR-OESTE:

- Carta Náutica 126 (Figura 2.09/plano G7-01) y rango batimétrico: 155 m–80 m

$$Kr_{1-SO} = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}}\text{, reemplazando } Kr_{1-SO} = \sqrt{\frac{20}{14.5}} = 1.1744$$

- Carta Náutica 125 (Figura 2.10/plano G7-02) y rango batimétrico: 80 m–40 m

$$Kr_{2-SO} = \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}\text{, reemplazando } Kr_{2-SO} = \sqrt{\frac{14.5}{23.0}} = 0.7940$$

- Carta Náutica 1253 (Figura 2.11/plano G7-03) y rango batimétrico: 40 m–14 m

$$Kr_{3-SO-FARO} = \sqrt{\frac{b_2}{b_3}}\text{, reemplazando } Kr_{3-SO-FARO} = \sqrt{\frac{23.0}{46.0}} = 0.7071$$

Resumiendo se tiene que:

Cuadro Nº 3.02: Coeficientes de Refracción para ambas direcciones

Dirección SUR	Dirección SUR-OESTE
$Kr_1 = 1.0690$	$Kr_1 = 1.1744$
$Kr_2 = 0.7454$	$Kr_2 = 0.7940$
$Kr_3 = 0.6569$	$Kr_3 = 0.7071$

Elaboración Propia

Los coeficientes totales (para ambas direcciones) son el producto de los tres coeficientes, es decir: $Kr_{S/SO} = Kr_1 \cdot Kr_2 \cdot Kr_3$

Reemplazando, el $Kr_S = 0.5234$ y $Kr_{SO} = 0.6594$ (números adimensionales).

En este punto es necesario indicar que si bien existen oleajes provenientes de ambas direcciones (SUR y SUR-OESTE); el oleaje del SUR-OESTE es siempre más predominante, en consecuencia, para calcular el coeficiente de refracción total se usará la siguiente formula empírica:

$Kr = 0.70\ (Kr_{SO}) + 0.30\ (Kr_S)$. reemplazando $Kr_{FARO} = 0.6186$

3.2.3 Cálculo del Coeficiente de Bajos

Usando la teoría proporcionada en la sección 2.2 se calculará el Coeficiente de Bajos Ks (Shoaling) con d = 14 m y T = 14 s

Utilizando la teoría lineal de Airy, para aguas intermedias:

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{L}\right)$$

Reemplazando e iterando:

L (inicial)	L (final)
200.00	126.54
163.27	150.58
156.92	155.58
156.25	156.12
156.19	156.18
156.18	156.18
156.18	**156.18**

Con lo que L = 156.18 m

El valor de "L" se remplaza en la fórmula:

$$K_S = \sqrt{\frac{1}{\tanh(k \cdot d) \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot k \cdot d}{\operatorname{senh}(2 \cdot k \cdot d)}\right)}}$$

