

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Marítima y Ciencias del Mar

Análisis de exposición e impactos producidos por inundaciones costeras debido a escenarios climáticos y evaluación de soluciones conceptuales

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Oceanográfica

Presentado por:

Yuneski Fernanda Solórzano Ruiz

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Este trabajo es para mis padres, quienes han sido un pilar fundamental durante todo este proceso. Su amor y apoyo incondicional fueron el motor principal para guiarme hasta este momento.

En especial para ti mamá, quién siempre creyó en mí, me motivó y me inspiró para no permitir rendirme en los momentos en que sentí que no podía.

A mis hermanos, quienes me aconsejaron y que entre risas y llantos hemos compartido tanto. Y a mis sobrinos quienes me motivan cada día para seguirme superando.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi tutora, la M.Sc. Gina Andrade, mi cotutora la PhD. Mercy Borbor y el M.Sc. Eduardo Cervantes quienes me guiaron y apoyaron en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a Pamela, Elvis, Rafael y Rommel que siempre estuvieron dispuestos ayudarme en las diferentes etapas de este proyecto.

Agradezco a mis compañeros de clase por sus comentarios constructivos, por los momentos compartidos y el soporte durante las salidas de campo.

A Henry, mi partner en todo momento, que con amor y paciencia me ayudó y brindó su apoyo durante todo este proceso.

Y a Leticia, a quién estuvo pendiente de mi avance y dándome palabras de aliento y uno que otro regaño durante este tiempo.

A todos, mi eterna gratitud.

Declaración Expresa

Yo Yuneski Fernanda Solórzano Ruiz acuerdo y reconozco que la titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, información no divulgada y cualquier otro derecho o tipo de Propiedad Intelectual que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, incluyendo cualquier derecho de participación de beneficios o de valor sobre titularidad de derechos, pertenecerán de forma total, perpetua, exclusiva e indivisible a LA ESPOL, sin limitación de ningún tipo. Se deja además expresa constancia de que lo aquí establecido constituye un “previo acuerdo”, así como de ser posible bajo la normativa vigente de transferencia o cesión a favor de la ESPOL de todo derecho o porcentaje de titularidad que pueda existir.

Sin perjuicio de lo anterior los alumnos firmantes de la presente declaración reciben en este acto una licencia de uso gratuita e intransferible de plazo indefinido para el uso no comercial de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, sin perjuicio de lo cual deberán contar con una autorización previa expresa de la ESPOL para difundir públicamente el contenido de la investigación, desarrollo tecnológico o invención.

Así también autorizamos expresamente a que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra o invento, por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

Guayaquil, agosto del 2023.



Yuneski Fernanda Solórzano Ruiz

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
JORGE WASHINGTON
ESPINOZA AMAGUANA

Jorge Espinoza A. M.Sc.

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:
GINA MARIA ANDRADE
GARCIA

Gina Andrade G. M.Sc.

Tutora de proyecto

Resumen

Las zonas costeras son altamente dinámicas y vulnerables a los efectos del cambio climático. El incremento del nivel medio del mar y la temperatura superficial del mar, aumentan la frecuencia e intensidad de eventos extremos, aumentando el riesgo a sufrir inundaciones costeras con impactos que podrían ser graves e irreversibles. Este trabajo es una primera aproximación para conocer la exposición e impactos producidos por inundaciones costeras entre Libertador Bolívar y Cadeate que brinda información importante para los tomadores de decisiones.

Se analizaron doce variables de manera independiente, que luego fueron normalizadas y utilizadas para calcular el índice y obtener el mapa de exposición mediante el programa Qgis. Para determinar el porcentaje de población afectada por inundaciones costeras se modelaron diferentes escenarios climáticos utilizando el programa Global Mapper, el cual utilizó como base el modelo de elevación digital obtenido por un sobrevuelo de dron en el área de estudio.

Los resultados arrojaron que alrededor del 16% de la población quedaría inundada a finales del siglo, por lo tanto, se propone un plan de reubicación de casas y el manejo costero integrado como una herramienta clave para abordar este problema.

Palabras clave: exposición, impacto, cambio climático, inundaciones, manejo costero

Abstract

Coastal areas are highly dynamic and vulnerable to the effects of climate change. The increase in mean sea level and sea surface temperature increases the frequency and intensity of extreme events, increasing the risk of coastal flooding with impacts that could be severe and irreversible. This work is a first approximation to know the exposure and impacts produced by coastal flooding between Libertador Bolivar and Cadeate that provides important information for decision makers.

Twelve variables were analyzed independently, which were then normalized and used to calculate the index and obtain the exposure map using the Qgis program. To determine the percentage of the population affected by coastal flooding, different climate scenarios were modeled using the Global Mapper program, which used the digital elevation model obtained from a drone overflight of the study area as a basis.

The results showed that by the end of the century about 16% of the population would be flooded by the end of the century, therefore, a house relocation plan and integrated coastal management is proposed as a key tool to address this problem.

Key words: exposure, impact, climate change, flooding, coastal management.

Índice general

Simbología.....	11
Abreviaturas.....	12
CAPÍTULO 1.....	16
1. Introducción.....	17
1.1 Descripción del problema.....	17
1.2 Justificación del problema.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	19
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	19
1.4 Área de estudio.....	19
1.5 Marco teórico.....	20
1.5.1 <i>Cambio climático</i>	20
1.5.2 <i>Aumento del nivel medio del mar</i>	21
1.5.3 <i>Riesgo de impactos climáticos</i>	21
1.5.4 <i>Rasgos oceanográficos y procesos costeros</i>	22
1.5.5 <i>Oleaje</i>	22
1.5.6 <i>Pendiente de playa</i>	23
1.5.7 <i>Dunas costeras</i>	23
1.5.8 <i>Geomorfología costera</i>	23
1.5.9 <i>Estado morfodinámico de la playa</i>	23
1.5.10 <i>Cambio de la línea costera</i>	24
1.5.11 <i>Ancho de playa</i>	24
1.5.12 <i>Rango mareal</i>	24
1.5.13 <i>Usos de suelo</i>	25
1.5.14 <i>Densidad poblacional</i>	26
1.5.15 <i>Fenómeno del Niño</i>	27
CAPÍTULO 2.....	28
2. Metodología.....	29
2.1 Etapa 1: Exposición.....	29
2.1.1 Identificación y selección de variables.....	31
2.1.1.1 <i>Obtención y procesamiento de datos</i>	33
2.1.1.1.1 <i>Oleaje</i>	33

2.1.1.1.2 Rango de marea	33
2.1.1.1.3 Rasgos geomorfológicos	33
2.1.1.1.4 Grado de exposición de oleaje.....	33
2.1.1.1.5 Presencia de dunas costeras.....	33
2.1.1.1.6 Estado morfodinámico de la playa.	34
2.1.1.1.7 Cambio en la línea costera.	34
2.1.1.1.8 Uso de suelo.....	34
2.1.1.1.9 Ancho de playa.	35
2.1.1.1.10 Densidad poblacional	35
2.1.1.1.11 Distancia de la zona crítica a la infraestructura.	36
2.1.1.1.12 Mediciones de campo.....	37
2.1.2 <i>Índice de exposición</i>	40
2.1.3 <i>Mapa de exposición a inundaciones</i>	40
2.2 Etapa 2: Amenaza.....	41
2.2.1 <i>Escenarios climáticos</i>	41
2.2.2 <i>Modelo de elevación digital</i>	43
2.3 Etapa 3: Mapas de impacto	45
2.4 Grupos focales.....	45
CAPÍTULO 3.....	47
3 Resultados y Análisis.....	48
3.1 Índice de exposición	48
3.2 Modelos de inundación.....	50
3.3 Índice de impacto	54
3.4 Posibles soluciones	57
3.4.1 <i>Propuesta de solución 1</i>	59
3.4.2 <i>propuesta de solución 2</i>	63
3.5 Matriz de decisiones	66
3.6 Costos referenciales de la alternativa escogida.	67
3.7 Planos conceptuales.....	69
CAPÍTULO 4.....	71
4 Conclusiones y recomendaciones.....	72
4.1 Conclusiones.....	73
4.2 Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	75
APÉNDICES	78

APÉNDICE A	78
Mediciones en campo.....	78
<i>Características litorales</i>	78
<i>Perfiles de playa</i>	79
Oleaje.....	81
Marea.....	82
Estado morfodinámico de la playa.....	82
Grado de exposición de oleaje	84
Presencia de dunas.....	84
Clasificación de las variables globales y locales.....	88
APÉNDICE B Levantamiento del dron	89
APÉNDICE C.....	91
Salidas de campo	91
APÉNDICE C.....	92
Focus group.....	92
APÉNDICE D Encuestas	93
APÉNDICE E	95
Curvas granulométricas	95
APÉNDICE F	100
Costos referenciales Propuesta de solución 1	100
APÉNDICE G.....	105
Cronogramas valorados Muro de gaviones de 2x1x1 m.....	105

Simbología

Hb: altura de ola rompiente

Ws: Velocidad de caída

T: Período

m: metros

ha: hectáreas

Abreviaturas

CVI: Índice de Vulnerabilidad Costera

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático

SPRAAC: Sistema de información de Proyecciones y Riesgos Climático, Medidas de Adaptación al Cambio Climático e Indicador de Vulnerabilidad del Ecuador

Índice de figuras

Figura 1 Área de estudio.....	20
Figura 2 Diagrama de etapas aplicadas en el estudio	29
Figura 3 Diagrama estructurado del proceso para obtener el mapa de exposición a inundaciones en función de las variables escogidas.....	30
Figura 4 Zonificación del área de estudio según el uso de suelo.....	35
Figura 5 Esquema de la distancia entre la línea de agua y costa para la obtención del ancho de playa.....	36
Figura 6 Distancia de la línea de agua a la infraestructura más cercana	37
Figura 7 Distribución de estaciones para las mediciones de campo	38
Figura 8 Esquema de medición en campo para pendiente de playa con método de Emery.....	38
Figura 9 Identificación de la zona alta, media y baja del perfil de playa para la recolección de sedimentos.....	39
Figura 10 Diagrama estructurado del proceso para obtener el mapa de inundaciones debido a escenarios climáticos.....	41
Figura 11 Modelo de elevación digital del área de estudio.....	44
Figura 12 Diagrama estructurado del proceso para obtener el mapa de impacto y áreas afectadas por inundaciones costeras en el área de estudio	45
Figura 13: Exposición a inundaciones por variables antropogénicas.....	49
Figura 14 Exposición a inundaciones por variables geomorfológicas	50
Figura 15 Modelo de cota de inundación escenario 1.....	51
Figura 16 Modelo de cota de inundación escenario 2.....	51
Figura 17 Modelo de cota de inundación escenario 3.....	52
Figura 18 Modelo de cota de inundación escenario 4.....	52
Figura 19 Modelo de cota de inundación escenario 5.....	53
Figura 20 Modelo de cota de inundación escenario 6.....	53
Figura 21 Mapa de exposición final.....	54
Figura 22 Mapas de impacto en escenarios climáticos E1, E2, E3, E4, E5 y E6	55
Figura 23 Zonificación del área de estudio para las posibles soluciones	58
Figura 24 Esquema de primera propuesta de solución en la zona 1.....	59
Figura 25 Esquema de primera propuesta de solución en la zona 2.....	60
Figura 26 Esquema de primera propuesta de solución complementaria en la zona 2	61
Figura 27 Efectos del oleaje, marejadas y erosión en el malecón y enrocado de Libertador Bolívar	62
Figura 28 Cabañas de uso turístico encima del enrocado de protección	62
Figura 29 Esquema de primera propuesta de solución zona 3	63
Figura 30 Esquema de segunda propuesta de solución zona 1.....	64
Figura 31 Esquema de segunda propuesta de solución zona 2.....	65
Figura 32 Esquema de segunda propuesta de solución zona 3.....	66
Figura 33 Corte transversal del muro de gavión	69
Figura 34 Corte transversal de un gavión.....	69
Figura 35 Vista en planta de la casa	70
Figura 36 Fachada principal de la vivienda.....	70

Figura 37 Valores promedio de período tomados en mediciones de campo en el área de estudio.....	78
Figura 38 Valores promedio de altura de ola tomados en mediciones de campo en el área de estudio.	79
Figura 39 Perfiles de playa para los datos tomados en las mediciones de campo realizadas el 20/04/2023	80
Figura 40 Perfiles de playa para los datos tomados en las mediciones de campo realizadas el 20/04/2023	80
Figura 41 Histograma de Altura de ola significativa y período entre 1997 y 2018.....	81
Figura 42 Serie de tiempo del rango mareal entre 1997 y 2023	82
Figura 43 Distribución promedio del D50 en el área de estudio.....	83
Figura 44 Distribución de sedimentos en el área de estudio.	83
Figura 45 Vegetación arbustiva presente en dunas del área de estudio	84
Figura 46 Zonificación del área de estudio según en función de la presencia de dunas costeras	85
Figura 47 Intervención antropogénica en dunas del área de estudio, sin presencia de vegetación aparente	85
Figura 48 Rasgos geomorfológicos en el área de estudio	86
Figura 49 Manzanas de menor a mayor exposición a inundaciones en función de su ancho de playa.....	86
Figura 50 Manzanas de menor a mayor exposición a inundaciones en función de su densidad poblacional	87
Figura 51 Manzanas de menor a mayor exposición de la línea de agua a la infraestructura.....	88
Figura 52 Área de levantamiento del dron durante la primera salida de campo y puntos de control establecidos	89
Figura 53 Área de levantamiento del dron durante la primera salida de campo y puntos de control establecidos	89
Figura 54 Reconocimiento de playa con la comunidad.....	91
Figura 55 Uso del anemómetro en la estación 4.....	91
Figura 56 Foto 1 de evidencia del grupo focal.....	92
Figura 57 Foto1 de evidencia del grupo focal.....	92
Figura 58 Foto 1 de evidencia de encuesta	94
Figura 59 Foto 2 de evidencia de encuesta	94

Índice de tablas

Tabla 1 Proyecciones climáticas del aumento del nivel medio del mar	21
Tabla 2 Simbología aplicada en el mapa de exposición a inundaciones.....	31
Tabla 3 Categorización de las variables según el grado de exposición a inundaciones de Muy baja (1) a Muy alta (5)	32
Tabla 4 Valores referenciales de la cota de inundación, Marea y Niño.....	42
Tabla 5 Escenarios climáticos para cota de inundación con la combinación de oleaje, nivel medio del mar, marea astronómica y Niño.....	42
Tabla 6 Coordenadas del levantamiento del dron	43
Tabla 7 Área y porcentaje de infraestructura inundada por los diferentes escenarios climáticos	56
Tabla 8 Proyecciones de población afectada para mediados de siglo y fin de siglo	57
Tabla 9 Criterios con su valoración para la matriz de decisiones	67
Tabla 10 Matriz de decisión de las alternativas propuestas.....	67
Tabla 11 Costes referenciales de la alternativa 2.....	67
Tabla 12 Puntos de control levantamiento de dron primera salida	90
Tabla 13 Puntos de control levantamiento de dron segunda salida	90

CAPÍTULO 1

1. Introducción

1.1 Descripción del problema

Se estima que alrededor del 60% de la población mundial habita a una distancia igual o menor de 60 kilómetros de la costa y que esta tendencia incrementará a un 75% en los siguientes 30 años (Arias, 2017). Por otro lado, cerca del 13% de la población urbana mundial vive en zonas costeras, aunque esta solo representa el 2% del área terrestre total (A. Tejada Martínez, 2017). Las principales ciudades en borde costero de América Latina crecen a un ritmo acelerado, que tienen densidades poblacionales muy altas (Mercy J. Borbor-Cordova, 2020), esto sumado a la rápida expansión y crecimiento urbano en la franja costera, la poca planificación de construcción de nuevas infraestructuras, el proceso de degradación de la línea costera, la pérdida de humedales y manglares, la disminución de recursos de agua dulce y aportes sedimentarios, inundaciones costeras y la pobreza son algunas de las razones por las cuales América Latina y El Caribe es una de las regiones con mayor susceptibilidad al cambio climático.

Uno de los efectos que actualmente se puede visibilizar con mayor claridad es el incremento del nivel medio del mar, principalmente por el derretimiento de glaciares en la Antártida y Groenlandia (D. barra, 2020) y la dilatación térmica por el aumento de la temperatura en el agua de mar que podrían alterar la intensidad y la frecuencia de mareas de tormenta y forzantes meteorológicos que provocarían retroceso en las líneas de playas, la salinización de cuerpos de agua dulce, cambios en los diferentes ecosistemas y servicios que prestan, trayendo consigo importantes pérdidas económicas e impactos directos e indirectos sobre asentamientos humanos y sus actividades de subsistencia.

Por lo tanto, la zona costera es un área vulnerable a los efectos del cambio climático que se traducen en mayores probabilidades de eventos extremos y riesgo a inundaciones, las

cuales podrían provocar daños graves e irreversibles en los ecosistemas terrestres y costeros. (IPCC, 2023)

1.2 Justificación del problema

Históricamente la franja costera representa un espacio para el desarrollo de la humanidad, puesto a su ubicación geográficamente estratégica para el comercio terrestre y marítimo, además de ser un espacio donde se desarrollan importantes actividades económicas como la pesca, extracción de hidrocarburos y el turismo. Estas son algunas de las razones por la cual la humanidad tiende a asentarse en las zonas costeras, ejerciendo presión sobre los ecosistemas marino-costeros vinculados a las economías locales como los manglares y arrecifes de corales que además son barreras naturales, que permiten reducir la energía del oleaje y los impactos producidos como la erosión costera e inundaciones por factores hidrodinámicos como oleajes y marejadas. (Juan Manuel Barragán, 2016).

Cabe recalcar que los riesgos a las poblaciones costeras derivados del cambio climático han sido ampliamente estudiados en los últimos años por la comunidad científica del mundo. De acuerdo con el IPCC las zonas costeras son vulnerables, no solo por los cambios de la dinámica marino-costera que pueden modificar el sistema natural de ecosistemas sino también por el creciente sistema socioeconómico que se acentúa en los litorales. Todos estos factores conducen a la necesidad de estudiar y evaluar los riesgos e impactos que implicarían las predicciones del cambio climático. (CEPAL, 2015)

Este trabajo pretende brindar información clave para identificar el área con mayor susceptibilidad a inundaciones en las comunidades costeras: Libertador Bolívar, San Antonio y Cadeate en la provincia de Santa Elena, que puede ser replicado en otros lugares de la costa ecuatoriana. Siendo una herramienta para evaluar los impactos producidos por el incremento del nivel medio del mar, marea astronómica y eventos del Niño.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la exposición a inundaciones costeras debido a escenarios climáticos entre las Comunas de Libertador Bolívar y Cadeate Provincia de Santa Elena-Ecuador

1.3.2 Objetivos específicos

- Calcular el índice de exposición costera en función de las variables físicas, sociales y climáticas en el área de estudio
- Zonificar el área estudio por exposición a inundaciones costeras en función de su densidad poblacional analizando las condiciones físicas, geomorfológicas y oceanografías del lugar.
- Evaluar la susceptibilidad de las comunidades costeras ante eventos extremos por efectos del cambio climático mediante un índice de impacto
- Proponer soluciones conceptuales para enfrentar las inundaciones costeras en las áreas con mayor afectación

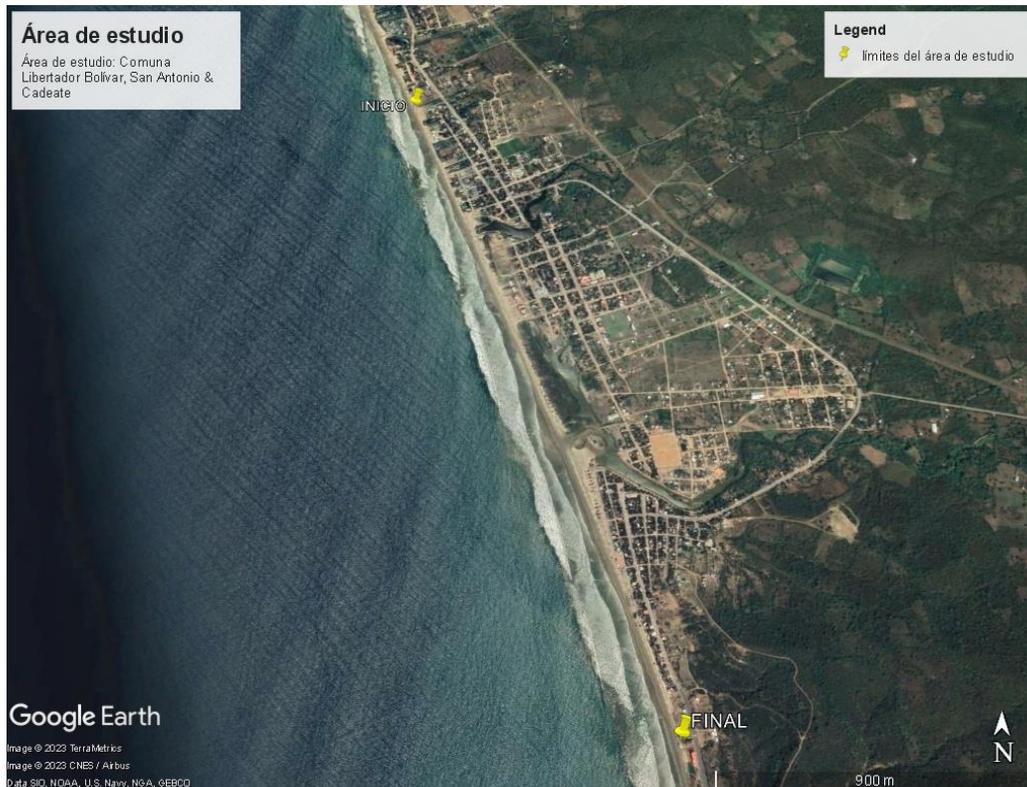
1.4 Área de estudio

El área de estudio está comprendida por tres comunidades costeras, la comuna de Libertador Bolívar conocido también como “El Atravezado” por el río con el mismo nombre que pasa por este sector, San Antonio y Cadeate, se encuentran en la parroquia de Manglaralto en la provincia de Santa Elena y está ubicada en el kilómetro 50 de la Ruta Spondylus, a 131 kilómetros de la ciudad de Guayaquil.

La extensión total de área es de aproximadamente 2.6 kilómetros de playa que limita al norte con Rio Chico y al sur con la comuna Valdivia (Sánchez, 2015).

Figura 1

Área de estudio



Nota: Imagen tomada de Google Earth (2023)

1.5 Marco teórico

1.5.1 Cambio climático

El cambio climático son las variaciones a largo plazo de los patrones climáticos por efectos naturales o antropogénicos. En las últimas décadas se ha evidenciado un aumento de la temperatura global, provocando olas de calor, el derretimiento de glaciares que provoca el aumento del nivel medio del mar, precipitaciones extremas que se espera sean de una mayor frecuencia e intensidad conllevando a mayores riesgos de inundación y probabilidades de impactos graves e irreversibles para los ecosistemas y personas, especialmente para las comunidades más desfavorecidas y vulnerables. (IPCC, 2023).

1.5.2 Aumento del nivel medio del mar

El incremento del nivel medio del mar debido a los efectos del cambio climático modifica la dinámica costera, pues altera las condiciones de oleaje y mareas provocando aumento en la erosión costera, la reducción de los sistemas dunares, incrementando a la probabilidad de riesgo a sufrir inundaciones. Tales eventos representan pérdidas económicas por daños a la infraestructura, los hábitats costeros, cambios en la productividad del suelo, reducción importante del turismo, entre otros efectos. (Karina Griselda Ocaña Espinosa de los Monteros, 2021).

Tabla 1
Proyecciones climáticas del aumento del nivel medio del mar

Escenario	Nivel medio del mar (m)		
	2050	2100	2300
SSP1- 1.9	0.15 – 0.23	0.28 – 0.55	0.98 – 1.88
SSP2-8.5	0.20 – 0.29	0.63 – 1.01	

Nota: Datos tomados del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2023)

1.5.3 Riesgo de impactos climáticos

El riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un evento o la tendencia peligrosa multiplicado por las consecuencias en caso de que un suceso ocurra. De acuerdo con el IPCC, el riesgo es la suma de vulnerabilidad, exposición y peligro o amenaza.

- **Exposición:** “La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o actividades económicas, sociales y culturales en zonas que podría ser perjudicadas.” (IPCC, 2018)

- **Peligro:** *“Posibilidad de un suceso o impacto físico, ya sea de origen natural o antropogénico que puede ocasionar pérdidas de vidas, infraestructuras, recursos ambientales, medios de subsistencia y prestaciones de servicio”.* (IPCC, 2018)
- **Vulnerabilidad:** *“Este concepto es el resultado de la interacción de otros términos como la capacidad adaptativa, capacidad de respuesta y susceptibilidad. En términos generales puede ser resumido como la predisposición a ser afectado, debido a la incapacidad actual para afrontar las presiones externas o los cambios, como las condiciones del cambio climático”.* (IPCC, 2018)

Cabe recalcar que debido a las limitaciones del tiempo y la extensión de lo que el concepto implica, en el presente trabajo no se analizará el componente de vulnerabilidad. Se hará énfasis en estudiar la exposición y el peligro de inundaciones costeras por los escenarios climáticos.

