



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño estructural para la recuperación del balneario de
Huanchaco afectado por la erosión costera, Trujillo la Libertad”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Alayo Velasquez Luis Junior (ORCID: 0000-0001-5891-1542)

Marino García Jorge David (ORCID: 0000-0002-3009-0006)

ASESOR:

Mgr. Cerna Rondon Jorge Luis (ORCID: 0000-0001-7643-7848)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Agradecidos primeramente con Dios por brindarnos bienestar y salud durante estos tiempos difíciles por los que estamos atravesando, por guiarnos por el camino del bien y brindarnos la sabiduría y así poder concluir con éxito nuestro proyecto de investigación.

A nuestros padres y familiares, por su apoyo incondicional tanto moralmente como económicamente, por ser nuestro impulso de seguir adelante en la culminación de nuestra carrera profesional.

A nuestros docentes y a nuestra casa de estudios, quienes a lo largo de nuestra estancia académica fueron la fuente principal de conocimientos para el progreso de nuestro desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro Dios por brindarnos salud y bienestar por permitarnos vivir y disfrutar de cada día, por permitarnos culminar con bien nuestro proyecto de investigación.

A nuestra casa de estudio la Universidad Privada Cesar Vallejo, a los profesores que compartieron sus conocimientos y experiencias personales durante nuestro proceso formativo; A nuestros compañeros y amigos con los que compartimos momentos difíciles y de alegría, de manera que íbamos superando retos académicos.

Gracias a nuestros familiares quienes fueron nuestro soporte emocional, sobre todo en las circunstancias difíciles; A todas las personas que nos apoyaron de manera desinteresada e incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Variables y Operacionalización	27
3.3. Población, muestra y muestreo	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.4. Procedimientos.....	28
3.4. Método de análisis de datos.....	29
3.4. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS.....	30
4.1. Condiciones Oceanográficas.....	30
4.2. Transporte de Sedimentos y Mareas	38
4.3. Levantamiento topográfico y batimétrico.....	43
4.4. Alternativa de Diseño para la Protección Costera	44
V. DISCUSIÓN	65
VI. CONCLUSIONES	68
VII. RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Promedio Mensual de alturas de olas significantes.....	33
Tabla N° 2: Coeficientes de refracción	35
Tabla N° 3: Granulometría de la playa N°3 de Club Regatas Lima	39
Tabla N° 4: Tabla de constantes de proporcionalidad,.....	41
Tabla N°5: principales planos o niveles de referencia mareográficas de Salaverry	42
Tabla N° 6: Tiempo que tardan en formarse los tómbolos	49
Tabla N° 7: Valores de periodo de retorno T	51
Tabla N° 8: Formula de Seabrook y Hall.	57
Tabla N° 9: Formula de Ahrens	59
Tabla N° 10: Clasificación de las playas según su respuesta	60
Tabla N° 11: Comparación de la longitud del dique y la distancia a la línea de la costa vs la respuesta esperada	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura N° 1: Desplazamiento del oleaje hacia las costas.....	14
Figura N° 2: Definición de parámetros asociados a la onda.....	14
Figura N° 3: Modelo de refracción de ola con curvas batimétricas paralelas para una playa recta	16
Figura N° 4: Diagrama de difracción de las olas.....	17
Figura N° 5: Variación de olas a causa de la topografía marina.....	17
Figura N° 6: Reflexión del oleaje frente a un muro.....	18
Figura N° 7: Vista referencial de mareas.....	19
Figura N° 8: Gráfico de los parámetros y la función de un dique exento.....	22
Figura N° 9: Dique exento aislado.....	24
Figura N° 10: Dique exento en costa cerrada.....	24
Figura N° 11: Grupo de diques exentos	25
Figura N° 12: Grupo de diques exentos con otras obras.....	25
Figura N° 13: Olas Swell	32
Figura N° 14: Datos diarios de las condiciones oceanográficas de Huanchaco.....	33
Figura N° 15: Índice de alturas de rompientes vs pendiente en olas en aguas profundas	36

Figura N° 16: Dimensiones de profundidades en rompientes vs pendiente de rompientes.....	37
Figura N° 17: Análisis Granulométrico por tamizado de los sedimentos de la playa N°3 de Club Regatas Lima.....	39
Figura N° 18: Esquema representativo de los niveles de referencia mareográficas	42
Figura N° 19: Respuestas según la presencia de un dique exento	46
Figura N° 20: Formación de Saliente – efecto de difracción de las olas con respecto un dique exento.....	47
Figura N° 21: Retención de sedimentos y creación de tómbolos	48
Figura N° 22: Propuesta de diseño	50
Figura N° 23: Diseño de las placas “A” y “B” de la estructura prefabricada	50
Figura N° 24: Altitud de ola de diseño en función del tiempo de retorno.....	52
Figura N° 25: Vista lateral del diseño de la unidad prefabricada	53
Figura N° 26: Numero de estabilidad N_s	54
Figura N° 27: Definición conceptual de la estructura sumergida	56
Figura N° 28: Emplazamiento de las unidades prefabricadas.....	63
Figura N° 29: Sistema hidromorfológico en la playa del balneario de Huanchaco ..	65

RESUMEN

El balneario de Huanchaco es uno de los lugares más visitados en la ciudad de Trujillo, pero esta playa viene siendo afectada desde hace más de una década por un oleaje anómalo que viene azotando dicha playa, estudios revelan que se debe a la erosión costera que tendrá como consecuencia final la destrucción total de la playa del balneario de huanchaco.

Se viene perdiendo paulatinamente área de playa con respecto a la línea de nuestra costa, esto se debe a los procesos erosivos que se vienen dando a causa del cambio climático y el oleaje anómalo que altera el curso natural de las corrientes marinas.

La zona de estudio se encuentra ubicado a la derecha del muelle de Huanchaco mirando hacia el mar, siendo esta el área más afectada por el oleaje y por la erosión costera, es por ello que se propuso realizar el diseño de una estructura (dique sumergido) que ayude con la recuperación de este balneario.

Para dar una solución viable al problema costero en el balneario de Huanchaco, es necesario realizar los estudios hidrográficos y oceanográficos del lugar en estudio, los cuales son levantamiento topográfico, batimétrico, oleaje, transporte de sedimentos, mareas, etc., para garantizar la estabilidad y el desempeño operacional óptimo del dique sumergido (estructura prefabricada).

Para el diseño geométrico de la estructura prefabricada se requiere identificar los estudios hidrográficos y oceanográficos, debido a que la estructura prefabricada se encuentra directamente sometida a la acción de las olas, se determina el peso requerido de la unidad prefabricada de 10 toneladas para garantizar su estabilidad.

Para evitar la socavación al pie de la estructura, se ha diseñado y es muy importante los orificios que tiene la cara de la estructura y estos deben ser distribuidos homogéneamente para mitigar el impacto del oleaje.

con el fin de maximizar la recuperación y protección de sedimentos del balneario de Huanchaco, las unidades prefabricadas serán colocadas a una distancia de 110 metros desde la línea de playa y con una longitud de 85 metros.

Palabras clave: Diseño estructural, topografía, batimetría, oleaje, mareas y sedimentos.

ABSTRACT

The Huanchaco beach is one of the most visited places in the city of Trujillo, but this beach has been affected for more than a decade by an abnormal swell that has been hitting the beach, studies reveal that it is due to coastal erosion that will ultimately result in the total destruction of the beach of Huanchaco.

The beach area is gradually being lost with respect to our coastline, this is due to the erosive processes that have been occurring due to climate change and abnormal waves that alter the natural course of ocean currents.

The study area is located to the right of the Huanchaco dock facing the sea, which is the area most affected by waves and coastal erosion, which is why it was proposed to design a structure (submerged dike) to help with the recovery of this beach resort.

In order to provide a viable solution to the coastal problem in the Huanchaco beach resort, it is necessary to carry out hydrographic and oceanographic studies of the site under study, which include topographic and bathymetric surveys, waves, sediment transport, tides, etc., to guarantee the stability and optimal operational performance of the submerged dike (prefabricated structure).

For the geometric design of the prefabricated structure it is required to identify the hydrographic and oceanographic studies, because the prefabricated structure is directly subjected to the action of the waves, the required weight of the prefabricated unit of 10 tons is determined to ensure its stability.

To avoid scour at the foot of the structure, the holes in the face of the structure have been designed and are very important, and these must be distributed homogeneously to mitigate the impact of the waves.

In order to maximize the recovery and protection of sediments from the Huanchaco beach, the prefabricated units will be placed at a distance of 110 meters from the beach line and with a length of 85 meters.

Keywords: Structural design, topography, bathymetry, waves, tides and sediments.

I. INTRODUCCIÓN

La agonía es un sentimiento que los ciudadanos de Huanchaco conocen muy bien, el balneario más importante de Trujillo viene siendo atacado por un oleaje anómalo, que muchos denuncian, es causado por un fenómeno artificial, el cual terminara por destruir totalmente la playa de Huanchaco. Este fenómeno se viene dando principalmente por los cambios climáticos, como es la erosión costera, los pobladores señalan que con el pasar de los años, los daños en el balneario de Huanchaco aumentan. Eso no es todo, según se dio a conocer, como consecuencia, Huanchaco se vio afectado en 150 metros de la playa, lo que causó la destrucción de su malecón y por el cual se declaró en estado de emergencia a toda esa zona marítima. (Jara, 2015).

La Municipalidad Distrital de Huanchaco (MDH) declararo en emergencia el balneario, tras los daños causados en el malecón por la erosión costera y los oleajes anómalos que lo afectan. Tras la destrucción de unos 80 metros del malecón, las autoridades han dispuesto el enrocado del lugar y la colocación de sacos de arena para evitar que el agua ingrese a los establecimientos comerciales ubicados en la cuadra 8 de la avenida Larco, en Huanchaco. Como consecuencia a este problema que atraviesa el balneario de Huanchaco, el número de visitantes al balneario disminuye en un 40% en los últimos años. Según estudios, quienes visitan este lugar en la actualidad mayormente son los jóvenes que vienen solos o en pareja a hacer deporte y que buscan playas limpias, además de una buena atención. (el comercio, 2019).

En vista de la mala administración en cuanto a los intentos para la rehabilitación del balneario de Huanchaco nuestro proyecto de investigación se centra de tratar de dar una solución desde el punto de vista ingenieril diseñando una estructura que ayudara a la recuperación del balneario Huanchaco afectado por la erosión costera, Trujillo La Libertad.

Frente al mal momento por el que está pasando el balneario de Huanchaco es que se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar una estructura que

ayude a la recuperación del balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera, Trujillo la Libertad?

Nuestro presente trabajo se justifica académicamente brindando una información técnica y confiable, además puede servir como referencia tanto para estudiantes de ingeniería como para profesionales que estén interesados en el área de estructuras, y deseen aprender una metodología de evaluación basado en el diseño estructural para la recuperación de playas.

La erosión costera es un serio problema que está afectando al balneario de Huanchaco y amenaza con desaparecerlo por completo si nuestras autoridades no hacen algo al respecto, la influencia de la erosión en el balneario se expresa en el repliegue de su línea de playa, así también como sus recursos culturales como la pesca artesanal, el cultivo de la totora y la elaboración de los caballitos de totora.

Esta investigación es de gran relevancia social debido a que Huanchaco es uno de los principales puntos turísticos y arqueológicos que tiene Trujillo, Huanchaco está ubicado en la Ruta Moche, en dicha ruta se encuentra la ciudadela de Chan Chan apenas a 5 km de Huanchaco, además de contar con la cercanía del aeropuerto a 1 km, estas ubicaciones colocan al balneario de Huanchaco en el centro de atención de grandes decisiones de inversión a empresas hoteleras internacionales y así transformar al balneario de Huanchaco en el principal centro turístico de la ciudad de Trujillo y el norte de nuestro país.

Esta investigación es conveniente porque los resultados servirán para ayudar a la recuperación del principal balneario de Trujillo la Libertad, devolviendo a los pobladores de Huanchaco su playa, segura y sin peligro a que desaparezca.

La hipótesis esta formulada al diseño de una estructura con características técnicas que logran un desempeño operacional óptimo para la recuperación del balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera, Trujillo la Libertad.

El objetivo general es realizar un diseño estructural para la recuperación del balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera, Trujillo la Libertad. Y los objetivos específicos son: la recopilación de información referente al oleaje, mareas y el transporte de sedimentos, realizar un estudio topográfico y batimétrico en la playa del balneario de Huanchaco y realizar un estudio, propuesta para la colocación de la estructura definida con la información y el análisis conceptual de la ingeniería, que ayudara a la recuperación del balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera Trujillo la Libertad.

II. MARCO TEÓRICO

Se tomó en cuenta investigaciones relacionadas al tema con el fin de concretar nuestro proyecto.

A nivel nacional:

Hurtado y García (2013), en su tesis sobre el “Estudio para la recuperación de la playa 3 del Club Regatas por medio de un dique sumergido”, se plantea como objetivo identificar hidromorfológico del lugar donde se ubica la playa del Club Regatas, recomendar la solución al problema costero. Como resultados tuvieron que la solución propuesta para dicho trabajo de investigación y así poder controlar la erosión y recuperar la playa N°3 del Club Regatas lima, la construcción de un dique exento con unidades prefabricadas. La investigación finalizo con la recomendación crear rutas de investigación abocadas a este tipo de estructuras marinas, debido a que este tipo de investigaciones permiten proponer alternativas de solución para la protección de nuestras costas nacionales.

Reynosa (2017), en su artículo de investigación sobre la “Realidad ambiental en playa de Huanchaco: Percepción y participación ciudadana”, se plantea como objetivo analizar e implementar la participación ciudadana con respecto a la realidad ambiental de su distrito, este tipo de estudio es no experimental-transaccional-descriptiva, que se ampara en la participación ciudadana frente al problema ambiental por el que están pasando.

Como resultados tenemos que el 84.66% de personas encuestadas ignora que existe de un marco legal, el cual promueve y estimula la intervención de los ciudadanos en la problemática ambiental, así también demuestran desconocimiento de los derechos ambientales. Mientras que el 86.72% de los ciudadanos encuestados corrobora la existencia de un elevado nivel de contaminación ambiental en el balneario de Huanchaco. Además, el 86.25% de los ciudadanos encuestados estarían prestos para desarrollar una medida preventiva que ayude a disminuir la contaminación ambiental en Huanchaco, finalmente, el 83.38% de los ciudadanos encuestados está dispuesto a trabajar unidos a las autoridades locales y así disminuir la contaminación ambiental del lugar. La investigación finalizó con la débil gestión que realizan las autoridades locales para promover las normas legales que permiten la participación ciudadana.

Guerrero, et al (2013), en su artículo de investigación denominado “impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú”, presenta a la erosión costera como un grave fenómeno que está atacando a playas de la provincia de Trujillo, y como consecuencia principal tenemos la pérdida de la línea costera. El objetivo es especificar el efecto que genera la erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad-Perú.

El área de estudio delimitada en dos zonas de evaluación: zona A y zona B, mediante la matriz de interacción (causa-efecto) de Leopold modificada se establecerá el grado de impacto y los datos serán tomados en cada estación de muestreo establecida. Se especificó en el ámbito natura-físico, un embate negativo moderado de -70 en la zona A y un embate negativo débil de -12 en la zona B, en el ámbito socioeconómico obtuvimos un impacto negativo moderado de -55 en la zona A, y un impacto negativo débil de -6 en la zona B, y esto se dio por causa de la pérdida de arena, al deterioro de las vías de acceso, pistas y veredas, al arrojamiento de desmonte, e infraestructura de viviendas; este problema se intensificó con la migración de pobladores, la reducción de la población económicamente activa y la pérdida de turismo.

A nivel internacional:

Cabrera, et al (2017), en su artículo investigación hacen referencia al “Estudio de la Aplicación de la Fotogrametría a Estudios de Erosión Costera”, expone como objetivo a las playas de sotavento (Fuerteventura, España) y la transformación del tramo de su costa desde 1963 hasta el presente mediante el análisis de fotografías aéreas georreferenciadas. Los resultados muestran un proceso generalizado de línea de orilla, exponiendo una tasa de erosión media de 1.5 m/a. Sin embargo, la zona septentrional el retroceso es mucho más marcado (6.4 m/a) debido a la intensa deriva litoral existente, mientras que en el resto de la costa estudiada el retroceso es mucho menor debido a que se alimenta de los materiales erosionados aguas arriba.

Carvalho, et al (2017), en su artículo de investigación informan sobre el “Uso y ocupación del suelo y vulnerabilidades a la erosión costera”, con clara evidencia por efecto de la erosión costera se plantean el siguiente objetivo general de trabajar y estudiar los cambios que ocurrieron en la zona costera de Praia de Redinha, Natal / RN-Brasil, durante los últimos 40 años. La metodología utilizada en el estudio fue la investigación bibliográfica sobre los temas de: uso y ocupación de zonas costeras y sus implicaciones antrópicas y naturales; Investigación de campo para la recolección de datos y producción de cartografía del proceso de transformación de la zona costera.

Los resultados mostraron un uso del suelo caracterizado por edificios de primera y segunda residencia, también de hoteles, pensiones, restaurantes y bares. Junto con esto, también se observa el efecto de las acciones naturales, como el aumento de la erosión y la disminución de la zona intermareal. Se verificó la expansión del área urbana del distrito, por lo tanto, en la zona costera; en 1969 el área habitada era de solo 668.17 m^2 y en 2014 esta área se incrementó a 20,180.85 m^2 . Estos datos demuestran la necesidad de desarrollar nuevos estudios en áreas costeras que produzcan conocimiento de los patrones de evolución natural de estos entornos.

Isla, et al (2017), en su artículo de investigación sobre el “Riesgo de erosión costera en el distrito de Buenos Aires - Argentina”, presentando variables que

se resuelve cualitativamente y con información secundaria. Para definir la ocurrencia, utilizamos la variación en el litoral y / o la presencia del fenómeno en un cierto período de tiempo, que representan las tasas de erosión o acreción (m / año) de la evolución histórica de la costa. Obteniendo resultados que muestran un proceso generalizado de erosión costera en las playas de Buenos Aires.

Coca y Ricaurte (2019), en su artículo de investigación sobre la “Validación del Análisis de Peligro Vulnerabilidad de la Erosión Costera en el Caribe y la Costa del Pacífico de Colombia”, la metodología que se ha adaptado para analizar los peligros y la vulnerabilidad causados por la erosión costera que combina aspectos físicos y sociales. Para la validación de esta metodología, Se seleccionaron las playas Spratt Bight (Caribe colombiano) y La Bocana (Pacífico colombiano) para tener regiones contrastantes y validar la aplicación del método en un rango geográfico. Uno de los resultados más significativos de la evaluación del grado de peligro y vulnerabilidad es que la calificación puede representar diferentes combinaciones de factores. En términos de vulnerabilidad, la evaluación destacó la importancia de la ecología cultural como factor de resistencia a los peligros costeros. Uno de los resultados más significativos de la evaluación del grado de peligro y vulnerabilidad es que la calificación puede representar diferentes combinaciones de factores.

Por lo tanto, es importante estudiar e interpretar los componentes por separado, lo que nos permite proponer intervenciones correctivas y / o prospectivas enfocadas a nivel local y regional. En términos de vulnerabilidad, la evaluación destacó la importancia de la ecología cultural como factor de resistencia a los peligros costeros. Uno de los resultados más significativos de la evaluación del grado de peligro y vulnerabilidad es que la calificación puede representar diferentes combinaciones de factores. Por lo tanto, es importante estudiar e interpretar los componentes por separado, lo que nos permite proponer intervenciones correctivas y / o prospectivas enfocadas a nivel local y regional. En términos de vulnerabilidad, la evaluación destacó la importancia de la ecología cultural como factor de resistencia a los peligros costeros.

Guido, et al (2009), en su artículo de investigación sobre el “Estudio de la Erosión Costera en Cancún y la Riviera Maya, México”, el complejo turístico de Cancún y la isla de Cozumel ubicado en el estado de Quintana Roo, México. Conforman un incremento del desarrollo más importantes del país debido al importante empleo generado por los visitantes ricos. La actividad turística en esta zona se considera actualmente como un campo estratégico para la economía nacional. Debido a su ubicación geográfica, esta área posee una elevada vulnerable a los ciclones tropicales. A través de visitas técnicas y el estudio de imágenes satelitales.

El objetivo es analizar la información obtenida y establecer las causas de la erosión, y verificar si estas son tan naturales como antropogénicas. Para salvaguardar las playas de la erosión costera, las soluciones deben de seleccionarse integralmente y con un punto de vista racional.

Del Rio, et al (2009), en su artículo de investigación sobre la “cuantificación de procesos de erosión costera en el litoral suratlántico español”, se plantea como objetivo analizar el litoral para reconstruir la evolución costera deteriorada a causa de la erosión en los últimos tiempos, los resultados deben combinarse para un conocimiento realista del estado erosivo de la costa. En el Golfo de Cádiz, dos causas principales producen erosión costera: la construcción de presas en cuencas fluviales y la construcción de estructuras de ingeniería costera. Se ha realizado un mapa de estados morfo-erosivos para la Bahía de Cádiz, basado en los resultados del programa de monitoreo de playas y las mediciones morfométricas realizadas en fotografías aéreas.

Merlotto y Bertola (2008), en su artículo de investigación sobre la “Evolución urbana y su influencia en la erosión costera en el balneario de parque mar Chiquita, Argentina”. El área afectada por la erosión costera se verá afectada por problemas de nivel socio-económico debido al impacto ambiental y las complicaciones que este fenómeno genera. El objetivo es analizar la evolución urbana junto a la colocación de médanos y la influencia que estos generan en el área costera del balneario con la meta de definir el dominio en la erosión costera. Gracias a fotografías aéreas, se obtiene resultados indicando que la ocupación, aumento de la población urbana y la colocación de los médanos

con vegetación han tenido un importante rol en el repliegue de la línea de costa.

Medina, et al (2016), en su artículo de investigación sobre la “Cambios morfosedimentarios a causa de la construcción de un espigón en Camet Norte, provincia de Buenos Aires, Argentina”, Se observaron diversas alteraciones morfosedimentarios que se dieron en un sector de costa situado al norte de un espigón, a finales del año 2011. A lo largo del período estudiado (julio 2011-diciembre 2015) se contempló que, en la ubicación de un punto de control a 200 m al norte de la estructura, el nivel de arena en playa extraña vez fue mayor al valor registrado en julio de 2011.

Mientras que en los otros 3 puntos de control a más de 1.275 m del nuevo espigón sucedía lo opuesto, aquí extraña ves el nivel de arena fue menor al registrado en la fecha de julio de 2011. En la zona más cercana a la estructura la fuerza de las olas en conjunto con el nivel bajo de arena permitiendo la afluencia de la investida de las mismas, durante el periodo de observación, reflejando un claro repliegue del acantilado y más aún del microacantilado, cuantificando 96 y 350 cm (22 y 79 cm/año).

Sardá, et al (2012), en su artículo de investigación sobre la “Erosión en las playas y gestión desintegrada: la problemática de la playa de S´Abanell”, el problema de ámbito global para todas las playas existentes es la erosión costera. El problema producido en la playa de S'Abanell es la transformación morfológica en la que abunda la pérdida de sedimentos se debe a la merma de su área. En el presente capítulo se da a conocer la transformación del problema que ha venido suscitando y su empeoramiento a lo largo que pasa el tiempo.

Rodríguez y Córdova (2016), en su artículo de investigación sobre “la erosión en las playas de la región nororiental de cuba”, los resultados arrojados tras los estudios realizados en la región nororiental de cuba, muestran las causas y proporción de la erosión costera. Se obtuvo que el 58.6% de las playas de dicha región presentan una inclinación erosiva, obteniendo el más alto

porcentaje la playa de Holguín y el más bajo porcentaje la playa de Guantánamo.

Queda demostrado según estudios a que la erosión se debe principalmente a causas naturales. Los eventos extremos como los hidrometeorológicos son generadores de fuertes oleajes, los cuales son los principales generadores de erosión natural, así también como la escasa producción de detritos por parte de los organismos marinos y la reducción de la frecuencia e intensidad de los frentes fríos, en consecuencia, la mayor persistencia de vientos del Este. La extracción de arena de la berma y pendiente submarina con la finalidad constructiva, fue el hecho más devastador para la playa, visto desde el punto antrópico.

Canalejo y Peña (2016), en su artículo de investigación sobre la “Regeneración de la playa de pinedo (Valencia)”, se plantea como objetivo presentar la actualidad de la playa altamente degradada por la erosión en un tramo de unos 2 km. Las condiciones del suelo son caóticas debido al tipo de edificaciones y servicios de muy baja calidad, es por ello que surgen también problemas de erosión en el litoral. Por lo que surge una idea de redactar un proyecto para cubrir la problemática de la erosión, se referiría a cubrir aspectos como: regeneración de la costa y ordenación de territorio

Aponte, et al (2017), en su artículo de investigación sobre el “Impacto de la erosión costera en la infraestructura de Rincón, Puerto Rico”, en este artículo analizamos la erosión costera en las costas del municipio de Rincón y su impacto en la infraestructura a dos escalas de tiempo: la erosión a largo plazo- desde el 1936 al presente - y la erosión a corto plazo, causada por el oleaje asociado al huracán Matthew en el 2016. El propósito de este artículo es comunicar el impacto de esta erosión a múltiples escalas de tiempo en la infraestructura y presentar resultados preliminares del estudio de costo de efectividad para un proyecto de realimentación de arena en la costa oeste de Rincón. Como resultados se obtuvo el estado actual de la infraestructura costera de Rincón y también se obtuvo resultados pre- liminares del estudio de costo de efectividad para un proyecto de realimentación de arena. Dicho estudio es subvencionado por el programa Sea Grant de la Universidad de

Puerto Rico en Mayagüez, y tiene como propósito proveer información sobre el valor de la infraestructura costera de la zona, utilizando el parcelario del Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM) para analizar la viabilidad de proyectos de restauración de las playas de Rincón, Puerto Rico.

Tejada (2016), en su tesis denominada “Análisis de la vulnerabilidad costera frente a un posible aumento del nivel del mar en el sector costero de Iurín-pucusana (provincia de Lima)”, con el propósito de diseñar un Índice de Vulnerabilidad Costera - IVC que integra variables físicas (geomorfología, tipo de playa, pendiente y alteración de la línea de costa) y variables antrópicas (usos del suelo, ancho de playa y ocupación de la costa). El IVC se utilizó para analizar la costa de la provincia de Pacasmayo (región La Libertad, Perú), con datos obtenidos por levantamientos de campo y teledetección, incorporados a un Sistema de Información Geográfica - SIG. El estudio identificó que el 5,8% del litoral presentaba una vulnerabilidad baja, el 82,9% vulnerabilidad media y el 11,3% vulnerabilidad alta. Al considerar únicamente las variables físicas, la alta vulnerabilidad aumenta considerablemente (32%). En cambio, si solo se toman en cuenta las variables antrópicas, la alta vulnerabilidad disminuye (7,4%).

