



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación de defensas blandas para el control de la erosión en
el balneario de Huanchaco – Trujillo**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Liñan Morales, Alessandra Dessire (ORCID: 0000-0001-6868-9332)

Sandoval Benites, Jean Paolo Renzo (ORCID: 0000-0002-7922-14091)

ASESORES:

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

Dr. Alex Arquímedes, Herrera Viloche (ORCID: 0000-0001-9560-6846)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi abuelo que, aunque ya no esté presente siempre será mi roca y mi fortaleza para seguir adelante, porque este era nuestro sueño.

A mis padres por su apoyo incondicional y su amor. A mi tía Kelly y mi Evita porque nunca me dejaron caer, ni me soltaron la mano en cada paso que daba. A ellos dedico esta tesis por su apoyo y su amor.

Alessandra Dessire Liñan Morales

A mis abuelos y mi madre, por brindarme siempre su apoyo incondicional y ayudarme a salir adelante en todo.

A mi familia, por siempre estar presentes en cualquier momento de necesidad y darme ánimos para no rendirme y alcanzar mis objetivos.

Jean Paolo Renzo Sandoval Benites

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo por ser nuestra casa de estudios y por brindarnos los conocimientos necesarios para nuestro desarrollo personal y profesional.

A nuestro asesor el Ing. Alex Herrera Viloche por su apoyo y su orientación en el desarrollo de nuestra investigación.

Nuestro especial agradecimiento al Ing. Richard Calderón Salcedo por su apoyo incondicional y su ayuda, porque sin él no hubiese sido posible lograr nuestros objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátua	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas y gráficos	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA:	12
3.1 Tipo y diseño de investigación:	12
3.2 Variables y operacionalización:	12
3.3 Población, muestra y muestreo:.....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	14
3.5 Procedimiento:	14
3.6 Método de análisis de datos:	15
3.7 Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS:.....	16
4.1 Descripción de la zona de estudio:	16
4.2 Topografía:	17
4.3 Estudio hidrológico.....	17
4.3.1 Precipitaciones máximas con periodos de retorno:.....	17
4.3.2 Promedio de lluvias mensuales por año:	18

4.4	Estudio hidráulico:	20
4.4.1	Estudio batimétrico:	20
4.4.2	Análisis granulométrico:.....	21
4.4.3	Estudio hidrodinámico:.....	24
4.4.4	Estudio geo-morfológico:	27
4.4.5	Cálculo de tasas de transporte de sedimentos:	28
4.4.6	Flujo Medio y Profundidad de cierre:.....	29
4.4.7	Cálculo del transporte y dirección morfológica:	30
4.5	Criterios de Diseño:	31
4.6	Alternativa Propuesta:	32
4.6.1.	Análisis Estructural:.....	33
4.6.2.	Proceso Constructivo de la Estructura:	36
V.	DISCUSIÓN:	39
VI.	CONCLUSIONES:	42
VII.	RECOMENDACIONES:	44
ANEXOS:	52

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1: Precipitaciones máximas con periodos de retorno	17
Gráfico 1: Curva de frecuencia	18
Tabla 2: Promedio de lluvias mensuales por año	19
Gráfico 2: Curva de promedios de lluvias por año.....	19
Tabla 3: Caracterización de muestras obtenidas de la playa de Huanchaco.....	22
Tabla 4: Oleajes propagados.....	25
Tabla 5: Valores de transformación del oleaje frente a Huanchaco	26
Tabla 6: Valores máximos de corrientes (m/s)	27
Tabla 7: Tasas de transporte en m ³ /hora asociadas a los oleajes simulados...	29
Tabla 8: Relación de parámetros medios.....	30
Tabla 9: Relación de parámetros morfodinámicos	31
Tabla 10: Instrumentos y Validaciones	54
Tabla 11: Serie de tamices ASTM y clasificación de sedimentos según escala Wentworth.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trazo Longitudinal de Diseño	13
Figura 2: Ubicación del Distrito de Huanchaco	16
Figura 3: Evolución de la línea de la costa 1987	56
Figura 4: Evolución de la línea de la costa 2000	56
Figura 5: Evolución de la línea de la costa 2019	57
Figura 6: Cursos de agua canalizados	57
Figura 7: Mapa hidrográfico de La Libertad.....	58
Figura 8: Zona de dónde se obtuvieron los datos del balneario de Huanchaco	59
Figura 9: Representación gráfica en 3D de la topo-batimetría de la playa de Huanchaco.....	59
Figura 10: Perfil realizado sobre la topo-batimetría de la playa de Huanchaco	60
Figura 11: Modelo del balneario de Huanchaco en 2D	60
Figura 12: Detalles de irregularidades sobre el fondo y ondas	61
Figura 13: Detalles de irregularidades sobre el fondo y ondas	61
Figura 14: Detalle de irregularidades sobre el fondo.....	62
Figura 15: Detalle de ondas.....	62
Figura 16: Detalle de ondas.....	63
Figura 17: Modelo digital del terreno del balneario de Huanchaco	63
Figura 18: Perfil norte del balneario de Huanchaco.....	64
Figura 19: Perfil central del balneario de Huanchaco	64
Figura 20: Perfil sur del balneario de Huanchaco	65
Figura 21: Intensificación de las corrientes de ola en dirección SurOeste en el balneario de Huanchaco.....	66

Figura 22: Intensificación de las corrientes de ola en dirección Sur-Suroeste en el balneario de Huanchaco.....	66
Figura 23: Intensificación de las corrientes de ola en el balneario de Huanchaco.....	67
Figura 24: Esquema de corrientes con presencia de remolinos.....	67
Figura 25: Rosa de oleaje propagado hasta la ubicación frente a Huanchaco..	68
Figura 26: Geomorfología de la zona de estudio.....	69
Figura 27: Plano morfológico con presencia de fango en el balneario de Huanchaco.....	70
Figura 28: Marcas de fondo de origen antrópico con sedimentos de arenas finas / muy finas	70
Figura 29: Marcas de fondo de origen natural con sedimento de arenas finas / muy finas	71
Figura 30: Secciones de control	71
Figura 31: Tasas de transporte de sedimentos frente a Huanchaco	72
Figura 32: Rompeolas sumergido como disipador de energía del oleaje	73
Figura 33: Aspecto playa Teresiano 2011	73
Figura 34: Aspecto playa Teresiano tras colocar rompeolas.....	74
Figura 35: Playa Teresiano después de 1 mes de colocación de rompeolas	74
Figura 36: Simulación de la erosión en el borde costero	75
Figura 37: Aplicación del MRA y recuperación del borde costero	75
Figura 38: Sección transversal de espigón de Geobolsas	76

RESUMEN

El litoral peruano comprende gran parte de la población total, la cual se ve beneficiada por el desarrollo de considerables actividades económicas en distintos rubros como la industria, el comercio y el turismo. De esta forma, se recalca el interés en la protección y conservación de las costas ante uno de los acontecimientos que mayor impacto ha causado en las actividades y en la infraestructura, además de la repentina desaparición de diversas playas, como lo es la erosión. Es por ello que, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar las defensas blandas como medida de protección costera en el balneario de Huanchaco – Trujillo, de tal forma que permita reducir el efecto que pueda tener la erosión, además de preservar y/o recuperar el balneario para beneficio de la población y sus actividades. Se trata de un estudio con enfoque cuantitativo, del tipo aplicada con diseño no experimental transversal descriptivo. Es decir, el estudio se argumenta y desenvuelve a través del estudio topográfico, hidrológico e hidráulico, del mismo modo la presencia de criterios adecuados al tema de defensas blandas como sistema de protección costera (especificaciones técnicas, antecedentes entre otros). Para finalizar, se tomó como muestra el tramo comprendido desde la altura del aeropuerto de Trujillo hasta el comienzo de la Costanera con un total de 16 km, de los cuales, a través de estudios referenciados, se llegó a la conclusión que era una playa disipativa con poca presencia de ripples como marcas de fondo. Por ende, las defensas blandas utilizando geosintéticos son una medida adecuada según las características de la zona, ya que no se verían afectadas la estabilidad de la defensa, ni las funciones que esta pueda proporcionar a la misma.

Palabras clave: erosión, defensas blandas, protección, playas

ABSTRACT

The Peruvian coast comprises a large part of the total population, which is benefited by the development of considerable economic activities in different areas such as industry, commerce and tourism. In this way, the interest in the protection and conservation of the coasts is emphasized in the face of one of the events that has caused the greatest impact on activities and infrastructure, in addition to the sudden disappearance of various beaches, such as the erosion. That is why, the purpose of this research work is to evaluate soft defenses as a coastal protection measure in Huanchaco – Trujillo resort, in such a way as to reduce the effect that erosion may have, in addition to preserving and/or recover the resort for the benefit of the people and its activities. This is a study with a quantitative approach, of the type applied with descriptive, non-experimental cross-sectional design. That is, the study is argued and developed through the topographic, hydrological and hydraulic study, in the same way the presence of criteria appropriate to the issue of soft defenses as a coastal protection system (technical specifications, background, among others). Finally, it took as a sample the stretch from the height of the Trujillo airport to the beginning of the Costanera with a total of 16 km, of which, through referenced studies, it was concluded that it was a dissipative beach with little presence of ripples as bottom marks. Therefore, soft defenses using geosynthetics are an adequate measure depending on the characteristics of the area, since the stability of the defense or the functions that it can provide to it, wouldn't be affected.

Keywords: erosion, soft defenses protections, beaches

I. INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras son enlaces que permiten que el ambiente terrestre y marino se conecten para suministrar recursos y desarrollar diferentes actividades, es por ello que concentran el interés del ámbito científico, requerido por su gran variedad. Estas áreas están sujetas a condiciones físicas, estéticas, socioeconómicas y geopolíticas; es así que las costas ofrecen oportunidades para la industria y la pesquería, siendo este un recurso indispensable para el crecimiento económico, social y cultural de nuestro país (Hinrichsen, 1998). La zona costera es considerada uno de los hábitats terrestres más vulnerables debido a los problemas que se producen en él, ocasionado por las vinculaciones que existen entre sus componentes (Merlotto y Bértola, 2011).

La extensión del litoral costero se ha ido alterando con el pasar de los años por causas de la naturaleza, este hecho ha sido tomado en consideración al entrar en contacto con las actividades que se realizan y las construcciones ubicadas en las localidades en dicho litoral que también se han visto amenazadas por la denominada “erosión costera”. Es así que para Tristá (2000) la generalización del fenómeno y las consecuencias que tiene en el desarrollo de la sociedad, se consideran un “problema social global”.

La erosión costera trata sobre la variación de la línea costera, la cual genera la pérdida de sedimentos. Dentro de los componentes determinantes del cambio de las particularidades del oleaje se encuentran las fases climatológicas, meteorológicas, hidrodinámicas y sedimentarias junto a las morfologías costeras y la batimetría del fondo de la zona costera más cercana (Pardo, 1991; Viciana, 1998; Ojeda, 2000). Para González, D’Croz y Gómez (2012) uno de los principales contribuyentes en el proceso de la erosión costera es el incremento de la cota del océano, ya que provoca una gran acumulación de oleajes, erosionando vertiginosamente el perfil costero durante la alteración de la acción de las olas hacia la costa.

Para Sneadaker y Getter (1985); Nordstrom (1989); Goldberg (1994) y Clark (1995), la problemática de la disminución de playas debido a la erosión costera está documentada en todo el mundo. Son escasos los territorios en el mundo que no han

sido afectados por el inconveniente de la erosión de sus playas, teniendo como dato que en los últimos períodos la erosión ha afectado a más del 70% de las costas (Viles y Spencer ,1995).

Juanes (1996) sostiene que la mayoría de los balnearios ubicados alrededor del mundo que sirven de apoyo a los núcleos turísticos sufren la erosión de sus costas. La desaparición del litoral junto con sus características estéticas y recreacionales es uno de los primeros efectos que ha abarcado esta erosión en muchos casos, los cuales son de suma importancia para el desarrollo económico de las comunidades pertenecientes a la zona. Una de las consecuencias que trae consigo la pérdida de las playas es la exclusión de la defensa que ésta brinda a viviendas, servicios hoteleros y otros tipos de infraestructura, causando así un aumento en los egresos económicos (Komar, 1995).

Según Small y Nicholls (2003), gran parte de la población está centrada en las zonas costeras, ya que se puede encontrar la densidad más alta de la población a menos de 5 km de la costa. Por otro lado, para Aerts et al. (2015) se tiene una probabilidad de aumento de la población para el año 2050 en un 25%, es así que se busca la conservación y preservación de las costas.

Como bien se sabe, la playa de Huanchaco es fuente principal de desarrollo turístico; el crecimiento económico de sus pobladores se basa en los servicios hoteleros y restaurantes los cuales son consumidos tanto por turistas nacionales como internacionales, viéndose beneficiado así nuestro país. Es por ello que nos planteamos la siguiente pregunta: ¿El uso de defensas blandas permite reducir la erosión costera en el balneario de Huanchaco?

El proyecto se justifica teóricamente, porque se aportará ideas de recomendaciones para dar solución a la problemática que se viene afrontando en el litoral de la costa liberteña y así poder recuperar gran parte de nuestras playas. Metodológicamente porque se ha realizado un proceso ordenado y sistematizado, en donde se han utilizado técnicas de investigación, determinando en la variable los factores cuantitativos y descriptivos. Socialmente, porque la posibilidad de ejecución futura

permitirá mejorar y recuperar las playas costeras cercanas al litoral, además de la reducción de efectos negativos que trae consigo la erosión, favoreciendo a la población cercana del área de influencia en sus actividades de crecimiento económico. Se justifica ambientalmente porque las defensas blandas son estructuras que no generan consecuencias al medio ambiente ofreciendo beneficios técnicos y mitigando los impactos ambientales. Técnicamente porque usando la tecnología de los geosintéticos, particularmente las geobolsas, este diseño ayuda a recuperar orilla y a controlar la erosión costera, sin afectar al ecosistema, siendo este método el más adecuado de acuerdo a los estudios referenciados de expedientes técnicos.

El propósito de dicha investigación es implementar la construcción de obras de protección utilizando sistemas de defensa blanda para reducir el efecto que pueda tener la erosión, como también la estabilización y/o recuperación de las playas, facilitando el desarrollo normal de las actividades y asentamientos cercanos a estas áreas; asimismo, el uso de defensas blandas es uno de los métodos más utilizados como soluciones rígidas en defensas costeras, siendo, además, una de las alternativas de solución más flexibles que permite la sustitución de materiales rígidos y su construcción de una manera más sencilla, implicando costes menores ya sea en la construcción como en el mantenimiento.

Finalmente, el objetivo principal de este trabajo es evaluar las defensas blandas como medida de protección costera en el balneario de Huanchaco – Trujillo, asimismo teniendo como objetivos secundarios: identificar la zona afectada a través de las cartas topográficas, realizar el estudio hidrológico referido a la zona de estudio, realizar el estudio hidráulico de la zona a través de datos, determinar que defensa blanda se debe utilizar a través de especificaciones técnicas y datos obtenidos para la retención de sedimentos y protección costera, modelar un sistema de defensa blanda para el control de la erosión.

II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de este proyecto se tiene información de investigaciones anteriores, tanto a nivel local, como nacional e internacional.

Castro (2015) en su investigación “Erosiones del litoral costero de Trujillo originado por la construcción del molón retenedor de arena del terminal portuario de Salaverry”, tuvo por objetivo averiguar sobre las erosiones que abarcan toda la ribera costera al norte de Salaverry, llegando a la conclusión que el levantamiento del puerto de Salaverry y sus obras de abrigo, a manera a restaurar las costas afectadas como Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco, debido a que el puerto favorece a gran parte de la población dentro de su área de influencia, fueron causantes del origen de erosión en las costas situadas al norte del pueblo, ya que los asentados eran detenidos por los espigones retenedores de arena y los rompeolas.

Ramírez (2017) realizó su investigación “Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en Colán – Piura” sobre el uso de geotextiles y su procedimiento constructivo como medida de protección costera en la playa de Colán – Piura, ya que últimamente el uso de geosintéticos en el campo de la ingeniería ha abarcado un gran incremento, por lo que su uso ha sido variado y constante en obras viales, hidráulicas, en sistemas contra la erosión, etc. gracias a sus óptimas propiedades y beneficios que se otorgan con sus diversas aplicaciones.

Aguilar (2016) tuvo propósito en su investigación “Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña” reconocer las variantes técnicas que posibiliten la comparación del proceder de los revestimientos que se resistan a la erosión, ya sea de colchones de gaviones y de geoceldas con material de concreto como relleno en su propósito de defensas ribereñas en el río Zarumilla (frontera Perú – Ecuador), estableciendo así el revestimiento más adecuado contra la erosión para dicho proyecto. Determinado así, que las geoceldas con relleno de concreto son las más apropiadas como defensa costera en dicho proyecto, sugiriendo también los requisitos de manutención que la estructura debería tener a lo largo de su duración.

Chico y Tapias (2014) a través de su investigación “Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera, caso de estudio: estructuras en la línea de costa de Cartagena de Indias” sostuvieron como objetivo principal la implementación de sistemas hidráulicos flexibles mediante el uso de geo sintéticos (tubos geotextil), examinando y situando las expectativas buenas y malas para su uso, mediante el estudio de diversas alternativas de solución que se realizaron en la zona costera de la ciudad de Cartagena de Indias (Colombia), donde ya existen sistemas hidráulicos sólidos que ayudan a la protección frente a los múltiples desarrollos de erosión y evaluar el costo económico de dichas alternativas por medio de la investigación y una detallada evaluación de casos de indagación a nivel internacional; teniendo como resultado que la aplicación de dicho sistema como medida de protección costera es la más adecuada, además de generar respuestas óptimas para resistir los inconvenientes adjuntos al desarrollo de la erosión.

Antón (2016) determinó como objetivo fundamental de su investigación “Lugares adecuados para la utilización de nuevos materiales y formas con geotextiles en la gestión integral de la zona litoral como protección ambiental” el uso de estructuras constituidas de componentes con geotextil, a su vez rellenos con arena, en zonas costeras donde sean adecuadas como obras de protección de costas, facilitando así su uso en la ingeniería de costas. Además, son clasificados en 3 tipos: sacos, tubos y contenedores; considerando de esta manera al material una forma innovativa y no prejudicial al medio ambiente, siendo también una solución viable y económica.

González (2013) realizó su investigación “Estudio de obras de protección costera. Caso México” basándose en el estudio de la utilización de defensas de protección costera, teniendo en cuenta el impacto ambiental que éstas causarían, como también la afectación de fenómenos naturales; donde identificó las ventajas y desventajas que han tenido al momento de ser puestas en práctica. Asimismo, planteó mejoras para dichas estructuras, como también nuevas alternativas de protección que permitan la conservación y usufructo de las costas, tomando como referencia la recuperación de playas de Cancún y la Riviera Maya.

Los tratamientos costeros son el resultado de las interrelaciones de factores dinámicos tales como el viento, el oleaje, las corrientes marinas y la magnitud de la marea con el borde costero. Es por ello que es fundamental tener conocimiento sobre el actuar de todos estos factores para una exacta valoración de estos tratamientos con el desempeño del sistema litoral, comenzando por la definición e intensidad a corto, mediano y largo plazo de dichos factores. (Parente M., 1998)

La reducción de las costas en la ciudad de Trujillo, causada principalmente por la erosión costera, ha tenido mayor relevancia como tema de debate en los últimos años, debido a la iniciativa de construcción de puertos, molones, rompeolas, las cuales no solamente han agotado las posibilidades de uso recreativo turístico, si no que han vuelto vulnerable la zona costera frente a la rompiente del mar, generando inquietud y angustia en los pobladores que habitan en su alrededor más próximo, tal es uno de los casos más conocidos, el litoral de Huanchaco, siendo el más perjudicado frente a este acontecimiento, teniendo como causa principal el levantamiento del espigón conservador de asentados en el puerto de Salaverry, evitando así la acumulación de sólidos transportados por el conducto de travesía del puerto y de esta manera poder proporcionar cualidades de ejecución; no obstante, ha ocasionado un procedimiento de desequilibrio de las playas pertenecientes a los balnearios de Trujillo, entre ellos la playa de Las Delicias ubicada en el distrito de Moche, Buenos Aires ubicada en el distrito de Víctor Larco Herrera y la playa de Huanchaco ubicada en el distrito de Huanchaco, siendo perjudicadas por este problema que ha ido avanzando poco a poco hasta acabar con dichos balnearios ocasionando un incremento de este fenómeno (Padilla, Cena, Vila, Tuesta y Aredo, 2013).

De acuerdo a la importancia que tienen las playas de la ciudad de Trujillo, en especial el balneario de Huanchaco, tanto en el ámbito turístico como en el económico y al ser conscientes de las consecuencias producidas por la erosión costera generan un problema grave, se busca su conservación mediante sistemas de protección para reducir su vulnerabilidad ante la problemática existente.

Los procesos erosivos han proporcionado la organización de los países componentes a las zonas costeras, así como también la desestabilización de los ecosistemas pertenecientes a éstas mismas (Comisión Europea – Medio Ambiente, 2004); por lo que estos procesos son visibles a través del retorno del frente costero, con la obligación de construir trabajos de defensa con el objetivo de disminuir las consecuencias de la erosión, consolidar y/o reparar parte de las costas y de esta forma poder asegurar la plenitud de los establecimientos adyacentes a estos territorios longitudinales que altera irreversiblemente el ecosistema marino (Medina et al., 2001).

La mayoría de los proyectos que se están ejecutando en la actualidad destacan por su objetivo principal, la conservación del medio ambiente, exceptuando algunas perspectivas relacionadas a la influencia con la alteración climática, el incremento de la cota del mar, la variación de las temperaturas o la rapidez de las corrientes. La protección de zonas costeras, gracias a la implementación de estructuras durante las últimas décadas, ha reducido elocuentemente el traslado de sedimentos a las zonas vecinas, trayendo consigo diversos problemas ambientales y económicos con una escasa probabilidad de solución, siendo uno de los casos la aplicación de defensas.