1.5.4 Rasgos oceanográficos y procesos costeros

Entender los procesos y dinámica costera mediante el estudio de las variables oceanográficas, es fundamental para el entendimiento del comportamiento de la dinámica de la zona costera. Estos estudios proveen información que resulta útil para la toma de decisiones en diferentes áreas que involucran la zona costera. (Sara Cansing, 2018)

1.5.5 Oleaje

El oleaje son las ondulaciones que se producen por la acción de fuerzas naturales predominantes (especialmente por vientos) en la capa superficial del mar. Las características de las ondas va a depender de la fuerza que las genera. (Noé Toledano, 2021). La altura de ola se define como la diferencia de la elevación superficial entre la cresta de ola y el valle de la siguiente ola, mientras que la altura de ola significativa es un tercio de las olas más altas para un tiempo determinado y proporciona información útil para evaluar el impacto de las olas en la costa.

1.5.6 Pendiente de playa

Se refiere a la inclinación del terreno de la línea costera hacia el mar y está relacionada a los procesos de degradación costera y a la susceptibilidad de inundaciones. De esta manera pendientes menores representan un mayor riesgo a sufrir inundaciones por el aumento del nivel medio del mar. (López M. M., 2011).

1.5.7 Dunas costeras

Las dunas costeras son formadas por la acumulación de sedimentos marinos que se encuentran en la playa debido al accionar de las mareas y oleaje y que posteriormente son movidos por el viento detrás de la berma, que son fijados por algún tipo de obstáculo o vegetación. (Mendoza, 2022). Además, estas representan un papel importante en los ecosistemas costeros, debido a que actúan como barreras naturales contra la erosión costera y eventos extremos.

1.5.8 Geomorfología costera

Son las geoformas resultantes de la morfogénesis marina en el borde costero, influenciados por los procesos erosivos químicos y mecánicos producto del oleaje, mareas y corrientes marinas. La configuración de los rasgos costeros varía según su geología local, como por ejemplo los acantilados, playas, barreras y cordones litorales, estuarios entre otros. (UC, 2023)

1.5.9 Estado morfodinámico de la playa

Las transformaciones de la morfología de la playa están determinadas por el aporte sedimentario y el proceso energético del oleaje, corrientes y mareas. Dadas las variaciones estacionales en función del clima marítimo, se definen perfiles de invierno o verano en donde se puede apreciar el movimiento de una gran cantidad de sedimentos que modifican la media del perfil de playa. Tales cambios tienen una relación con la

energía de oleaje incidente se disipa o refleja a lo largo del perfil costero. (A.M. Bernabeu, 2002)

Dean (1977) propuso que los perfiles de equilibrio sean utilizados como una forma de entender el comportamiento de los perfiles de playa, mediante ecuación 1.1.

$$\Omega = \frac{Hb}{W_s T} \quad (1.1)$$

Donde si $\Omega < 1$ la playa es reflectiva, si $1 < \Omega < 6$ es intermedia y si $\Omega > 6$ es disipativa.

1.5.10 Cambio de la línea costera

Las playas pueden estar sujetas a procesos de acumulación y erosión de sedimentos debido al oleaje y corrientes paralelas a la costa, al ser una zona altamente dinámica permanecen en constante cambio en escalas de tiempo diferentes, dependiendo de las fuerzas inductoras y estabilizadoras que producen el cambio (Zayas Esquer M., 2013).

Existen varios factores que influyen en el cambio de la línea costera, entre ellos la variabilidad climática que puede acelerar los procesos de erosión en cortos periodos.

1.5.11 Ancho de playa

El ancho de playa es la distancia horizontal que existe desde la zona que está cubierta por agua constantemente (diferencia nivel entre la pleamar y la bajamar), hasta el límite superior de la playa o el pie de la duna costera (Gilberto, 2003).

1.5.12 Rango marea

El rango de la marea es la diferencia de altura entre la marea alta y la marea baja medida respecto al nivel medio del mar, que son provocadas por las fuerzas gravitacionales ejercidas por la Luna y el Sol y la rotación de la Tierra y cambia de acuerdo con la configuración de estos astros.

Las marea más altas o extremas ocurren durante las mareas vivas o de sicigias, que es cuando las fuerzas gravitacionales de la Luna y el Sol están alineadas (luna nueva o luna llena). Mientras las mareas muertas o de cuadratura ocurren, cuando el sistema Tierra, Sol y Luna se encuentran a 90 grados entre sí, donde las mareas registradas son menores. (IDEAM, 2012)

El rango mareal se divide en tres clasificaciones:

- **Rango micromareal:** La diferencia entre el límite de marea alta y marea baja es menor a 2 metros.
- **Rango o amplitud mesomareal:** La diferencia entre el límite de marea alta y marea baja esta entre 2 y 4 metros.
- **Rango o amplitud macromareal:** La diferencia entre el límite de marea alta y marea baja es superior a 4 metros.

1.5.13 Usos de suelo

El uso del suelo es básicamente la utilización de la tierra física y sus recursos por los seres humanos para diversos fines. Esto incluye gestionar y transformar del entorno natural o no urbanizadas en entornos construidos, tales como asentamientos patrimoniales, cultivos, pastos y bosques gestionados.

Sin embargo, el uso del suelo se define como el total de arreglos, actividades e insumos que la gente realiza en un cierto tipo de cobertura de tierra. La clasificación del suelo es en función de las actividades para que las personas lo ocupan (ESRI, 2023) , por ejemplo:

- **Uso de suelo residencial**

Es utilizado principalmente para la construcción residencial, con asignaciones limitadas para usos residenciales primarios o secundarios. El uso de suelo residencial tiene

la mayor parte de todo el uso de suelo urbano. El uso del espacio residencial incluye viviendas familiares o individuales, hoteles, parques, moteles y lotes baldíos.

- **Uso recreacional**

Cuando el uso de suelo de un inmueble se define como recreativo, significa que está destinado a ser utilizado para el disfrute de quienes lo utilizan. Estos no son esenciales para el desarrollo comunitario, pero ayudan a atraer tanto a residentes permanentes como a visitantes.

- **Uso agrícola**

La tierra agrícola se utiliza para cultivar, cosechar y criadero de ganado. Normalmente, este tipo de terrenos están alejados de la ciudad como ranchos o granjas.

- **Uso comercial**

Este tipo de suelo está destinado a comercios, almacenes y otras infraestructuras relacionadas con el comercio. Este tipo de terreno se utiliza a menudo para edificios de oficinas, restaurantes, tiendas y otros negocios.

- **Uso industrial**

El suelo de uso industrial pueden ser naves industriales, algún tipo de plantas de ensamblaje o sitios de producción de alimentos.

1.5.14 Densidad poblacional

La densidad poblacional o población relativa es un cálculo estadístico que pone en relación con la cantidad promedio de habitantes de un territorio y al espacio físico que abarca. Es el promedio de habitantes por unidad de superficie de una geografía determinada. (INEGI, 2022)

1.5.15 Fenómeno del Niño

El fenómeno del Niño es un evento natural que se distingue por una anomalía positiva en la temperatura superficial de mar sobre el océano Pacífico tropical. Estos cambios se manifiestan a través de modificaciones en los patrones normales de comportamiento de las corrientes oceánicas, flujos de viento e incremento en las precipitaciones, causando eventos climáticos extremos en todo el mundo. (CONICIT, 1998).

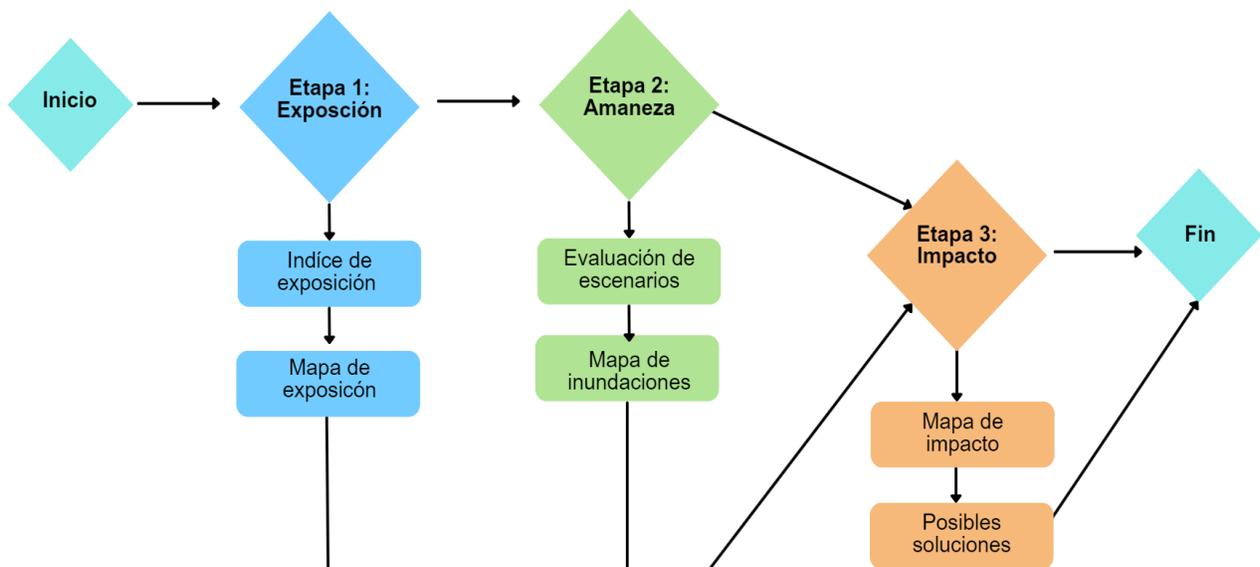
CAPÍTULO 2

2. Metodología

La metodología aplicada durante este trabajo se divide en cuatro etapas principales: 1) Identificación y generación de mapas de exposición a inundaciones costera; 2) Evaluación de escenarios climáticos y obtención de mapa de inundaciones; 3) Creación del mapa de impacto e identificación de áreas afectadas; 4) Propuestas de posibles soluciones a inundaciones costeras.

Cada una de las etapas descrita en la figura 2, se estudiarán con mayor detalle más adelante en esta sección.

Figura 2
Diagrama de etapas aplicadas en el estudio



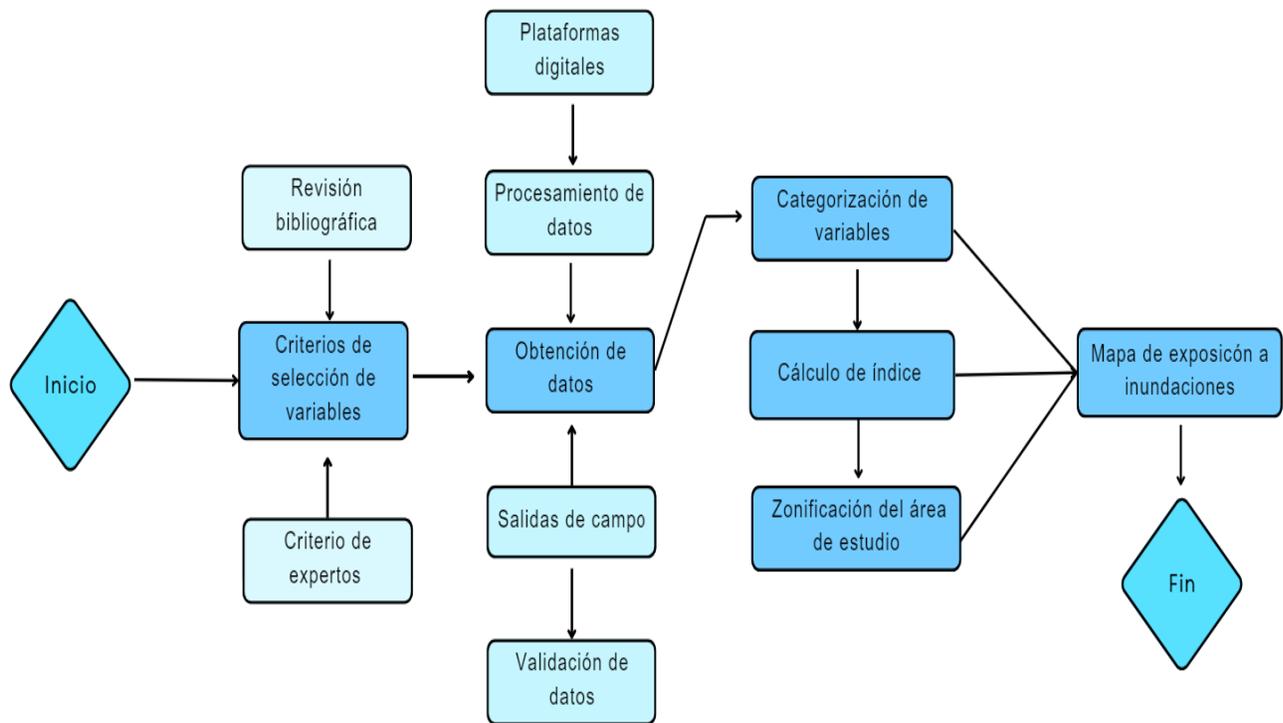
2.1 Etapa 1: Exposición

Para el análisis de exposición a inundaciones del área de estudio se establecieron cuatro pasos fundamentales que se ejecutaron de manera ordenada (Ver figura 3). De esta manera el proceso se realizó de la siguiente manera: 1) Identificación y selección de variables a utilizar en

el estudio mediante la revisión bibliográfica y el criterio de expertos; 2) Obtención y procesamiento de datos mediante la plataforma digital de la NOAA y los programas de Microsoft Excel y Matlab ; 3) Validación de datos mediante salidas de campo en el área de estudio 4) Categorización independiente de las variables según su grado de influencia para determinar la exposición a inundaciones costeras en el área de estudios ; 5) Calculo del índice de exposición a inundaciones mediante QGis 6) Zonificación del área de estudio según su grado de susceptibilidad a sufrir inundaciones costeras.

Figura 3

Diagrama estructurado del proceso para obtener el mapa de exposición a inundaciones en función de las variables escogidas.



2.1.1 Identificación y selección de variables

Para la selección de variables se hizo una investigación de los trabajos realizados por otros autores para determinar la vulnerabilidad y los riesgos a los que se ven sometidas las costas, en este caso se analizaron las inundaciones costeras. Acorde a esta información y con el criterio de expertos, se escogieron tres estudios para la selección de variables acorde a las condiciones oceanográficas, geomorfológicas y sociales del área de estudio comprendida por las comunidades costeras de Libertador Bolívar, San Antonio y Cadeate. (Ver Tabla 3).

Cada una de las variables recibió una puntuación según su grado de riesgo e influencia ante inundaciones costeras, asignándoles un valor numérico entre 1 (muy baja susceptibilidad) y 5 (muy alta susceptibilidad), teniendo en cuenta las características propias del lugar. También se le asignó un color a la categorización para poder asociar visualmente la representación de mayor o menor riesgo según su colorimetría (Ver tabla 2), en los mapas generados que se verán más adelante en esta sección.

Tabla 2
Simbología aplicada en el mapa de exposición a inundaciones

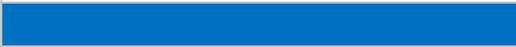
Categorización	Simbología
Muy Baja	
Baja	
Intermedia	
Alta	
Muy alta	

Tabla 3

Categorización de las variables según el grado de exposición a inundaciones de Muy baja (1) a Muy alta (5)

Categorización	Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta
Variable	1	2	3	4	5
Altura de ola(m)	Entre 0 y 0.5	Entre 0.51 y 1	Entre 1.01 y 1.5	Entre 1.51 y 2	Mayor a 2
Grado de exposición de oleaje	Con obstáculos - oleaje indirecto	x	Medianamente resguardado	x	Sin obstáculos-oleaje directo
Pendiente de la playa (°)	Mas de 8	Entre 8 y 6	Entre 6 y 4	Entre 4 y 2	Entre 2 y 0
Presencia de dunas costeras	x	Presencia de dunas costeras sin intervención	Presencia de dunas costeras intervenidas.	Sin presencia de dunas	x
Rasgos geomorfológicos	Acantilados altos	Acantilados medios y bajos	Barreras de coral, deltas, espigas y tómbolos	Playa de barrera y playa sobre plataforma litoral	Planicies de marea y marismas
Estado morfodinámico de la playa	Reflectivo	x	intermedio	x	disipativo
Cambio en la línea costera (m/año)	Mayor o igual a 0.1	0	Entre -0.1 y -0.5	Entre -0.6 y -1	Menor a -1
Ancho de playa (m)	Mas de 50	Entre 50 y 25	Entre 25 y 10	Menos de 10	Sin playa
Rango mareal (m)	Menor a 0.5	Entre 0.5 y 1.9	Entre 2.1 y 4	Entre 4.1 y 6	Mayor a 6
Usos de suelo	Áreas baldías o abandonadas, sin infraestructura, cuerpos de agua	Tierra estéril con matorrales, pastos, plantaciones e infraestructura espaciada	Asentamiento comercial disperso	Zona residencial de baja densidad	Zona residencial, recreativa y comercial de alta densidad.
Distancia de la zona crítica a la infraestructura (m)	Mayor a 80	Entre 80 y 60	Entre 60 y 40	Entre 40 y 20	Menor a 20
Densidad poblacional (hab/km ²)	0-76	77-175	176-287	288-387	Mayor a 387

Nota: Los datos de distancia de la zona crítica a la infraestructura, uso de suelo, ancho de playa, estado morfodinámico, rango mareal, grado de exposición de oleaje, altura de ola y pendiente de playa fueron tomados de (Nelson Guillermo Rangel Buitrago, 2013), cambio en la línea costera y rasgos geomorfológicos de (Juan M.Fernández, 2017), presencia de dunas costeras de (Benedet, 2004) y Densidad poblacional mediante QGIS.

2.1.1.1 Obtención y procesamiento de datos

2.1.1.1.1 Oleaje. Para obtener los datos de oleaje utilizados en este proyecto, fue necesario recurrir a los datos históricos del período 1997-2018, los cuales fueron descargados de la boya virtual del modelo Wavewatch III de la NOAA, ubicada entre 2°S y 81°W, mediante el servidor OPENDAD del programa Matlab.

2.1.1.1.2 Rango de marea. Los datos de marea fueron obtenidos mediante la interfaz gráfica Delft DashBoard de Deltares, que se conectó con el servidor de la Universidad de Hawái para descargar la data de los valores de marea referenciados al nivel medio del mar, que se registraron en intervalos de 6 horas de la estación mareográfica “La Libertad”, desde 1997 hasta el 2023.

2.1.1.1.3 Rasgos geomorfológicos. Para esta variable se usó como referencia el estudio de “Características de la línea costera del Ecuador y recomendaciones para su manejo”, (Jon C. Boothroyd, 1994) para determinar los rasgos geomorfológicas del área de estudio.

2.1.1.1.4 Grado de exposición de oleaje. Para determinar este parámetro fue necesario el criterio de expertos para determinar si el oleaje costa afuera, era influenciado por la presencia de una estructura natural o artificial que pudiera modificar la cantidad de energía de oleaje que llegaba a la costa.

2.1.1.1.5 Presencia de dunas costeras. Para determinar la presencia de dunas costeras en el área de estudio, como primer paso se hizo un reconocimiento bajo inspección supervisada mediante Google Earth, identificando las zonas con intervención antropogénica y en donde se conservaban los sistemas dunares, información que luego fue validada mediante las salidas de campo. Para identificar las aparentes áreas

de desarrollo de dunas costeras, se utilizó como criterio principal la presencia de vegetación aparente. (Chicaiza, 2023)

2.1.1.1.6 Estado morfodinámico de la playa. Se utilizaron los resultados obtenidos del análisis granulométrico para determinar el D50 de las muestras recolectadas, el tamaño de la altura de ola rompiente y se aplicó la ecuación 1.1, descrita en el capítulo 1.

2.1.1.1.7 Cambio en la línea costera. Para este parámetro se utilizó como referencia el resultado obtenido del estudio “Evaluación y modelamiento del cambio de costa en condiciones naturales y bajo influencia de obras de protección costera. Caso de estudio: Libertador Bolívar, Santa Elena- Ecuador” que determina la tasa de erosión para el área de estudio es de 50 cm/año aproximadamente (Rommel Caiza, 2019).

2.1.1.1.8 Uso de suelo. Se utilizó el programa Google Earth para reconocer visualmente las características descritas en la Tabla 3, y se dividieron en cinco zonas en función de su ubicación y el uso de suelo que se identifica (Figura 4). Donde La zona 1 es residencial de baja densidad poblacional, la zona 2 es un área baldía con infraestructura espaciada, la zona 3 sin infraestructura y cuerpo de agua, la zona 4 residencial de baja densidad poblacional y la zona 5 es una zona comercial dispersa.

Figura 4
Zonificación del área de estudio según el uso de suelo



2.1.1.1.9 Ancho de playa. Para estimar el ancho de playa se utilizó el programa de QGis para dibujar la línea de agua, definida como el límite donde alcanza el agua de mar cuando hay marea alta y se trazó la línea de costa, definida por el inicio de la berma como se muestra en la figura 5. Para calcular la distancia entre ambas rectas se marcaron puntos en la línea de costa, seguido se utilizó la herramienta distancia del punto a la línea.

2.1.1.1.10 Densidad poblacional. Esta vez se utilizó el programa REDATAM para descargar los datos de sectores censales de manzanas en el área de estudio y se cargó el archivo shapefile en QGis. Para el interés de estudio se seleccionaron las manzanas que estaban más cercanas a la playa con la herramienta de selección y se determinó la densidad poblacional dividiendo el número de habitantes para el área de la manzana con la calculadora de campos.

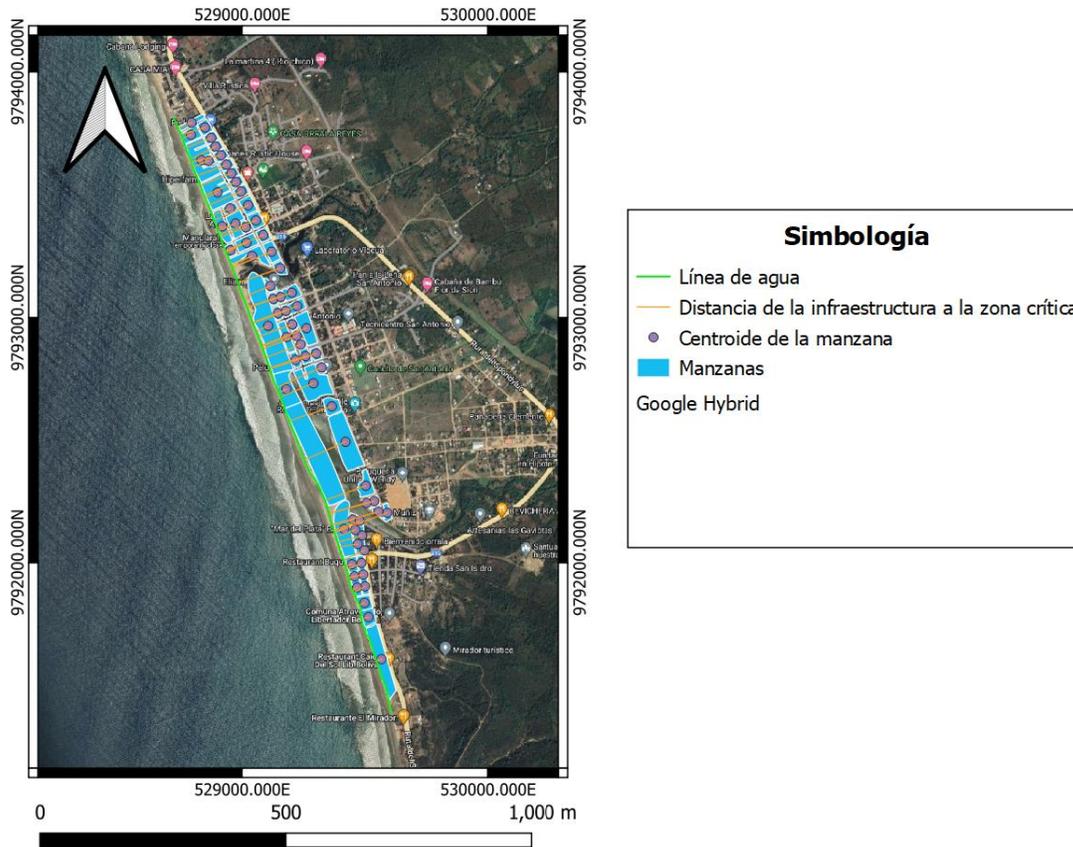
Figura 5

Esquema de la distancia entre la línea de agua y costa para la obtención del ancho de playa



2.1.1.1.11 Distancia de la zona crítica a la infraestructura. Para calcular la distancia a la zona crítica se utilizó el archivo shape de densidad poblacional y el de línea de agua (Figura 6). Se hallaron los centroides de las manzanas mediante la herramienta centroide del polígono, luego se utilizó la herramienta distancia del punto a la línea, para conocer la distancia desde la línea de costa a la infraestructura más cercana (Figura 6)

Figura 6
Distancia de la línea de agua a la infraestructura más cercana



2.1.1.1.12 Mediciones de campo. Se realizaron dos campañas de medición durante la fase de marea de sicigia. La primera salida fue el día 20/04/2023 donde se tomaron datos de perfiles de playa con el método Emery, además se recogieron muestras de sedimentos para su posterior análisis granulométrico. La segunda salida fue el 3/06/2023, en la cual se tomaron datos de características litorales y perfiles de playa, cubriendo un total de 2.6 Km (Figura 7)

Figura 7

Distribución de estaciones para las mediciones de campo



- **Perfiles de playa:** Para determinar la pendiente de la playa se utilizó el método Emery, el cual consiste en utilizar dos estacas graduadas ubicada a tres metros de distancia entre sí. La diferencia de nivel en el perfil de la playa, se determinan mediante la intersección con la estaca ubicada hacia la costa, tomando como punto de referencia la estaca ubicada hacia el mar. (Figura 8)

Figura 8

Esquema de medición en campo para pendiente de playa con método de Emery



Nota: Figura tomada de Sara Cansing & Grace Mena, 2018

- **Características litorales:** Para obtener información de parámetros oceanográficos básicos, se utilizó la técnica de Litoral Environment Observation (LEO), que consiste en la toma de datos in situ, mediante la observación de olas, corrientes y vientos, con la ayuda de un personal capacitado. Los datos fueron tomados durante 6 horas en intervalos de 60 minutos. Para determinar el período, se utilizó un cronómetro para tomar del lapso en que el tren de olas (11 olas consecutivas) que se observaron en la zona rompiente y se registraron los tamaños de las crestas de las olas. La velocidad y dirección del viento fueron tomadas con anemómetro y se midió el ángulo de aproximación del oleaje respecto a la línea de costa, con la ayuda de una brújula.
- **Sedimentos de playa:** Se recolectaron muestras de sedimentos de 1 kg aproximadamente, durante la primera salida de campo desde la estación 1 a la 6, en la zona alta, media y baja del perfil de playa (Figura 9). Se tuvo un total de 18 muestras y se realizó en el ensayo de análisis granulométrico con la norma ASTM D-422, un método empleado para determinar el porcentaje de la muestra que pasa por diferentes tamices hasta llegar a la malla N.º 200 para determinar la curva granulométrica y el tipo de suelo que representa la muestra.