Ramírez (2017), en su tesis “Análisis de la vulnerabilidad costera del valle de cañete, Lima, Perú”, se plantea como objetivo general de esta investigación en dar a conocer la vulnerabilidad a la erosión costera que existe en nuestro país, con el propósito de una adaptación al cambio climático y un manejo integrado de la zona marino-costera. Como resultados obtenidos tenemos que el índice identificador la vulnerabilidad a la erosión costera permita comparar sectores dentro del área de estudio. Además, en las gestiones de gobierno de nivel nacional, regional, provincial; se debe de crear un tema de agenda de carácter primordial que colabore a la gradual disminución del nivel de vulnerabilidad poblacional.

Ovalle (2012), en su tesis “Aplicación de obras de defensa blandas para la protección de la costa catalana”, se plantea como objetivo general salvaguardar la playa de Cataluña, la cual se encuentra en un estado erosivo

grave, es por ello que dispone de la aplicación de obras de defensa blanda empleando geosintéticos. Con la finalidad de que las edificaciones ya construidas en la primera línea de la playa no se vean afectadas y evitar la pérdida de la playa. Los resultados obtenidos demuestran la relación que existe entre el tamaño del sedimento y el perfil de la playa, existiendo una relación directamente proporcional entre el tamaño de los sedimentos y la pendiente de la berma. Además, los niveles de erosión que están sufriendo las playas de la provincia de Barcelona, según estudios realizados por el CIIRC en el año 1998 expuso que el 74.4% de las playas se hallan en repliegue con una tasa de erosión media de 2.5 metros por año.

Edificación en primera línea de playa:

Las edificaciones en la primera línea de playa ligadas al turismo, son un importante agente de invasión y destrucción de la playa seca y la zona dunar, ya que eliminan los depósitos de arena que necesita la playa para responder a las variaciones climáticas estacionales, además de poder llegar a alterar el régimen de vientos. Generando un desarrollo masivo de erosión costera producido principalmente por vientos violentos, fuerte oleaje y en momentos de marea alta.

Corimat (2019), expone lo siguientes tipos de erosión:

erosión aguda: Se produce directamente cuando la energía del oleaje es conducida y dirigida por tormentas hacia la costa en forma de ondas de tormenta.

erosión estructural: La sucesión de episodios tormentosos y el fuerte impacto del oleaje anómalo da lugar a un elevado índice de disminución y desgaste estructural en la costa.

Gonzales (2013), explica que en el mundo existen tres tipos de costas y estas son:

Costas rocosas: estas costas son definidas como costas casi inalterables, al menos en las escalas de tiempo que duren los estudios re se estén realizando.

Costas de arena (material granular no cohesivo): Estas costas son deformables fácilmente debido a la acción constante del oleaje y fuertes corrientes. La variación de la línea costera está en constante movimiento.

INDECI (2018), explica que el oleaje es la manifestación en la propagación de las olas sobre la superficie marina con diferentes amplitudes y frecuencias. Generación: El oleaje anómalo, es el resultado de la interacción atmósfera - océano, el primero actúa como fuente de energía generadora y el segundo como medio de propagación, esencialmente tiene su origen en la fuerza de arrastre de los vientos que actúan sobre la superficie del mar (Físicamente, es la transferencia de energía cinética del viento hacia la superficie marina transformada en energía potencial).

Mauricio (2011), en su artículo denominado “estructuras marinas”, define los tipos de estructuras que existen para ayudar con el control de la erosión:

MUROS RÍGIDOS: estos muros están compuestos principalmente de concreto, piedra o pilotes, este tipo de estructuras marinas se han utilizado desde hace muchos años, esta estructura alternativa se crea con el fin de controlar la erosión producida por acto del oleaje anómalo; la efectividad de estas estructuras para evitar que las playas protegidas por ellas se erosionen son relativamente altas, pero este tipo de estructuras trae consigo el incremento masivo de erosión en playas adyacentes, ya sea por reflexión del oleaje o por la ganancia de sedimentos en el área protegida por los muros, debido a este particular problema con estas estructuras, en otros lugares del mundo como en ciertos estados de los EE.UU. está prohibido construir muros junto a las playas ya que estos serán solo de uso restringido.

ESPIGONES MARINOS: estas estructuras marinas son comunes para un adecuado manejo de una playa. Estas estructuras son construidas a lo largo de la playa con la finalidad de impedir la circulación de los sedimentos, la finalidad de la construcción de los espigones es la estabilización de una playa afectada por la erosión costera, un espigón trabaja de manera paralela a la playa de manera que este acumula arena a un lado suyo. La dirección de las corrientes marinas es modificada por la presencia de un espigón, esta

estructura retiene arena a un lado y obstaculiza el paso de dicha arena, lo que ocasiona elevados problemas de erosión en playas vecinas.

ROMPEOLAS: este tipo de estructuras son construidas alejadas de las playas y paralelas a la orilla, los rompeolas se crearon con el objeto de amortiguar o impedir el paso del oleaje. Debido a la fuerza de impacto del oleaje, el peso propio y la fricción de base de las olas, son variables que se consideran para la estabilidad de dicha estructura. El propósito de un rompeolas es reducir la fuerza con la que llegan las olas, estas estructuras son construidas de manera espaciada o de manera individual, la función de un rompeolas es:

- Mantener los sedimentos en el área costera.
- Disminuir el oleaje anómalo.

REVESTIMIENTOS: Estas estructuras son construidas de forma paralela a la orilla o también existe la posibilidad de que sean construidas sobre el área costera. Los revestimientos, también conocidos como muros de mar, son estructuras que aseguran la protección del área detrás de ellas, pero no consolidan el resguardo del área entre la estructura y el mar. Dichas estructuras comprenden ciertas áreas con la finalidad de protegerlas, impidiendo el funcionamiento normal y natural de la playa.

Según Hurtado y García (2013), en su estudio de hidrografía menciona que:

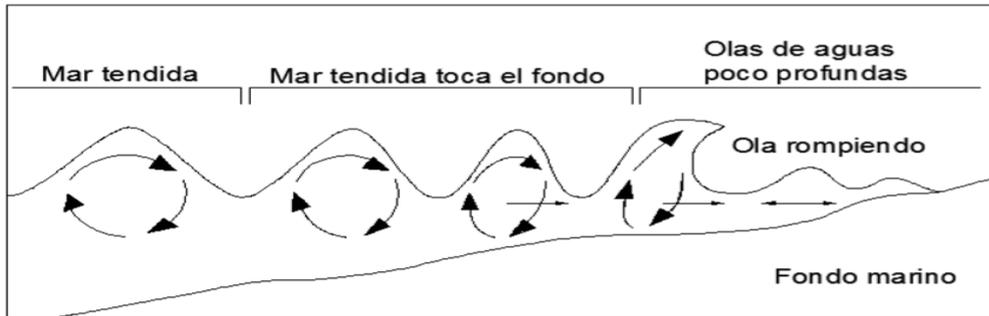
La geodesia como ciencia estudia el patrón, campo de gravedad de la tierra y dimensiones, esto nos permite calcular la ubicación de cualquier coordenada, en un área matemática llamada elipsoide, conocida como una figura imaginaria donde sus parámetros son diferentes para todas las regiones existentes en la tierra. Según el punto referencial o Datum se tiene un elipsoide.

Un estudio batimétrico es un levantamiento topográfico bajo la superficie marina, este sistema sirve para medir las profundidades del mar en distintos puntos, así tomamos conocimiento del relieve marino.

El oleaje anómalo se origina con movimientos ondulatorios en el mar, estos movimientos se presentan de manera periódica y regular, provocando el

desarrollo de grandes olas en la superficie del agua y son impulsadas por acción del viento y mareas.

Imagen N°1



Desplazamiento del oleaje hacia las costas. Fuente: Hurtado y García 2013.

En nuestras costas peruanas tenemos 2 tipos de olas:

Sea, los vientos locales dan origen a este tipo de olas, que se caracterizan por ser cortas, con superficie muy confusa y poseen mucha pendiente, además su periodo de rotación es:

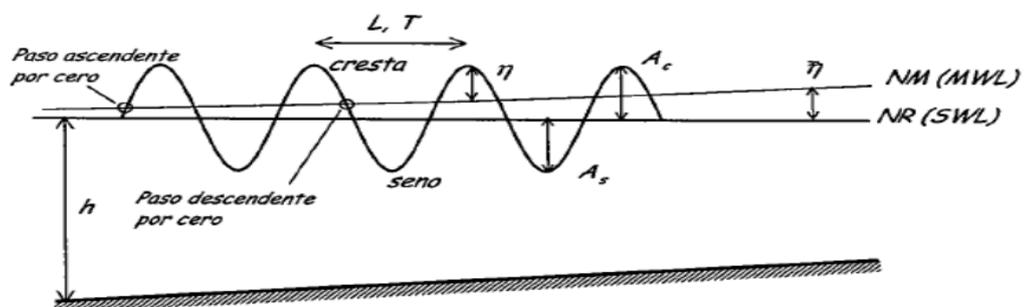
$T = 1$ a 7 segundos

Swell, los vientos de altamar dan origen a este tipo de olas, que se caracterizan por viajar largas distancias en el océano asta llegar a nuestras costas, su periodo de rotación es:

$T = 7$ a 30 segundos

Los componentes principales de una ola son:

Figura N°2



Definición de parámetros asociados a la onda. Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas.

Cresta: Sobresale al nivel del mar y posee una convexidad hacia la superficie.

Seno: Posee una concavidad media y se ubica bajo el nivel del mar.

La longitud de onda (L): Es el espacio consecutivo ubicado entre 2 crestas o 2 senos.

La altura de ola (H): Es la distancia que existe entre el pico de cresta y el fondo de seno de una ola.

Periodo (T): Está dado por la diferencia de tiempo que existe entre el paso de 2 crestas y 2 senos consecutivos.

Celeridad (C): Está dado por la velocidad con la que propaga una ola = L/T .

Profundidad (h): Está dado por la distancia vertical que existe entre el nivel del mar y el lecho marino.

Nivel de Reposo (N.R.): Está dado por la superficie del mar en reposo.

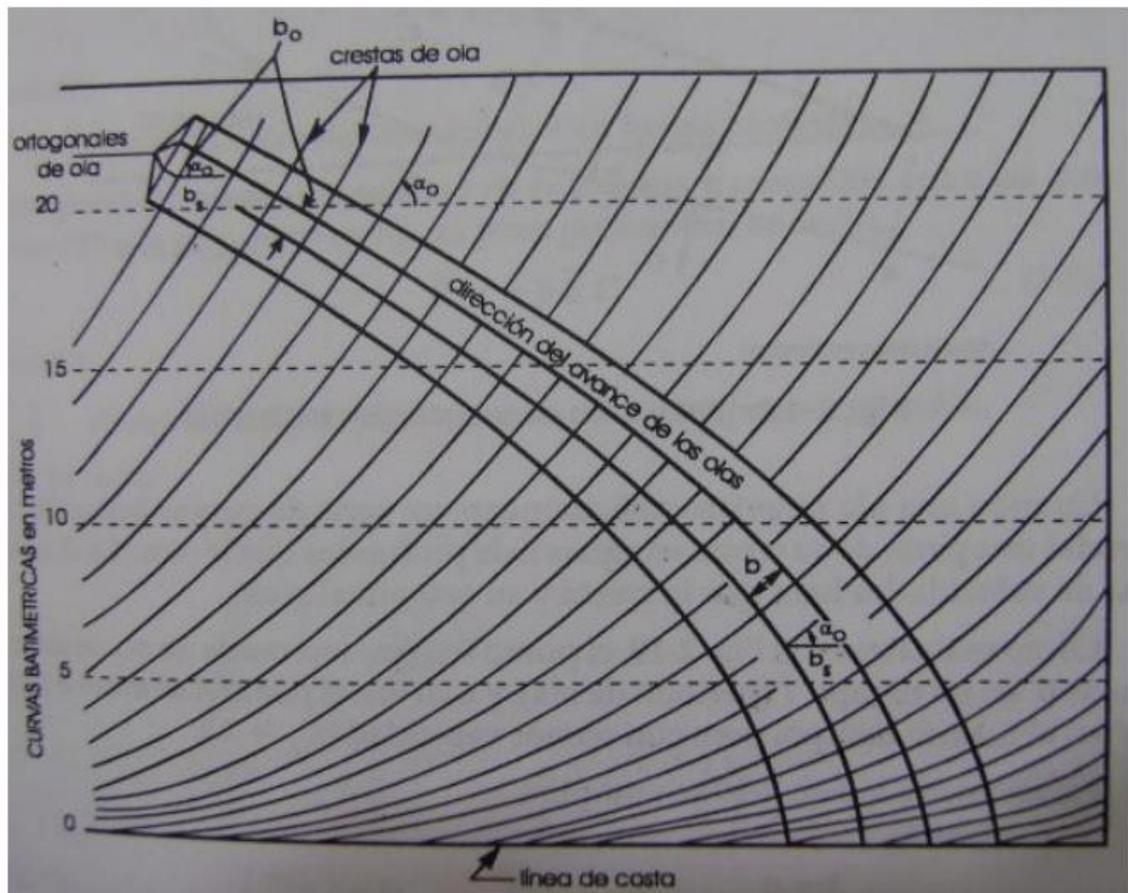
Nivel Medio (N.M.): Está dado por una línea horizontal equidistante entre crestas y senos.

Sobreelevación (n): Está dado por la diferencia de nivel que existe entre el N.M y el N.R.

En el transcurso de las olas desde aguas profundas hacia la costa, llegan a sufrir serias alteraciones causadas por la índole del borde o del fondo marino. Denominándose:

Refracción: Este fenómeno se manifiesta por la permutación en la dirección de la ortogonal (propagación) de las olas, dicho fenómeno es consecuencia de la alteración de las corrientes marinas, topografía del lecho marino, o distintos fenómenos que alteren las olas, haciendo que una parte de ella se distorsione, de manera que esta parte puede viajar más lento o más rápido, respecto al resto de la misma ola.

Figura N°3



Modelo de refracción de ola con curvas batimétricas paralelas para una playa recta. Fuente: Hurtado y García 2013.

Por otro lado, la difracción es el tipo de fenómeno que interrumpe el paso natural de las olas, dicho fenómeno causa un traspaso lateral y pérdida de energía durante el recorrido de las olas, causando la disminución de altura y potencia de las crestas cuando se ven interrumpidas por barreras marinas como un muro de contención, islas, rompeolas, espigones, etc.

Figura N°4

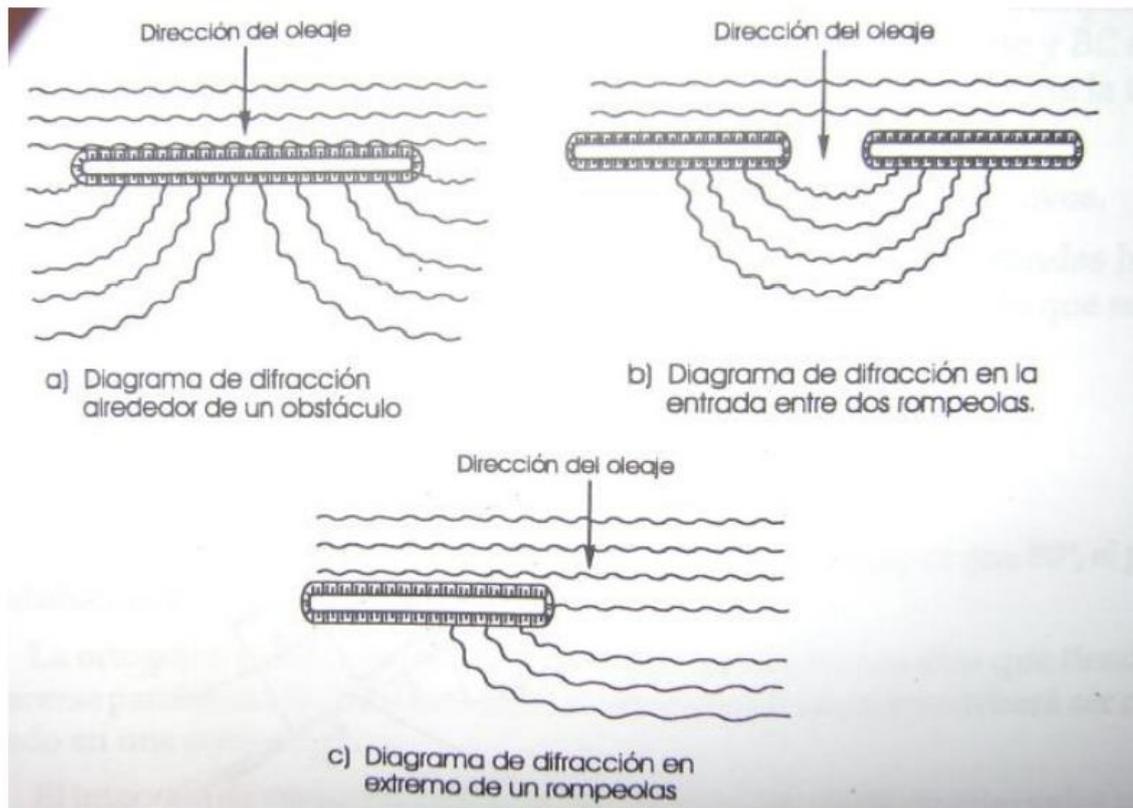
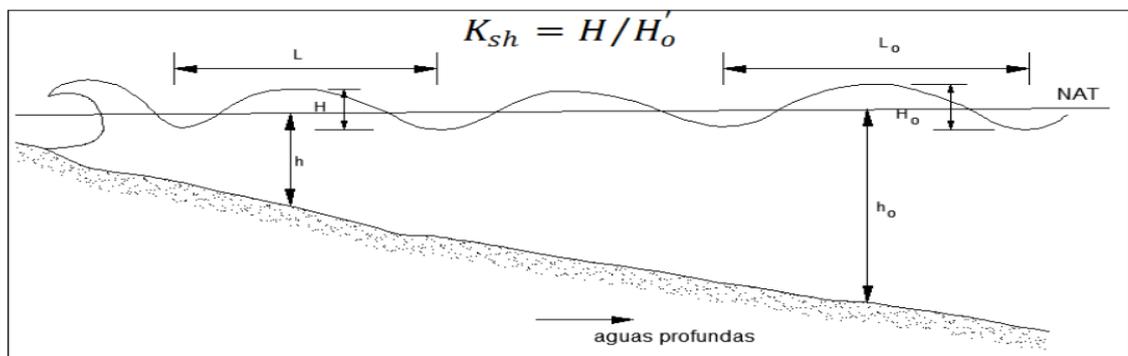


Diagrama de difracción de las olas. Fuente: Hurtado y García 2013.

A causa de la disminución de la profundidad del océano, la longitud y la altura de una ola, esta sufre diferentes variaciones variaciones, dichas variaciones se le conoce como efecto de bajos.

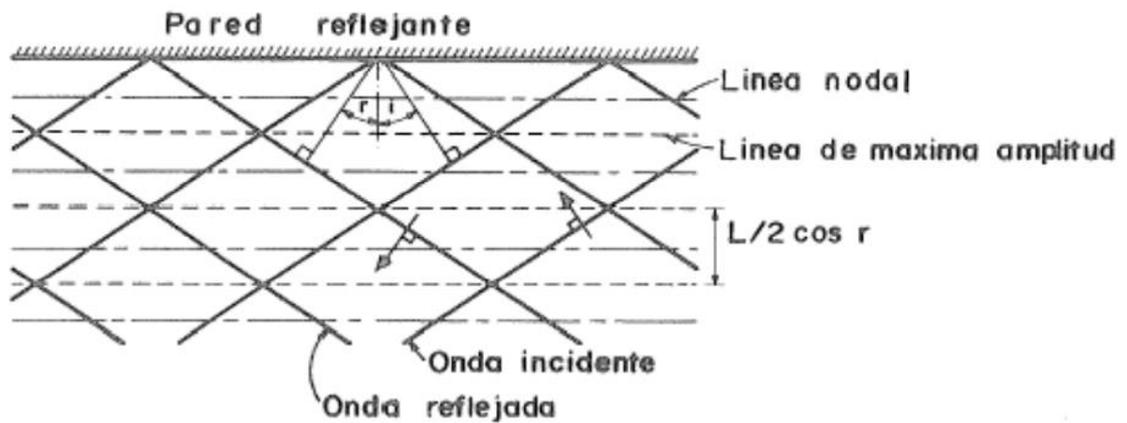
Figura N°5



Variación de olas a causa de la topografía marina. Fuente: Hurtado y García 2013.

Cuando una ola incidente refleja toda o parte de su energía sobre las condiciones de un obstáculo que se encuentre en su curso, a este efecto se le conoce como reflexión.

Figura N°6



Efecto de reflexión de una ola frente a un muro. Fuente: Hurtado y García 2013.

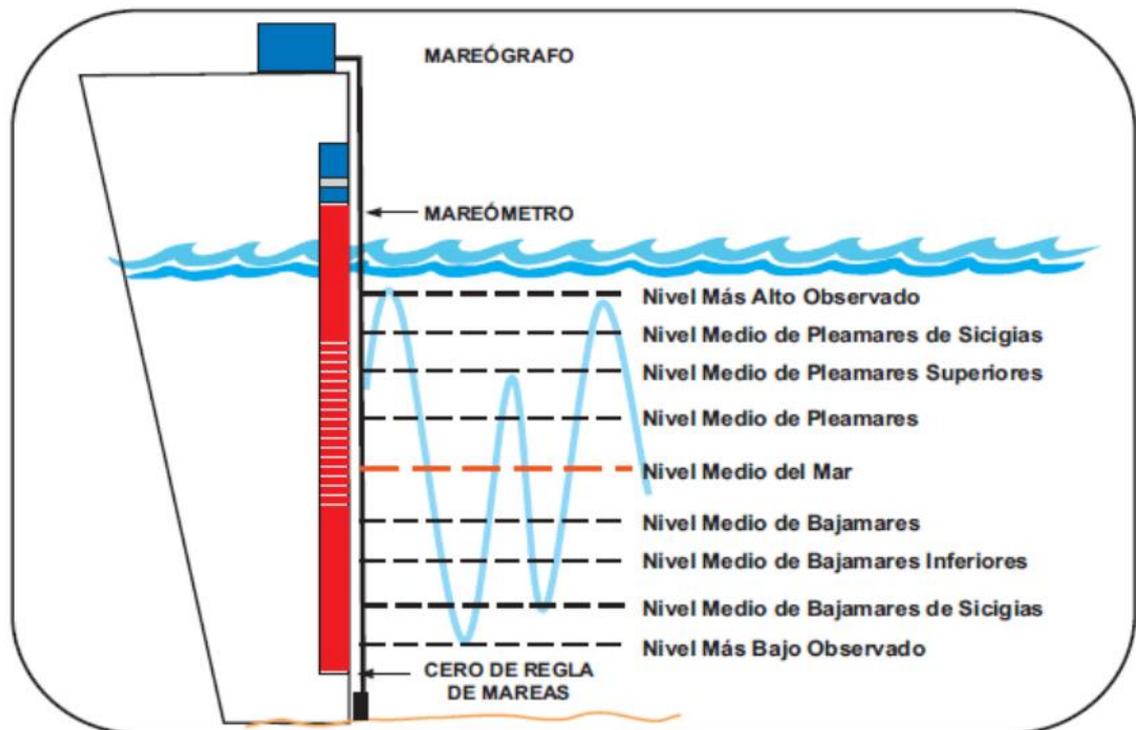
Mediante el efecto de reflexión la energía de una ola se modifica y podría darse de 3 formas:

1. Reflexión completa de la ola incidente, en orientación al colisionar con un muro vertical o un dique.
2. Dispersión de energía frente a una estructura de fondo rugoso o porosa.
3. Cesión parcial de energía ante algún obstáculo, frente a este caso se presentan los diques flotantes o diques de escolleras.

Se denomina mareas al movimiento periódico de descenso y ascenso del nivel de las aguas del océano, estos movimientos son producto de las atracciones gravitatorias ejercidas por los astros, primordialmente por la luna y el sol.

Los niveles de referencia mareográfica se usan como referencia vertical (profundidades o alturas) de una superficie o plano definido por la marea, otorgándose una denominación particular a cada uno de ellos.

Figura N°7



Vista referencial de mareas. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

Para determinar estos planos de mareas se calculan partiendo de una base (data histórica) de todas las estaciones mareográficas que se encuentren colocadas en el litoral, incluyendo información de un ciclo nodal lunar (18.6 años), tomando en cuenta las variaciones astronómicas significativas. Usando referencias como: el nivel medio de bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), el Nivel Medio del Mar (MNM).

Dinámica del litoral: está dado por un conjunto de cambios producidos a lo largo de la franja costera que pueden causar significativas variaciones en la morfología litoral. Existen diversos fenómenos que pueden causar graves efectos en el área costera, como los tsunamis, la modificación en los procesos de erosión / sedimentación o la variación del nivel del mar. La corriente litoral en la costa peruana se encuentra en la dirección de Sur a Norte.

El transporte de sedimentos o acarreo litoral, esta denominado como un fenómeno que causa que las partículas sólidas se transporten a lo largo del

litoral; sabiendo que el transporte de sólidos inicia su producción entre la zona de rompientes y la línea de playa, sin embargo, aparte de esta zona también existe transporte.

Las corrientes y el oleaje son los causantes del transporte de sedimentos en las costas del litoral, causando esfuerzos cortantes en los sedimentos sólidos lo que causa su fácil transporte por el fondo o en suspensión, a recorridos largos o cortos y colocándolos en zonas pacíficas.

Existen varias formulaciones de modelos de predicción y cálculo del transporte de sedimentos. Tales como:

1. Fórmula del CERC (Coastal Engineering Research Center)

Está dada en prototipo, modelos y mediciones, desarrolladas por el Beach Erosion Board, predecesor del U.S. Army Coastal Engineering Research Center.

La fórmula del CERC establece lo siguiente:

$$S = A \times H_o^2 \times C_o \times k_r b r^2 \times \sin \phi b r \times \cos \phi b r$$

2. Fórmula de Queens

Esta fórmula ha sido desarrollada por Kamphuis, de la Universidad de Queens, Canadá. La fórmula establece lo siguiente:

$$S = \frac{1.3 \times 10^{-3} \rho H_b^3}{(1 - p)\rho_s T} \left(\frac{H_b}{L_0}\right)^{-1.25} \tan(\alpha)^{0.75} \left(\frac{H_b}{D_{50}}\right)^{0.25} \sin(2\phi_b)^{0.6}$$

Donde:

S: transporte de sedimentos.

p: porosidad, en forma decimal

ρ_s : densidad de los sedimentos.

H_b : altura significativa de las olas en la línea de Rompiente.

L_0 : longitud de las olas en aguas profundas.

T: periodo de las olas. α : pendiente de la playa, en forma decimal

D_{50} : diámetro mediano de las partículas.

ϕ_b : ángulo de aproximación de las olas en la línea de rompiente.

Se ha comprobado que dicha fórmula es más utilizable que la fórmula del CERC; pero actualmente esta fórmula solo es válida bajo ciertas condiciones:

- Que no exista ningún tipo de corrientes marinas o mareas pronunciadas
- La limpieza de la línea de playa, que no presente rompeolas o espigones en la costa.
- La topografía marina debe de ser llano, no debe de presentar imperfecciones que interrumpan el sistema de rompiente de las olas.