Con el fin de diseñar una obra de defensa costera, se debe tener en cuenta el agente práctico en relación con la figura estética, autorizando la incorporación de la obra con el medio ambiente en donde se tiene intención de realizar la defensa. Las obras de protección costera son métodos de defensa los cuales se utilizan con el objetivo de prever o monitorizar la problemática de la erosión y las inundaciones de las zonas influyentes. Asimismo, son utilizadas como protección de dársenas portuarias y entradas ante las olas, la conservación de los canales navegables y como protección costera pueden ser de dos tipos: estructurales o duras y no estructurales o defensas blandas. (U.S. Army Corps of Engineers, 2002)

Las defensas duras o estructurales son clasificadas de acuerdo con la posición relativa en que se encuentre con relación a la línea de la costa. Entre las defensas duras podemos encontrar a los muros con materiales como el concreto, los cuales se han

venido utilizando a través de los años como una medida de solución, evitando así que aumente la erosión, sirviendo también como paseos marítimos. (Suarez, 1998)

Según U.S Army Corps of Engineers (2002), dentro de este tipo se encuentran los diques, malecones, revestimientos, rompeolas, escolleras, entre otros. La interferencia moderada de dichas obras longitudinales en el transporte longitudinal impide que el sedimento del litoral se integre al funcionamiento propio del perfil, generando y provocando aumentos en la magnitud de la alteración delante de la obra; ocasionando también la variación en el hábitat y modificando la calidad del agua por el aumento de la turbidez.

Los diques son estructuras lineales, transversales a la línea costera utilizados para la retención parcial o total del movimiento de sedimentos a lo largo de la costa; estas defensas interrumpen totalmente el paso de sedimentos provocando que la erosión vaya progresando de forma constante y abierta. Además, disminuyen las corrientes marinas que favorecen el saneamiento de las aguas y disminuyendo la fuerza del oleaje reduciendo así los deportes náuticos que muchas veces son fuentes de ingresos económicos para los lugares aledaños (Enríquez y Berenguer, 1986)

Por otro lado, los espigones siempre han sido las estructuras más comunes, ya que se ubican perpendicularmente al perfil costero para retener el desplazamiento de los sedimentos a lo largo del litoral. Los espigones requieren obligatoriamente un abastecimiento de arenas entre ellos y no son utilizados como factores de obtención de arena neutra. Los espigones se pueden clasificar en talud (monocapa o multicapa) y verticales. Estas estructuras en su mayoría son rectas, pero también se pueden construir curvas, en forma de T o L; de acuerdo a la situación de la zona afectada. (Suarez, 1998).

Se puede mencionar también, como defensas contra la erosión, los ecosistemas costeros como los manglares e islas tipo barrera, al tener una doble función de dispersión y absorción de energía de éstas. Algunas de las estructuras de prevención notables como los rompeolas, espolones, barreras de protección, entre otras, tienen efectos secundarios ocasionando el deterioro de la playa, desencadenando

respuestas múltiples que solo se pueden solucionar con la alimentación constante de la playa, lo cual no es viable para muchas comunidades por tener un alto presupuesto (Clark, 1995)

Las defensas blandas o no estructurales procuran el total beneficio de los recursos naturales existentes en la zona que tienen necesidad de ser preservados por el proceso de erosión. Las técnicas de defensas blandas han ayudado a la regeneración de las playas, levantando un gran entusiasmo a lo largo de estos 20 últimos años. Generando interés debido a su capacidad para aportar de forma positiva a la protección como también a otras funciones como el ocio y la depuración del agua resaltando la recuperación de sus valores ecológicos. Estas defensas están direccionadas a trabajar en conjunto con la naturaleza uniendo la dinámica natural con la movilidad de la línea de la costa cumpliendo la función de abastecerla con sedimentos, teniendo así muy pocas repercusiones (ANCORIM, 2010).

Dentro de las defensas blandas se puede encontrar la alimentación artificial, las defensas dunares, los trasvases de arena y el uso de geosintéticos. La alimentación artificial del litoral es uno de los recursos más utilizados para optimizar la fisionomía costera, el cual se basa en el vaciado de sedimento en la zona, con una secuencia de trabajos previos para un mejor procedimiento, ya que se busca la recuperación del litoral afectado o, en posibles casos, la instauración de una nueva área. Este proceso debe ser asociado a un conjunto de obras de protección para poder llevar a cabo el propósito de recuperación o instauración de una nueva playa. (Ovalle, 2012)

Las defensas dunares son depósitos naturales de sedimentos de playa originados con el traslado sólido litoral transversal en un borde de playa, el cual almacena material desplazado por tormentas en la playa seca, donde el viento se encarga de secar el grano y posteriormente lo traslada hacia tierra adentro, formando de esta manera la duna. Esta defensa se puede realizar mediante dos métodos: el primero se basa en la sustentación y elaboración directa de dunas artificiales; y el segundo método se refiere a las trampas eólicas que sirven para frenar el traslado eólico y este crea la propia duna por acción de la naturaleza. (Ovalle, 2012)

El trasvase de arena es conocido también con el nombre de bypassing, ya que cumple la misión de asistir artificialmente los inconvenientes que impiden el movimiento normal del sedimento a lo largo del litoral. Un bypassing está constituido por una captura de arenas, un traslado de sedimentos y un almacenamiento de aguas abajo restituyendo el sedimento al funcionamiento costero. (Ovalle, 2012)

Otra defensa costera que por años se ha venido realizando diversos estudios es el uso de técnicas constructivas con geosintéticos, obteniendo de esta forma soluciones medioambientales sostenibles y sustentables, considerados como sistemas hidráulicos flexibles (Vittal, 2010; Saathoff et al., 2007). Los geosintéticos son fabricados de materiales poliméricos termoplásticos como el polipropileno, el poliéster y el polietileno y policloruro de vinilo. Para muchos, el uso de los geosintéticos puede ser considerado como una nueva alternativa para la protección y control de la erosión, dado que los materiales de diseño han sido utilizados desde hace más de 3 décadas en la industria, particularmente como materiales prefabricados, instalados sobre la superficie que se desea proteger. Gracias a la obtención de resultados factibles de las aplicaciones de estos textiles tejidos, el desarrollo de protecciones costeras ha dado paso a la industria de los geotextiles, tal como se puede apreciar en la actualidad. La implementación de millones de metros cuadrados geotextiles, tales como tejidos y no tejidos, han sido utilizados en todo el mundo, y bajo sistemas rígidos de protección costera, considerándolos como un componente importante en su construcción.

Los geosintéticos poseen ventajas sobre los sistemas más habituales de construcción por su fácil colocación, durabilidad y rentabilidad a largo plazo. Dentro de estos tipos de componentes geosintéticos podemos encontrar a los geocontenedores, los tubos de geotextil y las geobolsas entre muchos otros, con el propósito de funcionar como sistema de control de erosión. (Díaz, 2009)

Debido al incremento de tempestades relacionadas al cambio climático y las consecuencias que éste generaría al incremento del nivel del mar, se pudo conocer la creciente obligación de realizar nuevas armaduras para la defensa del litoral costero, con un adecuado costo económico y que especialmente faciliten su uso para el

refuerzo de estructuras ya existentes. A raíz de ello empieza a manifestarse la idea de los contenedores de arena a base de los geotextiles catalogados como “soft rock”, empleados por primera vez en el año 1950 como obras de defensa en la construcción de diques en Pluimpot (Países Bajos) con el uso de bolsas de arena. (Heeten et al., 1984; Koerner, 2000)

Los tubos de geotextil están elaborados a partir de la cosedura realizada a diversas capas de geotextil formado por un tubo sellado (Guo et al., 2013). Las medidas características varían entre 1 m y los 10 m de circunferencia y son capaces de llegar a medir hasta 100 m. El relleno de los geotextiles es realizado a través de puertos de llenado, los cuales se ubican en la parte elevada del tubo, de forma hidráulica, donde el componente interno es retenido, arrojando el agua mediante los poros del tubo del geotextil hasta obtener la densidad y estabilidad requerida. (Cantré, 2002; Koerner & Koerner, 2006; Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental, IMFIA, 2011; Sheehan & Harrington, 2012)

La composición de las geobolsas es de geotextiles tejidos (PET) de poliéster de alta resistencia, un mayor peso molecular, alta tenacidad basándose en las Normas Técnicas Internacionales (ASTM), con una resistencia de 108 KN/m, una permeabilidad menor o igual a 0.008 s^{-1} y un tamaño de apertura menor o igual a 0.075 mm. Gracias a que ofrecen una baja deformación, hacen que sus características obtengan una mayor estabilidad hidráulica y resistencia mecánica durante toda su vida útil, forjando así una verificación sobre las deformaciones que se puedan presentar, además de la obstrucción de los finos (Andex del Norte, 2016).

El impacto visual de las construcciones utilizando geobolsas resulta menos agresivo que el de otras estructuras tipo espigón, rompeolas, etc., especialmente porque son recubiertos de arena, siendo así estructuras de última generación permeables, flexibles y resistentes a los rayos UVA. La ejecución de estas construcciones es rápida y resulta menos costosa que las grandes construcciones con materiales convencionales como piedras, concreto o acero. Además, afectan a escasa medida al ecosistema litoral. Una de sus principales ventajas es el método de construcción,

resultando así un procedimiento sencillo con distintas formas de llenado que facilitan su implementación, entre ellas: llenado de forma manual, con maquinaria pesada o por bombeo del material.

III. METODOLOGÍA:

3.1 Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

Este estudio de investigación es aplicado, porque nos conlleva a la resolución de problemas concretos e identificables basándonos en teorías ya existentes, buscando generar cambios convenientes para solucionar las dificultades. (Egg, 2011, p.42-43)

Descriptivo, porque la presente investigación describirá un diseño para poder controlar el problema de la erosión costera mediante el uso de los geosintéticos. (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p.92)

Diseño de investigación:

El diseño del proyecto de investigación es no experimental, porque no se manipularán los resultados de las variables, ni se realizarán cambios, es decir que solo se dará solución al problema. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.152)

Es Transversal descriptivo simple porque trata de explicar o de responder a los problemas teóricos y está orientado al entendimiento realístico. (Sánchez y Reyes, 2015, p.35)

3.2 Variables y operacionalización:

Para la presente investigación se maneja una sola variable que son las defensas blandas. (Anexo 1)

Es por ello que de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010) “Es necesario tener en cuenta el concepto de una variable” (p. 93).

3.3 Población, muestra y muestreo:

Población:

La población de estudio es el balneario de Huanchaco.

Muestra:

Se define como muestra a una parte de la población. Es decir, una agrupación de fundamentos que corresponden al conjunto de caracteres que denominamos población. (Hernández, Fernando y Baptista, 2014, p. 175).

En el caso de la investigación se tomó la decisión de tomar como muestra desde la altura del aeropuerto (Av. La Mar) como punto de partida, considerandolo como Km 00, hasta la carretera La Costanera Km 00 + 16 km.

Figura 1: Trazo Longitudinal de Diseño



Fuente: Google Earth

Muestreo:

Este estudio usa el muestreo no probabilístico de la subdivisión por conveniencia o llamado también intencional, ya que el investigador toma la muestra a criterio propio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**Técnica:**

Este estudio utiliza la observación directa como técnica, ya que se obtendrá datos de campo mediante una amplia observación de la zona a estudiar a través de visitas técnicas a la zona evaluada. (Tabla 1)

Behar (2008) nos dice que el marco metodológico de recogimiento de datos está establecido con el método de la observación (p. 55).

También tenemos el análisis de documentos, en los cuales se revisaron tesis, así como estudios realizados a la zona encontrados en expedientes técnicos realizados por el Gobierno Regional de La Libertad.

Instrumentos:

El instrumento de evaluación que se tuvo en cuenta es la observación para recolectar datos que se necesitan para desarrollar la presente investigación.

Parella y Martins (2012) indican que el instrumento para recolectar datos es en origen al elemento en el cual se apoyaran los tesis para estar más cerca de los efectos y poder así obtener datos (p. 125).

3.5 Procedimiento:

Primero se realizó una visita técnica a la zona de estudio para poder identificar la zona más afectada por la erosión costera y las fallas presentes.

En segundo lugar, se obtuvo la carta topográfica del tramo y el respectivo estudio de suelos de la zona a evaluarse, el cual fue otorgado por la Municipalidad Distrital Huanchaco a través de una solicitud presentada la cual fue emitida por la universidad (Anexo 3).

Luego se procedió a recolectar los datos de los estudios batimétricos del balneario de Huanchaco encontrados en el expediente “Recuperación del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco”, usándolos como referencia para poder saber el comportamiento de las mareas y la clasificación de los sedimentos para poder saber el tipo de geosintético a utilizar.

Por último, se realizó el diseño de la defensa de acuerdo a la topografía y a las especificaciones de la zona.

3.6 Método de análisis de datos:

Los datos fueron obtenidos a través de una base de datos Ocean Weather, el cual tiene registros de datos de más de 30 años, tomando como punto el nodo GROW 7805, el cual se ubica más próximo a la zona estudiada, obteniendo registros de vientos, parámetros de oleaje para luego ser procesados por un software hidrográfico HYPACK, todos ellos encontrados en el expediente técnico.

3.7 Aspectos éticos

La ética es fundamental para todo profesional, ya que proporciona fiabilidad en lo que se hace, es por ello que el presente trabajo de investigación se ha referenciado de varios proyectos de investigación, tesis y artículos de fuentes confiables para su posterior redacción y revisión de jurados calificados. Es por ello que la ética y la moral deben ir en conjunto las cuales se plasman y se reflejan en este estudio, citando correctamente al Manual ISO 690 y 690-2, además de analizar la similitud de la investigación con el programa turnitin.

IV. RESULTADOS:

4.1 Descripción de la zona de estudio:

El tramo comprende desde la intersección del aeropuerto de Trujillo hasta el inicio de la Costanera, incluyendo el litoral de la playa de Huanchaco. Esta zona contiene suelos muy finos. Se tomó esta área como zona de estudio porque hoy en día podemos ver como la erosión afecta en gran cantidad el borde costero el cual carece de protección y como se ha ido modificando la playa a lo largo de los años (Figura 3 – 7).

El área de estudio se encuentra ubicado en:

Departamento: La Libertad

Provincia: Trujillo

Distrito: Huanchaco

Figura 2: Ubicación del Distrito de Huanchaco



Fuente: Google Imágenes

4.2 Topografía:

Se usó como referencia las cartas obtenidas por la Municipalidad Distrital de Huanchaco a través de la solicitud (Anexo 4) para divisar el medio en el cual se trabaja y poder realizar un modelamiento hidráulico.

4.3 Estudio hidrológico

Para el estudio hidrológico se procedió a tomar datos de la estación meteorológica TRUJILLO, tipo Convencional – Meteorológica que nos brinda la página del SENAMHI, de donde se obtuvieron las precipitaciones mensuales de los años 2014 al 2020, debido a su respectiva variación mensual y anual.

4.3.1 Precipitaciones máximas con periodos de retorno:

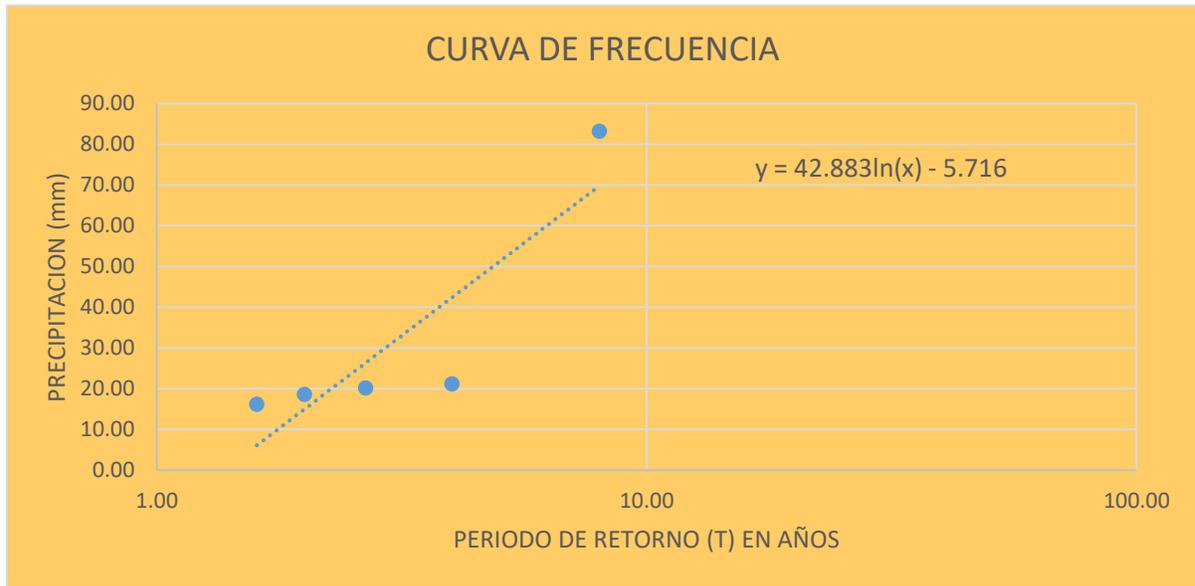
En la Tabla n° 1 podemos apreciar las precipitaciones anuales que se presentaron para luego ser consideradas en nuestro proyecto, siendo la de mayor dimensión aquella ocurrida en el año 2017, teniendo un valor de 83,20 mm; luego se ordenó de mayor a menor las precipitaciones anuales, para posteriormente realizar el cálculo de las precipitaciones máximas para un determinado período de retorno, teniendo como muestra de ello los valores en el gráfico n° 1, donde se presenta la curva de frecuencia, la cual nos permitió calcular cuánto sería el valor máximo para cada período de retorno en años, siendo el valor de 93.03 mm la precipitación máxima ocurrida en los últimos 10 años.

Tabla 1: Precipitaciones máximas con periodos de retorno

AÑO	PRECIP. (mm)	m	$P=m/(n+1)$	$T=1/P$
2017	83.20	1	0.13	8.00
2015	21.20	2	0.25	4.00
2018	20.20	3	0.38	2.67
2019	18.60	4	0.50	2.00
2016	16.20	5	0.63	1.60
2014	9.50	6	0.75	1.33
2020	0.00	7	0.88	1.14
		n = 7		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1: Curva de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia

La precipitación máxima para un período de retorno en	10	años es	93.03	mm
La precipitación máxima para un período de retorno en	15	años es	110.41	mm
La precipitación máxima para un período de retorno en	20	años es	122.75	mm
La precipitación máxima para un período de retorno en	30	años es	140.14	mm
La precipitación máxima para un período de retorno en	50	años es	162.04	mm
La precipitación máxima para un período de retorno en	100	años es	191.77	mm

4.3.2 Promedio de lluvias mensuales por año:

En la tabla n° 2 podemos apreciar las precipitaciones promedio mensuales para cada año, es decir, conocer en qué año y mes hubo una máxima precipitación y una mínima precipitación, los cuales van variando como se puede observar, siendo la que mayor destaca aquella ocurrida en el mes de marzo del 2017, con un valor de 13.36 mm, producto ocurrido en aquel entonces por el famoso Fenómeno El Niño. Asimismo, el promedio anual tiene un valor equivalente a 2.01 mm. Posteriormente, en el gráfico n° 2 se puede apreciar como en los meses de febrero y marzo las precipitaciones alcanzan un valor más elevado en comparación al resto de meses, es decir, son los meses en dónde más

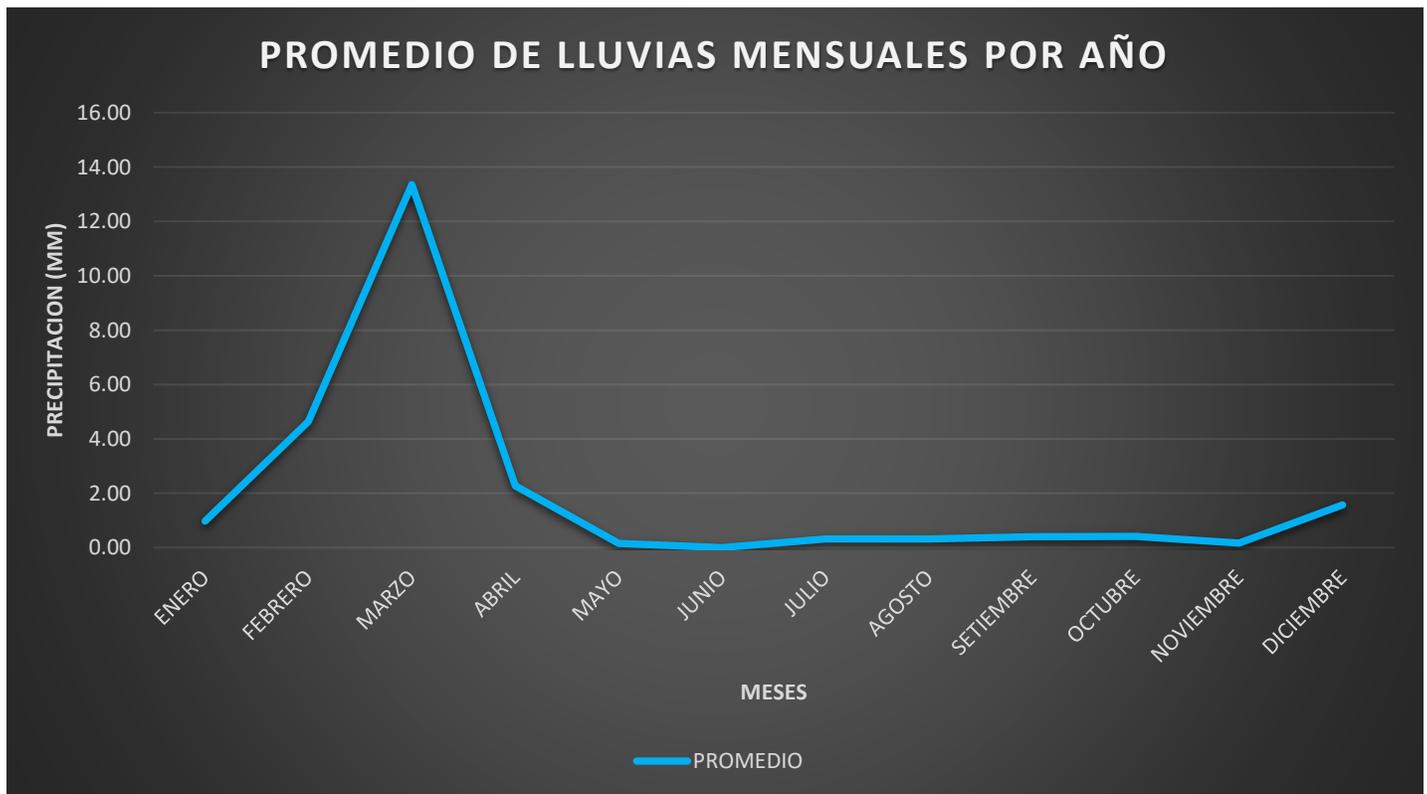
precaución se debe tener, ya que esto puede generar aumento de afluentes que desembocan en el litoral.