Figura 9

Identificación de la zona alta, media y baja del perfil de playa para la recolección de sedimentos



2.1.2 Índice de exposición

Cada una de las variables fue calificada según su grado de exposición según como se muestra en la Tabla 3. Esta calificación fue asignada acorde a las características del área de estudio y fue almacenada en la tabla de atributos de archivos shapefile, para cada variable, con esta información se generaron archivos ráster con una cuadrícula de 10x10 metros.

Tras la generación de los archivos ráster se utilizó la herramienta “normalización ráster” para tener la ponderación de los valores entre 0 y 1. Una vez que todos los parámetros han sido normalizados se utilizó la calculadora ráster para promediar el valor que tomaría cada una de las cuadrículas según su grado de exposición y generó el mapa de exposición para inundaciones costeras en área de estudio.

La media aritmética o promedio, es el valor característico de una serie de datos (x, n). Donde xi es el conjunto de variables y n el número total de variables, como se indica en la ecuación 2.1

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

2.1.3 Mapa de exposición a inundaciones

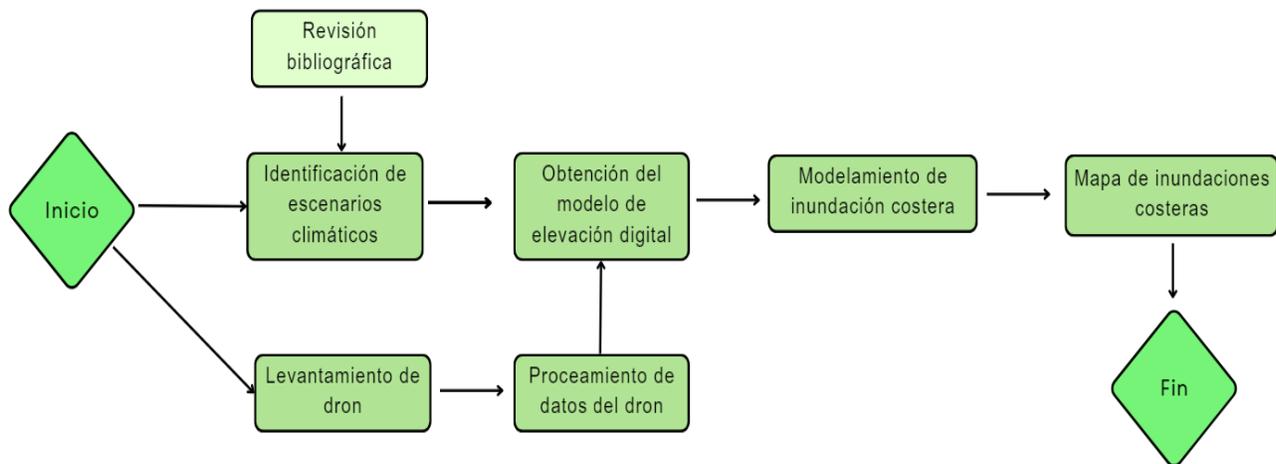
Una vez obtenidos los índices de exposición para cada una de las manzanas en el área de estudio se obtuvo el mapa de exposición a inundaciones costeras, el cual se podrá visualizar en los resultados obtenidos del siguiente capítulo.

2.2 Etapa 2: Amenaza

En esta etapa se realizó el análisis de amenazas producidas por los efectos del cambio climático, para este estudio se realizaron mapas de inundaciones debido al incremento del nivel de la cota de inundaciones por incremento del nivel medio del mar y fenómeno del Niño. Para esto se realizaron cuatro pasos fundamentales como se puede ver en la figura 10. La ejecución de estos pasos consiste en: 1) Identificación de escenarios climáticos mediante revisión bibliográfica; 2) Obtención del modelo de elevación digital; 3) Modelamiento de inundaciones costeras debido los escenarios climáticos 4) Obtención de los mapas de inundaciones costeras.

Figura 10

Diagrama estructurado del proceso para obtener el mapa de inundaciones debido a escenarios climáticos



2.2.1 Escenarios climáticos

Como parte de este trabajo se consideró también los efectos del cambio climático y su influencia en la modificación de los patrones oceanográficos que representan una amenaza. Por lo tanto, se incluyeron modelaciones para el análisis de diferentes escenarios climáticos.

Se tomaron como referencia las proyecciones oceánicas 2021 del SPRACC, bajo los escenarios SPP5-8.5 con el percentil 95%, para analizar la cota de inundación por la combinación del aumento del nivel medio del mar y proyecciones de oleaje en el área de estudio (Tabla 5). Además, en este estudio se consideró el valor promedio de marea astronómica y el aumento del nivel medio del mar por efectos de fenómeno de El Niño según el estudio “Variabilidad oceanográfico en Ecuador asociado al Evento ENSO 1997-98 (Martínez R, 2000) (Tabla 4).

Tabla 4

Valores referenciales de la cota de inundación, Marea y Niño

Período	2021-2046	2081-2100	Marea	Niño
Tr	MS	FS	M	N
2	1.53960872 m	2.492412121 m	0.5 m	0.42 m
50	1.838855024 m	2.814633992 m		
100	1.90310337 m	2.849191911 m		

Nota: MS hace referencia a Medio Siglo [2021-2046] para las proyecciones oceánicas del nivel de mar bajo los escenarios SPP5-8.5 para periodos de retorno de 2,50 y 100 años. FS hace referencia a Fin de Siglo, M es marea y N de Niño (MAATE-PNUD, 2022)

Tabla 5

Escenarios climáticos para cota de inundación con la combinación de oleaje, nivel medio del mar, marea astronómica y Niño.

Escenarios		Cota de inundación
E1:	MS2+M+N	2.45960872 m
E2:	FS2+M+N	3.412412121 m
E3:	MS50+M+N	2.758855024 m
E4:	FS50+M+N	3.734633992 m
E5:	MS100+M+N	2.82310337 m
E6:	FS100+M+N	3.769191911 m

2.2.2 Modelo de elevación digital

Para generar los modelos de inundación se utilizaron los modelos de elevación digital, productos de los levantamientos del dron en el área de estudio. El equipo utilizado fue DJI Mavic 2 Pro, debido a la extensión de la playa y la limitación del tiempo de vuelo del equipo, se realizaron dos levantamientos divididos entre las dos campañas de mediciones realizadas (tabla 6).

Tabla 6
Coordenadas del levantamiento del dron

Día de medición	Levantamiento	Coordenada
20/04/2023	Desembocadura del río Atravezado y parte de Playa Bruja	Inicio:529317,9792288 Fin: 529666,9791208
3/06/2023	Desembocadura del río Atravezado y parte de Cadeate	Inicio: 528779,9793595 Fin: 529482,9792042

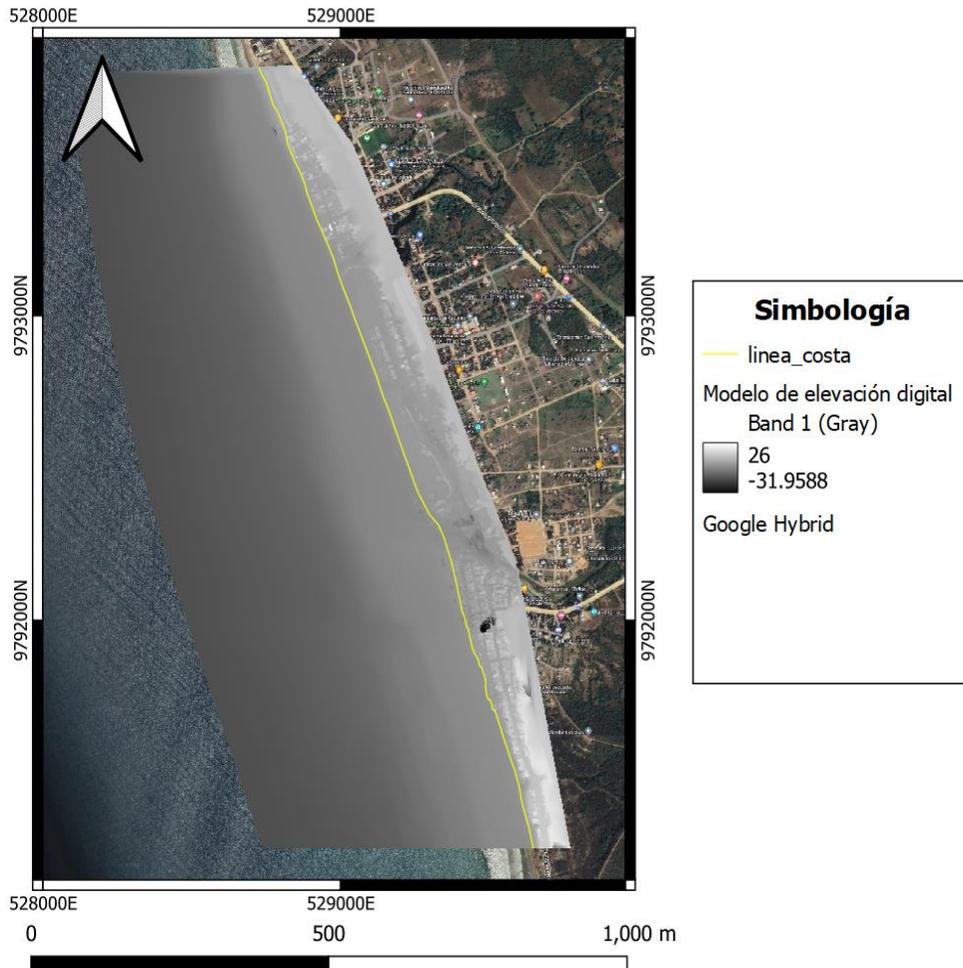
Antes de realizar el levantamiento del dron, fue necesario establecer puntos de control mediante Google Earth (Ver en Apéndices), los cuales fueron tomados con antenas D-RTK para tener una mejor precisión de las mediciones.

Una de las antenas conocida también como la base se coloca en un punto fijo y conocido y la antena móvil es la que se mueve hacia los puntos de control establecidos para capturar los datos de posición y altitud. Estos datos son utilizados para poder corregir el modelo al momento de hacer el procesamiento de datos en el programa Agisoft Metashape y reducir el error. De esta manera se obtuvieron los orto mosaicos y los modelos de elevación digital mediante la interpolación bilineal en QGis, los cuales fueron validados y comparados con los perfiles de playa que se tomaron durante las campañas de medición.

El modelo de elevación digital para el área de estudio fue obtenido mediante la interpolación bilineal en QGis, con los datos obtenidos del levantamiento del dron

(Apéndice A), la batimetría tomada entre Libertador Bolívar y Playa Bruja en el trabajo realizado por Caiza en el 2019 y de los puntos de profundidad de la carta batimétrica IOA 1054 (Figura 11).

Figura 11
Modelo de elevación digital del área de estudio



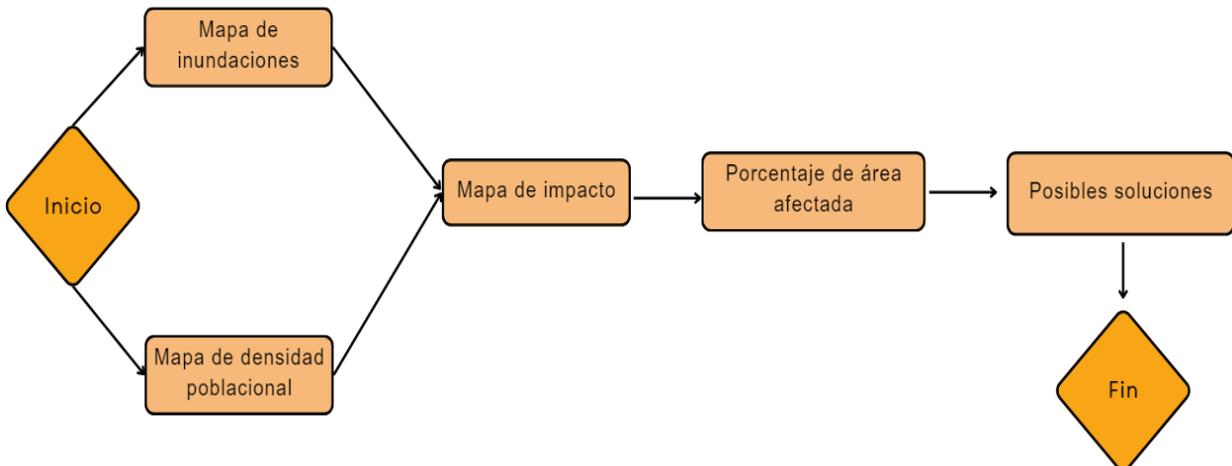
Este modelo de elevación digital sirvió como base para generar los mapas de inundaciones costeras debido a los escenarios climáticos que se detallan en la tabla 5. Los resultados de esta etapa se mostrarán en el capítulo 3.

2.3 Etapa 3: Mapas de impacto

La etapa 3 de este proyecto consistió en el análisis de áreas afectadas mediante un mapa de impacto que permita brindar alternativas de soluciones que podrían ser aplicadas. Para esta etapa se aplicaron 3 pasos fundamentales: 1) Generación de mapa de impacto; 2) Identificación de áreas impactadas o afectadas debido a inundaciones; 3) Planteamiento de posibles soluciones (Ver figura12).

Figura 12

Diagrama estructurado del proceso para obtener el mapa de impacto y áreas afectadas por inundaciones costeras en el área de estudio



En el capítulo 3, se describirá con mayor detalle el proceso y los resultados obtenidos durante esta etapa.

2.4 Grupos focales

Los grupos focales son un método de investigación cualitativa para conocer la percepción de un público objetivo, en cuales los participantes (entre 6 y 10) comparten sus opiniones, conocimientos, experiencias y creencias en un ambiente de interacción y en un tiempo

relativamente corto, de esta manera se permite recopilar información clave de testimonios (Alicia Hamui-Sutton, 2023).

Esta herramienta fue utilizada durante este trabajo el día 5 de agosto del 2023, como una forma de validar los resultados obtenidos sobre los modelos de inundación a través de las experiencias de pobladores de las comunidades Libertador Bolívar y Cadeate durante los eventos del Fenómeno del Niño entre el año 1982 -1983 y 1997 -1998. Pero además se aprovechó este espacio para conocer la percepción de los pobladores a los efectos del cambio y su incidencia sobre ellos. Finalmente se realizó una breve encuesta a los participantes para conocer las medidas de prevención y que posibles soluciones para enfrentarse a las inundaciones costeras ellos adoptarían.

CAPÍTULO 3

3 Resultados y Análisis

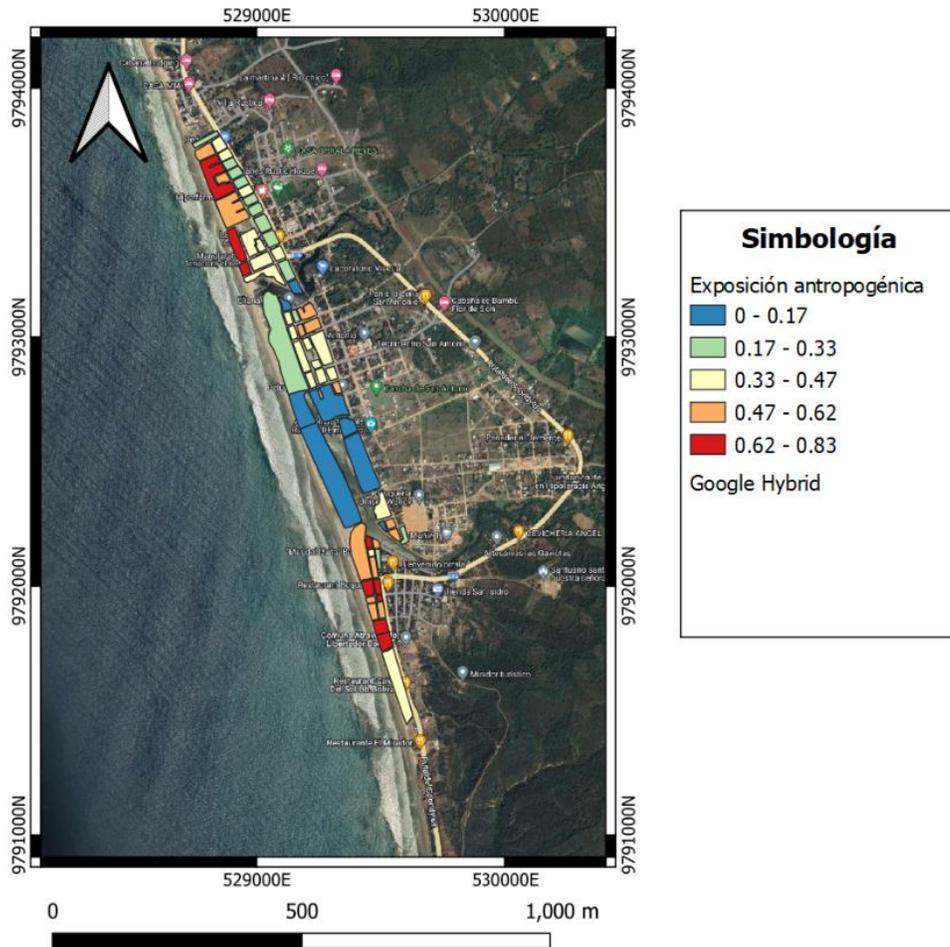
Los resultados obtenidos durante las mediciones en campo realizadas y el procesamiento de la data, se encuentran anexados al final de este documento (Apéndice A). Esta información fue clave para determinar el grado de exposición a inundaciones en función de las variables analizadas durante este trabajo.

3.1 Índice de exposición

Se utilizó la calculadora ráster para obtener el mapa base con las variables globales, el cual fue obtenido por la operación matemática de la ecuación 2.1. El archivo ráster del mapa base, fue traspuesto con las variables locales antropogénicas para obtener el índice y mapa de exposición de acuerdo al grado de intervención humana.

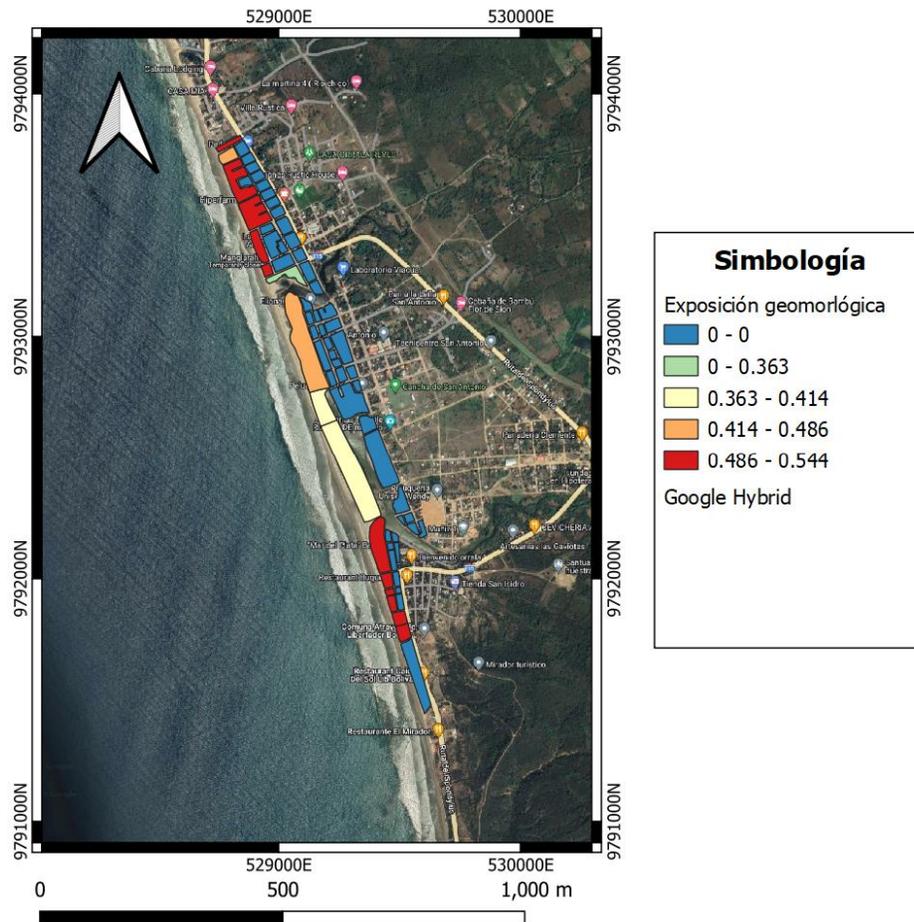
Como se observa en la figura 13, las manzanas cercanas al malecón en Libertador Bolívar y Cadeate, son las que presentaron un grado de exposición entre alto y muy alto, esto debido a la cercanía que existía entre la línea de agua definida como la zona crítica y la infraestructura más cercana, considerando además que estas zonas presentaron una concentración considerable de viviendas y comercio local. Por otro lado, la zona marcada de azul se identificó con una exposición muy baja, principalmente por la presencia de la playa de barrera y vegetación arbustiva presente en la zona, además estas manzanas se caracterizaron por tener una baja densidad poblacional.

Figura 13:
Exposición a inundaciones por variables antropogénicas



Por otro lado, en la figura 14, se pudo observar la exposición por variables geomorfológicas, donde las manzanas ubicadas frente a la playa de Libertador Bolívar y Cadeate presentaron una exposición muy alta, esto debido a la ausencia de dunas y playa. En contraste se evidenció que en la zona frente a San Vicente y San Antonio mostraron niveles de exposición más bajos, debido a la presencia de dunas costeras poco intervenidas o no intervenidas y un ancho de playa entre 5 m y 11 m con pendientes de playa suaves entre 6° y 8°. Por último, en Playa Bruja se mostraron niveles de exposición muy bajos, debido a la naturaleza de su geomorfología, puesto que al ser un acantilado alto no se consideró como un área inundable.

Figura 14
Exposición a inundaciones por variables geomorfológicas



3.2 Modelos de inundación

Una vez que se obtuvo el modelo de elevación digital, se ejecutaron 6 modelos con las cotas de inundación descritos en la tabla 6, la modelación se la realizó mediante el programa Global Mapper con la herramienta “water level simulation”.

