

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los
PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023**

Tesis para obtener el título de ingeniero Civil

Autor

Custodio Bardalez, Edgar Martin

Asesor

Angeles Morales, Julio César

Código Orcid.: 0000-0002-7470-8154

CHIMBOTE - PERU

2025

Índice general

Tema	Pág.
Índice general	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras	iii
Palabras clave	iv
Constancia de originalidad	v
Título	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Introducción	1
Metodología	17
Resultados	20
Análisis y discusión	42
Conclusiones	45
Recomendaciones	46
Referencias bibliográficas	47
Anexos	50

Índice de tablas

Tabla	Título	Pág.
Tabla 1	Especificaciones Técnicas del Diseño de Defensa Costera	33
Tabla 2	Esquema del Perfil Transversal	34
Tabla 3	Parámetros Hidráulicos de Diseño	37
Tabla 4	Comparación de Alternativas de Defensa Costera	40

Índice de figuras

Figura	Título	Pág.
Figura 1	Fotografía actual del tramo costero	21
Figura 2	Situación Actual del Tramo (BZ11 a BZ20)	22
Figura 3	Situación actual del tramo (BZ10 a BZ14 y BZ27 a BZ29)	23
Figura 4	Estado Actual del Tramo (BZ10 a BZ26)	24
Figura 5	Estado Actual del Tramo (BZ21 a BZ24)	26
Figura 6	Plano General de Modelado y Propuesta de Intervención	27
Figura 7	Erosión Costera y Vulnerabilidad Urbana	28
Figura 8	Estado Actual de Defensa Costera Precaria	29
Figura 9	Colapso Urbano y Degradación Costera	30
Figura 10	Esquema del Dique Tipo Escollera	36

Palabras Clave

Defensa costera, inundaciones, erosiones, construcción

Keywords:

Coastal defense, flooding, erosion, construction, construction

Línea de investigación:

Línea de investigación	Construcción y gestión de la construcción
Área	Ingeniería, Tecnología
Sub área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023**" del (a) estudiante: **CUSTODIO BARDALEZ EDGAR MARTIN**, identificado(a) con Código N° **1114100630**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **13%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 05 de septiembre de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

**Diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los
PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023**

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito diseñar una propuesta de defensa costera para reducir los efectos de la erosión e inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, ubicados en el distrito de Chimbote, provincia del Santa, región Áncash. La problemática identificada está relacionada con el retroceso acelerado de la línea de costa, la exposición directa de viviendas al oleaje y la ausencia de infraestructura adecuada para proteger la franja litoral.

Se adoptó una metodología de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y diseño no experimental de nivel descriptivo. Se realizó un análisis técnico del estado actual mediante levantamientos topográficos, inspecciones visuales y parámetros hidráulicos locales. A partir de ello, se elaboró una propuesta de diseño estructural basada en un dique tipo escollera con núcleo filtrante, utilizando criterios de estabilidad hidráulica, resistencia estructural y adaptabilidad al entorno urbano.

Como resultado, se propuso una defensa costera de 1,659 metros lineales, con roca de 300–500 kg, núcleo de piedra filtro, geotextil separador y taludes estables. Esta solución técnica permitirá reducir la vulnerabilidad física de la población ante eventos de oleaje y erosión costera, constituyéndose en una alternativa viable y sostenible para la protección del borde litoral urbano.

Abstract

This research aimed to design a coastal defense proposal to reduce the effects of erosion and flooding in the informal settlements of Florida Baja and Florida Alta, located in the district of Chimbote, province of Santa, Ancash region. The identified problem is related to the accelerated retreat of the shoreline, direct exposure of housing to wave action, and the lack of adequate infrastructure to protect the coastal strip.

A quantitative approach was adopted, with an applied type and a non-experimental, descriptive-level research design. A technical analysis of the current state was conducted through topographic surveys, field inspections, and the use of local hydraulic parameters. Based on this, a structural design proposal was developed, consisting of a rubble mound breakwater with a filter core, using criteria of hydraulic stability, structural resistance, and adaptability to the urban environment.

As a result, a coastal defense of 1,659 linear meters was proposed, using 300–500 kg rock, a core of filter stone, a geotextile separator, and stable slopes. This technical solution will help reduce the physical vulnerability of the population to wave impacts and coastal erosion, making it a viable and sustainable alternative for the protection of the urban shoreline.

Introducción

Se sustenta la investigación mediante la revisión de estudios previos relacionados con la problemática de la erosión costera y las inundaciones en zonas litorales. Se analizan antecedentes nacionales e internacionales que abordan las causas, consecuencias y soluciones propuestas frente a estos fenómenos, con énfasis en enfoques técnicos, ambientales y urbanos. La revisión permite identificar los vacíos existentes en la literatura, así como las metodologías y estrategias aplicadas en contextos similares. Estos antecedentes contribuyen a fundamentar teóricamente el diseño de una propuesta de defensa costera adaptada a la realidad de los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, en Chimbote, permitiendo establecer un marco referencial que oriente el desarrollo de soluciones sostenibles y eficaces ante el riesgo costero.

Yahia y otros (2024) realizaron una revisión sistemática en la que se sintetizan los hallazgos de 85 artículos para examinar las estrategias de diseño resistentes a las inundaciones en las regiones costeras, haciendo hincapié en un enfoque integrado que combina soluciones de ingeniería tradicionales, estrategias basadas en la naturaleza, infraestructura verde, diseño adaptativo y modelado predictivo. La revisión identifica una dependencia continua de las defensas de ingeniería, como los muros marinos y las compuertas automatizadas, que han demostrado ser efectivas, pero son limitadas para abordar el impacto creciente del cambio climático. Los hallazgos resaltan la creciente importancia de las soluciones basadas en la naturaleza (humedales, manglares y arrecifes de coral) que no solo mitigan los riesgos de inundaciones, sino que también mejoran la biodiversidad y la sostenibilidad a largo plazo. La infraestructura verde, incluidos los pavimentos permeables y los jardines de lluvia, surge como una solución urbana valiosa, aunque enfrenta desafíos de implementación en áreas densamente pobladas. La integración de modelos predictivos y datos en tiempo real está transformando la gestión de inundaciones al permitir respuestas proactivas y adaptativas, aunque estas tecnologías siguen siendo financieramente inaccesibles para muchas regiones. El análisis comparativo destaca que el diseño resiliente a las

inundaciones depende en gran medida del contexto y que las prácticas exitosas varían según la geografía local, los recursos y los factores socioeconómicos. Esta revisión concluye que la futura infraestructura resiliente a las inundaciones debe priorizar soluciones adaptables, sostenibles y específicas para cada región, y destaca la necesidad de una colaboración interdisciplinaria y un apoyo continuo a las políticas para mejorar la resiliencia a las inundaciones y proteger a las comunidades costeras vulnerables contra los efectos del cambio climático.

Cao y otros (2024) mencionan que las áreas costeras, situadas en la coyuntura crítica de la interacción mar-tierra, se enfrentan a desafíos significativos de erosión costera e inundaciones. Es imperativo evaluar estos riesgos y ofrecer orientación científica para fomentar el desarrollo sostenible regional. Este artículo desarrolló un modelo de evaluación de riesgo costero basado en escala de cuadrícula, integrando tanto la exposición costera como el entorno socioecológico. Se seleccionaron catorce indicadores, con el objetivo de ofrecer un enfoque sistemático para estimar y comparar los riesgos de desastres en áreas costeras. Este modelo de evaluación de riesgo se aplicó a las áreas metropolitanas de Shanghái, Nueva York, Sídney, San Francisco, Randstad y Tokio. Los resultados indican: (1) La contabilidad del papel protector de los tipos de hábitat como los manglares y el efecto de atenuación de la distancia ofrecieron una representación más precisa de la situación de riesgo; (2) La integración del método de ponderación de la teoría de juegos con el proceso de jerarquía analítica subjetiva y la ponderación CRITIC objetiva mejoró la validez científica y la racionalidad de los resultados al minimizar las desviaciones entre los pesos subjetivos y objetivos; (3) Shanghái exhibió el peligro y la vulnerabilidad promedio más altos, San Francisco tuvo el peligro promedio más bajo y Sídney tuvo la vulnerabilidad promedio más baja; En términos de riesgo integral, Shanghái presentó el riesgo promedio más alto, mientras que Sídney presentó el más bajo. El marco modelo propuesto está diseñado para identificar rápidamente las zonas de alto riesgo y brindar referencias de información detalladas para que los gobiernos locales diseñen estrategias eficaces de prevención y gestión de riesgos.

Vyas y otros (2024) explican que las inundaciones fluviales y la erosión costera son algunos de los desastres naturales más frecuentes en la India que afectan a millones de personas, causan pérdidas de vidas y dañan la infraestructura y la agricultura. La aplicación de productos geosintéticos proporciona una solución sostenible, ecológica, rápida y económica entre todas las obras convencionales de protección de ríos y costas. Este documento se centra en las soluciones geosintéticas para la erosión fluvial y costera con la ayuda de estudios de casos. Para protegerse contra las frecuentes inundaciones, se reforzaron las orillas del río Brahmaputra cerca de Lakhimpur al tiempo que se proporcionaban medidas antierosión geosintéticas. Se proporcionó un colchón geotextil relleno de arena de 0,1 m de espesor en las laderas de la ribera del río Brahmaputra, Assam. Además, este documento revela la aplicación exitosa de bolsas geotextiles no tejidas especialmente diseñadas con alta resistencia a la abrasión, para mitigar los efectos de la erosión de las orillas del río Churni, Bengala Occidental. Esta solución refuerza el borde del terraplén y aumenta el factor de seguridad contra inundaciones repetidas. El tercer estudio de caso analiza el trabajo de protección costera en Kattupalli, Tamilnadu, donde se protegió una costa de 620 m de largo contra la erosión progresiva de la playa. Se formó un terraplén utilizando 6 tubos geotextiles de alto rendimiento de 3,0 m de diámetro teórico y 20,0 m de largo en sección transversal y se utilizó un tubo geotextil pequeño para la protección contra la erosión por delante de la estructura. El terraplén así formado también proporcionó formas de alimentar la playa y recuperar tierras en el sitio.

Según Dang y otros (2024) las comunidades costeras en regiones bajas son cada vez más vulnerables a inundaciones severas provocadas por grandes olas y oleajes. El aumento del nivel del mar como resultado del cambio climático induce a las costas a invadir las tierras costeras, lo que exacerba aún más los daños por inundaciones en las áreas costeras. Por lo tanto, es necesario implementar estructuras costeras para mitigar la influencia de eventos de inundaciones extremas en las comunidades costeras. Los malecones, rompeolas sumergidos y bosques de manglares se han construido ampliamente en todo el mundo para atenuar los desbordamientos de las olas y su impacto en las regiones cercanas a la costa. Sin embargo, los estudios sobre la

intercomparación integral del desempeño protector de cada medida contra eventos de inundación para proporcionar pautas en el diseño y la planificación costera aún no han sido limitados. Por lo tanto, se realizaron modelos experimentales y numéricos para investigar la eficiencia de las estructuras costeras naturales (bosques de manglares) y artificiales (malecones y rompeolas sumergidos) para reducir las fuerzas, presiones e hidrodinámica generadas por desbordamientos en entornos construidos.