Tabla 2: Promedio de lluvias mensuales por año

AÑOS/MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2014	0.00	0.00	2.40	5.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	1.10
2015	1.90	6.20	8.10	0.30	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00	2.60
2016	0.00	14.60	0.70	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0.50	8.40	69.60	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
2018	1.90	2.20	0.00	5.10	0.10	0.00	1.90	1.90	0.00	2.30	0.00	4.80
2019	2.50	1.10	12.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00
2020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
PROMEDIO	0.97	4.64	13.36	2.27	0.16	0.00	0.32	0.32	0.40	0.42	0.17	1.57

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2: Curva de promedios de lluvias por año



Fuente: Elaboración propia

4.4 Estudio hidráulico:

4.4.1 Estudio batimétrico:

El estudio batimétrico se recolectó a través de expedientes técnicos realizados por la empresa Intecsa e Inarsa para el proyecto “Recuperación del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” tomando los estudios como referencia y enfocándonos en el balneario de Huanchaco la cual es nuestra zona a estudiar.

El levantamiento batimétrico comprendió la realización de una serie de líneas de sondeo mediante un ecosonda bifrecuencia, desde el punto más cercano a la línea de la costa, buscando el solape con el área estudiada mediante topografía, hasta una profundidad de 15 m, una longitud de 2200 m y una longitud del perfil de 6400 m.

Este levantamiento se ha ejecutado mediante la toma de datos de profundidad georreferenciadas, a lo largo de los perfiles perpendiculares a costa separados a 200 m entre sí (Figura 8).

El análisis de la información recopilada revela que la playa se encuentra en un estado de erosión crítica, mostrando una gran pendiente desde la orilla hasta los 8 – 10 m de profundidad. El balneario de Huanchaco muestra un perfil de playa de tipo disipativo, como corresponde a las condiciones menos desnaturalizadas en las que se encuentra (Figura 9 y Figura 10).

En esta zona destaca la presencia de ripples sobre el fondo arenoso, como las irregularidades, ambas de ámbito morfológico, en la zona más próxima a la costa. (Figura 11)

El perfil de esta playa es tendido en comparación con los otros balnearios existentes en la ciudad de Trujillo, presentando un perfil de playa disipativa mencionada anteriormente, las cuales pueden disipar la mayor cantidad de energía que reciben por parte del oleaje. (Figura 12 – 20)

4.4.2 Análisis granulométrico:

Para el análisis granulométrico y la caracterización del material del balneario desde el punto de vista granulométrico se ha realizado a través de la toma de muestras de arena procedentes tanto de la playa emergida como de la playa sumergida y de su análisis por tamizado. En el balneario de Huanchaco se han tomado 34 muestras sobre perfiles separados a 200 m entre sí a lo largo del litoral costero. Las tomas de muestras en playa sumergida se han realizado utilizando una cuchara Van Veen, la cual es una semiesfera dividida en dos partes iguales que se abre en superficie y bloqueada con un dispositivo para evitar su cierre, esta se baja al fondo suspendida de un cabo, penetrando un máximo de 20 cm el sedimento al llegar al fondo en función de caída y de las características litológicas del mismo.

Se ha realizado el análisis granulométrico de las muestras obtenidas pasándolos por una serie de tamices ASTM utilizadas para el análisis las siguientes: 4, 10, 18, 25, 35, 40, 60, 80, 120, 200 y 300; la clasificación de sedimentos se ha realizado según la Wentworth Scale o Sediment Size Classification (Tabla 11 en Anexos).

Desde el punto de vista granulométrico, los cuales fueron determinadas por parámetros como porcentajes de gravas, arenas, finos y bioclastos se concluye que las playas de Huanchaco están conformadas por arena finas y muy finas (Tabla 3).

Tabla 3: Caracterización de muestras obtenidas de la playa de Huanchaco

ID - MUESTRA	X(m)	Y(m)	D50 (mm)	Limo / Arcilla (%)
13-HU01	706578	9108067	0.44	0
14-HU02	706571	9108063	0.46	0
15-HU03	706562	9108057	0.49	0
15-HU13	706568	9108077	0.35	0.01
19-HU07	706803	910775	0.47	0
20-HU08	706792	910770	1.62	0.02
20-HU15	706772	9107750	1.07	0
23-HU11	706898	9107616	0.78	0
23-HU17	706929	9107636	3.4	0
24-HU12	707029	9107415	0.98	0.01
29-HU23	707183	9107079	4.31	0
30-HU24	707223	9106968	0.94	0
31-HU26	707223	9106708	2.3	0
31-HU25	707223	9106697	1.19	0
32-HU27	706936	9106437	0.49	0
33-HU28	706928	9106443	0.5	0
35-HU31	706793	9106118	0.41	0.39
35-HU33	706793	9106138	0.46	0
36-HU32	706784	9106120	0.43	0
40-HU37	706847	9105594	0.37	0.2
40-HU39	706846	9105614	1.62	0
41-HU38	706841	9105595	0.84	0
69-PH11	706268	9104976	0.1	1.87
70-PH11	706555	9104977	0.13	0.03
71-PH9	705947	9105132	0.31	1.2
72-PH9	706288	9105323	0.23	0.28
73-PH7	705816	9105593	0.12	0.15
74-PH-7	706096	9105954	ROCA	
75-PH5	705587	9106001	0.13	0.27
76-PH-5	706030	9106268	ROCA	
77-PH3	705555	9106447	< 0.063	85.42
78-PH3	706015	9106778	0.11	0.57
79-PH1	705531	9106983	< 0.063	61.23
80-PH1	705905	9107347	< 0.063	59.68

Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

El borde litoral está conformado por arenas con fragmentos achatados de rocas polimicticas, con pendientes muy bajas, las cuales provienen del margen derecho del rio Moche, el cual caracteriza los afloramientos de la faja litoral.

Un valle principal que se desliza paralelamente al cauce del río Moche y que se ensancha aguas abajo hacia su desembocadura en el mar, constituye el primordial y mayor aportante del relieve aluvial del valle. Una segunda unidad ubicada hacia el norte, pero de menor importancia, vendría a ser la contribución adicional del relleno proporcionadas por las quebradas de León y Río Seco, cuyos aportes son los que están distribuidos mayormente en la zona occidental que correspondería al área entre la zona norte de La Esperanza y El Milagro, extendiéndose aguas abajo hasta la línea de costa Huanchaquito – Huanchaco, teniéndose en cuenta que dichos sedimentos han sido depositados en épocas de grandes avenidas y la posible presencia de anteriores fenómenos de “El Niño”, y porque estas quebradas no tenían una correntía permanente.

Los materiales que componen estos almacenamientos fluvio-aluviales corresponden principalmente a elementos de rocas graníticas y sedimentarias del tipo cuarcitas, subangulares a subredondeadas, de tamaños medianos (2” a 4”), siempre acompañados de arenas, producto de la desintegración de las mismas rocas durante su transporte. (INDECI – UNT, 2002)

4.4.3 Estudio hidrodinámico:

El análisis de propagación del oleaje tiene como propósito la simulación de los fenómenos que transforman el oleaje en su aproximación hasta la costa. Para este análisis de la propagación se ha empleado el Sistema de Modelado Costero (SMC), lo cual es una interfaz gráfica que integra una serie de modelos numéricos que permiten la elaboración de estudios desde diversos enfoques de los procesos costeros.

Se optó por la propagación de un oleaje medio de altura unitaria, eligiéndose como muestra tres periodos de onda: 11s, 14s (periodo medio en la zona) y 19 s; con estos periodos se modelarán situaciones medias y extremas, en conjunto con las 3 direcciones más comunes en la zona: SW, SSW Y S. (Tabla 4)

Para el oleaje más corto propagado de 11s no se produce una concentración de oleaje significativa.

Para el oleaje medio de la zona de 14s el balneario de Huanchaco presenta una concentración de oleaje en direcciones SW y SSW.

Para periodos largos de 19s la máxima concentración varía en función de la dirección del oleaje, Huanchaco acumula el grueso oleaje cuando la dirección es SSW. (Figura 21, 22 y 23)

Tabla 4: Oleajes propagados

CASO	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)	DIRECCIÓN
Caso 01	1	11	SW
Caso 02	1	14	SW
Caso 03	1	19	SW
Caso 04	1	11	SSW
Caso 05	1	14	SSW
Caso 06	1	19	SSW
Caso 07	1	11	S
Caso 08	1	14	S
Caso 09	1	19	S
Caso 10	3	19	SW
Caso 11	3	19	SSW
Caso 12	3	19	S

Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

La transformación del registro de datos de aguas profundas a la zona costera en el balneario de Huanchaco (Tabla 5) se han tomado los valores interpolados según la dirección y el periodo, usando los 4 oleajes más parecidos al caso a propagar mediante la rosa de oleaje en la ubicación del ológrafo ubicado frente a Huanchaco. (Figura 25)

Tabla 5: Valores de transformación del oleaje frente a Huanchaco

SECTOR	Aguas profundas			Valores locales	
	Hs(m)	Tp(s)	Viento	Kp	Dirección (º)
WSW	1	8	S	0.82	243.3
	2.4	13		0.87	235.2
	4	18		0.9	232.7
	1	8	SSE	0.84	243.1
	2.4	13		0.89	235.4
	4	18		0.9	233.4
SW	1	8	S	0.81	226.4
	2.4	13		0.84	223.6
	4	18		0.88	222.9
	1	8	SSE	0.83	226.5
	2.4	13		0.86	223.5
	4	18		0.88	223.2
SSW	1	8	S	0.77	210
	2.4	13		0.81	212.4
	1	18		0.88	214
	1	8	SSE	0.78	210.3
	2.4	13		0.82	212
	4	8		0.87	213.8
S	1	8	S	0.67	196.6
	2.4	13		0.68	20.1
	1	18		0.82	205.9
	1	8	SSE	0.67	197
	2.4	13		0.68	203.2
	4	8		0.81	205.1
SSE	1	8	S	0.5	186.6
	2.4	13		0.45	196.5
	4	18		0.53	197.8
	1	8	SSE	0.5	186.8
	2.4	13		0.44	193.9
	4	8		0.51	194.5

Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

En cuanto a las direcciones de las corrientes predomina la dirección NW dirigiéndose de manera fundamental hacia Huanchaco. (Figura 24)

Para el análisis de las corrientes se realizaron simulaciones numéricas pertinentes de los datos de las propagaciones; llegando a la conclusión que nuestro tramo de estudio (Tabla 6), en este caso el Tramo 5, tiene un comportamiento de corrientes con más variaciones debido al cambio de orientación en la zona central de la costa en el balneario de Huanchaco, observándose en esta parte que los oleajes S y SSW generan corrientes hacia el N, mientras que los oleajes del SW generan celdas de circulación de mayores dimensiones produciendo grandes corrientes.

Tabla 6: Valores máximos de corrientes (m/s)

SECTOR	Hs,m	Tp,s	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
SW	1	8	0.21	0.2	0.1	0.1	0.18	0.12
	2.5	13	0.42	0.7	0.38	0.12	0.34	0.16
	4	18	0.48	1.1	0.44	0.15	0.38	0.16
SSW	1	8	0.19	0.15	0.13	0.1	0.16	0.16
	2.5	13	0.42	0.6	0.4	0.2	0.34	0.22
	4	18	0.48	0.9	0.48	0.23	0.36	0.22
S	1	8	0.18	0.15	0.15	0.14	0.16	0.19
	2.5	13	0.4	0.38	0.42	0.28	0.32	0.27
	4	18	0.48	0.55	0.48	0.32	0.34	0.27

Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

4.4.4 Estudio geo-morfológico:

Se procedió al análisis de la zona de estudio (Figura 26); llegando a la conclusión que la sedimentología del fondo marino está caracterizada por arenas desde finas a muy finas y fangos no existiendo sedimentación rocosa (Figura 27) y apreciando que los fangos cubren en su totalidad la zona de estudio. Se han encontrado 2 tipos de fondo bien delimitados en la zona

analizada, el primero de arenas muy finas y finas que forman la mayor parte del área, la segunda se compone de pequeñas zonas de marcas de fondo, las cuales parecen ser a causa de garreos de anclas o similar. (Figura 28 y 29)

4.4.5 Cálculo de tasas de transporte de sedimentos:

Los cálculos de las simulaciones han sido referenciados del expediente técnico realizado por la empresa Intecsa – Inarsa en donde se ha realizado el modelo EROS, dividiendo las alineaciones de T1 a T7 correspondiendo a Huanchaco T5, T6 y T7 desde sur hacia el norte (Figura 30). A través de los resultados para cada oleaje ubicadas a lo largo del tramo se puede obtener la distribución longitudinal del transporte de los sedimentos para cada oleaje. En los gráficos 3, 4 y 5 se muestra la distribución longitudinal del transporte de sedimentos para los oleajes simulados en las alineaciones correspondientes a nuestra zona de estudio, observando que cerca de la costa el transporte es muy pequeño y va aumentando progresivamente hasta una distancia de 150 a 250 m, dependiendo de las características del oleaje y de la batimetría, después este disminuye hasta casi desaparecer antes de llegar al final del perfil de control.

Las secciones analizadas correspondientes a nuestra área se inician en playa seca con 50 m de tasas nulas y finalizan a 10 m de calado, lo cual implica que la profundidad crítica se encuentra cerca de los 8 m de calado. Nuestra zona de estudio está ubicada en las alineaciones T5, T6 y T7 en donde los oleajes son procedentes del SW y donde la magnitud es inferior a la de los otros oleajes. Las tasas de transportes presentes en la Tabla 7 están asociados de 2.5 m se encuentran entre los 100 y 350 m_3 por hora con dirección SW; 400 y 800 m_3 con dirección SSW y entre los 800 y 900 m_3 con dirección S por hora, mientras que los asociados a los oleajes de 4 m oscilan entre los 2000 m_3 hasta los 5000 m_3 por hora.

Tabla 7: Tasas de transporte en m3/hora asociadas a los oleajes simulados

PERFIL	SW			SSW			S		
	1 m	2.5 m	4 m	1 m	2.5 m	4 m	1 m	2.5 m	4 m
T1	-1	-156	-696	-8	-634	-2759	-11	-769	-3342
T2	1	100	577	-6	-471	-1926	-5	-559	-2673
T3	3	212	1052	-5	-523	-2256	-10	-971	-4023
T4	1	147	896	-6	-473	-2478	-9	-799	-4471
T5	2	132	759	-6	-456	-2415	-10	-805	-4369
T6	-2	-336	-2016	-10	-817	-4701	-12	-996	-5814
T7	2	165	968	-7	-553	-1997	-12	-951	-3887

Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

4.4.6 Flujo Medio y Profundidad de cierre:

La determinación del flujo energético medio se obtiene a partir del conjunto de datos de oleaje propagados a partir de la relación $H^2 * T$ y componiendo el total de oleajes en función de su frecuencia de presentación. Este valor debe ser muy similar al de la dirección morfológica la cual se obtiene a partir de los mismos datos y de las tasas de transporte asociadas.

Con las tablas de propagaciones se podrá obtener el registro de oleaje transformado en casa nodo de control, definiéndose así los valores de $H^2 * T$ por un lado y los parámetros morfológicos como valores medios o la altura de ola superada 12 h al año por otro lado.

La profundidad de cierre es un parámetro importante relacionada con el transporte de sedimentos aplicándose a la posición mar adentro, utilizado los datos de la expresión de Birkemeier (1895) en donde:

$$h_c = 1.75H_{s12} - 57.9 \left(\frac{H_{s12}^2}{gT_s^2} \right)$$

H_{S12} = altura de ola significativa a una profundidad h excedida doce horas al año

T_s = periodo de pico

Tabla 8: Relación de parámetros medios

ZONA	H_s (m)	T_m (s)	$H_{S12}(m)$	H (m)	Flujo Medio (º)
Huanchaco	1.42	12.39	3.02	5.13	210.6

Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

4.4.7 Cálculo del transporte y dirección morfológica:

Este cálculo se obtiene sobre la línea costera a partir de datos de oleaje propagados hasta la línea de rotura. Este procedimiento consiste en la dirección que tiende a orientarse la playa en función del flujo energético.

Para lograr obtener el valor de la dirección morfológica se determinará las tasas de transporte en función de la orientación de la línea del litoral costero, hasta hallar aquella que asemeje una tasa neta nula.

Para este cálculo se utilizó la formulación del CERC incluida en el Coastal Engineering Manual.

La siguiente expresión del CERC fue adaptada para poder aplicarse con los datos obtenidos:

$$Q = a \cdot H_{s_b}^2 \sqrt{H_{s_b}} \sin(2\alpha'_b)$$

Donde el subíndice b señala que los parámetros deben ser tomados en condiciones de rompientes y $\alpha'_b = \alpha_b - \alpha_r$ es el ángulo del oleaje en rompientes y orientación de las batimétricas en la zona de rompientes siendo:

$$a = \frac{K \sqrt{\frac{g}{\gamma}}}{32 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1 - \rho)}$$

De esta manera el transporte de sedimentos queda determinado una vez que se obtiene α_b de la propagación del oleaje y α_r de la batimetría cerca de la línea de la costa obteniendo como resultado:

Tabla 9: Relación de parámetros morfodinámicos

ZONA	r (°)	FLUJO (°)	DIR MORF (°)	DIR COSTA (°)
Huanchaco	268.1	210.6	244	256.6

Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Según estos resultados las tasas de transportes netas (Figura 31) según la orientación actual de la costa van en aumento hasta llegar a Huanchaco, alcanzando $1\ 035\ 000\ m^3$ y reduciéndose de nuevo en la zona de Huanchaco por el cambio de orientación de la costa y su batimetría.

4.5 Criterios de Diseño:

El proceso de diseño y construcción de estructuras de protección costera utilizando Mega Retenedores de Arena (MRA) está conformado por geobolsas, las cuales son ideales para instalaciones colocadas en agua a cualquier profundidad.

Un claro ejemplo de la factibilidad de esta defensa es el caso de la “Playa Teresiano” ubicada en Yucatán, México, la cual después de colocar rompeolas sumergidos a base de geotextil se logró mitigar la energía del oleaje (Figura 32) y así evitar la erosión de la playa.

Esta defensa ocasionó que las olas que llegaban a la playa tengan una menor fuerza para poder mantener la arena en suspensión y poder así acumularla de manera natural, sin impedir así su circulación a las otras playas, creando una playa natural estable. (Figura 33-35)

Para regenerar y proteger la playa de Huanchaco utilizando la información referenciada en los estudios, se propone la construcción de espigones contruidos con MRA que frenen el transporte de arena en su litoral, disminuyendo la intensidad de las olas y permitiendo así la minimización de la erosión para la recuperación del borde costero. (Figura 36-37)

El impacto ambiental y la factibilidad económica son los criterios considerados en la evaluación de las alternativas de protección de las costas de Huanchaco. Los estudios de oceanografía y de oleaje muestran las estructuras de las ondas, por lo que son considerados como los criterios más importantes. La altura de diseño para el presente estudio es la considerada en el expediente técnico “Recuperación del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” donde se considera la altura significativa de la ola con 1,0 m.

4.6 Alternativa Propuesta:

Para el presente estudio se utilizará la estructura de mega retenedores de arena (MRA) mencionada anteriormente, la misma que se compondrá de geobolsas que se llenarán con arena. Las geobolsas son de espesor y altura variable dependiendo de su ubicación, la misma que se verificará con la profundidad del fondo marino (Anexo 5).

La defensa está conformada por 9 espigones sumergidos a una profundidad de 3.5 metros sobre el nivel del fondo del mar equidistantes uno de otro a 150 m, con una longitud de 200 m cada uno, conformada por geobolsas de 5 m de ancho ubicadas en la base formando una pirámide de 3 niveles (Figura 38), el primer

nivel contará con 30 geobolsas, el segundo con 20 geobolsas y el tercero con 10 geobolsas sobrepuestas unas sobre otras para cada uno y se ubicarán a 200 m mar adentro de manera paralela a la línea costera (Anexo 6).

Para mayor estabilidad de la defensa se colocará un manto anti socavación en la base de la estructura el cual posee 2 geotubos a los costados, que serán llenados del mismo material dragado e irán enterrados a 1,20 m para crear mayor resistencia y firmeza a la defensa.

4.6.1. Análisis Estructural:

Realizando las mediciones in situ y de acuerdo con los estudios realizados en el expediente “Recuperación del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” podemos observar que la profundidad al final del espigón deberá ser de 3,5 m respecto a la zona de tierra o malecón. Además, el mismo estudio confirma que las alturas de las olas en pleamar oscilan entre 1 y 2 m, siendo así, que la ola de diseño recomendada es de 1.2 m de acuerdo a datos del estudio mencionado anteriormente hechos por el Gobierno Regional de La Libertad, con estas especificaciones se estableció el diseño (Anexo 6).

De acuerdo con el Manual Geosystems Design Rules and Applications (2012), de entre las diferentes geoestructuras se encuentran las geobolsas, los cuales están definidos como tubos permeables rellenos de arena. Su diámetro llega hasta los 5 m y con longitudes que superan los 100 m.

Para el Manual Geosystems Design Rules and Applications (2012) se deberá analizar la verificación de la estabilidad de las geobolsas mediante:

a) Estabilidad contra el ataque del oleaje:

El Manual Geosystems Design Rules and Applications (2012), indica que, para comprobar la estabilidad de la geobolsa contra el ataque del oleaje, se deberá cumplir con la siguiente relación:

$$\frac{H_s}{\Delta t * Dk} \leq 1,0$$

Dónde:

- Hs : Altura de ola significativa
 Δt : Densidad relativa del MRA
Dk : Espesor efectivo del MRA

Los autores especifican que el valor de Dk está relacionado directamente con la posición del MRA. En ese sentido, si ubicamos el MRA paralelo a la dirección del oleaje debemos utilizar el valor del ancho de la geobolsa, sucede lo contrario si ubicamos el MRA perpendicular a la dirección del oleaje debemos utilizar el valor del largo de la geobolsa.

Para el caso de la densidad relativa de la geobolsa (Δt), en el manual se especifica que es un coeficiente adimensional relacionado con las características técnicas de la geobolsa, el mismo que actúa como un elemento estructural. De acuerdo con la especificación del fabricante se establece que este coeficiente es 0,91.

Para el caso de la altura de ola el manual especifica que debe usarse la altura más significativa de la ola. En ese sentido y por seguridad utilizaremos como ola de diseño la más desfavorable con un periodo de retorno de 50 años, es decir una ola extrema con una altura de 4 metros.