Figura 15
Modelo de cota de inundación escenario 1

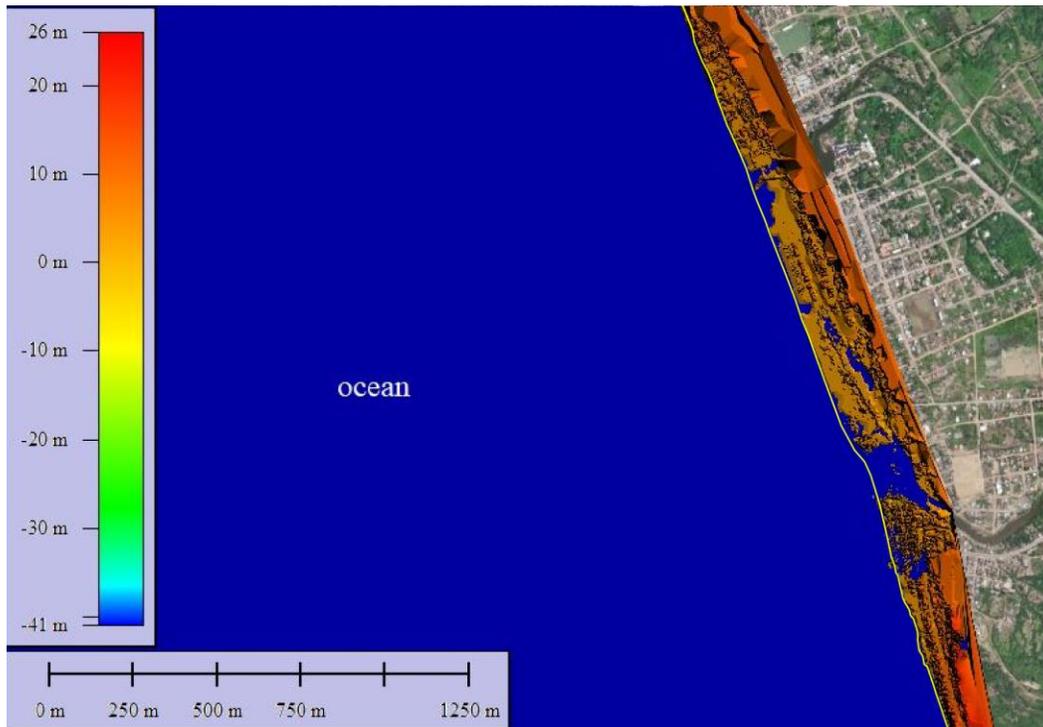


Figura 16
Modelo de cota de inundación escenario 2

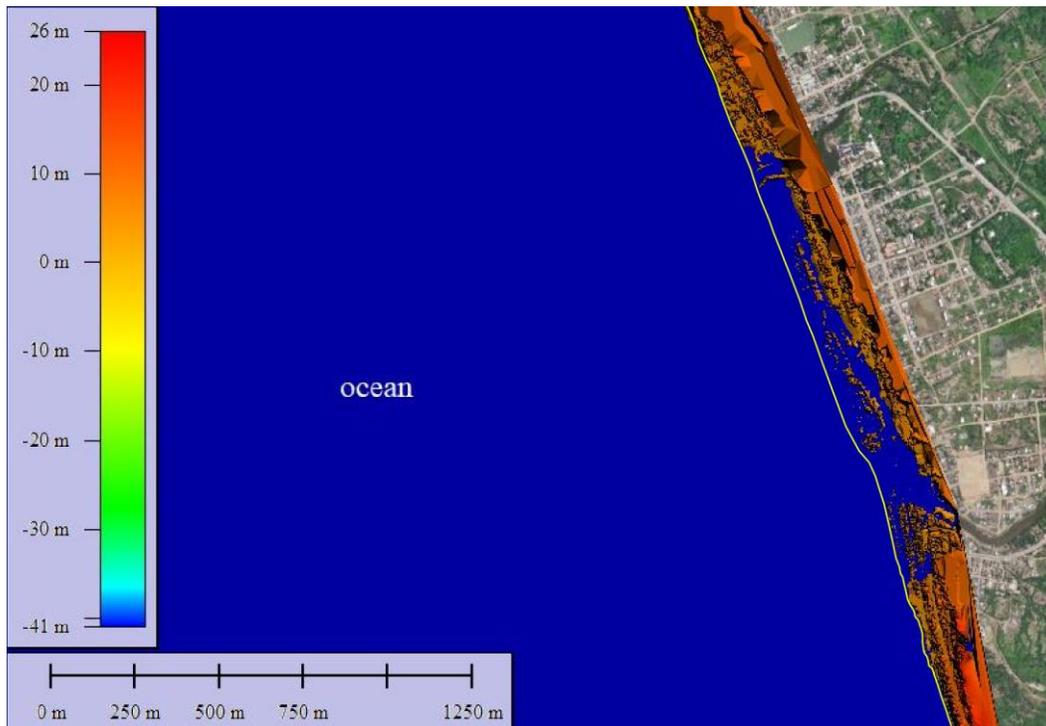


Figura 17
Modelo de cota de inundación escenario 3

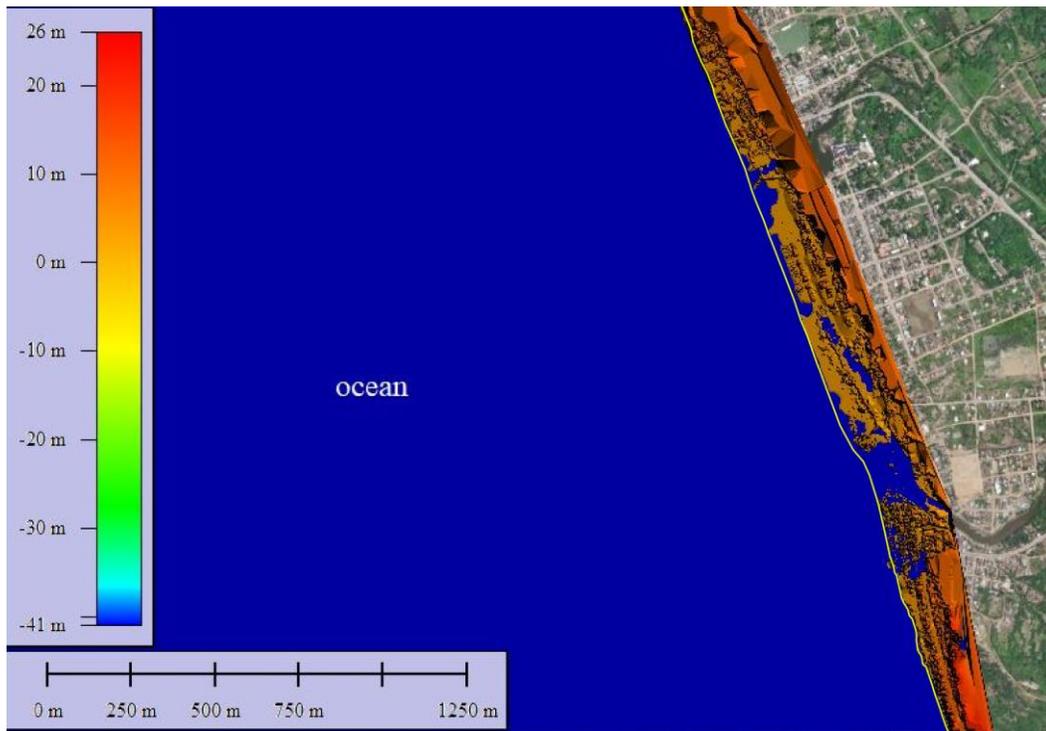


Figura 18
Modelo de cota de inundación escenario 4

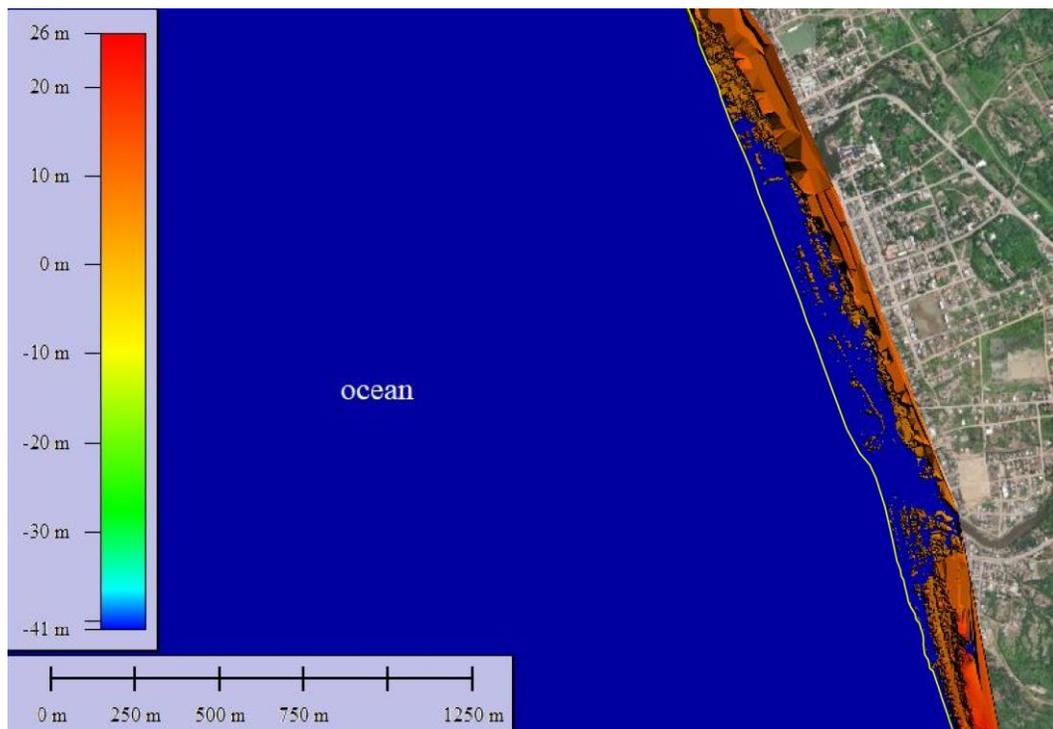


Figura 19
Modelo de cota de inundación escenario 5

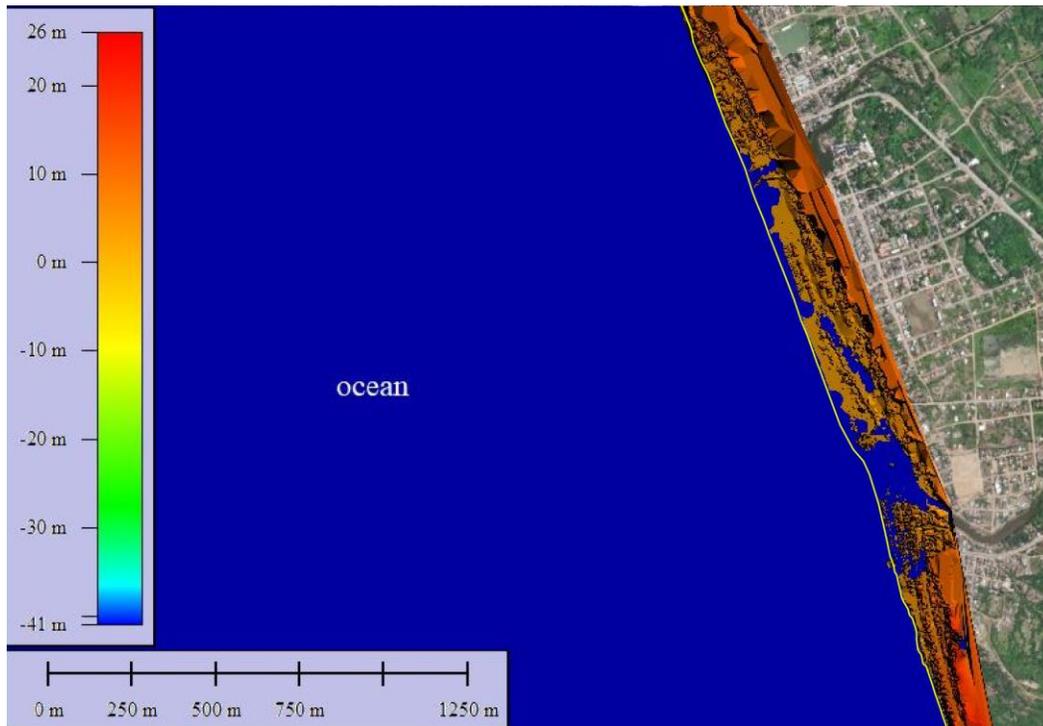
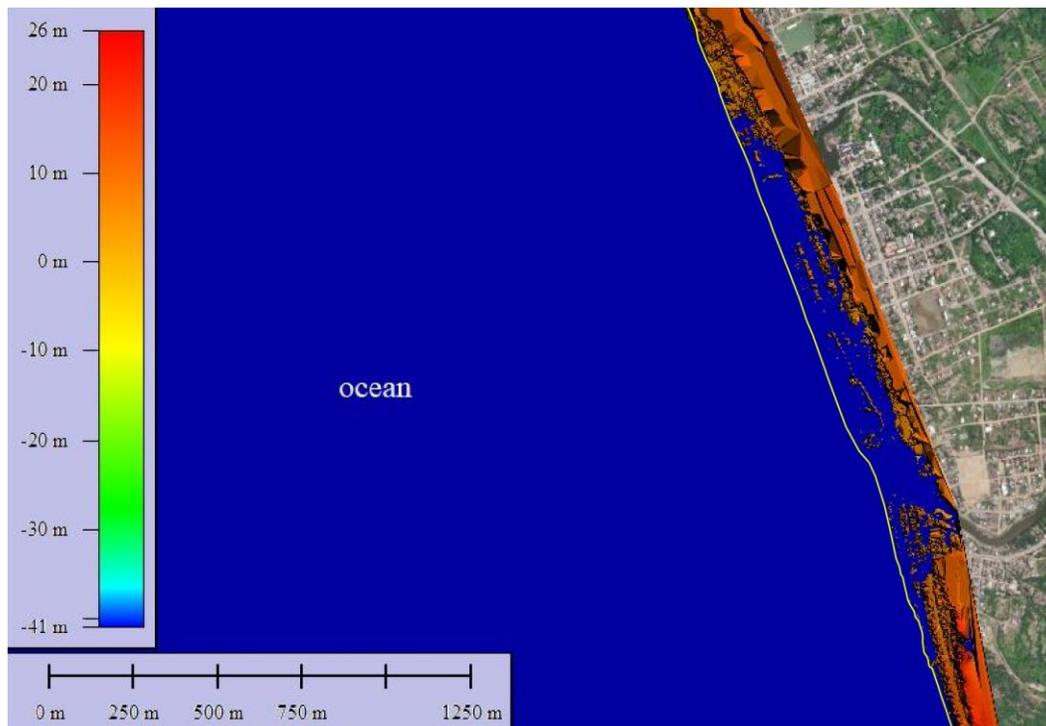


Figura 20
Modelo de cota de inundación escenario 6

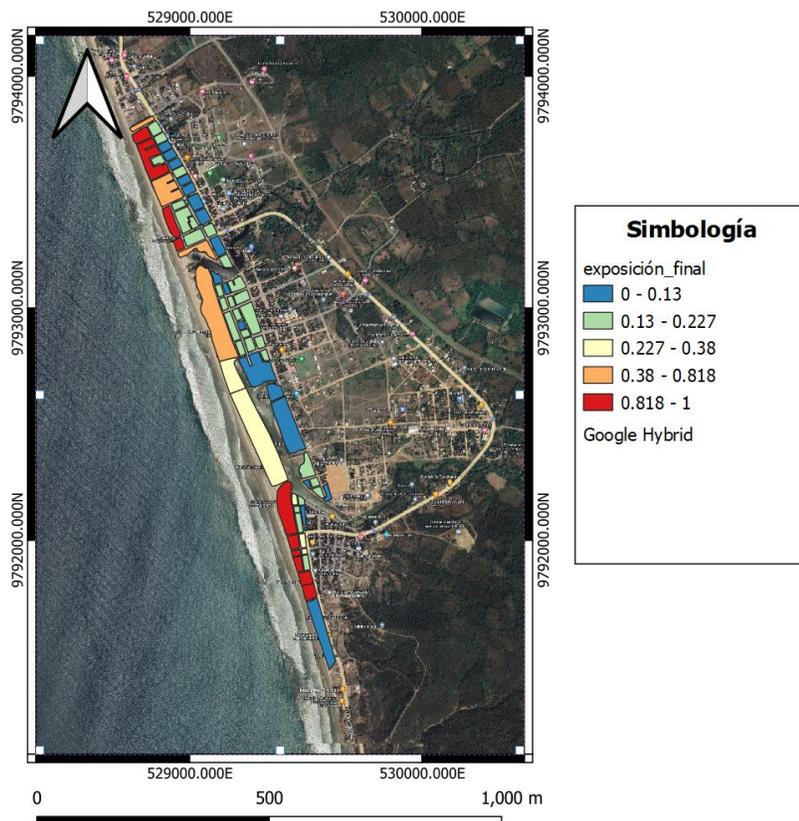


Los escenarios climáticos para medio siglo E1, E3 y E5 no mostraron mayor variabilidad entre sí, las áreas más afectadas son las que se encuentran cercanas a las desembocaduras de los ríos. Por otro lado, los E2, E4 y E6 son los escenarios predichos para fin de siglo donde se puede observar que en Libertador Bolívar la mayoría de las manzanas cercanas al malecón quedarían bajo agua, mientras que las casas cercanas a la rivera estarían expuestas por la influencia de la marea en el río haciendo de estas zonas altamente inundables.

3.3 Índice de impacto

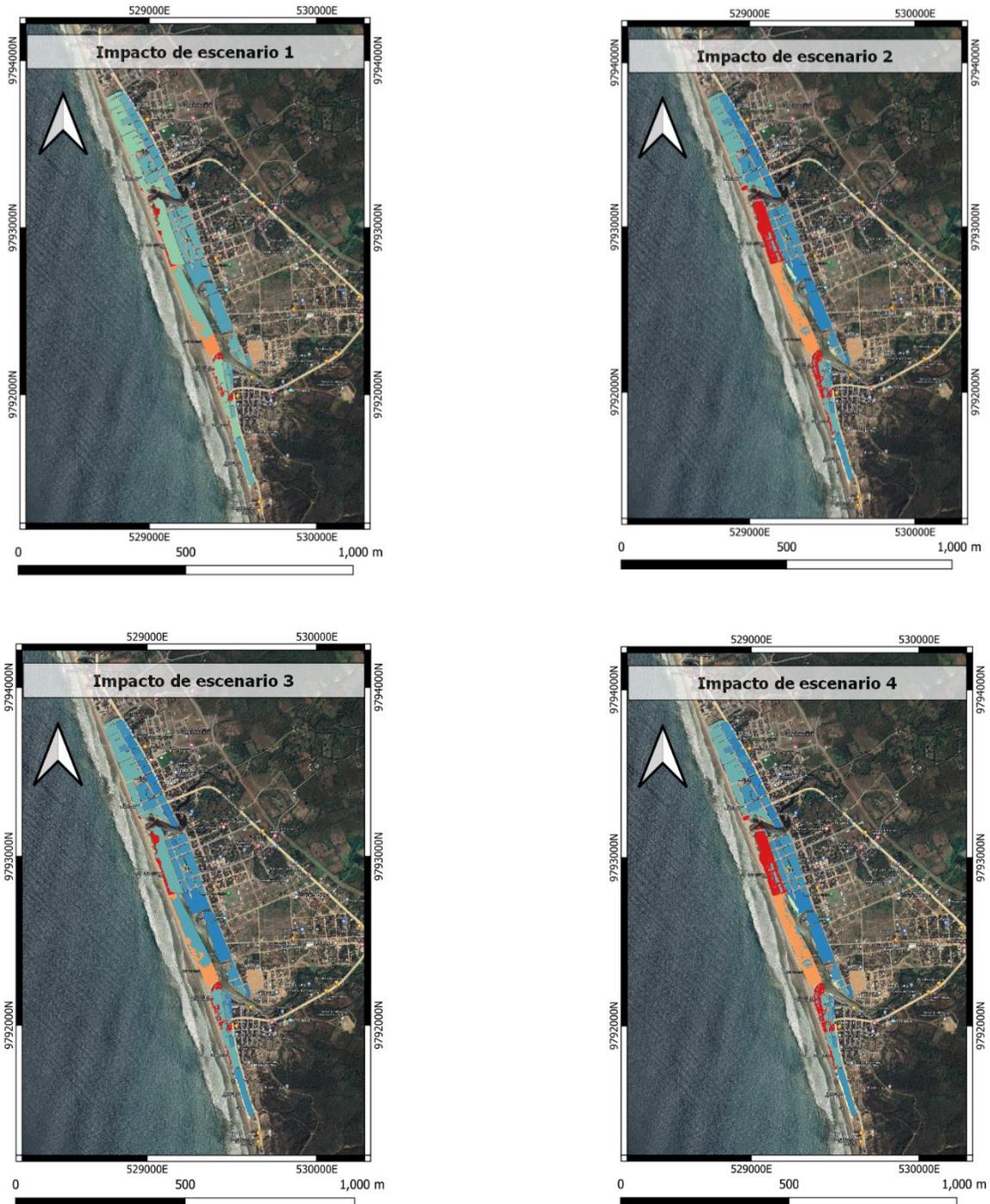
Se calculó el impacto producido en el área de estudio en función de la exposición y la amenaza por el efecto combinado del nivel medio del mar. Para esto, primero se integraron las componentes antropogénicas y geomorfológicas en un solo mapa de exposición como se ve en la figura 21.

Figura 21
Mapa de exposición final



Este mapa se utilizó como base para realizar la operación de multiplicación entre los archivos ráster de la exposición y el peligro que representa cada escenario y calcular las áreas más impactadas (Figura 22).

Figura 22
Mapas de impacto en escenarios climáticos E1, E2, E3, E4, E5 y E6





Con la información de los mapas de impacto, se calculó el porcentaje de infraestructura afectada por inundaciones costeras en Qgis, como se presenta en la tabla 7.

Tabla 7
Área y porcentaje de infraestructura inundada por los diferentes escenarios climáticos

Escenarios	Área inundada	Porcentaje área impactada (%)	Área de infraestructura afectada (m2)	Porcentaje de infraestructura afectada (%)
E1	23186.224	8.938911099	3844.938	1.482326702
E2	80459.9046	31.01945077	37516.532	14.46362911
E3	29564.7567	11.39800649	5973.99	2.30313334
E4	81554.2041	31.4413326	37777.64	14.56429324
E5	32545.1484	12.54702741	6036.95	2.327406108
E6	90273.4199	34.80282407	40671.81	15.68007338

Con base a lo establecido en la tabla 7, se escogieron los escenarios E5 y E6 que presentaron el mayor porcentaje de afectación por inundaciones, aunque los porcentajes de área impactada representaron el 12.5% y 34.8% respectivamente, el área con población o infraestructura afectada es menor. El escenario E5 indicó un 2.3% de infraestructura afectada

para mediados de siglo, mientras que el escenario E6 mostró un porcentaje de afectación del 15.7% aproximadamente. Con base a esta información se realizaron proyecciones de población para el año 2050 y 2100 con base al censo realizado en el 2010.

Tabla 8

Proyecciones de población afectada para mediados de siglo y fin de siglo

Año	Población total en el Ecuador	Población en el área de estudio	Población afectada
2050	23377000	3366.660432	78
2100	25106898	3615.793304	567

En la tabla 8, se refleja una cantidad aproximada de persona que se verían afectadas en el año 2050 y 2100. Los resultados reflejaron que en Libertador Bolívar las cuadras de casas y comercios cercanos a la playa se verían comprometidos ante la amenaza de incremento del nivel medio del mar, y que para fines de siglo esta área quedaría prácticamente bajo agua, tomando en cuenta que estos escenarios podrían empeorar por procesos de degradación de línea costera y precipitaciones.

En la comuna San Antonio, no se reflejó un impacto mayor en la población debido a su baja densidad poblacional y que esta zona está conformada en su mayoría por la isla de barrera formada en la desembocadura del río Atravezado y los sistemas dunares.

Por último, Cadeate una playa que presenta una intervención antropogénica muy marcada. En el modelo no se reflejó que esta zona presente inundaciones, esto pudo deberse a la falta de datos en el área, debido a que no se realizaron las tomas aéreas respectivas con el dron que permitirían tener una mejor aproximación del modelo de elevación digital del terreno de este sector.