Toledo Sepulcre (2024) analiza la erosión costera como un problema creciente a nivel global, impulsado por actividades humanas como la urbanización masiva y la construcción de infraestructuras, así como por eventos climáticos extremos. Esta situación provoca la degradación de los ecosistemas costeros, la pérdida de biodiversidad y la reducción de la defensa natural de las costas. Diferentes países han implementado estrategias para mitigar estos efectos, destacando el papel de los sistemas dunares en la protección del litoral. Sin embargo, la falta de datos empíricos limita su uso. El estudio se centra en dos entornos costeros en la provincia de Alicante: las playas urbanas de Benidorm y el sistema playa-duna de Guardamar del Segura. Se analizaron cambios históricos en la línea de costa, factores climáticos y sedimentología. Se encontró que la Playa de Poniente sufre mayor erosión que la de Levante, mientras que en Guardamar la morfología dunar influye en la estabilidad del ecosistema. Se proponen soluciones basadas en la naturaleza, como dunas urbanas vegetadas y diques de arena, con el objetivo de mejorar la resiliencia costera. Estas estrategias pueden aplicarse en otros litorales con problemas similares, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y urbana.

Girón y otros (2024) explican que, en la actualidad, la falta de sistemas óptimos de defensa riparia en los ríos amazónicos peruanos ha permitido la ocurrencia de desastres naturales. El objetivo principal de este informe es modelar diferentes alternativas de baterías de placas y simular en Iber con caudales y batimetría de la zona para encontrar la alternativa más óptima. También se utilizó el software HEC-HMS para obtener los caudales máximos de avenida para periodos de retorno de 25, 50, 100, 100, 200 y 500 años para su uso en IBER, el cual permite realizar simulaciones hidrodinámicas de ríos

y cursos de agua, calcular avenidas y delimitar zonas. Las simulaciones se realizaron con el caudal de retorno de 200 años, 21,749.6 m³/s. Para esta investigación se realizaron 3 simulaciones, las cuales se dividieron en 3 diferentes distribuciones de baterías de placas, estas a su vez se dividieron en 2 diferentes ángulos de ataque. Como resultados más relevantes, de acuerdo a las distribuciones de velocidad del agua, esfuerzos de fondo, caudal específico y erosión a lo largo del cauce, y considerando que los valores máximos se encuentran alejados del margen a proteger, las distribuciones alternativas de la batería de placas que dieron mejores resultados en el cauce fueron las alternativas 1 y 3. Finalmente, se concluye que la alternativa y ángulo de ataque más óptimo es la alternativa 1 y el ángulo de 20°, contrarrestando así la erosión. Por lo tanto, con el apoyo del software ANSYS, se llegó a la misma conclusión que para la alternativa 1, pero con un ángulo de 25°, por lo que los ángulos óptimos son 20-25 grados.

Fanning y otros (2023) indican que, en todo el mundo, el número de desastres climáticos de miles de millones de dólares está aumentando, y una proporción significativa de ellos ocurre en la zona costera. El cambio climático tiene el potencial de aumentar la frecuencia y magnitud de los daños causados por tormentas costeras a través del aumento del nivel del mar, cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas. El impacto del aumento del nivel del mar en futuras inundaciones costeras ha sido bien estudiado; incluso llevó al término "inundaciones molestas" para describir inundaciones de baja magnitud cada vez más frecuentes. Este estudio se centra en un fenómeno de erosión costera relacionado y evalúa el impacto potencial del aumento del nivel del mar en la erosión ajustando una climatología de erosión por tormentas previamente desarrollada para incluir las últimas proyecciones de aumento del nivel del mar del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para 2050 y 2100. Los cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas se descuidan en el presente análisis debido a una relativa falta de consenso sobre la magnitud de estos cambios. En consecuencia, los hallazgos deben interpretarse como un límite inferior o el mejor escenario posible al considerar el desempeño de las estructuras de defensa costera existentes y propuestas durante los próximos 30 a 80

años. Para cuantificar el cambio potencial en la intensidad de erosión acumulada y máxima, se comparan las climatologías de tormentas alteradas por el aumento del nivel del mar con una climatología de referencia actual. El índice de erosión de tormentas (SEI) y la intensidad de erosión máxima (PEI) resuelven escalas de tiempo de una hora a una década y se utilizan para cuantificar la intensidad de erosión acumulada y máxima de tormentas. En el escenario de aumento moderado del nivel del mar de 2100 (SSP2-4.5), el período de retorno asociado con la intensidad acumulada de la supertormenta Sandy en el sur de Nueva Jersey aumentó de 13 años a 57 años; sin embargo, el período de retorno asociado con la intensidad máxima de tormenta solo aumentó de 14 años a 37 años. Cuando se considera toda la climatología de tormentas de 35 años, los resultados indican que para 2100, el número de horas de tormenta que resultan en escarpamiento moderado o menor de las dunas aumentará al menos un 400%. Ambos resultados sugieren que el impacto del ANM es eventos de intensidad moderada más frecuentes. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el diseño y la gestión de proyectos de reducción de daños causados por tormentas que normalmente se diseñan utilizando eventos extremos (es decir, el evento de 100 años o del 1%), ya que sugieren que los impactos acumulativos de tormentas “molestas” más frecuentes y más pequeñas serán cada vez más importantes en el futuro.

Campos-Caba y Winckler (2023) presentan en su estudio el proceso de calibración del modelo numérico IH2VOF y un análisis de sensibilidad del caudal de sobrepaso en la estructura de defensa costera. Para realizar estos trabajos, se replican los ensayos de un modelo físico en una escala reducida de 1:50 en las rompeolas mayores del puerto de Pòvoa de Varzim, Portugal. Los parámetros examinados en el proceso de calibración son la porosidad y los coeficientes de fricción lineal y no lineal, que caracterizan los medios porosos. En ensayos con oleaje irregular y generación de oleaje de primer orden, que considera únicamente la banda espectral vinculada al oleaje como condición de contorno, los parámetros de fricción tienen una incidencia mínima en el cálculo del sobrepaso, ya que afecta un volumen relativamente reducido de defensa costera. La porosidad, por otro lado, desempeña un papel significativo en los resultados. Una vez ajustados estos parámetros, se reiteran los ensayos utilizando

un forzamiento de segundo orden, que integra tanto la banda del oleaje como las ondas infra gravitatorias vinculadas a los grupos de olas. Los resultados indican que la generación de primer orden sobrestima el caudal de sobrepaso, especialmente bajo condiciones de oleaje más intensos. En contraste, los resultados obtenidos para el forzamiento de segundo orden son similares a los reportados por Neves et al. (2008). Se sugiere emplear el forzamiento de segundo orden en la modelación numérica y física del sobrepaso de oleaje para prevenir el sobredimensionamiento injustificado de las defensas costeras.

Donini (2021) realiza un análisis de las alteraciones de la línea de costa de Playa Unión, identificando fases caracterizadas por eventos naturales o acciones humanas que influyeron en su dinámica. Se analizó la variación de las líneas batimétricas durante los períodos de construcción de la infraestructura portuaria, incluyendo obras de abrigo y protección costera. El análisis de los resultados reveló que la parte superior del perfil de mayor granulometría presenta una mayor susceptibilidad espacial a la erosión marina, especialmente bajo condiciones de altas carreras de marea y elevadas alturas de ola durante eventos de ruptura (tormentas y marejadas), aunque se observa una ligera tendencia a la recuperación del material con el tiempo tras dichos eventos. Por otro lado, la sección inferior del perfil compuesto por arenas está sujeta a la erosión marina tanto durante marejadas como en condiciones de bajamar, con alturas de ola reducidas hasta una cota batimétrica entre -7 y -9 (referida al cero del MOP). Esto demuestra un retroceso gradual pero constante en el tiempo de las líneas batimétricas vinculadas al material de menor granulometría. Se concluye subrayando la necesidad de establecer prioridades orientadas un plan de acción y gestión integral que incluya a todos los actores involucrados en el ámbito litoral, y no únicamente a la realización de obras de protección costera .la realización de obras de protección costera.

Córdova López y González Fernández (2021) analizan la efectividad en la mitigación del rebase del oleaje de siete alternativas de estructuras de defensa costera, con el objetivo de gestionar las inundaciones en el área de La Habana denominada malecón tradicional, calculadas en un conjunto de tipologías previamente investigadas en el

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) de la Universidad Tecnológica de La Habana. Se utilizan resultados de investigaciones preliminares de modelaciones numéricas y físicas. Se ofrece una comparación de las diversas alternativas en relación con la disminución de la tasa de rebase. Se analiza el huracán Wilma de 2005, evaluando el comportamiento de las variables: tasa promedio de rebase, niveles de peligrosidad en el área de estudio y porcentajes de reducción. Se identifican los segmentos de mayor sobrepaso y riesgo. Se desarrollan seis modelos matemáticos determinísticos para calcular la tasa de rebase promedio en diversas tipologías de obras de defensa costera en el malecón de La Habana, basándose en el análisis de las pruebas de modelación física. Se sugiere la inclusión de bermas artificiales en los segmentos donde se haya determinado la existencia de bermas naturales. Asimismo, analice la disposición de segmentos de rompeolas sumergidos entre los rompeolas de baja cresta instalados.

La fundamentación científica tiene como propósito sustentar teóricamente los conceptos, principios y conocimientos técnicos que respaldan la investigación. Se basa en disciplinas como la ingeniería costera, la geotecnia, la hidrología y la gestión del riesgo, las cuales explican los procesos de erosión, inundación y dinámica litoral. Además, se consideran enfoques científicos sobre cambio climático y resiliencia territorial, que permiten comprender la vulnerabilidad de las zonas costeras ante fenómenos naturales extremos. Esta base conceptual no solo permite interpretar adecuadamente la problemática existente en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, sino también orientar el diseño de soluciones estructurales y sostenibles, como parte de una respuesta técnica fundamentada y alineada con los avances en protección costera a nivel global.

La defensa contra las inundaciones y la erosión costeras es un componente crítico de la gestión y protección de las áreas costeras de los efectos adversos de las actividades naturales y antropogénicas. Estas defensas están diseñadas para mitigar los impactos del aumento del nivel del mar, las marejadas ciclónicas y los cambios inducidos por el hombre que amenazan los ecosistemas costeros y los asentamientos humanos. Las

estrategias empleadas en la defensa contra las inundaciones y la erosión costeras pueden clasificarse en términos generales en enfoques de ingeniería duros y blandos, cada uno con su propio conjunto de metodologías e implicaciones. (Yahia et al., 2024).

Defensa contra inundaciones costeras

La defensa contra las inundaciones costeras se refiere a las medidas y estructuras implementadas para proteger las áreas costeras de las inundaciones causadas por las mareas altas, las marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar.

Soluciones de ingeniería robustas: Estas incluyen la construcción de diques, rompeolas y compuertas, que están diseñados para bloquear físicamente o redirigir el agua lejos de las áreas vulnerables. Estas estructuras han sido eficaces para reducir los riesgos inmediatos de inundación, pero pueden tener un impacto ambiental negativo y, con frecuencia, su mantenimiento es costoso (Rubinato et al., 2020) (Yahia et al., 2024).

Soluciones de ingeniería blanda: implican el uso de sistemas y procesos naturales para absorber y disipar la energía de las olas. Los ejemplos incluyen la restauración de humedales, manglares y arrecifes de coral, que pueden constituir barreras naturales contra las inundaciones y, al mismo tiempo, mejorar la biodiversidad y la sostenibilidad (Salgado & Martínez, 2017) (Yahia et al., 2024).