Una vez analizadas las definiciones y conceptos aplicamos la fórmula para nuestro caso en Huanchaco obteniendo los siguientes resultados:

$$\frac{4 \text{ m}}{0,91 * 5 \text{ m}} = 0,879 \leq 1,0; \text{ Si cumple}$$

b) Estabilidad contra las corrientes:

De acuerdo con diferentes autores, la mejor relación para analizar la estabilidad del MRA y el comportamiento de la geobolsa contra las corrientes se manifiesta en la siguiente expresión:

$$\frac{U_{cr}}{\sqrt{g * \Delta t * Dk}} \leq 1,2$$

Dónde:

- U_{cr} : Velocidad crítica del flujo de agua
- Δt : Densidad relativa del MRA
- Dk : Espesor efectivo del MRA
- g : Aceleración de la gravedad

De acuerdo con esta expresión lograremos establecer el límite crítico de velocidad para cuando el agua llega y que la geobolsa no quede inestable debido a las fuertes corrientes. En ese sentido despejamos el valor U_{cr} y obtenemos la nueva expresión:

$$U_{cr} \leq 1,2 \sqrt{g * \Delta t * Dk}$$

Dónde:

- U_{cr} : Velocidad crítica del flujo de agua
- Δt : Densidad relativa del MRA
- Dk : Espesor efectivo del MRA
- g : Aceleración de la gravedad

Remplazando los valores de la expresión donde la geobolsa cuenta con un espesor de 5 m obtenemos:

$$U_{cr} \leq 1,2 \sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 * 0,91 * 5\text{m}}$$

$$U_{cr} \leq 6,68 \text{ m/s}$$

De acuerdo al resultado podemos inferir que la estructura no sufrirá de inestabilidad debido a velocidades de corriente menores si cuentan con $U_{cr} \leq 6,68 \text{ m/s}$.

Para el caso de Huanchaco y de acuerdo con los estudios de “Recuperación del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” se observa que las velocidades máximas sub-superficiales y superficiales de las corrientes en el litoral de Huanchaco son de 0,29 m/s en flujo y 0,23 m/s en reflujos. En ese sentido y de acuerdo con el estudio elaborado para el Gerencia Regional de la Libertad, en costas similares a Huanchaco se obtuvieron velocidades en el fondo de 0,32 m/s durante sus corrientes.

Se observa que tanto las encontradas para nuestro diseño como para las corrientes vecinas sus valores están por debajo del límite crítico de velocidad esperado, por lo que la estructura MRA no sufrirá inestabilidad por corrientes.

4.6.2. Proceso Constructivo de la Estructura:

Para el llenado de las geobolsas se utilizará el método de dragado hidráulico. Posteriormente, para poder seleccionar el tipo de draga, se deberá tener en cuenta 2 factores importantes: Facilidad de Dragado y Facilidad de Decantación. Entonces, de acuerdo a los estudios realizados y mencionados anteriormente por diversos autores, se deduce que el tipo de draga a utilizarse es la de succión en corte, ya que la facilidad de dragado es de material compacto y el tipo de suelo es arcilloso, siendo éste un material no decantable.

Ubicación de Material de Relleno:

El material a utilizarse proviene del sector de “profundo frente al mar de Huanchaco”, ubicado a 250 metros de la orilla del mar. En esta zona se encuentra gran cantidad de bancos de arena con suficiente material para suplir la demanda que conlleva el llenado de los megas retenedores de arena.

Dragado de Material para Relleno:

Para el proceso de relleno de las geobolsas, normalmente se requiere que el material sea dragado. Entonces, el material adecuado debe contener un porcentaje mayor al 15% en cuanto a sedimentos finos, con el propósito de reducir el aplanamiento de la geobolsa posteriormente a su llenado. De esta forma, como se puede apreciar en la Tabla 3, el requisito para el material de relleno cumple con las expectativas, procediendo al llenado respectivo.

El material será dragado por una draga de succión en corte tipo CSD 450 (Ver Anexo 7) con capacidad de 3000 m³.

Manto Antisocavación:

El manto es del mismo material que las geobolsas, el cual posee 2 geotubos a los costados, los cuales servirán de anclaje, e irán a 1.20 m de profundidad para mayor estabilidad, por lo tanto, este se prolongará a lo largo de toda la estructura debajo de la misma con una longitud igual a esta y un ancho de 6 m, evitando así la erosión por debajo de las geobolsas. Se recomienda no arrastrar el manto, ni manipularlo con objetos punzantes, todo esto para evitar algún desgarre o rotura en el geotextil del que está compuesto el manto.

Colocación y Llenado de Geobolsas:

Con el manto colocado in situ, se procede a la ubicación de las geobolsas. Éstas serán desplegadas a lo largo de todo el manto y ubicados en su

posición correcta para su respectivo llenado, con sus puertos de entrada y salida hacia arriba. Para el anclaje de las geobolsas al manto se usará eslingas o argollas de amarre, de material poliéster, cosidas a la geobolsa. Estas argollas serán amarradas con cordeles, anclados al suelo con estacas metálicas de 1/2" de diámetro.

A través de mangueras dúctiles insertadas al menos a 0.50 m del puerto de entrada, se da paso al llenado de la geobolsa con agua para que alcance un porcentaje del 80% de la altura establecida. Alcanzada dicha altura, se empieza con el relleno de arena, según las especificaciones del fabricante.

La arena ingresada a las geobolsas rellenas de agua expulsa el exceso de agua a través de los puertos de salida y los poros de la geobolsa. Además, para el avance de la obra y el aprovechamiento de la bajamar, se puede realizar el relleno en contemporáneo de las demás geobolsas que se encuentran a la misma altura, y así poder pasar al llenado de un siguiente nivel. El dragado debe ser monitoreado constantemente para verificar que el material fluya por toda la geobolsa.

Finalización:

Una vez que las geobolsas se encuentren repletos en su totalidad, 2/3 de los puertos de entrada y salida deber ser cortados y sellados por anillos de acero resistentes a la corrosión. Al termine del llenado, se debe realizar un monitoreo del material del geotextil, con el fin de situar áreas dañadas durante la fase de llenado y posteriormente realizar los arreglos necesarios. Este proceso se repite a lo largo de todos los espigones hasta completar el sistema.

V. DISCUSIÓN:

1. Gracias a estudios realizados por institutos catalogados, se puede decir que la pérdida estimada en el tramo de costa entre Salaverry y Huanchaco en el periodo de 1956 hasta el año 2011 ha sido de 50 000 000 m³ debido a la interrupción del transporte sedimentario en el puerto de Salaverry, originando un cambio bastante notorio en los perfiles costeros de Trujillo; además de ocasionar una rebaja importante en la batimetría de estos tramos, los cuales dan como resultado una tipología bastante reflejada y con presencia de grandes profundidades a distancias próximas en la ribera tal como lo corrobora Castro (2015) en su proyecto, objetando que las obras de abrigo, a manera de restaurar las costas, han generado la erosión de las mismas, destacando la incapacidad para solventar los problemas de acumulación de sedimentos en el canal de ingreso, como en la zona de maniobra, a pesar que en 1972 los gastos para el mantenimiento de dicha obra superaron el 70% del total invertido en el puerto, destacando así la inoperatividad de las 2 dagas existentes, acumulando 600 000 de sedimento al año, perjudicando de esta forma al balneario de Huanchaco.
2. Basándose en los resultados obtenidos, podemos decir que el transporte de sedimentos se ha visto interceptado por el rompeolas ubicado en el puerto de Salaverry, produciendo de esta forma sedimentación, que a su vez causa el crecimiento de dicho litoral, teniendo como consecuencia la erosión hacia el norte y así dando paso a un retroceso de la línea costera, viéndose afectado principalmente el balneario de Huanchaco. Por consecuente, apoyando la afirmación de Clark (1995), el cual menciona que algunas estructuras de prevención como los rompeolas, espolones, barreras de protección, etc. suelen tener efectos secundarios como la pérdida de la playa, trayendo consigo diversas formas de solucionar la problemática con la alimentación de la playa, la cual resulta poco factible para la población por su elevado costo.

3. La distribución del oleaje queda caracterizada a través de la rosa de oleaje (Figura 21 a 24) que muestran los datos en clase de direcciones y alturas de ola, siendo las zonas SSW y S dónde más se concentran los oleajes, produciendo corrientes en dirección hacia el N las cuales originan elevadas tasas de transporte, debido a que llegan con mayor incidencia a la zona de rotura; es decir, los oleajes de 2.5 m generan transportes de aproximadamente 8000 m³/h con dirección al norte, y los de 4 m superan los 2000 m³/h, mostrando que en esta parte las mayores corrientes presentan un campo con más variaciones, mientras que los oleajes de la zona SW producen celdas de distribución de gran dimensión. Por lo tanto, Chico y Tapias (2014) nos mencionan procedimientos similares en su trabajo de investigación donde recalcan que, dentro de los parámetros fundamentales, están relacionados con las olas, teniendo en cuenta los registros más representativos del oleaje, considerando a su vez las características de los sedimentos, el perfil costero y el nivel del mar.
4. El parámetro para conocer la estabilidad de la defensa costera utilizando geobolsas contra el oleaje es 0.879, siendo este menor a 1, cumpliendo lo establecido, como también en lo referido a la estabilidad contra las corrientes sabiendo que la velocidad crítica del flujo de agua debe ser menor que 6,68 m/s, teniendo Huanchaco como máximas corrientes a 0.29 en flujo, 0.23 m/s en reflujos y 0.32 m/s durante sus corrientes, siendo estos parámetros similares a los utilizados por Ramírez (2017) en su procedimiento constructivo utilizando geobolsas en el diseño de una defensa costera en la playa Colán, para mitigar el problema de la erosión.
5. En el campo de la ingeniería se pueden encontrar muchas soluciones a los problemas que se pueden presentar en el medio estudiado; es el caso de las obras de abrigo o defensas costeras, en dónde no solo se pueden utilizar los geosintéticos, sino también defensas duras como muros de concreto entre otros; la elección del mejor sistema depende del material que se encuentre en

la zona a proteger. Si se requiere de una obra de coste mínimo pero estable, se puede deducir a través de la comparación entre todas las posibles soluciones, dependiendo del tipo de proyecto y las características del terreno, además de un adecuado diseño, evaluando cuál sería la más apropiada; tal como nos afirma Aguilar (2016) explicando las ventajas de los geosintéticos sobre los métodos más tradicionales de construcción, por su fácil colocación, durabilidad y rentabilidad a largo plazo; resultado obtenido a través de una comparación entre los gaviones y las geosintéticos determinando de esta forma que los geosintéticos son el mejor recubrimiento para funcionar como sistema de protección costera, ya que podemos observar que el balneario de Huanchaco no presenta mucho desnivel, solo presencia de ondas en el fondo del mar producidas por anclas o garreo (Figura 28 y 29) , lo cual no afecta la estabilidad de estas defensas al momento de actuar como medida de mitigación a la problemática.

6. El balneario de Huanchaco es una zona donde los pobladores obtienen ingresos económicos gracias a actividades primordiales como lo son el turismo y deportes acuáticos, es por ello que podemos observar como el litoral del balneario se ha ido modificando y desapareciendo a lo largo de los años (Figuras 3, 4 y 5). Entonces, en concordancia con Gonzáles (2013), se debe tener en cuenta el impacto ambiental que las defensas duras causarían a la zona, así como también el perjuicio a los fenómenos naturales, identificando de manera prioritaria la estabilidad estructural, el rendimiento de la defensa a ejecutarse y el costo durante el periodo de vida útil que tendría, dentro del cual se podrán evaluar los daños posibles que éstas podrían sufrir.
7. En la figura 8 podemos observar los estudios realizados con respecto a la batimetría del balneario de Huanchaco a 20 m. de la línea costera, con presencia de ripples u ondas sobre el fondo arenoso, como también las irregularidades en ésta; siendo ésta la playa más tendida del litoral de Trujillo, poseyendo un perfil del tipo playa disipativa con perfiles más suaves, la cual al

disponer de más espacio puede disipar la mayor parte de la energía recibida por acción del oleaje, apreciando de esta forma que el transporte de sedimentos es muy mínimo, incrementando progresivamente hasta una distancia de 150 a 250 m., dependiendo de las características del oleaje, las cuales en este caso están dirigidas hacia el norte. Entonces, de acuerdo a Antón (2016) la delimitación de las zonas costeras adecuadas es fundamental para el uso de armaduras compuestas de elementos de geotextil repletos de arena como obras de protección costera, los cuales serán de mucha ayuda para contrarrestar la fuerza del mar y proveer la conservación de la playa; considerando de esta manera al material una forma innovativa y no perjudicial al medio ambiente, siendo también una solución viable y económica.

VI. CONCLUSIONES:

1. El desarrollo del presente proyecto de investigación teniendo en cuenta las cartas topográficas, y los análisis hidrológico e hidráulico, podemos decir que la playa se encuentra en un estado de deterioro menor en comparación con los otros balnearios. La acción de la erosión del oleaje se ve incrementada por la estructura del puerto de Salaverry al encontrarse más alejada de la interrupción del transporte de sedimento, siendo ésta la receptora de las erosiones ocasionadas en los tramos comprendidos desde Salaverry. Los perfiles de la playa son de tipología disipativa con presencia de perfiles suaves, lo cual amortigua el oleaje, al tener más espacio para disipar la energía. A través de la batimetría realizada en la zona la cual ha sido referenciada podemos decir que el entorno submarino tiene presencia de finos o fango en cantidades elevadas, lo cual hace imposible la extracción del sustrato arenoso.
2. La playa de Huanchaco en el tramo comprendido desde el Óvalo Papa Francisco ubicado en Huanchaco hasta el comienzo de la carretera Costanera, la cual presenta regresión costera es la seleccionada para proponer la actuación con geosintéticos por su erosión y por las actividades económicas que se realizan ahí, por ello se propone aplicar la técnica del uso de los geotextiles, la cual consiste en reforzar la pendiente de la playa, el material de relleno utilizado

es encapsulado y envuelto por una geobolsa con el fin de obtener un revestimiento flexible, teniendo en cuenta la interacción con el oleaje, por lo cual es necesario saber los horarios de mareas altas y bajas para poder trabajar en el horario respectivo.

3. En el estudio hidrológico se puede observar que la mayor precipitación anual fue la del año 2017, teniendo un valor de 83.20 mm, posteriormente se puede apreciar en el Gráfico 1 que el valor máximo para cada periodo de retorno en años, es 93.03 siendo esta la precipitación máxima ocurrida en los últimos 10 años y el promedio de lluvias mensuales por año observado en la Tabla 2 es 2.01 mm, con precipitaciones máximas en los meses de Febrero y Marzo en comparación con el resto de meses, sabiendo que el Rio Moche y el Rio Santa son los que aportan caudales de lluvias al balneario de Huanchaco.
4. El estudio hidráulico se hizo mediante la oceanografía, la cual se referenció del expediente técnico realizado por el Gobierno Regional de la Libertad, el cual muestra a Huanchaco con perfil de playa de tipo disipativa, con presencia de finos y fangos según el estudio granulométrico realizado. Teniendo velocidades máximas de 0.29 m/s en flujo, 0.23 m/s en reflujo y 0.32 m/s en el fondo durante las corrientes. Además, las alturas de las olas oscilan entre 1 m y 2 m en pleamar.
5. La defensa costera será colocada a 200 m de distancia de la orilla, a una profundidad de 3.50 bajo el nivel del mar, compuesta por geobolsas de 5m de ancho, 20 m de largo y 1m de altura, las cuales serán llenadas a través de bancos de arena, mediante el método de dragado. El parámetro para la estabilidad contra el ataque de oleajes es de 0.879, siendo este menor a 1 y cumpliendo los parámetros establecidos y teniendo como corriente máxima 0.32 m/s en el fondo, ubicándose dentro del parámetro de la velocidad crítica del flujo de agua, la cual tiene que ser menor a 6,68 m/s, siendo estable contra las corrientes marinas.

VII. RECOMENDACIONES:

1. Es recomendable utilizar las estructuras de las defensas blandas con geosintéticos, ya que antes de hacer un diseño de cualquier proyecto, se debe tener en cuenta el impacto ambiental que este puede causar al lugar y las ventajas y desventajas que este pueda traer posteriormente.
2. Por otro lado, el método de dragado es el más adecuado para el llenado de las geobolsas de la estructura ya que los bancos de arena se encuentran a 200 m de la orilla, lo cual es más favorable en cuanto a la ubicación de estas defensas.
3. Es recomendable utilizar la misma arena de la playa encontrada en los bancos en la distancia especificada; ya que, al usar otro tipo de arena, como por ejemplo aquellas provenientes de las canteras, éstas tendrán otras especificaciones, por lo cual se deberá usar otro tipo de geosintético el cual se adapte a sus condiciones.
4. Se recomienda un monitoreo constante del estado del geosintético que puede quedar expuesto y cuidar para que no sea deteriorado, caso contrario, generar una protección permanente.
5. Se propone realizar este procedimiento ya que las ventajas que ofrecen es que su construcción se ejecuta en menor tiempo posible si la comparamos con las obras de abrigo rígidas, por otro lado, representan una menor inversión y se integran al paisaje evitando un impacto negativo sobre el entorno y la pérdida de la naturalidad sin generar efecto de barrera para el paso de sedimentos para playas aledañas.

REFERENCIAS

1. ACE Geosynthetics. Construcción de Estructuras Marinas y Costeras, registro fotográfico.
Disponible en: <https://www.geoace.com/es/app/Construcci%C3%B3n-de-Estructuras-Marinas-y-Costeras/lists>
2. Aguilar Aguinaga, Daniel A. Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6935>
3. ANCORIM (Red Atlántica para la Gestión de los Riesgos Costeros). Soluciones alternativas para la protección de las costas. 2010. 21 pp.
4. Ander-Egg, Ezequiel. Aprender a investigar: Nociones Básicas para la investigación social. 1ra ed. Córdoba, Argentina: Brujas, 2011. 42-43 pp.
ISBN: 978-987-591-271-7
5. Andex del Norte. (2016). Soluciones con Geosintéticos: Geobolsas para Defensas Ribereñas, registro fotográfico.
Disponible en: <http://www.andex.com.pe/web/wp-content/uploads/2014/12/ANDEX-SOLUCIONES-CON-GEOSINTETICOS-GEOBOLSAS-PARA-DEFENSAS-RIBEREÑAS.pdf>
6. Anton Camacho, Ana Isabel. Lugares adecuados para la utilización de nuevos materiales y formas con geotextiles en la gestión integral de la zona litoral como protección ambiental. Tesis (Doctor). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
Disponible en: <http://oa.upm.es/39190/>
7. AxisIMA - Ingeniería y Medio Ambiente. Recuperación natural de playas - Parte I. 2017.
Disponible en: <http://axisima.com/recuperacion-natural-playas/>
8. Behar, Daniel S. Metodología de la Investigación. Editorial Shalom, 2008.
ISBN: 978-959-212-783-7

- Disponible en:
<http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>
9. Bezuijen, Adam; Vastenburg, Geosystems: Design Rules and Applications, 1st Edition. CRC Press, London, 2012. 164 pp.
ISBN: 9780367380670
Disponible en: <https://doi.org/10.1201/b13738>
 10. Cantré, Stefan. Geotextile tubes-analytical design aspects. Article in Geotextiles and Geomembranes, Vol. 20 (5): 305-319, October 2002.
Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0266-1144\(02\)00029-8](https://doi.org/10.1016/S0266-1144(02)00029-8)
 11. Castro, Anyelo. Erosiones del litoral costero de Trujillo originado por la construcción del molón retenedor de arena del terminal portuario de Salaverry. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4390>
 12. Chico Ramírez, Laura L. y Tapias Vargas, Yina M. Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera, caso de estudio: Estructuras en la línea de costa de Cartagena de Indias. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena, 2014.
Disponible en: <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/handle/11227/1362>
 13. Clark, J. Coastal Zone Management Handbook, 1st Edition. Lewis Publishers, London, 1995. 695 pp.
 14. Consorcio Internacional AC – INC. Regeneración del Borde Costero de los balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC): Estudios de Pre-Inversión, 2014-2015.
Disponible en: <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/acuatico/estudios.html>
 15. Díaz J.; Escobar O. y Olivo E. Aplicación de los Geosintéticos en la estructura de los Pavimentos y en Obras de Drenaje para carreteras. Trabajo de

Graduación (Ingenierio Civil). San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador, 2009. 35-345 pp.

Disponible en:

http://ri.ues.edu.sv/2100/1/Aplicacion_de_los_geosintéticos_en_la_estructura_de_los_pavimentos_y_en_obras_de_drenaje_para_carreteras.pdf

16. Enríquez Agós, Francisco y Berenguer Pérez, José M. Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 1986.

Disponible en: <http://catalogo.rebiun.org/rebiun/record/Rebiun07919923>

ISBN: 84-398-7327-1

17. European Commission. Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability by Doody P. [et al.]. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004.

Disponible en: http://www.euroseion.org/project/euroseion_en.pdf

ISBN: 92-894-7496-3

18. Evaluating Flood Resilience Strategies for Coastal Megacities by Aerts, J. [et al.]. Science, Vol. 344: 473-475, May 2014.

Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/344/6183/473>

19. Goldberg, Edward D. Coastal zone space – Prelude to conflict? UNESCO. Paris, France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1994. 1-138 pp.

Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000097028>

ISBN: 92-3-102953-3

20. González Avilés, Raúl. Estudio de obra de protección costera. Caso México. Tesis (Maestría en Ingeniería). Morelos, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.

Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/84521>

21. González, Luis M.; Cruz, Luis D. y Gómez, Juan A. Vulnerabilidad de las playas arenosas del Caribe de Panamá a la elevación en el nivel del mar. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Vol. 51 (2): 187-191, 2012.