3.4 Posibles soluciones

Las inundaciones costeras provocadas por el incremento del nivel del mar representan un gran desafío en el futuro. Es por ello por lo que existen soluciones y estrategias que permiten

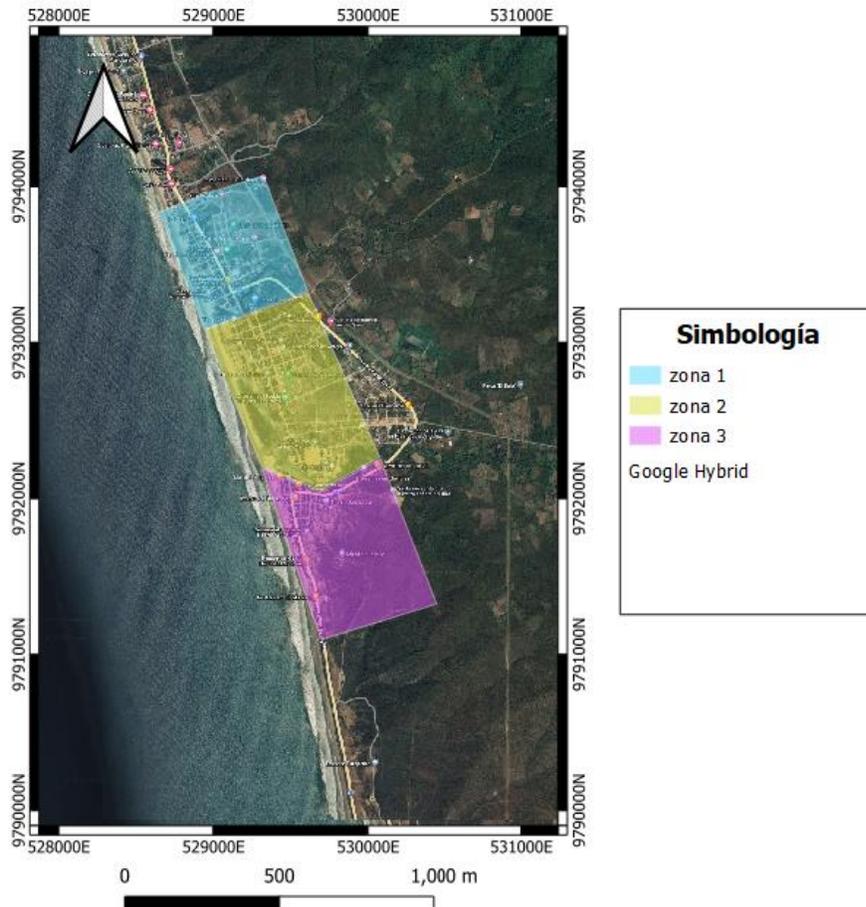
mantener a las comunidades seguras que garanticen un futuro al enfrentarse a estos escenarios. Estas soluciones pueden ir desde la construcción de infraestructuras costeras que permitan una protección proactiva hasta mejorar la planificación urbanística de la zona.

Dado que el área de estudio está compuesta por tres comunidades, es indispensable crear propuestas integrales en el que se contemplen las características específicas de cada playa y las necesidades de los pobladores en cada una de ellas. De esta manera se hicieron dos propuestas a soluciones integrales utilizando la ingeniería dura y suave, así como planes aplicados desde el manejo costero.

Para esto se ha dividido el área de estudio en 3 zonas como se observa en la figura 23.

Figura 23

Zonificación del área de estudio para las posibles soluciones

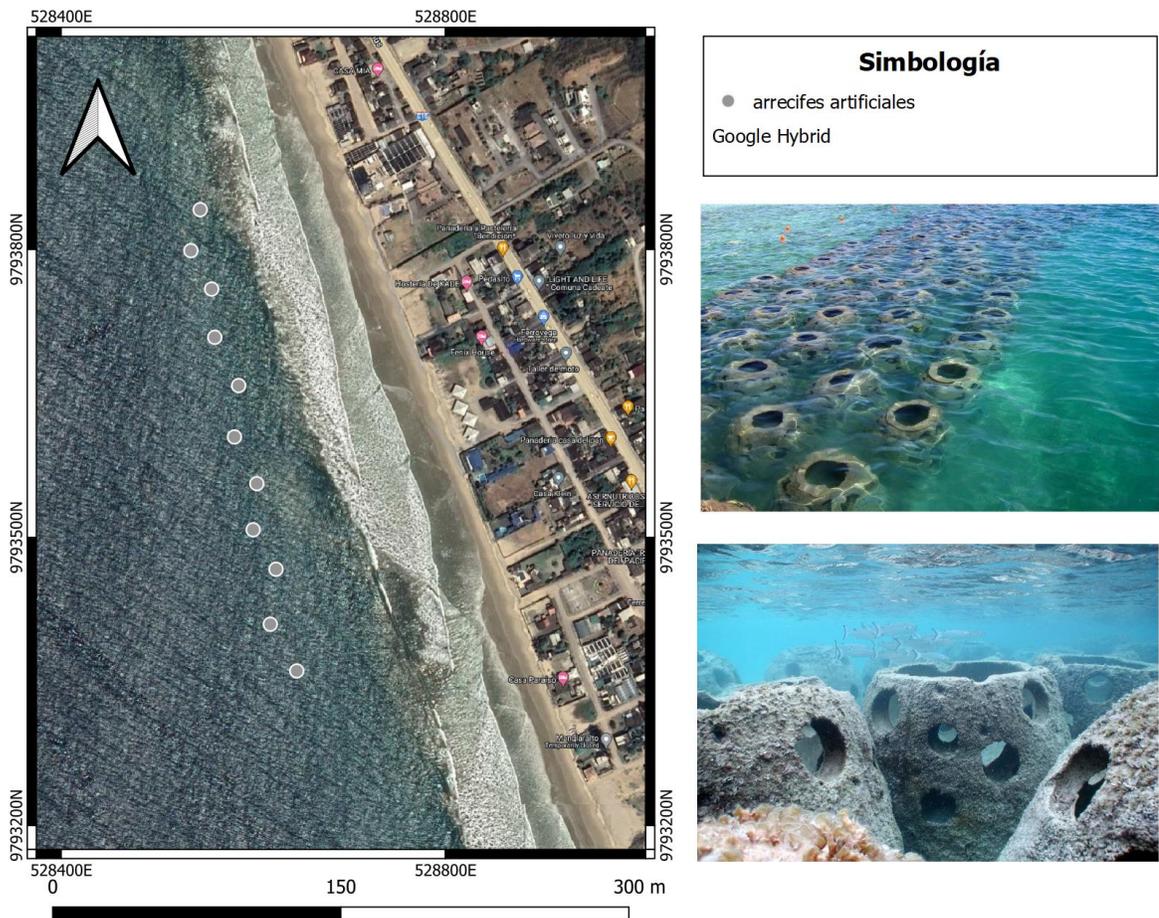


3.4.1 Propuesta de solución 1

La zona 1, es el área correspondiente a Cadeate, esta playa presenta una tasa de erosión muy fuerte y pendientes empinadas, con una intervención antropogénica muy alta. La mayoría de las viviendas presentan muros de protección, lo que imposibilita construir una estructura en el borde costero. Lo que se busca es reducir la energía del oleaje e intentar recuperar playa, por lo que se propone el uso de arrecifes artificiales para aminorar el impacto de la ola sobre las viviendas más cercanas (Figura 24).

Figura 24

Esquema de primera propuesta de solución en la zona 1



La zona 2, ubicada entre la Comuna San Antonio y frente al barrio San Vicente, se caracteriza por tener sistemas dunares que aún no han sido intervenidos o han sido poco intervenidos, por lo tanto, se prioriza conservar estos sistemas naturales de protección mediante el uso de trampas de arena y la plantación de vegetación arbustiva con un buen enraizamiento, que permita la retención de sedimentos y reduzca la erosión (figura 25).

Figura 25
Esquema de primera propuesta de solución en la zona 2



De acuerdo con la información recolectada en el grupo focal realizado, esta zona es susceptible a inundaciones durante los eventos El Niño, debido al aumento del caudal del río. Bajo el escenario E6, esta zona quedaría cubierta de agua por el incremento en

la cota de inundación. Por lo tanto, se plantea la construcción de un muro de gaviones de 2x1x1m para evitar la erosión en las riberas, en una longitud de un kilómetro aproximadamente (figura 26).

Figura 26

Esquema de primera propuesta de solución complementaria en la zona 2



La zona 3, corresponde a la comunidad Libertador Bolívar, que está apostando por el desarrollo turístico como un medio de vida. En esta zona hay un malecón que está protegido por un muro de enrocado. Hoy en día, estas estructuras que han sido afectados por los procesos de degradación costera y fuertes oleajes (figura 27), sumado a la

ubicación de las cabañas encima del enrocado (figura 28) han debilitado la función de protección para la que fueron construidos.

Figura 27

Efectos del oleaje, marejadas y erosión en el malecón y enrocado de Libertador Bolívar



Figura 28

Cabañas de uso turístico encima del enrocado de protección



De esta manera se propone la reconfiguración del muro de protección, elevando la cota de coronación actual, tomando en cuenta la cota de inundación del escenario E6. Al elevar la cota coronación hay que también considerar el diseño de un acceso a la playa para los turistas. Además, es indispensable que las cabañas que actualmente se encuentra frente al muro de protección hacia la playa, las cuales ya están siendo afectados por efectos del oleaje de acuerdo con los pobladores, y las cabañas encima

del muro de protección sean reubicadas. Se propone que en el malecón se construyan islas comerciales que puedan ser utilizadas para la venta de alimentos y bebidas (figura 29).

Figura 29
Esquema de primera propuesta de solución zona 3



3.4. 2 propuesta de solución 2

La zona 1, corresponde a Cadeate, tomando en cuenta los procesos de degradación costera, oleaje y que actualmente es una zona del oleaje golpea al pie de las estructuras. Se propone un plan de ordenamiento territorial mediante la reubicación de las casas que se encuentran en esta área. Tomando en cuenta el escenario E6, se realizó una proyección de la población que se vería afectada por inundaciones, dando un

total de 210 personas. Por lo tanto, considerando un promedio de 5 personas por vivienda, sería necesario la construcción de 62 casas de 42 m². Por lo que se consideró un área de 12600 m² (área de color naranja) para reubicar las casas encerradas en el área de color amarillo, tal como se ve en la figura 30.

Figura 30
Esquema de segunda propuesta de solución zona 1



La zona 2, corresponde al área comprendida entre San Antonio y el barrio San Vicente. Aquí se mantiene la idea de utilizar gaviones y el muro de contención para evitar inundaciones en las riberas del río Atravezado y el uso de vegetación para conservar los sistemas dunares. Además, se propone desarrollar esta zona para fines turísticos, mediante la construcción de un puente peatonal que conecte el malecón con hacia el

barrio San Vicente donde se colocaría un muelle flotante para potenciar actividades de recreación como kayak, paseo bote, pádel, entre otros deportes acuáticos.

Además, se propone utilizar el área encerrada de naranja como un posible lugar para la reubicación de las cabañas de uso turístico de Río mar (Figura 31).

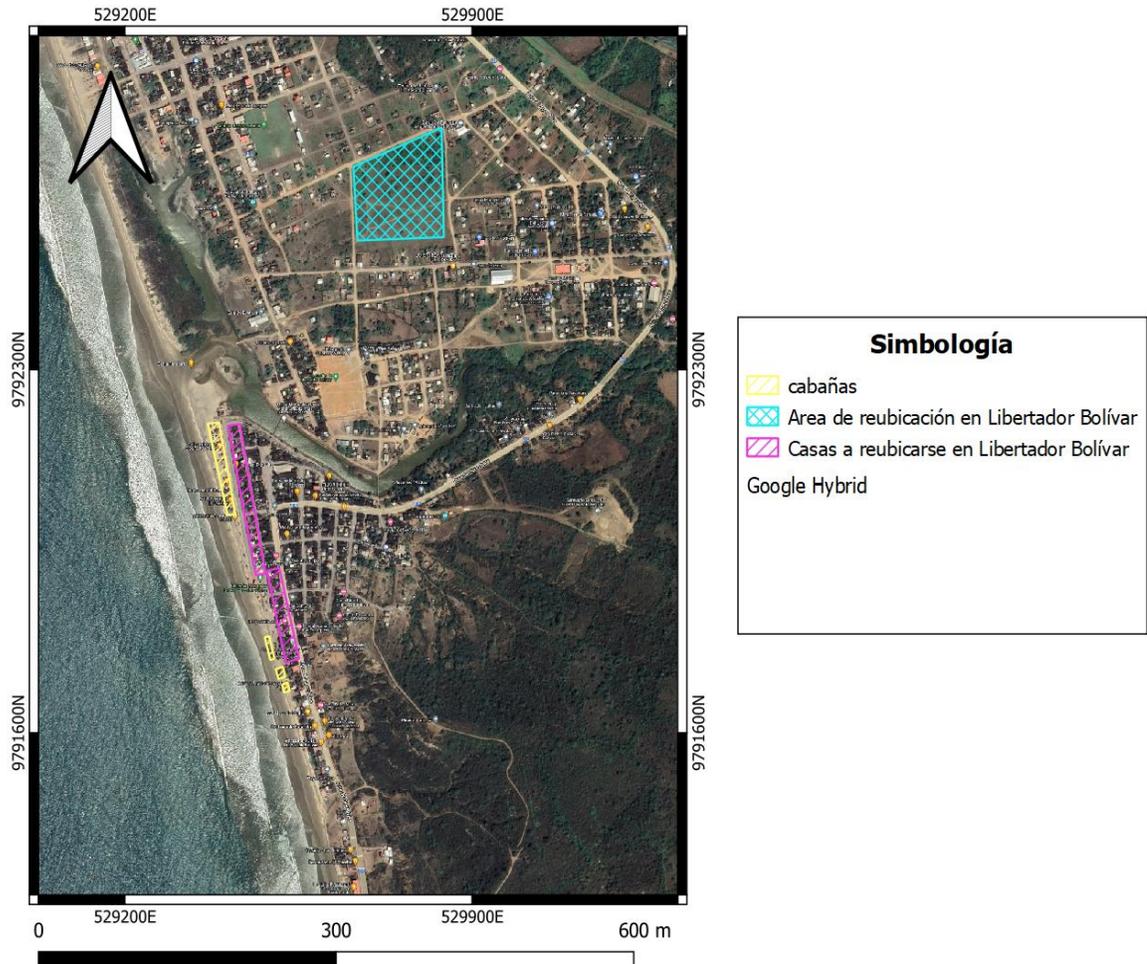
Figura 31
Esquema de segunda propuesta de solución zona 2



Por último, la zona 3, correspondiente a Libertador Bolívar al igual en la zona 1, esta influenciada por procesos erosivos y oleajes fuerte, por lo tanto, la propuesta es reubicar a las casas que presentan un mayor grado de exposición (área de fucsia) a una zona más segura, el área que se propone es cercana a la vía Spondylus (área de celeste) como se

ve en la figura 32. El espacio disponible es de 31412 m², suficientes para la construcción y reubicación de 35 viviendas.

Figura 32
Esquema de segunda propuesta de solución zona 3



3.5 Matriz de decisiones

Se utilizó una matriz de decisiones para la selección de la mejor alternativa en función de los criterios propuestos en la tabla 9.

Tabla 9*Criterios con su valoración para la matriz de decisiones*

Criterio	Valoración
Funcionalidad-Protección	25
Adaptación al cambio climático	15
Costes de Mantenimiento	10
Impacto social	20
Impacto ambiental	10
Viabilidad económica de ejecución	20

Tabla 10*Matriz de decisión de las alternativas propuestas*

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad-Protección	10	25
Adaptación al cambio climático	8	15
Costes de Mantenimiento	4	8
Impacto social	15	10
Impacto ambiental	5	7
Viabilidad económica de ejecución	6	9
Puntuación total	48	74

3.6 Costos referenciales de la alternativa escogida.**Tabla 11***Costes referenciales de la alternativa 2*

COSTOS REFERENCIALES: ALTERNATIVA 2	
CASA DE 42 M2	
Descripción	Costo total
Trabajos preliminares	\$280.37
Estructura de hormigón armado	\$1,891.75
Mampostería	\$706.19
Enlucido	\$447.12
Pisos	\$334.25
Cubierta	\$709.13
Instalaciones sanitarias y agua potable	\$110.53
Piezas sanitarias	\$126.22
Instalaciones eléctricas	\$270.55
Acabados	\$664.66
Carpintería	\$624.03
Total por 97 casas	\$669,742.68

REVEGETIZACIÓN Y MANEJO DE DUNAS	
Costo total	\$32,260.00
MURO DE GAVIONES 2X1X1M	
Replanteo y nivelación con equipo topográfico	\$1,960.00
Excavación y desalojo	\$4,598.62
Rasante	\$3,341.52
Otros	\$20,675.37
Muro de gaviones	\$322,700.00
Costo total	\$353,275.51
MUELLE FLOTANTE	
Costo total	\$15,762.00
PUENTE DE MADERA	
Costo total	\$30,219.00
COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA	\$1,101,259.20

Con la matriz de decisión se determinó que la alternativa 2 es la mejor en función de la protección y adaptación ante los eventos de inundación por cambio climático. Además, la alternativa 2 resultó ser más económica que la alternativa 1, con un costo total aproximado de \$1.101,259.20 como se muestra en la Tabla 11, los detalles de los costos unitarios y rubros se pueden ver en más detalles en el apéndice F. Además, los altos costos mantenimiento para la alternativa 1, hacen que esta solución no sea factible con el tiempo. Sin embargo, hay que considerar el impacto social que generaría la alternativa 2, puesto que implica un cambio de estilos de vida y búsqueda de nuevos medios de vida para las comunidades.

3.7 Planos conceptuales

Figura 33

Corte transversal del muro de gavión

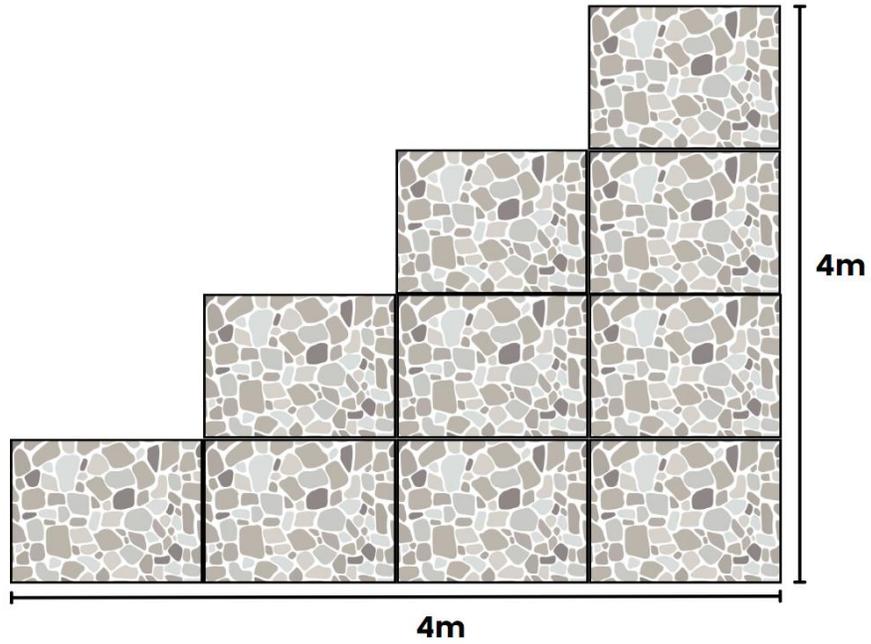


Figura 34

Corte transversal de un gavión

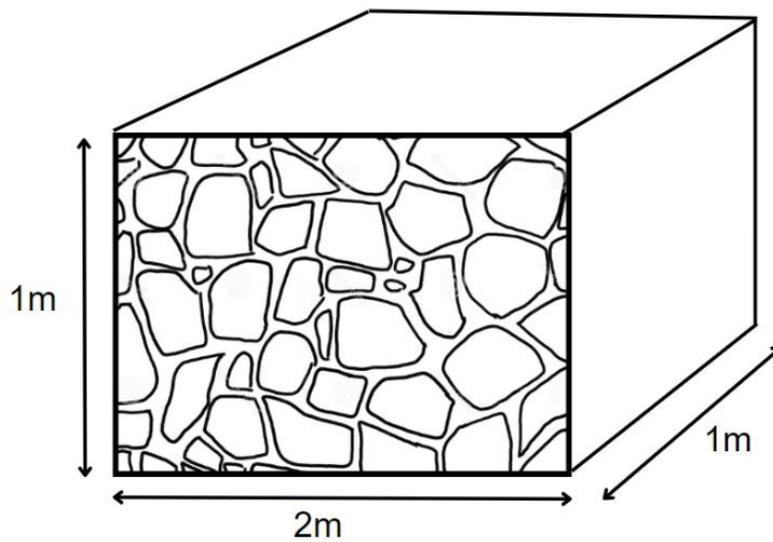
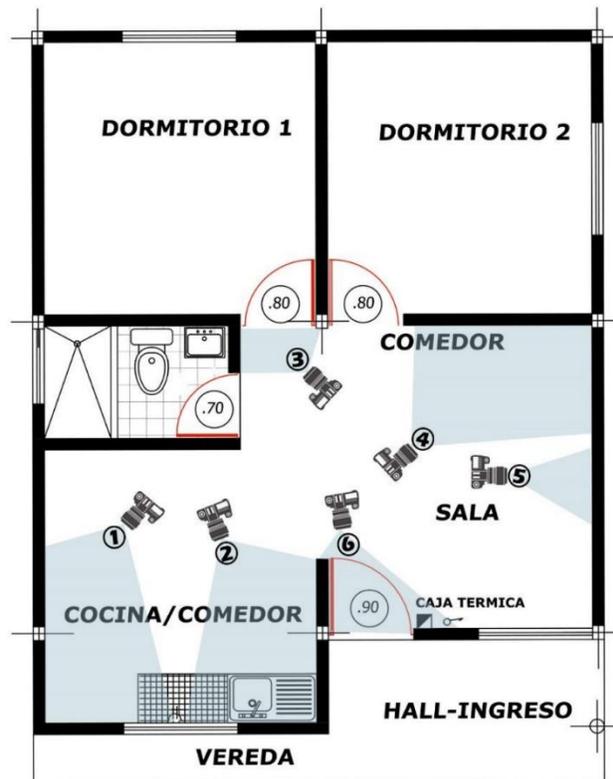
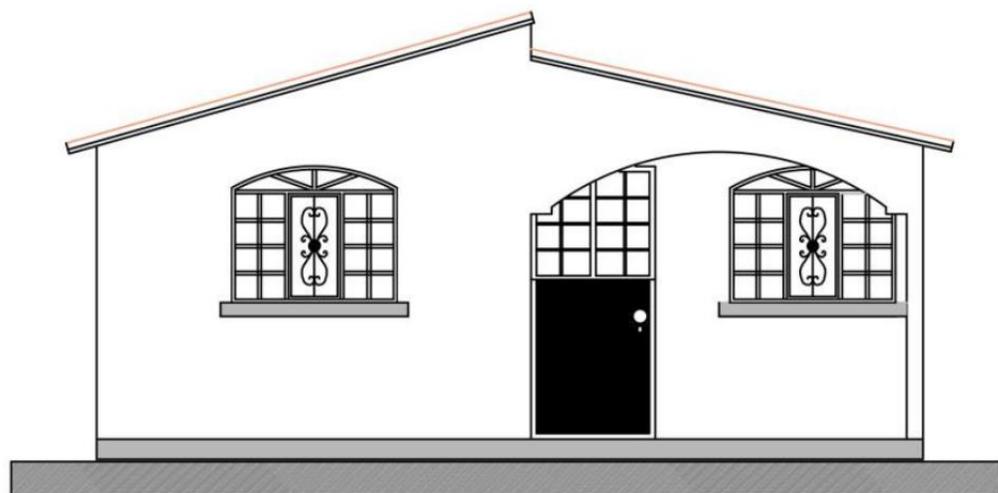


Figura 35
Vista en planta de la casa



Nota: Figura tomada de (López V. O., 2015)

Figura 36
Fachada principal de la vivienda



Nota: Figura tomada de (López V. O., 2015)

CAPÍTULO 4

4 Conclusiones y recomendaciones

El trabajo realizado durante este proyecto puede servir como una herramienta poderosa para la toma de decisiones informada y un aporte a las políticas públicas del Ecuador. De acuerdo con el COA, con el artículo 734, de políticas nacionales oceánicas y costeras en el inciso h, *“reducir la vulnerabilidad y mejorar la adaptación de poblaciones y ecosistemas ante el cambio climático y eventos naturales que afectan a la zona oceánica y marino costero”*. Por otro lado, en el inciso i, *“Establecer el ordenamiento territorial oceánico y marino costero para articular las diversas intervenciones humanas de manera coherente, complementaria y sostenible”*. (Presidencia de la República, 2019). El trabajo es una evaluación de exposición, amenaza e impactos producidos por los factores de estrés climático, establece alternativas de soluciones sostenibles, al mismo tiempo que contribuye con información clave para la planificación urbana y desarrollo de infraestructuras resilientes en el futuro.