Un sistema de diques exentos esta dado principalmente por estructuras marinas, en sistema continuo paralelo a la línea de playa, estas estructuras pueden estar sumergidas o pueden sobresalir al nivel del mar, dichas estructuras están diseñadas para proteger a una determinada zona del litoral de la intensidad del oleaje anómalo, disminuyendo en gran cantidad la energía con la que llegan las olas a la costa.

La disminución del oleaje anómalo en la zona resguardada por un dique exento, causa serias variaciones cuando hablamos del transporte de sedimentos, induciendo la acumulación de sedimentos en la zona resguardada por el dique exento. Si el material alojado y retenido por la estructura es suficiente, empezará a formarse una saliente o punta de arena, dicho acontecimiento es llamado tómbolo.

Aunque los diques exentos no son tan populares como lo son los espigones, sin embargo, estas estructuras han tenido efectos diversos producidos en el litoral, lo cierto es que son muy efectivos cuando se trata de control de la erosión costera, esto queda demostrado tras los buenos resultados obtenidos en distintas partes del mundo, debido a su gran efectividad su utilización se ha extendido significativamente desde los años setenta.

En Japón, entre 1962 y 1981, años en los que se construyeron aproximadamente 2,100 diques exentos (calculando un aproximado de 105 diques por año), dato significativo que muestra la importante inclinación que

existe en este país por usar este tipo de estructuras para la estabilización y el resguardo de sus playas. Además de Japón, estas estructuras han sido construidas en paises como lo son: Australia, Sudáfrica, Brasil, Ucrania, Canadá, Sri Lanka, Chipre, Portugal, Dinamarca, Nicaragua, EE.UU., Marruecos, España, Mónaco, Francia, México, India, Italia, Israel, entre otros.

Figura N°8

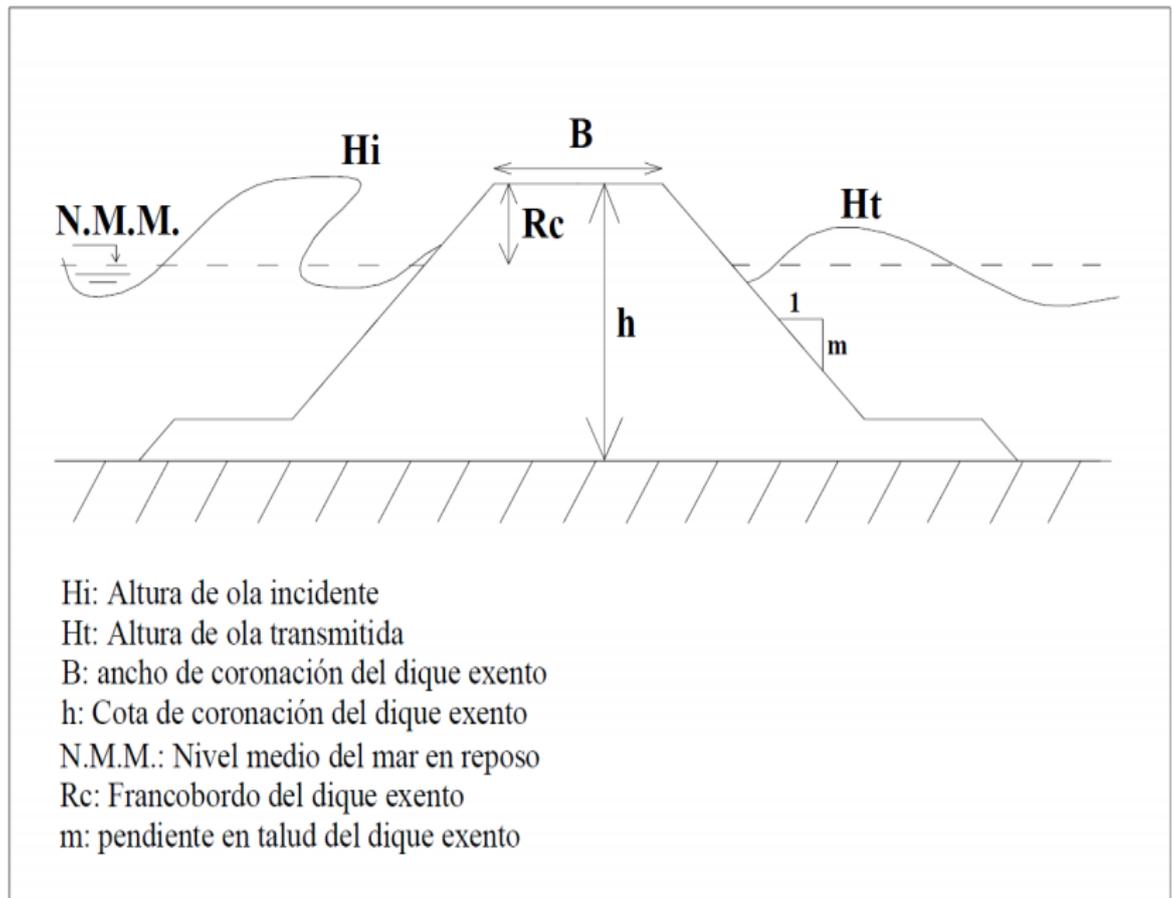


Gráfico de los parámetros y la función de un dique exento. Fuente: Hurtado y García (2013)

Objetivo de un dique exento: un dique exento tiene como principal objetivo proteger un determinado tramo de costa del litoral del repentino impacto del oleaje. Esta acción permite disminuir o incluso anular por completo la tendencia erosiva de una playa, esta estructura además de evitar la pérdida de arena de la playa, favorece y retiene la acumulación de material sedimentario. Es por

esto que un dique exento es utilizado como una alternativa de solución para ayudar a proteger las costas, teniendo como fines:

- Disminuir la energía de las olas incidentes en el tramo donde se encuentra ubicado el dique exento.
- Proteger las costas ante tormentas y el oleaje anómalo.
- Aumentar la acumulación de sedimentos en la playa, con la finalidad de que la playa incremente su ancho o se forme una nueva playa.
- Impedir o retrasar la erosión de las costas.
- Aumentar la permanencia de la arena donada a la playa artificialmente, cuando se trate de reconstruir playas.

Tipos de diques exentos: en función a la cota de coronación, u dique exento puede ser sumergido o emergido.

- Diques exentos sumergidos, no son observables, estos diques se encuentran por debajo del nivel del mar.
- Diques exentos bajos, son de baja coronación, este tipo de diques son un caso particular, debido a que el francobordo de la estructura no tiene que ser mayor a 1.5 metros, $R_c < 1.5$ metros.
- Diques exentos medios, este tipo de estructuras son los que bloquean la visualización de un observador a la playa cuando este se ubica en la playa, pero si le permite visualización, $1.5 < R_c < 1.5 + h_{\text{berma}}$
- Diques exentos altos, este tipo de estructuras obstruyen la visión del horizonte a una persona de estatura mediana, que este ubicado en la playa, lo que indica que el francobordo de la estructura esta por encima de la berma más 1.5 metros. $R_c > 1.5 + h_{\text{berma}}$

Dependiendo del tramo de costa que un dique quiera proteger ya sea de manera o aislada, estas estructuras se diferencian en 2 tipos:

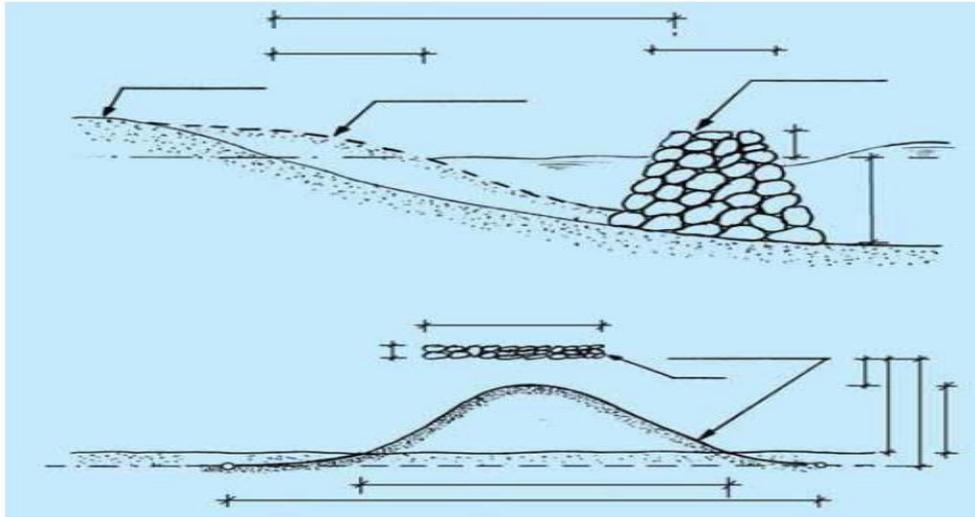
- Dique exento aislado.
- Grupo de diques exentos.

Según los autores Hurtado y García (2013), según el comportamiento de los diques exentos en las costas se obtiene como resultado la clasificación de estos diques en 4 grupos, siendo clasificado cada grupo por su

comportamiento en conjunto frente a los agentes marino y los sedimentos que protegen, siendo estos:

Tipo 1: Dique exento aislado.

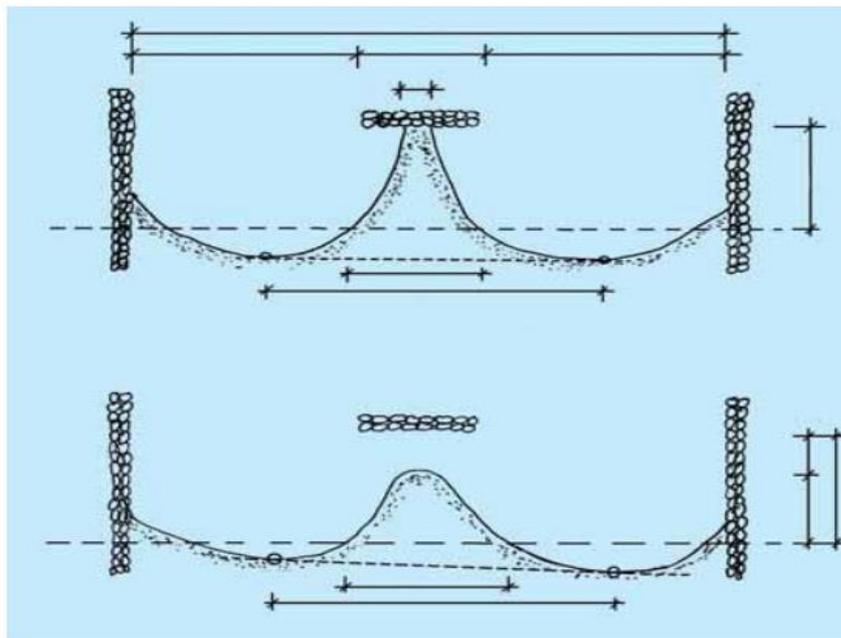
Figura N°9



Dique exento aislado. Fuente: Hurtado y García (2013)

Tipo 2: Dique exento en costa cerrada.

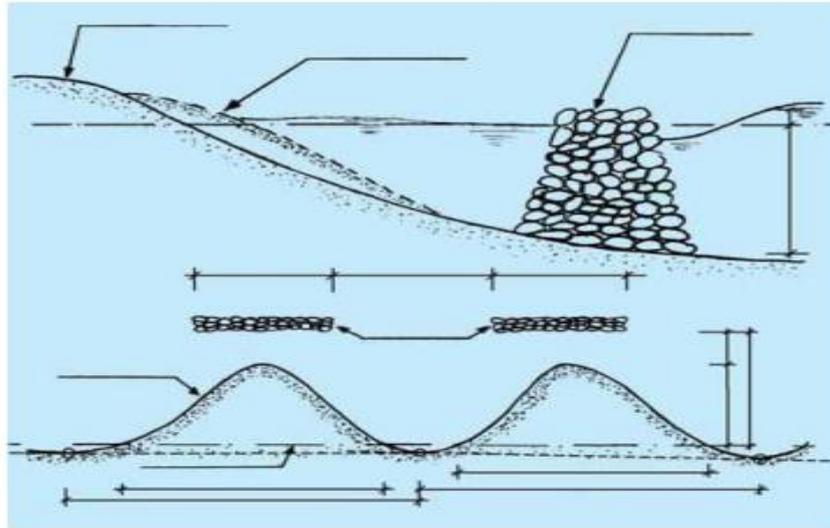
Figura N°10



Dique exento en costa cerrada. Fuente: Hurtado y García (2013).

Tipo 3: Grupo de diques exentos.

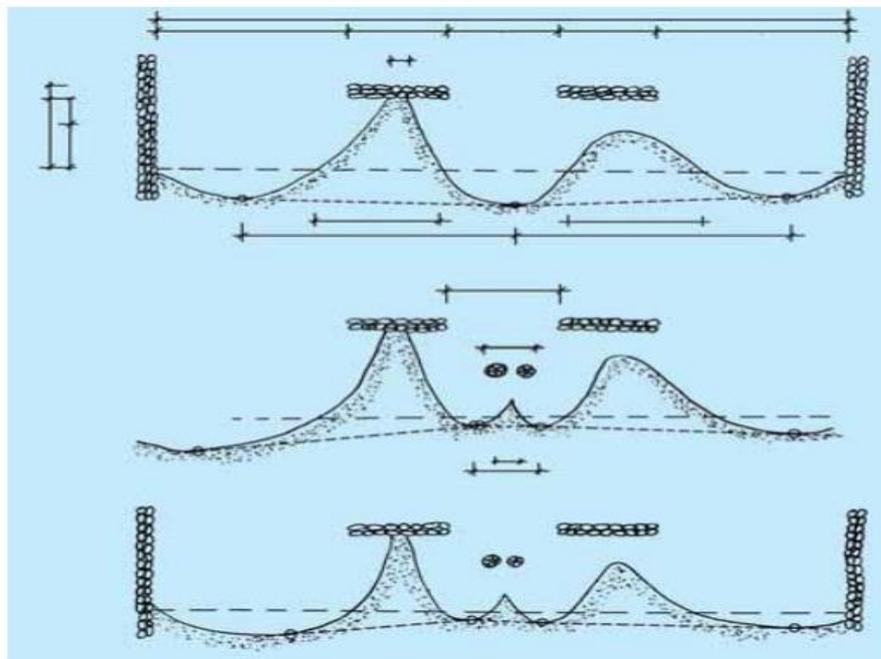
Figura N°11



Grupo de diques exentos. Fuente: Hurtado y García.

Tipo 4: grupo de diques exentos con otras obras.

Figura N°12



Grupo de diques exentos con otras obras. Fuente: Hurtado y García (2013).

III. Metodología

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

➤ Tipo de investigación:

- Nuestra investigación es de tipo cuantitativo debido a que se basa y fundamenta en un análisis numérico y a la recolección de datos, es por esto que los estudios y mediciones nos ayudaron a tener resultados concretos, para un buen desarrollo de nuestro proyecto de investigación.
- Nuestra investigación es de tipo descriptivo debido a que indagamos principalmente en las propiedades y cualidades del tipo de fenómeno que se alianza, nuestro estudio detalla una solución a nuestro problema y sin alterar la variable.
- Nuestra investigación según su finalidad es aplicada debido a que busca conocer construir y modificar una realidad problemática no ajena a nuestra sociedad.
- Nuestra investigación es de tipo transversal debido a que realizamos estudios de topografía, batimetría y oleaje, dichos estudios se realizaron en un momento dado de nuestra investigación.

➤ Diseño de investigación:

- Diseño no experimental: transversal descriptivo, debido a que en nuestro proyecto se analiza las características de nuestro problema de estudio.



Donde:

M = diseño estructural para la recuperación del balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera, Trujillo – La Libertad.

O = estudio topográfico, batimetría, oleaje, diseño estructural.

3.2. Variables y Operacionalización

Matriz de Operacionalización de variables. (ver anexo 01)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población está compuesta por todas las playas del litoral costero de la provincia de Trujillo, departamento de la Libertad.

Criterios de selección:

➤ **Criterios de inclusión**

Se pudo diseñar la estructura planteada en nuestro proyecto de investigación considerando los estudios realizados, así como la información oceanográfica brindada por la marina de guerra del Perú, el estudio del relieve marino por medio de un estudio batimétrico.

➤ **Criterios de exclusión**

En la decisión del diseño de la estructura, se evitó estructuras que no se adecuen al estudio batimétrico de la playa, y que no sean capaces de soportar el impacto de las olas del mar.

Muestra: De todas las playas de la provincia de Trujillo, departamento de la libertad, se evaluó como muestra a las playas más afectadas por la erosión costera

Muestreo: Después de visitar y observar el daño ocasionado por la erosión costera en las playas de Trujillo, se tomó como muestra la playa del balneario de huanchaco Trujillo la Libertad.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

La técnica utilizada para nuestro proyecto de investigación fue la observación, de la cual pudimos observar y conocer las características físicas del lugar de estudio, y esto se pudo concretar debido a los estudios realizados como: el levantamiento topográfico, el estudio batimétrico y el estudio de oleaje brindado por la marina de guerra del Perú.

Instrumentos

El tipo de instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de nuestro proyecto de investigación, son materia que faculta y registra información obtenida directamente del lugar donde se llevara a cabo el desarrollo de nuestro proyecto de investigación. Para el levantamiento topográfico y batimétrico de la playa del balneario de Huanchaco se emplearon una estación total, jalones y la ayuda externa de un caballito de totora, que nos permitió el ingreso al mar, para posteriormente trabajar la información obtenida en gabinete.

3.5. Procedimiento

Con la disposición de una estación total, jalones y un caballito de totora para que nos facilite el ingreso al mar, iniciamos con nuestros estudios topográfico y batimétrico, de donde pudimos obtener coordenadas, desniveles, distancias, ángulos, entre otros datos, que posteriormente fueron procesados en softwares como el AutoCAD Civil 3D, donde finalmente obtuvimos la superficie de la playa, cotas y sus respectivos cortes tanto longitudinal como transversal. Seguido con la información de hidrografía y oceanografía que nos brindó la marina de guerra del Perú, podemos estudiar, analizar y plantear el diseño de una estructura útil en operabilidad y trabajabilidad, que se ubicara en un lugar estratégico adentrándose en el mar, la estructura se diseñó tomando en cuenta las referencias y antecedentes de países del primer mundo, donde estas estructuras se encuentran funcionando de una manera óptima.

3.6. Método de análisis de datos:

- El levantamiento topográfico fue ejecutado mediante el alquiler de una estación total y la contratación de un técnico en topografía, la información obtenida se trabajó en gabinete usando el software AutoCAD Civil 3D,
- El estudio batimétrico fue ejecutado mediante el alquiler de una estación total y la contratación de un técnico en topografía, se realizó la contratación de alquilar un caballito de totora para poder facilitarnos la estrada al mar, la información obtenida se trabajó en gabinete con el software AutoCAD Civil 3D.
- El estudio de hidrografía y oceanografía, se nos fue facilitada por la marina de guerra del Perú, previa solicitud.
- El diseño estructural se desarrolló en el software AutoCAD 2D 2018.

3.7. Aspectos Éticos

Para efectuar la validez y fiabilidad de los instrumentos de investigación que tomamos en cuenta para realizar este proyecto de investigación, nos vimos en la obligación de seguir los siguientes criterios:

- Explicar y justificar los principios éticos que la investigación justifica de acuerdo a la normatividad a nivel nacional e internacional.
- Si el conocimiento que se espera obtener no se puede obtener por ningún otro método idóneo debe de explicarlo.
- Se debe de indicar las garantías y los riesgos de seguridad que se otorguen a los participantes.

IV. RESULTADOS

En esta investigación se realizaron estudios hidrográficos y oceanográficos tienen como objeto facilitar información importante y útil para un correcto diseño de la estructura que ayudara a recuperar el balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera, es importante realizar este tipo de estudios con el único fin de garantizar la inexistencia de fallas durante la construcción y operación en dichas estructuras marinas. Para ello, los datos e información recaudada de estos estudios serán lo suficientemente precisos y así evitar inconvenientes.

Los estudios oceanográficos están orientados, a definir las características del oleaje, y así determinar la posición de la estructura en estudio, cuyo objetivo primordial es producir el arenamiento natural en el área de estudio.

Con los estudios hidrográficos seremos capaces de determinar las condiciones físicas en las que se encuentra la playa del balneario de Huanchaco, es así como definiremos las dimensiones y clase de estructura que más se adecue a la playa y cause un menor impacto negativo a los turistas y pobladores de la zona.

4.1 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

4.1.1 Olas

El oleaje en el litoral, se estudia de acuerdo a la altura de las olas en aguas profundas y la zona de rompiente, es relevante conocer las áreas de incidencia de oleajes en la zona de estudio, principalmente del balneario de Huanchaco de la zona más afectada, distrito de Huanchaco, en el que se ubicará el dique sumergido de esta manera protegeremos la playa de Huanchaco.

Las frecuencias de mediciones de las olas se dan por lo general, a través de la variación de alturas que se pronuncian durante todo el año, estas variaciones son pequeñas, pero mediante bravesas del mar pueden ocurrir variaciones grandes muy inesperadamente, donde las bravesas del mar son periodos de olas tipo "Swell", que en las costas del Perú tienen una ocurrencia normalmente de 4 o 6 días constantes que afectan gran parte del litoral.

Las mediciones de frecuencia se registran en cualquier lugar dependiendo de las condiciones locales. Por lo que se recomienda hacer mediciones por lo menos una vez al día, pero los vientos costeros son variables durante el día es por ello que es conveniente realizar mediciones más frecuentes.

La duración de mediciones de oleaje se recomienda medir en cualquier zona en un tiempo no menor a un año, para obtener una información más específica y de diseño confiable. El dato a utilizar de mediciones de olas nos proporcionara la Marina de Guerra del Perú.

4.1.2 Tipos de olas

Sea, es el tipo de ola que no se ha tomado en cuenta para el proyecto de investigación, esto se debe a que en la zona de estudio este tipo de olas se dan en periodos muy cortos, de escasa ocurrencia y poca altura.

Swell, es el tipo de que se tomó en cuenta en nuestro proyecto de investigación, este tipo de oleaje es la fuente principal que nos va permitir encontrar las alturas requeridas para diseñar y determinar una incidencia dinámica en el balneario de Huanchaco.

La importancia de refracción del oleaje se da prácticamente en todas las estructuras marítimas que se construyen en aguas bajas o intermedias con el propósito de recuperar y/o proteger nuestras playas, por lo cual las olas sufren cambios considerablemente debido a este efecto.

La investigación de este fenómeno es materia de estudio obligada para las especificaciones de las características del oleaje y sus acciones, porque con ello se va a precisar la altura de ola de diseño en cualquier punto así mismo la profundidad y el transporte de sedimentos que nos permitirá calcular la tendencia y magnitud de transporte litoral.

De acuerdo con las estadísticas de olas observadas en la costa central del Perú, toda el área de estudio delimitó la dirección de las olas. Según la Armada del Perú, se ha determinado que el 65.4% de las olas provienen del sur, mientras que el 16.9% al suroeste y sureste representó el 15,4%. Por tanto, debido al efecto del fondo y / o obstáculos como islas, cuanto más cerca estén de la costa, las olas cambiarán o redireccionarán su dirección,

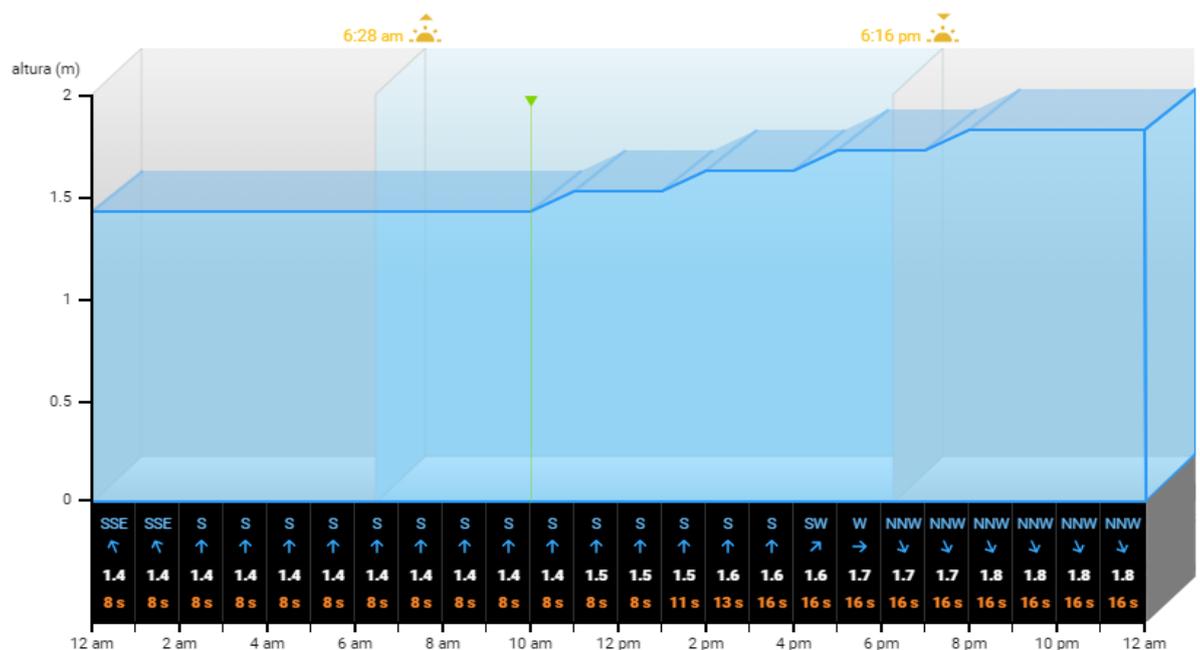
produciendo fenómenos denominados refracción y difracción, respectivamente.

4.1.3 Distribución de alturas y direcciones del oleaje

Según los estudios realizados del Sailing Directions que se basa en observaciones visuales de barcos mercantes, se obtuvieron datos sobre la ocurrencia de las olas en porcentajes de tiempo por direcciones son exactos sobre alturas de las olas, estos datos tienen fiabilidad para zonas de aguas profundas y áreas muy extensas.

Olas en aguas de poca profundidad, para estas olas se realizó mediciones según la exigencia de distribución de alturas en olas del área de interés. los diagramas de refracción, permitirá calcular la altura de las olas en las zonas de poca profundidad, además de ello es importante los datos que nos brindara la Marina de Guerra del Perú en base a esa data se determinara la dirección predominante del frente de olas a la costa. los sentidos de ola para el estudio se han utilizado las direcciones del Suroeste.

Figura N° 13



Olas Swell. Fuente: Tabla de mareas – Huanchaco, Trujillo 2020.

4.1.4 Cálculo de la altura de las olas.

El período de olas en aguas profundas, es información brindada por la marina de guerra del Perú y de la batimetría obtenida con respecto a la zona de estudio, la altura de la ola se calculó según las variaciones del relieve marino correspondiente en la zona de estudio.

Según información referenciada que nos otorgó la marina de guerra del Perú efectuó el estudio, en la tabla N° 1, las alturas a utilizar son de 1.8 metros, que representa la mayor altura significativa de cada mes y 3.6 m la altura máxima de ola significativa.

Tabla N° 1.