Donde $k = \frac{2\pi}{L}$, reemplazando k = 0.04023

Finalmente se obtiene K_S = 1.0387

3.3 CALCULO DE LA MACRO DISTRIBUCIÓN DEL OLEAJE PARA PACASMAYO

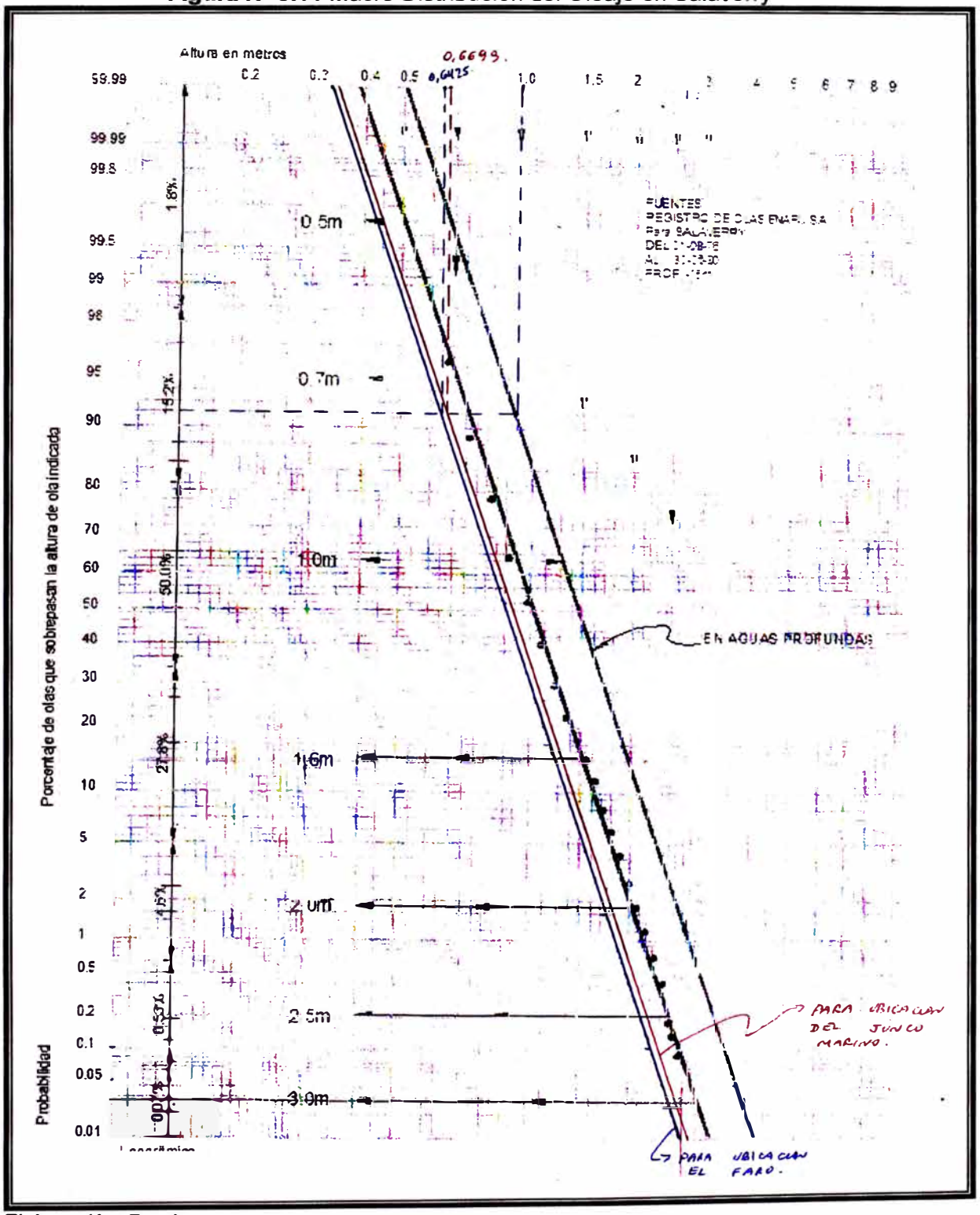
Utilizando los coeficientes de agitación anteriormente hallados, se podrá deducir la macro distribución del oleaje para Pacasmayo, a partir de la información dada para Salaverry que es conocida.

Se partirá de lo siguiente, que la distribución de olas para una profundidad de 14 m para la ubicación en El Faro, está dada por:

$$H_{-14m} = H_O \times Kr_{FARO} \times K_S$$

La línea H_{-14m}, para Pacasmayo, se halla de la Figura 3.10, trazando una línea paralela que es la que indica la macro distribución.

Figura Nº 3.11 Macro Distribución del Oleaje en Salaverry



Elaboración: Propia

3.4 CALCULO DEL PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL MUELLE

Con H_O = 1 m, reemplazando H_{-14m} = 0.6425, y ubicando esta altura en la Figura Nº 3.10, se hallará los porcentajes de ocurrencia para las distintas alturas de ola en la ubicación de El Faro:

Cuadro Nº 3.03: Cálculo de ocurrencia de Oleaje – El Faro

Hs (m)	PEXi	PEXs	% ocurrencia	Días de ocurrencia
0.50	99.99%	88.00%	11.99%	43.16
1.00	88.00%	17.00%	71.00%	255.60
1.50	17.00%	1.75%	15.25%	54.90
2.00	1.75%	0.12%	1.63%	5.88
2.50	0.12%	0.01%	0.11%	0.38
3.00	0.01%	0.00%	0.01%	0.04
3.50	0.00%	0.00%	0.00%	0.00
4.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00
		TOTAL:	99.99	359.96

Elaboración: Propia

Del cuadro 3.02, se concluye que habrá 62 días de ocurrencia de olas mayores o iguales a 1.5 m de altura, que representa el 17.2% de inoperatividad anual, en otras palabras se deberá considerar 62 días de paralización a consecuencia del oleaje, es un valor importante que eventualmente podría generar perdidas.

Según el volumen a embarcar (1'800,000 TM/año o 150,000 TM/mes) se necesitarán 03 naves de diseño de 50,000 TM, en un periodo 30 días, por lo tanto tendríamos 10 días para embarcar cada nave.

Pero considerando los porcentajes de operación del Cuadro 3.02, se puede indicar también que se cuenta con solo 298 días para embarque de naves, es decir, 24 días al mes para 03 naves, 8 días por nave.

Como se trata de un proyecto de un puerto para un solo tipo de producto, se está asumiendo el criterio básico, recomendado por la UNCTAD, que de acuerdo al número de amarraderos, sugiere un determinado factor de ocupación, con la finalidad de minimizar las colas de naves en busca de atención en el amarradero.