El cambio climático al que enfrentamos como sociedad requiere estrategias de adaptación, prevención y mitigación para la reducción de riesgos y desastres generando protección proactiva, para evitar pérdidas de vidas y estructuras debido a inundaciones costeras. Acorde a las conversaciones mantenidas durante el grupo focal, se evidencia la necesidad de crear programas de sensibilización y capacitaciones para crear comunidades resilientes y que estas puedan conocer los riesgos que conlleva vivir en una zona tan dinámica como lo es la costa. Por lo tanto, es necesario implementar programas educativos para personas mayores de edad, en donde se profundice el concepto de cambio climático, ya que con frecuencia los pobladores de las comunidades del área de estudio confundieron este concepto con la variabilidad estacional. Además, se deberían incluir temas de sostenibilidad e importancia de preservar los sistemas marino-costeros.

Dentro de las limitaciones de este proyecto es que cuando se realizan modelos de predicción climática con frecuencia se trabajan con escalas superiores a los 10 km, debido a la

deficiencia en los datos que permitirían un análisis más exacto. Este aspecto es una de las consideraciones que se tiene que tomar en cuenta para la realización de futuros trabajos, puesto que el área de trabajo era relativamente pequeña en comparación a la data disponible. Además, los modelos de inundación no reflejaron cambios significativos en la cota de inundación en las casas ubicadas en la comunidad de Cadeate, esto se atribuye al hecho de que no pudo realizar el levantamiento del dron en alrededor de 250 m de playa, debido a las restricciones del tiempo en las que se elabora este trabajo.

En resumen, este trabajo permitió obtener una primera aproximación de exposición a inundaciones costeras debido a los efectos del cambio climático entre Libertador Bolívar y Cadeate. La efectividad de la metodología aplicada y los resultados obtenidos mediante la misma fueron comprobados mediante los diálogos mantenidos con los comuneros durante el focus group realizado.

4.1 Conclusiones

- El índice de exposición permite tener una aproximación cuantitativa de las distintas variables que intervienen para que se produzca un evento de inundación costera en el área de estudio
- El trabajo provee de evidencias en función de los datos disponibles de que el área de estudio se producen impactos por inundaciones debido a escenarios climáticos.
- La población con mayor porcentaje de infraestructura afectada es Libertador Bolívar, donde las condiciones actuales del enrocado de protección y malecón no serán suficientes para evitar los daños producidos por inundaciones costeras.
- Los resultados obtenidos permiten determinar que bajo el escenario E6, alrededor del 15% de la población del área de estudio se vería afectada por inundaciones costeras.

- La posibilidad de reubicar a las viviendas que tienen un índice de exposición muy alto, es una alternativa sostenible y con menores gastos de mantenimiento.
- Es importante crear capacidades de resiliencia en las comunidades costeras para reducir los riesgos a desastres que brinden un enfoque integral y tengan un proceso de monitoreo y evaluación constante
- Para enfrentar el cambio climático, es necesario empezar a buscar soluciones basadas en la naturaleza o aplicar concepto de ingeniería suave, que no ejerzan una fuerte presión sobre ecosistemas costeros. El desarrollo de estrategias de adaptación acompañadas de un manejo costero integral, son necesarias para reducir la vulnerabilidad y dar paso hacia la creación de comunidades costeras resilientes.
- La política pública permanentemente (planes de ordenamiento territorial) deben incluir procesos metodológicos específicos pueden servir de base para otros lugares de la costa

4.2 Recomendaciones

- Evaluar opciones para utilizar los servicios ecosistémicos como un medio de adaptación ante posibles escenarios de cambio climático.
- Se recomienda realizar un análisis de componentes principales. El análisis estadístico permitirá tener un conocimiento más profundo de las variables para conocer cuales tienen mayor influencia en las inundaciones costeras
- Generar un protocolo que contenga los parámetros mínimos para realizar monitoreos constantes de variables oceanográficas en la zona costera.
- Realizar programas de sensibilización en las comunidades costeras para lograr el empoderamiento sobre riesgos y resiliencia.

Bibliografía

- A.M. Bernabeu, R. C. (2002). Energy reflection effect on the beach profile morphology: validation for the Iberian Peninsula Coast. *Rev. C&G*, 1-4.
- A. Tejada Martínez, I. M. (2017). Efectos del cambio climático en la sensación higrogérmica en las poblaciones costeras mayores a 200 mil habitantes desde México hasta Panamá. En S. J. A.V., *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático* (págs. 321-332). uac, unam.
- Alicia Hamui-Sutton, M. V. (marzo de 2023). *La técnica de grupos focales*. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacionLa%20t%C3%A9cnica%20de%20grupos%20focales-medica-343-articulo-la-tecnica-grupos-focales-S2007505713726838>
- Arias, A. A. (2017). Vulnerabilidad de ecosistemas marino costeros sudamericanos a contaminantes orgánicos persistentes: panorama actual e histórico. En S. J. En: Botello A.V., *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio de* (págs. 363-378). UJAT, UNAM, UAC.
- Benedet, L. C. (2004). Morphodynamic classification of beaches on the Atlantic coast of Florida: Geographical variability of beach types, beach safety and coastal hazards. *Journal of Coastal Research*, pg-pg.
- CEPAL. (2015). *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y Caribe , Dinámicas, tendencias y variabilidad climática*. Naciones Unidas.
- Chicaiza, S. (2023). *Diseño de una metodología para la caracterización, clasificación y evaluación de dunas costeras en Ecuador*. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.
- CONICIT. (1998). EL FENOMENO DE EL NIÑO. *Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables, Venezuela*, 48-55.
- D. barra, G. ,. (2020). Evaluación del índice de vulnerabilidad costera en la Manga del Mar Menor. *An. geogr. Univ. Complut.*, 373-392.
- Debora Lithgow, M. L. (18 de 10 de 2018). Restauración.
- Departamento de obras públicas. (SEPTIEMBRE de 2018). REMODELACIÓN, ADQUISICIÓN DE JUEGOS INFANTILES Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PARA EVENTOS CULTURALES EN EL MALECÓN DE CATARAMA, CANTON URDANETA PROVINCIA DE LOS RIOS. URDANETA, LOS RIOS, ECUADOR.
- ESRI. (junio de 2023). *Esri Support*. Obtenido de <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/land-use>
- Gilberto, E. H. (2003). Criterios para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México: una propuesta metodológica. Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- IDEAM, (. d. (2012). *NIVEL DEL MAR Y RÉGIMEN DE MAREA EN LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DE COLOMBIA*. Colombia: SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA.

- INEGI. (abril de 2022). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/datos/?ps=Programas>.
- IPCC. (2018). *AR5 WGII glossary*. Suecia: IPCC, John Agard , E. Lisa F. Schipper .
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)].
- Jon C. Boothroyd, H. A. (1994). *Características de la línea costera del Ecuador y recomendaciones para su manejo*. Ecuador: Coastal Resource Center , Programa de Manejo de Recursos Costeros, USAID.
- Juan M.Fernández, G. B. (2017). Aplicación del índice de vulnerabilidad costera a los barrios costeros del partido de Mar Chiquita, Buenos Aires Argentina. *GEOACTA*, ISSN 1852-7744 .
- Juan Manuel Barragán, M. d. (2016). Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y El Caribe. *Revista de Geografía Norte Grande*, 129-149.
- Karina Griselda Ocaña Espinosa de los Monteros, R. R. (2021). *Estudio de los efectos del cambio climático en la línea de playa y del Puerto de Veracruz*. Veracruz, México: Safandilla.
- López, M. M. (2011). *Vulnerabilidad física de la costa catalana a diferentes agentes*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- López, V. O. (2015). *EL DISEÑO DE LAS VIVIENDAS POPULARES QUE PROMUEVE EN MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI) Y LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL CONFORT EN LA PARROQUIA QUINCHICOTO DEL CANTON TISALEO*. AMBATO: FACULTAD DE DISEÑO ARQUITECTURA Y ARTES Y DE ESPACIOS ARQUITECTONICOS - UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO.
- MAATE-PNUD. (2022). *PROYECCIONES OCEANICAS FUTURAS BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ECUADOR*. Quito, Ecuador: Sistema de información de Proyecciones y Riesgo Climático, Medidas de Adaptación al Cambio Climático e Indicador de Vulnerabilidad del Ecuador.
- Martínez R, Z. E. (2000). Variabilidad oceanográfica en Ecuador asociada con el evento ENSO 1997-98. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 10(1). p. 9-20.
- Mendoza, K. (2022). *Dunas costeras del cantón Playas, una aproximación para su estudio*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Mercy J. Borbor-Cordova, G. G. (2020). An Operational Framework for Urban Vulnerability to Floods in the Guayas estuary Region: The Duran Case Study. *Sustainability*.
- MIDUVI. (2018). *VIVIENDAS PROGRAMA DE VIVENDA RURAL EL GUARANGO Y LA PRIMAVERA UNIFICADO*. ROCAFUERTE, MANABI, ECUADOR.
- MORENO, K. J. (2018). *CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y MONITOREO DE ARRECIFES ARTIFICIALES COMO SITIO DE REFUGIO DE LANGOSTA CARIBEÑA EN LA ISLA HOLBOX , QUINTANA ROO*. HOLBOX, QUINTANA ROO. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2018/23QR2018PD130.pdf>

- Nelson Guillermo Rangel Buitrago, B. O. (2013). Determinación de la vulnerabilidad y el riesgo costero mediante la aplicación de herramientas SIG y métodos multicriterio. *Revista Intropica*, 29-49.
- Noé Toledano, J. A. (2021). *Caracterización del estado de mar con las mediciones de oleaje de la red nacional de estaciones oceanográficas y metereologicas*. México: Safandila, ISSN 0188-7297.
- Presidencia de la República. (2019). REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. *Registro Oficial Suplemento 507*, (pág. 157). Quito.
- Rommel Caiza, S. N. (2019). *“Evaluación y modelamiento del cambio de costa en condiciones naturales y bajo influencia de obras de protección costera. Caso de estudio: Libertador Bolívar , Santa Elena- Ecuador “*. Guayaquil- Ecuador: Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.
- Sánchez, E. (2015). *Consultoría para la ejecución de los estudios para el diseño de la protección costera del nuevo malecón de Libertador Bolívar perteneciente al cantón Santa Elena*. Libertado Bolívar, Santa Elena: IMSE.
- Sara Cansing, G. M. (2018). *Diseño de una estructura de protección para playa Bruja, ubicada en la comunidad Libertador Bolívar- provinci de Santa Elena*. Guayaquil: Facultad de Ingeniería en Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales - ESPOL.
- UC, P. U. (28 de 6 de 2023). Obtenido de https://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/4.html
- Zayas Esquer M., E. C. (22 de junio de 2013). *Modificación de la linea costera*. Obtenido de <https://revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx/index.php/RDIASF/article/view/16/16>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Mediciones en campo

- **Características litorales**

Los valores de período (figura 37) y altura de ola rompiente (figura 38), son los promedios en cada una de las estaciones. El rango promedio del período oscilaba entre los 13 y 15 segundos, mientras que, la media de las alturas de olas rompientes estaba entre los 50 y 80 cm, con una predominancia de tipo de oleaje plunging y spilling.

Figura 37

Valores promedio de período tomados en mediciones de campo en el área de estudio

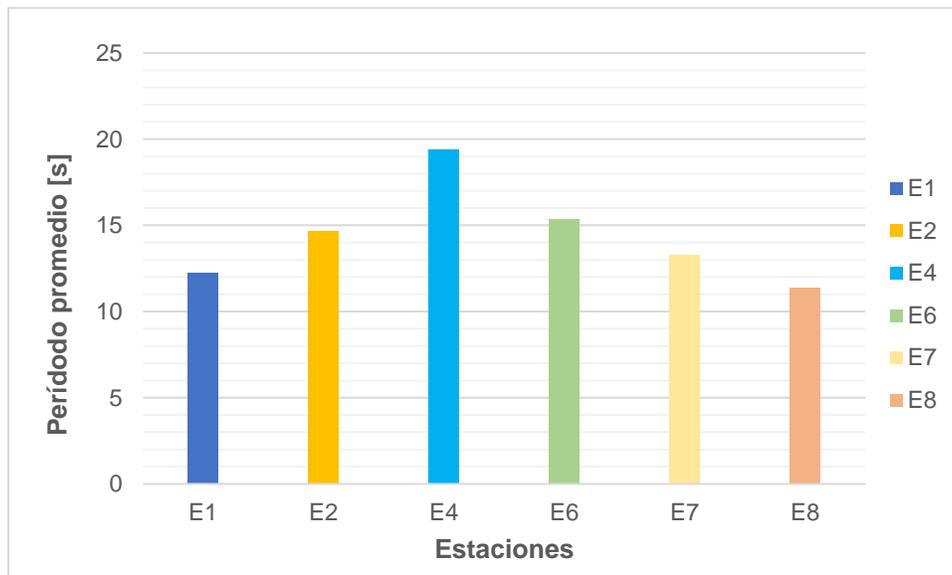
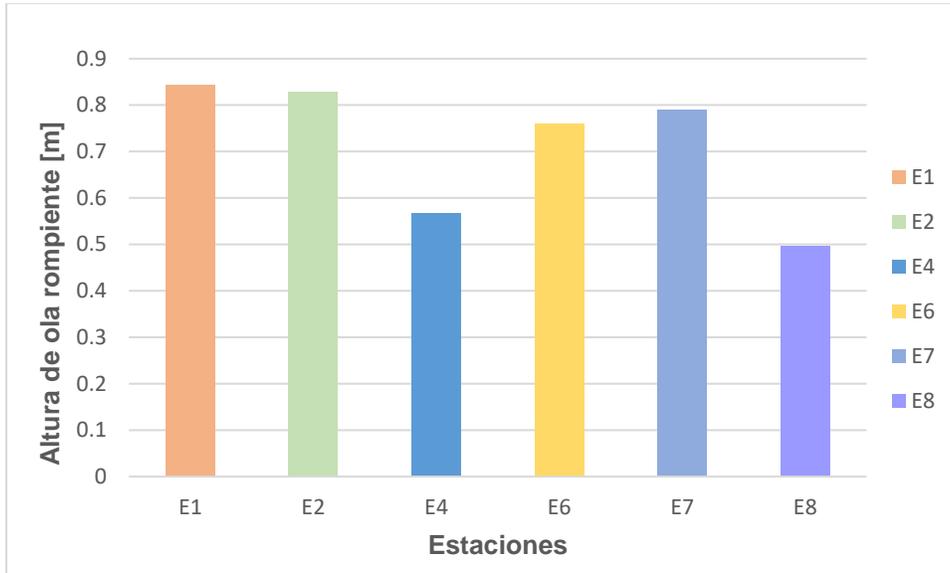


Figura 38

Valores promedio de altura de ola tomados en mediciones de campo en el área de estudio.



- **Perfiles de playa**

De acuerdo con los resultados obtenidos, los datos tomados para perfiles de playa durante el 3 de junio muestran un ancho de playa reducido a comparación a los perfiles que se tomaron el 20 de abril.

Como se puede visualizar en la figura 39, en la estación 2 y 4 se evidencia que el ancho de la playa es de 40 m y 50 m aproximadamente, mientras que en la figura 40, para las mismas estaciones se observan perfiles de playa con una distancia horizontal entre 20 m y 25 m. El cambio significativo en las tendencias mostradas, se deben principalmente a los efectos producidos por el aguaje ocurrido el 3 de junio, el cual provocó una modificación en los patrones normales de mareas y oleaje durante las pleamares de sicigia para el área de estudio.

Figura 39

Perfiles de playa para los datos tomados en las mediciones de campo realizadas el 20/04/2023

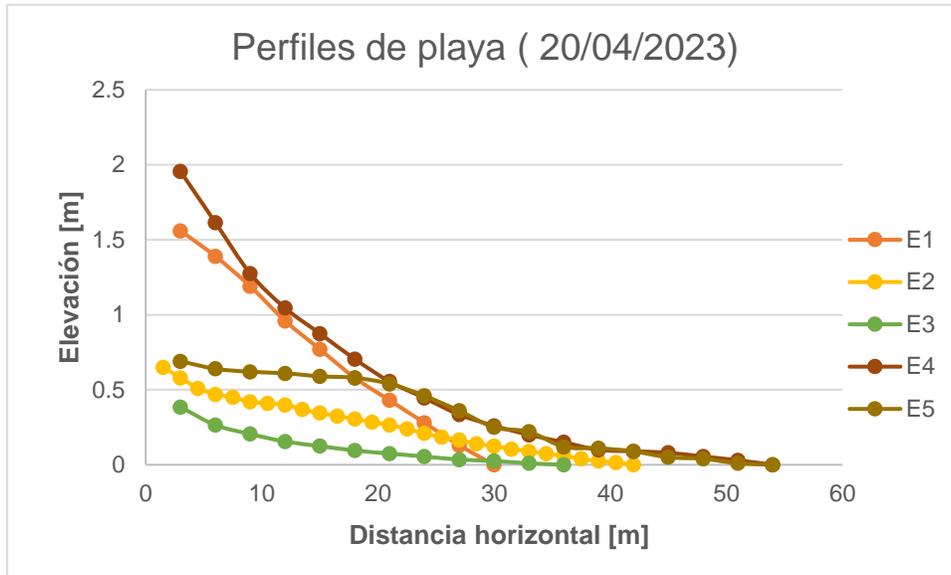
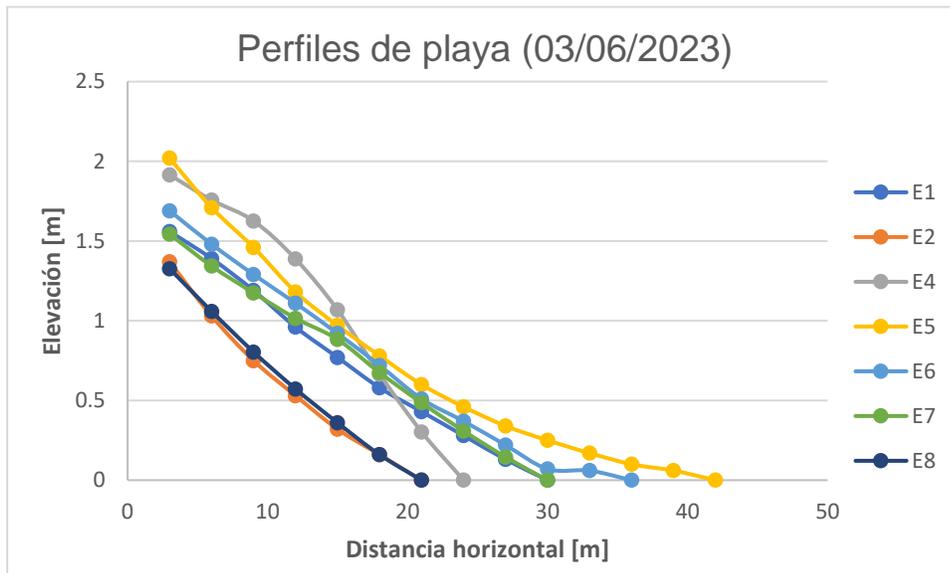


Figura 40

Perfiles de playa para los datos tomados en las mediciones de campo realizadas el 20/04/2023

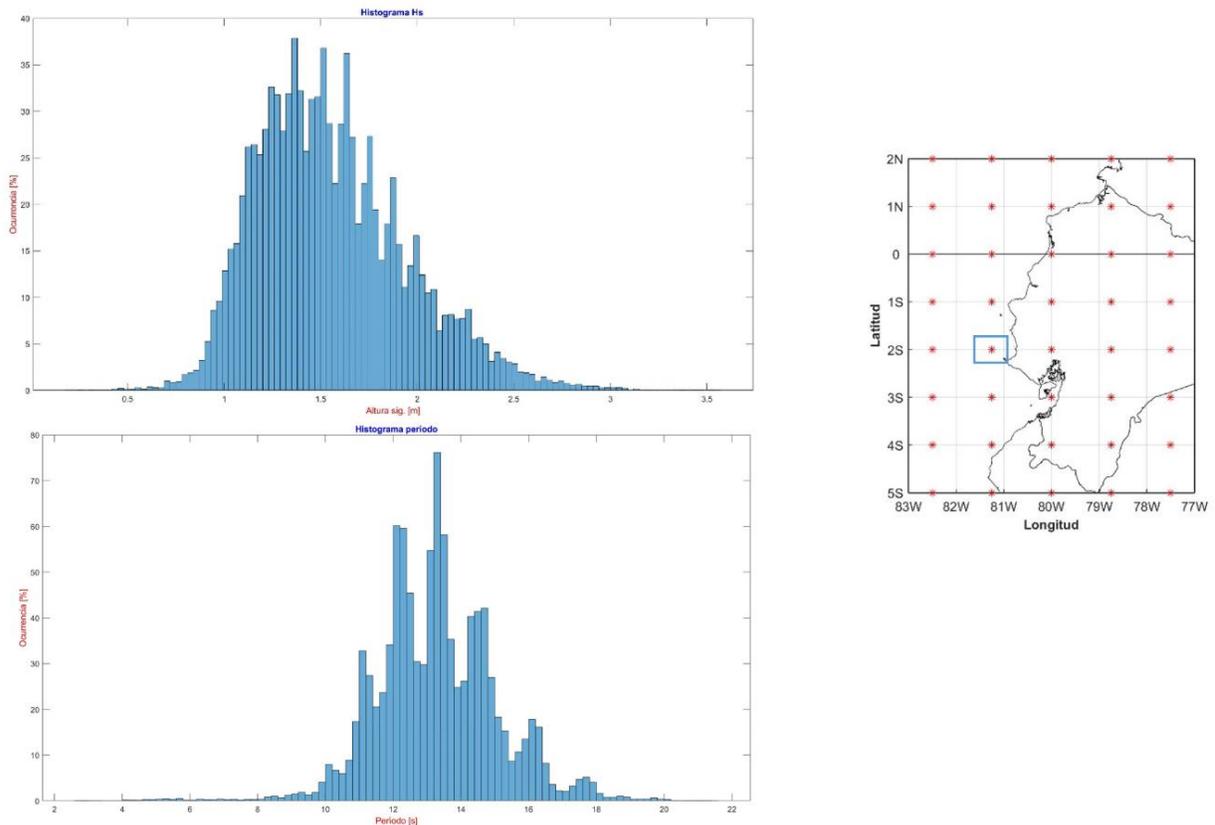


Oleaje

El procesamiento de datos del Wavewatch III en Matlab, arrojaron como resultados los histogramas de altura de ola significativa y período entre los años 1997 y 2018, tal como se muestra en la figura 41. La revisión de los datos históricos fue necesaria para poder establecer las proyecciones de oleaje como se indica más adelante en esta sección. La altura de ola significativa está entre 1 y 1.5 m con una probabilidad de ocurrencia menor o igual al 40%, mientras que el periodo se muestra en el rango de 12 y 14 segundo con probabilidades de ocurrencia menor o igual al 80%.

Figura 41

Histograma de Altura de ola significativa y período entre 1997 y 2018



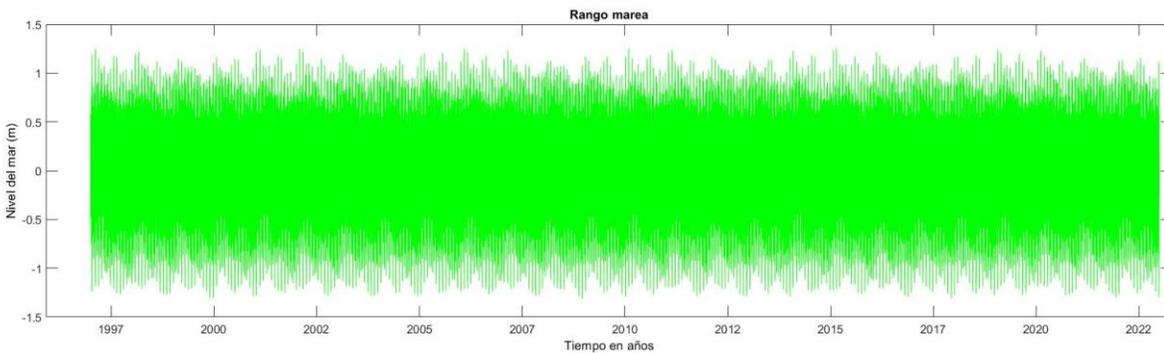
Nota: Datos obtenidos de la boya virtual del Wavewatch III procesados en Matlab.

Marea

La serie de tiempo presentada en la figura 42, representa el rango mareal entre enero de 1997 y enero de 2023, donde los valores máximos de pleamares y mínimos de bajamares referenciados al nivel medio del mar se encuentra entre 1 m y 1.5 m, mientras que el valor promedio es aproximadamente 0.5 m.