AÑO/MES	Promedio de altura de olas significativas (m)								Promedio de alturas maximas de olas significantes (m)							
	alturas max y min							H.sig	alturas max y min							H. max sig
	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do		Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Do	
2020																
Marzo	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5	2.9
Abril	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	3.3
Mayo	1.2	1.2	1.5	1.6	1.3	1.3	1.5	1.4	1.2	1.2	1.5	1.6	1.3	1.3	1.5	2.7
Junio	1.7	1.8	1.9	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9	1.7	1.8	1.8	1.8	3.6
Julio	1.8	1.6	1.6	1.9	1.5	1.5	1.8	1.7	1.8	1.6	1.6	1.9	1.5	1.5	1.8	3.3

Promedio Mensual de alturas de olas significantes. Fuente: Marina de guerra del Perú 2020

Figura N° 14



Datos diarios de las condiciones oceanográficas de Huanchaco. Fuente: tabla de mareas, julio 2020.

De la base de datos obtenidas de las mediciones de oleajes de los meses que indica en la tabla N° 1, observamos que la altura significativa promedio es de 1.8 m, y una altura máxima significativa de 3.6 m, estos datos utilizaremos en el siguiente calculo.

La altura de una ola en aguas profundas está dada por la siguiente fórmula:

$$H_o = \frac{H_s}{K_r * K_s * K_d}$$

Dónde:

H_o = Altura de olas en aguas profundas

H_s = Altura significativa en aguas poco profundas

K_r = Coeficiente de refracción

K_s = Coeficiente de poca profundidad

K_d = Coeficiente de difracción

Se tiene:

$K_r = 0.896$

$K_d = 1$, No hay difracción en la zona en estudio

$K_s = 0.9806$ (Tabla de Wiegle)

Los datos de K_r , K_d y K_s se obtienen de la COMISIÓN PERMANENTE DEL PACIFICO SUR – CPPS.

la clasificación de períodos promedios se obtiene un período promedio máximo de $T = 15.4$ s.

L_o = longitud de ola en aguas profundas = $1.56 \times T^2 = 369.97$ m.

$L_o = 1.56 \times 15.4^2$

$L_o = 369.97$ m.

Remplazando en la formula mencionada.

$$H_o = \frac{3.6}{0.896 \times 0.9806 \times 1} = 4.10 \text{ m.}$$

$$H_o = \frac{1.8}{0.896 \times 0.9806 \times 1} = 2.05 \text{ m.}$$

los siguientes coeficientes de refracción (K_r) para 20, 10 y 5 m de profundidad.

Tabla N° 2.

Profundidad (m)	Coeficiente de Refracción (Kr)	
	Dirección Suroeste	Dirección Oeste
20	0.8771	0.5222
10	0.7845	0.4264
5	0.5064	0.3224

Coeficientes de refracción. Fuente: Hurtado y García 2013.

Cálculo de altura de ola a 20 m de profundidad ($K_s = 0.9806$)

$$H_s = H_o * K_r * K_s * K_d$$

Dirección Suroeste

$$H_s = 4.10 * 0.8771 * 0.9806 * 1 = 3.53 \text{ m}$$

$$H_s = 2.05 * 0.8771 * 0.9806 * 1 = 1.76 \text{ m}$$

Dirección Oeste

$$H_s = 4.10 * 0.5222 * 0.9806 * 1 = 2.10 \text{ m}$$

$$H_s = 2.05 * 0.5222 * 0.9806 * 1 = 1.05 \text{ m}$$

Cálculo de altura de ola a 10 m de profundidad ($K_s = 1.1010$)

Dirección Suroeste

$$H_s = 4.10 * 0.7845 * 1.1010 * 1 = 3.54 \text{ m}$$

$$H_s = 2.05 * 0.7845 * 1.1010 * 1 = 1.77 \text{ m}$$

Dirección Oeste

$$H_s = 4.10 * 0.4264 * 1.1010 * 1 = 1.92 \text{ m}$$

$$H_s = 2.05 * 0.4264 * 1.1010 * 1 = 0.96 \text{ m}$$

Cálculo de altura de ola a 5 m de profundidad ($K_s = 1.2850$)

Dirección Suroeste

$$H_s = 4.10 * 0.5064 * 1.2850 * 1 = 2.67 \text{ m}$$

$$H_s = 2.05 * 0.5064 * 1.2850 * 1 = 1.33 \text{ m}$$

Dirección Oeste

$$H_s = 4.10 * 0.3224 * 1.2850 * 1 = 1.70 \text{ m}$$

$$H_s = 2.05 * 0.3224 * 1.2850 * 1 = 0.85 \text{ m}$$

4.1.5 Cálculo de altura de olas en rompiente

Se calcula la altura de ola en zonas de rompientes, considerando la dirección de olas más frecuente en este caso es la de suroeste en la playa de Huanchaco.

Para el cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{H'_0}{H_0} = Kr$$

Dónde:

$$H_0 = 2.05 \text{ m y } 4.10 \text{ m}$$

$$Kr = 0.5064 \text{ (Ver tabla 0.2) para una profundidad de 5 m}$$

Cálculo de H'_0 :

$$H'_0 = 0.5064 \times 2.05 = 1.04 \text{ m}$$

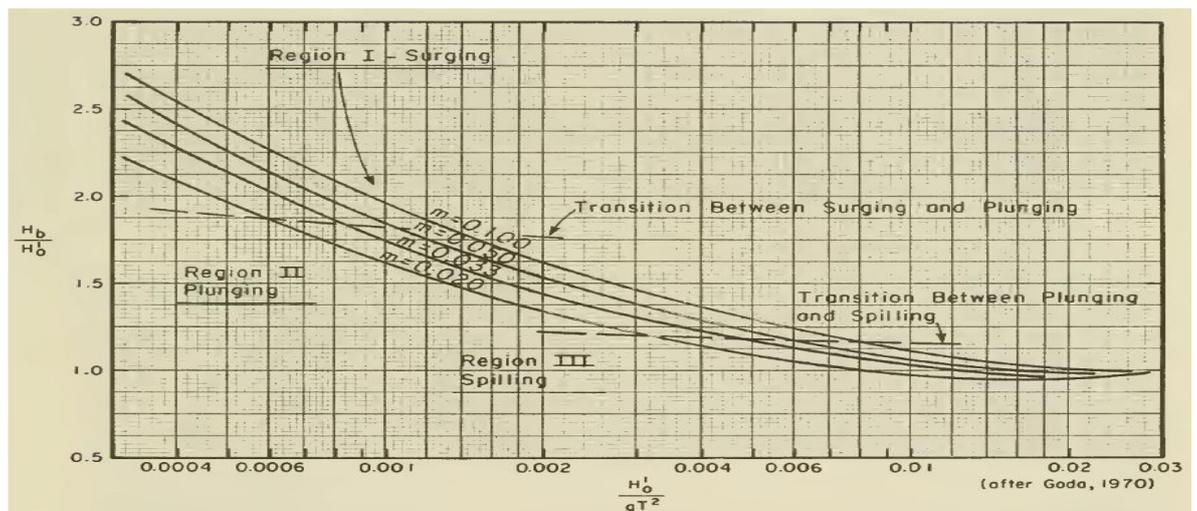
$$H'_0 = 0.5064 \times 4.10 = 2.08 \text{ m}$$

Se evaluó:

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{1.04}{2326.5} = 0.000447$$

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{2.06}{2326.5} = 0.000885$$

Figura N° 15



Índice de alturas de rompientes vs pendiente en olas en aguas profundas.

Fuente: Hurtado y García 2013.

Cálculo de la pendiente:

Donde 5 es la profundidad con la que se está trabajando

$$m = 5/100 = 0.05$$

Por lo tanto, en la imagen N° 16, se ingresa el valor H'_0/gT^2 ya calculado, interceptamos en la curva con la pendiente (0.05), el cual da como resultado los siguientes valores:

$$H_b/H'_0 = 2.42 \quad H_b = 2.42 \times 1.04 = 2.52 \text{ m}$$

$$H_b/H'_0 = 1.98 \quad H_b = 1.98 \times 2.08 = 4.12 \text{ m}$$

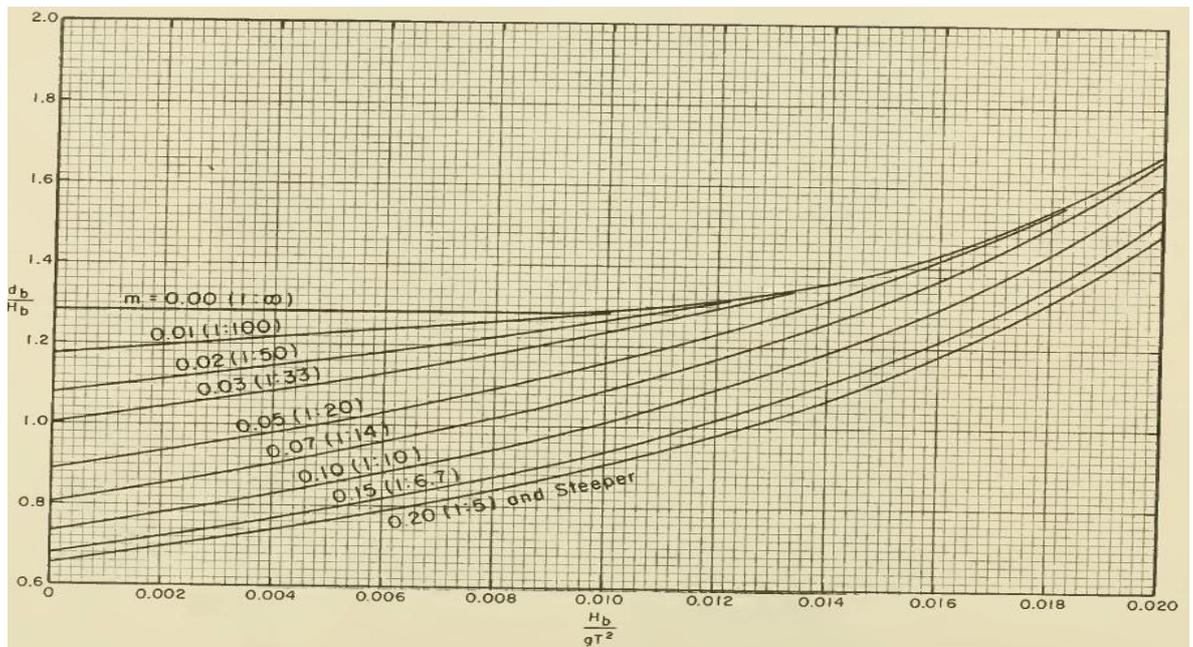
4.1.6 Cálculo de la profundidad de la ola cuando rompe

Evaluamos:

$$H'_0/gT^2 = 2.52/2326.5 = 0.00237$$

$$H'_0/gT^2 = 4.12/2326.5 = 0.00177$$

Figura N° 16



Dimensiones de profundidades en rompientes vs pendiente de rompientes.

Fuente: Hurtado y García 2013.

De la imagen 0.3 obtenemos los siguientes datos:

$$d_b/H_b = 0.95$$

$$d_b = 0.95 \times 2.52 = 2.39 \text{ m}$$

$$d_b/H_b = 0.92$$

$$d_b = 0.92 \times 4.12 = 3.79 \text{ m}$$

4.1.7 Características del oleaje en el balneario de Huanchaco Trujillo

Según la altura de ola cuando rompe, en base al cálculo obtenido del proyecto es de 2.52 m y 4.12 m, para calcular las alturas de ola significativa y significativa máxima, se obtuvo que el lecho marino de la rompiente de 2.39 y 3.79 m, respectivamente. Por consecuencia notamos que una ola rompe cuando la altura de profundidad es menor a la altura de cresta, esto se da relativamente por la pendiente; entonces podemos decir que las grandes olas formadas en aguas profundas rompen a una pronunciada distancia de la costa marina, comparado con olas de menor tamaño que rompen muy cerca a la costa marina, por otro lado, las olas que tiene menos de 1 metro de altura, siguen su curso y no rompen cuando llegan a la orilla de la playa.

4.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS Y MAREAS

4.2.1 Transporte de sedimentos

Este tipo de estudio en consecuencia es muy importante, para predecir las condiciones de erosión, equilibrio y calcular la cantidad de sedimento involucrado en la zona de estudio.

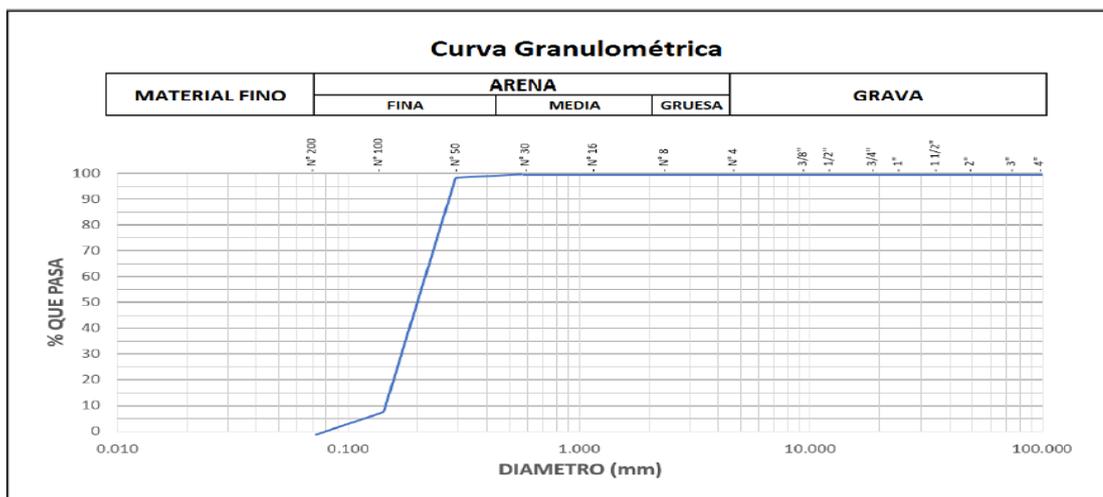
Para el área de estudio cabe destacar que es pequeña, por eso solo se tomarán 3 muestras de sedimentos en el fondo marino, tomados como referencia de la tesis de la universidad de Ricardo Palma realizada en el club terrazas de la ciudad de Lima. De los resultados de estas muestras se obtuvieron lo siguiente:

Tabla N° 3

Tamiz	Diametro (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Corregido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 16	1.180	1.00	1.00	0.20	0.20	99.80
Nº 30	0.600	1.50	1.50	0.30	0.50	99.50
Nº 50	0.300	10.50	10.50	2.10	2.60	97.40
Nº 100	0.150	440.50	438.50	87.70	90.30	9.70
Nº 200	0.075	48.50	48.50	9.70	100.00	0.00
Fondo	-----	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Total		502.00	500.00	100.00	-----	-----

Tabla 0.3. Granulometría de la playa N°3 de Club Regatas Lima. Fuente: Hurtado y García 2013.

Figura N° 17



Estudio de granulometría, via tamizado de los sedimentos de la playa N°3 de Club Regatas Lima. Fuente: Hurtado y García 2013.

La dinámica de transporte de sedimentos por ende se da mediante fórmulas empíricas, pero estas resultan a veces poco confiables, por existir un gran número de estas, que son desarrollados por distintos investigadores según las condiciones diferentes. Pero estas fórmulas coinciden que la energía producida sobre que la playa es la principal causa del acarreo de sedimentos de nuestro litoral. Para nuestro proyecto utilizaremos la fórmula de CERC (Coastal Engineering Reseach Center) para el cálculo de transporte de sedimentos.

La fórmula relaciona el componente de flujo de energía sobre la playa con el coeficiente de proporcionalidad que se obtiene en modelos reducidos y en la naturaleza. En esta fórmula su limitación es que no brinda una distribución adecuada de transporte en el área de rompiente, razón por lo que solo es válida para arenas de 0.2 a 0.5 mm, la pendiente de playa y la acción de factores como las corrientes no se considera ni se involucran en la fórmula.

$$S = A X E_a$$

Donde:

$$T = 15.4 \text{ s}$$

$$L_o = 369.97 \text{ m (longitud de ola)}$$

$$S = \text{Transporte litoral (m}^3\text{/s/m)}$$

$$E_a = \text{Componente de flujo de energía sobre la costa}$$

$$E_a = E_o \times k_{rbr} \times \sin\phi_{br}$$

E_o = Flujo de energía en aguas profundas en la dirección de propagación de la ola.

$$E_o = H_o^2 \times C_o$$

$$H_o = 2.05 \text{ m (altura de olas en aguas profundas)}$$

$$C_o = L/T = 24.02 \text{ m/s (celeridad de olas en aguas profundas)}$$

k_{rbr} = Coeficiente de refracción en la parte exterior de la zona de rompientes.

ϕ_{br} = Angulo entre la cresta de la ola y la costa de la parte exterior en la zona de rompientes.

$$A = 0.025 \text{ (constante de proporcionalidad)}$$

Entonces:

$$S = A \times H_o^2 \times C_o \times k_{rbr}^2 \times \sin\phi_{br}$$

La constante de proporcionalidad son cálculos que realizaron diferentes investigadores, como también para diferentes alturas de olas se tiene la siguiente tabla.

Tabla N° 4

Investigador	Coficiente	Altura de ola Característica	Observaciones
CERC (Original)	0.014 0.028	Hsig Hrms	Hsig= Altura de ola significante. Hrms= Altura de ola media cuadrática.
Shore Protection Manual (1973)	0.025	Hsig	
Kanar (1976)	0.049	Hsig	
Svavsek (1969)	0.039		
Delft University of Technology Program	0.039	Hrms	

Tabla de constantes de proporcionalidad, Silva 2006. Fuente: Hurtado y García.

Remplazamos en la fórmula que se tiene:

$$S = 0.025 \times 2.05^2 \times 24.02 \times 0.5064^2 \times \sin 3^\circ \times \cos 3^\circ$$

$$S = 0.03382$$

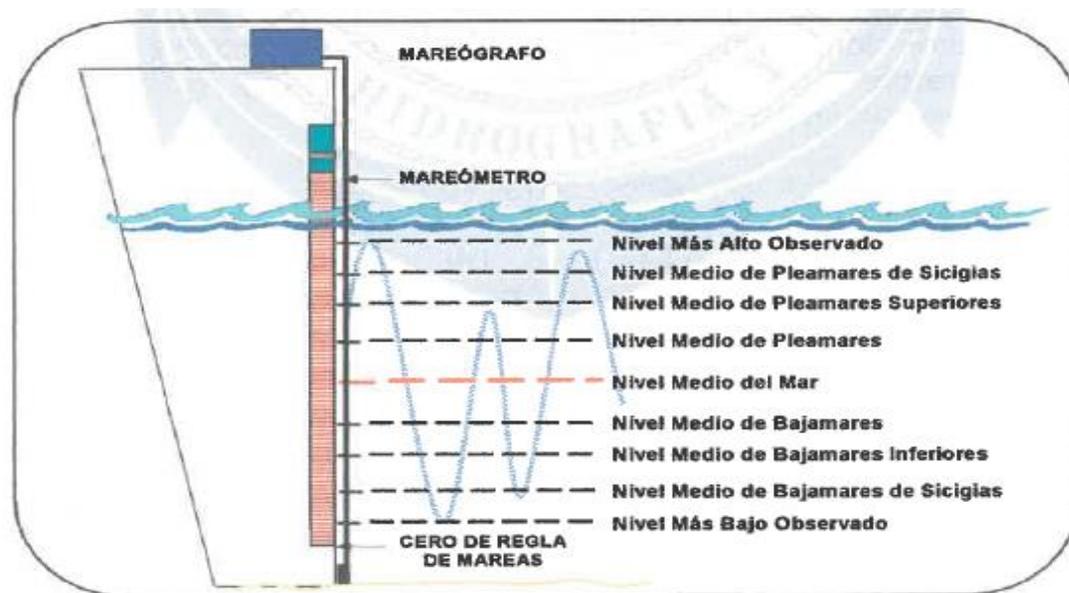
$$S = 0.03382 \times 365 \times 24 \times 3600 = 1066,547 \frac{m^3}{año} \times ml$$

4.2.2 Mareas

El estudio de mareas es importante porque con ello se obtiene planos de referencia, para determinar la diferencia de alturas que poseen los accidentes topográficos como también las profundidades del mar, permiten conocer la topografía de las zonas ribereñas aledañas a la zona de estudio y así establecer linderos para el diseño de estructuras en áreas costeras y la dinámica de áreas con respecto a sus amplitudes.

Se requiere la determinación de características de mareas para el área de estudio, se ha utilizado los registros existentes de la estación mareográfica de Salaverry, por su proximidad y su área de influencia, que cubre un radio de 50 km; por tanto, las mareas en la zona de interés reflejan gran semejanza a la registrada por dicha estación que se encuentra ubicada en el terminal portuario de Salaverry.

Figura N° 18



Esquema representativo de los niveles de referencia mareográficas. Fuente: Marina de guerra del Perú 2020

Tabla N° 5

Niveles de Referencia Mareográficas de Salaverry (metros)		
Nivel o Cota	Alturas en metros referidas al:	
	Nivel Medio del Mar (NMM)	Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)
Nivel Medio del Mar (NMM - MSL)	0.00	+ 0.62
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO - MLWS)	- 0.62	0.00

Se muestran los principales planos o niveles de referencia mareográficas de Salaverry. Fuente: Marina de guerra del Perú.

En esta localidad las mareas tienen una amplitud media de 0.78 m, la amplitud durante mareas de siglas (ocurrencia de luna llena o nueva) alcanzan valores de 1.31 m; estos valores corresponden a una marea microtidal, esto quiere decir presentan amplitudes menores de 2 m.

4.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

En Julio del 2020, se realizó un levantamiento topográfico en el balneario de Huanchaco, de la playa y ante playa, además del muelle que forma parte de la misma playa, del cual se obtuvo la siguiente información.

Para este tipo de levantamiento se empleó un sistema de coordenadas rectangulares, proyección U.T.M., zona 18, meridiano central 75°. La representación del área levantada, se muestra en el Plano adjunto a una escala de 1:500.

4.3.1 Levantamiento Topográfico

Con este tipo de levantamiento buscamos verificar los datos que se considera necesarios para luego representar gráficamente los diferentes rasgos naturales que se encuentran en el área de playa y sus alrededores, también los detalles o puntos de interés construidos en la zona de estudio.

La cota de la estación ocupada, se ejecuta para realizar las mediciones necesarias referidas sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Las mediciones acerca de dicho levantamiento se llevaron a cabo con un equipo especial llamado estación Total Óptica, la cual funciona proyectando rayos infrarrojos a los prismas, los cuales están apoyados sobre bastones de aplomar a distancias adecuadamente distribuidas en el terreno natural, luego obtener la cantidad necesaria de mediciones que nos permita representar con mayor precisión los relieves terrestres de la zona levantada, de tal manera se dibujó en el programa AutoCAD según la información obtenida que se descargó de la estación total al programa topográfico Autodesk Land Desktop del área de estudio.

4.3.2 Levantamiento batimétrico

Este es un método para medir relieves submarinos en el área de la zona de rompientes, es básicamente igual o parecido al levantamiento topográfico que se ejecutó en el área del balneario de Huanchaco, con la diferencia que este estudio tiene como finalidad la medición de los desniveles del lecho marino, y se utilizó una cuerda graduada de 1 o 5 metros sometida hacia un plomo para que pueda sumergirse y calcular la profundidad, para facilitar la manipulación

se hizo uso del alquiler de un caballito de totora y con la ayuda del prisma se estabilizaba la cuerda de manera vertical, posteriormente desde la estación total, se realizó la toma de coordenadas (x,y,z) del lecho marino.

Luego de la recolección de datos se utilizará el programa AutoCAD Civil 3D, en el cual se generará el área alrededor de la superficie de la playa de Huanchaco y se realizarán diferentes contornos de manera adecuada. (Ver plano 02).

4.4 ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA LA PROTECCIÓN COSTERA

4.4.1. Hidrodinámica en el entorno de un dique exento

las construcciones de diques exentos pueden inducir ciertos cambios en la hidrodinámica costera, afectado a las corrientes litorales y el transporte de sólidos. A su alrededor se originan flujos de sedimentos y agua de gran relevancia, este tipo de construcción desde el punto de vista morfológico, constituye un mecanismo dominante en la costa

con la construcción de un dique exento, el oleaje no dañara a la playa debido a la acción de resguardo producida por esta estructura, los principales efectos que se generaran en esta zona son:

- Reducción significativa de la velocidad y la altura de las olas.
- Evitar la erosión sedimentaria en los tramos donde se ubicará la estructura.
- Aumentar el periodo de vida de un banco de arena en la zona.
- Recuperar playas que hayan sido erosionadas o crear nuevas playas que antes no existían.

Debido a la barrera artificial que supone el dique exento, parte de la energía de las olas incidentes es reflejada, disipada, y una menor parte ingresa a la zona protegida.

Un dique exento genera protección de manera parcial; mediante este tipo de estructuras no se puede perseguir un espejo de agua, como los que existen en una dársena portuaria, esto se debe a que a la zona de resguardo aun penetra energía producida por el oleaje incidente, generalmente es emitida por difracción por ambos extremos de la estructura, la energía también es

emitida por transmisión esto se da a través del dique exento y también la energía incide por encima de la estructura a esto se le conoce como rebase. Siendo de consideración que la obra no debe de ser situada a una gran distancia de costa, ya que la sombra ofrecida por la estructura debido accionar del oleaje, y este accionar puede no recaer sobre la estructura y entonces el efecto que este causaría sobre la morfología costera puede ser parcialmente nulo.

Puesto que los diques en su mayoría son construidos en aguas poco profundas, y sabiendo que la batimetría local es la condicionante del oleaje en la zona protegida, este estudio también determina la rotura de las olas, seguido del ancho de la zona surf o de rompientes. Las irregularidades batimétricas interrumpen los patrones de corrientes en la zona de estudio, esto se deberá a la presencia del dique exento.

Existen 2 fenómenos que son provocados por la construcción de un dique exento y estos son:

- El efecto de difracción
- El efecto de transmisión de energía del oleaje.

Estos fenómenos afectan al transporte de sedimentos en el área resguardada. Cuando se ve interrumpida la uniformidad del transporte longitudinal de sedimentos se empiezan a notar cambios en la línea de playa de una determinada área.

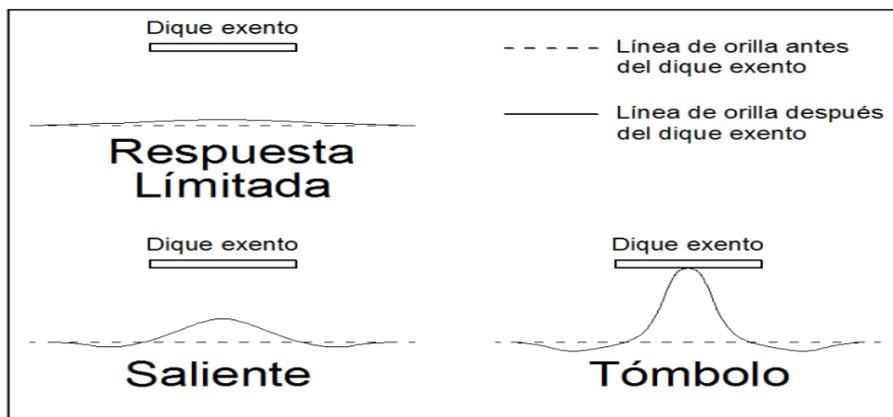
Cabe resaltar que, con la presencia del dique exento, la respuesta de la costa no será inmediata, tampoco será cuestión de semanas, sino con el transcurrir de los años podremos apreciar los efectos que causa la estructura en la línea de costa de la playa afectada por la erosión costera, es por ello que el diseño de este tipo de estructuras se debe de tomar con seriedad e importancia, ya que las consecuencias pueden llegar a ser difícilmente reparables debido a cualquier error de precisión o cálculo que se pudo cometer.