Enfoques integrados: La combinación de técnicas de ingeniería duras y blandas puede ofrecer una solución equilibrada, ya que aprovecha las ventajas de ambos métodos para mejorar la resiliencia ante las inundaciones y, al mismo tiempo, minimizar los impactos ambientales (Rubinato et al., 2020) (Yahia et al., 2024).

Defensa contra la erosión costera

La defensa contra la erosión costera se centra en prevenir la pérdida de tierras y la degradación de los hábitats costeros debido al proceso natural de erosión, exacerbado por las actividades humanas y el cambio climático.

Estructuras duras: Los métodos tradicionales incluyen el uso de entrelazamientos, embarcaderos y revestimientos para estabilizar las costas y evitar la pérdida de sedimentos. Si bien son eficaces a nivel local, estas estructuras pueden provocar una mayor erosión en las áreas adyacentes (Wang et al., 2023).

Soluciones blandas: La nutrición de las playas y el uso de medidas biotécnicas, como vallas que atrapan la arena y la plantación de vegetación, son cada vez más populares por sus beneficios ambientales y su capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes (Vidalis, 2022).

Enfoques basados en los ecosistemas: La utilización de ecosistemas naturales como las dunas costeras y las marismas puede proporcionar un control sostenible de la erosión y, al mismo tiempo, ofrecer servicios ecosistémicos adicionales. Estos métodos están ganando terreno como alternativas viables a las defensas duras tradicionales (Salgado & Martínez, 2017).

Si bien es crucial centrarse en la defensa contra las inundaciones y la erosión costeras, es importante tener en cuenta las implicaciones más amplias de estas estrategias. La elección entre soluciones de ingeniería duras y blandas a menudo depende de las condiciones específicas del sitio, las consideraciones económicas y los impactos ambientales. Además, la integración del modelado predictivo y los datos en tiempo real puede mejorar la eficacia de estas defensas al permitir estrategias de gestión proactivas y adaptativas (Yahia et al., 2024). Dado que el cambio climático sigue planteando desafíos importantes, será esencial adoptar un enfoque integral y flexible de la defensa costera para proteger las comunidades y los ecosistemas costeros vulnerables.

Las teorías que explican y apoyan los comportamientos relacionados con la defensa costera contra las inundaciones y la erosión son diversas y reflejan la complejidad de los desafíos que enfrentan las regiones costeras. Estas teorías abarcan soluciones de ingeniería tradicionales, estrategias basadas en la naturaleza, enfoques híbridos y medidas de adaptación basadas en la comunidad. Cada teoría ofrece información única

sobre los comportamientos observados y las respuestas a las amenazas costeras, haciendo hincapié en la necesidad de soluciones integradas y específicas para cada contexto.

Soluciones de ingeniería tradicionales

Diques y compuertas automatizadas: Se trata de soluciones convencionales de infraestructura gris que han sido eficaces para mitigar los riesgos inmediatos de inundación. Sin embargo, son limitadas a la hora de abordar los impactos a largo plazo del cambio climático y pueden provocar alteraciones ecológicas (Yahia et al., 2024).

Rompeolas y diques: Históricamente utilizadas para proteger las costas, estas estructuras están diseñadas para absorber la energía de las olas y prevenir la erosión. Son eficaces, pero pueden ser costosas e intrusivas para el medio ambiente (Roldán et al., 2024).

Soluciones basadas en la naturaleza (NB)

Humedales, manglares y arrecifes de coral: Estas barreras naturales no solo reducen el riesgo de inundaciones, sino que también mejoran la biodiversidad y la sostenibilidad. Ofrecen beneficios colaterales, como el secuestro de carbono y la creación de hábitats, aunque su eficacia puede verse limitada por las limitaciones de espacio y las áreas de alto riesgo (Yahia et al., 2024) (Roldán et al., 2024).

Restauración de playas: Los enfoques blandos, como la restauración de dunas y la nutrición de playas, han demostrado su eficacia a la hora de aumentar el ancho y el volumen de las playas, lo que contribuye al desarrollo socioeconómico (Vidalis, 2022).

Soluciones híbridas

Combinación de infraestructura gris y verde: las soluciones híbridas integran la ingeniería tradicional con las estrategias basadas en la naturaleza para optimizar la protección costera. Este enfoque está ganando interés debido a su potencial para

proporcionar una reducción integral del riesgo y, al mismo tiempo, aprovechar los beneficios de las soluciones naturales (Roldán et al., 2024).

Diseño predictivo y adaptativo

Modelado predictivo y datos en tiempo real: La integración de modelos predictivos y datos en tiempo real está transformando la gestión de inundaciones al permitir respuestas proactivas. Sin embargo, estas tecnologías pueden resultar inaccesibles desde el punto de vista financiero en muchas regiones (Yahia et al., 2024).

IA y teledetección: Las tecnologías modernas, como la IA y la teledetección, mejoran la precisión de la detección y la previsión de la erosión, aunque persisten desafíos como la disponibilidad de datos y la complejidad computacional (Vaishnavi, 2024).

Medidas de adaptación basadas en la comunidad

Mecanismos de afrontamiento y preparación: La resiliencia de la comunidad se mejora mediante sistemas eficaces de vigilancia, preparación para casos de desastre y sistemas de alerta temprana. Estas medidas son cruciales para adaptarse a la creciente gravedad de las inundaciones y la erosión inducidas por el clima (Langkulsen et al., 2022).

Percepción del riesgo y acción personal: Comprender las percepciones de la comunidad sobre el riesgo es esencial para motivar las conductas de protección. Con frecuencia, las inundaciones se consideran un riesgo personal, que exige la adopción de medidas individuales, mientras que la erosión se considera un riesgo colectivo (Navarro et al., 2021).

La justificación de la investigación expone las razones que motivan el desarrollo del estudio, destacando su relevancia desde diferentes enfoques.

Justificación Teórica: El estudio se fundamenta en teorías de dinámica costera, hidrología y geotecnia, que explican los procesos de erosión, sedimentación y el impacto de fenómenos climáticos en zonas litorales. Se basa en modelos físicos y matemáticos que permiten analizar la interacción entre las estructuras de defensa

costera y el oleaje, garantizando soluciones óptimas y sostenibles. Asimismo, se consideran enfoques de gestión del riesgo de desastres para la planificación y mitigación de impactos en comunidades vulnerables.

Justificación Práctica: La investigación ofrece soluciones concretas para reducir los efectos negativos de la erosión y las inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta. Mediante el diseño de defensas costeras, se busca proteger viviendas, infraestructuras y espacios públicos. Además, la implementación de estas estrategias permitirá optimizar los recursos materiales y económicos, asegurando intervenciones efectivas y duraderas.

Justificación Social: El proyecto tiene un impacto directo en la seguridad y bienestar de la población afectada, disminuyendo riesgos asociados a desastres naturales. Al reducir las pérdidas materiales y mejorar la calidad de vida de los habitantes, se fomenta la estabilidad socioeconómica y la resiliencia comunitaria, promoviendo el desarrollo sostenible en la región.

Justificación Metodológica: La investigación emplea un enfoque descriptivo con métodos cuantitativos y cualitativos para el análisis de las condiciones costeras. Se utilizarán estudios de campo, modelado computacional y análisis de datos geoespaciales para validar las mejores soluciones de defensa costera. La combinación de estas técnicas permite obtener resultados precisos y aplicables a situaciones similares.

Justificación Científica: Este estudio contribuye al avance del conocimiento en ingeniería costera y gestión del riesgo, generando información relevante sobre estrategias de mitigación en zonas vulnerables. Además, la investigación puede servir como referencia para futuros proyectos y estudios en otras regiones con problemáticas similares, fortaleciendo la capacidad de adaptación ante el cambio climático y fenómenos extremos.

Los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, ubicados en Chimbote, provincia de Santa, región Áncash, enfrentan una problemática recurrente de inundaciones y erosión costera debido a su ubicación geográfica y las condiciones climáticas adversas. La erosión progresiva de la línea de costa ha generado la pérdida de terreno habitable y daños en la infraestructura, afectando viviendas, vías de acceso y espacios públicos. Asimismo, las inundaciones causadas por el incremento del nivel del mar y eventos climáticos extremos, como El Niño, ponen en riesgo la seguridad y bienestar de la población, generando pérdidas materiales y aumentando la vulnerabilidad de los habitantes.

La ausencia de estructuras de defensa costera adecuadas y la falta de planificación urbana resiliente agravan esta problemática. A pesar de la necesidad urgente de medidas de mitigación, no existen intervenciones estructuradas que brinden protección efectiva contra la erosión y las inundaciones. La comunidad ha implementado soluciones temporales, como barreras improvisadas, que resultan ineficaces ante la magnitud del problema.

Ante este escenario, se requiere el diseño e implementación de un sistema de defensa costera que garantice la estabilidad del territorio y la seguridad de los residentes. Este proyecto busca aportar soluciones técnicas y sostenibles para enfrentar la erosión y mitigar el impacto de las inundaciones en la zona.

Es por ello que se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es la propuesta de diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023?

La conceptualización y operacionalización de variables permite definir con claridad los elementos clave de la investigación, facilitando su medición, análisis e interpretación.

Para la variable: Defensa costera contra inundaciones y erosiones.

Definición conceptual: La defensa contra las inundaciones y la erosión costeras es un componente crítico de la gestión y protección de las áreas costeras de los efectos adversos de las actividades naturales y antropogénicas. Estas defensas están diseñadas para mitigar los impactos del aumento del nivel del mar, las marejadas ciclónicas y los cambios inducidos por el hombre que amenazan los ecosistemas costeros y los asentamientos humanos (Yahia et al., 2024).

Definición operacional: La defensa costera contra inundaciones y erosiones se define como el conjunto de estrategias, estructuras y diseñadas para mitigar los efectos de la erosión del litoral y prevenir el impacto de inundaciones en zonas costeras. Para ello se analiza el estado actual de la defensa costera y de acuerdo a lo encontrado, se propone el diseño.

Dado que la investigación es de tipo descriptivo y no busca establecer relaciones causales ni realizar predicciones cuantificables, no se formula una hipótesis explícita. En este tipo de estudios, el objetivo principal es caracterizar, analizar o describir una situación determinada, por lo que la hipótesis se considera implícita en los objetivos. Esta decisión metodológica está alineada con el diseño no experimental y el propósito del estudio, que se centra en el diagnóstico y propuesta técnica de una defensa costera adaptada a las condiciones específicas del área de intervención.

Los objetivos de la presente investigación orientan el desarrollo del estudio y definen el alcance del análisis realizado. Se establecen en función del propósito general del proyecto, que es diseñar una propuesta técnica para la mitigación de los efectos de la erosión e inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, en la ciudad de Chimbote. Para ello, se formula un objetivo general y se derivan objetivos específicos que guían cada fase del proceso metodológico:

Objetivo general

Diseñar una propuesta de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023

Objetivos específicos:

Analizar el estado actual de la defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023

Proponer un diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023

Metodología

Tipo y Diseño de la Investigación

Tipo de investigación:

Según su finalidad: La investigación es aplicada, ya que buscaba generar soluciones concretas para mitigar los efectos de la erosión e inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta. Su propósito fue diseñar un sistema de defensa costera que tenga un impacto directo en la protección del territorio y la seguridad de la población.

Según su alcance: La investigación fue de tipo descriptivo, ya que se enfoca en analizar y caracterizar las condiciones actuales de la erosión e inundaciones en la zona de estudio. Se recolectan datos sobre los factores que influyen en estos fenómenos y se evalúan diferentes alternativas de intervención sin modificar las variables del entorno.