Figura 42

Serie de tiempo del rango mareal entre 1997 y 2023



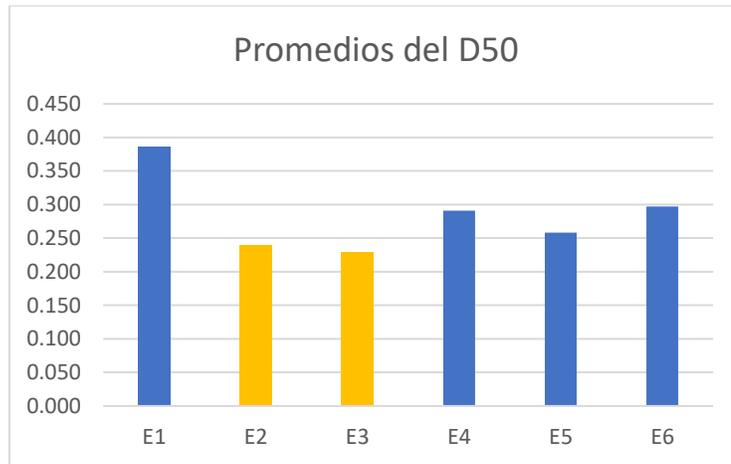
Nota: Datos obtenidos de la estación "La Libertad" procesados en Matlab.

Estado morfodinámico de la playa

El análisis granulométrico realizado ayudo establecer los valores promedios del tamaño de grano medio (D50) en cada una de las estaciones como se muestra en la figura 43; de esta manera se identificaron arenas finas entre la estación 2 y 3, mientras que en el resto de la playa se caracterizó por la presencia de arenas medias, tal como lo indica la figura 44.

Con esta información, acorde a la ecuación 1.1 descrita en este documento, se obtuvieron valores de Ω entre 3.22 y 4.2, por lo tanto, el área de estudio se clasifica como playas intermedias.

Figura 43
Distribución promedio del D50 en el área de estudio



Nota: El color amarillo representa arenas finas y el color azul arenas medias

Figura 44
Distribución de sedimentos en el área de estudio.



Grado de exposición de oleaje

Esta variable hace referencia a que tan expuesta está el área de estudio a la energía del oleaje, es decir la existencia de una estructura natural o antropogénica que modifique el espectro de oleaje al llegar a la costa. Esto se determinó por observación mediante Google Earth, donde se visualizó que dentro de los primeros 100 km costa afuera, no había ningún obstáculo que haga que la energía se disipe y llegue de manera directa a la playa, por lo tanto, su grado de exposición al oleaje es muy alto.

Presencia de dunas

Con la herramienta de Google Earth se identificaron las zonas con intervención y sin intervención antropogénica. Tal como se muestra en la figura 46, en el área del malecón de Libertador Bolívar hasta playa Bruja no se identificaron dunas al igual que el sector norte de Cadeate, mientras que para la parte sur de Cadeate y frente a San Antonio se hallaron dunas poco intervenidas o sin intervención. El principal indicador utilizado fue el porcentaje de vegetación presente en el área, de esta manera el área encerrada de color turquesa fue clasificada como dunas no intervenidas, puesto que se evidenció la presencia de vegetación arbustiva que cubrían el área en su totalidad como se muestra en la figura 45. Por otro lado, la figura 47 de puede ver la inexistencia o poca presencia de vegetación y, por lo tanto, se clasificaron como sin presencia de dunas y dunas intervenidas respectivamente.

Figura 45

Vegetación arbustiva presente en dunas del área de estudio



Figura 46
Zonificación del área de estudio según en función de la presencia de dunas costeras

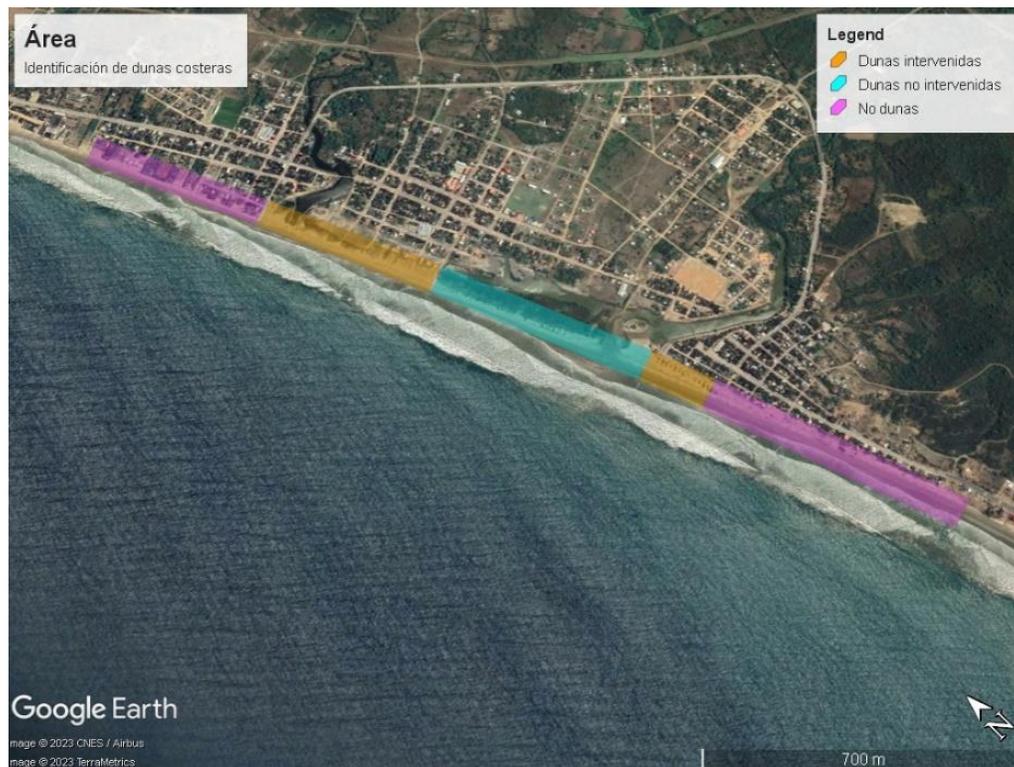


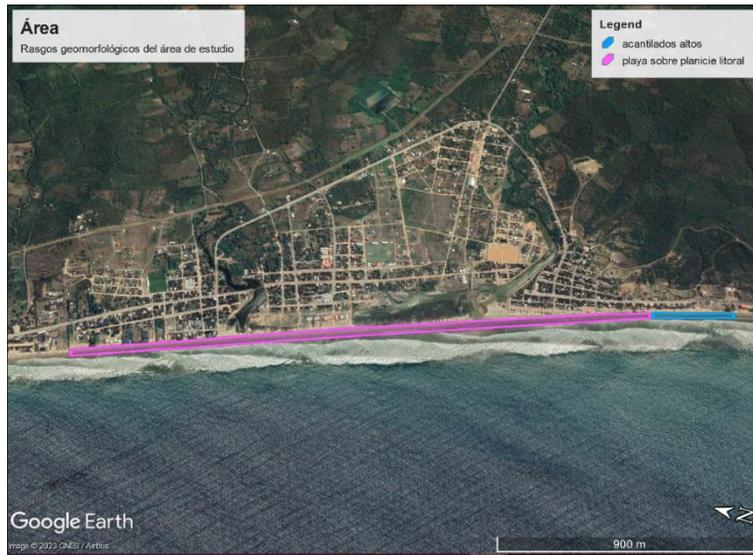
Figura 47
Intervención antropogénica en dunas del área de estudio, sin presencia de vegetación aparente



Rasgos geomorfológicos

De acuerdo con la clasificación de Boothroyd el área de estudio presenta playas sobre planicies litorales y acantilados altos, distribuyéndose como se muestra en la figura 48.

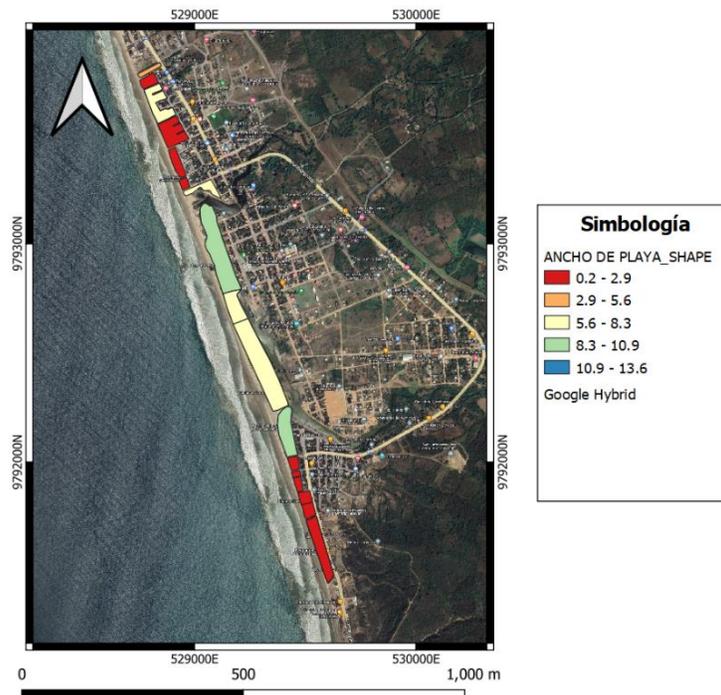
Figura 48
Rasgos geomorfológicos en el área de estudio



Ancho de playa

Una vez establecida la distancia entre la línea de agua y la berma, se elabora un archivo shape de las manzanas que están frente a la costa tal, donde las manzanas con una distancia menor son las que presentan mayor exposición (figura 49).

Figura 49
Manzanas de menor a mayor exposición a inundaciones en función de su ancho de playa

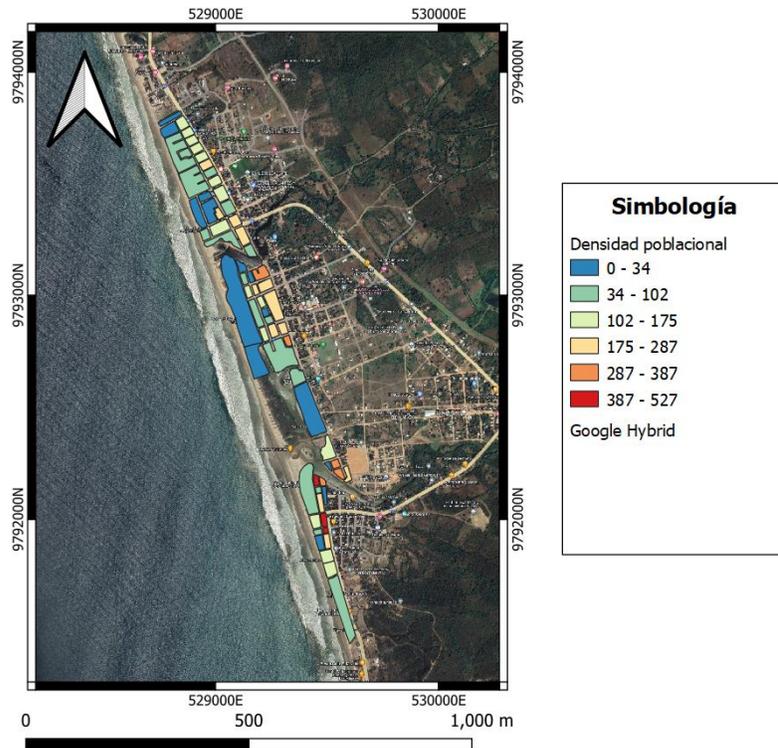


Densidad poblacional

Para establecer el grado de exposición según la densidad poblacional de cada manzana, se utilizaron rupturas naturales en Qgis, tal como se ve en la figura 50. En el área de estudio se presentaron manzanas con bajas y muy bajas densidades poblacionales.

Figura 50

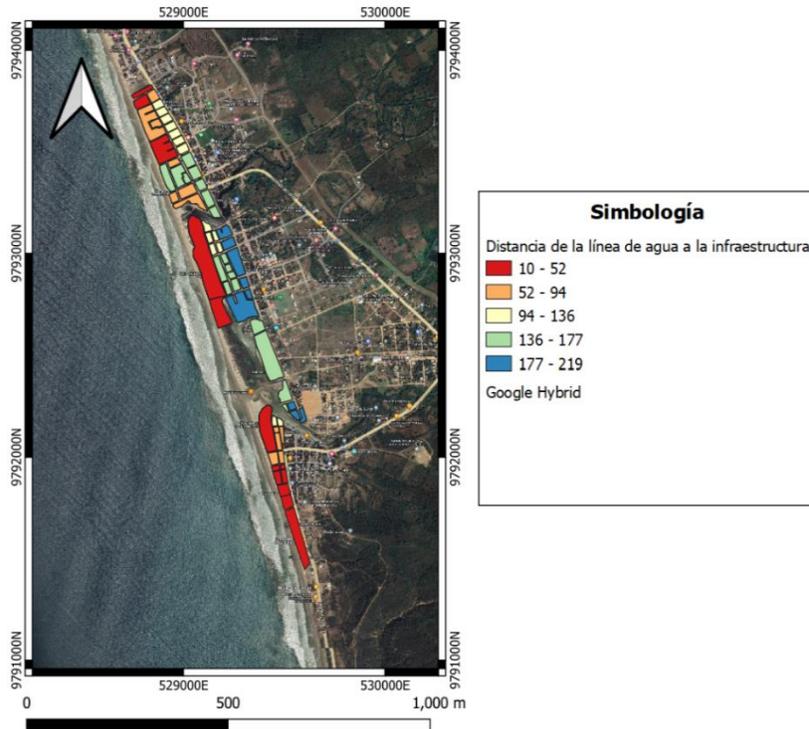
Manzanas de menor a mayor exposición a inundaciones en función de su densidad poblacional



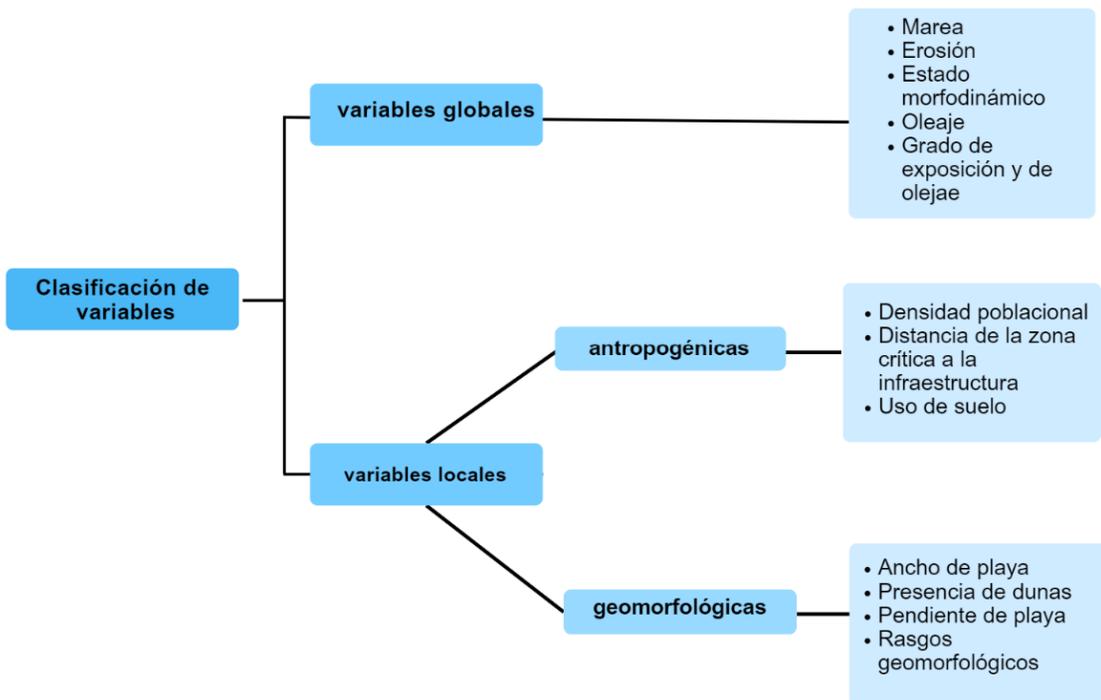
Distancia de la zona crítica a la infraestructura

En la figura 51, se muestran las manzanas con mayor susceptibilidad a sufrir inundaciones debido a la distancia que hay entre la línea de agua y la infraestructura más cercana, siendo las marcadas de rojo más susceptibles.

Figura 51
Manzanas de menor a mayor exposición de la línea de agua a la infraestructura



Clasificación de las variables globales y locales



APENDICE B

Levantamiento del dron

Figura 52

Área de levantamiento del dron durante la primera salida de campo y puntos de control establecidos

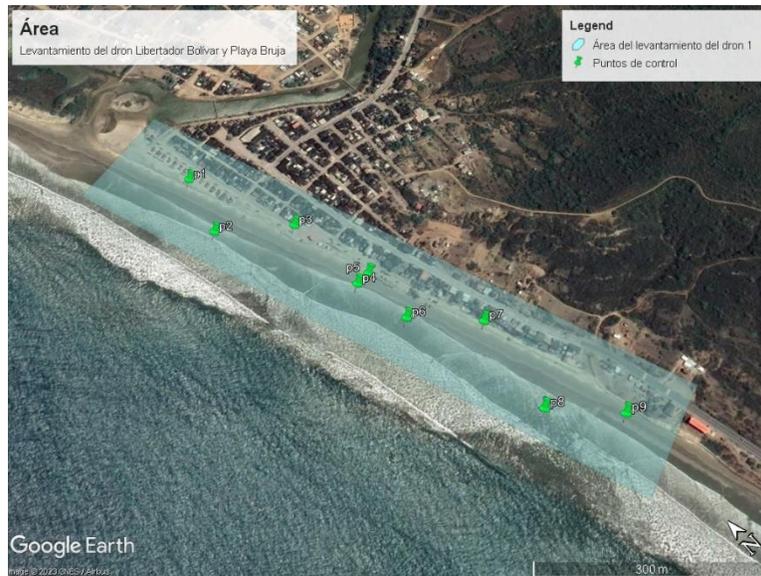


Figura 53

Área de levantamiento del dron durante la primera salida de campo y puntos de control establecidos

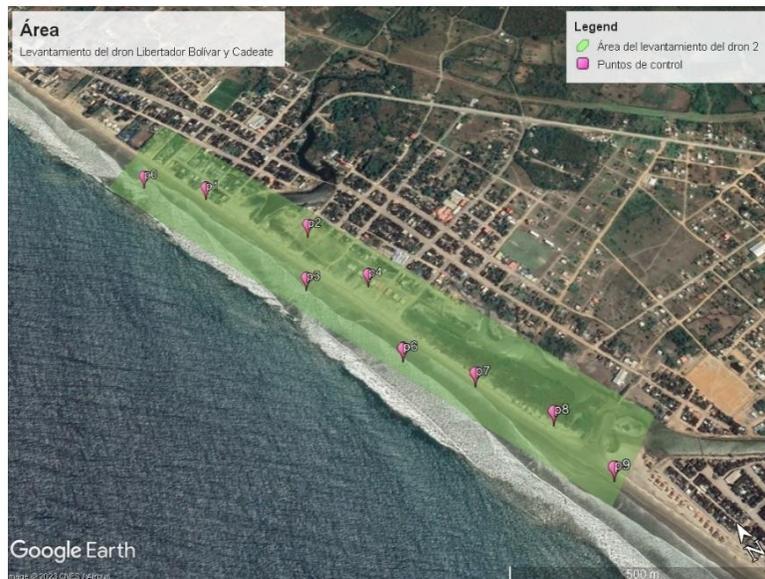


Tabla 12*Puntos de control levantamiento de dron primera salida*

Puntos	Easting	Norting
P1	529378	9792097
P2	529348	9791992
P3	529446	9791918
P4	529449	9791776
P5	529473	9791778
P6	529464	9791686
P7	529543	9791606
P8	529508	9791457
P9	529585	9791376

Tabla 13*Puntos de control levantamiento de dron segunda salida*

Puntos	Easting	Norting
P0	528810	9793394
P1	528923	9793284
P2	529079	9793059
P3	529005	9792932
P4	529129	9792867
P6	529095	9792667
P7	529194	9792538
P8	529281	9792382
P9	529310	9792225

APÉNDICE C

Salidas de campo

Figura 54
Reconocimiento de playa con la comunidad



Figura 55
Uso del anemómetro en la estación 4



APÉNDICE C

Focus group

Figura 56

Foto 1 de evidencia del grupo focal



Figura 57

Foto1 de evidencia del grupo focal



APÉNDICE D

Encuestas

Califique las opciones de soluciones para proteger las comunidades costeras. Marque con un X, siendo 5 la mayor puntuación y 1 la que menor puntuación.

Soluciones individuales	Puntuación				
	1	2	3	4	5
Elevar el nivel piso					
Desplazarse a tierras más elevadas					
Soluciones locales con ingeniería dura					
Construir una escollera					
Construir rompeolas					
Uso de gaviones					
Reconstrucción del malecón y colocar parapetos					
Soluciones locales con ingeniería suave					
Arrecifes de coral artificial					
Utilización de geotubos textiles					
Plantación de vegetación arbustiva					
Trampa para dunas					
Soluciones de manejo					
No permitir más construcciones cercanas a la línea de playa					
Retroceder de la línea costera y moverse a zonas más elevadas					

Marque con una X, según su criterio las prioridades que considera siendo 1 la de menor relevancia y 4 la de mayor importancia

Prioridad	1	2	3	4
Protección contra el oleaje				
Protección contra inundación				
Turismo				
Generación de playa				

Figura 58
Foto 1 de evidencia de encuesta



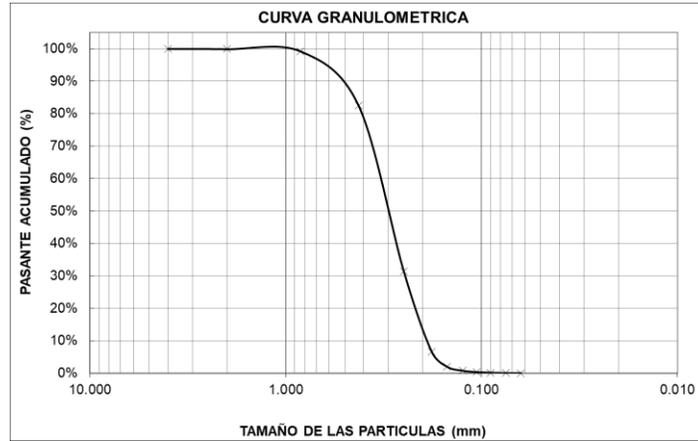
Figura 59
Foto 2 de evidencia de encuesta