4.4.2 Respuesta de la costa tras un dique o sistema de diques exentos.

Actualmente existen una varianza de fórmulas que nos permiten descifrar cual será la respuesta morfológica de la playa ante una estructura, ya sea un dique exento u otros. Es muy importante contar con un estudio de las condiciones hidrodinámicas del sitio de estudio, debido a que es de suma importancia los factores geométricos y así poder establecer la relación que más nos conviene usar, para obtener los resultados esperados, para el correcto desarrollo del proyecto de tesis.

Con la construcción de un dique o sistema de diques exentos, se tendrá como consecuencia cierto depósito de sedimentos en dicha zona, se generarán cambios en la orilla de playa; desentendiendo de esta reacción de la costa, esta se puede clasificar como: tómbolo, Hemitómbolo o saliente y punta de arena si el efecto visto es escaso o prácticamente nulo.

Figura N°19



Respuestas según la presencia de un dique exento. Fuente: Hurtado y García (2013)

Respuesta limitada o nula: los cambios provocados en la línea de costa son casi imperceptibles, y esto se da principalmente debido a 2 situaciones.

- El dique debe de ser orientado en relación a la dirección del oleaje dominante, de lo contrario la difracción provocada no tendrá los resultados esperados en la parte de la costa situado en la parte posterior. En estos casos mayormente predominan las consideraciones de parámetros geométricos en el pre diseño

de dique exento, y carecen de información hidrodinámica, información esencial para un correcto diseño.

- La casi inexistencia del sedimento que puede ser movilizado. En este caso extremo solo se da en caso de que no exista playa, por el contrario, solo se encuentre una zona totalmente urbanizada, en este caso por más diques que se construyan, el sedimento para retener sería demasiado escaso.

Hemitómbolo o saliente: se da cuando se genera un depósito de sedimento tras el dique, esto sucede cuando la nueva línea de costa no entra en contacto con la obra. En esta situación la acción del oleaje permite un efecto de difracción, habilitando el transporte longitudinal de sedimentos en la parte posterior al dique, esto solo sucederá si el oleaje es lo suficientemente importante (por lo menos ocasionalmente), y mediante este accionar las olas se llevarían el nuevo sedimento movilizado, evitando por completo que el dique establezca conexión completa con la playa.

Figura N°20



Formación de Saliente – efecto de difracción de las olas con respecto un dique exento. Fuente: Google Earth, 2020

Tómbolo: es la formación de un banco de arena en la parte protegida por el dique exento, este banco de arena es tal que permite la unión entre la estructura y la línea de orilla de la costa, esta situación se da cuando la gradiente de la altura de la ola llega al impacto con la estructura, esta es lo suficientemente alta en la parte posterior como para atraer y retener una gran

cantidad de sedimentos situados en las cercanías, que posteriormente se van ubicando en las inmediaciones de la obra.

Figura N°21



Retención de sedimentos y creación de tómbolos. Fuente: Google Earth. 2020

Cuando hablamos de diques exentos sumergidos, estos presentan dificultad en su diseño para un punto de vista funcional. Esto se debe a que son muy sensibles a las alteraciones del nivel marino, así también como al oleaje anómalo, debido a que estas alteraciones modificaran el valor calculado al principio para el francobordo, limitando a la estructura y haciendo que esta solo tenga un comportamiento operacional bajo determinadas condiciones. Cabe resaltar que no siempre la construcción de un dique trae los resultados deseados, estos también pueden dar como respuesta a la costa una acción erosiva, todo esto dependerá de la distancia a la cual se encuentre el dique exento de la orilla.

En el diseño de un dique sumergido se toma muy en cuenta el factor de la ubicación de dicha estructura, ya sea fuera o dentro de la zona de rompientes o "zona surf". Cuando la estructura está ubicada dentro de la zona surf, y al incrementar la separación entre el dique a la costa y el ancho de la zona surf, y el agua que pasa sobre la coronación de la estructura y que se dispersan hacia el exterior de la zona protegida por ambos lados de esta, se va en aumento. Esto causa la generación de una mayor turbulencia en la parte inferior del área protegida, lo que genera un mayor transporte del sedimento

hacia el exterior, y como consecuencia se presenta una situación donde empieza a predominar la erosión. Por otra parte, si el dique exento sumergido se ubica fuera de la zona surf esta estructura gana predominio en cuanto al efecto de difracción, debido a que se aproxima la estructura con la línea de rompiente, como consecuencia se tiene un aumento de gradientes de altura en olas, terminando con un incremento del transporte de sedimentos en dirección al interior de la zona protegida.

Nir, en 1892, realizó un estudio sobre el tiempo que tardaría para que la costa alcance su recuperación, una vez construido un dique o sistema de diques exentos, según resultados el tiempo de regeneración de la playa depende mucho de las condiciones locales tanto de la disponibilidad de sedimentos como el clima marítimo. Indicando que la gran parte de los tómbolos llegan a acumular hasta la mitad de su volumen final, en tan solo 1 o 2 años transcurridos. Sin embargo, el dique exento cumple su objetivo de equilibrio en alrededor de 5 o 6 años de haberse construido, debido a que el tómbolo o saliente formado ocupa aproximadamente de un 25% a un 75% de la zona protegida, deduciendo que la acumulación de sedimentos es mayor entre los primeros años después de haberse construido la estructura que en una segunda etapa.

Tabla N°6

Site	Time (years) for tombolo volume to go from		Total years
	0-50%	50-100%	
Carmel Beach	3.23	2.60	5.83
Netanya (south)	1.06	3.52	4.58
Netanya (north)	1.56	2.10	3.66
Tel Aviv 1	1.50	4.07	5.57
Tel Aviv 2	3.15	2.66	5.81

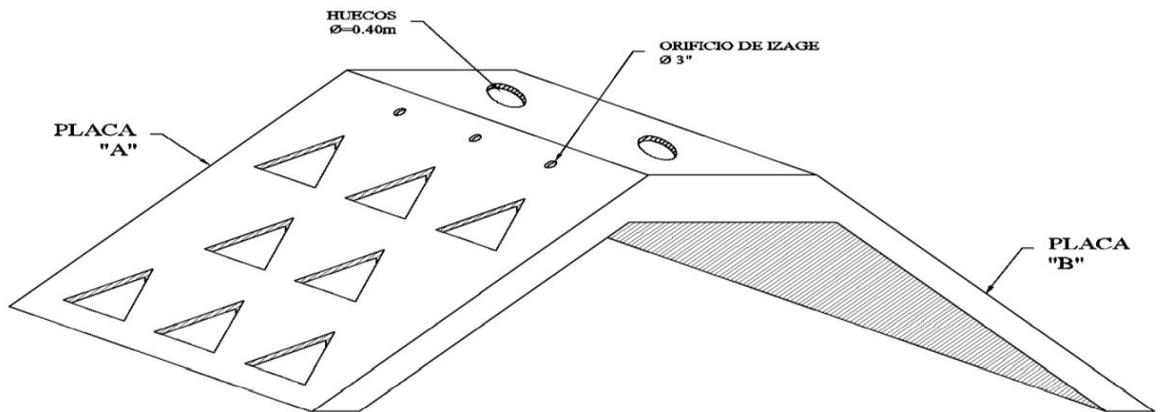
Tiempo que tardan en formarse los tómbolos. Fuente: Nir, 1982.

4.4.3 Propuesta de diseño

Una vez concluida las investigaciones y habiendo documentado las experiencias de los países del mundo al problema de la erosión costera, procedemos a plantear una solución, que consideramos con seguridad funcionará, y protegerá al balneario de Huanchaco de la braveza del mar.

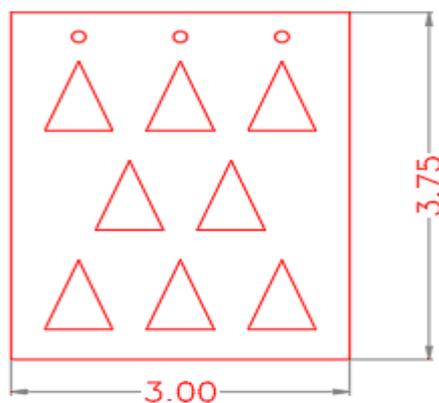
Según la necesidad que posee el balneario de Huanchaco, se plantea el diseño de estructuras prefabricadas. A continuación, detallamos el procedimiento y métodos que utilizamos, para poder diseñar la estructura antes mencionada.

Figura N°22



Propuesta de diseño. Fuente: propia, 2020

Figura N°23



Diseño de las placas "A" y "B" de la estructura prefabricada. Fuente: propia, 2020

4.4.3.1 Periodo de retorno

El periodo de retorno a utilizar para el diseño de la estructura prefabricada, se debe considerar la relación de la probabilidad de las alturas de las olas, la vida útil de la estructura y la cantidad de riesgo existente para una posible falla admisible.

El riesgo de la falla admisible en función del periodo de retorno y el tiempo de vida útil de la estructura viene dado por la siguiente formula:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad \text{Fuente: Ven Te Chow et al, 1988.}$$

La vida útil de una estructura es de n años, entonces mediante esta fórmula calculamos el periodo de retorno T, teniendo como riesgo de falla admisible R, que viene siendo la probabilidad de ocurrencia más alto de la creciente estudiada, en todo el periodo de vida útil de la estructura.

Tabla N°7

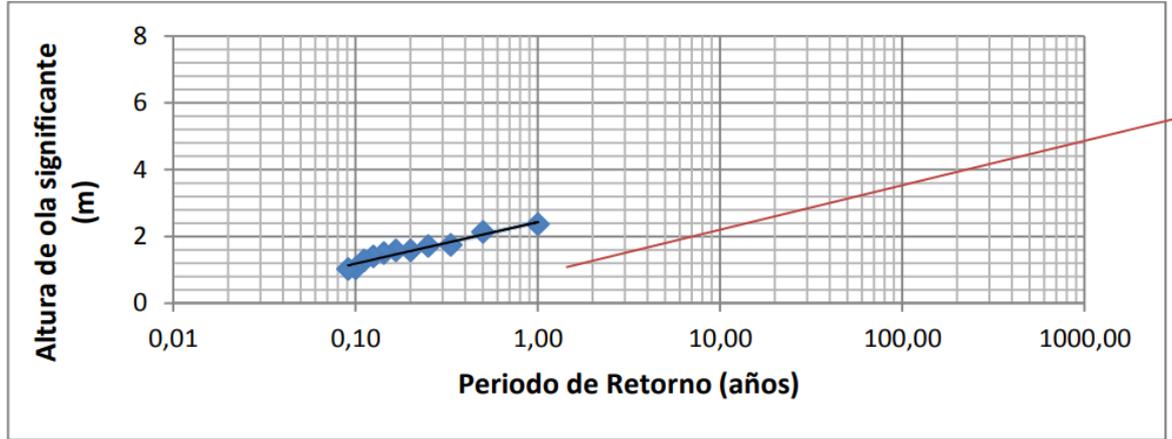
RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Valores de periodo de retorno T. Fuente: MONSALVE, 1999.

Según el interés de nuestro proyecto manifestamos que la vida útil de la estructura debe de ser de 25 años, y considerando que el riesgo admisible utilizado será del 25 %, ingresando estos datos a la tabla número 7,

obtenemos que el periodo de retorno $T=87$ años, dato que utilizaremos para calcular la altura de ola.

Figura N°24



Altitud de ola de diseño en función del tiempo de retorno. Fuente: propia, 2020.

Para obtener la altitud de diseño de 3.6 metros, se ingresa el periodo de retorno de 87 años, este se intercepta con la línea de tendencia, en la figura N°22.

4.4.3.2 Peso de la estructura

Debido a que la estructura diseñada está expuesta directamente al accionar del oleaje, el diseño de la unidad prefabricada se basará en determinar el peso requerido para así poder garantizar el equilibrio y la estabilidad de la estructura.

El método utilizado para garantizar que los elementos de protección sumergidos estarán estables, frente al accionar del oleaje, está dado por el Shore Protection Manual, en la siguiente versión:

$$W = \frac{\rho_c H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

Donde:

ρ_c = densidad del concreto (2.40 t/m^3)

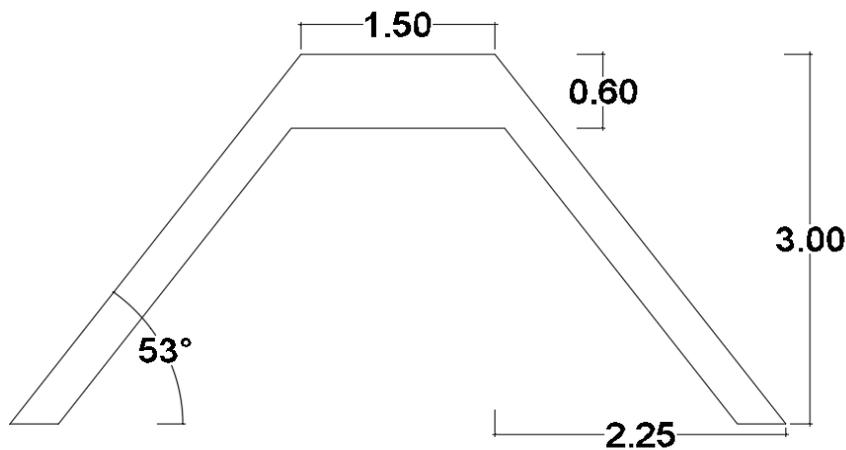
ρ_w = densidad del agua de mar (1.025 t/m^3)

S_r = relación densidad material de protección / densidad del agua. $S_r = \rho_c / \rho_w = 2.34$

H = altura significativa de la ola de diseño en el punto que se ubica la estructura

N_s^3 = número de estabilidad adimensional según SPM.

Figura N° 25



Vista lateral del diseño de la unidad prefabricada. Fuente: propia, 2020.

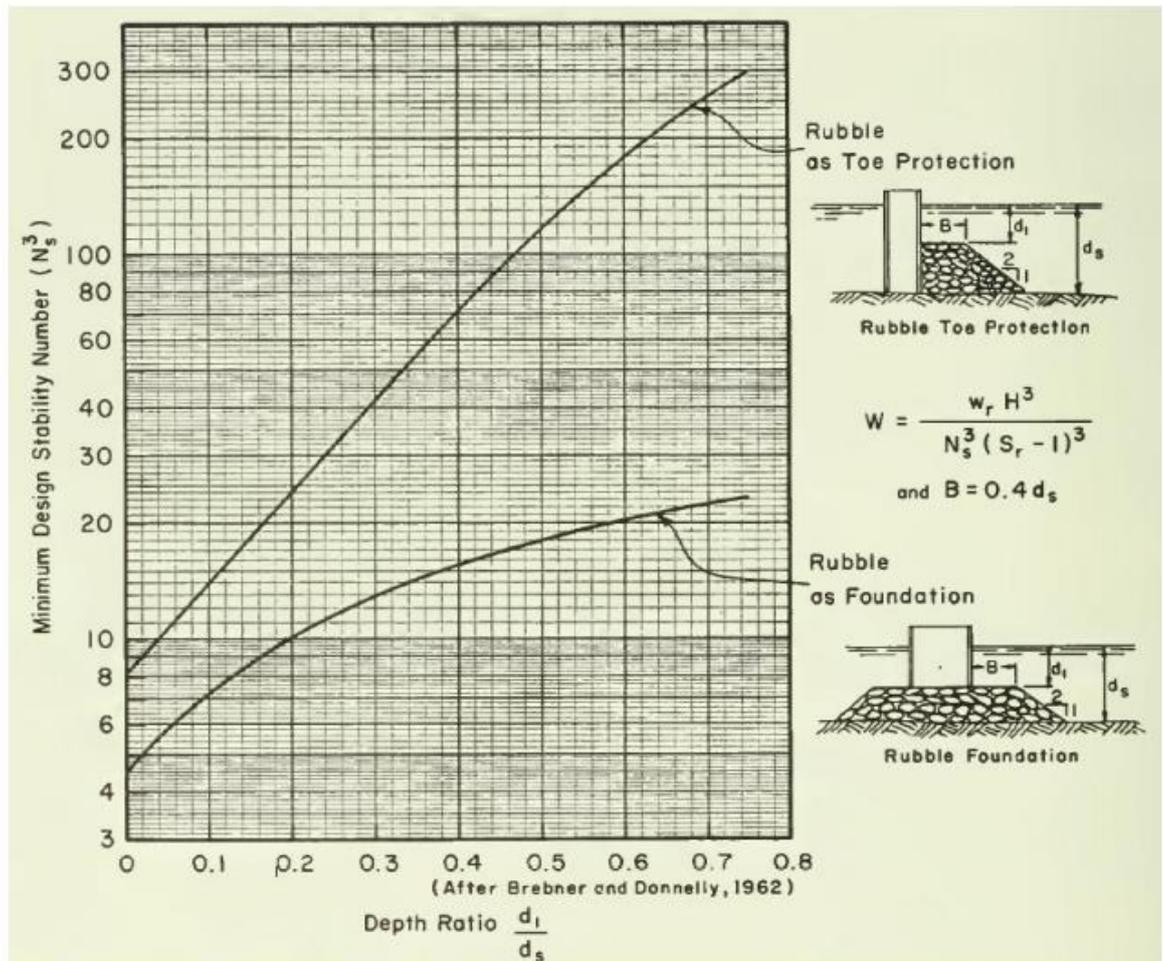
En la figura N° 23, se está representando una solución esquemática convencional. Pero el análisis tradicional y común que prima por el lado de la seguridad, debido a que se considera que una estructura al recibir todo el impacto del oleaje, esta impide que el flujo pase a través de ella.

En nuestro caso, las unidades prefabricadas propuestas, por sus orificios conceden que el flujo pase a través de ella, incrementando enormemente los factores de seguridad que existen contra esta estructura, como lo son las fallas por volteo y deslizamiento.

La unidad prefabricada posee una altura de $h=3$ metros, y esta será colocada a una batimetría de -0.3 metros ($d_s = 3$), con un borde libre de $d_l = 0.3$ metros, con estos datos tenemos una relación de $d_s/d_l = 0.09$.

Para el correcto análisis se utilizará un valor más desfavorable el cual equivale a $d_s/d_l = 0.08$, con este valor ingresamos a la figura N° 24, donde dicho valor será interceptado en la curva Rubble as Foundation, obteniendo como resultado $N_s^3 = 6.6$.

Figura N° 26



Numero de estabilidad N_s . Fuente: Coastal Engineering Research Center, 1984

Entonces se tiene que:

$$W = \frac{2.40 * 4.10^3}{6.6 * (2.34 - 1)^3} = 10.41 t$$

Sabiendo que:

$$m = p_r * vol_r = p_c * vol_c$$

entonces:

$$10.41 = 2.40 * \text{vol}_c$$

$$\text{vol}_c = 4.34 \text{ m}^3$$

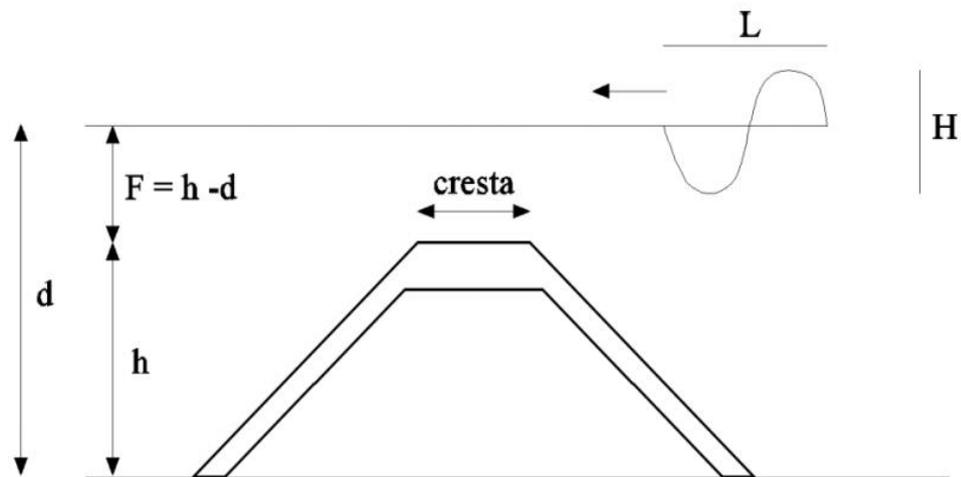
El diseño de las estructuras prefabricadas posee un volumen de 4.34 m^3 cada una

4.4.3.3 Transmisión del oleaje

Con el objetivo de controlar y estabilizar una playa, es necesario contar con una evaluación del oleaje, debido a que un exceso de transmisión por parte del oleaje causa serios problemas como pérdida de material sedimentario, y como consecuencia tenemos un retroceso en la línea de playa. También un exceso de reducción de la energía transmitida tiene como consecuencia la falta de circulación de agua con serios riesgos de un deterioro ambiental en el entorno de la playa.

La evaluación del parámetro de transmisión del oleaje resulta ser muy complicado, debido a que se necesita realizar un rol muy detallado de la propagación del oleaje, y un constante seguimiento. Sin embargo, en la actualidad se pueden definir parámetros más generales que se sostienen en el conocimiento de la estructura sumergida. Por lo tanto, la metodología de diseño para la estructura se basará en experiencia, de los cuales obtenemos parámetros concretos de cálculo. Estos parámetros serán ajustados a medida que se genere conocimiento local. Buscando un mayor control de la energía para no causar deterioros se aplicará un criterio conservador.

Figura N° 27



Definición conceptual de la estructura sumergida. Fuente: Propia, 2020

En la Figura N° 22, muestra que el parámetro primordial a evaluar para poder controlar la transmisión del oleaje, es el borde libre, y debido a que nuestra estructura es un dique sumergido, este tendrá signo negativo.

$$F = h - d$$

Donde:

F = borde libre

h = altura de la unidad prefabricada

d = profundidad

H = altura significativa de la ola de diseño en el punto que se ubica la estructura

El coeficiente de transmisión K_t , se define por el oleaje que sobrepasa la estructura, y está dado por la siguiente expresión:

$$K_t = H_t / H_i$$

Donde:

K_t = Coeficiente de transmisión.

H_t = Altura de ola transmitida.

H_i = altura de ola incidente antes de la estructura.

En este caso utilizaremos 2 fórmulas para evaluar y hallar el coeficiente de transmisión.

Formula de Seabrook y Hall (1998)

Con la realización de un análisis estadístico se dio con la fórmula para poder realizar el cálculo del coeficiente de transmisión en diques sumergidos, se consideró solo a las variables adimensionales que tienen mayor relevancia y que influyen en el proceso.

Tabla N°8

Autor:	Seabrook y Hall	Fecha:	1998	Referencia bibliográfica:	Seabrook y Hall (1998)
Formulación		Variables			
$K_t = 1 - \left(e^{-0,65 \frac{d_s}{H_i} - 1,09 \frac{H_i}{B}} + 0,047 \cdot \frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}} - 0,067 \cdot \frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}} \right)$		B (m)	Anchura de coronación		
<p><u>Rango de aplicación:</u></p> <p>La fórmula no da buenos resultados para valores extremos del ancho de coronación (valores de B muy grandes o muy pequeños), por lo que se recomienda no aplicarla fuera de los siguientes rangos:</p> $0 \leq \frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}} \leq 7,08$ $0 \leq \frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}} \leq 2,14$		d_s (m)	Francobordo		
		D_{50a} (m)	Diámetro medio nominal de las piezas del manto		
		H_i (m)	Altura de ola significativa incidente asemejada a la altura de ola espectral de momento centrado de orden cero ($H_{m,0}$)		
		K_t	Coeficiente de transmisión		
		L (m)	Longitud de onda del oleaje (no se define la profundidad)		
		$\frac{d_s}{H_i}$	Francobordo relativo (monomio que considera la rotura del oleaje)		
		$\frac{H_i}{B}$	Monomio representativo del fenómeno de rebase *		
		$\frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}}$	Monomio representativo del fenómeno de la disipación de energía en la coronación del dique		
		$\frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}}$	Monomio representativo de las pérdidas de energía por fricción interna		
Ensayos					
<p>- Ensayos de laboratorio (2D y 3D):</p> <p>- 2D (ensayos en canal): estructura sumergida con núcleo y manto, sobre plataforma elevada de contrachapado simulando una playa sumergida (dique en aguas someras). Nº de tests: 800, utilizando 13 geometrías distintas para el dique, 5 niveles de agua, oleaje regular e irregular (espectro Jonswap; 11 oleajes distintos combinando 4 alturas de ola y 3 periodos).</p> <p>- 3D (ensayos en tanque): estructura sumergida con núcleo y manto, sobre el fondo del tanque directamente. Tests realizados utilizando 3 geometrías distintas para el dique, 3 niveles de agua, oleaje irregular (espectro Jonswap; 11 oleajes distintos combinando 3 alturas de ola y 4 periodos; 100 repeticiones), incidencia normal (90°) y oblicua (60°).</p>					
Comentarios					
<p>- K_t es muy sensible a las variables d_s, B y H_i. El francobordo relativo (d_s/H_i) tiene gran influencia en condiciones de sumergencia reducidas mientras que el ancho de coronación tiene más importancia que el francobordo relativo en condiciones de sumergencia mayores.</p> <p>- Los resultados obtenidos con esta formulación siguen las tendencias de las curvas de Tanaka, especialmente en el caso de estructuras multicapa (convencionales) y sumergidas.</p> <p>- Validez: diques sumergidos. Debe tenerse cuidado al aplicar dicha fórmula a diques arrecife.</p> <p>* El monomio representativo del fenómeno de rebase que suele considerarse en diques convencionales en talud es el de Owen (1980): $Q = \frac{q}{\sqrt{g \cdot H_i^3}}$</p>					

Formula de Seabrook y Hall. Fuente: CEDEX, 2009.

Los datos necesarios para la aplicación de dicha fórmula, son datos ya obtenidos y mencionados anteriormente, pero a continuación mostramos los datos faltantes:

$A_t = 11.25$ m (área de la sección del dique)

$D_{50a} = 1.67$ m (teniendo en cuenta el volumen de la estructura)

$L_0 = 369.97$ m (longitud de olas en aguas profundas)

Comprobamos el rango de aplicación:

$$\frac{D_s \times H_i}{B \times D_{50a}} = 4.417$$

$$\frac{B \times d_s}{L \times D_{50a}} = 7.46 \times 10^{-3}$$

$$K_t = 1 - \left(e^{-0.65 \cdot \frac{d_s}{H_i} - 1.09 \cdot \frac{H_i}{B}} + 0.047 \cdot \frac{B \cdot d_s}{L \cdot D_{50a}} - 0.067 \cdot \frac{d_s \cdot H_i}{B \cdot D_{50a}} \right) =$$

$$K_t = 1.25$$

Formula de Ahrens (2001)

Ahrens considera en su fórmula para la predicción del coeficiente de transmisión, que existen 3 posibles formas de transmisión de energía, y estas tienen relación en función a F/H_s (F =borde libre del dique y H_s =altura relativa de una ola en aguas profundas). Tratándose de un caso como lo es un dique sumergido tenemos que $F/H_s < 0$.