Diseño de investigación:

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipulan las variables, sino que se observan y analizan en su estado natural. Se estudian las condiciones geográficas, hidrológicas y climáticas de la zona a través de levantamientos de información, modelado computacional y análisis de datos históricos para proponer una solución efectiva sin intervenir directamente en el entorno durante la fase de estudio.

Población y Muestra

Población:

La población del estudio está conformada por todas las unidades de análisis que se ven afectadas por la erosión costera y las inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, en la ciudad de Chimbote. Esto incluye viviendas, infraestructuras,

espacios públicos y la comunidad residente en la zona de intervención, la cual abarca aproximadamente 1,659.00 metros lineales (ml), desde el Jr. Santa Rosa en el P.J. Florida Baja hasta el Jr. Ramón Castilla en el P.J. Florida Alta.

Muestra:

La muestra fue no probabilística, ya que se selecciona de manera intencional en función de criterios específicos relacionados con la problemática estudiada. Se toma en cuenta sectores representativos dentro del área de intervención, donde el impacto de la erosión y las inundaciones es más crítico. La cantidad exacta de unidades analizadas dependió de los estudios de campo y la evaluación de las zonas de mayor vulnerabilidad dentro de los 1,659.00 ml de costa.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnica

Observación Directa: Se realizan inspecciones en campo para evaluar el estado actual de la línea de costa, la infraestructura existente y las áreas más afectadas por la erosión e inundaciones.

Levantamiento Topográfico: Se utilizan métodos de medición para obtener datos sobre la morfología del terreno, niveles de elevación y posibles zonas críticas de intervención.

Estudios Geotécnicos: Se llevan a cabo análisis del suelo para determinar su composición, resistencia y capacidad de soporte, fundamentales para el diseño de estructuras de defensa costera.

Modelado Hidráulico y Costero: Mediante simulaciones computacionales, se analiza la dinámica del oleaje, mareas y corrientes marinas para evaluar la efectividad de las posibles soluciones de defensa.

Entrevistas y Encuestas: Se aplican a los habitantes y autoridades locales para conocer su percepción sobre la problemática y sus necesidades en cuanto a medidas de mitigación.

Análisis de Información Secundaria: Se recopilan datos históricos sobre cambios en la línea de costa, eventos de inundación y estudios previos relacionados con la erosión en la zona.

Instrumento

Estación total y GPS diferencial: Para el levantamiento topográfico y medición precisa de coordenadas en el área de intervención.

Penetrómetro y equipos de laboratorio geotécnico: Para realizar estudios de resistencia y composición del suelo.

Software de modelado hidráulico y costero (HEC-RAS, SWAN, MIKE 21, entre otros): Para la simulación y análisis del comportamiento del agua en la costa.

Cámaras fotográficas y drones: Para la documentación visual de la zona y el monitoreo de cambios en la línea de costa.

Cuestionarios y guías de entrevista: Para recopilar información de la comunidad afectada y autoridades locales.

Mapas y SIG (Sistema de Información Geográfica): Para el análisis espacial y georreferenciación de datos en la zona de estudio.

Resultados

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos a partir del desarrollo de las actividades metodológicas planteadas en la investigación. Los hallazgos responden directamente a los objetivos específicos establecidos, permitiendo describir el estado actual de la defensa costera y sustentar técnicamente la propuesta de diseño para mitigar los efectos de las inundaciones y erosiones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, en Chimbote.

Los resultados han sido organizados de manera lógica y secuencial, considerando los datos recolectados en campo, el análisis topográfico, geotécnico e hidrológico, así como la evaluación de vulnerabilidades en el área de intervención. Asimismo, se incluyen representaciones gráficas, tablas, planos y simulaciones que complementan la interpretación técnica y facilitan la comprensión de las condiciones físicas y ambientales de la zona.

El objetivo específico 1, analizar el estado actual de la defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023

Actualmente el área de emplazamiento del proyecto se encuentra en terreno costero, afectado por las inclemencias marinas que últimamente han puesto en mal estado las edificaciones de las viviendas cerca de la línea costera, así como en peligro la integridad de los moradores.

La erosión marina hacia la zona costera se ha constituido en un serio peligro para los habitantes, viviendas, la cual por su cercanía al mar se ha visto perjudicada en su estructura, requiriéndose la ejecución de un muro de protección de enrocado y dos estructuras tipo cortina de protección de enrocado.

Para salvaguardar esta zona costera y cuidado de la misma es que se requiere la ejecución de este proyecto.



Figura 1: Fotografía actual del tramo costero

La imagen evidencia una situación crítica de erosión costera activa, con el oleaje impactando directamente contra la franja terrestre, la cual ha perdido su estabilidad estructural. Se observa una socavación severa del talud, con desprendimiento de material y exposición del subsuelo, lo que indica una degradación progresiva de la línea de costa.

A la derecha de la imagen se identifican viviendas e infraestructura urbana a escasos metros del borde erosionado, lo que refleja un alto nivel de vulnerabilidad de la población frente a eventos de marejada o incremento del nivel del mar. La ausencia de una defensa costera formal (como diques, espigones u obras de enrocado bien estructuradas) ha permitido que el mar avance hasta alcanzar zonas habitadas, poniendo en riesgo tanto la seguridad estructural como la habitabilidad del área.

Asimismo, se aprecia que parte del litoral ha sido improvisadamente reforzado con rocas sueltas, lo cual no constituye una solución técnica adecuada ni sostenible. Esta situación confirma la urgencia de implementar una intervención estructural planificada que contemple un diseño de defensa costera eficiente, capaz de proteger la infraestructura y mitigar los efectos del cambio climático y la acción marina sobre el entorno urbano.



Figura 2: Situación Actual del Tramo (BZ11 a BZ20)

La imagen corresponde a un segmento del área de intervención, identificado mediante puntos georreferenciados (BZ11 a BZ20), y muestra una franja costera densamente urbanizada con viviendas ubicadas muy próximas a la línea de costa. Se evidencia una situación de riesgo por ocupación informal del borde litoral, lo que incrementa significativamente la exposición de las estructuras y habitantes a eventos de erosión e inundación.

En la parte central de la imagen, se observa una zona aparentemente intervenida o alterada (probablemente un campo deportivo o espacio libre), lo que puede representar una oportunidad para implementar soluciones estructurales o de amortiguamiento costero. Sin embargo, los extremos del tramo muestran signos de retroceso de la línea de costa, indicando un proceso erosivo activo.

La configuración lineal del asentamiento y la estrechez del espacio entre las edificaciones y el mar dificultan la implementación de soluciones naturales amplias

como sistemas dunares, lo que hace necesaria la evaluación de alternativas estructurales como diques longitudinales, enrocados de pie de talud o muros de contención adaptados a las condiciones del terreno y al patrón de oleaje.

Este tramo requiere atención prioritaria dentro del diseño de defensa costera, considerando no solo criterios de ingeniería, sino también factores sociales y urbanísticos para una solución integral y sostenible.

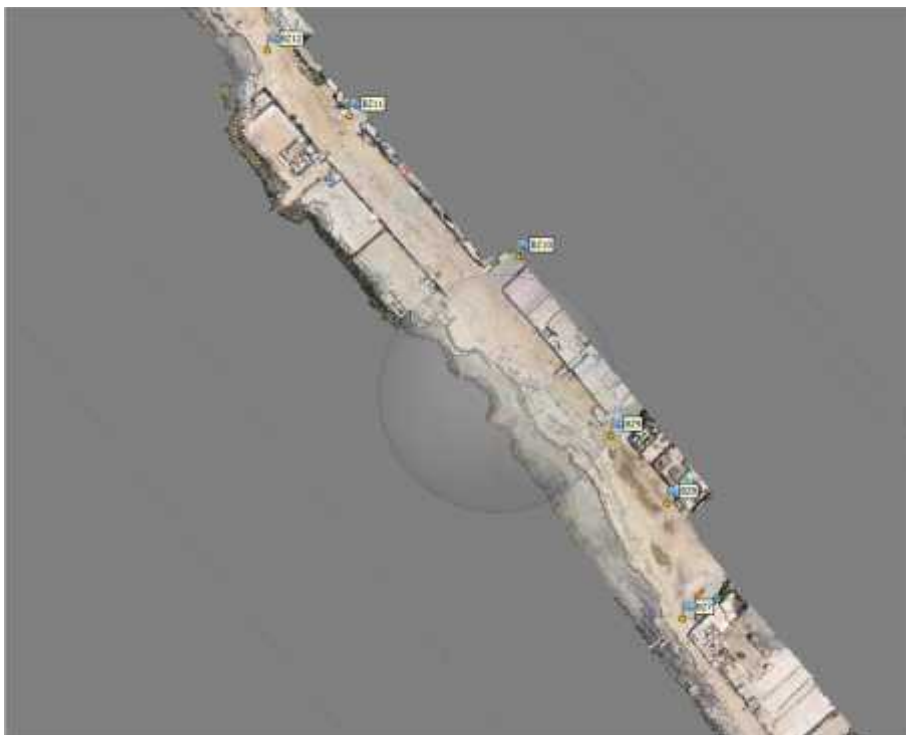


Figura 3: Situación actual del tramo (BZ10 a BZ14 y BZ27 a BZ29)

La imagen muestra un tramo costero urbano con presencia de edificaciones en ambos lados, correspondiente a la zona intervenida entre los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta. Se aprecia una notoria intrusión del mar hacia el área urbana, especialmente en el sector central de la imagen, donde se observa una erosión marcada de la línea de costa con pérdida de material del talud natural y afectación directa a predios colindantes.

La geometría irregular del borde costero en esa sección sugiere un proceso activo de socavación, posiblemente agravado por la falta de protección estructural y por la acción directa del oleaje. Se identifican puntos georreferenciados (BZ10 a BZ14 y BZ27 a BZ29), que probablemente corresponden a estaciones de levantamiento topográfico o puntos de control, lo cual indica un proceso técnico de monitoreo y delimitación del área crítica.

La cercanía de las edificaciones al borde erosionado, junto con la carencia de elementos de contención visibles, evidencia una situación de alta vulnerabilidad frente a futuras marejadas o eventos extremos. Este diagnóstico visual refuerza la necesidad de implementar obras de defensa costera en este tramo, considerando soluciones como diques, enrocados o restauración del perfil costero mediante técnicas de ingeniería y soluciones basadas en la naturaleza.



Figura 4: Estado Actual del Tramo (BZ10 a BZ26)

La imagen muestra un tramo costero que presenta una fuerte retracción del borde litoral, especialmente en la zona comprendida entre los puntos BZ10 y BZ28. Se observa una forma de embate en "U", indicativa de procesos de erosión activa, donde el mar ha socavado el terreno de forma progresiva. La irregularidad de la línea de costa sugiere un desgaste acelerado, agravado por la ausencia de obras de contención o elementos naturales de protección.

En la sección central (BZ28–BZ27), se identifica un espacio abierto sin construcciones, lo que podría aprovecharse como área de amortiguamiento o para implementar soluciones basadas en la naturaleza, como una duna artificial vegetada o diques de arena. No obstante, esta misma zona evidencia acumulación de sedimentos dispersos y material removido, lo que indica episodios anteriores de sobrelavado o escorrentía intensa hacia el interior del asentamiento.

La cercanía de las viviendas al borde erosionado, principalmente hacia los extremos (BZ10 y BZ26), representa un alto nivel de exposición y riesgo estructural. La condición actual de este tramo reafirma la necesidad urgente de implementar un diseño técnico de defensa costera que considere la morfología del terreno, la dinámica del oleaje y las condiciones del uso del suelo.