El cuadro siguiente da los porcentajes de ocupación recomendados en función del número de amarraderos de un puerto

Cuadro Nº 3.04: Factores de ocupación según el numero de amarraderos

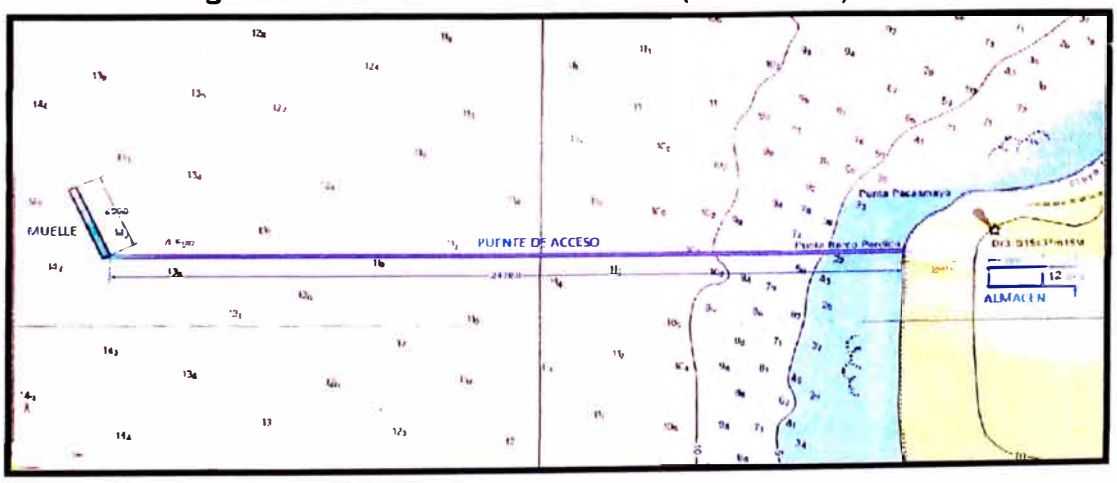
Número de puestos de atraque	Tasa máxima recomendada de ocupación de los puestos de atraque
	40 %
2	50 %
3	55 %
4	60 %
5	65 %
6 a 10	70 %

Fuente: UNCTAD

Considerando que se tiene 01 amarradero, según el cuadro 3.04, este tendría que ser ocupado solo el 40% de los 8 días calculados inicialmente, para garantizar que no haya tiempos de espera de otros buques en cola, en consecuencia, se tiene solo 03 días disponibles para embarcar cada nave.

Asumiendo que se contará con un shiploader de 1,500 TM/hora disponible comercialmente y teniendo que embarcar por nave 50,000 TM, esta operación se podría realizar en 34 horas (1 día con 10 horas).
Consecuentemente se puede afirmar que si es factible desde el punto de vista de la operatividad considerando el oleaje, construir y operar un puerto en dicha localización, para el embarque de 1'800,000 TM de concentrados.

Figura Nº 3.12: Ubicación del muelle (amarradero)



Elaboración: Propia

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la demanda especificada (1'800,000 TM de concentrados) se puede concluir que es viable la construcción y operación de un puerto en la bahía de Pacasmayo, desde el punto de vista de la operatividad.
2. Considerando que se acepta que lleguen olas de alturas menores o iguales a 1.50 m, se concluye que habrá 17.2% (62 días) de inoperatividad al año.
3. Se concluye que los 03 días disponibles para embarcar cada nave de 50,000 TM, es suficiente siempre que se use un "shiploader" de 1,500 TM/h o de mayor rendimiento.
4. El presente proyecto considera que la longitud del puente de acceso es 2,478 m para la ubicación en El Faro.
5. De acuerdo a la visita técnica realizada se concluye que el actual muelle de Pacasmayo no se encuentra en capacidad para ser usado como puente de acceso hacia el muelle del presente proyecto.
6. De acuerdo a la visita técnica realizada, se puede afirmar que existe suficiente área para las obras portuarias interiores en la zona de El Faro.
7. Debido que a todas luces se trata de un proyecto costoso dada la considerable longitud del muelle (2,478 m), se deberán emplear equipos y facilidades portuarias modernas y eficientes, que eviten cualquier tipo de perdida.