22. Guo, Wei; Chu, Jian; Yan, Shuwang; Nie, Wen. Geosynthetic mattresses: Analytical Solution and verification. Article in Geotextiles and Geomembranes, Vol. 37: 74-80, April 2013.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2013.02.001>
23. Heeten, G.; Klomp maker, J.; Partridge, A. Design and construction of waterfront structures with special designed woven geotextiles. Copedec VIII, 93 pp, 2008.
24. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5ta ed. México D.F: McGraw-Hill, 2010. 93 pp.
ISBN: 978-607-15-0291-9
25. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6ta ed. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 600 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
26. Hinrichsen, D. Coastal Waters of the World: Trends, Threats and Strategies. Washington D.C., Island Press (1): 275 pp, 1998.
ISBN: 1-55963-382-4
27. Impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú por Padilla Ana [et al.]. Revista Científica: Universidad Nacional de Trujillo, Vol. 33 (2): 11-22, 2013.
Disponibile en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/552>
28. IMFIA. Evaluación de la aplicación de contenedores geotextiles a los materiales de dragado de la Bahía de Montevideo. Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental. Montevideo. 2014.
Disponibile en: http://www.comprasestatales.gub.uy/Aclaraciones/aclar_llamado_i200895_21.pdf
29. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Mapa de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas. Primera

Etapa del Programa de Ciudades Sostenibles. Instituto de Investigación en Desastres y Medio Ambiente (IIDMA). Trujillo, Julio 2002.

Disponible en:
http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_La_Libertad/trujillo/trujillo_mp.pdf

30. INTECSA – INARSA Y Oficina de Ingeniería y Servicios Técnicos (OIST). Asesoramiento y Control de la Reposición del Borde Costero en los balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2011.

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/259735010/INTECSA-INARSA-Memoria-Asesoramiento-y-Control-de-la-Reposicion-del-Borde-Costero-en-los-Balnearios-de-Las-Delicias-Buenos-Aires-y-Huanchaco-Contrat>

31. Juanes, José L. La erosión en las playas de Cuba – Alternativas para su control. Tesis de Grado Científico (Doctorado en Ciencias Geográficas). La Habana, Cuba: Instituto de Oceanología, 1996. 175 pp.

32. Koerner, Robert M. Emerging and Future Developments of Select Geosynthetic Applications. Article in Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 126(4), April 2000.

Disponible en: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2000\)126:4\(293\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2000)126:4(293))

33. Koerner, George R.; Koerner, Robert M. Geotextile tube assessment using a hanging bag test. Article in Geotextiles and Geomembranes Vol. 24(2): 129-137, April 2006.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2005.02.006>

34. Komar, P. D. Coastal processes and the susceptibilities of properties to erosion. Bordeaux, France: Proceeding International Conference “Coastal Change 1995” Bordemer – IOC, 1995. 183-200 pp.

35. Medina, J.; Tintoré, J. y Duarte, C. Las praderas de Posidonia Oceánica y la regeneración de playas. Revista de Obras Públicas (3409): 31-43, Abril 2001.

Disponible en: <https://uicnmed.org/bibliotecavirtualposidonia/wp-content/uploads/2014/05/Las-praderas-marinas-y-la-regeneracion-de-playas.pdf>

36. Merlotto, A.; Bértola, G. y Piccolo M. Riesgo a la erosión en las ciudades de Necochea y Quequén, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Contribuciones Científicas GÆA*, Vol. 23: 151-158, 2011.
Disponible en: <http://www.gaea.org.ar/15.GAEA23-Merlotto.pdf>
ISSN: 0328-3194
37. Nordstrom, Karl F. *Erosion Control Strategies for Bay and Estuarine Beaches*. *Coastal Management*, Vol. 17 (1): 25-35, 1989.
38. Ojeda Zújar, José. Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (30): 103-118, 2000.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/73717>
39. Ovalle Collazos, José A. *Aplicación de obras de defensa blandas para la protección de la costa catalana*. Tesis (Máster). Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2012.
Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/18436>
40. Palella Stracuzzi, Santa y Martins Pestana, Feliberto. *Metodología de la investigación*. 3era ed. Caracas: Editorial Fedupel, 2012.
ISBN: 980-273-445-4
41. Pardo Pascual, Josep E. *La erosión antrópica en el litoral valenciano*. Valencia: Editorial Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Publiques, Urbanisme i Transports, 1991.
42. Parente Maia, Luis. *Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de la fortaleza (Ne-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada del litoral*. Tesis (Doctorado). Barcelona, España: Universidad de Barcelona, 1998.
Disponible en: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40>
43. Ramírez Chumacero, Alejandro. *Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en Colán - Piura*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú: Universidad de Piura, 2017.
Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3060>
44. Sánchez, H. y Reyes, C. *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima, Perú: Editorial Bussines Suport, 2015.

45. Small, C. & Nicholls, R. J. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. *Journal of Coastal Research*, Vol. 19 (39): 584-599, Summer 2003.
 Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/4299200>
46. Sneadaker, S. C. & Getter, C. D. Coastal Resources Management Guidelines. Coastal Management Publication N°2. Columbia, South Carolina: Research Planing Institute, Inc., 1985.
47. Sheehan, C.; Harrington, Joseph R. An envorimental and economic analysis for geotube coastal structures retaining drege material. Article in *Resorces, Conservation and Recycling*, Vol. 61: 91-102, April 2012
 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.011>
48. Suárez Díaz, Jaime. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga – Colombia: Insituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Julio 1998.
 Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
49. Tristán, E. (2000): El problema de la erosión de las costas de Cuba en el marco del desarrollo sostenible. Trabajo para defender el examen de mínimo. 17 pp. (Informe inédito)
50. U.S. Army Corps of Engineers. Coastal Engineering Manual (CEM), Engineering Manual 1110-2-1100. Washington D.C., EE. UU., 6 Vol., 2002.
51. Viciania Martínez-Lage, Alfonso. La erosión antrópica en las acumulaciones sedimentarias del litoral almeriense (1957-1995). Tesis (Doctorado). España: Universidad de Granada, 1998.
 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=130113>
52. Viles, H. & Spencer, T. Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast. London, Edward Arnold: 350 pp., 1995.
53. Vittal Hedge, Arkal. Coastal erosion and mitigation methods – Global state of art. *Indian Journal of Geo-Marine Science*, Vol. 39 (4): 521-530, Diciembre 2010.
 Disponible en: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/10799/1/IJMS%2039%284%29%20521-530.pdf>

ANEXOS:

Anexo 1: Matriz de operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Defensas blandas	Las defensas blandas han ayudado a la regeneración de las playas generando intereses debido a su capacidad para aportar protección como la depuración del agua y la normalidad de las funciones como el ocio. (Enriquez y Berenguer, 1986)	Para la evaluación de la defensa blanda se tomara en cuenta estudios de topografía de la zona afectada, estudios hidrológicos e hidráulicos.	Perfiles longitudinales	Cartas topograficas (m)	Cuantitativa de razón
				Pendiente (%)	
			Estudios hidrológicos	Precipitaciones mensuales y anuales (m ³ /s)	Cuantitativa continua
				Caudales con periodos de retorno (m ³ /s)	
			Estudios hidráulicos	Altura de ola (m)	Cuantitativa continua
				Periodo de ola (s)	
			Estudios estructurales	Dimensiones (m)	Cuantitativa de razón
				Volumen (m ³)	
				Resistencia (Tn)	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

Tabla 10: Instrumentos y Validaciones

Etapas de la investigación	Instrumentos	Validación
Topografía	Cartas topográficas	Instituto geográfico nacional
Estudio de Suelos	Ensayo de laboratorio	Normas ASTM
Estudios Hidrodógicos	Ficha de recolección de datos	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación
Geo-sintéticos	Especificaciones técnicas	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3



Trujillo, 10 de julio del 2020

SOLICITUD N° 501-2020/PAIC-FIA-UCV

Señor(a):
ESTAY GARCÍA CASTILLO
ALCALDE
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUANCHACO
HUANCHACO – TRUJILLO – LA LIBERTAD

Trujillo.-

De mi consideración:

Por intermedio del presente, es grato dirigirme a usted a fin de saludarle a nombre del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, con RUC: 20164113532, con dirección en la Av. Larco N° 1770 Urb. Las Flores Distrito y Provincia de Trujillo departamento de la Libertad y a la vez presentar a los alumnos: **LIÑAN MORALES ALESSANDRA DESSIRE** y **SANDOVAL BENITES JEAN PAOLO RENZO** estudiantes del **X** ciclo del Programa Académico de **INGENIERIA CIVIL**, de esta Universidad.

Los estudiantes en mención, necesitan acceder a los datos de estudios de mecánica de suelos y datos de levantamiento topográfico del área de gerencia de obras de la Municipalidad Distrital de Huanchaco para el desarrollo de su proyecto de tesis titulada: **“Evaluación de defensas blandas para el control de la erosión en el balneario de Huanchaco – Trujillo”**, en este sentido recorro a usted a fin de solicitarle las facilidades necesarias para que los alumnos en mención tengan el acceso a dichos estudios.

Seguro de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi consideración y estima personal.

Atentamente



Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde
Director
EP de Ingeniería Civil

C.C. File
ATW/mraa

Anexo 4: Estudios oceanográficos

Figura 3: Evolución de la línea de la costa 1987



Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 4: Evolución de la línea de la costa 2000



Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 5: Evolución de la línea de la costa 2019



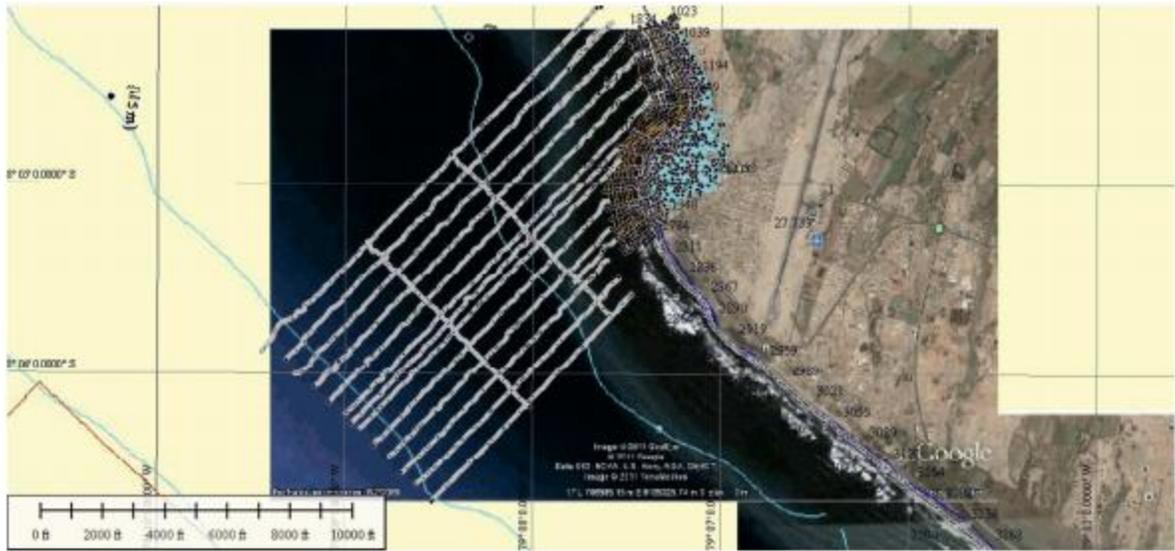
Fuente: Google Earth Pro

Figura 6: Cursos de agua canalizados



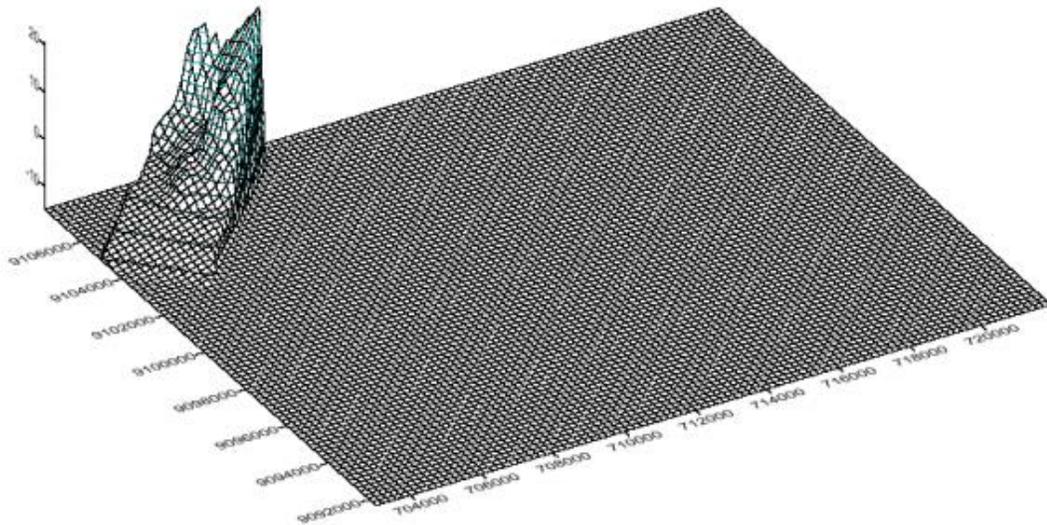
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 8: Zona de dónde se obtuvieron los datos del balneario de Huanchaco



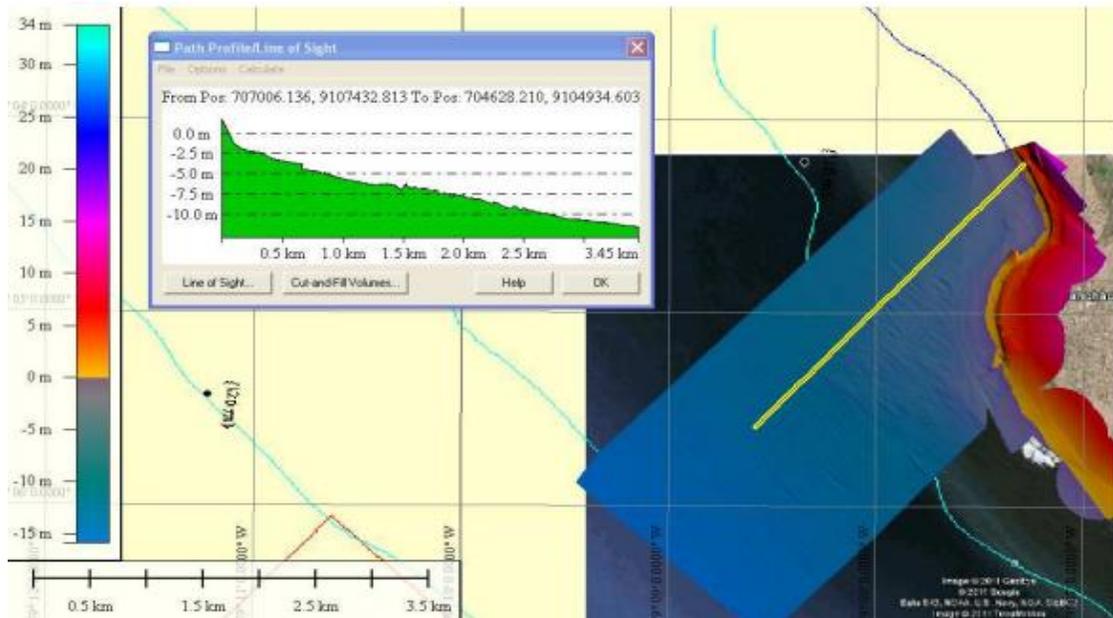
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 9: Representación gráfica en 3D de la topo-batimetría de la playa de Huanchaco



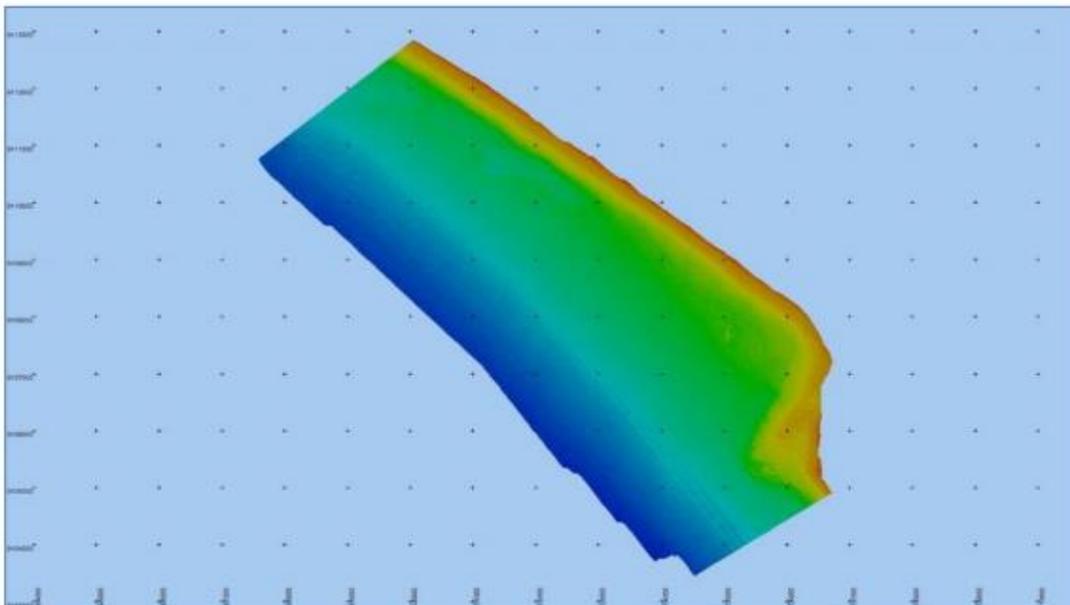
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 10: Perfil realizado sobre la topo-batimetría de la playa de Huanchaco



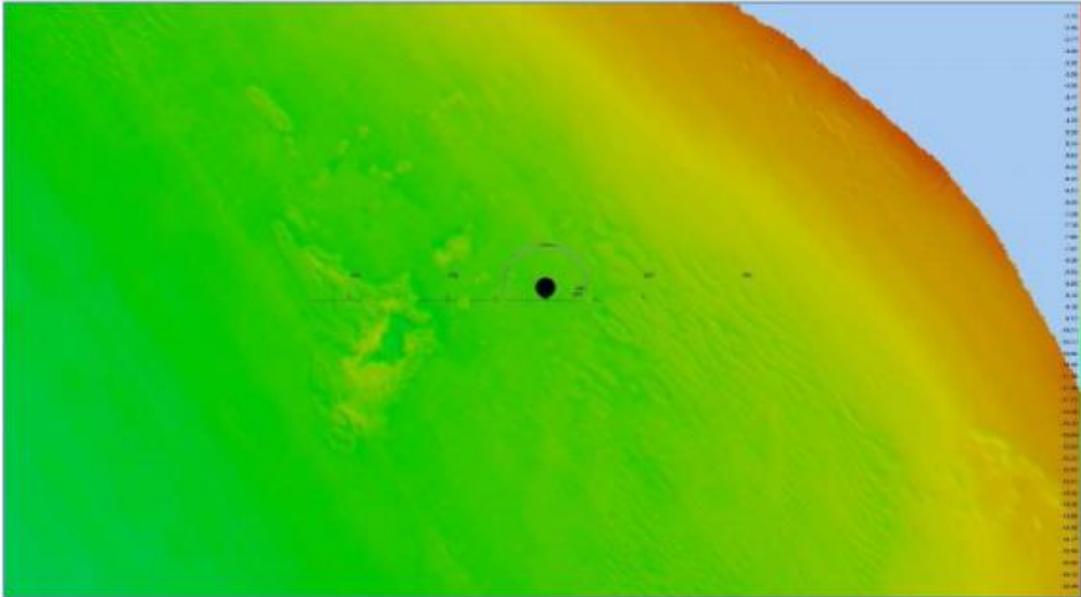
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 11: Modelo del balneario de Huanchaco en 2D



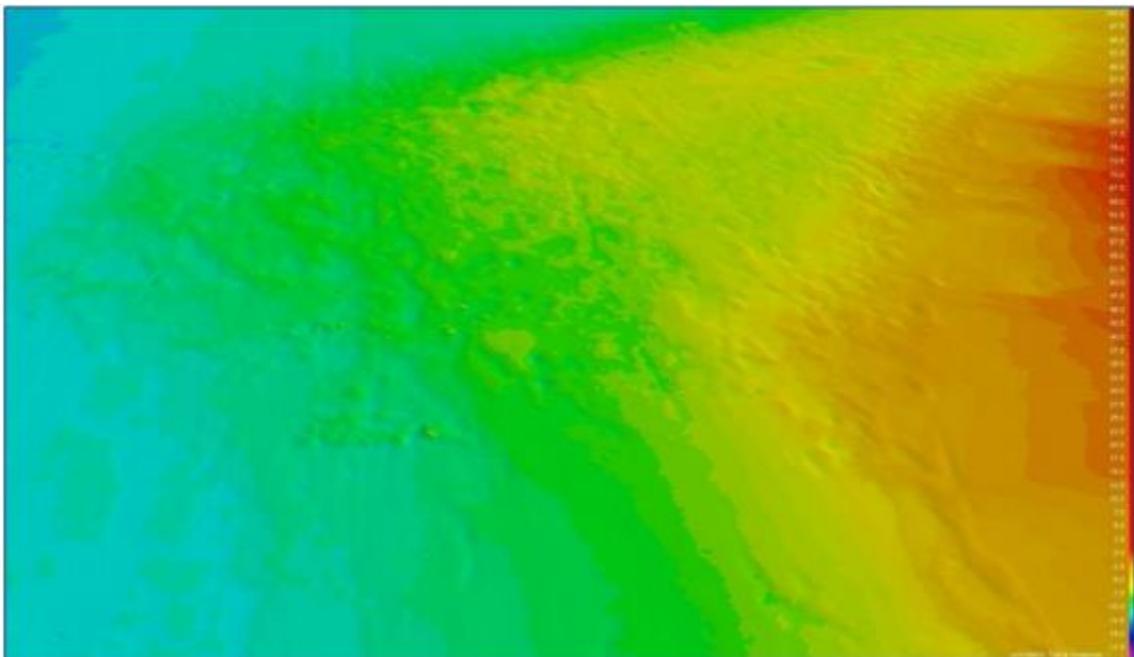
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 12: Detalles de irregularidades sobre el fondo y ondas