Ahrens planteo que el coeficiente de transmisión se podía calcular partir de la cantidad de flujo de energía que llega a impactar al dique exento, y este coeficiente esta dado en función de una serie de monomios adimensionales, cabe indicar que esta fórmula ignora la anchura de coronación del dique.

Tabla N°9

Autor:	Ahrens	Fecha:	2001	Referencia bibliográfica:	Wamsley y Ahrens (2003)
Formulación		Variables			
$K_t = \sqrt{K_{t\over} + K_{t\text{thru}}}$ $K_{t\text{thru}} = \frac{1}{1 + f_{\text{thru}}}$ $K_{t\over} = \frac{1}{1 + f_{\over}}$ <p>Dique sumergido: $f_{\over} = e^{\left(-0.646 + 0.631 \cdot \frac{F}{H_s} + 0.00137 \cdot \frac{A_t}{D_{50}^2}\right)}$</p> <p>Dique de baja cota: $f_{\over} = e^{\left(0.465 + 12.7 \cdot \frac{F}{\sqrt{H_s L_0}} - \frac{17.4}{h_c D_{50}} + \frac{0.00118}{\left(\frac{A_t}{L_0}\right)}\right)}$</p>		A_t (m ²) Área de la sección del dique D_{50} (m) Diámetro medio nominal de la escollera F (m) Francobordo H_s (m) Altura de ola significativa en aguas profundas h_c (m) Altura del dique K_t Coeficiente de transmisión total $K_{t\text{thru}}$ Coeficiente de transmisión a través de la estructura $K_{t\over}$ Coeficiente de transmisión por encima de la coronación L_0 (m) Longitud de onda del oleaje en profundidades indefinidas $\frac{F}{H_s}$ Francobordo relativo $\frac{A_t}{D_{50}^2}$ Monomio representativo del porcentaje de huecos $\frac{A_t}{L_0 \cdot h_c}$ Anchura de coronación relativa a la longitud del oleaje $\frac{A_t}{D_{50} \cdot h_c}$ Anchura de coronación relativa al tamaño de la escollera $\frac{H_s}{D_{50}}$ Altura de ola relativa $\frac{H_s}{L_0}$ Peralte del oleaje			
Ensayos					
<p>- Ensayos de laboratorio con diques de diferentes características, de tipo convencional y, fundamentalmente, arrecife, para un gran rango de configuraciones geométricas, niveles de agua y condiciones de oleaje. (Sin descripción detallada de los ensayos realizados en el artículo de referencia).</p>					
Comentarios					
<p>- Da unas curvas cualitativamente similares a las de Tanaka cuando se representa el coeficiente de transmisión frente al francobordo relativo, y los resultados para estructuras de cota de coronación alta son bastante razonables.</p> <p>- La fórmula podría no tener en cuenta adecuadamente el efecto de la anchura de coronación en estructuras sumergidas.</p> <p>- Validez: todo tipo de estructuras, si bien los resultados más fiables son para estructuras de tipo arrecife, pudiendo obtenerse sobreestimaciones del coeficiente de transmisión en caso de ser utilizada la fórmula con estructuras convencionales.</p>					

Formula de Arens. Fuente: CEDEX, 2009.

$$f_{\over} = e^{\left(-0.646 + 0.631 \cdot \frac{F}{H_s} + 0.00137 \cdot \frac{A_t}{D_{50}^2}\right)}$$

$$f_{\over} = 0.84$$

$$f_{\text{thru}} = \left(\frac{H_s}{D_{50}}\right)^{0.982} \cdot e^{\left(0.433 + 2.35 \cdot \frac{A_t}{L_0 h_c}\right)}$$

$$f_{\text{thru}} = 3.91$$

$$k_{t\over} = \frac{1}{1 + f_{\over}}$$

$$f_{\over} = 0.54$$

$$k_{t\ thru} = \frac{1}{1 + f_{thru}}$$

$$f_{thru} = 0.20$$

$$k_t = \sqrt{k_{t\ over} + k_{t\ thru}}$$

$$K_t = 0.84$$

De las fórmulas mencionadas obtamos por el coeficiente de transmisión igual a: 0.84.

Por lo tanto, la altura de ola incidente $H_i=2.05$ m (altura de ola en condiciones normales y ubicación del dique exento), se obtendrá la altura de ola transmitida $H_t = 1.72$ m, en el área protegida.

4.4.3.4 Características geométricas del dique exento

Los investigadores Ahrens y Cox (1990) se basaron en datos de 7 proyectos de diques exentos, los cuales fueron presentados por Pope y Dean (1986), para desarrollar una expresión empírica para un índice de respuesta de la playa. Este índice se basa en la distancia a la costa del dique X y la longitud del dique (La). A continuación, según Pope y Dean (1986), se muestran los índices para las 5 playas.

Tabla N°10

Beach Response Classifications (from Pope and Dean (1986))	
Beach Response Index	Classification
1.0	Permanent tombolos
2.0	Periodic tombolos
3.0	Well-developed salients
4.0	Subdued salients
5.0	No sinuosity

Clasificación de las playas según su respuesta. Fuente: Hurtado y García (2013)

Para el área del proyecto se hicieron diversas combinaciones de longitudes del dique y la distancia a la línea de costa, en conjunto con el índice de respuesta que se evaluaron a continuación:

Con la finalidad de maximizar la protección de la costa en la zona del proyecto y conservar el tipo de transporte de sedimentos, y según la forma deseada que queremos planteamos que el plan de recuperación de la playa va desde salientes tenues hasta salientes bien desarrolladas (tabla N°11). Para cumplir este diseño en planta, la longitud del rompeolas es de 90 metros y la distancia a la línea de playa es de 110 metros.

Tabla N°11

Breakwater Length/Distance Offshore vs Beach Response							
L_b	X	L_b	X	L_b	X	L_b/X	Beach Response (Ahrens and Cox 1990)
50	200	75	300	100	400	.25	5.0/no sinuosity
50	100	75	150	100	200	.50	4.5/no sinuosity
50	75	75	112	100	150	.67	4.2/subdued salients
50	67	75	100	100	133	.75	4.1/subdued salients
50	50	75	75	100	100	1.00	3.7/subdued salients
50	40	75	60	100	80	1.25	3.3/well-developed salients
50	33	75	50	100	67	1.50	3.0/well-developed salients
50	29	75	43	100	57	1.75	2.7/well-developed salients
50	25	75	38	100	50	2.00	2.5/periodic tombolos

Comparación entre la respuesta esperada vs la longitud del dique y la distancia a la línea de la costa. Fuente: Hurtado y García, 2013.

Ranasinghe y Turner (2004), en su estudio sobre diques exentos sumergidos, propusieron criterios de clasificación de las respuestas que presentan las costas frente a este tipo de estructuras. Dichos autores proponen una relación empírica, de forma preliminar, la respuesta de la costa resguardada por el dique sumergido:

Acreción en la costa: $\frac{S_a}{SZW} > 1.5$

Erosión en la costa: $\frac{S_a}{SZW} < 1.0$

Donde:

S_a = distancia del dique a la línea de playa.

SZW = ancho de la zona surf.

Además, Ranasinghe y Turner (2004), investigaron que los efectos en la playa eran mucho más reducidos en cuanto mayor era la profundidad del dique exento y la dirección en diagonal de las olas con respecto a la línea de playa.

Para nuestro caso, nuestras unidades prefabricadas, estarán ubicadas a una distancia de 110 metros de la línea de playa, lo cual demuestra la diferencia de entre la ubicación de la estructura y la zona de rompiente o zona surf (35 a 45 metros), entonces el dique sumergido causara acreación en la playa, y también cabe resaltar que el dique exento está ubicado de manera perpendicular a la incidencia del oleaje.

4.4.3.5 Socavación en la estructura prefabricada

Con la finalidad de evitar la socavación en la parte inferior de las unidades prefabricadas, tomamos de ejemplo el cómo están diseñados los arrecifes artificiales, y concluyendo en la importancia de los orificios en las caras de las unidades prefabricadas. Así que para evitar posibles fallas estos orificios deben de ser lo suficientemente amplios.

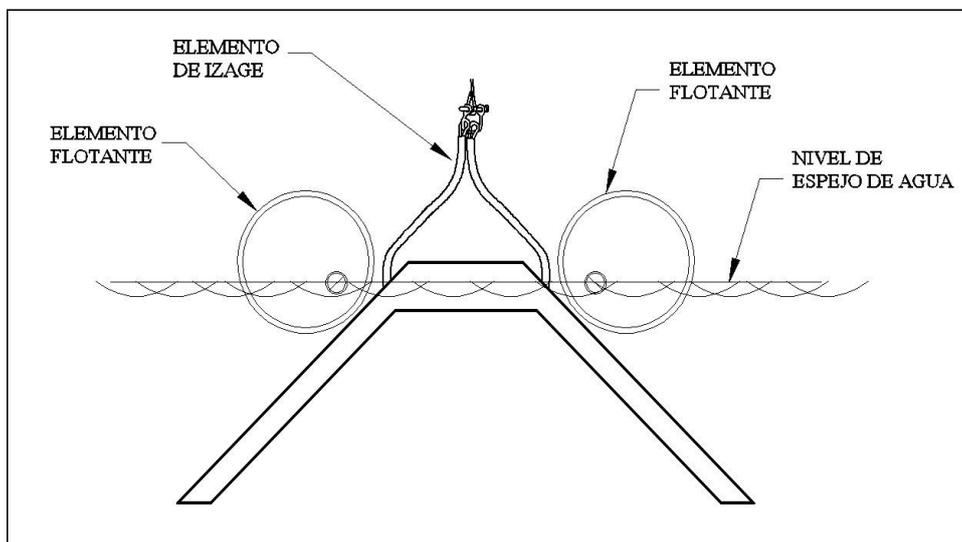
Como otra alternativa para evitar la socavación de la estructura diseñada, sería implementar un sistema de tablestacado a una profundidad de 1 metro, y manteniendo una saliente de 10 centímetros.

4.4.3.6 Colocación de las unidades prefabricadas

La ventaja de diseñar estas unidades prefabricadas es la colocación de ellas, debido a que estas pueden ser levantadas y colocadas sobre el mar con una grúa hidráulica.

Una vez colocada la unidad prefabricada en la playa, estas serán transportadas por flotadores (barriles de aire), hasta llegar al punto requerido. Una vez ubicado la unidad prefabricada en su respectiva posición, se continuará a quitar el contrapeso (el aire en los barriles), hasta llegar a tocar el fondo de la playa.

Figura N°28



Emplazamiento de las unidades prefabricadas. Fuente: Propia, 2020.

También tenemos como una ventaja significativa a este tipo de unidades prefabricadas, es que podemos volver a utilizarlas, de manera sucesiva a medida que el arenamiento en la playa sea cada vez mayor, y para esta situación de reutilizar las unidades prefabricadas se necesitarán el uso de los flotadores y de una gata hidráulica.

4.4.3.7 Materiales para construcción de la estructura prefabricada

La unidad prefabricada será construida con los siguientes materiales:

- Concreto tipo V
- Agregados del concreto:
- micro-silica (microsilica Z; ASTM C 204) este aditivo ayuda a la estructura a alcanzar un pH parecido al agua del mar, aditivo no – toxico.
- Súper plastificante de hormigón (Z fluidizante SR; ASTM C-494 tipo F), este aditivo brinda una estabilidad más homogénea al concreto.
- Incorporado de aire (Z Aer; ASTM C-260), aditivo hecho en base a agentes tenso activos para la inclusión de micro burbujas de aire en hormigones expuestos a ciclos de hielo / deshielo.

V DISCUSIÓN

Para brindar solución al problema costero por el que atraviesa el balneario de Huanchaco, identificamos el problema oceanográfico e hidromorfológico del sector. Se observó la particularidad de este sistema debido a la ubicación donde se encuentra la zona de interés.

Figura N° 29



Sistema hidromorfológico en la playa del balneario de Huanchaco. Fuente: Google Earth, 2020

Se puede apreciar del análisis morfológico que los sedimentos no están ingresando a la playa de Huanchaco (zona de estudio). De esta información recopilada se determinó las medidas y parámetros que afectan al balneario de Huanchaco en especial por el lado del muelle a la derecha mirando hacia el mar, esta parte de la playa es la más afectada por estos fenómenos de la naturaleza, referente al oleaje se calculó la altura y periodo de las olas en aguas profundas empleando una tabla brindada por la marina de guerra del Perú, de donde obtenemos la altura significativa de cada mes que equivale a

1.8 m y la altura máxima de ola significativa que equivale a 3.6 m, de estos datos se obtiene la altura máxima de una ola en aguas profundas que es igual a 4.10 m, y un periodo de 15.4 seg. Se realizó el cálculo de la altura de olas en rompiente, dándonos una altura de ola significativa de 1.98 m y una altura de máxima ola significativa de 2.42 m. En cuanto al transporte de sedimentos, se tomó como referencia a un estudio realizado por la Universidad Ricardo Palma de Lima, en la tesis “Estudio para la recuperación de la playa 3 del club regatas por medio de un dique sumergido”, para la realización del estudio de sedimentos se tomaron 3 muestras del fondo marino, se hizo un análisis granulométrico por tamizado de los sedimentos, y utilizando la fórmula empírica de CERC para el cálculo del transporte de sedimentos, se obtuvo un transporte de litoral de $1,066.547 \frac{m^3}{año} \times ml$. Y con información brindada de la marina de guerra del Perú sobre mareas, tenemos una amplitud media de 0.78 m, la amplitud durante mareas de siglas alcanza valores de 1.31 m, y como alcanzan amplitudes menores a 2 m. estos valores corresponden a una marea microtidal. Rodríguez et al (2016), realizaron un análisis de la erosión costera en la playa de Buenos Aires, distrito de Víctor Larco, provincia de Trujillo, La Libertad, Perú, determinando que la erosión costera ha ido en aumento y ha avanzado aproximadamente 26.65 Ha, desde el 2003 hasta el 2015, debido al cambio climático que en consecuencia trajo el aumento de las mareas, oleaje anómalo y debido a la falta de sedimentos los cuales fueron transportados hacia otros lugares del litoral marino, lo que a la postre ocasiono el desarenamiento de la playa de Buenos Aires. Es así como supimos cuáles son las razones por las que se está erosionando la playa del balneario de Huanchaco. Y a partir de esta información definimos la estructura que reconstruirá al balneario de Huanchaco.

Para el diseño estructural (unidad prefabricada) se realizó el levantamiento batimétrico en aguas poco profundas que generalmente se encuentra cerca a la costa de la playa de Huanchaco a lado derecho del muelle mirando al mar, la cual es nuestra zona de estudio, siendo esta la más afectada, los datos adquiridos se procesaron de forma ordenada para obtener resultados verídicos del área de estudio, dicho levantamiento nos muestra el perfil de la

playa aguas adentro, podemos observar la cantidad de sedimentos que están almacenados bajo las olas del mar, (ver anexo 3.2) dichos sedimentos cuentan con una pendiente aproximada del 15%, mediante este estudio ubicamos las unidades prefabricadas a 110 m de la línea de playa. El levantamiento topográfico se realizó con la finalidad de describir las partes de superficie del balneario, esto incluye el relieve de la playa en estudio, la ubicación de accidentes y características naturales en el balneario, la topografía nos brinda la vista en planta de la zona de estudio, apreciamos la cercanía del mar con respecto a la vereda peatonal y las calles del balneario de Huanchaco, según García y Hurtado (2013), en su tesis sobre el estudio para la recuperación de la playa 3 del club regatas Lima por medio de un dique sumergido, realizaron un estudio batimétrico y topográfico con la finalidad de medir el relieve submarino del área de rompientes, y en base la recolección de datos batimétricos para su posterior trabajo en gabinete, se generó la superficie de la playa, lo que llevo a la elaboración de perfiles más convenientes para el correcto desarrollo del proyecto de investigación.

Para la definición de la estructura diseñada se requirió información y análisis conceptuales de ingeniería, así se pudo definir las características geométricas de la estructura prefabricada la cual posee una forma trapezoidal, debido a que se encuentra directamente sometido a la acción del oleaje, se calculó que cada unidad prefabricada tendrá un peso de 10.41 toneladas, para garantizar su estabilidad. Para evitar la socavación de la unidad prefabricada está fue diseñada con orificios en la parte inferior y superior de las placas de la unidad prefabricada, que trabajando en conjunto con el peso de la estructura evitaran que esta se socave y falle por volteo, y con la finalidad de maximizar la protección de la zona de estudio y conservar el transporte de sedimentos y según el plan de recuperación de la playa en la tabla N° 11, el plan de recuperación de la playa va desde salientes tenues hasta salientes bien desarrolladas, es por ello que para cumplir este diseño en planta la longitud del rompeolas es de 90 metros y se ubica a una distancia de 110 metros de distancia desde la línea de playa, esto quiere decir que se requiere de 30 unidades prefabricadas, debido a que cada unidad prefabricada tiene una

longitud de 6 m. Hurtado y García (2013), en su tesis sobre el estudio para la recuperación de la playa 3 del club regatas Lima por medio de un dique sumergido, muestra las ventajas favorables de este tipo de estructuras en playas que vienen siendo afectada por la erosión costera, en su tesis plantean la aplicación de estructuras prefabricadas con la finalidad de recuperar la playa 3 del club regatas en lima, que mediante sus estudios realizados muestran que dichas estructuras están hechas en función a su peso, debido a que estas unidades prefabricadas se ven obligados a resistir el impacto de las olas, el diseño de aberturas en la parte inferior y superior de la estructura es diseñada para evitar la socavación y ayudando a disminuir la energía de impacto de ola, evitando así las fallas posibles como el volteo de las unidades prefabricadas. Terminamos dando a conocer una de las ventajas más significativas que poseen estas estructuras prefabricadas, que, debido al ser prefabricadas, estas se pueden volver a utilizar en niveles posteriores conforme se vaya recuperando la playa, y para poder realizar esto solo será necesario el uso de gatas hidráulicas y sus respectivos flotadores. Es por ello que damos garantía de la funcionabilidad y Operacionalización de la estructura prefabricada, esta funcionará de manera positiva y ayudará a la tan ansiada recuperación del balneario más importante de la ciudad de Trujillo – La Libertad.

VI. CONCLUSIONES

- Se puede apreciar del análisis morfológico que los sedimentos no están ingresando a la playa de Huanchaco (zona de estudio), esto se debe principalmente al relieve de la playa de Huanchaco, lo que hace que los sedimentos sean transportados mar adentro. Para calcular la altura del oleaje se tomaron en cuenta la información brindada por la Marina de Guerra del Perú y la página web tablademareas.com – La Libertad – Huanchaco – Trujillo. De los estudios hidro-oceanográficos brindado por la Marina de Guerra del Perú se obtuvo la altura significativa promedio de cada mes que equivale a 1.8 m y la altura máxima de ola significativa que equivale a 3.6 m. referente al estado de braveza del mar. Referente al estudio de sedimentos,

se tomó como referencia al estudio realizado por la universidad Ricardo Palma, en la tesis estudio para la recuperación de a laya 3 del club regatas por medio de un dique sumergido, donde tomaron 3 muestras del fondo marino de sedimentos, para llevar a cabo un análisis granulométrico por tamizado, y empleando la fórmula del CERC, nos dio como resultado $1,066.547 \frac{m^3}{año} \times ml$.

- Tras la realización del estudio topográfico y batimétrico en el balneario de Huanchaco obtuvimos que, el levantamiento batimétrico se ejecutó en aguas poco profundas donde se determinó la profundidad del mar gracias al perfil longitudinal obtenido gracias al levantamiento batimétrico (ver anexo 3.2), y obteniendo una pendiente del 15% en el lecho marino. Mientras que en la topografía apreciamos el claro desnivel que existe actualmente entre el mar y las veredas peatonales, llegando a alcanzar una separación de apenas 10 metros de distancia en ciertos tramos.

- Se definió el tipo de estructura diseñada que ayude a la recuperación del balneario de Huanchaco afectado por la erosión costera, se plantea la colocación de estructuras prefabricadas sumergidas en el agua que tienen un peso mínimo de 10.41 toneladas.

El diseño geométrico de la unidad prefabricada es de forma trapezoidal con las siguientes dimensiones, altura 3 m, longitud de cresta 1.50 m, espesor de cresta 0.60 m, luz inferior entre placas 6 m y un Angulo de 53° , dicha estructura también cuenta con orificios en la parte superior e inferior de las placas para evitar la socavación y mitigar la energía de impacto de ola así evitando una falla por volteo de la estructura prefabricada. La estructura se encontrará ubicada a 110 m de la línea de playa mar adentro con una longitud de 90 m lineales, esto con la finalidad de maximizar la protección y recuperación del balneario de Huanchaco, Trujillo - La Libertad.

VII. RECOMENDACIONES:

- Debido a que este tipo de estructuras no es muy común en nuestro país y a la necesidad que tenemos por desarrollar una estructura que ayude a la recuperación de nuestras playas afectadas por la erosión costera, recomendamos que se desarrollen más investigaciones como la nuestra, proponer nuevas alternativas como obras para la protección de las costas nacionales.
- Es necesario realizar nuevas rutas de investigación con especialización a esta clase de estructuras, esto permitirá un enfoque más centrado de nuevos investigadores, interesados en proponer soluciones estructurales para así combatir a la erosión costera.
- En base a nuestro proyecto de investigación, de ser posible se podría establecer un modelo numérico para brindar mayor seguridad al proyecto.

REFERENCIAS

- Castillo Pinillos, Gerson y Ortiz Esquivel, Ronaldo (2018). “Influencia del aditivo inhibidor de corrosión SIKA® CNI en la velocidad de corrosión de acero embebido en concreto, expuesto en ambientes marinos de la zona costera de Trujillo, 2018”, tesis universidad privada del norte.
- Cruz Vizconde, Evelyn (2015). “La erosión costera y su influencia en la oferta de servicios del sector hotelero del distrito de Huanchaco 2009-2014”, Tesis Universidad nacional de Trujillo – Perú.
- Frías Ruiz, Brayan y Macia Ávila Jair (2015). “Análisis estructural de una plataforma jacket con aplicación al caribe colombiano”, tesis universidad tecnológica de Bolívar.
- González Avilés, Raúl (2013). “Estudio de obras de protección costera. Caso México”, Tesis Universidad Nacional Autónoma de México.
- Joseph Konan, Kouassi (2012). “Estudio geográfico para el desarrollo turístico del litoral oriental de Costa de Marfil”, tesis universidad de granada.
- Loceta Gobitz Fernando (2019). “Análisis de variabilidad temporal de la línea de costa mediante la aplicación de métodos de teledetección y sistema de

información geográfica: bahía de Miraflores, Perú 1936-2005”, tesis pontificia universidad católica del Perú.

- Martín Estickel, Miguel (2010). “Sobre la respuesta dinámica del terreno bajo la acción del oleaje en cajones fondeados en suelos arcillosos”, tesis Universidad Politécnica de Madrid.
- Moreno Romero, José (2016). “Efecto del ambiente marino en edificios de segunda residencia en la costa Valenciana. influencia del crecimiento urbanístico y sistemas constructivos”, tesis Universidad Politécnica de Valencia.
- Ocaña Espinoza de los Monteros, Karina (2015).” Metodología para la caracterización de zonas costeras basada en un modelo sistémico”, tesis Universidad Politécnica de Madrid- España.
- Ovalle Collazos, José (2012). “Aplicación de obras de defensa blandas para la protección de la costa catalana”, tesis Universidad Politécnica de Cataluña.
- Pérez Castro, Rubisel (2015). “Criterios y consideraciones para el modelado de plataformas marinas tipo jacket, para tirantes de aguas someras”, tesis universidad autónoma de México.
- Pérez Santa María, Luis (2019). “Pérdida del valor del suelo producida por erosión costera y su impacto en el desarrollo de proyectos inmobiliarios en el borde costero del distrito de Víctor Larco”, Tesis Universidad Privada Antenor Orrego Trujillo-Perú.
- Ramírez Gastón, José (2017). “Análisis de la vulnerabilidad costera del valle de cañete, lima, Perú”, tesis Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sierra Howard, Georgean (2015).” estrategias para el control y prevención de la erosión en la playa de south west en la isla de providencia”, tesis Universidad Católica de Colombia.
- Tejada De la Cruz, Rosa (2016). “Análisis de la vulnerabilidad costera frente a un posible aumento del nivel del mar en el sector costero de lurín-pucusana (provincia de lima)”, tesis Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Valadez Rocha, Verónica (2013). “Evaluación de la vulnerabilidad de las playas ante los efectos no deseados por la construcción de obras de

- protección costera en la Zona Metropolitana de Veracruz”, Tesis Universidad Veracruzana Boca del Río, Veracruz.
- Cabrera, Laura (et al) (2017): “Study of the Application of Photogrammetry to Coastal Erosion Studies”. Revista RESEARCHGATE, n. 12 (January 2017). En línea: [https://www.researchgate.net/publication/242406803 Aplicacion de la Fotogrametria a estudios de erosion costera](https://www.researchgate.net/publication/242406803_Aplicacion_de_la_Fotogrametria_a_estudios_de_erosion_costera)
 - Canalejo, Pedro y Peña, Carlos (2016), “Regeneración de la playa de pinedo (Valencia)”. Revista RESEARCHGATE, n. 8 (Marzo 2016). En línea: [https://www.researchgate.net/publication/39430592 Regeneracion de la playa de Pinedo Valencia](https://www.researchgate.net/publication/39430592_Regeneracion_de_la_playa_de_Pinedo_Valencia)
 - Carvalho, Zuleide (et al) (2017), “Land use and occupation and vulnerabilities to coastal erosion”. Revista RESEARCHGATE, n. 18 (December 2017). En línea: [https://www.researchgate.net/publication/323763926 Praia da Redinha NatalRN Brasil Uso y ocupacion del suelo y vulnerabilidad a la erosion costera](https://www.researchgate.net/publication/323763926_Praia_da_Redinha_NatalRN_Brasil_Uso_y_ocupacion_del_suelo_y_vulnerabilidad_a_la_erosion_costera)
 - Chacón, Juan (2018), “Espigones”. Revista ACADEMIA.edu, n. 1 (octubre 2018). En línea: https://www.academia.edu/34636750/Capitulo12_espigones
 - Del Rio, Laura (et al) (2009), “quantification of coastal erosion processes in the Spanish South Atlantic coast”. Revista RESEARCHGATE, n. 15 (January 2009). En línea: [https://www.researchgate.net/publication/259087518 Cuantificacion de procesos de erosion costera en el litoral suratlantico espanol Primeros resultados](https://www.researchgate.net/publication/259087518_Cuantificacion_de_procesos_de_erosion_costera_en_el_litoral_suratlantico_espanol_Primeros_resultados)
 - Enaidy Reynosa-Navarro (2017): “Realidad ambiental en playa de Huanchaco: Percepción y participación ciudadana”, Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible, n. 29 (junio 2017). En línea: <http://www.eumed.net/rev/delos/29/playa-huanchaco.html>
<http://hdl.handle.net/20.500.11763/delos29playa-huanchaco>
 - Ghoneim, Eman (et al) (2015), “Nile Delta exhibited a spatial reversal in the rates of shoreline retreat on the Rosetta promontory comparing pre- and