RECOMENDACIONES

1. De acuerdo al presente estudio, se recomienda la construcción del nuevo puerto de Pacasmayo en la zona de El Faro.
2. Para garantizar el 100% de operatividad del puerto, se recomienda construir un rompeolas, que minimice el movimiento de las naves y evite pérdidas por días de espera en el puerto.
3. Proyectar a futuro la construcción de un amarradero adicional, para ampliar la capacidad de embarque del puerto a 50% y poder atender otros tipos probables de carga, tales como azúcar, cemento, vino, algarrobos, granos, etc; que se produzcan en el valle de Jequetepeque y alrededores.
4. Realizar un levantamiento batimétrico hasta la batimétrica -15m y los parámetros requeridos para determinar el transporte de sedimentos en el litoral de Pacasmayo, considerando también el aporte de sedimentos del Rio Jequetepeque.
5. Llegar a un acuerdo con el Estado para se haga entrega de los terrenos (cesión o concesión) de las áreas involucrados en el proyecto.
6. Obtener el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA), debido a que hay indicios de antiguas civilizaciones como las del Pakatnamú.
7. Es recomendable realizar un estudio de mercado de la demanda turística relacionado con los deportes acuáticos, para cuantificar la incidencia de estos en el aporte económico a Pacasmayo.
8. Se recomienda la construcción de una nueva vía de acceso desde el nuevo puerto hacia la Carretera Panamericana Norte.
9. Analizar la posibilidad de rehabilitar la línea férrea existente para el transporte más eficiente de los concentrados.

BIBLIOGRAFIA

[1] ASOCIACIÓN CIVIL DE INTEGRACIÓN DE LA CUENCA DEL JEQUETEPEQUE
"El Valle Jequetepecano - Órgano Informativo 2009"
Primera Edición. Editorial ACICUJE
Pacasmayo – La Libertad – Perú, 2009.

[2] ASOCIACIÓN CIVIL DE INTEGRACIÓN DE LA CUENCA DEL JEQUETEPEQUE
"El Valle Jequetepecano - Órgano Informativo Nº1-2008"
Edición única, Editorial ACICUJE
Pacasmayo – La Libertad – Perú, 2008.

[3] CONCHA CONTRERAS, JORGE
"Diseño de Cimentaciones profundas en Mar – Aplicación al Muelle Artesanal "Negritos" – Estudio Hidro - Oceanográfico Informe de Suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil
Edición única, Editorial: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniera Civil
Lima – Perú, 2008.

[4] DIRECCION DE HIDROGRAFIA Y NAVEGACION
"Derrotero de la Costa del Perú Volumen 1, Golfo de Guayaquil a Punta Huanchaco"
Edición Setiembre 2010, Editorial: Navarea Área XVI
Callao – Perú, 2010

[5] EMPRESA NACIONAL DE PUERTOS S.A.
"Puertos del Perú"
Primera Edición, Editorial: Oficina Central Terminal Marítimo del Callao
Callao – Perú, 1993.

[6] FUENTES ORTIZ, CESAR A.
"Ingeniería Portuaria"

Primera Edición, Editorial: Coper Editores
Lima - Perú, Año 2001.

[7] GOBIERNO REGIONAL DE LA LIBERTAD
"Anuario Geográfico del Departamento de La Libertad"
Primera Edición, Editorial: Santiago E. Antúnez de Mayolo R.
La Libertad – Perú, 2008

[8] GUILLERMO MACDONEL MARTINEZ
"Ingeniería Marítima y Portuaria"
Primera Edición, Editorial: Alfaomega Grupo Editor S.A
México DF – México, 1998

[9] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
"Plan Intermodal de Transportes"
Edición única, Editorial: Oficina General de Planificación y Presupuesto
Lima – Perú, 2005.

[10] MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACASMAYO
"Proyecto Macro: Corredor Económico y Turístico Valle Jequetepeque. Propuesta de Desarrollo"
Edición Única, Municipalidad Distrital de Pacasmayo
Pacasmayo – La Libertad – Perú, 2008.

[11] MUNICIPAL PROVINCIAL DE PACASMAYO – SAN PEDRO DE LLOC
"Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Pacasmayo"
Primera Edición, Editorial: Municipal Provincial de Pacasmayo
San Pedro de Lloc – La Libertad – Perú, 2003.

[12] OSCAR A. CORTEZ MENDIVEZ
"Pacasmayo Puerto Generoso"
Primera Edición, Editorial: Editora 955 SRL
Chiclayo – Perú, 2008.

[13] ROBERT M. SORENSEN

"Basic Coastal Engineering"
Tercera Edición, Editorial: Springer
USA, 2006.

[14] YOUNG BAZO, EDUARDO
"Curso de Puertos"
Primera Edición, Editorial: Escuela Nacional de Ingenieros
Lima – Perú, 1950.