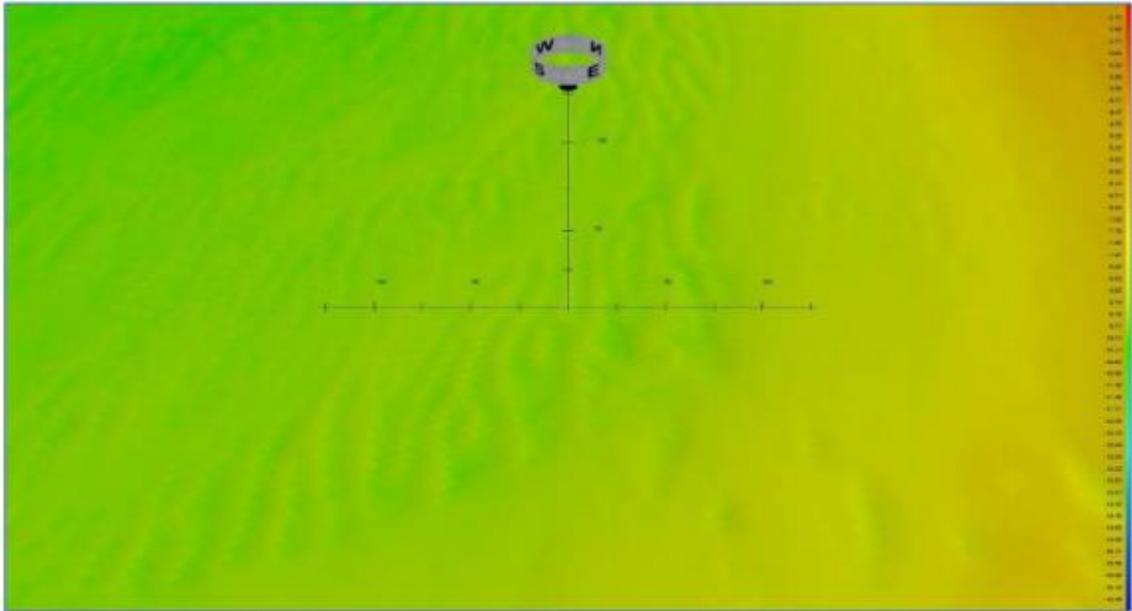
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 13: Detalles de irregularidades sobre el fondo y ondas



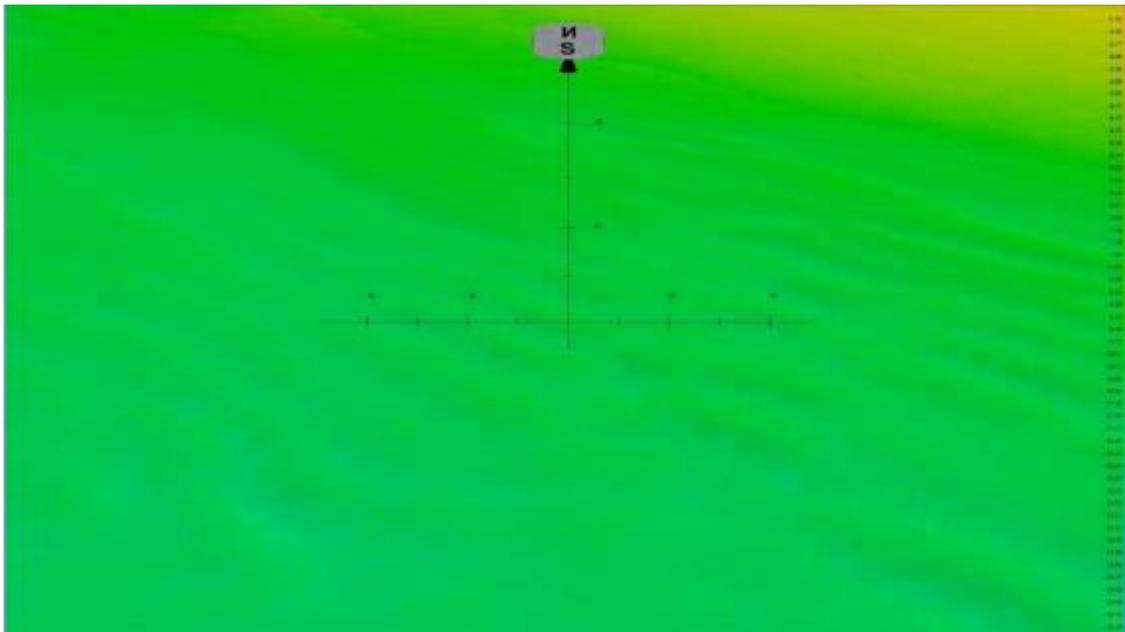
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 14: Detalle de irregularidades sobre el fondo



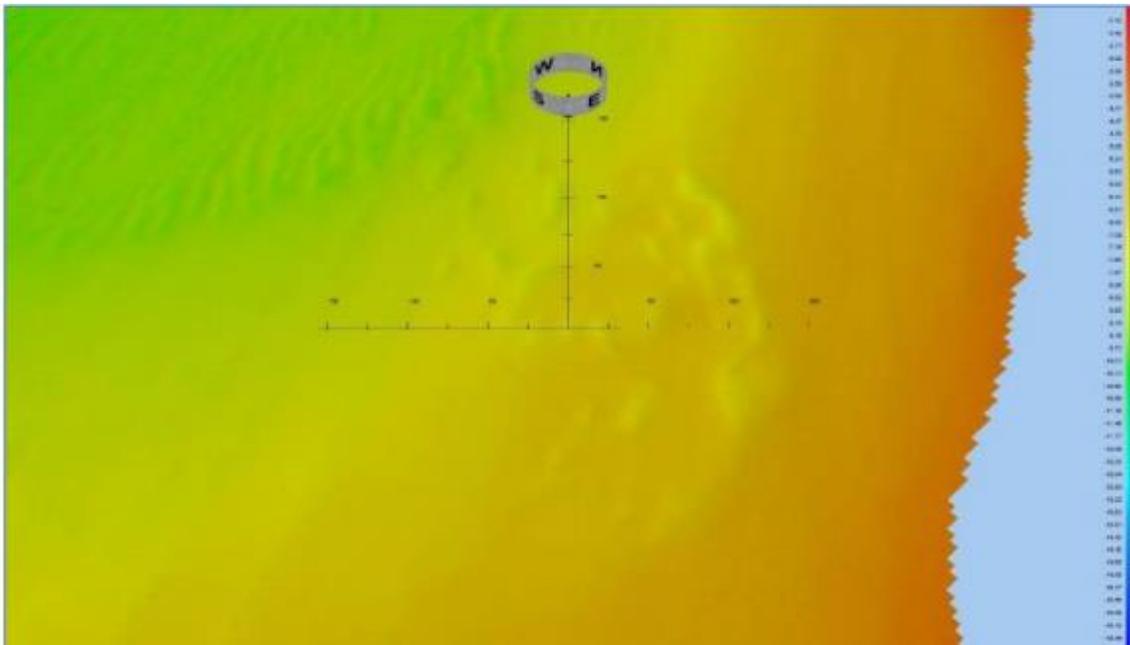
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 15: Detalle de ondas



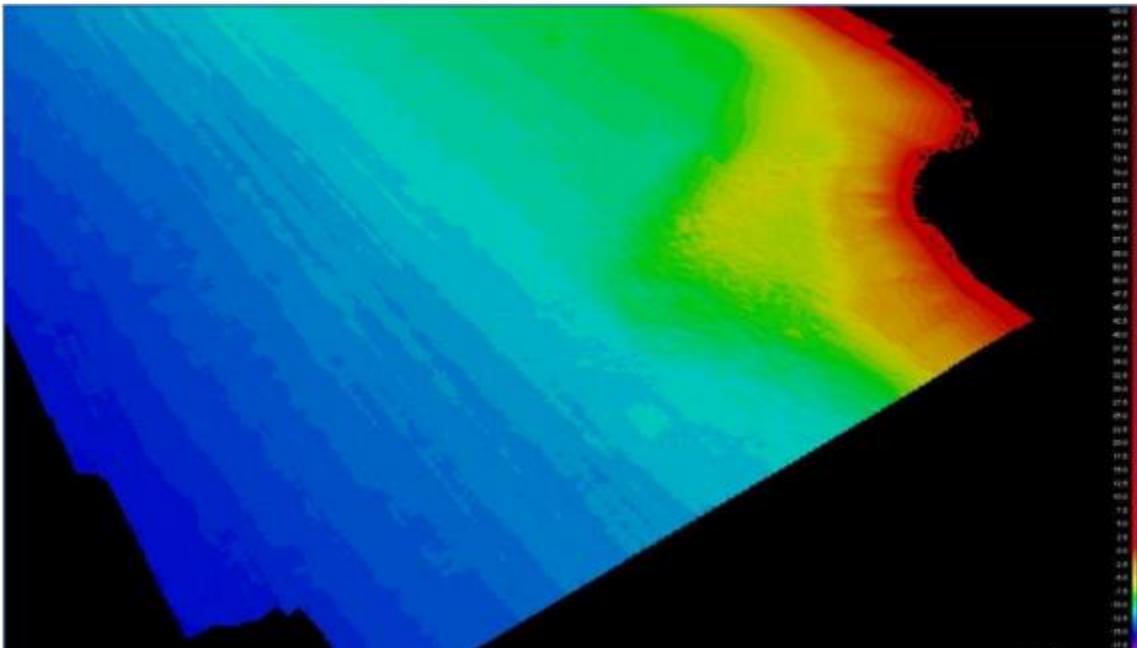
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 16: Detalle de ondas



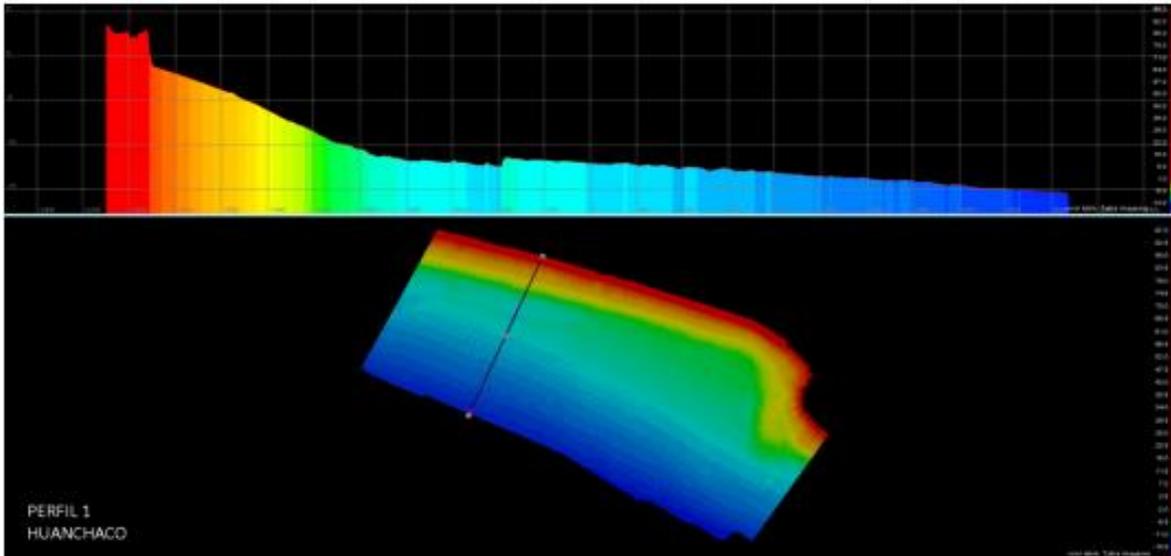
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 17: Modelo digital del terreno del balneario de Huanchaco



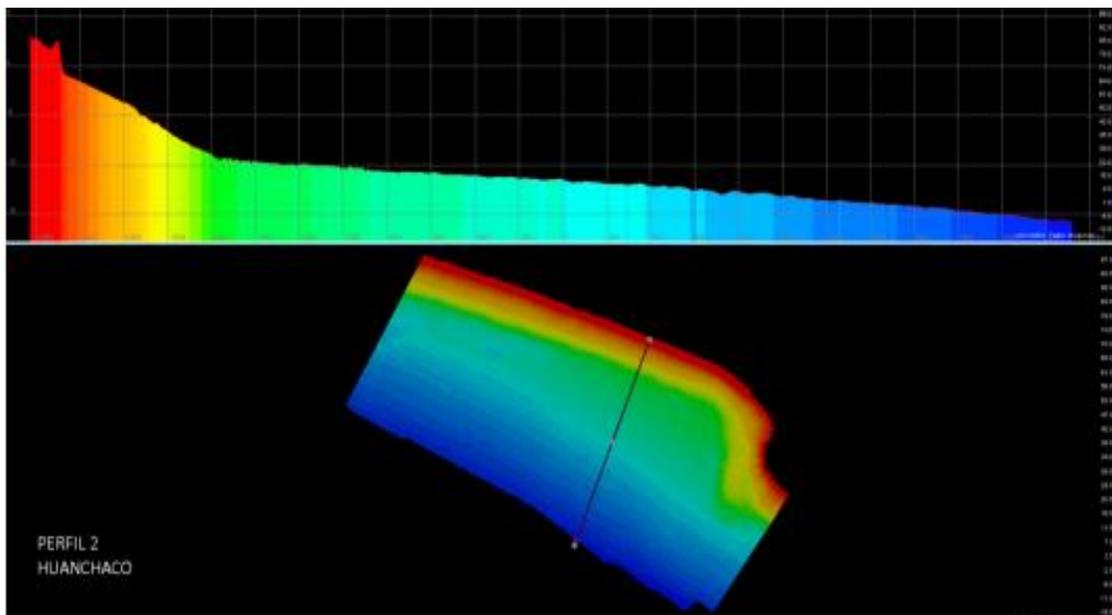
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 18: Perfil norte del balneario de Huanchaco



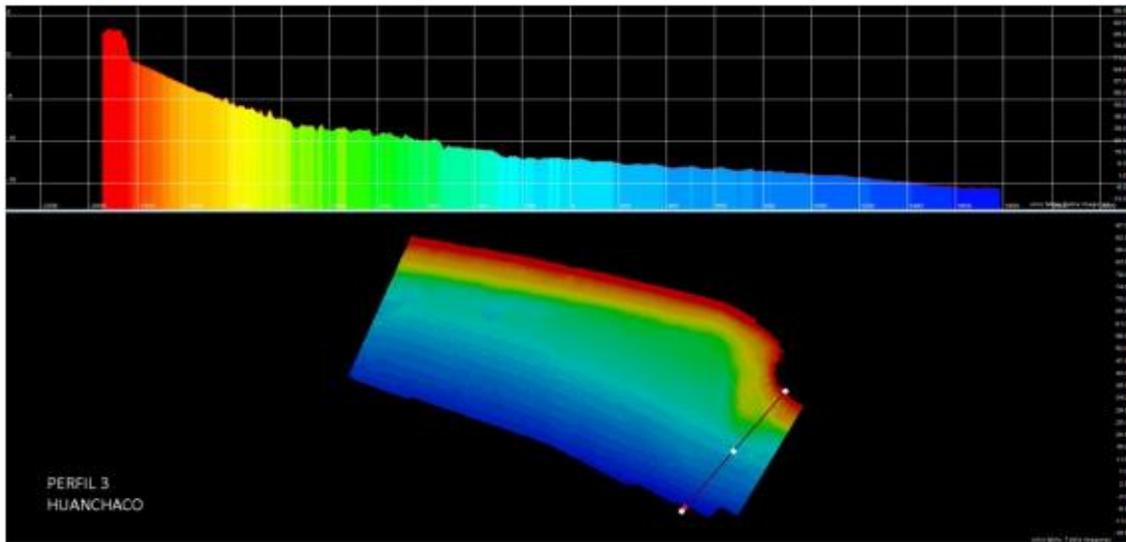
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 19: Perfil central del balneario de Huanchaco



Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 20: Perfil sur del balneario de Huanchaco



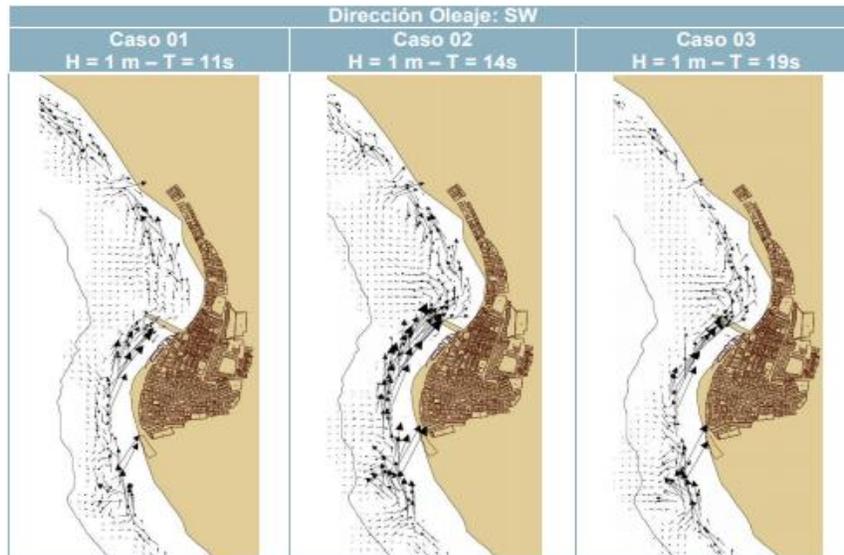
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Tabla 11: Serie de tamices ASTM y clasificación de sedimentos según escala Wentworth

Nº DE TAMIZ	PASO DE MALLA (mm)	ESCALA WENTWORTH
4	63.5	Grava muy gruesa
10	2	Grava muy fina
18	1	Arena muy gruesa
25	0.71	Arena gruesa
35	0.5	Arena mediana
40	0.42	Arena mediana
60	0.25	Arena fina
80	0.177	Arena fina
120	0.125	Arena muy fina
200	0.074	Arena muy fina
230	< 0.063	Fango

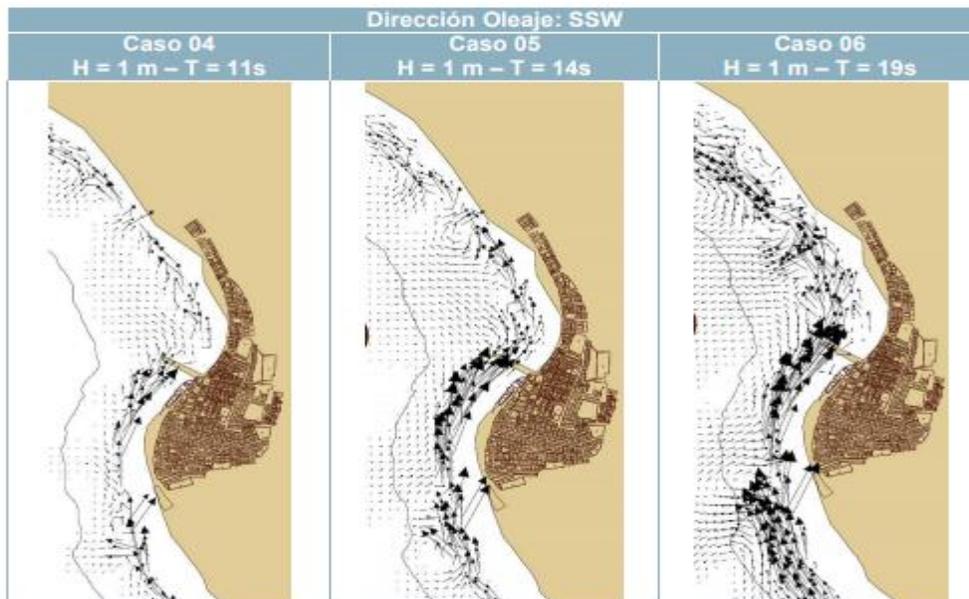
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 21: Intensificación de las corrientes de ola en dirección SurOeste en el balneario de Huanchaco



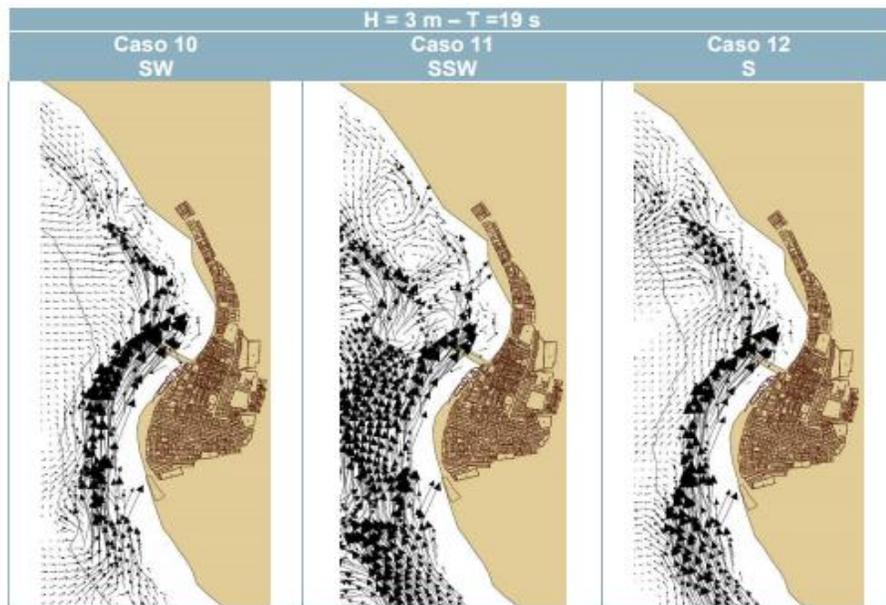
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 22: Intensificación de las corrientes de ola en dirección Sur-Suroeste en el balneario de Huanchaco



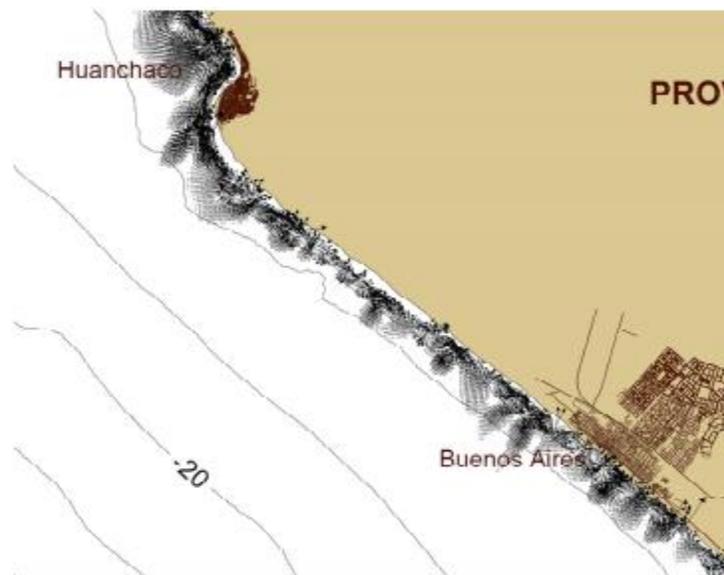
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 23: Intensificación de las corrientes de ola en el balneario de Huanchaco