Figura 5: Estado Actual del Tramo (BZ21 a BZ24)

La imagen muestra un tramo costero urbanizado de forma continua, con edificaciones colindantes al borde litoral a lo largo de toda la sección comprendida entre los puntos BZ21 y BZ24. Se observa una ocupación intensiva del espacio costero, sin presencia de zonas de amortiguamiento natural ni franjas libres que reduzcan el impacto del oleaje o el avance del mar.

A diferencia de otros tramos más erosionados, en esta sección se aprecia una barrera lineal oscura, probablemente constituida por enrocado artesanal o defensas improvisadas, que actúan como protección mínima frente a la acción marina. Sin embargo, su alineación y morfología indican una solución no uniforme ni técnicamente diseñada, lo que limita su efectividad en caso de temporales o mareas anómalas.

La falta de espacio entre las viviendas y la línea de costa hace inviable la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, como sistemas dunares. Por ello, este tramo requiere una intervención estructural directa, como la instalación de

un dique de contención lineal o una escollera reforzada que proteja tanto la infraestructura como la integridad del borde litoral.

En términos de riesgo, este tramo se considera crítico, debido a la elevada densidad urbana, la escasa distancia al mar y la fragilidad de las defensas actuales.

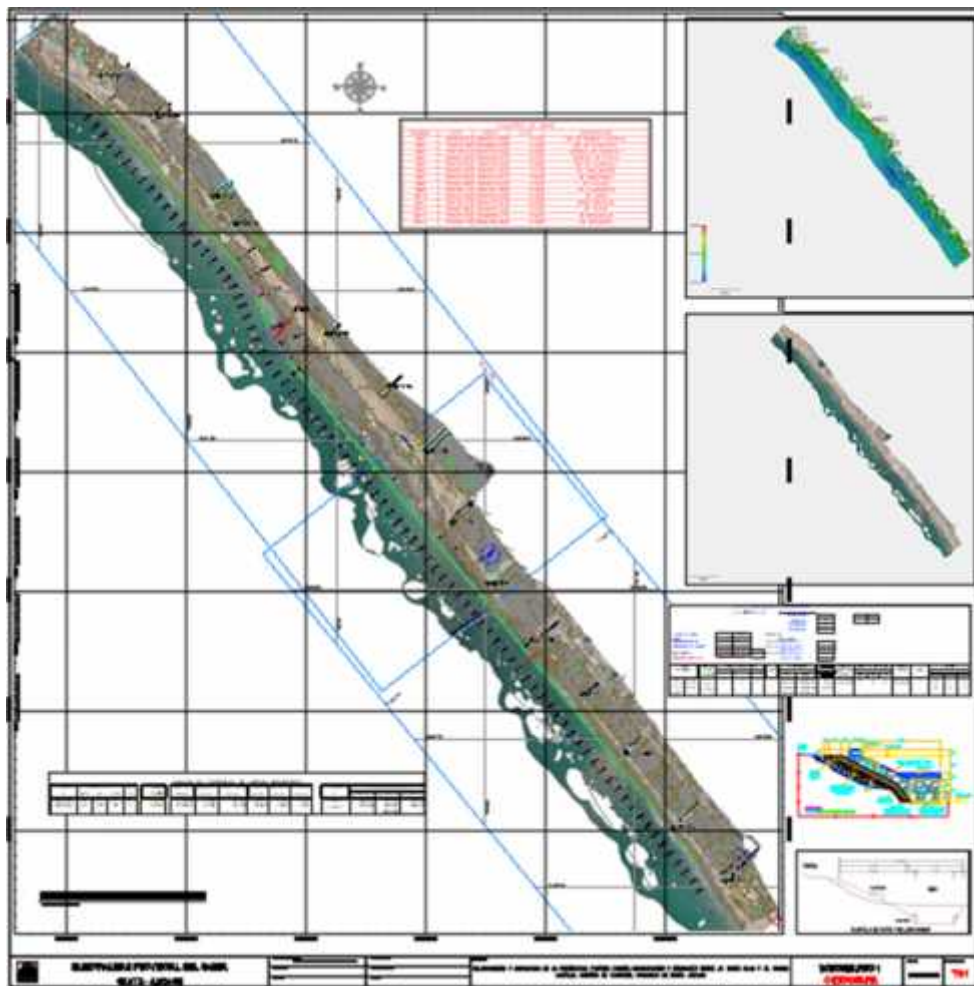


Figura 6: Plano General de Modelado y Propuesta de Intervención

El plano mostrado representa una vista integral del área de estudio a lo largo de la franja costera de los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, en el distrito de Chimbote. Se identifican con claridad los sectores urbanos colindantes a la línea de costa, zonas críticas de erosión, y áreas de modelado del comportamiento del oleaje o inundación costera.

En el plano central se destacan curvas batimétricas y líneas de corriente generadas mediante simulación computacional, lo que permite evaluar la dinámica marina en diferentes condiciones de oleaje. Las figuras laterales (superior derecha) muestran vistas de detalle o mapas de elevación (DEM), fundamentales para interpretar niveles de riesgo según la topografía del terreno.

La superposición de estructuras urbanas, zonas erosionadas y rutas de escurrimiento evidencia la vulnerabilidad de la infraestructura existente, especialmente en los sectores más expuestos a la acción del mar. Además, se muestra un trazo técnico que corresponde a la propuesta de alineación de la defensa costera, considerando criterios de longitud, cobertura y orientación frente a la dinámica costera.

Este plano integra los insumos clave para el diseño técnico final, sirviendo como base para dimensionar obras de defensa como diques, enrocados, espigones u otras estructuras de contención, que deben responder a las particularidades físicas y sociales del entorno.



Figura 7: Erosión Costera y Vulnerabilidad Urbana

La fotografía muestra una situación crítica de afectación directa por erosión e inundación costera. En primer plano se observa a un ciudadano señalando una zona visiblemente erosionada, con un socavamiento del suelo muy próximo a la línea de viviendas. La franja de arena ha desaparecido casi por completo, dejando al

descubierto infraestructura urbana y servicios básicos en situación de riesgo (como las tuberías visibles en superficie).

El oleaje llega hasta el pie de las construcciones, lo que evidencia la ausencia de una franja de protección natural o estructural, y expone a la población a un alto nivel de vulnerabilidad. Esta imagen confirma la urgencia de intervención técnica mediante una defensa costera adecuada que establezca el borde litoral y evite mayores daños a las viviendas e infraestructuras.

Además, se aprecia que el retroceso del litoral ya ha provocado colapsos parciales de veredas y bases de muro, lo cual representa un riesgo inmediato para la seguridad de los residentes. Esta evidencia empírica refuerza el diagnóstico técnico y social de la zona, y justifica plenamente la necesidad de ejecutar obras de mitigación y contención como parte del diseño propuesto.



Figura 8: Estado Actual de Defensa Costera Precaria

La imagen muestra una franja costera con una defensa improvisada mediante material rocoso y desechos (enrocado informal). Se observa una acumulación de piedras de diversos tamaños, mezcladas con residuos de construcción y basura, lo que evidencia la falta de planificación y criterios técnicos en la conformación de esta barrera.

Aunque esta defensa artesanal actúa como un intento de protección contra la acción directa del oleaje, su distribución irregular, la carencia de un núcleo estructurado, y la ausencia de geotextiles o contención adecuada, comprometen su funcionalidad. El uso de materiales sueltos y sin confinamiento también incrementa el riesgo de erosión progresiva y socavamiento interno, especialmente durante temporales.

En el fondo se aprecia la cercanía de viviendas y postes de alumbrado al borde de esta defensa, lo que denota nuevamente la alta exposición del asentamiento. Además, la falta de mantenimiento y la acumulación de desechos refuerzan el deterioro ambiental del área y el riesgo para la salud pública.

Esta imagen representa una evidencia clara de la necesidad de reemplazar las defensas precarias por una estructura técnicamente diseñada, como la propuesta de dique tipo escollera, que garantice estabilidad, durabilidad y protección efectiva para la población y la infraestructura urbana.



Figura 9: Colapso Urbano y Degradación Costera

La imagen presenta un escenario de colapso estructural en el borde litoral, donde viviendas precarias se encuentran parcialmente destruidas o al borde del derrumbe debido a la acción de la erosión costera. La pérdida de suelo es evidente, y la

proximidad de las construcciones al acantilado artificial creado por la erosión constituye un riesgo inminente para la integridad física de los ocupantes.

El área muestra una gran acumulación de escombros, residuos sólidos y desechos, lo que refleja condiciones de abandono, informalidad urbana y falta de intervención técnica. Esta combinación de degradación ambiental, vulnerabilidad social y colapso infraestructural convierte este punto en uno de los sectores más críticos de la zona de estudio.

Se observa también que las supuestas “defensas” son acumulaciones caóticas de material de demolición y basura, sin ninguna capacidad de contención efectiva frente al oleaje. Además, el impacto paisajístico y sanitario es negativo, afectando no solo la seguridad, sino también la dignidad de los habitantes.

Esta figura constituye una evidencia contundente de la urgencia de implementar una solución de defensa costera técnica, planificada y sostenible, así como medidas integrales de reubicación o fortalecimiento urbano para zonas de riesgo alto.

Resultado del Objetivo Específico 2: Propuesta de Diseño de Defensa Costera

En atención al segundo objetivo específico, se desarrolló la propuesta de diseño técnico de defensa costera para mitigar los efectos de la erosión e inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, ubicados en el distrito de Chimbote, provincia del Santa, región Áncash. Esta propuesta se basa en el diagnóstico físico, topográfico y urbanístico de la zona, así como en los resultados obtenidos del modelado hidrodinámico.

El tipo de defensa seleccionada es un dique tipo escollera de enrocado con taludes inclinados, diseñado para disipar la energía del oleaje y estabilizar el borde litoral. Esta solución ha sido elegida por su alta resistencia estructural, adaptabilidad a distintos niveles de energía marina, bajo mantenimiento y compatibilidad con el entorno urbano existente.

La estructura propuesta tiene una longitud total de 1,659.00 metros lineales, cubriendo de forma continua el tramo comprendido entre el Jr. Santa Rosa (P.J. Florida Baja) y el Jr. Ramón Castilla (P.J. Florida Alta). El diseño contempla una altura promedio de cresta de 3.00 metros sobre el nivel medio del mar, con un talud marino de 1:2 y un talud terrestre de 1:1.5, según la morfología del terreno.

Los materiales especificados incluyen roca tipo escollera de gran tamaño para la capa exterior, piedra filtro para el núcleo y geotextil de separación, garantizando estabilidad hidráulica y mecánica. Se incorporan además cunetas para drenaje superficial y elementos de transición en zonas de giro o variación de pendiente.

Este diseño estructural cumple con los estándares técnicos para zonas expuestas a oleaje moderado a alto y está alineado con criterios de sostenibilidad, resistencia y funcionalidad, brindando una solución efectiva a la problemática de vulnerabilidad costera identificada en el área de estudio.