- post-beach protection”. Revista RESEARCHGATE, n. 8 (January 2015). En línea:
https://www.researchgate.net/publication/265513244_Nile_Delta_exhibited_a_spatial_reversal_in_the_rates_of_shoreline_retreat_on_the_Rosetta_promontory_comparing_pre_and_post-beach_protection
- Gil, Laura (et al) (2019), “Las temperaturas extremas de la temporada invernal en la región occidental de Cuba en el período 1981-2016”. Revista RESEARCHGATE, n. 24 (Marzo 2019). En línea:
https://www.researchgate.net/publication/335023673_Las_temperaturas_extremas_de_la_temporada_invernal_en_la_region_occidental_de_Cuba_en_el_periodo_1981-2016
 - Graciela, María (2017), “Estructuras Marinas”. Revista ACADEMIA.edu, n. 3 (Enero 2017). En línea:
https://www.academia.edu/13843519/Estructuras_Marinas
 - Guido, Pedro (et al) (2009), “Estudio de la Erosión Costera en Cancún y la Riviera Maya, México”. Revista RESEARCHGATE, n. 8 (Enero 2009). En línea:
https://www.researchgate.net/publication/237024502_Estudio_de_la_erosion_costera_en_Cancun_y_la_riviera_Maya_Mexico
 - Guerrero, Ana (et al) (2013): “Impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad”. Revista RESEARCHGATE: Desarrollo Local Sostenible, n. 24 (diciembre 2013). En línea:
https://www.researchgate.net/publication/323342507_Impacto_ambiental_generado_por_erosion_costera_en_la_zona_litoral_de_Buenos_Aires_Norte_distrito_de_Victor_Larco_Herrera_La_Libertad_Peru
 - Isla, Federico (et al) (2017), “Riesgo de erosión costera en el distrito de Buenos Aires - Argentina”. Revista RESEARCHGATE, n. 8 (Diciembre 2013). En línea:
https://www.researchgate.net/publication/323110122_Riesgo_de_erosion_costera_de_la_provincia_de_Buenos_Aires_Argentina
 - Medina, Rubén (et al) (2016), “Sedimentary morpho changes due to the construction of a breakwater in Camet Norte, province of Buenos Aires,

- Argentina". Revista RESEARCHGATE, n. 19 (June 2016). En línea: https://www.researchgate.net/publication/305465367_Cambios_morfosedimentarios_causados_por_la_construccion_de_un_espigon_en_Camet_Norte_provincia_de_Buenos_Aires_Argentina
- Merlotto, A. y Bertola, German (2008), "Urban evolution and its influence on coastal erosion in the beach resort Mar Chiquita, Argentina". Revista RESEARCHGATE, n. 13 (January 2008). En línea: https://www.researchgate.net/publication/43071499_EVOLUCION_URBAN_A_Y_SU_INFLUENCIA_EN_LA_EROSION_COSTERA_EN_EL_BALNEARIO_PARQUE_MAR_CHIQUITA_ARGENTINA
 - Minetti, Juan (et al) (2019), "Trends in drought indices on the tropical-subtropical region and its correlation with the global warming". Revista de CLIMATOLOGIA, n. 19 (February 2019). En línea: <https://www.labclisud.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/tendenciaindicesequpubl.pdf>
 - Moreno, Anderson (2018), "Control de Erosión en Zonas Tropicales". Revista ACADEMIA.edu, n. 4 (Marzo 2018). En línea: https://www.academia.edu/35694044/Control_de_Erosion_en_Zonas_Tropicales
 - Muños, Erith (et el) (2015), "Escenarios climáticos en presencia de Fenómeno El Niño (FEN) en las Micro-cuencas Cristal, Potosí, Pechiche y Balsas del Ecuador". Revista RESEARCHGATE: Desarrollo Local Sostenible, n. 10 (April 2015). En línea: https://www.researchgate.net/publication/279303370_Escenarios_Climaticos_en_presencia_del_Fenomeno_El_Nino_FEN_en_las_Micro-cuencas_Cristal_Potosi_Pechiche_y_Balsas_del_Ecuador
 - Navarro, Pedro y Moreno, Ignacio (2018), "Learning system based on computer vision for automated inspection of magnetic particles in marine structures". Revista RESEARCHGATE: Desarrollo Local Sostenible, n. 26 (October 2018). En línea: https://www.researchgate.net/publication/328335601_Sistema_de_aprendizaje_basado_en_vision_por_computador_para_la_inspeccion_automatizada_de_particulas_magneticas_en_estructuras_marinas

- Nombela, Miguel (2019), ¡“Let’s go to the beach !: sedimentary dynamics on beaches”. Revista RESEARCHGATE, n. 27 (March 2019). En línea: https://www.researchgate.net/publication/28252251_Vamos_a_la_playa_dinamica_sedimentaria_en_playas
- Ortiz, Mario (et al) (2017), “Changes of the coastline in the Balsas River delta, Mexican Pacific, between 1943-2009”. Revista RESEARCHGATE, n. 17 (November 2017). En línea: https://www.researchgate.net/publication/321404503_Cambios_de_la_linea_costera_en_el_delta_del_rio_Balsas_Pacifico_mexicano_entre_los_años_1943-2009
- Rangel, Nelson (2019), “Characterization of coastal risk due to extreme swell events”. Revista RESEARCHGATE, n. 29 (october 2019). En línea: https://www.researchgate.net/publication/336370930_Caracterizacion_del_riesgo_costero_por_eventos_extremos_de_oleaje
- Rodríguez, Ridel y Córdova, Elier (2016), Erosion on the beaches of the northeastern region of Cuba”. Revista RESEARCHGATE, n. 17 (January 2016). En línea: https://www.researchgate.net/publication/261933602_La_erosion_en_las_playas_de_la_region_nororiental_de_Cuba
- Rodríguez, Ridel (et al), (2012). “Estudio de los procesos de erosión–sedimentación playa El Espino, República de El Salvador”. Revista RESEARCHGATE: Desarrollo Local Sostenible, n. 10 (junio 2012). En línea: https://www.researchgate.net/publication/268445098_Estudio_de_los_procesos_de_erosion-sedimentacion_playa_El_Espino_Republica_de_El_Salvador
- Sardá, Rafael (et al) (2012), “Erosion on the beaches and disintegrated management: the problem of the S’Abanell beach”. Revista RESEARCHGATE, n. 21 (September 2012). En línea: https://www.researchgate.net/publication/270646816_Erosion_en_las_playas_y_gestion_desintegrada_la_problematika_actual_de_la_playa_de_S'Abanell
- Yavari, Adel (et al) (2015), “Erosion zoning of the Saveh dam basin using SIG”. Revista RESEARCHGATE, n. 25 (Junio 2015). En línea:

https://www.researchgate.net/publication/316610176_Zonation_of_erodability_of_Saveh_dam_Watershed_using_GIS

- Yepes, Víctor (2016), "From certified beaches to smart beaches". Revista RESEARCHGATE, n. 25 (October 2016). En línea: https://www.researchgate.net/publication/309359381_De_playas_certificadas_a_playas_inteligentes
- Yomaire Mauricio (2011), "Estructuras Marinas". Revista SCRIBD, n. 23 (Septiembre 2011). En línea: <https://es.scribd.com/document/63897152/287-capitulo14-estructurasMarinas>
- Bricio, (et al) (2007), "Parámetros geométricos de diques exentos en el litoral catalán", artículo en línea: http://hispaqua.cedex.es/sites/default/files/hispaqua_articulo/Ingcivil/diques_litoral_catalan.pdf
- De la Peña, José, (et al) (2008), "Diques exentos: inventario y comportamiento en las costas españolas". Revista NANOPDF.COM (junio 2018). En línea: https://nanopdf.com/download/diques-exentos-inventario-y-comportamiento-en-las-costas-espaolas_pdf
- Martin, Carlos, "diques flotantes de Valparaíso". Revista NANOPDF.COM (Mayo 2018). En línea: https://nanopdf.com/download/los-diques-flotantes-de-valparaiso_pdf
- TORRES, Ronnie. "Cálculo de la longitud de la ola mediante la técnica de análisis dimensional". *Revista. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 2011. En línea: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702011000200008

ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DISEÑO ESTRUCTURAL	Un diseño estructural para la recuperación de este balneario es un proceso de construcción que busca salvaguardar el balneario turístico de Huanchaco afectado por el problema de la erosión costera, donde nos basaremos en las normas técnicas peruanas, para obtener un comportamiento operacional óptimo de la estructura diseñada para la recuperación del balneario de Huanchaco.	Se realizará el diseño estructural basándose en los estudios previos obtenidos como lo es el estudio de batimetría, topografía y estudio de oleaje, información obtenida de la dirección de Hidrografía y navegación de la Marina de Guerra del Perú.	Diseño estructural	Recopilación de información referente al oleaje, mareas y el transporte de sedimentos, y sus respectivos efectos en el balneario.	Recolección de información de oleaje	NOMINAL
					Recolección de información de transporte de sedimentos.	
				Recolección de información de mareas.	Topografía	
				Realizar un estudio, propuesta para la colocación de la estructura definida con la información y el análisis conceptual de ingeniería de costas.	Batimetría	

ANEXO 2: Información de oceanografía e hidrografía brindada por la marina de guerra del Perú.



PERÚ

Ministerio de Defensa

Marina de Guerra del Perú

Dirección de Hidrografía y Navegación

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES"
"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

Callao, 31 JUL 2020

Oficio N° 1749/32

Señor
Luis ALAYO Velazquez
Alumno del Programa de Ingeniería Civil
Universidad César Vallejo
Av. Larco N° 1770, Trujillo
La Libertad.-

Asunto: Información de oleaje y batimetría de la playa Huanchaco – Trujillo – La Libertad

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y a la vez referirme a su carta S/N de fecha 4 de julio del 2020, mediante la cual solicita información de oleaje y variación de marea; así como la batimetría del puerto de Salaverry.

Al respecto, por anexos (1) y (2) remito a Ud., la cartilla de instrucciones para la descarga gratuita de la información de olas publicada en la página web de la Agencia de Administración Nacional Oceánica y Atmosférica [NOAA] y la información de mareas del puerto de Salaverry, respectivamente; asimismo, por anexo (3) se remite UN (1) cd, conteniendo la información de batimetría en formato PDF.

Hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.



Atentamente,
Contralmirante
Jorge PAZ Acosta

Director de Hidrografía y Navegación

EL PERÚ PRIMERO



INFORMACIÓN DE MAREAS DEL PUERTO DE SALAVERRY

La información de mareas, permitirá determinar las diferentes oscilaciones y planos de referencia de mareas de la zona.

MAREAS

La importancia de las mareas y de su estudio, radica en la necesidad de obtener planos de referencia o datum, con el fin de determinar las alturas de los accidentes topográficos y las profundidades del mar, además en la determinación de terrenos ribereños para el establecimiento de linderos y el diseño de estructuras en zonas costeras, así como, el de la dinámica del área de acuerdo principalmente a sus amplitudes.

Metodología

Para determinar las características mareales del mar adyacente a Huanchaco, se ha utilizado los registros existentes de la estación mareográfica de Salaverry, por su proximidad y cuya área de influencia cubre un radio de 50 km; por tanto, las mareas de la zona de interés reflejan gran semejanza a la registrada por dicha estación, ubicada en el Terminal Portuario de Salaverry.

Análisis no armónico de la marea

Para la obtención de los valores no armónicos de la marea (niveles de referencia y sus amplitudes), se empleó información del periodo enero 2013 a diciembre 2018, como información preliminar, ya que se requiere completar uno de los principales ciclos astronómicos que afectan las fluctuaciones del nivel del mar, como es el ciclo nodal lunar (18.6 años).

Niveles de Referencia Mareográficos

Los niveles de referencia de mareas, es un plano o superficie definido por la marea, que se usa como referencia vertical (alturas o profundidades), recibiendo cada uno de ellos una denominación particular.

Los planos de referencia mareográficos son los siguientes:

Nivel de Más Alta Marea (NMAM ó LAM).- La obtención de este nivel corresponde al valor máximo registrado durante un ciclo nodal lunar. Nivel que corresponde a la Línea de Más Alta Marea, empleado en la determinación de terrenos ribereños para el establecimiento de linderos y el diseño de estructuras en zonas costeras.

Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPS).- Este nivel corresponde a la media aritmética de las alturas de pleamares que ocurren al momento de las mareas de sicigia, es decir aquellos que se presentan un día o dos, después de la luna nueva o llena, observadas durante un ciclo nodal lunar.



Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS).- Es la altura promedio de las pleamares superiores durante un período nodal lunar. Nivel utilizado en los cálculos de alturas para los diseños de muelles, espigones, malecones, etc.

Nivel Medio de Pleamares (NMP).- Es la altura media de las pleamares durante un período o ciclo nodal lunar.

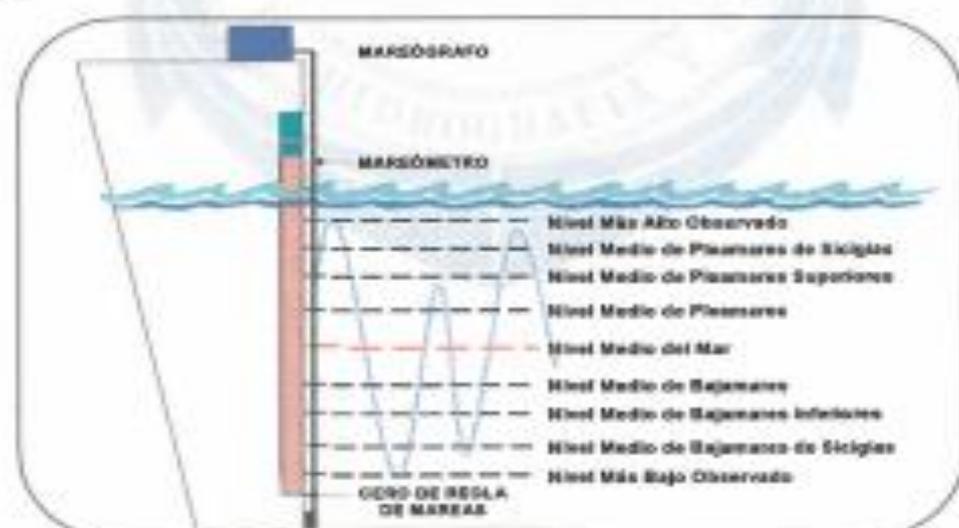
Nivel Medio del Mar (NMM).- Este plano es utilizado en la red de nivelación en todo el país, considerado como el Nivel "0" de referencia topográfico. La determinación de este plano, corresponde a la media aritmética de las alturas de la marea observadas en un lugar, en forma continua, separadas por el mismo intervalo de tiempo, y durante un ciclo nodal lunar.

Nivel Medio de Bajamares (NMB).- Es la altura promedio de las bajamares en un período o ciclo nodal lunar.

Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI).- Es la altura promedio de las bajamares inferiores durante un ciclo nodal lunar.

Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO).- Este plano es el nivel de reducción de sondajes, considerado como el Nivel "0" de referencia hidrográfico. La determinación de este plano, corresponde a la media aritmética de las alturas de bajamares que ocurren al momento de las mareas de sicigia, es decir aquellas que se presentan un día o dos, después de la luna nueva o llena, observadas durante un ciclo nodal lunar. En el Perú, para referir las profundidades del mar (batimetría) se utiliza el Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), como nivel cero. Se tiene en cuenta, que las alturas de las pleamares y bajamares, pronosticadas en la Tabla de Mareas que edita la Dirección de Hidrografía y Navegación, están referenciadas también al NMBSO, siendo estos los utilizados para efectuar las correcciones de las mediciones efectuadas durante los trabajos de campo.

Nivel de Más Baja Marea (NMBM).- Este nivel corresponde al valor mínimo registrado durante un ciclo nodal lunar. Nivel que generalmente se emplea como Línea de Base Normal, desde la cual se determina el ancho del mar territorial y otras zonas marítimas.



Esquema representativo de los niveles de referencia mareográficos



A continuación, se muestran los principales planos o niveles de referencia mareográficos de Salaverry:

Niveles de Referencia Mareográficos de Salaverry (metros)		
Nivel o Cota	Alturas en metros referidas a:	
	Nivel Medio del Mar (NMM)	Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO)
Nivel Medio del Mar (NMM - MSL)	0.00	+ 0.62
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO - MLWS)	- 0.62	0.00

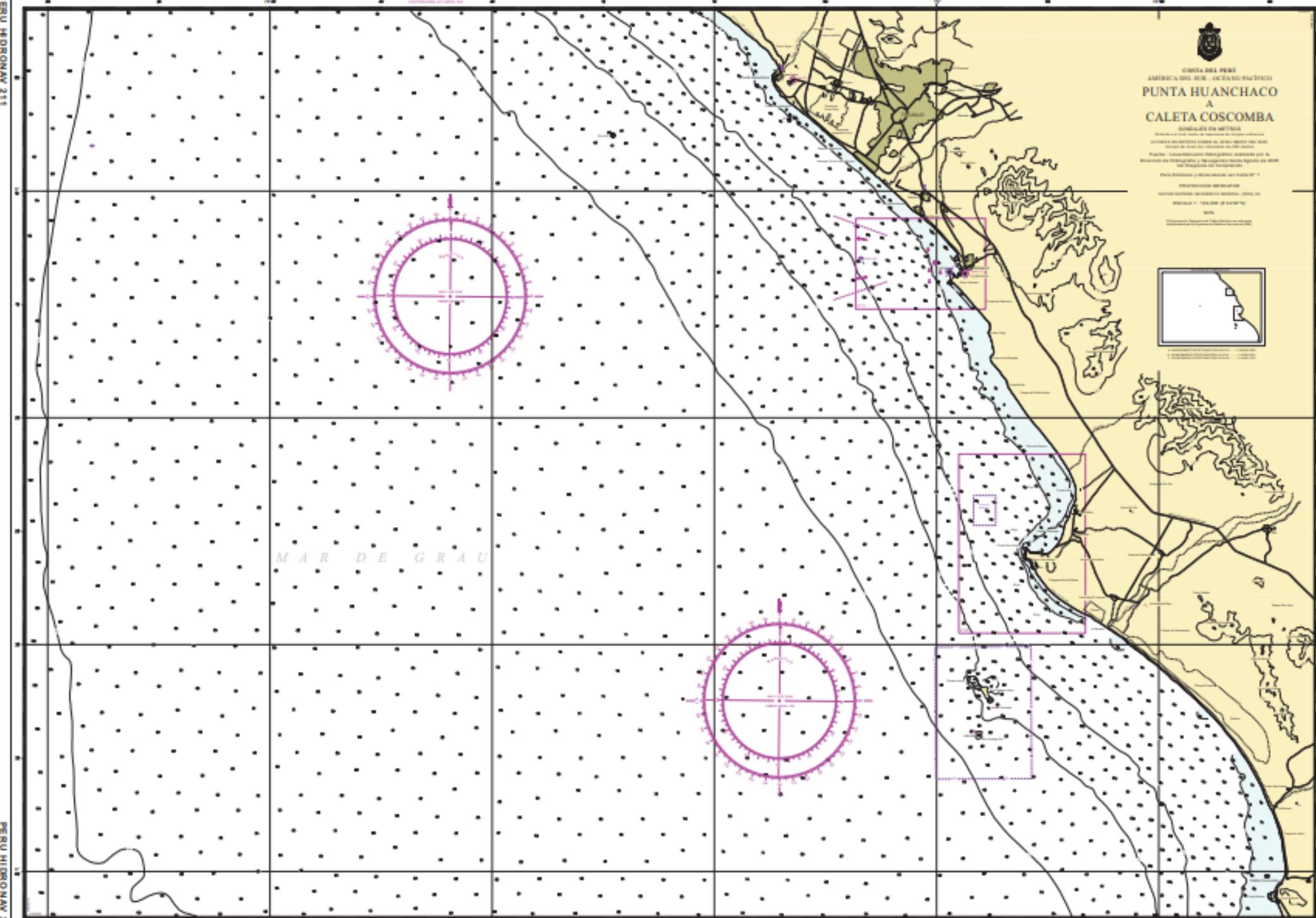
Amplitud

Las mareas en esta localidad tienen una amplitud media de 0.78 m, mientras que la amplitud durante mareas de sicigias (ocurrencia de luna llena o nueva) alcanzan valores de 1.31 m; estos valores corresponden a una marea microtidal, es decir, presenta amplitudes menores de 2 m.




 COASTA DEL PERU
 AMERICA DEL SUR - OCEANO PACIFICO
**PUNTA HUANCHACO
 A
 CALETA COSCOMBA**
 SONDAJES EN METROS

Elaborado por el Servicio Hidrografico y Oceanografico del Peru
 con los datos de las campañas de sondaje realizadas en el
 periodo comprendido entre los años 1950 y 1960.
 Fuente: "Carta Hidrografica" elaborada por el
 Servicio Hidrografico y Oceanografico del Peru en el
 mes de Julio de 1960.



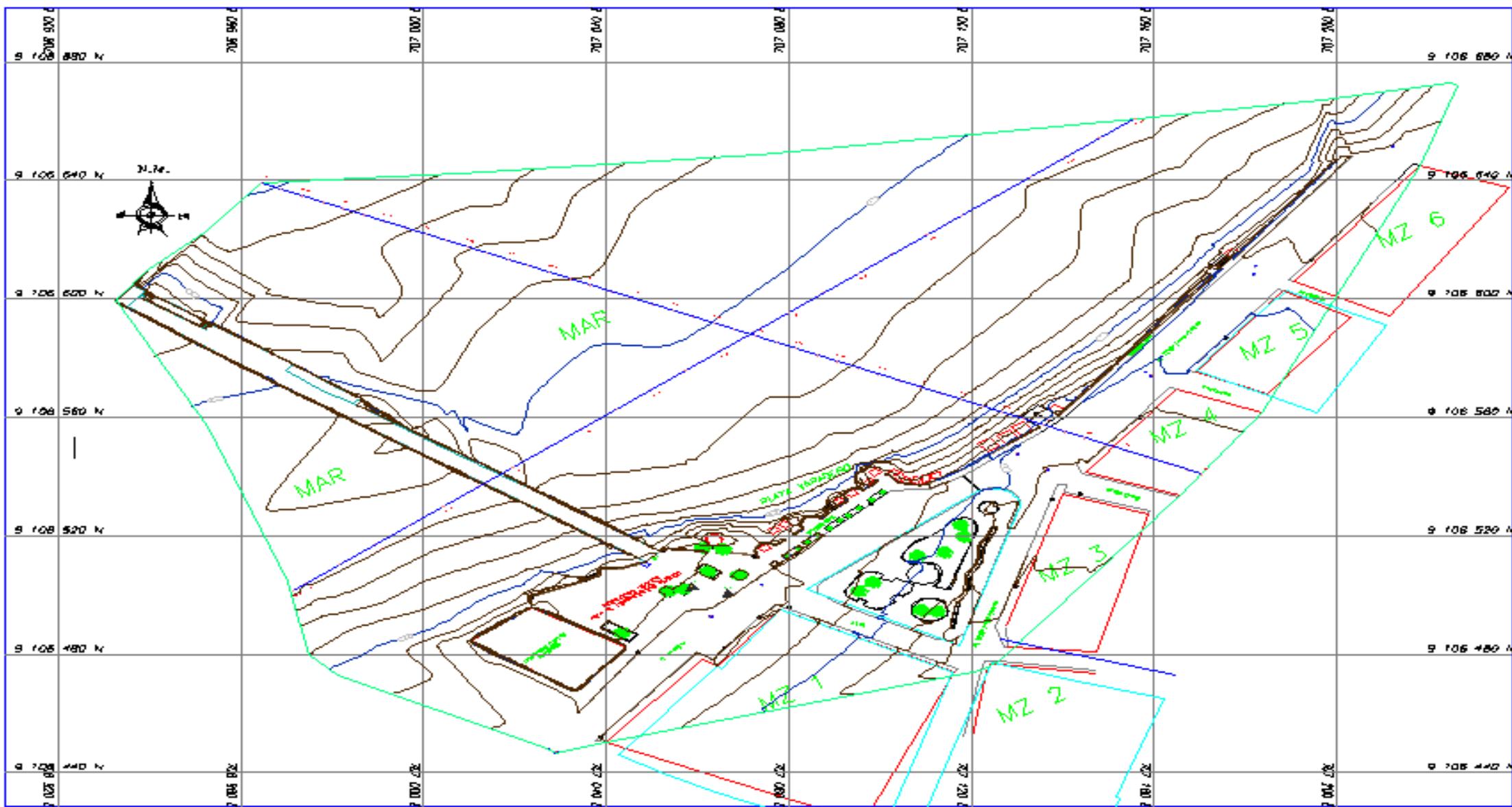
MAR DE GRAU

SONDAJES EN METROS

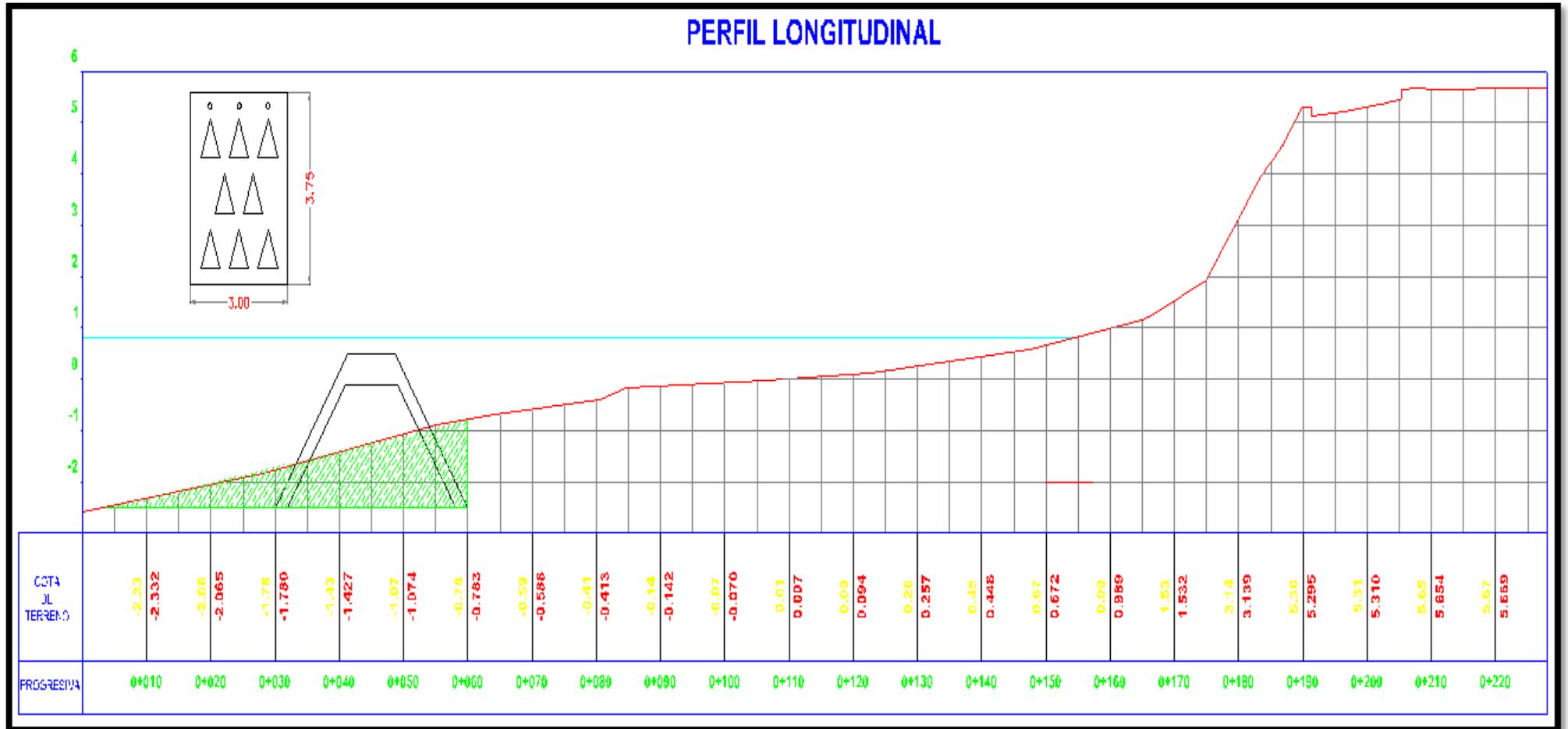
ANEXO 3: Estudio Topográfico y Batimétrico

ANEXO 3.1: Plano topográfico y batimétrico del balneario de Huanchaco.