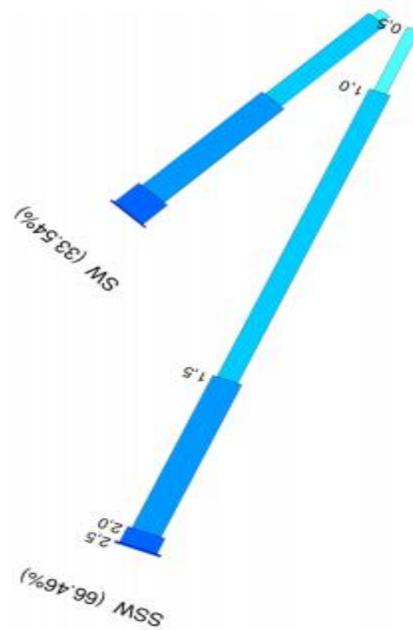
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 24: Esquema de corrientes con presencia de remolinos



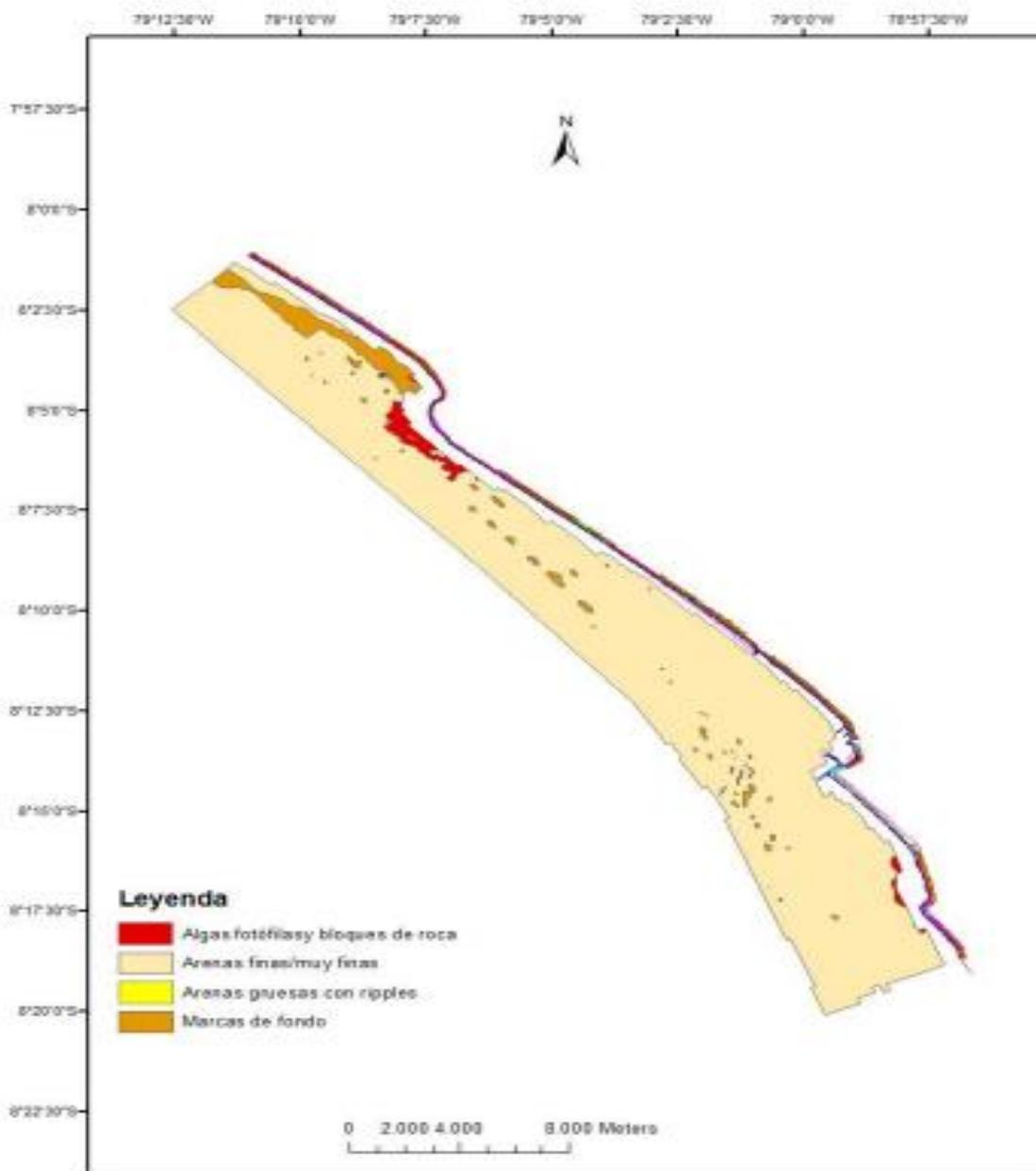
Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 25: Rosa de oleaje propagado hasta la ubicación frente a Huanchaco



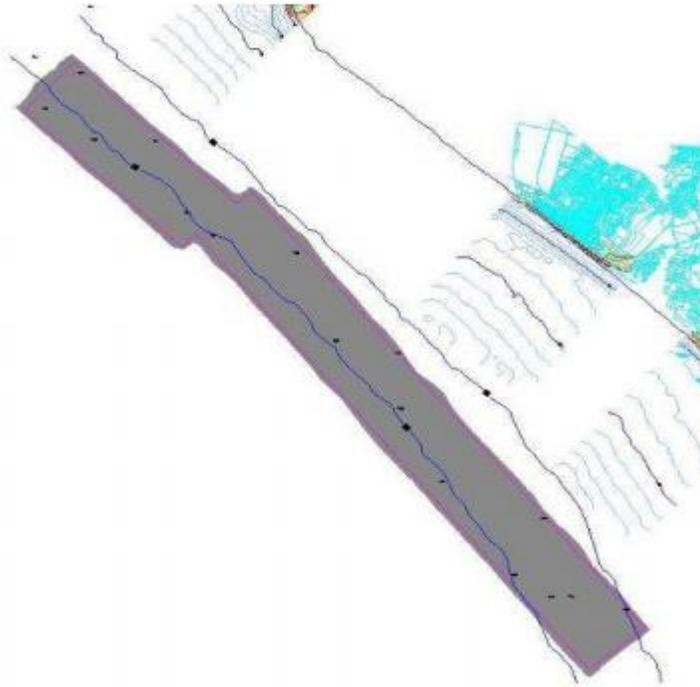
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 26: Geomorfología de la zona de estudio



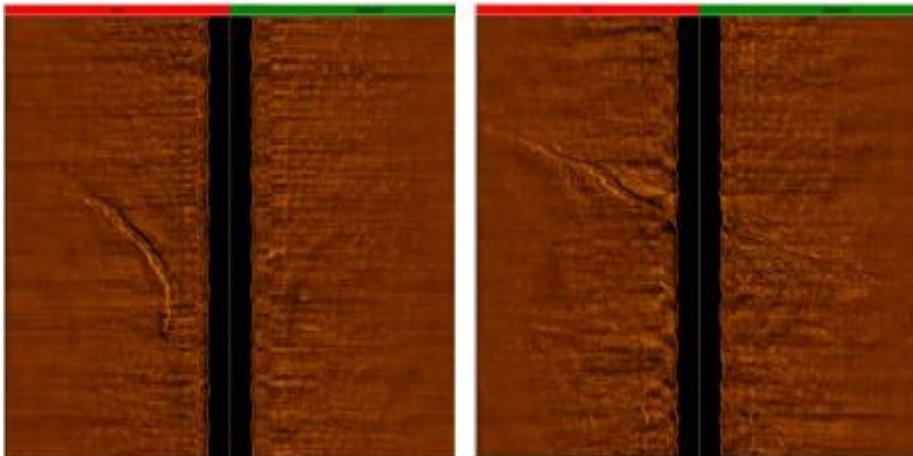
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 27: Plano morfológico con presencia de fango en el balneario de Huanchaco



Fuente: Expediente técnico “Reposición del Borde Costero en los Balnearios de Las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco “- Intecsa e Inarsa

Figura 28: Marcas de fondo de origen antrópico con sedimentos de arenas finas / muy finas



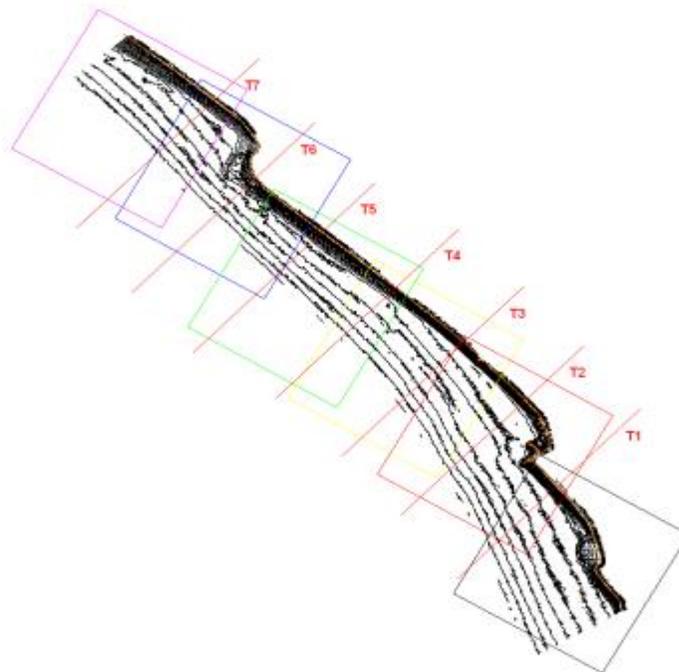
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 29: Marcas de fondo de origen natural con sedimento de arenas finas / muy finas



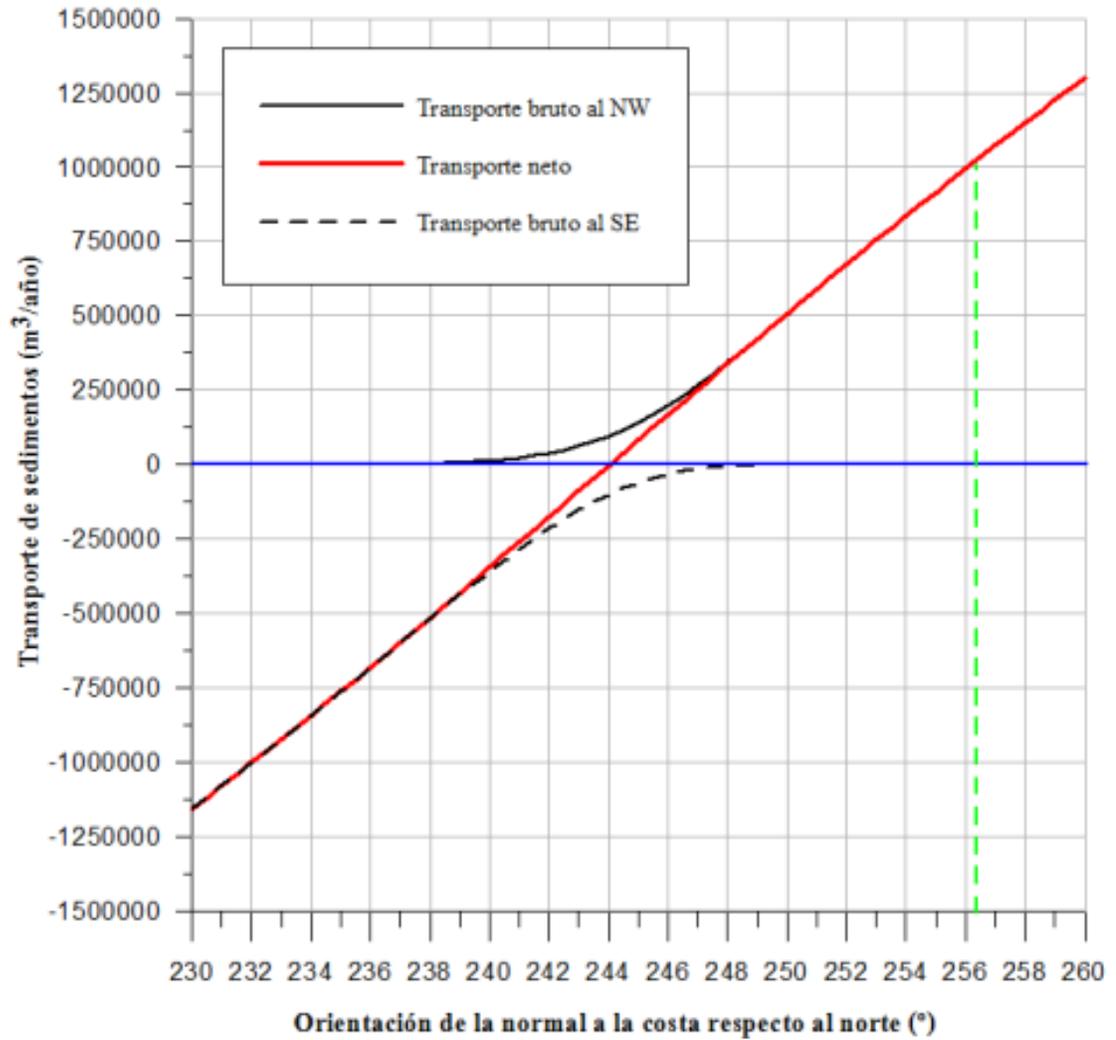
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 30: Secciones de control



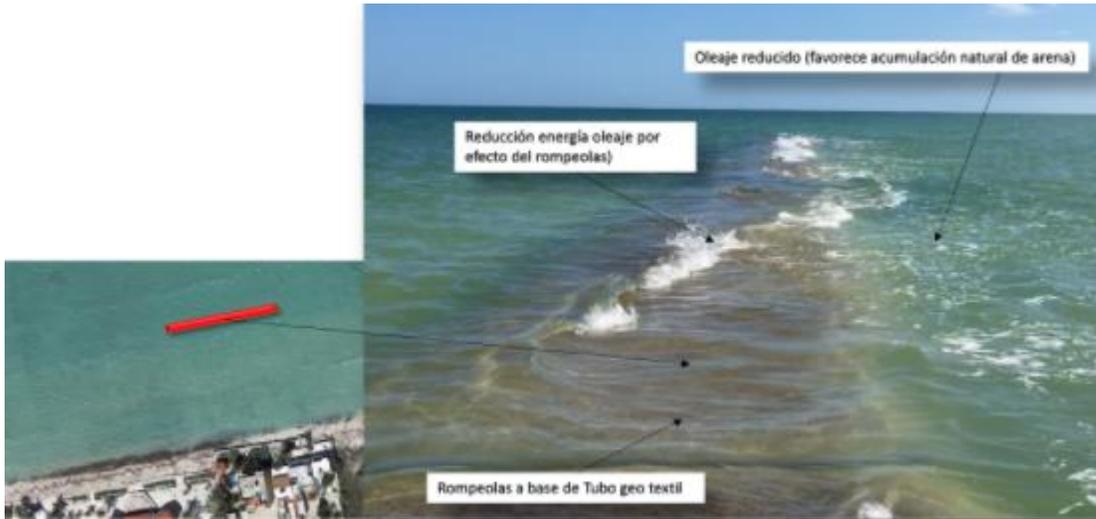
Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 31: Tasas de transporte de sedimentos frente a Huanchaco



Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Figura 32: Rompeolas sumergido como disipador de energía del oleaje



Fuente: Axisima – Ingeniería y Medio Ambiente

Figura 33: Aspecto playa Teresiano 2011



Fuente: AxisIMA – Ingeniería y Medio Ambiente

Figura 34: Aspecto playa Teresiano tras colocar rompeolas



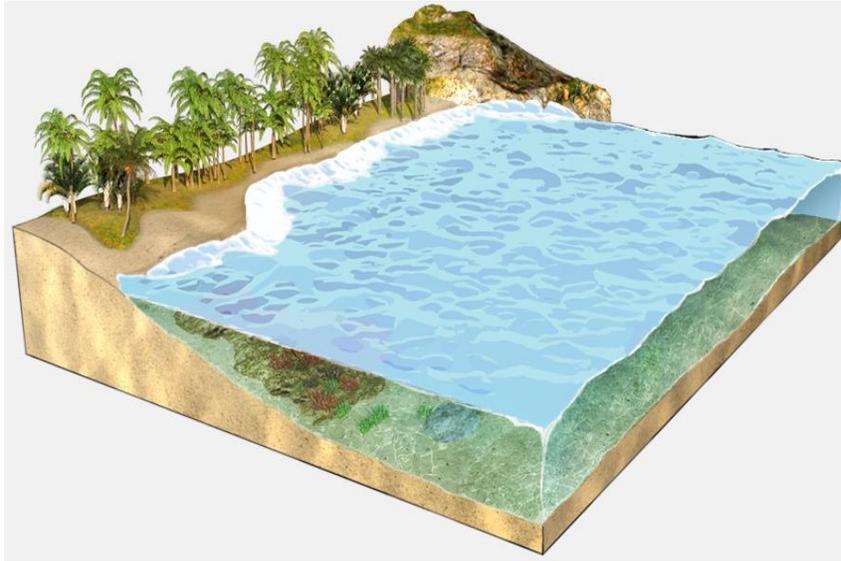
Fuente: AxisIMA – Ingeniería y Medio Ambiente

Figura 35: Playa Teresiano después de 1 mes de colocación de rompeolas



Fuente: AxisIMA – Ingeniería y Medio Ambiente

Figura 36: Simulación de la erosión en el borde costero



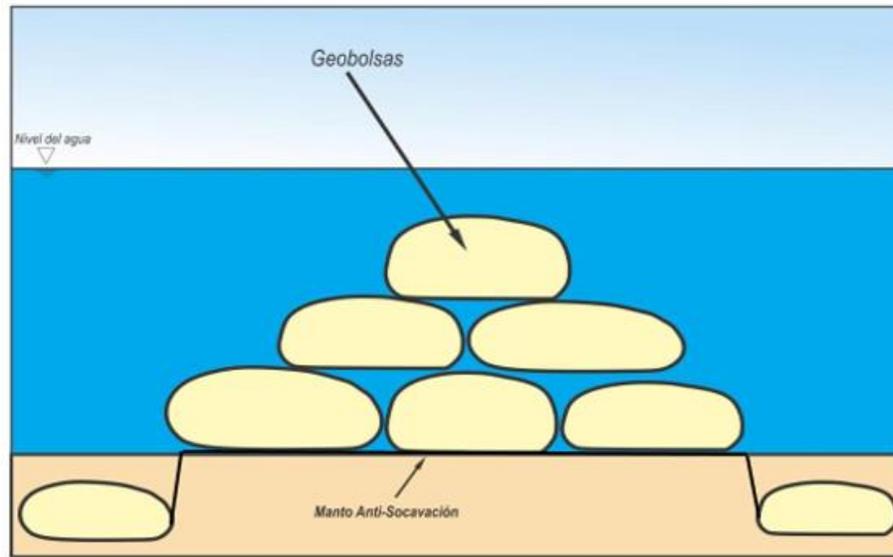
Fuente: ACE Geosynthetics

Figura 37: Aplicación del MRA y recuperación del borde costero



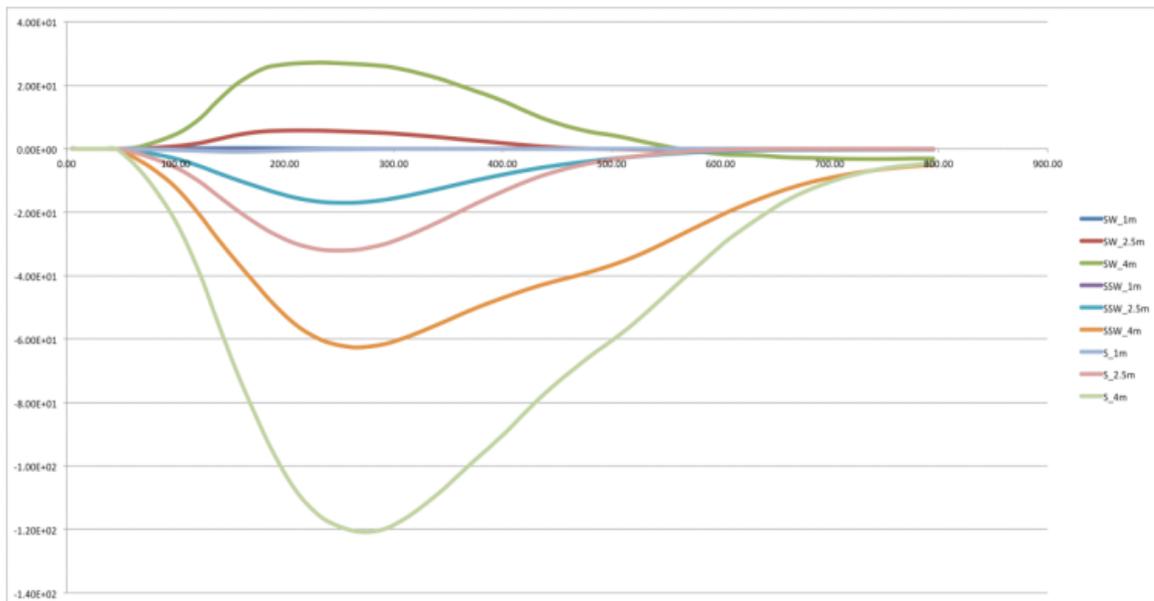
Fuente: ACE Geosynthetics

Figura 38: Sección transversal de espigón de Geobolsas



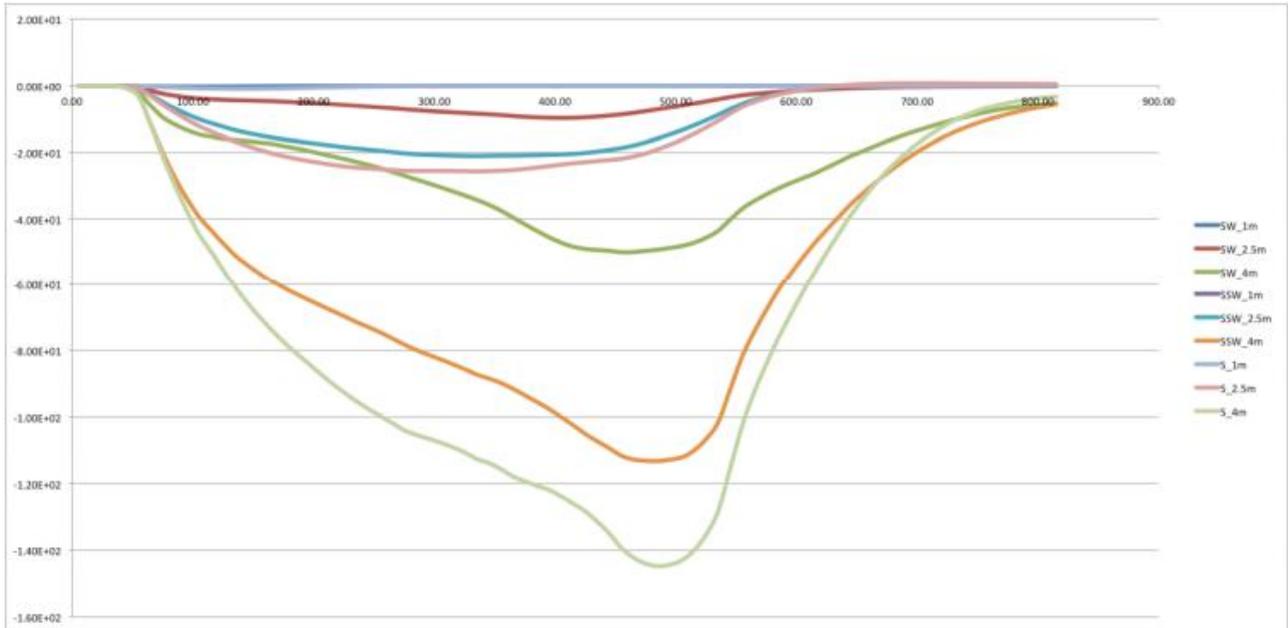
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3: Tasas de transporte de sedimentos en la sección T5