A continuación, se presenta **una tabla resumen** con las **especificaciones técnicas del diseño de defensa costera:**

Tabla 1

Especificaciones Técnicas del Diseño de Defensa Costera

Elemento	Especificación Técnica
Tipo de estructura	Dique tipo escollera con núcleo filtrante
Longitud total del dique	1,659.00 metros lineales
Altura de la cresta	3.00 metros sobre el nivel medio del mar (NMM)
Ancho de cresta	2.00 metros
Talud marino (frente al oleaje)	1:2 (vertical:horizontal)
Talud terrestre (interior)	1:1.5
Capa exterior	Roca tipo escollera de 300–500 kg
Núcleo del dique	Piedra filtro (grava triturada 50–100 mm)
Geotextil	No tejido, permeable, colocado entre terreno natural y núcleo
Drenaje superficial	Cunetas longitudinales con pendiente hacia escurrimientos controlados
Áreas críticas	Refuerzo adicional con roca mayor y diseño especial en giros o extremos del trazado
Mantenimiento estimado	Revisión anual post-temporada de oleajes intensos

La Tabla 1 detalla las características técnicas de la propuesta estructural de defensa costera diseñada para mitigar la erosión e inundaciones en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta. La solución adoptada es un dique tipo escollera con núcleo filtrante, una estructura reconocida por su capacidad de disipar la energía del oleaje y adaptarse a entornos costeros de alta exposición.

El dique propuesto abarca una longitud total de 1,659.00 metros lineales, lo que garantiza una cobertura continua en el tramo crítico identificado. La altura de la cresta, fijada en 3.00 metros sobre el nivel medio del mar, proporciona una barrera eficaz

contra marejadas y eventos extremos. La sección superior o cresta, de 2.00 metros de ancho, ofrece estabilidad estructural y posibilidad de mantenimiento.

Los taludes han sido definidos con una pendiente de 1:2 hacia el mar y 1:1.5 hacia tierra, permitiendo una transición segura del oleaje y reduciendo el riesgo de deslizamientos. La capa exterior está conformada por roca tipo escollera de 300 a 500 kg, mientras que el núcleo interno emplea piedra filtro que favorece el drenaje interno y mejora la estabilidad hidráulica.

La inclusión de geotextil no tejido entre el terreno natural y el núcleo del dique evita la pérdida de material fino y refuerza la separación estructural. El sistema incorpora cunetas longitudinales que controlan el drenaje superficial, previniendo acumulaciones que puedan desestabilizar la estructura. En zonas críticas, como curvas o extremos, se prevé refuerzo con roca de mayor tamaño y ajustes geométricos.

Finalmente, se establece una rutina de mantenimiento anual, especialmente después de temporadas de oleajes intensos, asegurando la sostenibilidad y funcionalidad de la obra en el tiempo. En conjunto, estas especificaciones reflejan un diseño robusto, adaptable y técnicamente fundamentado para enfrentar los desafíos del entorno costero intervenido.

Tabla 2

Esquema del Perfil Transversal

Elemento	Especificación Técnica
Línea de costa	Talud marino (pendiente 1:2) con escollera expuesta al oleaje
Núcleo interno del dique	Relleno de piedra filtro
Base	Geotextil separador sobre el terreno natural
Parte superior	cresta del dique (2.00 m de ancho, a 3.00 m s.n.m.)
Lado tierra	Talud interno 1:1.5 con posible vegetación o tratamiento superficial

La Tabla 2 describe las especificaciones técnicas del perfil transversal del dique tipo escollera, resaltando la configuración estructural de cada componente desde el contacto con el mar hasta su integración con el terreno continental. Este perfil transversal es clave para garantizar la estabilidad, funcionalidad y durabilidad de la defensa costera.

El diseño comienza desde la línea de costa, donde se ubica el talud marino con pendiente 1:2 (vertical:horizontal). Esta inclinación permite que el oleaje pierda energía de forma progresiva al impactar contra la capa externa de escollera, protegiendo la estructura interior y reduciendo el riesgo de socavación.

En el núcleo interno del dique se emplea piedra filtro, una grava triturada que facilita el drenaje interno y evita la acumulación de presión hidrostática. Este material permite el paso del agua sin arrastrar finos, mejorando la estabilidad interna.

La base del dique se construye sobre un geotextil separador, el cual actúa como barrera entre el terreno natural y el material del núcleo, evitando la migración de partículas del suelo y garantizando una mayor vida útil de la estructura.

La parte superior corresponde a la cresta del dique, de 2.00 metros de ancho y ubicada a una altura de 3.00 metros sobre el nivel medio del mar (s.n.m.), lo que proporciona protección adecuada contra mareas altas y oleajes severos, además de espacio para inspección o mantenimiento.

En el lado tierra, el diseño contempla un talud interno con pendiente 1:1.5, que puede recibir tratamientos superficiales o vegetación estabilizadora, integrando funcionalidad estructural con criterios paisajísticos y de sostenibilidad ambiental.

Este perfil responde a condiciones técnicas y ambientales del área de intervención y representa una solución viable frente a la problemática de erosión e inundación costera.



Figura 10: Esquema del Dique Tipo Escollera

La figura 10 muestra de forma clara la configuración estructural del dique tipo escollera diseñado para la protección costera. Los elementos clave que se observan son:

Cresta del dique: Tiene un ancho de 2.00 metros y una altura de 3.00 metros sobre el nivel medio del mar (NMM), lo que le permite actuar como barrera frente al oleaje extremo y prevenir sobre pasamientos.

Roca tipo escollera: Conformar la capa exterior, responsable de disipar la energía del oleaje. Su disposición en ambos taludes (marino y terrestre) le da estabilidad a la estructura.

Talud marino: Se construye con una pendiente de 1:2, ideal para resistir el impacto del oleaje y reducir la velocidad del agua que golpea la defensa.

Talud terrestre: Con una pendiente de 1:1.5, permite una transición estable hacia el terreno natural y facilita la integración con zonas habitadas o urbanizadas.

Núcleo del dique: Formado por piedra filtro, permite el drenaje interno sin que se filtre el material fino del subsuelo.

Geotextil: Actúa como una membrana separadora entre el terreno natural y el núcleo, impidiendo la migración de partículas del suelo base hacia el interior del dique.

Terreno natural: Sirve como base de asentamiento para toda la estructura. La correcta preparación y compactación del terreno es esencial para evitar asentamientos diferenciales.

Este esquema es una herramienta didáctica y técnica fundamental que respalda gráficamente la solución propuesta y garantiza que el diseño sea comprendido no solo por especialistas, sino también por autoridades locales y comunidades involucradas en el proyecto.

Memoria de Cálculo Simplificada para el Dique Tipo Escollera

1. Parámetros Hidráulicos de Diseño

Para el cálculo, se considera un **oleaje de diseño** basado en condiciones promedio con potencial de afectación:

Tabla 3

Parámetros Hidráulicos de Diseño

Parámetro	Valor	Unidad
Altura significativa de ola H_s	1.50	m
Periodo de ola T	8.00	s
Pendiente de fondo m	1:20	—
Densidad del agua ρ_w	1.025	t/m ³
Aceleración de gravedad g	9.81	m/s ²

La Tabla 3 presenta los parámetros hidráulicos fundamentales utilizados como base para el diseño del dique tipo escollera, los cuales permiten caracterizar el comportamiento del oleaje en el tramo costero de intervención. Estos datos son esenciales para dimensionar correctamente los elementos estructurales que conforman la defensa costera.

Altura significativa de ola ($H_s = 1.50$ m): Representa la altura promedio del tercio más alto de las olas en el mar. Este valor es clave porque se utiliza para calcular la energía que el oleaje transfiere sobre la estructura. Una H_s de 1.50 metros indica un oleaje de intensidad moderada, pero suficiente para causar erosión progresiva si no se cuenta con protección adecuada.

Periodo de ola ($T = 8.00$ s): Indica el tiempo entre dos crestas consecutivas. Un periodo de 8 segundos sugiere que las olas tienen energía sostenida, lo cual implica una acción más persistente sobre la costa y la estructura del dique, incrementando el riesgo de socavación si no se diseña correctamente.

Pendiente de fondo ($m = 1:20$): Describe la inclinación del fondo marino en la zona de rompiente. Una pendiente suave como 1:20 favorece la disipación progresiva del oleaje, lo cual es beneficioso para reducir el impacto directo sobre el dique, aunque también permite que el oleaje penetre más fácilmente si no se cuenta con una barrera eficiente.

Densidad del agua ($\gamma_w = 1.025$ t/m³): Es la densidad del agua salada, necesaria para calcular la fuerza del empuje del oleaje y la estabilidad de los materiales del dique. Este valor es estándar para condiciones marinas.

Aceleración de la gravedad ($g = 9.81$ m/s²): Es un valor físico constante utilizado para calcular la energía cinética del oleaje y la fuerza que debe resistir la estructura del dique.

2. Cálculo del Peso Mínimo de la Roca (Método de Hudson)

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot (\gamma_r / \gamma_w - 1)^3 \cdot \cot(\theta)}$$

Donde:

-) W : peso mínimo de la roca (t)
-) γ_r : densidad de la roca (2.65 t/m³)

) K_D : coeficiente de estabilidad (2.0 para talud de escollera)

) : ángulo del talud (1:2 = 26.57°)

Sustituyendo valores:

$$W = \frac{2.65 \cdot (1.5)}{2.0 \cdot (2.65 / 1.025 - 1)^3 \cdot \cot(26.57)}$$

$$W \approx 3.30 \text{ t} = 300 \text{ kg}$$

Esto valida el uso de roca de **300 a 500 kg**, como se estableció en las especificaciones técnicas.

3. Estabilidad del Talud (revisión básica del talud de escollera)

Se adopta una pendiente de **1:2 (horizontal:vertical)**, recomendada para disipación de energía sin causar desplazamientos por deslizamiento o socavación, siendo estable bajo acción de oleaje moderado.

4. Geometría Final de la Sección Transversal

) **Altura del dique:** 3.00 m s.n.m. (incluye marea alta + altura ola)

) **Ancho de cresta:** 2.00 m

) **Talud marino:** 1:2

) **Talud terrestre:** 1:1.5

) **Ancho base estimado:**

$$\text{Base} = 2.0 + 2 \cdot 1:2 \cdot 3.0 + 1:1.5 \cdot 3.0 = 2.0 + 12.0 + 4.5 = 18.5 \text{ m (aprox.)}$$

5. Conclusión Técnica del Cálculo

) El diseño cumple con criterios de **estabilidad hidráulica y estructural básica**, apropiado para zonas con energía moderada.

) La roca propuesta de 300–500 kg garantiza protección ante oleajes de hasta 1.5 m.

- J) Las dimensiones geométricas ofrecen una base sólida, con drenaje interno y protección superior (3.00 m s.n.m.).

Justificación Comparativa de Alternativas de Defensa Costera

Para seleccionar la solución más adecuada frente a los problemas de erosión e inundaciones costeras en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, se evaluaron diversas alternativas de defensa estructural y se compararon con base en criterios técnicos, económicos, constructivos y ambientales. A continuación, se presenta una comparación técnica de tres opciones viables:

Tabla 4

Comparación de Alternativas de Defensa Costera

Alternativa	Ventajas	Desventajas	Apreciación general
1. Dique tipo escollera	<ul style="list-style-type: none"> - Alta disipación de energía del oleaje. - Adaptable a la morfología del terreno. - Fácil mantenimiento. - Construcción con materiales locales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere mayor volumen de materiales. - Ocupa más espacio transversal. 	Alta eficiencia y adaptabilidad. Solución más viable.
2. Muro de contención en concreto armado	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupa poco espacio. - Alta resistencia estructural. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo elevado. - Difícil mantenimiento. - Mayor rigidez estructural frente a asentamientos. 	Requiere suelo estable y alto presupuesto. Menos viable.
3. Espigones perpendiculares	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de transporte litoral. - Favorece acumulación de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modifica dinámica sedimentaria en zonas adyacentes. - Impacto visual y ambiental alto. 	Viable solo si se combina con otras soluciones.