Bibliografía web

http://www.mtc.gob.pe/portal/logypro/proy_puertos2009.pdf

http://www.dhn.mil.pe/

http://www.enapu.com.pe/spn/default.asp

http://www.imarpe.pe/imarpe/

http://www.windguru.cz/es/index.php?sc=52627

http://www.senamhi.gob.pe/

CONTINUA EN LA CARTA No.125

CONTINUA EN LA CARTA No.211

Ed.Jul.2004

COSTA DEL PERÚ
AMÉRICA DEL SUR – OCÉANO PACÍFICO

CALETA PUÉMAPE A PUNTA HUANCHACO

SONDAJES EN METROS
(Menos de 20 en metros y decímetros)
Referidos al nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias

ALTURAS EN METROS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR
Curvas de nivel con intervalos de 100 metros

Fuente: Levantamiento Hidrográfico realizado por la Dirección de Hidrografía y Navegación desde 1983 a 1996

Para Símbolos y Abreviaturas ver Carta No.1

PROYECCIÓN MERCATOR

DATUM SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 84

ESCALA 1: 100,000 (7°48' 00"S)

NOTA SOBRE EL DATUM DE REFERENCIA
Las posiciones obtenidas mediante los sistemas de navegación por satélite que están basados en el Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 pueden colocarse directamente en esta carta.

LUCES Y NAUFRAGIOS
Sólo se han representado las luces y naufragios más importantes.

DIAGRAMA DE COMPILACIÓN

A LEVANTAMIENTO EFECTUADO POR LA DHN — 1/ 75,000 1996
B LEVANTAMIENTO EFECTUADO POR LA DHN — 1/ 75,000 1987
C LEVANTAMIENTO EFECTUADO POR LA DHN — 1/ 75,000 1983

MAR DE GRAU

Caleta Puémape
Punta Puémape
Cerro Puémape
Cerro Negro
Cerro Chico
Cerro Blanco
Cerro Negro
Pampa de Cupisnique
Pampa de Chica
Punta Urricape
Pampa Urricape
Pampa Dunas Huaca Blanca
La Pampa
Cerro Pedregal
Cerro Pedregal Chico
Cerro Pedregal Grande
Cerro Pedregal Escota
Cerro Tugo
Pampa Tugo
Pampa El Palomar
Villa María
La Arenita
Cerro Pico de Águila
Alto La Hilaria
Pampa Paijan
Cerro Negro
Cerro Serrapón
Cerro Las Viudas
Cerro Cuculicote
Chumpón
Paijan
Adriana
Río de Magdalena
Río Chicama
Río Moche
Río Seco
Río Virú
Río Santa
Río Santa Elena
Río Salaverry
Río Huanchaco
Río Huanchaco Viejo
Río Huanchaco Nuevo
Río Huanchaco Nuevo - Río El Cerrito
Río Cerrito
Río Cerrito - Río Moche
Río Moche - Río Seco
Río Seco - Río Virú
Río Virú - Río Santa
Río Santa - Río Salaverry
Río Salaverry - Río Huanchaco
Río Huanchaco - Río Huanchaco Viejo
Río Huanchaco Viejo - Río Huanchaco Nuevo
Río Huanchaco Nuevo - Río El Cerrito
Río El

PERU HIDRONAV 1253

SONDAJES EN METROS

1ra.Ed.,May. 1950

KILÓMETROS

MILLAS NÁUTICAS

YARDAS (EN MILES)

79°38' — 79°34' — 7°20'12"S

PA — A Fgo — A Fgo — Rcas — Rcas

MAR DE GRAU

SUROESTE - JUNCO MARINO

SUROESTE - EL FARO

SUA - JUNCO MARINO

SUA - EL FARO

BATIMETRICA - 40m

BATIMETRICA - 44m

VAR 0° 28' E (2007)

CAMBIO ANUAL 6'W

VAR 0° 27' E (2007)

CAMBIO ANUAL 6'W

ROMPEOLAS L=400m.

MUELLE: L=230m. B=24m.

ROMPEOLAS L=400 m.

MUELLE: L=250m. B=24m.

PUENTE - L = 4792 m.

PUENTE - L = 2478 m.

CUARENTENA Y CARGA PELIGROSA

OPERACIONES COMERCIALES Y ESPERA

ALTERNATIVA N°1: JUNCO MARINO.

ALTERNATIVA N°2: EL FARO.

D(3)B15s37m16M

JEQUETEPEQUE

PACASMAYO

Área de Cultivo

Boca del Río

AA.HH.Santa Martha

Hualles

Granjas

El Cerro

Hda. La Primavera

Cerro La Mina

Cerro Pinturas

Quebrada Ollinares

Quebrada Cabruna

Playa Pinturas

Playa El Faro

Playa El Milagro

Lagunas de Oxidación

Camino de Admisión

Cem.

Monumento

Fábrica de Cemento Pacasmayo

A CHILCAL

A TRUJILLO

San Antonio

El Milagro

LA BOCANA

ESCALA LOGARITMICA DE VELOCIDAD

Para encontrar la velocidad, coloque una punta del compás en el valor de las millas náuticas recorridas y la otra punta en el valor de los minutos transcurridos. Sin variar la abertura del compás, coloque una de las puntas en el valor 60; la otra punta indicará la velocidad.