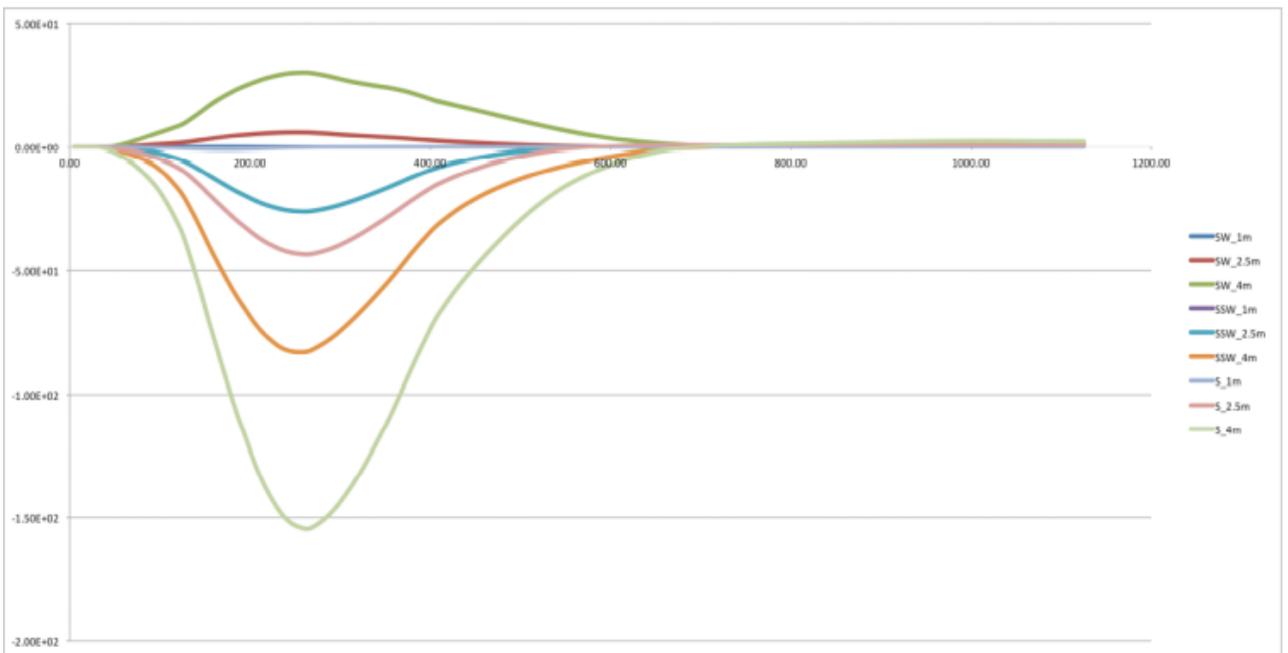
Fuente: Expediente técnico "Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco" - Consorcio Internacional AC-INC

Gráfico 4: Tasas de transporte de sedimentos sección T6



Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

Gráfico 5: Tasa de transporte de sedimentos sección T7



Fuente: Expediente técnico “Regeneración del Borde Costero de los Balnearios de

ANEXO 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GEOBOLSAS

Fuente: Desarrollos Polytechnol Geosintético

FICHA TÉCNICA



GEO-container GeoBAG



Material geosintético constituido por poliéster 100% de alta tenacidad, resistente a rayos UV, agua salada, cambios bruscos de temperatura y a otros ambientes agresivos. Disponible en dos colores: blanco y gris.

Ámbito de aplicación: en infraestructuras hidráulicas (presas, diques, embalses, canales, carreteras, islas artificiales, muelles, vertederos de residuos sólidos y líquidos, etc.), refuerzo y protección contra la erosión de la línea costera, de playas, de las orillas de los ríos, estanques, pantanos, áreas inundadas, etc., restauración de tramos derrumbados de los fosos marinos.

Nuestro producto está avalado por las siguientes normas:

Norma UNE EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256, EN 13257, EN 13265.

Funciones:



CARACTERÍSTICAS		MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Resistencia a la tracción	MD	UNE EN ISO 10319	kN/m	94,3 ± 4,3
	CD			115,2 ± 4,5
Alargamiento a la rotura (ϵ_{max})	MD	UNE EN ISO 10319	%	12,4 ± 0,7
	CD			10,9 ± 0,7
Perforación dinámica (D_c)		UNE EN ISO 13433	mm	9,6 ± 1,5
Perforación estática CBR		UNE EN ISO 12236		
Resistencia a la perforación estática			kN	9,00 ± 0,38
Hundimiento a la perforación			mm	54 ± 2
Tamaño de abertura		UNE EN ISO 12956	µm	< 20
Permeabilidad perpendicular al plano		UNE EN ISO 11058	mm/s	6,3 ± 0,3
Permeabilidad en el plano		UNE EN ISO 12958	l/m·s	
MD (longitudinal y presiones 20 kPa, 100 kPa, 200 kPa)				0,008 +0,012/-0,008
gradiente $i=0,1$ $q_{20/0,1}$				0,029 ± 0,028
gradiente $i=1$ $q_{20/1}$				
CD (transversal y presiones 20 kPa, 100 kPa, 200 kPa)				0,003 +0,004/-0,003
gradiente $i=0,1$ $q_{20/0,1}$				0,009 ± 0,007
gradiente $i=1$ $q_{20/1}$				
Eficacia de la protección		UNE EN ISO 13719	%	
Deformación local a P=1200 kPa				3,4
Deformación local a P=600 kPa				2,3
Deformación local a P=300 kPa				0,9
Durabilidad		UNE EN ISO 12224 UNE EN ISO 12447		A recubrir en el día de la instalación. Durabilidad prevista durante 50 años en suelos naturales con $4 \leq pH \leq 9$ y una temperatura ≤ 25 °C.
Sustancias peligrosas:				
No contiene, o en su caso, menor a los requisitos especificados en la legislación nacional en vigor de los Estados Miembros de la UE.				

VENTAJAS

Facilidad de transporte
Relleno con material existente in situ
Reduce costes

FACIL INSTALACION

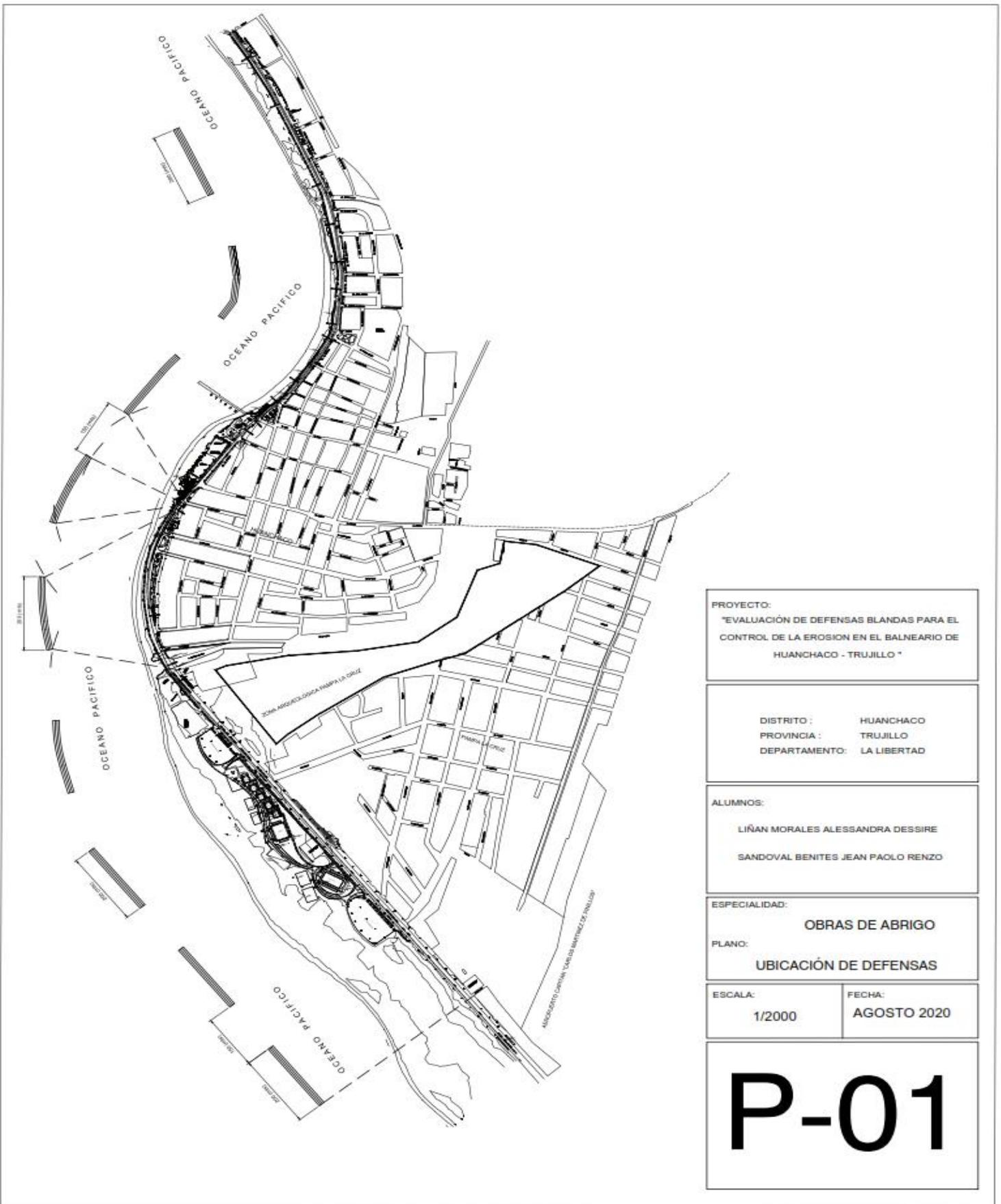
Fácil de instalar



las Delicias, Buenos Aires y Huanchaco” - Consorcio Internacional AC-INC

ANEXO 6

UBICACIÓN DE LA DEFENSA BLANDA



PROYECTO:
 "EVALUACIÓN DE DEFENSAS BLANDAS PARA EL
 CONTROL DE LA EROSION EN EL BALNEARIO DE
 HUANCHACO - TRUJILLO "

DISTRITO : HUANCHACO
 PROVINCIA : TRUJILLO
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ALUMNOS:
 LIÑAN MORALES ALESSANDRA DESSIRE
 SANDOVAL BENITES JEAN PAOLO RENZO

ESPECIALIDAD:
 OBRAS DE ABRIGO
 PLANO:
 UBICACIÓN DE DEFENSAS

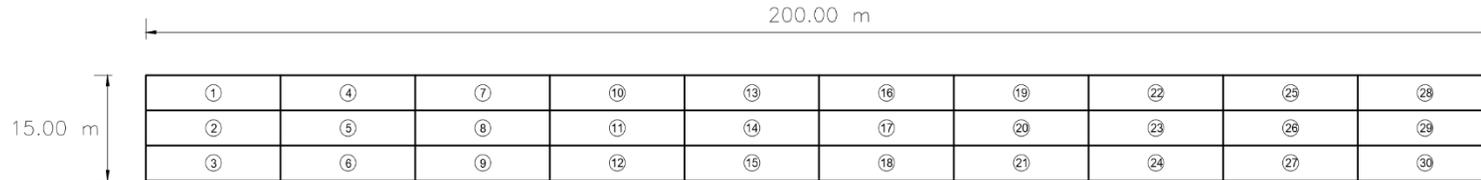
ESCALA:
 1/2000

FECHA:
 AGOSTO 2020

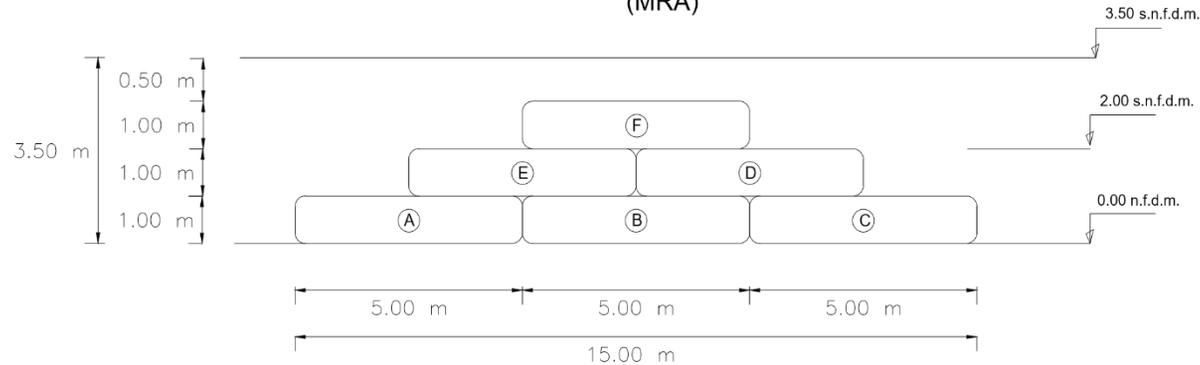
P-01

DETALLES Y ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA BLANDA

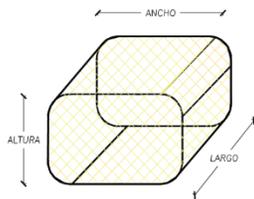
SECCIÓN LONGITUDINAL (MRA)



SECCIÓN TRANSVERSAL (MRA)



DETALLE DE GEOBOLSA



DIMENSIONES DE GEOTEXTIL				
TIPO	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	VOLUMEN (m ³)
GEOBOLSA	20.00	5.00	1.00	100.0

NOTAS

- La solución planteada responde a un esquema conceptual, para un correcto dimensionamiento es necesario contar con información topográfica, estudio de suelos y datos hidrológicos.
- El material de relleno para las geobolsas sera arenoso y puede tomarse del lugar de trabajo.
- Las geobolsas se aplicaran formando un talud, se estima 1:3.0H:1V.
- Se recomienda el uso de pavimentos flexibles y estructuras ligeras en las zonas adyacentes a la defensa costera.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PROPIEDAD ÍNDICE	METODO DE ENSAYO	VALOR MÍNIMO PROMEDIO
Mecánicas		
Resistencia a la Tensión Última		
MD	ASTM D4595	108.0 kN / m
XMD		108.0 kN / m
Resistencia al Rasgado Trapezoidal		
MD		> 1234 N
XMD	ASTM D4633	> 1234 N
Resistencia al Funcionamiento	ASTM D4833	> 1500 N
Hidráulicas		
Permisividad	ASTM D4491	< 0.009 s-1
Permeabilidad	ASTM D4491	< 0.0004 cm/s
Tasa de Flujo	ASTM D4491	< 25.1 l / min / m ²
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	< 0.0075 mm

PROYECTO:
"EVALUACIÓN DE DEFENSAS BLANDAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN EL BALNEARIO DE HUANCHACO - TRUJILLO"

DISTRITO : HUANCHACO
PROVINCIA : TRUJILLO
DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD

ALUMNOS:

LIÑAN MORALES ALESSANDRA DESSIRE
SANDOVAL BENITES JEAN PAOLO RENZO

ESPECIALIDAD:

OBRAS DE ABRIGO

PLANO:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ESTRUCTURA

ESCALA:

1/2000

FECHA:

AGOSTO 2020

P-02

ANEXO 7

Especificaciones técnicas de la draga de corte y succión tipo CSD 450



CUTTER SUCTION DREDGER 450

PICTURE OF SIMILAR VESSEL

GENERAL

Type	CSD 450
Basic functions	Capital mining and maintenance dredging

DREDGING FEATURES

Max. dredging depth	-12 m
Swing width	34.0 m (at max. dredging depth)
Max. mixture capacity	3,000 m ³ /h

DREDGE INSTALLATION

Dredge pump type	BP45-1100
Diameter suction/discharge pipe	450 mm
Spherical passage pump	210 mm
Cutter type	Crown model (with changeable chisels)
Cutter power	110 kW
Cutter diameter	1,500 mm

ENGINE INSTALLATION

Dredge pump diesel	Caterpillar C-32 TA
Continuous power rating	709 kW @ 1,600 rpm
Auxiliary diesel	Caterpillar C-09 TA
Prime power rating	232 kW @ 1,800 rpm
Hydraulic installation	Driving cutter, winches and cylinders
Electrical installation	24 V DC and 230/400 V AC, 35.4 kVa

PRINCIPAL DIMENSIONS

Length o.a. incl. ladder	33.15 m
Length over pontoons	22.60 m
Beam	6.95 m
Depth	1.80 m
Draught	1.05 m
Air draught	6.10 m
Total weight	115 ton

TANK CAPACITIES

Fuel oil approx.	18.10 m ³
Ballast water	6.25 m ³
Hydraulic oil	1.50 m ³

DECK MACHINERY

Ladder hoisting	Hydraulic winch 80 kN, 0-15 m/min
Side wire winches (2x)	Hydraulic, 80 kN, 0-15 m/min
Spuds (2x)	Ø 508 mm, length 16 m
Spud hosting (2x)	Hydraulic cylinder, stroke 1.5 m

INSTRUMENTATION

Dredging depth indicator	
Vacuum and pressure indication of dredge pump	

REMARKABLE FEATURES

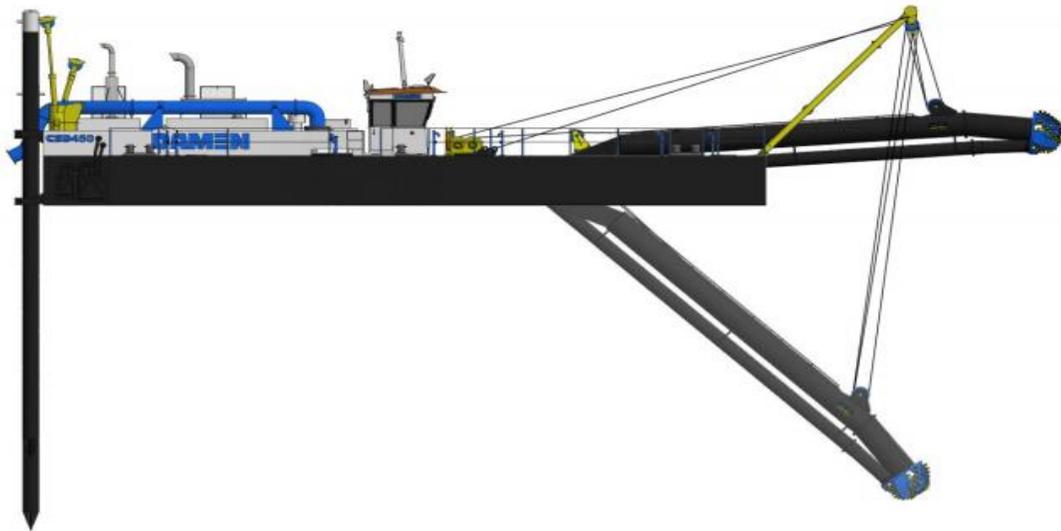
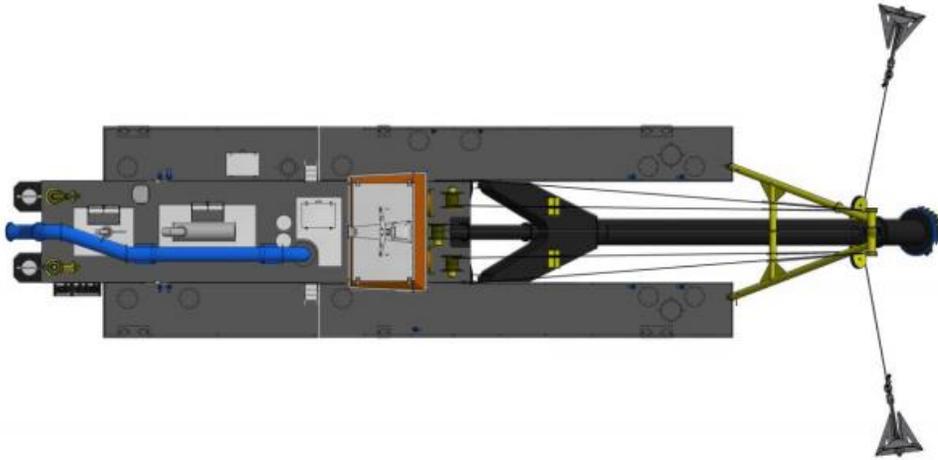
Dismountable design which allows transport by road
 Heavy duty robust design
 Simultaneous operation of all functions possible
 Spacious ergonomic designed control cabin and engine room
 One operator can control the entire dredger from the control cabin
 Operators cabin with air conditioning and heating
 Scantlings well in excess of class regulations
 Large range of standard options are available to customize the CSD

DAMEN

Fuente: DAMEN SHIPYARDS GROUP

Draga de corte y succión tipo CSD 450

CUTTER SUCTION DREDGER 450



DAMEN

DAMEN SHIPYARDS GROUP

Fuente: DAMEN SHIPYARDS GROUP