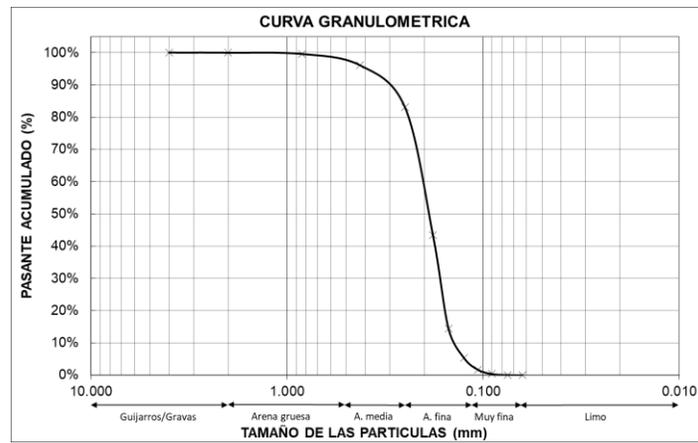
APÉNDICE E

Curvas granulométricas

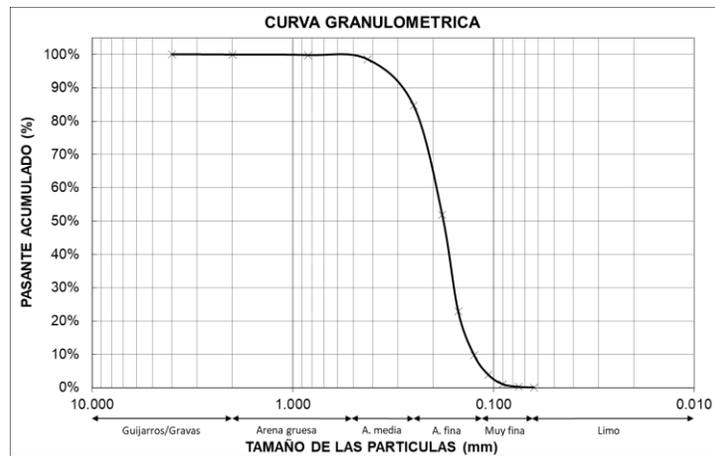
ESTACIÓN 1: Alta



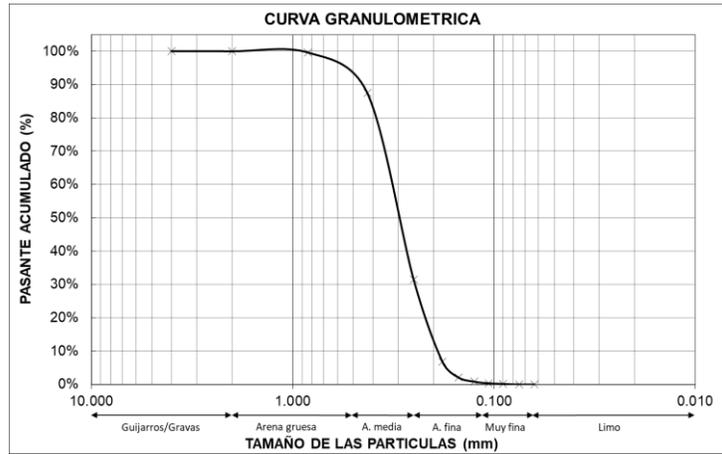
ESTACIÓN 1: Media



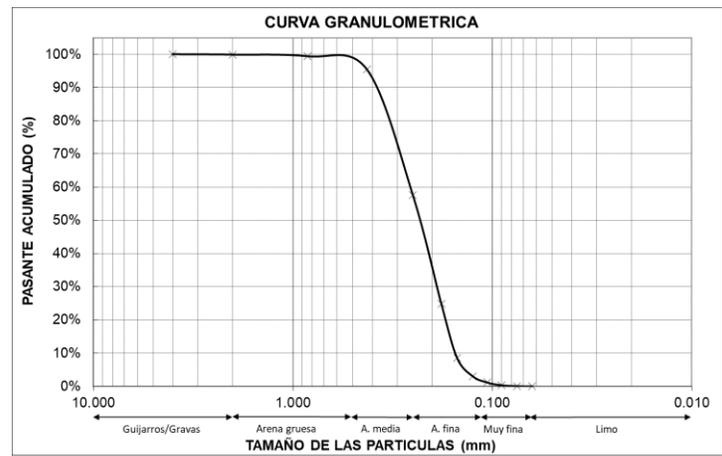
ESTACIÓN 1: Baja



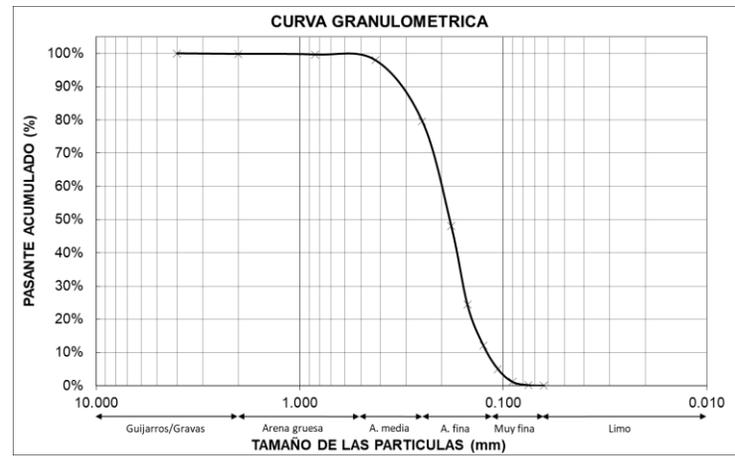
ESTACIÓN 2: Alta



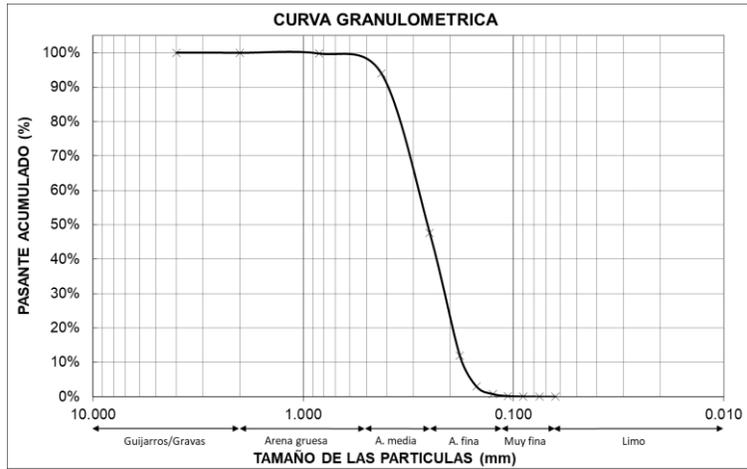
ESTACIÓN 2: Media



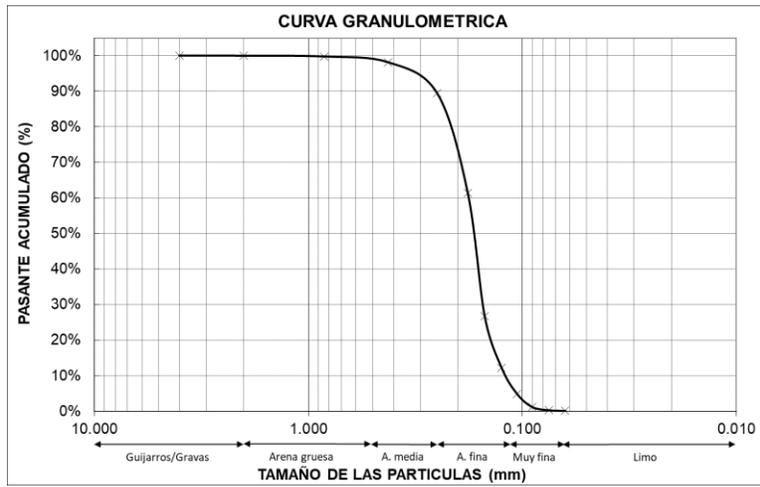
ESTACIÓN 2: Baja



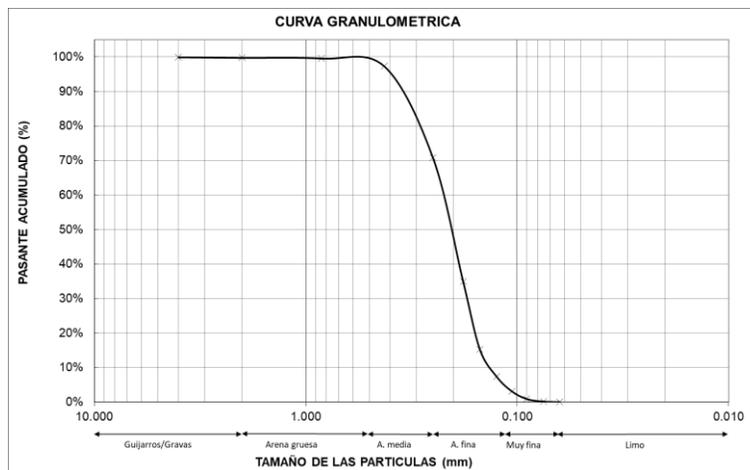
ESTACIÓN 3: Alta



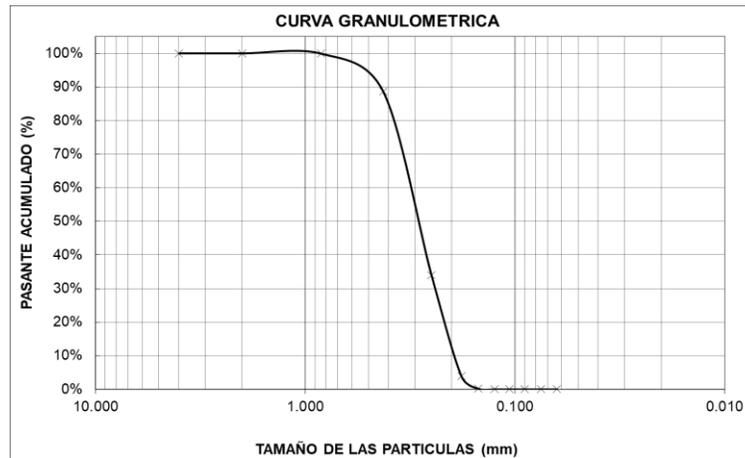
ESTACIÓN 3: Media



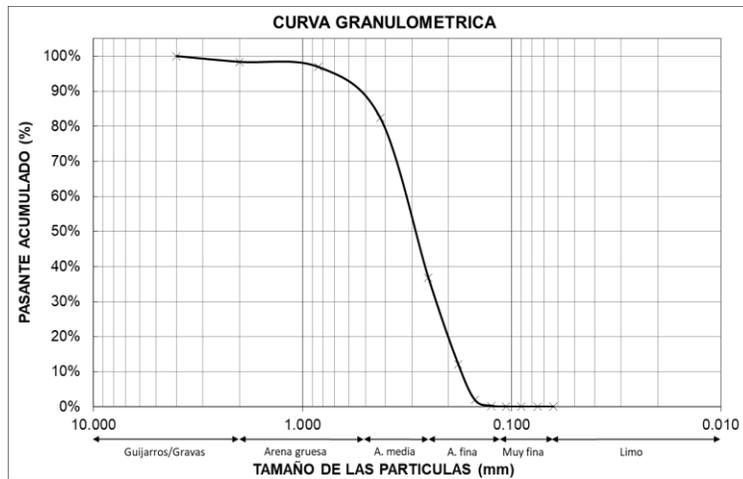
ESTACIÓN 3: Baja



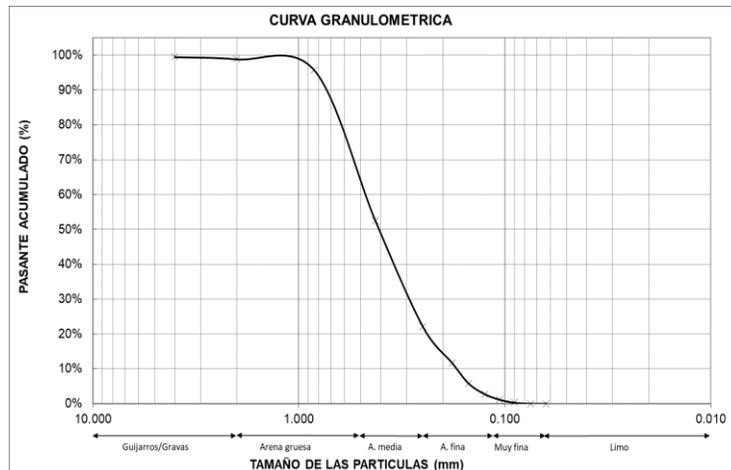
ESTACIÓN 5: Alta



ESTACIÓN 5: Media



ESTACIÓN 5: Baja



APÉNDICE F

Costos referenciales Propuesta de solución 1

REVEGETIZACIÓN Y MANEJO DE DUNAS				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	costo unitario	costo total
Plantación de vegetación	m/lineal	430	\$2.00	\$860.00
colocación de estacas	m/lineal	800	\$25.00	\$20,000.00
Programa de educación para cuidado y monitoreo de dunas				\$0.00
Personal capacitado (1 año)	u	1	\$1,200.00	\$1,200.00
COSTO TOTAL				\$22,060.00

Nota: Rubros referenciales tomados de (Debora Lithgow, 2018)

COSTO REFERENCIALES: GAVIÓN DE 2X1X1 m				
DESCRIPCIÓN RUBRO	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	1,000.00	1.96	1,960.00
Excavación y desalojo	m3	769.00	5.98	4,598.62
Rasanteo	m2	1,428.00	2.34	3,341.52
Excavación manual	m3	55.25	10.90	602.23
Sub-base	m3	369.15	28.43	10,494.93
Bordillo hormigón S. 180 H= 50 cm. Encofrado metálico	m	492.20	19.46	9,578.21
Muro de gaviones	m3	5,000.00	64.54	322,700.00
TOTAL				\$ 353,275.51

Nota: Rubros referenciados a (ARQ. CELSO FERNANDEZ PAUCAR)

COSTOS REFERENCIALES: ARRECIFES ARTIFICIALES				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Coordinadores de proyecto / al mes	u	3	\$1,600.00	\$4,800.00
Trabajadores	día	10	\$100.00	\$1,000.00
Documentación	u		\$5,000.00	\$5,000.00
Herramientas y equipos	u		\$175,092.66	\$175,092.66
Infraestructura principal	u	400	\$16.00	\$6,400.00
Contratación de embarcación	día	2	\$60.00	\$120.00
Monitoreo / al mes	u	1	\$180.00	\$180.00
COSTO TOTAL				\$192,592.66

Nota: Rubros referenciales tomados de (MORENO, 2018)

COSTOS REFERENCIALES: RECONFORMACIÓN DEL ENROCADO				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
Corte y desalojo	m3	16997	\$3.69	\$62,718.93
Conformación de talud	m2	3344	\$2.14	\$7,156.16
Geotextil NT 3000	m2	8637	\$4.68	\$40,421.16
Relleno compactado	m3	327	\$13.91	\$4,548.57
Relleno compactado	m3	327	\$13.91	\$4,548.57
				\$119,393.39
MANO DE OBRA				
Peón	hora	8	\$4.05	\$32.40
Maestro de obra	hora	2	\$4.33	\$8.66
EQUIPO, MAQUINARIA Y ADMINISTRATIVOS				
Total, de equipo, maquinaria y herramientas				\$2.05
PRECIO UNITARIO ENROCADO	m3	13078		\$43.11
PRECIO TOTAL ENROCADO				\$683,185.97
IVA				\$81,982.32
TOTAL				\$765,168.29
COSTOS DE MANTENIMIENTO		\$12,250.00	cada 2- 3 años	

Nota: Rubros referenciales tomados de (Sánchez, 2015)

MEJORAMIENTO DEL MALECÓN				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Relleno de base	m3	717.8	\$24.69	\$17,722.48
Hormigón simple 210 kg/cm2	m3	151.46	\$183.54	\$27,798.97
Bordillo de H.S cinta gotera F'C=210 kg/cm2	ml	318.5	\$21.99	\$7,003.82
Muro de H.A F'c=240 kg	m3	230.15	\$229.48	\$52,814.82
Luminaria simple en poste de 9m	u	15	\$326.52	\$4,897.80
jardinería	u	10	\$233.97	\$2,339.70
bancas	u	10	\$200.00	\$2,000.00
COSTO TOTAL DE MALECÓN				\$114,577.59

Nota: Rubros referenciados a (Departamento de obras públicas, 2018)

COSTO TOTAL	\$	1,273,050.34
--------------------	----	--------------

Propuesta de solución 2

COSTOS REFERENCIALES: CASA DE 42 M2				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TRABAJOS PRELIMINARES				
Replanteo	m2	42	\$0.50	\$21.00
Excavación y cimientos	m3	7.063	\$4.40	\$31.08
Relleno compactado	m3	7.39	\$10.13	\$74.86
Relleno compactado para piedra bola	m3	2.43	\$15.50	\$37.67
Muro de hormigón ciclópeo	m3	1.19	\$97.28	\$115.76
				\$280.37
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO				
Hormigón simple 180 kg/cm3 para replantillo	m3	0.31	\$90.52	\$28.06
Hormigón simple 210 kg/cm2 plinto	m3	1.21	\$132.72	\$160.59
Hormigón simple 210 kg/cm2 columnas	m3	1.3	\$140.78	\$183.01
Hormigón simple 210 kg/cm2 riostras	m3	1.084	\$132.72	\$143.87
Hormigón simple 210 kg/cm2 para pilares	m3	0.18	\$114.75	\$20.66
Hormigón simple 210 kg/cm2 para vigas	m3	1.56	\$164.86	\$257.18
Hormigón simple 210 kg/cm2 para dinteles	m3	0.063	\$112.23	\$7.07
Acero de refuerzo	Kg	661.4	\$1.65	\$1,091.31
				\$1,891.75
MAMPOSTERÍA				
Mampostería de bloque e=15 cm	m2	91	\$7.19	\$654.29
Mesón de cocina con enlucido	ml	1.37	\$37.88	\$51.90
				\$706.19
ENLUCIDO				
Enlucido interior, exterior y filos	m2	82.04	\$5.45	\$447.12
PISOS				
Contrapiso de H.S (empedrado y mancillado)	m2	42.31	\$7.90	\$334.25
CARPINTERIA DE HIERRO Y MADERA				
Puerta principal de hierro	u	1	\$98.00	\$98.00
Puerta trasera de hierro	u	1	\$93.00	\$93.00
Puerta de madera baño con chapa	u	1	\$85.00	\$85.00
Puerta de madera dormitorios con chapa	u	2	\$93.00	\$186.00
ventana de PVC o aluminio y malla antimosquitos	m2	3.68	\$44.03	\$162.03
				\$624.03
CUBIERTA				
Cubierta de galvanizado con correas	m2	50.4	\$14.07	\$709.13

INSTALACIONES SANITARIAS y AGUA POTABLE				
Caja de registro	u	1	\$35.00	\$35.00
Punto de agua servida de 50 mm	u	3	\$5.90	\$17.70
Punto de agua servida de 110 mm	u	1	\$12.23	\$12.23
Punto de agua potable	u	4	\$11.40	\$45.60
				\$110.53
PIEZAS SANITARIAS				
Lavamanos blanco	u	1	\$24.53	\$24.53
Inodoro blanco nacional	u	1	\$61.33	\$61.33
Ducha sencilla con llave y rejilla	u	1	\$13.90	\$13.90
Lavaplatos de acero inoxidable de 1 pozo (1x0.5 m)	u	1	\$26.46	\$26.46
				\$126.22
INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
Punto de tomacorriente 110v	u	4	\$21.85	\$87.40
Punto de tomacorriente 220v	u	1	\$30.40	\$30.40
Punto de luz	u	5	\$17.75	\$88.75
Caja de breakers	u	1	\$64.00	\$64.00
				\$270.55
ACABADOS				
cerámica 30x30	m2	8.78	\$14.60	\$128.19
pintura	m2	23.63	\$22.28	\$526.48
				\$654.66
COSTO TOTAL POR CASA SIN IVA				\$6,154.79
COSTO TOTAL DE CASAS CON IVA		# De casas	97	\$668,656.76

Nota: Rubros referenciales tomados de (MIDUVI, 2018)

COSTOS REFERENCIALES: MUELLE FLOTANTE				
Material	Unidad	Cantidad	costo unitario	Costo total
Floating Pontoon Dock ZY001 HPDE	u	498	\$25.00	\$12,450.00
Barandas metálicas de aluminio	u	26	\$12.00	\$312.00
Mano de obra	u	3	\$1,000.00	\$3,000.00
TOTAL				\$15,762.00

COSTOS REFERENCIALES: PUENTE DE MADERA				
Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Listones de madera 20x20x300	cm	494	\$25.00	\$12,350.00
Pilotes de madera R10x300	cm	76	\$60.00	\$4,560.00
Tablas de madera de 15x200x3	cm	258	\$7.00	\$1,806.00
Listones de madera de 20x20x200	cm	18	\$54.00	\$972.00
Cabezales de madera	cm	78	\$8.00	\$624.00
Listones de madera 8x5x300	cm	95	\$5.00	\$475.00
Tabla de madera 30x200x3	cm	24	\$10.00	\$240.00
Tabla de madera 20x200x3	cm	24	\$8.00	\$192.00
Otros (barniz, uniones, etc.)	u	1	\$1,000.00	\$1,000.00
Mano de obra			\$8,000.00	\$8,000.00
TOTAL				\$30,219.00

COSTO TOTAL SIN DESARROLLO TURÍSTICO	\$869,368.56
COSTO TOTAL CON DESARROLLO TURÍSTICO	\$915,349.56

APÉNDICE G

Cronogramas valorados

Muro de gaviones de 2x1x1 m

Descripción del Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO	m2	1,000.00	1.96	1,960.00	<u>1960.00</u>					
EXCAVACIÓN Y DESALOJO	m3	769.00	5.98	4,598.62			<u>2299.31</u>	<u>2299.31</u>		
RASANTEO	m2	1,428.00	2.34	3,341.52			<u>2004.91</u>	<u>1336.61</u>		
EXCAVACIÓN MANUAL	m3	55.25	10.90	602.23	<u>240.89</u>	<u>361.34</u>				
SUB-BASE (Incluye Transporte)	m3	369.15	28.43	10,494.93				<u>6296.96</u>	<u>4197.97</u>	
BORDILLO HORMIGÓN S. 180 H= 50 cm. Encofrado	m	492.20	19.46	9,578.21	<u>4789.11</u>	<u>4789.11</u>				
MURO DE GAVIONES	m3	5,000.00	64.54	322,700.00		<u>64540.00</u>	<u>64540.00</u>	<u>64540.00</u>	<u>64540.00</u>	<u>64540.00</u>
		Total =								353,275.51

Casas de 24 m2

Rubros	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Tiempo en meses											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRELIMINARES															
Replanteo y Trazado	4,074.00	\$0.50	\$2,037.00	\$2,037.00											
Excavación de Cimientos	685.11	\$4.40	\$3,014.48	\$1,507.48	\$1,507.48										
Relleno Compactado	716.83	\$10.13	\$7,261.49		\$2,420.49	\$2,420.49	\$2,420.49								
Relleno Compactado con Piedra Bola	235.71	\$15.50	\$3,653.51		\$182,675.00	\$182,675.00									
Muro de Hormigón Ciclopeo	115.4	\$97.28	\$11,226.11		\$2,806.52	\$2,806.52	\$2,806.52	\$2,806.52							
ESTRUCTURA DE HORMIGON															
Hormigón Simple 180 kg/cm² para Replanteo	30.07	\$90.52	\$2,721.94		\$1,380.96	\$1,380.96									
Hormigón Simple 210 kg/cm² Plinto	117.37	\$132.72	\$15,577.35	\$5,192.45	\$5,192.45	\$5,192.45									
Hormigón Simple 210 kg/cm² Riostras	105.14	\$140.78	\$14,801.61		\$3,700.25	\$3,700.25	\$3,700.25	\$3,700.25							
Hormigón Simple 210 kg/cm² Columnas	126.10	\$149.22	\$18,816.64	\$3,136.10	\$3,136.10	\$3,136.10	\$3,136.10	\$3,136.10	\$3,136.10						
Hormigón Simple 210 kg/cm² para Pilares	17.46	\$114.75	\$2,003.54				\$500.88	\$500.88	\$500.88	\$500.88					
Hormigón Simple 210 kg/cm² para Vigas	151.32	\$164.86	\$24,946.62			\$4,517.77	\$4,517.77	\$4,517.77	\$4,517.77	\$4,517.77	\$4,517.77				
Hormigón Simple 210 kg/cm² para Dinteles	6.11	\$112.23	\$685.73				\$43.55	\$43.55	\$43.55	\$43.55	\$43.55				
Acero de Refuerzo	64,155.80	\$1.65	\$105,857.07	\$21,171.41	\$21,171.41	\$21,171.41	\$21,171.41	\$21,171.41							
MAMPOSTERIA															
Paredes de Ladrillo Maleta	8,827.00	\$7.19	\$63,466.13			\$10,574.35	\$10,574.35	\$10,574.35	\$10,574.35	\$10,574.35	\$10,574.35				
Mesón de Cocina Incluye Patas Losa y Enlucido	132.89	\$37.88	\$5,033.87					\$393.95	\$393.95	\$393.95	\$393.95				
ENLUCIDO															
Enlucido Interior-Exterior y Filos	7,957.88	\$5.45	\$43,370.45				\$7,228.40	\$7,228.40	\$7,228.40	\$7,228.40	\$7,228.40	\$7,228.40			
PISOS															
Contrapiso de Hormigón Simple 180kg/cm² e=	4,104.04	\$7.90	\$32,421.92			\$4,631.71	\$4,631.71	\$4,631.71	\$4,631.71	\$4,631.71	\$4,631.71				
CARPINTERIA - PVC															
Puerta Met. 0,8 x 2,00 Posterior con Cerradura	97	\$98.00	\$9,506.00								\$4,753.00	\$4,753.00			
Puerta Tambor Trop. O Laurel 0,80x2,00	97	\$93.00	\$9,021.00									\$3,007.00	\$3,007.00	\$3,007.00	
Puerta Tambor Trop. O Laurel 0,70x2,00 Baño	97	\$85.00	\$8,245.00									\$2,748.33	\$2,748.33	\$2,748.33	
Puerta Tambor Trop. O Laurel 0,90x2,00	194	\$93.00	\$18,042.00								\$6,014.00	\$6,014.00	\$6,014.00		
Ventana de PVC o Aluminio con Vidrio e= 4mm	356.97	\$44.03	\$15,717.39									\$5,239.13	\$5,239.13	\$5,239.13	
CUBIERTA															
Cubierta de Galvanizado e= 25mm de 12' con	4,888.80	\$14.07	\$68,785.42			\$11,464.24	\$11,464.24	\$11,464.24	\$11,464.24	\$11,464.24	\$11,464.24				
PIEZAS SANITARIAS															
Inodoro Tanque Bajo	97	\$61.33	\$5,949.01										\$1,983.00	\$1,983.00	\$1,983.00
Lavamano (Comercial Blanco)	97	\$24.53	\$2,379.41											\$1,189.71	\$1,189.71