La Tabla 4 presenta un análisis comparativo entre tres alternativas estructurales para mitigar la erosión e inundaciones en la franja costera de los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta. Esta comparación se realiza en función de sus ventajas,

desventajas y apreciación general, considerando criterios técnicos, constructivos y de impacto territorial.

La primera alternativa, el dique tipo escollera, destaca como la opción más viable debido a su alta capacidad de disipación de energía del oleaje, lo que protege eficazmente el talud costero. Su diseño se adapta a distintas condiciones topográficas, permite el uso de materiales locales, y su mantenimiento es sencillo en comparación con otras soluciones. Aunque requiere un mayor volumen de materiales y ocupa más espacio transversal, estas desventajas se compensan con su eficiencia hidráulica y adaptabilidad al entorno urbano existente.

La segunda opción, el muro de contención de concreto armado, ofrece resistencia estructural elevada y ocupa poco espacio, pero implica costos de construcción significativamente mayores, es menos tolerante a asentamientos diferenciales y presenta mayores dificultades de mantenimiento. Esto lo convierte en una alternativa menos viable, especialmente en contextos de suelos inestables o presupuestos limitados.

Por último, los espigones perpendiculares pueden ser útiles para reducir el transporte litoral y fomentar la acumulación de sedimentos, sin embargo, su implementación puede alterar la dinámica sedimentaria en sectores vecinos y generar impactos ambientales y visuales considerables. Por ello, esta alternativa es viable solo si se combina con otras intervenciones complementarias, como diques longitudinales o regeneración de playas.

Luego del análisis, se determinó que el dique tipo escollera representa la alternativa óptima para el caso específico de los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta, debido a su alto rendimiento técnico, adaptabilidad al terreno, uso de materiales accesibles, y su bajo impacto ambiental en comparación con soluciones rígidas. Además, su diseño permite incorporar criterios de sostenibilidad y posibles mejoras a futuro mediante revegetación del talud interior o integración con mobiliario urbano en la cresta.

Análisis y discusión

La elección de un dique tipo escollera con núcleo filtrante como solución estructural para la defensa costera en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta responde a criterios técnicos, hidráulicos, económicos y ambientales que garantizan su viabilidad y efectividad frente a los procesos de erosión e inundación que afectan a esta franja litoral del distrito de Chimbote.

En primer lugar, desde el punto de vista hidráulico, el diseño se basa en parámetros de oleaje representativos de la zona (altura significativa de ola de 1.50 m y periodo de 8 s), lo cual permite dimensionar una estructura capaz de disipar eficientemente la energía del oleaje, minimizando la socavación del talud costero. La escollera propuesta, compuesta por bloques de roca de 300 a 500 kg, responde adecuadamente a estos requerimientos, asegurando estabilidad bajo condiciones marinas moderadas a severas.

Desde una perspectiva estructural y geotécnica, la sección transversal del dique incorpora taludes estables (1:2 hacia el mar y 1:1.5 hacia tierra), núcleo de piedra filtro que mejora el drenaje interno, y una base con geotextil separador para evitar la migración de finos desde el terreno natural. Esta configuración favorece la durabilidad de la obra y su capacidad de adaptación a la morfología variable del borde costero.

En cuanto a la constructibilidad y mantenimiento, el dique tipo escollera destaca por su facilidad de ejecución con materiales locales, menor dependencia de maquinaria especializada, y la posibilidad de mantenimiento periódico mediante reposición de rocas, sin necesidad de intervenciones complejas. Además, su comportamiento flexible ante asentamientos o eventos extremos lo hace especialmente apropiado para suelos costeros de baja capacidad portante.

Desde el enfoque de comparación de alternativas, se evaluaron soluciones como muros de contención, espigones y estructuras de concreto armado. No obstante, estas opciones presentan mayores costos, requieren cimentaciones profundas o generan impactos ambientales más severos. Por el contrario, el dique de escollera permite una integración más armoniosa con el entorno urbano y natural, y puede ser

complementado con soluciones basadas en la naturaleza (como revegetación del talud interno), aportando al criterio de sostenibilidad.

La solución adoptada responde de manera directa a las necesidades específicas del área de intervención, tanto en términos de protección física como de viabilidad económica y social, constituyéndose como la alternativa más equilibrada y eficiente frente a la problemática costera diagnosticada. Esta solución estructural encuentra respaldo en diversos estudios recientes que abordan enfoques similares y complementarios en contextos costeros vulnerables.

Yahia et al. (2024) destacan que, aunque las defensas de ingeniería como muros y compuertas siguen siendo necesarias, su efectividad es limitada frente al cambio climático si no se integran con soluciones basadas en la naturaleza. En ese sentido, el diseño de escollera en este proyecto puede complementarse en el futuro con vegetación estabilizadora en el talud interno o sistemas de drenaje verde, alineándose con el enfoque híbrido sugerido por dichos autores.

De acuerdo con Cao et al. (2024), la gestión del riesgo costero debe considerar no solo la exposición física, sino también el entorno socioecológico. En este estudio, se seleccionó un tramo de intervención de 1,659 metros lineales con alta densidad urbana y vulnerabilidad social, lo que refuerza la necesidad de implementar una solución estructural robusta. Además, la propuesta técnica puede adaptarse a modelos de riesgo como los utilizados en el estudio de Cao para priorizar zonas críticas y fases constructivas.

En consonancia, Vyas et al. (2024) documentan el uso exitoso de geotextiles y soluciones geosintéticas en la India, demostrando su efectividad ante la erosión fluvial y costera. La inclusión de un geotextil separador en la base del diseño aquí propuesto responde directamente a estas recomendaciones, mejorando el comportamiento hidráulico del núcleo del dique y aumentando su durabilidad.

Asimismo, Dang et al. (2024) afirman que las estructuras artificiales como los rompeolas y malecones siguen siendo fundamentales, especialmente cuando se combinan con elementos naturales. Aunque este proyecto prioriza una solución rígida,

la incorporación futura de vegetación o estrategias de alimentación de playa lo haría más resiliente frente a eventos extremos, como lo recomiendan los autores.

En el contexto español, Toledo Sepulcre (2024) recalca la efectividad de las dunas vegetadas y diques de arena como soluciones naturales. Sin embargo, aclara que su aplicabilidad depende del espacio disponible. En la zona de intervención de esta tesis, la urbanización intensiva impide soluciones de ese tipo, justificando la adopción de una estructura más compacta como la escollera.

Desde una perspectiva de modelación, Campos-Caba y Winckler (2023) advierten sobre el sobredimensionamiento de obras por uso de modelos incompletos. En este caso, el uso de datos locales (altura de ola, pendiente del fondo) y fórmulas verificadas (Hudson) permitió un diseño equilibrado, sin sobredimensionamientos innecesarios.

El análisis de Girón et al. (2024) también respalda el uso de modelación hidrodinámica para optimizar la forma y orientación de estructuras. Si bien el presente trabajo no implementa ángulos variables o baterías de defensa, sí aplica criterios de geometría adaptada a la morfología costera, con taludes estables y cresta elevada (3 m s.n.m.).

Finalmente, Fanning et al. (2023) enfatizan que los daños futuros no solo provendrán de eventos extremos, sino de tormentas moderadas más frecuentes, conocidas como "inundaciones molestas". En este sentido, el diseño del dique no solo protege contra eventos de gran magnitud, sino que previene el desgaste acumulativo, lo cual prolonga la vida útil de las viviendas e infraestructuras cercanas.

El diseño propuesto en este estudio se alinea con las tendencias internacionales en protección costera al combinar criterios estructurales comprobados con posibilidades de integración futura de soluciones basadas en la naturaleza. Su adopción se justifica plenamente en un contexto de alta exposición urbana y limitada disponibilidad espacial, cumpliendo con los principios de resiliencia, sostenibilidad y viabilidad técnica defendidos por la literatura reciente.

Conclusiones

Conclusión del Objetivo General:

Se concluye que el diseño del dique tipo escollera con núcleo filtrante constituye una propuesta técnica viable y eficaz para mitigar los efectos de la erosión e inundaciones costeras en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta. La solución estructural propuesta responde a las condiciones físicas del entorno, se adapta a la morfología del terreno, y ofrece una alternativa sostenible, de bajo mantenimiento y compatible con el contexto urbano densamente poblado de la zona de intervención.

Conclusión del Objetivo Específico 1:

El análisis del estado actual de la franja costera evidenció un proceso avanzado de erosión, retroceso de la línea litoral y exposición directa de viviendas e infraestructura urbana al impacto del oleaje. Se identificaron tramos críticos con colapso parcial del terreno, presencia de defensas improvisadas y acumulación de residuos, confirmando la necesidad urgente de una intervención técnica planificada y sostenible.

Conclusión del Objetivo Específico 2:

La propuesta de diseño técnico del dique tipo escollera fue desarrollada considerando criterios hidráulicos, estructurales y de estabilidad costera, garantizando una respuesta efectiva frente a eventos de oleaje moderado a severo. El uso de roca de 300–500 kg, núcleo de piedra filtro, geotextil y taludes estables asegura el cumplimiento de los parámetros de diseño y contribuye a prolongar la vida útil de la defensa, protegiendo la integridad territorial y urbana del área afectada.

Recomendaciones

Se recomienda a las autoridades locales y regionales gestionar la ejecución progresiva del diseño de defensa costera propuesto, priorizando los tramos de mayor riesgo identificados, con el fin de reducir la vulnerabilidad de las comunidades asentadas en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta frente a eventos de erosión e inundación costera.

Se sugiere implementar un sistema de monitoreo permanente del estado de la línea de costa, mediante inspecciones técnicas, levantamientos topográficos periódicos y uso de tecnologías geoespaciales, con el objetivo de anticipar procesos erosivos y tomar decisiones preventivas antes de que ocurran colapsos estructurales o pérdidas materiales.

Se recomienda que el diseño del dique tipo escollera sea complementado en el futuro con soluciones basadas en la naturaleza, como revegetación del talud interior o regeneración de playa, así como con estrategias de gestión participativa con la población local, para garantizar la sostenibilidad, mantenimiento comunitario y apropiación social de la infraestructura costera.