Ejemplo:- Suponiendo un recorrido de 4.0 millas en 15 minutos la velocidad resultante será de 16.0 nudos.

MILLAS NÁUTICAS

YARDAS (EN MILES)

TABLA DE CONVERSION

PIES — METROS — BRAZAS — pies

Para encontrar la velocidad, coloque una punta del compás en el valor de las millas náuticas recorridas y la otra punta indicará la velocidad transcurridos. Sin variar la abertura del compás, coloque una de las puntas en el valor de los minutos transcurridos. Sin variar la abertura del compás, coloque una de las puntas en el valor 60; la otra punta indicará la velocidad resultante. Ejemplo:- Suponiendo un recorrido de 4.0 millas en 15 minutos, la velocidad resultante será de 16.0 nudos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
TITULACION PROFESIONAL 2010-2 Por: ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PROYECTO: PLANIFICACION Y DISEÑO DE OBRAS PORTUARIAS

PROYECTO GRUPAL:	ESTUDIO A NIVEL DE PERFIL DEL EMBARQUE DE 1'800,000 TM DE CONCENTRADOS DE COBRE EN LA BAHIA DE PACASMAYO
TITULO:	CARTA NAUTICA N° 1253-UBICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Diseñado:	04/12/2010	Grupo 7	Escala: 1:15,000	N° de Plano: PLANO G7-03
Dibujado:	04/12/2010	Grupo7	Formato: A-0	
Revisado:			Revicion: 0	

OCÉANO PACÍFICO
AMÉRICA DEL SUR
COSTA DEL PERÚ

PUERTO PACASMAYO

SONDAJES EN METROS
Referidos al nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias

ALTURAS EN METROS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR
Curvas de nivel con intervalos de 10 metros

Fuente : Levantamiento Hidrográfico realizado por la Dirección de Hidrografía y Navegación en Setiembre 2005

Para Simbolos y Abreviaturas ver Carta N° 1

PROYECCION MERCATOR

DATUM SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 84

ESCALA 1 : 15,000 (7°24´06´´S)

(95.84cm.N-S x 71.14cm.E-W)

AVISOS A LOS NAVEGANTES	AÑO	AVISOS A LOS NAVEGANTES	AÑO	AVISOS A LOS NAVEGANTES	AÑO
033-09	FEB-09				
051-09	NOV-09				
061-09	DIC-09				

En esta carta solo se han efectuado las correcciones de los "Avisos a los Navegantes" que están anotados en el presente cuadro. Las correcciones a lápiz indican modificaciones transitorias (T). Para futuras correcciones consulte los próximos "Avisos a los Navegantes"

5ta.,Ed.,Oct. 2007

Preparado y Publicado por la DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN CALLAO - PERÚ

CARTA PRODUCIDA MEDIANTE PROCESO DIGITAL AUTOMATIZADO

DATUM WGS - 84

PUERTO PACASMAYO
SONDAJES EN METROS - ESCALA 1 : 15,000

PERU HIDRONAV 1253

SONDAJES EN METROS

ANEXOS

1. ANEXO 1: PANEL FOTOGRAFICO.

1.1. VIAJE DE RECONOCIMIENTO AL DISTRITO DE PACASMAYO(12/10/10)

Foto Nº Anexo 1.1.1
Fachada de la Municipalidad Distrital de Pacasmayo

Elaboración: Grupo 7

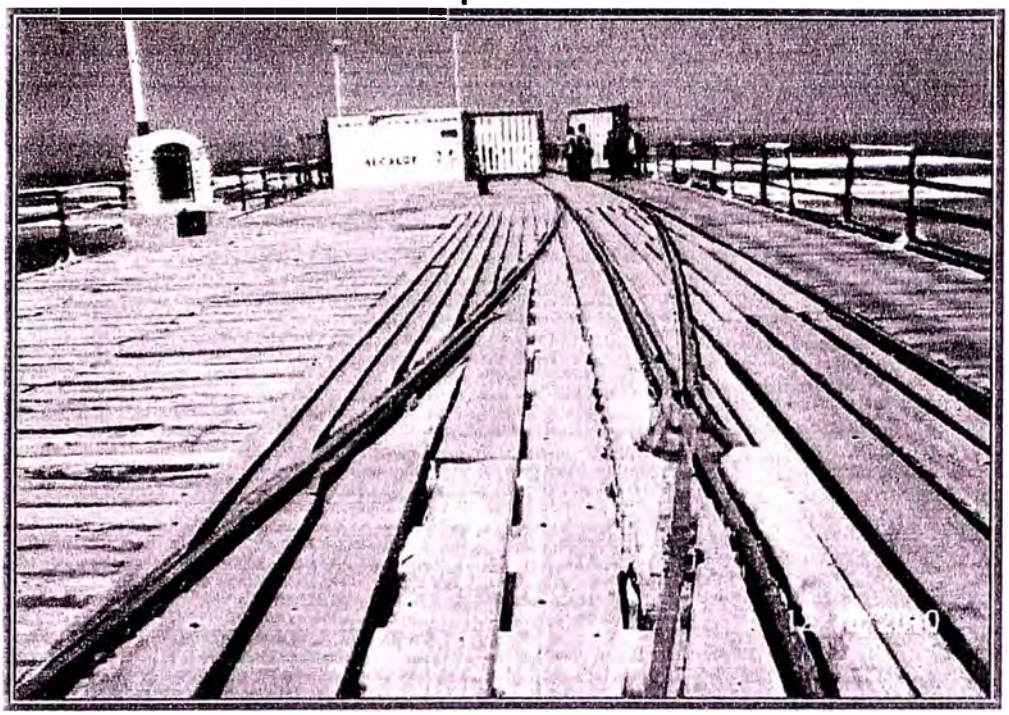
Foto Nº Anexo 1.1.2
Entrevista al Sr. Sergio Villanueva Paitazaman
Jefe de Relaciones Públicas de la Municipalidad Distrital de Pacasmayo

Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.3
Muelle de Pacasmayo con una longitud de 534 m y 10.50 m de ancho, construido entre 1870 y 1875

Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.4
Ingreso al Muelle actual de Pacasmayo,
solo se usa para Pesca Artesanal

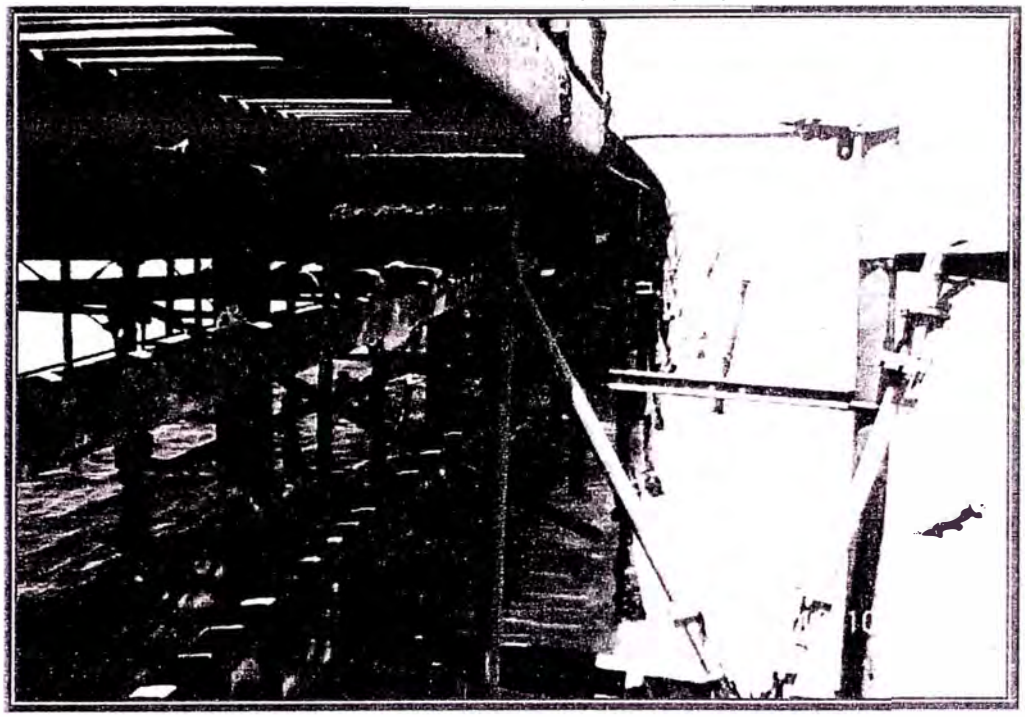


Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.5
Línea de Ferrocarril existente el Muelle de Pacasmayo,
se encuentra totalmente deteriorada y sin uso

Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.6
La estructura metálica del Muelle de Pacasmayo, se encuentra deteriorada

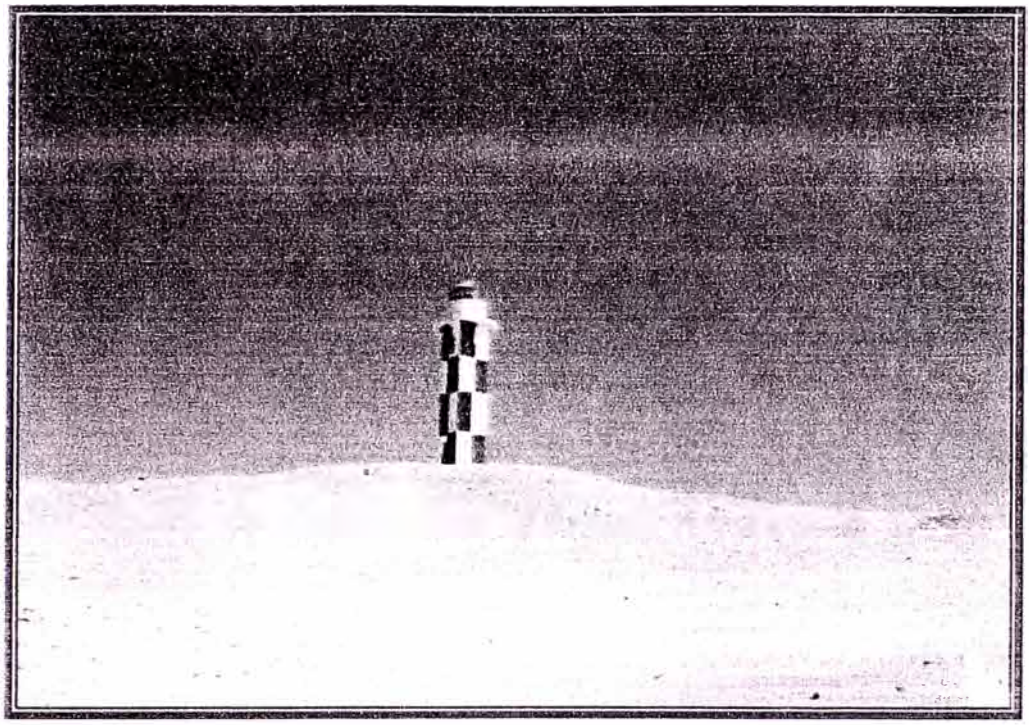


Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.7
Zona Turística, conocida como El Faro

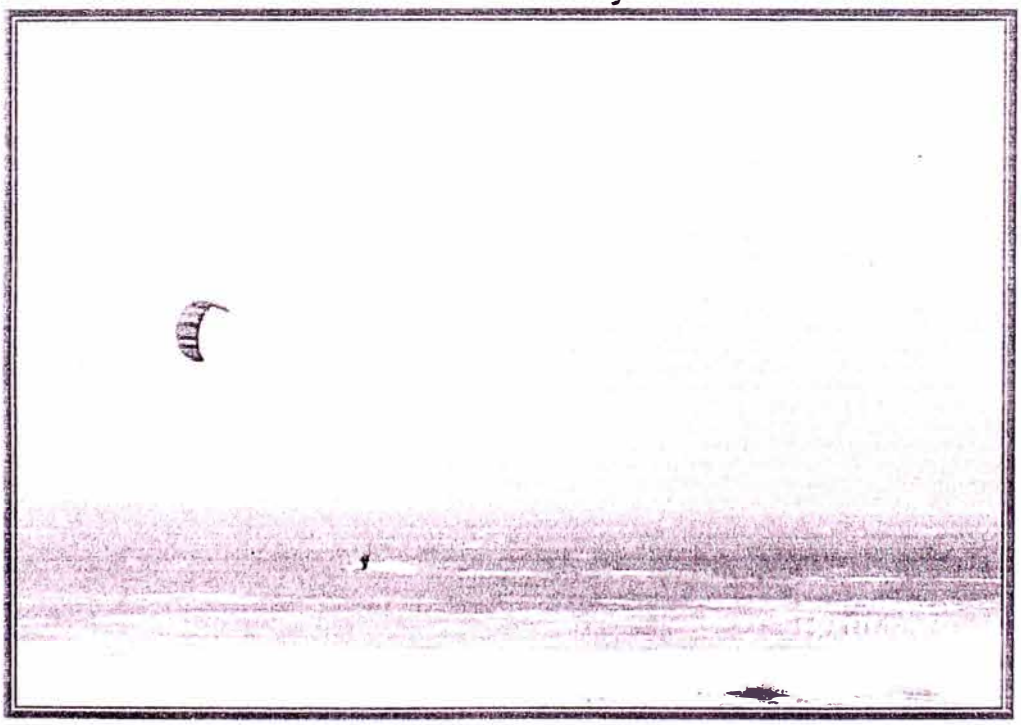
Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.8
Faro de la Bahía de Pacasmayo



Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.9
Turista practicando Windsurfing en la zona del Faro de la Bahía de Pacasmayo



Elaboración: Grupo 7

Foto Nº Anexo 1.1.10
Entrevista con el Profesor Carlos Ruiz Luna, Presidente de la ACICUJE y ex Regidor de la Municipalidad Distrital de Pacasmayo entre los años 1993 y 1995

Elaboración: Grupo 7