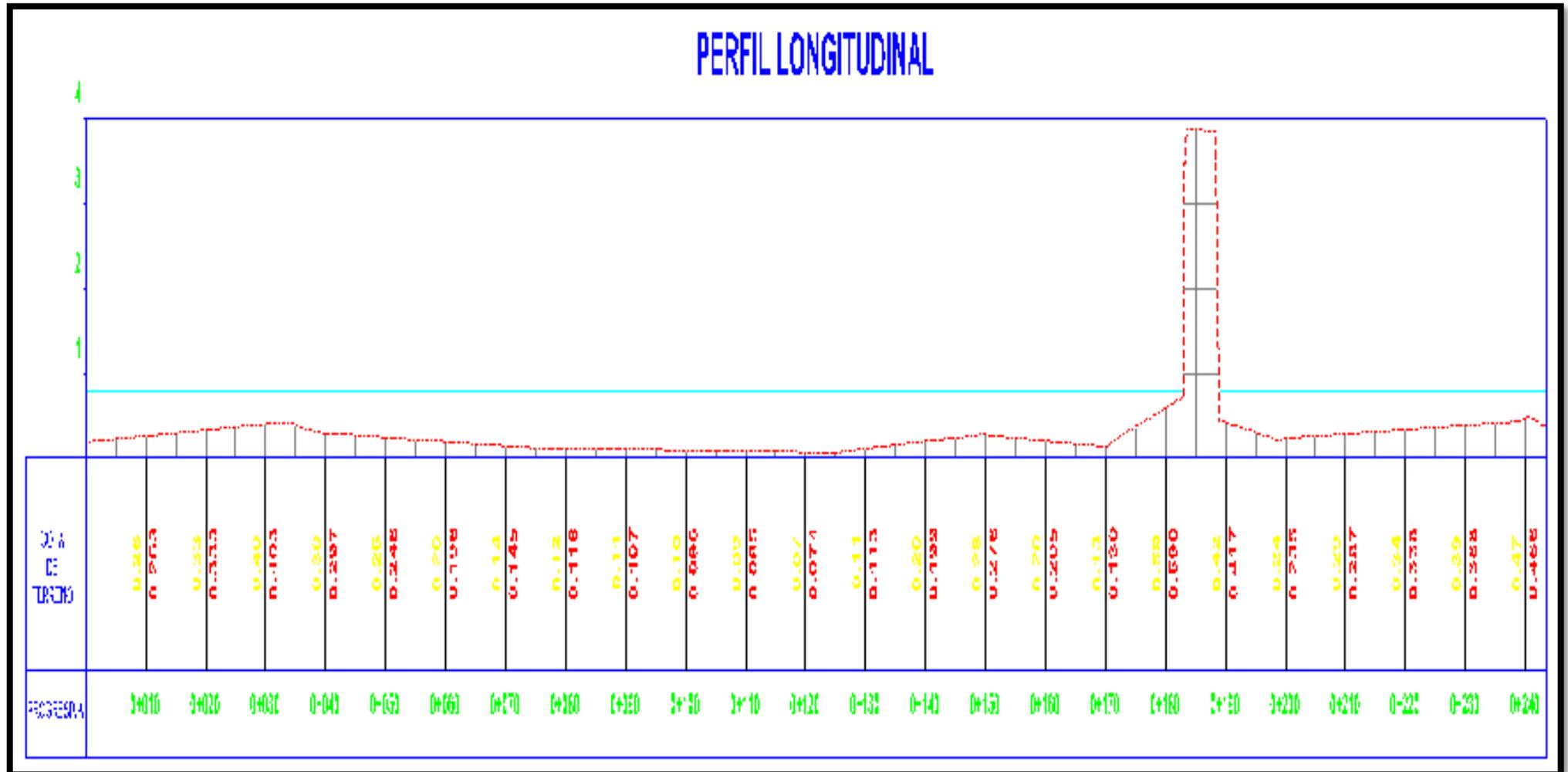
PLANO VISTA EN PLANTA



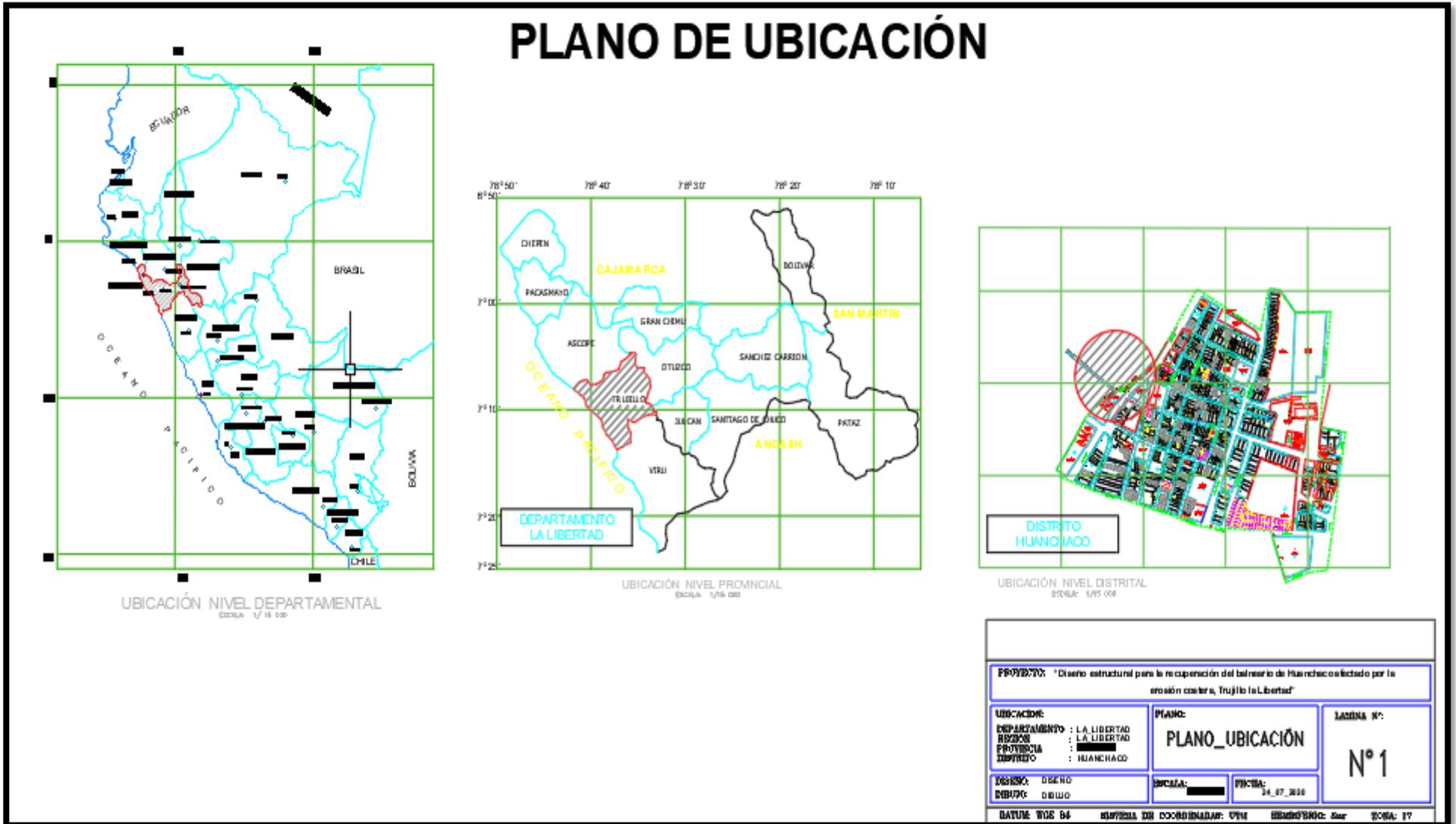
ANEXO 3.2: Perfil longitudinal 1 del balneario de Huanchaco.



ANEXO 3.3: Perfil longitudinal 2 del balneario de Huanchaco.



ANEXO 4: Plano de ubicación del balneario de huanchaco.



ANEXO 5: especificaciones técnicas de los aditivos recomendados, para la elaboración de las unidades prefabricadas.



El mejor amigo del concreto

Av. Los Paises N° 675, Urb. La Campaña, Chorrillos, Lima - Perú
Tel: (01) 2523058 Fax: (01) 450 093 271 / 994 266 534 / 998 128 514 / 996 330 150

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

Productos para túneles

Microsílica Z

Descripción: Silica compacta en polvo. Material ultra fino que llena las microestructuras porosas. ASTM C 204. Reacciona químicamente en el concreto para formar más gel del silicato de calcio para mejorar la resistencia y la impermeabilidad del concreto. Físicamente llena los vacíos entre las partículas de cemento obteniéndose un concreto extremadamente impermeable.

Ventajas

- Concretos más lisos, menos rugosos y sella los poros.
- Aumenta la resistencia a la compresión.
- Resistencia química sulfatos, nitratos, ácidos, cloros.
- Concretos más permeables.
- Resistente a la abrasión, flexión.
- Concreto más fluido por su finura.
- Impide la exudación.
- Resistente al fuego.
- Utilizados en bombeos elevados sin segregación.

Usos

- Estructuras marinas.
- Para gunitado. Mayor cohesión del concreto y menor rebote.
- Puentes, pavimentos, estacionamiento.
- Concretos con estructuras metálicas.
- Reservorios.
- Se dosifica en planta de premezclado con Z FLUIDIZANTE SR (superplastificante) o Z FERRO (inhibidor de corrosión) con una relación a/c bajas.

Aplicación (% de aplicación)

- Mejorador de cementos pretensado, prefabricado (5 - 8%).
- Bloques o mampostería de hormigón (5 - 8%).
- Mezcla para frisado con acabado profesional (5 - 8%).
- Mortero proyectados (5 - 8%).
- Prefabricados (5 - 8%).
- Construcción de obras públicas (Pilares de apoyo de puentes, etc.) (5 - 8%).
- Construcciones expuestas al ataque por agua de mar, salitre, etc.
- Reduce permeabilidad y el ataque de los iones del cloruro de agua marina (5 - 8%).
- Zonas de alto tránsito y contacto con productos químicos (5 - 8%).
- Cementos para perforaciones petroleras (3 - 4%).
- Zona de confinamiento de residuos tóxicos (3 - 5%).



Propiedades		
Descripción	Límites	Método ISO
Si O %	98	287/11
Densidad (g/ml) Máx	160	287/11
PH (5g 100ml H2O) %	6.0-7.0	787/9
Absorción de Aceite D.B.P	280-300	ASTM/D2414/65T
Residuo sobre Malla 325 Mesh	(% Max)5	787/7
Perdidas por ignición 1050 C (%) 4-6		3262/17
Perdidas por Humedad a 105 C 3-6		

Base Calcinada 2 horas a 1050 C
Registro CAS 11296 - 00 - 8 (7631 - 86 - 9)
Numero EINNECS 231 - 54543

Endurecimiento del Concreto

Dependerá de la composición física, química del concreto, temperaturas, realizar ensayos previos de acuerdo a su dosificación y su aplicación.

Almacenamiento

- Aproximadamente 2 años, en envase original y bajo techo.
- Sacos de P/E o papel de 20Kg.
- Efectos fisiológicos: No tóxico.

Envases

- Bolsa de 20Kg.
- Tiempo de almacenaje indefinido.

Seguridad

- No es tóxico.
- Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor de detalle remitase a la hoja de seguridad del producto.



Plastificantes / Superplastificantes / Reductores de agua

Z Fluidizante SR

Descripción: Aditivo súper plastificante para hormigón y reductor de agua de alto rango, economizador de cemento. Cumple con las especificaciones ASTM C 494, Tipo A y F. No contiene cloruro, no es tóxico, no es inflamable.

Ventajas

- Mayor trabajabilidad del concreto.
- No necesita aumentar el contenido del cemento y agua por m³.
- Evita la formación de cangrejeras.
- Mayor facilidad de enviar el hormigón a alturas con bomba de concreto.
- Se acomoda mejor el concreto al fierro corrugado.
- No altera el tiempo de fragua inicial del concreto.
- Reduce el drenaje del agua al ser más hermético.
- Resistente a ácidos, álcalis, sulfatos.
- Aumenta el asentamiento (slump) 6" - 8".

Usos

- En concreto armado.
- En concretos con alta densidad de acero.
- En concretos pre-mezclados.
- En concretos caravista.

Aplicación

- Como superplastificante agregar al concreto o mortero ya listo para ser vaciado y remezclar por espacio de 5 minutos hasta que la mezcla quede fluida.
- Como reductor de agua o cemento agregar disuelto en la última parte del agua de amasado durante el mezclado.

Cuidados

- Utilizar buenos agregados y un diseño adecuado.
- En ciertas condiciones climatológicas varia la dosificación.
- En caso de ser necesario usar entrampador de aire de 1/2 a 3/4 de onza de lo normal.
- Para determinar el slump deseado hacer pruebas en el campo.
- Utilizar guantes, lentes, respiradores.
- En caso el producto cayera a la vista o a la piel lavar con abundante agua o consultar al



Densidad

1.18 ± 0.02 Kg. /L

Dosificación

- Como súper plastificante usar de 6 onzas a 12 onzas X BC
 - Como reductor de agua y cemento, 18 onzas X BC
 - 0.4% = 6 Onzas
 - 0.8% = 12 Onzas
-

Envases

- 1 Galón; 5 Galones; 55 Galones.
- Peso x Galón: 4.466 Kg/gal. =3.785 Ltrs.

Tiempo de almacenamiento: 1 año.



Incorporador de aire

Z Aer

Descripción: Es un producto incorporador de aire que no contiene cloruros y cumple con las Normas ASTM C-260, genera un entrapamiento uniforme de microburbujas de aire entre 4% y 6% de acuerdo a la dosificación. Fabricado a base de resina vinsol.

Ventajas

- Aumenta la resistencia del concreto frente a los sulfatos producidos por químicos, sales y aguas agresivas.
- Aumenta la impermeabilidad del concreto y su resistencia a las heladas.
- Plastifica la mezcla y aumenta la trabajabilidad de todo tipo de concreto.
- Se convierte en un buen aislante térmico y reduce el peso del concreto.

Usos

- Construcciones marítimas e hidráulicas, pavimentos, pistas de aterrizaje transporte y bombeo de hormigón, obras sometidas a heladas o aguas agresivas y concretos prefabricados.
- En construcciones de losas sin juntas de dilatación, ya que cada burbuja actúa como una cámara de expansión semi - microscópica.
- Para construcción de obras marítimas e hidráulicas.
- Para pavimentaciones y construcciones de pistas de aterrizaje y transporte.
- Para concretos sometidos a bajas temperaturas, aguas agresivas, concretos premezclados y concretos prefabricados.

Aplicación

- Disminuir el agua de la mezcla según la cantidad de Z AER a utilizar, por cada bolsa de cemento diluir Z AER en el agua y batirlo por 5min.
- Recomendamos reducir el agregado fino entre 30-80 Kg/m³, ya que de esta manera mejorará la generación de micro-burbujas de aire en el cemento.



Cuidados

- Usar anteojos al aplicarlos, si llega a caer en los ojos, lavarse bien con abundante agua manteniendo los párpados abiertos.
- Si persisten las molestias consultar con un médico.
- Si se congela el Z AER, se recomienda calentarlo hasta que llegue a un estado líquido.
- Usar guantes y respiradores.

Dosificación

- 1Gal por 134 bolsas de cemento.
- 1 Onza por bolsa de cemento.
- $\frac{3}{4}$ onza por bolsa de cemento cuando se trabaja con plastificantes o retardadores.
- Mayor a 2500 msnm utilizar 1.5 onza por bolsa de cemento.

Envases

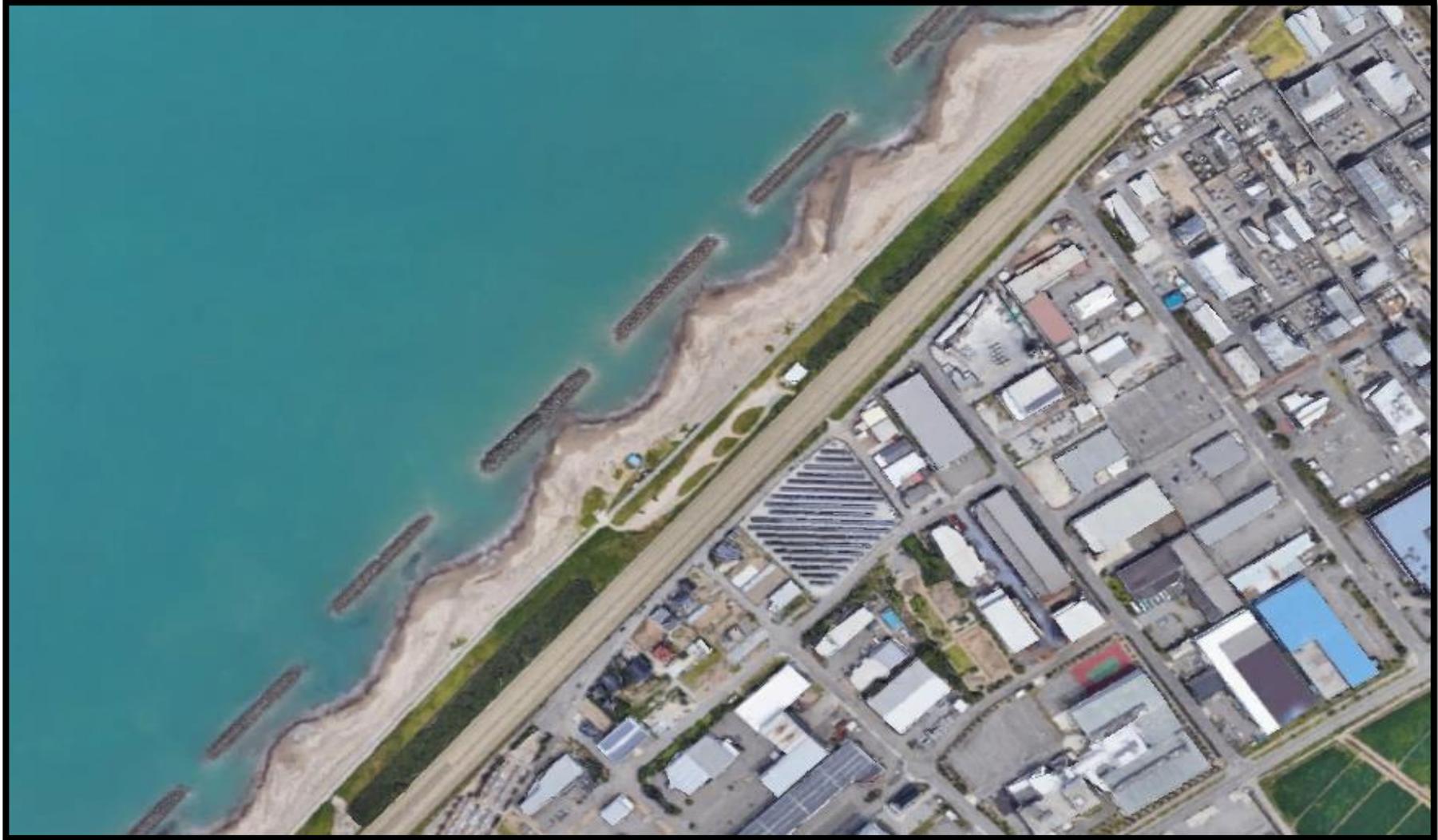
- 1 Galón; 5 Galones; 55 Galones.
- Densidad 1.01 kg./l

Nota

- En altura trabajar con una dosificación de 1.5 onzas x bolsa de cemento.
- 1 Onza = 28.35 Gr.
- 1 Onza = 29.57 CC
- 1 Gal. CC 3785CC

Tiempo de almacenamiento: 1 año.
Mantener en lugares frescos o bajo techo.

ANEXO 6: Serie de diques exentos construidos a lo largo de casi todas las principales playas de Japón, con la finalidad de combatir a la Erosion Costera.



ANEXO 7: Panel fotográfico del estudio topográfico y batimétrico, realizado en nuestra zona de estudio, Huanchaco – Trujillo – La Libertad.

Fotografía N°1



Proceso de colocación y nivelación de la estación total.

Fotografía N°2



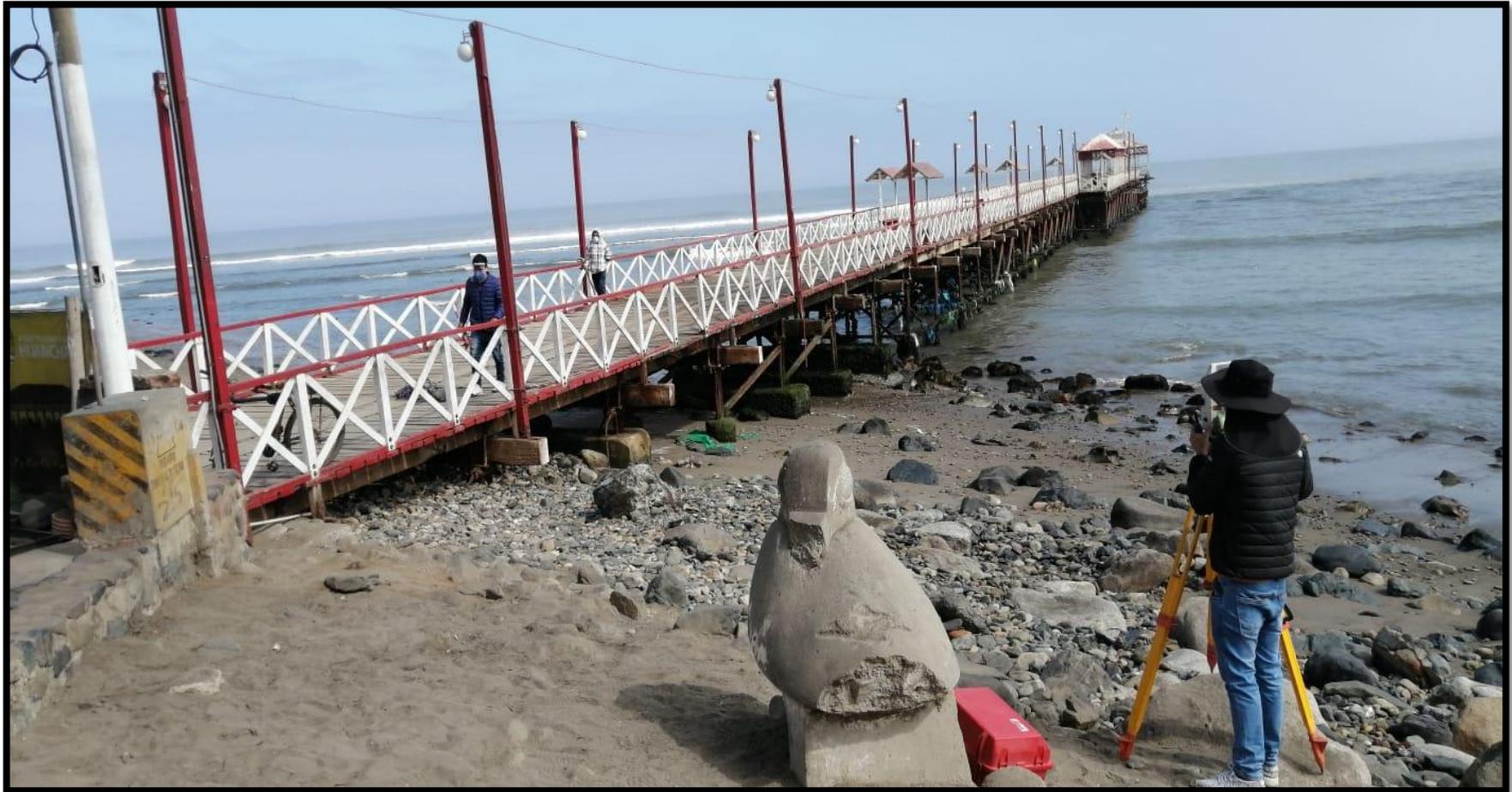
Proceso de toma de datos topográficos de la zona de estudio.

Fotografía N°3



Ayudante de topógrafo sosteniendo el prisma.

Fotografía N°4



Toma de los datos topográficos del muelle del balneario de huanchaco.

Fotografía N°5



Toma de los datos batimétricos de la zona de estudio al costado del muelle del balneario de huanchaco

Fotografía N°6



Toma de datos topográficos en aguas profundas de la zona de estudio.

Fotografía N°7



Toma de datos topográficos de las zonas aledañas a la playa del balneario de Huanchaco.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ALAYO VELASQUEZ LUIS JUNIOR estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA RECUPERACIÓN DEL BALNEARIO DE HUANCHACO AFECTADO POR LA EROSIÓN COSTERA, TRUJILLO LA LIBERTAD"., es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ALAYO VELASQUEZ LUIS JUNIOR DNI: 70517584 ORCID 0000-0001-5891-1542	Firmado digitalmente por: VELASQUEZLUIS el 28-04- 2021 23:29:39

Código documento Trilce: INV - 0159389



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MARINO GARCÍA JORGE DAVID estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA RECUPERACIÓN DEL BALNEARIO DE HUANCHACO AFECTADO POR LA EROSIÓN COSTERA, TRUJILLO LA LIBERTAD"., es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MARINO GARCÍA JORGE DAVID DNI: 73084464 ORCID 0000-0002-3009-0006	Firmado digitalmente por: JDMARINO el 28-04- 2021 23:29:39

Código documento Trilce: INV - 0159389