Referencias bibliográficas

- Campos-Caba, R., & Winckler, P. (2023). Evaluación del rebase por oleaje en una defensa costera utilizando un modelo basado en el modelo de Navier-Stokes promediado por volumen de Reynolds (VARANS). *Obras y proyectos*, (33), 6-14. <https://dx.doi.org/10.21703/0718-281320233301>
- Cao, X., Sun, Y., Wang, Y., Wang, Y., Cheng, X., Zhang, W., Zong, J., y Wang, R. (2024). Evaluación del riesgo de inundación y erosión costera basada en una escala de cuadrícula: un estudio de caso de seis áreas metropolitanas costeras. *Science of The Total Environment*, 946, 174393. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174393>
- Córdova López, L. F., & González Fernández, Y. (2021). Alternativas contra inundaciones costeras en el malecón tradicional de La Habana, Cuba. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 42(1), 27-41.
- Dang, HV, Shin, S., Lee, E. y Park, HS (2024). Comparación numérica y experimental de alternativas de mitigación verdes y grises para la reducción de inundaciones en la región costera. <https://doi.org/10.59490/coastlab.2024.773>
- Donini, H. (2021). Los procesos de erosión costera en playa Unión. *Párrafos Geográficos*, 20(2), 20-50. <https://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/parrafosgeograficos/article/view/639>
- Fanning, AE, Janssen, MS, Lemke, L. y Miller, JK (2023). La importancia de considerar la erosión nociva en el diseño de futuros proyectos de defensa costera. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4585250>
- Giron, A., Rottiers, S., y Jara, M. (2024). Modelación del sistema de placas sumergibles para contrarrestar la erosión en el río Huallaga, caso: Yurimaguas— Loreto (pp. 671–685). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6368-3_54

- Langkulsen, U., Cheewinsiriwat, P., Rwodzi, DT, Lambonmung, A., Poompongthai, W., Chamchan, C., Boonmanunt, S., Nakhapakorn, K. y Moses, C. (2022). Mecanismos de adaptación a la erosión costera y las inundaciones en el sur de Tailandia: un estudio cualitativo. *Revista internacional de investigación medioambiental y salud pública*, 19 (19), 12326. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912326>
- Navarro, O., Mambet, C., Barbaras, C., Chadenas, C., Robin, M., Chotard, M., Desvergne, L., Desse, M., Chauveau, E., & Fleury-Bahi, G. (2021). Factores determinantes de las conductas protectoras frente al riesgo de erosión e inundaciones costeras. *Revista Internacional de Reducción del Riesgo de Desastres*, 61, 102378. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2021.102378>
- Roldán, M., Maza, M., Lara, JL, & Losada, IJ (2024). Análisis de soluciones híbridas para la protección costera combinando modelado físico y numérico de CFD. <https://doi.org/10.59490/coastlab.2024.813>
- Rubinato, M., Heyworth, J. y Hart, J. (2020). Protección de las costas frente a las inundaciones en un clima cambiante: un estudio experimental preliminar para investigar un enfoque sostenible. *Water*, 12 (9), 2471. <https://doi.org/10.3390/W12092471>
- Salgado, K., y Martínez, ML (2017). ¿Es la defensa costera basada en ecosistemas una alternativa realista? Explorando la evidencia. *Journal of Coastal Conservation*, 21 (6), 837–848. <https://doi.org/10.1007/S11852-017-0545-1>
- Toledo Sepulcre, I. (2024). Estudio de los factores causantes de la erosión costera en las playas de Benidorm y Guardamar del Segura (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant/Universidad de Alicante).
- Vaishnavi, JB (2024). Una revisión comparativa de la detección y el pronóstico de los patrones de erosión costera. 543–553. <https://doi.org/10.69980/redvet.v25i2.1398>

- Vidalis, T. (2022). Investigación costera: restauración y protección de playas (pp. 297–311). https://doi.org/10.1007/978-981-19-6929-4_15
- Vyas, S., Garg, S. y Hasilkar, N. (2024). Soluciones geosintéticas para obras de protección de ríos y costas. *E3S Web of Conferencias*, 569, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456903002>
- Wang, D., Ariffin, EH, Saengsupavanich, C., Rashid, MAM, Shukri, MHM, Ramli, M., Miskon, MF, Jeofry, MH, Yunus, K., M.Ghazali, NH y Md. Noh, Md. N. (2023). Adaptación de la estructura de defensa costera como mecanismo para aliviar la erosión costera en la costa dominada por los monzones de la península de Malasia. *Social Science Research Network*, 333, 117391. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4160335>
- Yahia, AKM, Rahman, Dr. Md. M., Shahjalal, M., y Morshed, A. (2024). Implementación de estrategias de diseño resistentes a inundaciones en regiones costeras. 1 (01), 1–20. <https://doi.org/10.70008/jeser.v1i01.37>

Anexos

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición
Defensa costera contra inundaciones y erosiones	La defensa contra las inundaciones y la erosión costeras es un componente crítico de la gestión y protección de las áreas costeras de los efectos adversos de las actividades naturales y antropogénicas. Estas defensas están diseñadas para mitigar los impactos del aumento del nivel del mar, las marejadas ciclónicas y los cambios inducidos por el hombre que amenazan los ecosistemas costeros y los asentamientos humanos (Yahia et al., 2024).	La defensa costera contra inundaciones y erosiones se define como el conjunto de estrategias, estructuras y diseñadas para mitigar los efectos de la erosión del litoral y prevenir el impacto de inundaciones en zonas costeras. Para ello se analiza el estado actual de la defensa costera y de acuerdo a lo encontrado, se propone el diseño.	Estado actual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grado de retroceso de la línea de costa 2. Nivel de afectación a viviendas e infraestructura urbana 3. Existencia de obras de defensa costera improvisadas o formales 4. Condición del terreno y estabilidad del talud 5. Presencia de residuos o acumulación de escombros en la franja litoral 6. Frecuencia y severidad de inundaciones recientes 	No aplica	Nominal

				7. Distancia entre la línea de oleaje y la zona habitada		
			Propuesta de diseño	1. Longitud total del tramo intervenido (ml) 2. Altura de cresta propuesta (m s.n.m.) 3. Tipo de estructura seleccionada (escollera, muro, etc.) 4. Tipo y peso de material de revestimiento (roca, geotextil) 5. Pendiente del talud marino y terrestre 6. Incorporación de elementos de drenaje 7. Capacidad de disipación del oleaje (según diseño)	No aplica	

Anexo 2: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿Cuál es la propuesta de diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023?</p> <p>Problemas específicos P.E.1: ¿Cuál es el estado actual de la defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023?</p> <p>P.E.2: ¿Cuál es la propuesta de diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023?</p>	<p>Objetivo general Diseñar una propuesta de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023</p> <p>Objetivos específicos: O.E.1 Analizar el estado actual de la defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023</p> <p>O.E.2 Proponer un diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023</p>	<p>Hipótesis general Por ser una investigación descriptiva que no conduce a predecir un hecho o una cifra, se considera implícita.</p> <p>Hipótesis específicas: H.E.1: No aplica H.E.2: No aplica H.E.3: No aplica.</p>	<p>Variable 1: Defensa costera contra inundaciones y erosiones</p> <p>Dimensiones: - Estado actual - Propuesta de diseño</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño: No experimental, transversal, descriptiva</p> <p>Población: La longitud de intervención es aproximadamente en 1,659.00 ml, el cual comprende desde Jr. Santa Rosa en el P.J. Florida Baja hasta el Jr. Ramón Castilla en el P.J. Florida Alta.</p> <p>Muestra: Los 1,659.00 ml, desde Jr. Santa Rosa en el P.J. Florida Baja hasta el Jr. Ramón Castilla en el P.J. Florida Alta.</p>

Anexo 4: Base de datos

Tabla de mareas		
Fecha	Alturas máximas y mínimas	
	Pleamar (cm)	Bajamar (cm)
1/02	135	4
2/02	132	8
3/02	125	14
4/02	116	24
5/02	105	27
6/02	95	28
7/02	86	29
8/02	90	30
9/02	95	30
10/02	100	29
11/02	105	27
12/02	109	26
13/02	113	25
14/02	115	24
15/02	117	24

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
CUSTODIO BARDALEZ EDGAR MARTIN		71329152	edgar.custodio19@hotmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbole, Santa, Ancash, 2023.			
5. Programa Académico			
INGENIERÍA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ³ (info:eu-repo/semantics/openAccess)		<input type="checkbox"/> Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)	
Embargo (Máximo 24 meses) (info:eu-repo/semantics/embargoedAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____ / ____ / ____ (Formato: día / mes / año)	
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente deo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

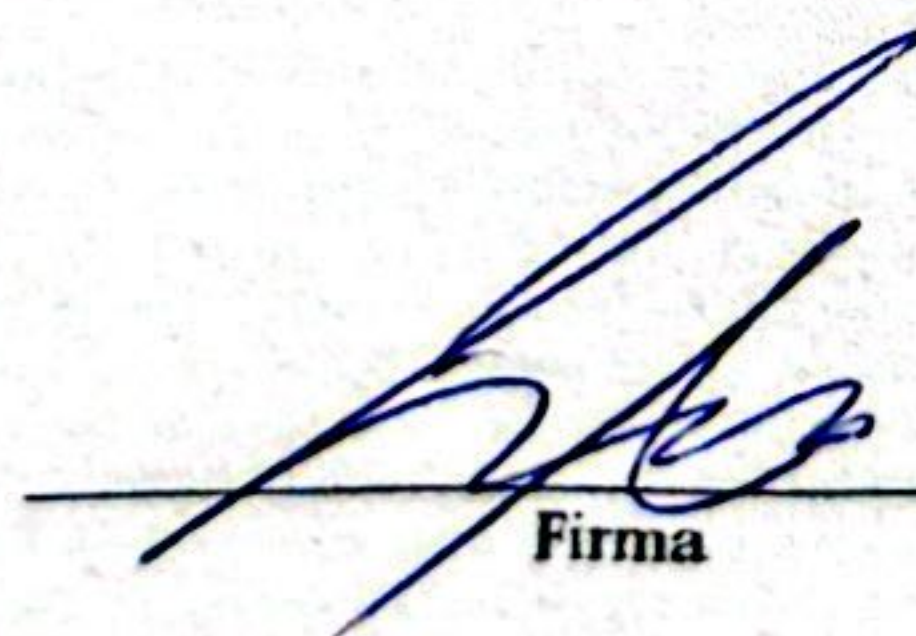
B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶

Ciudad Día Mes Año
CHIMBOTE 05 DICIEMBRE 2025

Huella Digital




Firma

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art 8, inciso 8.2.
- Ley N° 30035. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006 -2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

Diseño de defensa costera contra inundaciones y erosiones en los PP.JJ. Florida Baja y Florida Alta, Chimbote, Santa, Ancash, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.ucsc.cl Fuente de Internet	1%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	doaj.org Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	m.inei.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	prensaancashina.pe Fuente de Internet	<1%

12	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
14	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
15	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
16	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
17	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
18	piraguamdp.com Fuente de Internet	<1 %
19	rua.ua.es Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Marine Academy of Technology and Environmental Science Trabajo del estudiante	<1 %
21	repository.unab.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
23	www.infobae.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
25	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %

26	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
27	1library.co Fuente de Internet	<1 %
28	es.mongabay.com Fuente de Internet	<1 %
29	moam.info Fuente de Internet	<1 %
30	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
31	www.docusecure.com.ec Fuente de Internet	<1 %
32	d.documentop.com Fuente de Internet	<1 %
33	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
34	kimuk.conare.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
35	ns.mideplan.go.cr Fuente de Internet	<1 %
36	researchonline.gcu.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
37	www.bayliner.com Fuente de Internet	<1 %
38	www.kimt.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.msdmanuals.com Fuente de Internet	<1 %
40	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %

41	krdo.com Fuente de Internet	<1 %
42	mail.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
43	openigo.com Fuente de Internet	<1 %
44	people.kth.se Fuente de Internet	<1 %
45	www.abc-consorcio.com.ar Fuente de Internet	<1 %
46	www.eufic.org Fuente de Internet	<1 %
47	www.indeci.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
48	www.proz.com Fuente de Internet	<1 %
49	www.revespcardiol.org Fuente de Internet	<1 %
50	www.thegpsc.org Fuente de Internet	<1 %
51	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
52	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
53	f10.tv.bo Fuente de Internet	<1 %
54	gevappdepen.sefiplan.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
55	infofirma.sea.gob.cl Fuente de Internet	<1 %

56	ja.coursera.org Fuente de Internet	<1 %
57	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
58	www.oecd-ilibrary.org Fuente de Internet	<1 %
59	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
60	www.sandisk.de Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo